

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

Diseño de un sistema de control de inventario de repuestos en una
planta de balanceado para animales

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Manuel Alejandro Alvarado Echeverría

Juan Xavier Izurieta Pineda

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado para mi familia por ser un apoyo incondicional y un ejemplo durante toda mi vida, siempre motivándome a ser mejor persona y a luchar por mis objetivos. Todos mis logros, incluyendo este, son reflejo de su amor y esfuerzo.

Manuel Alvarado

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a mis padres, mis hermanos y mis abuelos, quienes fueron los que me acompañaron durante esta etapa de mi vida y son mi mayor motivación para poder lograr todos mis objetivos propuestos. Todos mis logros y triunfos siempre serán para ustedes.

Juan Xavier Izurieta

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía durante toda mi vida.

A mis padres, por siempre motivarme a dar lo mejor de mí.

A mis hermanos, por ser un ejemplo y apoyo durante toda mi vida.

A mi mascota Snap, por transmitirme paz y tranquilidad.

A Juan Xavier, por acompañarme durante el desarrollo de todo este proyecto.

A todos mis amigos, por siempre estar atentos y dispuestos a ayudarme.

A la MSc. María Laura Retamales y MSc. Sofia López por ser nuestras guías durante el desarrollo de este proyecto.

Manuel Alvarado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía en todas las circunstancias de mi vida.

A mi familia, por brindarme siempre todo su amor y apoyo incondicional.

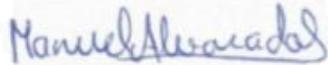
A Manuel, por ser un buen amigo y compañero durante esta etapa universitaria.

A la MSc. María Laura Retamales y a la MSc. Sofía Lopez, por guiarme de la mejor forma en el cierre de esta etapa en mi vida.

Juan Xavier Izurieta

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Manuel Alejandro Alvarado Echeverría y Juan Xavier Izurieta Pineda damos mi 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"



Manuel Alejandro
Alvarado Echeverría



Juan Xavier Izurieta
Pineda

EVALUADORES

.....
Sofía López I., MSc

PROFESORA DE LA MATERIA

.....
María Laura Retamales G., MSc

TUTORA

RESUMEN

El presente proyecto se realizó en una planta de balanceado para animales de granja localizada en la ciudad de Guayaquil, donde surge la necesidad de mejorar el sistema actual de control de inventario de repuestos, debido al desabastecimiento de SKUs críticos. Por esta razón, se plantean como objetivos, rediseñar las políticas y procesos de control de inventario de repuestos de maquinaria y equipos para minimizar pérdidas económicas asociadas con paras en planta, así mismo se busca el rediseño de la bodega de repuestos para mejorar el flujo y utilización dentro de la misma.

Se utilizó la metodología “Design from scratch” que se basa en cinco fases: definición, recolección de datos, análisis, diseño y prototipado. Para el objetivo de diseño que se centra en la implementación de políticas de control de inventario, se definió un sistema de revisión continua en base a una política (s,S). Mientras que, para el rediseño de la bodega se estableció una organización de los repuestos en base a una distribución por familias. Los diseños propuestos fueron desarrollados para los 32 repuestos tipo A los que fueron determinados en base a una clasificación ABC bajo el criterio “Mayor rotación” durante los años 2019 y 2020.

Como resultado *del análisis* de las mejoras propuestas se obtuvo una reducción de la distancia recorrida y el tiempo de picking de repuestos en un 25.9%, los costos asociados al reabastecimiento de los repuestos en un 4% y el desabastecimiento de los repuestos; cumpliendo así, con las especificaciones de diseño planteadas.

Palabras Clave: Políticas de inventario, layout, desabastecimiento, repuestos críticos, picking

ABSTRACT

This project was carried out in an animal feed factory located in Guayaquil, there is a need to improve the current spare parts inventory control system, due to the shortage of critical SKUs. For this reason, the objectives are to redesign the inventory control policies and processes of spare parts for machinery and equipment to minimize economic losses associated with unscheduled stops in the plant, as well as the redesign of the spare parts warehouse to improve the flow and the utilization within it.

The “Design from scratch” methodology was used, which is based on five phases: definition, data collection, analysis, design and prototyping. For the design objective that focuses on the implementation of inventory control policies, a continuous review system was defined based on a policy (s, S). While, for the redesign of the warehouse, a reorganization of spare parts was established based on a distribution by families. The proposed designs were developed for the 32 type A spare parts, which were selected based on an ABC classification under the criterion “Higher turnover” during the years 2019 and 2020.

As a result of the analysis of the proposed solutions, the distance traveled and the picking time of spare parts were reduced by 25.9%, the costs associated with the replenishment of spare parts by 4% and the shortage of spare parts, complying with the proposed design specifications.

Keywords: Inventory policies, layout, shortages, critical spare parts, picking

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Definición.....	4
1.4.2 Recolección de datos	5
1.4.3 Análisis.....	6
1.4.4 Diseño	7
CAPÍTULO 2.....	9
2. Metodología.....	9
2.1 Definición	9
2.1.1 Voz del cliente	9
2.1.2 Parámetros de calidad críticos	10
2.1.3 Quality Function Deployment	10

2.1.4	Alcance.....	12
2.1.5	Restricciones de diseño	13
2.1.6	Plan de diseño.....	13
2.2	Flujo de proceso	15
2.2.1	Solicitud de reabastecimiento.....	15
2.2.2	Ingreso de repuestos y EPP.....	18
2.2.3	Salida de repuestos y EPP.....	21
2.3	Recolección de datos.....	25
2.3.1	Plan de recolección de datos	25
2.3.2	Verificación de los datos.....	26
2.3.3	Clasificación ABC de repuestos	28
2.4	Análisis	29
2.4.1	Lluvia de ideas de soluciones.....	29
2.4.2	Diseño del sistema de control de inventarios	29
2.4.3	Rediseño de la bodega de repuestos.....	31
2.5	Diseño.....	33
2.5.1	Diseño del sistema de control de inventarios	33
2.5.2	Rediseño de la bodega de repuestos.....	40
CAPÍTULO 3.....		45
3.	Resultados y análisis	45
3.1	Análisis de sensibilidad	45
3.1.1	Diseño de control de inventario	45
3.1.2	Rediseño de la bodega.....	47
3.2	Resultados generados con el modelado de la propuesta	49
3.2.1	Especificaciones de diseño	50
3.2.2	Beneficios adicionales	57

CAPÍTULO 4.....	58
4. Conclusiones y recomendaciones	58
4.1 Conclusiones	58
4.2 Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICE	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SKU	Stock Keeping Unit
ROP	Reorder Point
EOQ	Economic Order Quantity
SS	Safety Stock
QFD	Quality Function Deployment
VOC	Voice of Customer
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
CTQ	Critical to Quality
VBA	Visual Basic for Applications
SAP	Systems, Applications, Products in Data Processing
EPP	Equipos de protección personal

SIMBOLOGÍA

m	Metro
s	Segundo
Km	Kilómetro
h	Hora
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
Km/h	Kilómetros por hora
cm	Centímetro
min	Minuto
u	Unidad

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1: CTQ Tree	10
Ilustración 2.2: Quality Function Deployment	11
Ilustración 2.3: Diagrama SIPOC del proceso de reabastecimiento	12
Ilustración 2.4: Plan de diseño.....	14
Ilustración 2.5: Diagrama de flujo de solicitud de reabastecimiento	15
Ilustración 2.6: Diagrama de flujo de ingreso de repuestos y EPP	18
Ilustración 2.7: Diagrama de flujo de salida de repuestos y EPP	21
Ilustración 2.8: Matriz de priorización: Sistema de control de inventarios	31
Ilustración 2.9: Matriz de priorización: rediseño de bodega.....	33
Ilustración 2.10: Acceso a formularios en base de datos de repuestos.....	37
Ilustración 2.11: Diagrama de flujo de gestión de la base de datos para el control de repuestos.....	39
Ilustración 2.12: Plano con delimitación de espacio para repuestos	43
Ilustración 3.1: Cantidad de stockouts escenario actual vs propuesto	51
Ilustración 3.2: Reducción de distancia de picking	52
Ilustración 3.3: Utilización de bodega escenario actual vs propuesto.....	54
Ilustración 3.4: Costo anual de repuestos escenario actual vs propuesto	55
Ilustración 3.5: Tiempo de picking de los repuestos	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Número de stockouts por repuesto.....	3
Tabla 2.1: Restricciones de diseño.....	13
Tabla 2.2: Solicitud de reabastecimiento.....	16
Tabla 2.3: Ingreso de repuestos y EPP.....	19
Tabla 2.4: Salida de repuestos y EPP.....	22
Tabla 2.5: Plan de recolección de datos.....	26
Tabla 2.6: Datos para determinar tamaño de la muestra.....	27
Tabla 2.7: Datos para determinar tamaño de la muestra.....	28
Tabla 2.8: Análisis de costos para sistemas de ubicación.....	32
Tabla 2.9: Variables asociadas al cálculo de la política (s,S).....	34
Tabla 2.10: Parámetros de política (s,S) para repuestos tipo A.....	36
Tabla 2.11: Sistema de alerta visual.....	38
Tabla 2.12: Dimensiones para almacenamiento de repuestos.....	40
Tabla 2.13: Superficie máxima por repuesto.....	41
Tabla 2.14: Ubicación en base de datos de repuestos.....	44
Tabla 3.1: Políticas de inventario escenario 1.....	45
Tabla 3.2: Políticas de inventario escenario 2.....	46
Tabla 3.3: Políticas de inventario escenario 3.....	46
Tabla 3.4: Política de inventario - comparación de escenarios.....	47
Tabla 3.5: Orden de despacho.....	48
Tabla 3.6: Distancia y tiempo de caminata.....	48
Tabla 3.7: Utilización actual del rack.....	48

Tabla 3.8: Utilización del rack escenario 2	49
Tabla 3.9: Datos para determinar el tamaño de la muestra.....	49
Tabla 3.10: Número de stockouts por repuesto escenario actual vs propuesto	50
Tabla 3.11: Distancias recorridas escenario actual vs propuesto.....	52
Tabla 3.12: Utilización de bodega escenario actual vs propuesto	53
Tabla 3.13: Tabla resumen de escenarios - costos de reabastecimiento.....	55
Tabla 3.14: Tiempo de picking escenario actual vs propuesto	56

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es evidente el crecimiento del mercado de alimentos balanceados para animales. Según cifras del Banco Central del Ecuador, este sector en el año 2016 sumó \$ 310 millones, con una participación en el total del PIB de 0,45%, y aumentó con respecto al año 2015 en un 1%. Además, se registraron 64 empresas en el 2016 dedicadas a la elaboración de alimentos balanceados para animales, por lo que surge la necesidad de mantener altos niveles de servicio debido a la competitividad de este sector (CFN, 2018). Por lo que, para mantener estos altos niveles de servicio es importante poder responder a los problemas que puedan surgir dentro de la planta.

Por lo anteriormente mencionado, esta empresa dedicada a la elaboración, almacenamiento, distribución y venta de alimentos balanceados para animales, con más de 1200 puntos de venta a nivel nacional, busca mejorar su sistema actual de control de inventario de repuestos para equipos y maquinarias, para evitar paras en la operación que podrían ocasionar el incumplimiento de los planes de producción.

Actualmente, la organización en estudio cuenta con una única bodega general de repuestos, cuya función principal es atender los requerimientos de todos los departamentos que conforman la empresa.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, el entorno de desarrollo de alimentos balanceados para animales se halla en constante crecimiento, ya que las compañías dedicadas a esta actividad se encuentran en una etapa de ampliación y evolución en concordancia con las demandas del mercado ecuatoriano. Debido a los constantes cambios del mercado local, se demandan productos de gran calidad con una rápida capacidad de respuesta.

Analizando el crecimiento de este sector industrial, la compañía en estudio busca atender rápidamente las variaciones y dificultades que puedan mostrarse durante el proceso de manufactura del balanceado para animales. Por lo que la compañía busca

una mejor capacidad de respuesta ante posibles fallas mecánicas en equipos y maquinarias.

La compañía actualmente cuenta con una bodega general para repuestos de maquinarias y equipos, en donde se reciben los requerimientos de los distintos departamentos, solicitando las piezas necesarias para solucionar las averías. Por lo que no siempre se cuenta con el repuesto requerido y se debe realizar la orden de compra en ese momento, generando un malestar interno con una posible repercusión hacia sus clientes externos.

Considerando esta oportunidad de mejora, la compañía busca rediseñar sus políticas y procesos de control de inventario, con la finalidad de poder cumplir con los requerimientos de los departamentos y tener una eficiente gestión en sus operaciones. Así mismo, la compañía busca mejorar el flujo dentro de la bodega, por lo que es necesario un rediseño de la bodega que contribuya en la reducción del tiempo medio de reparación.

1.2 Justificación del problema

El desabastecimiento de los repuestos de maquinarias y equipos en la compañía ha provocado que sus actividades concurrentes se vean afectadas y no se puedan cumplir los requerimientos del cliente. Esta ausencia de repuestos se evidencia en la tabla 1.1, donde se muestran los repuestos que más han rotado en un año, junto a la cantidad de veces que ese repuesto se encontró sin stock.

Tabla 1.1: Número de stockouts por repuesto

Fuente: Elaboración propia

Repuesto	Número de stockouts por repuesto Sep. 2019 - Oct. 2020
RP00001926	0
RP00000230	2
RP00001183	0
RP00002595	1
RP00003528	0
RP00003165	1
RP00002699	0
RP00001663	2
RP00003841	0
RP00003789	0
RP00001265	1
RP00002965	0
Total	7

Se puede observar en la tabla 1.1 que el total de veces que se encontraron desabastecido fue en 7 ocasiones, por lo que en esos casos no se pudo cumplir con el requerimiento del cliente interno, provocando posibles repercusiones al cliente final.

Con los datos presentados se evidencia la necesidad de reestructurar la forma en que se realiza el proceso de reabastecimiento de los repuestos.

El presente proyecto tiene como beneficios sociales, incrementar el conocimiento del personal sobre las políticas de control de inventario, aumentar el nivel de servicio de la organización y mejorar las condiciones de seguridad en la bodega de repuestos. Así mismo, se espera como beneficio ambiental la reducción del desperdicio asociado a la eliminación de repuestos obsoletos. Finalmente, en el ámbito económico, se pretende reducir los costos asociados a ordenar pedidos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Rediseñar el sistema de control de inventario para repuestos de maquinaria y equipos con el fin de reducir los costos asociados al reabastecimiento, así como las paras de planta ocasionadas por la ausencia de los mismo.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Definir una clasificación ABC de los repuestos para determinar aquellos considerados críticos.
2. Establecer políticas y procesos de control de inventario en base a variables como el punto de reorden, cantidad económica de pedido e inventario de seguridad.
3. Rediseñar el layout de la bodega de repuestos para mejorar el flujo y utilización dentro de la misma.
4. Determinar la viabilidad del proyecto en base a un análisis de costos asociados a la gestión del inventario.

1.4 Marco teórico

En este apartado se describen y detallan todos los conceptos asociados a la ejecución del proyecto en base a las cinco fases de la metodología "Design from scratch".

1.4.1 Definición

En esta primera fase se identifican las necesidades recopiladas y analizadas de los clientes, para que de esta forma se transformen los requerimientos en requisitos de diseño funcionales y medibles (Kai Yang & Basem El-Haik, 2008). Por lo que son necesarias el uso de las siguientes herramientas de ingeniería:

- **Voice of Customer (VOC):** esta herramienta permite recolectar correctamente las necesidades e información precisa de los clientes implicados en el proyecto. Esta recolección de la información se lleva a cabo generalmente mediante entrevistas

con todas las personas involucradas del proyecto (Kai Yang & Basem El-Haik, 2008).

- **Critical to Quality tree (CTQ):** es una herramienta utilizada para identificar las necesidades críticas de los clientes expuestas en el VOC y poder traducirlas a factores medibles que satisfagan los requerimientos de todas las partes interesadas (Margaret E. Balfour, 2015).
- **Quality Function Deployment (QFD):** Es una herramienta que traduce las necesidades y expectativas de los clientes en requisitos de diseño adecuados. La intención del QFD es incorporar el VOC en todas las fases del ciclo de desarrollo del producto (Yang, 2009).
- **SIPOC:** es una herramienta de comunicación, que ayuda a los miembros del equipo a visualizar el proyecto de la misma manera y a la gerencia a conocer dónde se encuentran enfocados sus esfuerzos. Consta de cinco apartados: proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (Breyfogle, 2008).

1.4.2 Recolección de datos

En esta fase se realiza la selección de todos los datos necesarios y se verifica que la información proporcionada sea correcta.

- **Plan de recolección de datos:** Es una herramienta que indica de forma ordenada como se recolectarán los datos y señala que los datos recopilados sean relevantes para evitar la recopilación de información inútil más adelante. El plan de recolección de datos responde a las preguntas de cuándo, dónde y cómo los datos serán recolectados (Korstjens, 2017).
- **Layout de bodega:** Es una representación de la distribución de todos los elementos físicos encontrados en la bodega de repuestos (Vis, 2007).
- **Diagrama de flujo del proceso:** es una herramienta útil para comunicar cómo funciona el proceso; se utiliza para diseñar y documentar procesos o programas complejos de una forma visual (Md. Shakil, 2013).
- **SKU (Stock-keeping unit):** es un código alfanumérico de un ítem que se utiliza para buscar e identificar el stock disponible en listas, facturas o formularios de

pedido. Es un término que se utiliza normalmente en la gestión de inventario (Teunter, Syntetos, & Babai, 2017).

1.4.3 Análisis

En esta fase se plantean todas las opciones de diseño para resolver la problemática inicial y se examina la viabilidad de cada una. Para el apartado de sistemas de control de inventario, tenemos:

- **Sistemas de revisión continuo:** En estos sistemas, la revisión del stock se realiza a todo instante, siempre se conoce la cantidad de stock dentro de la bodega, y cuando el stock se encuentra igual o por debajo del punto de reorden, se realiza el pedido según corresponda (Jenifer & Sivakumar, 2019).
- **Sistemas de revisión periódica:** En estos sistemas la revisión del stock se la realiza cada R unidades de tiempo, y si el stock se encuentra por debajo de su punto de reorden, se debe realizar un pedido según corresponda (Maryam, Hosseini-Motlagh, Mohammadreza, MarkGoh, & Ignatius, 2018).

Para el apartado de rediseño de la bodega de repuestos, tenemos:

- **Sistema de ubicación fija:** el ítem tiene asignada una posición fija dentro del almacén. Tiene como ventaja la facilidad para conocer donde se encuentra cada repuesto. Mientras que, como desventaja es su la flexibilidad, puesto que pueden existir espacios vacíos que no se pueden asignar a otros repuestos (Jiaxi Li & Nof, 2015).
- **Sistema de ubicación aleatoria automatizada:** el ítem no tiene asignada una posición fija dentro del almacén. Tiene como ventaja la rapidez y flexibilidad, debido a que se almacena en el primer espacio disponible. Y como desventaja se requiere un sistema especializado para el registro de la ubicación de los repuestos, lo que podría incurrir en más gastos para la organización (T.S.Chan, 2011).

1.4.4 Diseño

En esta cuarta fase se desarrolla a detalle, todos los aspectos respecto al diseño del proyecto. Para las propuestas de diseño se utilizaron los conceptos que se muestran a continuación:

- **Clasificación ABC:** Las clasificaciones de inventario ABC se utilizan ampliamente en la práctica, siendo el valor y el volumen de la demanda los criterios de clasificación más comunes. El enfoque estándar en las aplicaciones ABC es establecer el mismo nivel de servicio para todas las unidades de mantenimiento de existencias (SKU) de una clase (Teunter, Babai, & Syntetos, 2010). Una vez definido el criterio de clasificación, se clasifica los SKU en tres grupos:
 - Tipo A: El 20% de los SKU representa alrededor de un 80% del criterio definido.
 - Tipo B: El 30% de los SKU representa alrededor de un 15% del criterio definido.
 - Tipo C: El 50% de los SKU representa alrededor de un 5% del criterio definido.
- **Almacenamiento por familia:** el SKU tiene asignada una posición fija dentro del almacén. Se agrupan en base a características similares bajo criterios previamente establecidos (Jiaxi Li & Nof, 2015).
- **Sistema (s, S):** En este sistema se genera un pedido cuando el nivel del inventario llega al punto de reorden o más bajo, pero en lugar de ordenar una cantidad Q, se ordena una cantidad para que el nivel de inventario efectivo llegue hasta S, este sistema es denominado sistema min-máx (Jenifer & Sivakumar, 2019).

- **Plan de prototipado:** da un resumen básico pero útil de las diferentes formas en que puedes probar tu trabajo, así como cuándo probarlo.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición

En esta primera fase se identificaron y clasificaron las necesidades de todas las partes interesadas en la problemática detallada en el Capítulo 1, con la finalidad de establecer el alcance del proyecto, especificaciones de diseño y restricciones del mismo.

En primer lugar, se llevó a cabo una reunión ejecutiva junto al Gerente del Departamento de la Cadena de Suministro para definir las partes involucradas en el proyecto:

- Gerente del Departamento de la Cadena de Suministro
- Coordinador de mantenimiento
- Coordinador de la bodega de repuestos
- Auxiliar de la bodega repuestos

2.1.1 Voz del Cliente

Para identificar las necesidades y requerimientos de los clientes, se llevaron a cabo entrevistas con las partes involucradas en el proyecto. Posteriormente, se recopiló toda la información, estableciendo las siguientes necesidades:

- Diseñar un nuevo layout para mejorar el flujo en la bodega.
- Definir políticas y procesos de control de inventario.
- Establecer una herramienta informática para el control de inventarios.
- Determinar la cantidad de repuestos por pedido.
- Identificar fácilmente la ubicación de los repuestos en bodega.
- Conocer cuando pedir un reemplazo.
- Identificar los repuestos críticos

2.1.2 Parámetros de calidad críticos

Para convertir las necesidades de las partes involucradas en especificaciones de diseño medibles, se utilizó la herramienta de la calidad CTQ (Critical To Quality), como se observa en la Ilustración 2.1:

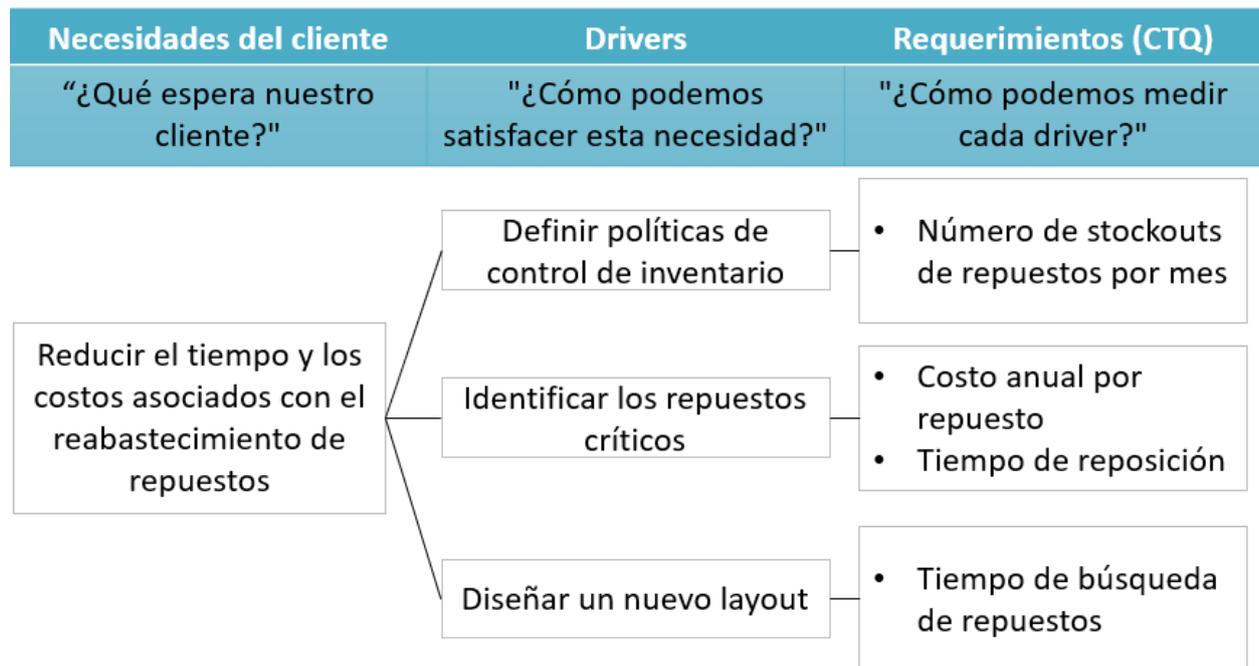


Ilustración 2.1: CTQ Tree

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se establecieron tres drivers, con la finalidad de conocer cómo satisfacer las necesidades requeridas por los clientes.

2.1.3 Quality Function Deployment

Para traducir las necesidades de los clientes en requerimientos técnicos, se utilizó la herramienta de la casa de calidad, la cual nos permite identificar aquellas

especificaciones en las que deberíamos concentrar nuestros esfuerzos y en base a los resultados obtenidos, determinar cuáles serán nuestros objetivos de diseño.

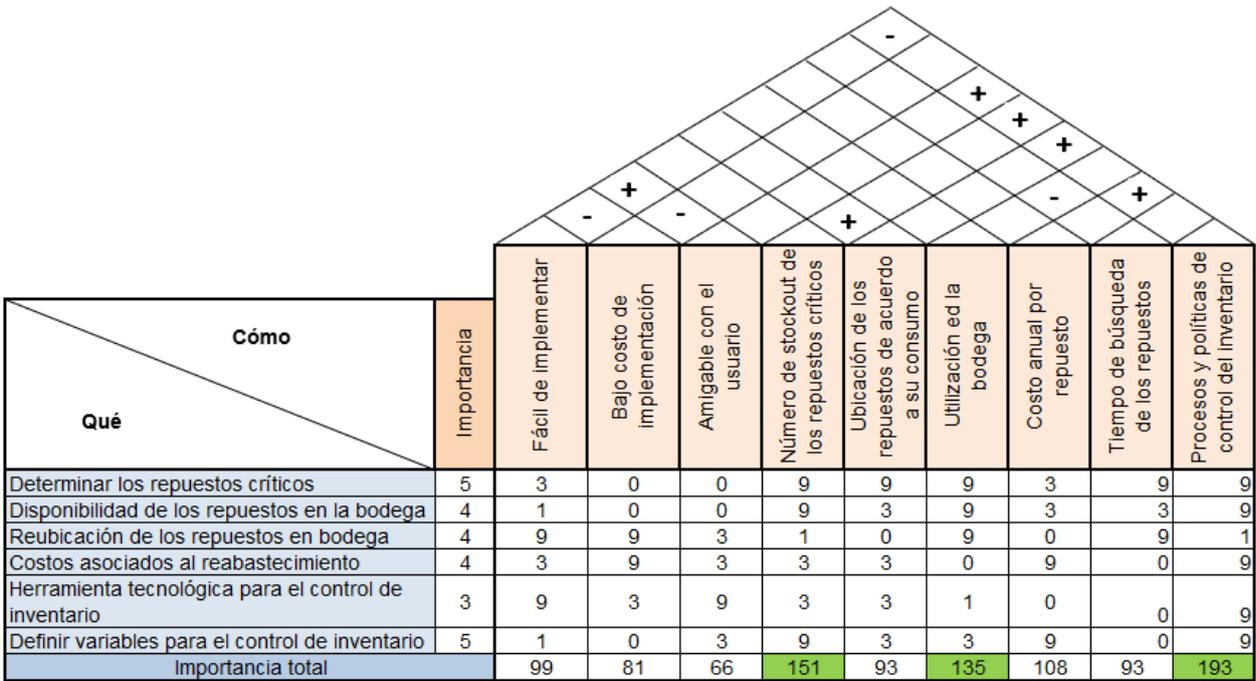


Ilustración 2.2: Quality Function Deployment

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de aplicar la herramienta que se muestra en la Ilustración 2.2, se pudo concluir que los requerimientos técnicos más importantes para nuestros clientes son: tener buena utilización en la bodega, cero stockout y definir políticas y procesos para el control de inventarios. Por esta razón, se definieron 2 objetivos de diseño que se centran en satisfacer estas necesidades:

- Diseñar un sistema de control de inventarios que permita un proceso eficiente de disponibilidad de repuestos.
- Diseñar un layout que permita la reubicación de repuestos para mejorar la distribución del almacén.

2.1.4 Alcance

Para determinar el alcance del proyecto se utilizó un diagrama SIPOC, el cual consta de 5 apartados, como se muestra en la ilustración 2.3:

- Proveedores: son aquellas empresas que abastecen de repuestos a la compañía en estudio.
- Entradas: son los recursos materiales y requerimientos de información que inician los procesos de reabastecimiento.
- Procesos: son el conjunto de actividades que interactúan, transformando los elementos de entrada en elementos de salida.
- Salidas: son los resultados que se obtienen de procesar las entradas.
- Clientes: son los departamentos dentro de la organización que se verán beneficiados por los procesos de reparación y cambio de repuestos en maquinarias y equipos.

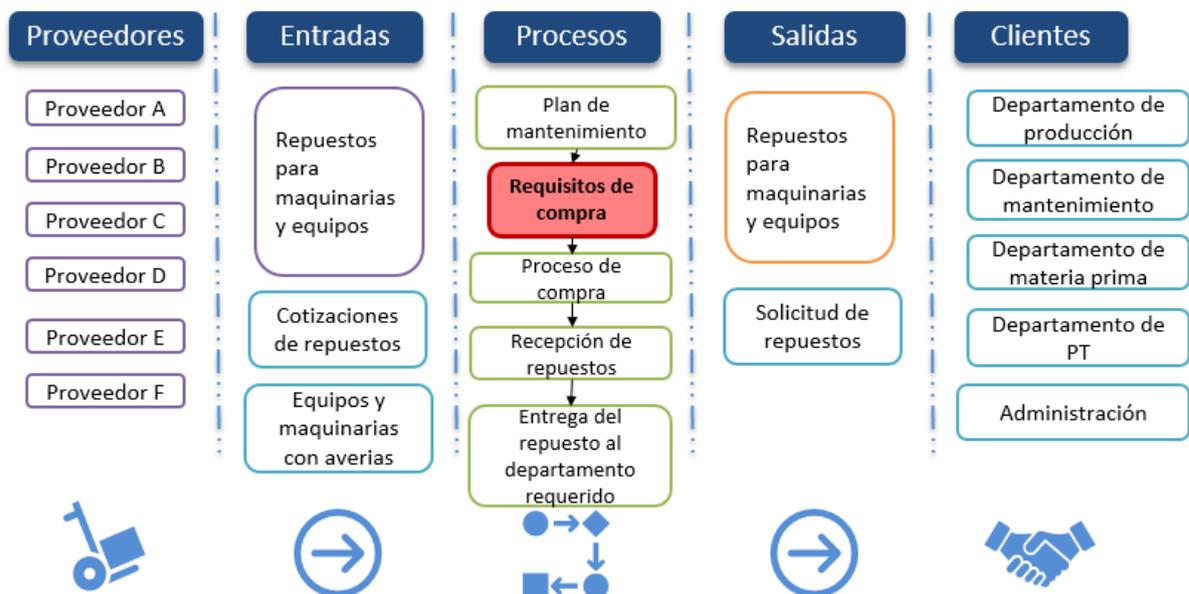


Ilustración 2.3: Diagrama SIPOC del proceso de reabastecimiento

Fuente: Elaboración propia

Se definió trabajar en el proceso de requisición de compra, ya que en esta etapa se decide la cantidad a reabastecer por cada repuesto en base a la solicitud de los departamentos de planta. Por esta razón, se plantea el rediseño del sistema de control de inventario de repuesto, para que, dependiendo de la información de las variables establecidas, tales como ROP, EOQ Y SS, saber cuándo y cuanto pedir de cada repuesto.

2.1.5 Restricciones de diseño

Se clasificaron las restricciones de diseño en 4 grupos como se puede observar en la tabla 2.1, se agregó la descripción para una cada una ellas con su respectivo valor.

Tabla 2.1: Restricciones de diseño

Fuente: Elaboración propia

Restricción	Descripción	Valor
Infraestructura	Dimensiones	183.26 m ²
Financiera	Presupuesto	\$0
Tiempo	Tiempo de ejecución del proyecto	4 meses
Recursos informáticos	Nivel de conocimiento del personal	Medio

2.1.6 Plan de diseño

Como se puede observar en la Ilustración 2.4, se elaboró el plan de diseño que servirá para el control y seguimiento de las etapas y actividades que conforman el proyecto.

Diseño de un sistema de control de inventario de repuestos

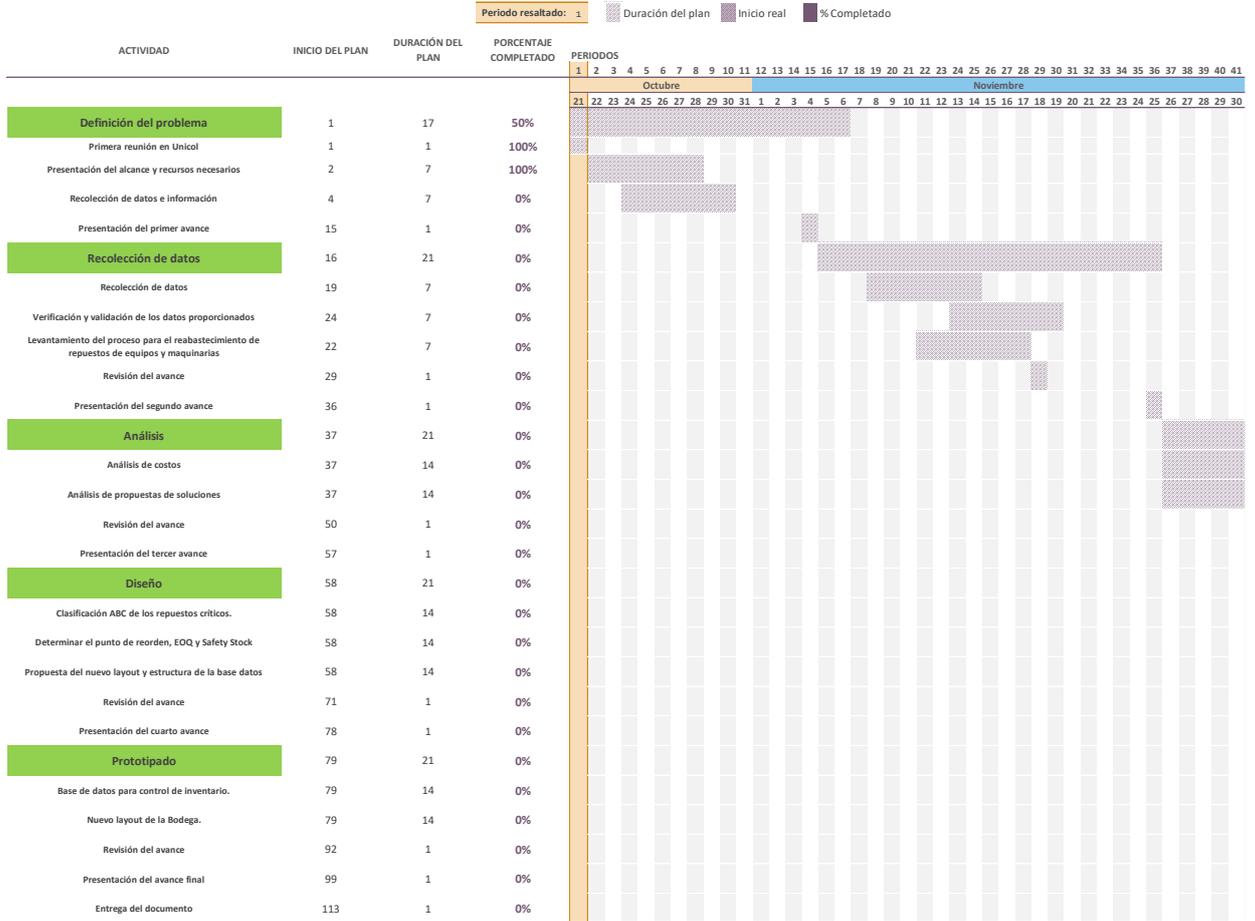


Ilustración 2.4: Plan de diseño

Fuente: Elaboración propia

2.2 Flujo de proceso

En esta sección, se describen los procesos en donde se centrará nuestro estudio. Se elaboró un diagrama de flujo funcional para cada uno de los 3 procesos levantados.

- Solicitud de reabastecimiento
- Ingreso de repuestos y EPP
- Salida de repuestos y EPP

2.2.1 Solicitud de reabastecimiento

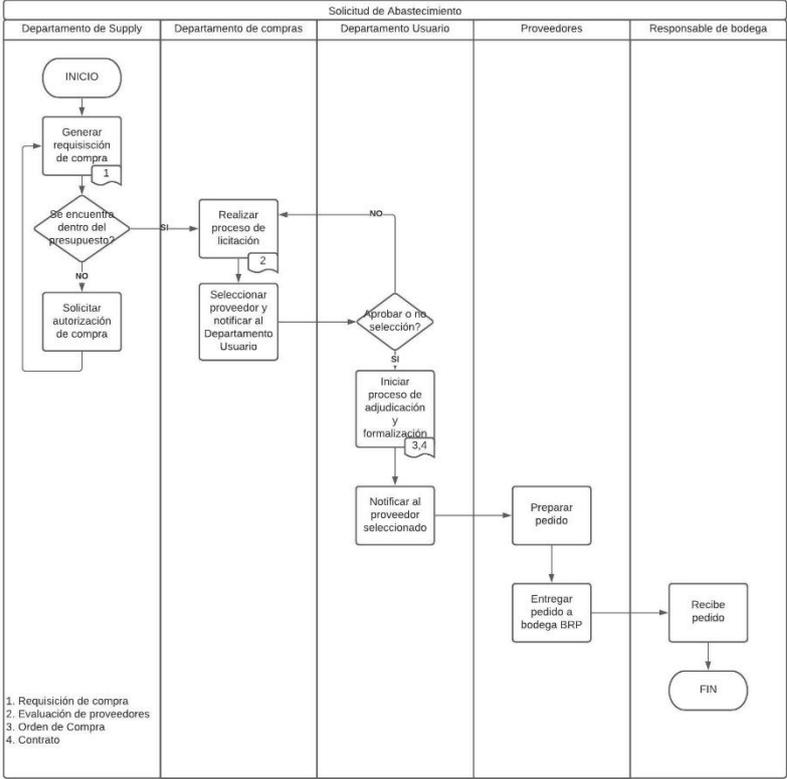


Ilustración 2.5: Diagrama de flujo de solicitud de reabastecimiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2: Solicitud de reabastecimiento

Fuente: Elaboración propia

No.	Paso del proceso	Descripción de la actividad	Responsable	Resultado esperado
1	Generar requisición de compra	Determinar el tipo de repuesto que se necesita y la cantidad a solicitar para elaborar la documentación respectiva	Departamento de supply	Documento de requisición de compra
2	Solicitar autorización de compra	En caso de que la compra no esté dentro del valor presupuestado se debe solicitar autorización. Si se consigue una respuesta positiva se regresa al paso 1	Departamento de supply	Conseguir la aprobación de presupuesto
3	Realizar proceso de licitación	Se debe pedir información a 3 proveedores, para de esta manera comparar sus costos y especificaciones respecto a lo solicitado	Departamento de compras	Documento de evaluación de proveedores
4	Seleccionar proveedor y notificar al departamento usuario	Luego de la licitación, se elige al proveedor que ofrezca mejores beneficios para la empresa y se informa al departamento usuario cual es el seleccionado	Departamento de compras	Definir el proveedor
5	Adjuntar proceso de adjudicación y formalización	Luego de seleccionar al proveedor, se continúa con el proceso respectivo de compras	Departamento usuario	Documento de orden de compra y contrato

6	Notificar al proveedor seleccionado	Se informar al proveedor que ha ganado la licitación para que pueda formalizar la venta y elaborar el pedido	Departamento usuario	Formalizar la venta con proveedor seleccionado
7	Preparar pedido	El proveedor se encarga de preparar el pedido en base a lo solicitado por la compañía, se debe verificar cantidades, medidas, especificaciones técnicas, forma de envío, entre otros factores	Proveedores	Armar el pedido en base a lo solicitado
8	Entregar pedido a bodega de repuestos	El proveedor lleva la mercadería y la documentación solicitada al área de repuestos para realizar la entrega de estos	Proveedores	Entregar mercadería y documentación
9	Recibir pedido	El responsable de bodega se encarga de realizar todo el proceso relacionado al ingreso de los repuestos a bodega	Responsable de bodega	Ingresar repuestos a bodega

2.2.2 Ingreso de repuestos y EPP

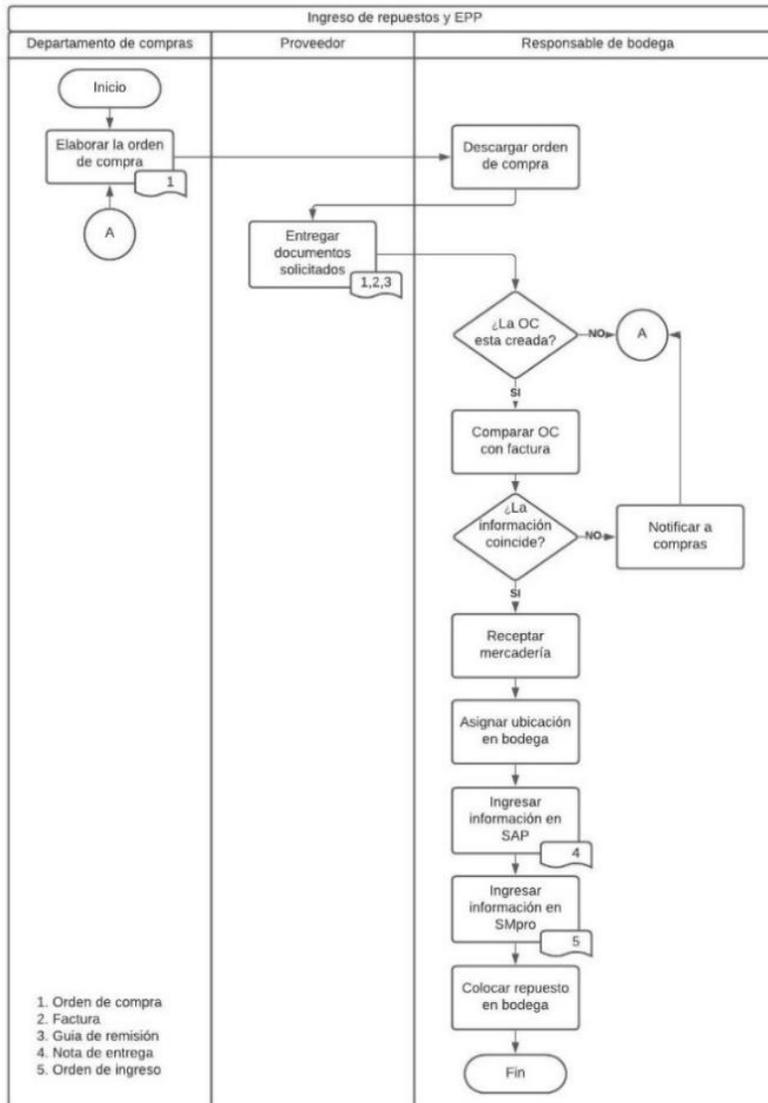


Ilustración 2.6: Diagrama de flujo de ingreso de repuestos y EPP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3: Ingreso de repuestos y EPP

Fuente: Elaboración propia

No.	Paso del proceso	Descripción de la actividad	Responsable	Resultado esperado
1	Elaborar la orden de compra	Luego de definirse el proveedor, el tipo de repuesto y la cantidad a pedir, el departamento elabora el documento que formaliza la compra	Departamento de compras	Documento de orden de compra
2	Descargar orden de compra	El encargado de bodega debe descargar el documento con el fin de conocer el pedido de la empresa y saber que va a recibir	Responsable de bodega	El responsable de receptor el pedido conoce lo que va a recibir
3	Entregar documentos solicitados	Al momento de llevar la mercadería, el proveedor debe entregar la factura y la requisición de compra.	Proveedor	Recibir documentos (factura y requisición)
4	Comparar OC con factura	El responsable debe comparar lo que la empresa le informó que iba a recibir junto con lo que el proveedor le está entregando. Debe asegurarse que las cantidades y los costos coincidan.	Responsable de bodega	Las cantidad y costos coinciden
5	Notificar a compras	En caso de que la información de la orden de compra y factura no coincidan, debe informar al departamento de compras para darle seguimiento al problema	Responsable de bodega	Resolver problema en orden de compra
6	Receptar mercadería	Luego de asegurarse que la información y mercancía coincidan, el encargado recepta el	Responsable de bodega	Receptar el pedido en la bodega

		pedido, solicitando la firma de la persona que entrega el pedido		
7	Asignar ubicación en bodega	En base a la disponibilidad de espacio en los racks y a las ubicaciones ya definidas para ciertos repuestos, el encargado decide en que rack ubicar el repuesto y se registra esta información	Responsable de bodega	Poder encontrar los repuestos con facilidad al momento de realizar los despachos
8	Ingresar información en SAP	Se ingresa la información del pedido recibido en el software contable de la empresa	Responsable de bodega	Tener un control de los repuestos en bodega
9	Ingresar información en SMpro	Se ingresa la información del pedido recibido en el software del departamento de mantenimiento	Responsable de bodega	El departamento de mantenimiento puede conocer los repuestos disponibles en bodega
10	Colocar repuesto en bodega	El encargado de bodega entra a la bodega y coloca el repuesto en la ubicación previamente asignada	Responsable de bodega	Almacenar el repuesto

2.2.3 Salida de repuestos y EPP

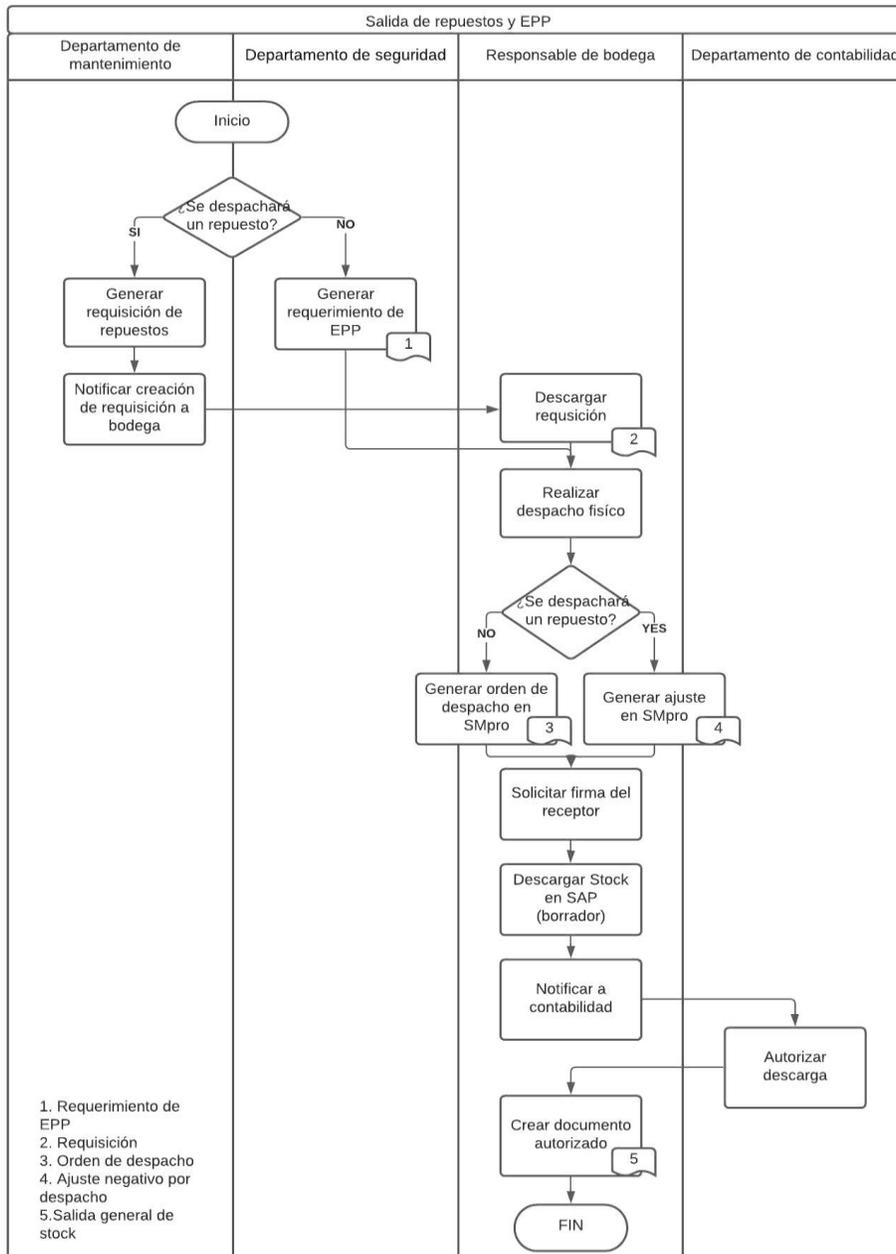


Ilustración 2.7: Diagrama de flujo de salida de repuestos y EPP

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4: Salida de repuestos y EPP

Fuente: Elaboración propia

No.	Paso del proceso	Descripción de la actividad	Responsable	Resultado esperado
1	Generar requisición de repuestos	El departamento de mantenimiento crea la requisición en el software SMpro, en la cual solicitan la cantidad de repuestos que necesitan y a que área se le cargara ese valor	Departamento de mantenimiento	Documento de requisición de repuestos
2	Notificar creación de requisición a bodega	Se informa al encargado de bodega lo que se solicitó para que el encargado pueda preparar el pedido	Departamento de mantenimiento	Informar a bodega que deberá realizar un despacho
3	Descargar requisición	El responsable de bodega descarga la información referente al pedido del Departamento de mantenimiento y prepara el despacho	Responsable de bodega	El responsable de bodega tiene la información en físico
4	Generar requerimiento de EPP	El departamento de seguridad elabora un documento en el que identifica el tipo de EPP, la cantidad y quienes serán los usuarios	Departamento de seguridad	Documento de requerimiento de EPP

5	Realizar despacho físico	El encargado de bodega entrega los repuestos o EPP dependiendo del caso y solicita la firma de quienes reciben.	Responsable de bodega	Entregar repuesto o EPP a solicitantes
6	Generar orden de despacho en SMpro	En caso de ser un repuesto, se procede a generar el despacho en el sistema de mantenimiento, ingresando los costos, cantidad y que área serán destinados los repuestos	Responsable de bodega	Dar de baja el repuesto en el sistema de mantenimiento Documento de despacho
7	Generar ajuste en SMpro	En caso de ser un EPP, se procede a hacer un ajuste en el sistema de mantenimiento, ingresando los costos, cantidad y que área serán destinados los repuestos. Esto debido a que el responsable de bodega no tiene acceso para despachar EPP	Responsable de bodega	Dar de baja el EPP en el sistema de mantenimiento Documento de ajuste
8	Descargar stock en SAP (borrador)	El encargado de bodega ingresa la información referente a la cantidad, costos, tipo de repuesto o EPP, área a la que se designa, en el sistema SAP y se elabora el borrado antes de recibir autorización	Responsable de bodega	Elaborar el borrador de la baja de repuesto o EPP en sistema contable

9	Notificar a contabilidad	El encargado informa al Departamento de contabilidad que se ha ingresado una solicitud para dar de baja repuestos y EPP en SAP, con el fin de recibir su autorización.	Responsable de bodega	Informar a contabilidad que se debe realizar una baja en el sistema contable de la empresa
10	Autorizar descarga	El departamento de contabilidad verifica la información y procede a notificar a bodega que puede seguir con el proceso	Departamento de contabilidad	Informar a bodega que puede proceder con la baja
11	Crear documento autorizado	Luego de recibir la autorización de contabilidad, el encargado de bodega procede ahora sí a darle de baja a los repuestos y EPP en el sistema SAP	Responsable de bodega	Dar de baja el repuesto o EPP en el sistema contable de la empresa Documento de salida general de stock

2.3 Recolección de datos

En esta segunda fase se realizó el plan de recolección de datos y la verificación de estos para llevar a cabo las mejoras propuestas en la bodega de repuestos.

2.3.1 Plan de recolección de datos

Se realizó el plan de recolección de datos basado en la cantidad económica de pedido (EOQ) y gestiones de bodegas. En este apartado se solicitó por parte de la compañía toda la información necesaria para poder llevar a cabo los objetivos de diseño del proyecto.

Posteriormente, se clasificó esta información y se elaboró el plan de recolección de datos como se observa en la Tabla 2.5, en donde se detallaron las siguientes clasificaciones:

- Responsables
- Definición operacional
- Unidad de medición
- Tipo de dato
- Cuándo, dónde y por qué recolectar la información
- Método de recolección

Tabla 2.5: Plan de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Responsable	Definición Operacional	Unidad de medición	Tipo de dato		¿Cuándo recolectar?	¿Dónde recolectar?	Método de recolección	¿Por qué recolectar?
			Cuantitativo	Discreto				
Auxiliar de bodega	Lista de SKU de la bodega de repuestos	Cantidad de SKU	Cuantitativo	Discreto	Desde el 30/10/2020	Bodega de repuestos	Base de datos	Identificar los repuestos que rotan dentro de la bodega y desarrollar una clasificación ABC en base a los requerimientos de la empresa.
Auxiliar de bodega	Demanda de SKU de repuestos	Númérico	Cuantitativo	Discreto	Desde el 30/10/2020	Departamento de compras	Base de datos	Identificar los repuestos con mayor índice de rotación, para luego realizar una clasificación ABC y definir nuevas ubicaciones en el almacén.
Auxiliar de bodega	Costo de los repuestos	Dólares	Cuantitativo	Discreto	Desde el 30/10/2020	Departamento de compras	Base de datos	Calcular la cantidad económica de pedido (EOQ) de cada pieza de repuesto
Auxiliar de bodega	Tiempo de abastecimiento de los repuestos	Días	Cuantitativo	Continuo	Desde el 30/10/2020	Departamento de compras	Base de datos	Para calcular el punto de reorden (ROP) de cada pieza de repuesto
Auxiliar de bodega	Lista de proveedores de repuestos.	-	Cualitativo	-	Desde el 30/10/2020	Departamento de compras	Base de datos	Determinar si los proveedores son locales o extranjeros y en base a ello definir la frecuencia en la que se podrían pedir los repuestos.
Juan Xavier Izurieta - Manuel Alvarado	Tamaño de la bodega	Metros	Cuantitativo	Discreto	Desde el 30/10/2020	Bodega de repuestos	Gemba	Conocer el límite de espacio en el rediseño de la distribución de la bodega.
Juan Xavier Izurieta - Manuel Alvarado	Tamaño de los racks	Metros	Cuantitativo	Discreto	Desde el 30/10/2020	Bodega de repuestos	Gemba	Conocer los espacios disponibles en los racks, para la reubicación de repuestos según la clasificación ABC

2.3.2 Verificación de los datos

Posteriormente a la elaboración del plan de recolección de datos, se realizó la verificación de toda la información para comprobar la confiabilidad de los datos proporcionados, para continuar con las demás etapas correctamente. Los datos a verificar son los que se muestran en la Tabla 2.5 en la columna de Definición Operacional.

Para la verificación del listado de repuestos, demanda de repuestos y costo de los repuestos, se procedió a calcular la muestra de una población finita con la siguiente fórmula:

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

Donde:

N: Cantidad de datos total

Z: Nivel de confianza

p: porcentaje esperado de aceptación

q: porcentaje estimado de fracaso

e: margen de error permitido

Puesto que no existe una referencia para el valor de porcentaje esperado fracaso y aceptación, se utiliza el valor de 0.5 para las variables de p y q. Por lo tanto, calculando la muestra con un nivel de confianza del 95% y un margen de error permitido del 10/, tenemos:

Tabla 2.6: Datos para determinar tamaño de la muestra

N	885
P	0,5
Q	0,5
E	0,1
Z(0,95)	1,96

$$n = \frac{1,96^2 * 885 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (885 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 87$$

Por lo tanto, se procedió a verificar la base de datos proporcionadas con la información física de órdenes de compra y órdenes de despacho para confirmar la confiabilidad de la información, obteniendo así un acierto en todas las revisiones realizadas, por lo que la información es confiable y se puede trabajar con estos datos.

De igual forma se calculó la muestra de una población finita del listado de proveedores, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2.7: Datos para determinar tamaño de la muestra

N	885
P	0,5
Q	0,5
E	0,1
Z(0,95)	1,96

$$n = \frac{1,96^2 * 237 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (237 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 69$$

De igual forma, se procedió a verificar la base de datos proporcionadas con la información física de la guía de remisión para confirmar la confiabilidad de los datos, obteniendo así un acierto en todas las revisiones realizadas, por lo que la información es confiable y se puede trabajar con estos datos.

Por otra parte, todas las verificaciones de las muestras se encuentran detalladas en el Apéndice A; así como también el levantamiento de información de las dimensiones los racks y el layout de la bodega.

2.3.3 Clasificación ABC de repuestos

Para identificar cuáles serían los repuestos en los que debíamos focalizar nuestro análisis, se los segmentó en base a una clasificación ABC, para lo cual se tomó en consideración el criterio de “mayor rotación” durante los años 2019 y 2020.

En el Apéndice B se encuentra la lista de los 32 repuestos críticos, junto con el análisis porcentual para la determinación de estos.

2.4 Análisis

En esta fase se compararon las propuestas de solución para la problemática planteada y se seleccionó la mejor opción en base a las necesidades del cliente y a un análisis financiero de las mismas.

2.4.1 Lluvia de ideas de soluciones

En conjunto con el coordinador de la bodega de repuestos y el jefe de planificación de mantenimiento, se llevó a cabo una lluvia de ideas de las posibles opciones de diseño, tanto para el manejo de control de inventario como del rediseño de la bodega, de acuerdo con sus necesidades. Obteniendo las siguientes ideas:

- Sistemas de revisión continua
- Sistemas de revisión periódica
- Bodega automatizada
- Almacenamiento de repuestos por familias
- Almacenamiento por clasificación ABC

2.4.2 Diseño del sistema de control de inventarios

Considerando las posibles soluciones de la lluvia de ideas para este objetivo de diseño, enfocado en el establecimiento de un sistema de control de inventarios, se tomaron en consideración dos sistemas de revisión periódica y dos sistemas de revisión continua, lo cuales son:

- **Sistemas de revisión periódica:**
 - Política (R,s): Se revisa el inventario cada R unidades de tiempo, para tener una cantidad de inventario hasta un nivel S.
 - Política (R,s,S): Se revisa cada R unidades de tiempo, hasta que el nivel de inventario sea igual o menor que el punto de reorden s, para así realizar un pedido hasta elevarlo hasta un nivel S.

- **Sistemas de revisión continua:**

- Política (s,Q): Cuando el nivel de inventario desciende hasta un nivel s , se realiza un pedido de Q unidades fijas.
- Política (s,S): Conocida como el sistema de mínimos y máximos; cuando el nivel de inventario desciende hasta un valor mínimo s , se realiza un pedido por una cantidad que alcance hasta un máximo de S unidades.

Posteriormente, se realizó un análisis de costos de estos dos sistemas de control de inventario, basado en casos de investigación relacionados a la importancia de determinar una correcta política de control de inventario.

En el primer y segundo caso, se basan en elegir una política de revisión continua o periódica en la bodega de repuestos de una empresa dedicada al mantenimiento de aviones (Aisyati A. J., Periodic Review Model for Determining Inventory Policy for Aircraft Consumable Spare Parts., 2014). El autor de los dos artículos determina que para sus repuestos críticos A y B, es mejor llevar una política de revisión continua, debido a que se desea proveer el mismo nivel de servicio a sus clientes, con un menor safety stock que el de la revisión periódica (Aisyati, Jauhari, & Rosyidi, 2014).

Por otro lado, en el tercer caso se realiza una comparación de los tipos de sistemas de control de inventario planteados en la bodega de repuestos de una empresa automotriz; en el cual se analiza los dos tipos de sistema desde un punto de vista económico que genere menos costos anuales, obteniendo como mejor opción el sistema de revisión continua para los repuestos más críticos (I Rizkya*, 2017).

En la Ilustración 2.8 se muestra la matriz de priorización que se realizó con todas las opciones de diseño planteadas, con la finalidad de cubrir todas las necesidades del cliente. Por lo tanto, en conjunto con el coordinador de la bodega de repuestos y el jefe de planificación de mantenimiento se realizó la ponderación de las opciones de diseño en concordancia con las necesidades del cliente, obteniendo como opción de diseño más oportuna, el sistema de revisión continua (s,S).

Necesidades del cliente	Ponderación	Opciones de diseño			
		Sistema de revisión periódica		Sistema de revisión continua	
		Política (R, s, S)	Política (R,s)	Política (s, Q)	Política (s, S)
Minimizar los costos de inventario	15%	2	1	3	4
Reducir el skockouts de los repuestos	30%	3	4	5	5
Reducir el inventario físico	20%	2	3	3	3
Fácil proceso de implementación	10%	1	3	2	3
Reducir costos relacionados a stockouts	15%	1	1	1	3
Bajo costo de implementación	10%	4	4	3	3
Total	100%	2,25	2,8	3,2	3,75

Ilustración 2.8: Matriz de priorización: Sistema de control de inventarios

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Rediseño de la bodega de repuestos

Para el objetivo de diseño que se enfoca en el rediseño de la bodega de repuestos, se tomaron en consideración 2 sistemas de ubicación para los repuestos críticos y estratégicos mencionados en las secciones 2.3.3 y 2.3.4, estos son:

- Sistema de ubicación fija: cada mercancía tiene asignada una posición fija dentro del almacén.
- Sistema de ubicación aleatoria automatizada: la mercancía no tiene asignada una posición fija dentro del almacén.

En la tabla 2.8 se evidencian los costos asociados a la implementación de cada uno de los dos sistemas, este análisis se tomará en cuenta al momento de elaborar la matriz de priorización que se encuentra en la ilustración 2.9.

Tabla 2.8: Análisis de costos para sistemas de ubicación

Fuente: Elaboración propia

	Sistema de ubicación fija	Ubicación aleatoria automatizada
Suscripción	-	\$120/usuario/es
Instalación	-	\$1000
Mantenimiento	-	\$210
Entrenamiento	\$ 180	\$490
Horas extra	\$5.75(8h/mes)	
Microsoft Excel	\$0	-
Total	\$180+46/mes	\$1700 + 120/usuario/mes

Para los sistemas de ubicación fija, se analizaron 2 tipos de distribución: en base a una clasificación ABC y en un almacenamiento por familias. El primero consiste en ubicar los repuestos tipo A, de forma que tengan el menor tiempo de picking posible. En cambio, el segundo consiste en ubicar los repuestos de forma que cumplan las restricciones de almacenamiento basadas en las características de cada macro familia.

Para el sistema de ubicación aleatoria se definió una ubicación aleatoria automatizada, la cual consiste en ubicar los repuestos en el primer espacio disponible, para lo que se necesita un elevado costo de inversión que permita tener el control necesario de las ubicaciones dentro de la bodega.

En la Ilustración 2.9 se muestra la matriz de priorización que se utilizó para la selección de la opción de diseño que satisfaga de mejor manera las necesidades del cliente, en conjunto con el coordinador de la bodega de repuestos y el jefe de planificación de mantenimiento. Se implementará un sistema de ubicación fija con una distribución de almacenamiento por familias:

Necesidades del cliente	Ponderación	Opciones de diseño		
		Clasificación ABC	Almacenamiento por familias	Ubicación aleatoria automatizada
Mejorar la utilización de la bodega de repuestos	5%	3	5	3
Reducir tiempo de búsqueda de repuestos	15%	5	5	3
Conocer la ubicación exacta de cada repuesto	30%	4	4	3
Tener una ubicación exacta de repuestos por maquina o equipos	30%	4	4	2
Mejorar el flujo de repuestos dentro de la bodega	10%	4	4	3
Necesidad de mano obra	5%	4	4	3
Bajo costo de implementación	5%	4	3	1
Total	100%	4,1	4,15	2,6

Ilustración 2.9: Matriz de priorización: rediseño de bodega

Fuente: Elaboración propia

2.5 Diseño

En esta fase se desarrollan las soluciones a la problemática planteada en base a las propuestas seleccionadas como resultado de la matriz de priorización realizada en el capítulo 2.4 para cada uno de los 2 objetivos de diseño:

- Diseño de un sistema de control de inventarios.
- Rediseño de la bodega de repuestos.

2.5.1 Diseño del sistema de control de inventarios

Posterior a la selección del sistema de revisión continua con una política (s,S), se procedió al desarrollo de la misma. Esta política indica que cuando nuestro inventario se consume hasta un nivel mínimo s, se debe ordenar una cantidad Q, que permita alcanzar un nivel máximo S. Para poder lograr lo anteriormente mencionado, se deben calcular 3 parámetros que servirán para el control del inventario y el reabastecimiento de este, esto son:

$EOQ = \text{Cantidad económica de pedido}$

$s = ROP = \text{Punto de reorden}$

$S = \text{Stock máximo (unidades)}$

Para el cálculo de los parámetros previamente mencionados, debemos tomar en consideración las variables que los afectan, estas son:

L = Lead Time promedio (mensual)

D_L = Demanda promedio dentro de L

D = Demanda promedio mensual (unidades)

SS = Stock de seguridad (unidades)

σ_D = Desviación estándar de D

σ_L = Desviación estándar de la demanda dentro de L

k = Factor de seguridad

H = Factor de mantener inventario

Co = Costo de ordenar

A continuación, se detalla el procedimiento para calcular el punto de reorden, cantidad económica de pedido y stock máximo para el repuesto con código "RP00001265".

Variables:

Tabla 2.9: Variables asociadas al cálculo de la política (s,S)

Variables	Valor
H	0,08961
Co	\$ 7,81
Nivel de servicio	90%
K	1,28
Demanda	591
LT (anual)	0,02

$$H = \frac{\text{Costo de mantener inventario anual}}{\text{Valor del inventario}} \quad (2.2)$$
$$H = \frac{29755,2}{332032,30} = 0,08961$$

$$D_L = D * L \quad (2.3)$$

$$D_L = 591 * 0,02 = 15 \text{ unidades}$$

$$\sigma_L = \sigma_D * \sqrt{L} \quad (2.4)$$

$$\sigma_L = 7,09 * \sqrt{0,02} = 1.11$$

$$SS = k * \sigma_L \quad (2.5)$$

$$SS = 1,28 * 1.11 = 2 \text{ unidades}$$

$$ROP = D_L + SS \quad (2.6)$$

$$ROP = 15 + 2 = 17 \text{ unidades}$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DC_o}{H}} \quad (2.7)$$

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 591 * 7,81}{0,089}} = 321 \text{ unidades}$$

$$S = EOQ + ROP \quad (2.8)$$

$$S = 321 + 17 = 338 \text{ unidades}$$

Posteriormente se calcularon los parámetros para los otros 31 repuestos críticos identificados. La tabla 2.10 muestra el valor de los parámetros de la política (s,S) para los 32 repuestos analizados a lo largo de este estudio.

Tabla 2.10: Parámetros de política (s,S) para repuestos tipo A

Fuente: Elaboración propia

Código	EOQ	ROP	Smax
RP00001350	157	15	172
RP00000230	163	7	170
RP00002837	193	47	240
RP00001700	129	9	138
RP00003186	145	5	150
RP00003136	132	5	137
RP00003137	132	5	137
RP00002335	126	4	130
RP00002554	133	17	150
RP00002778	265	26	291
RP00002563	229	19	248
RP00002565	187	33	220
RP00003163	145	5	150
RP00002002	133	19	152
RP00000345	126	11	137
RP00001632	187	20	207
RP00003789	171	11	182
RP00002965	134	7	141
RP00002937	204	14	218
RP00003528	156	5	161
RP00000342	370	17	387
RP00003948	1002	126	1128
RP00001182	268	24	292
RP00001183	261	20	281

Se diseñó una base de datos en el software Excel para el control de las métricas calculas, este archivo funciona mediante la utilización de formularios creadas en el complemento Visual Basic que ofrece el software. La ilustración 2.10 muestra los 4 botones que dan acceso a los formularios que permitirán ingresar nuevos repuestos, actualizar información y gestionar la entrada y salida de mercancía.

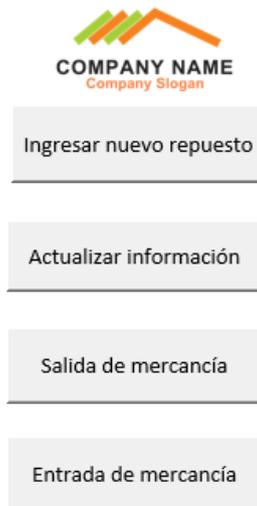


Ilustración 2.10: Acceso a formularios en base de datos de repuestos

Fuente: Elaboración propia

La base de datos cuenta con una hoja que nos permitirá realizar un correcto control del inventario físico gracias a un sistema de alerta visual de dos colores que se encuentra en la columna “ordenar”. La columna “ROP”, nos muestra el nivel mínimo de inventario que podemos tener para cada repuesto, mientras que la columna “Stock”, nos indica el número de unidades por cada repuesto que se encuentran actualmente en bodega.

Por lo tanto, cuando el valor de la columna “Stock” es mayor al punto de reorden (ROP), la columna “ordenar” se mantendrá en color verde lo que indica que no es necesario iniciar el proceso de reabastecimiento. Sin embargo, cuando nuestro stock es menor o igual al ROP, la columna “ordenar” activara la alarma de reabastecimiento, marcándose en color rojo e indicando la cantidad a pedir dentro de la celda marcada.

En la tabla 2.11 se puede ver el punto de reorden y stock para cada repuesto, así como el estado de su indicador visual dependiendo de las cantidades que se disponía en el momento.

Tabla 2.11: Sistema de alerta visual

Fuente: Elaboración propia

Código	ROP	Stock	Ordenar
RP00001350	15	624,00	
RP00000230	7	10,00	
RP00002837	47	593,00	
RP00001700	9	12,00	
RP00003186	5	0,00	150,00
RP00003136	5	0,00	137,00
RP00003137	5	0,00	137,00
RP00002335	4	0,00	130,00
RP00002554	17	370,00	
RP00002778	26	0,00	291,00
RP00002563	19	0,00	248,00
RP00002565	33	0,00	220,00
RP00003163	5	1,00	149,00
RP00002002	19	129,00	
RP00000345	11	10,00	127,00
RP00001632	20	250,00	
RP00003789	11	54,00	
RP00002965	7	17,00	
RP00002937	14	149,00	
RP00003528	5	40,00	
RP00000342	17	96,00	
RP00003948	126	119,00	1009,00
RP00001182	24	1051,00	
RP00001183	20	137,00	
RP00001926	136	1944,00	
RP00001663	5	5,00	157,00
RP00002699	8	51,00	
RP00001265	17	30,00	
RP00002595	19	100,00	
RP00003165	16	0,00	149,00
RP00002509	20	0,00	159,00
RP00003841	55	98,00	

Por último, por medio de un diagrama de flujo, el cual se muestra en la ilustración 2.11 se dejó levantado el proceso de gestión de la base de datos para el control de inventario de repuestos. Para que, en caso de que otra persona requiera la utilización de la base de datos, conozca en qué casos utilizar cada botón y adicionalmente pueda comprender el sistema de alerta visual establecido.

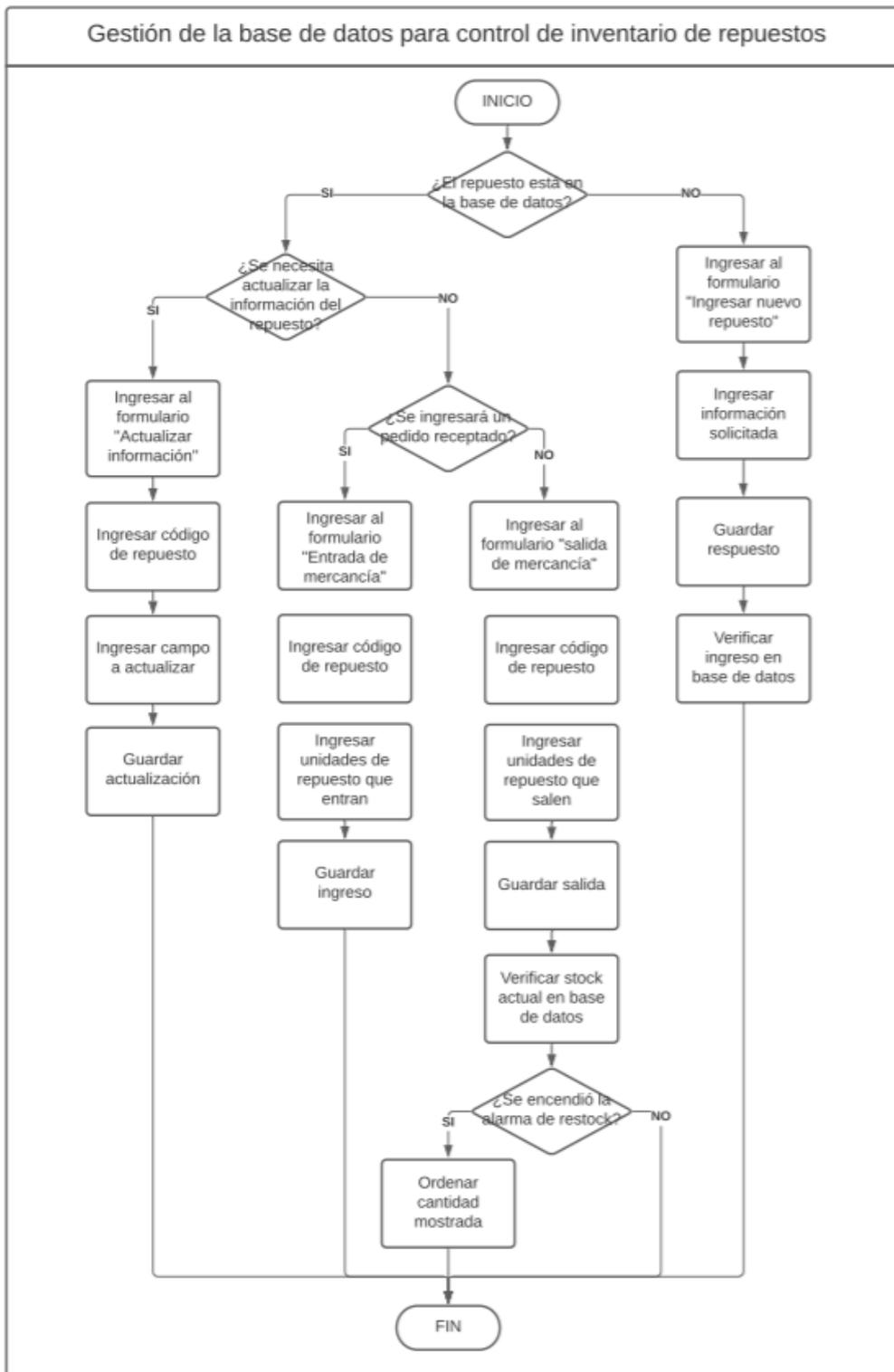


Ilustración 2.11: Diagrama de flujo de gestión de la base de datos para el control de repuestos

Fuente: Elaboración propia

2.5.2 Rediseño de la bodega de repuestos

Este objetivo de diseño consiste en ubicar los repuestos de forma que cumplan las restricciones de almacenamiento, basadas en las características de cada macro familia. Para poder llevar a cabo esta implementación, se procedió a calcular las dimensiones de todos los repuestos críticos, como se muestra en la tabla 2.12.

Tabla 2.12: Dimensiones para almacenamiento de repuestos

Fuente: Elaboración propia

Código	Smax (u)	Cajas	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
RP00001350	91	1	23	22	12
RP00000230	65	3	19	19	7
RP00002837	163	1	25	22	12
RP00001700	66	2	58	58	89
RP00003186	55	1	58	58	89
RP00003136	54	3	38	29	27
RP00003137	54	3	38	29	27
RP00002335	50	1	16	10	2
RP00002554	94	1	20	10	2
RP00002778	148	2	20	10	2
RP00002563	128	2	20	10	2
RP00002565	145	2	20	10	2
RP00003163	56	1	25	22	12
RP00002002	96	1	29	29	27
RP00000345	74	1	18	18	40
RP00001632	123	1	160	80	25
RP00003789	71	2	40	43	28
RP00002965	54	2	40	43	28
RP00002937	87	1	40	40	30
RP00003528	58	4	31	31	39
RP00000342	148	3	29,5	49	13
RP00003948	491	10	14	24	12,5
RP00001182	133	1	25	22	12
RP00001183	119	1	25	22	12
RP00001926	378	1	40	50	2
RP00001663	60	3	26	40	9

RP00002699	82	82	9	9	25
RP00001265	129	2	43	32	13
RP00002595	141	1	20	10	2
RP00003165	71	1	25	25	12
RP00002509	85	1	22	16	13
RP00003841	52	1	25	22	12

Para determinar el espacio máximo por cada repuesto, se tomó en consideración el stock máximo de los mismos, el cual fue calculado al momento de establecer las políticas de inventario. En base a este parámetro y a las dimensiones de las cajas de cada repuesto, se calculó la superficie total que se debería designar para cada uno. La tabla 2.13 muestra el espacio máximo que se requeriría para almacenar los repuestos críticos.

Tabla 2.13: Superficie máxima por repuesto

Fuente: Elaboración propia

Código	Área total (m2)
RP00001350	0,0506
RP00000230	0,0361
RP00002837	0,055
RP00001700	0,6728
RP00003186	0,3364
RP00003136	0,3306
RP00003137	0,3306
RP00002335	0,016
RP00002554	0,02
RP00002778	0,02
RP00002563	0,02
RP00002565	0,02
RP00003163	0,055
RP00002002	0,0841
RP00000345	0,0324
RP00001632	1,28
RP00003789	0,344
RP00002965	0,344

RP00002937	0,16
RP00003528	0,3844
RP00000342	0,14455
RP00003948	0,1344
RP00001182	0,055
RP00001183	0,055
RP00001926	0,2
RP00001663	0,104
RP00002699	0,6642
RP00001265	0,1376
RP00002595	0,02
RP00003165	0,0625
RP00002509	0,0352
RP00003841	0,055

Una vez calculado el espacio máximo por cada repuesto crítico, se procedió a delimitar dicho espacio en el layout en base a las nuevas ubicaciones por familia, lo cual se puede visualizar con el color rojo, como se muestra en la ilustración 2.12

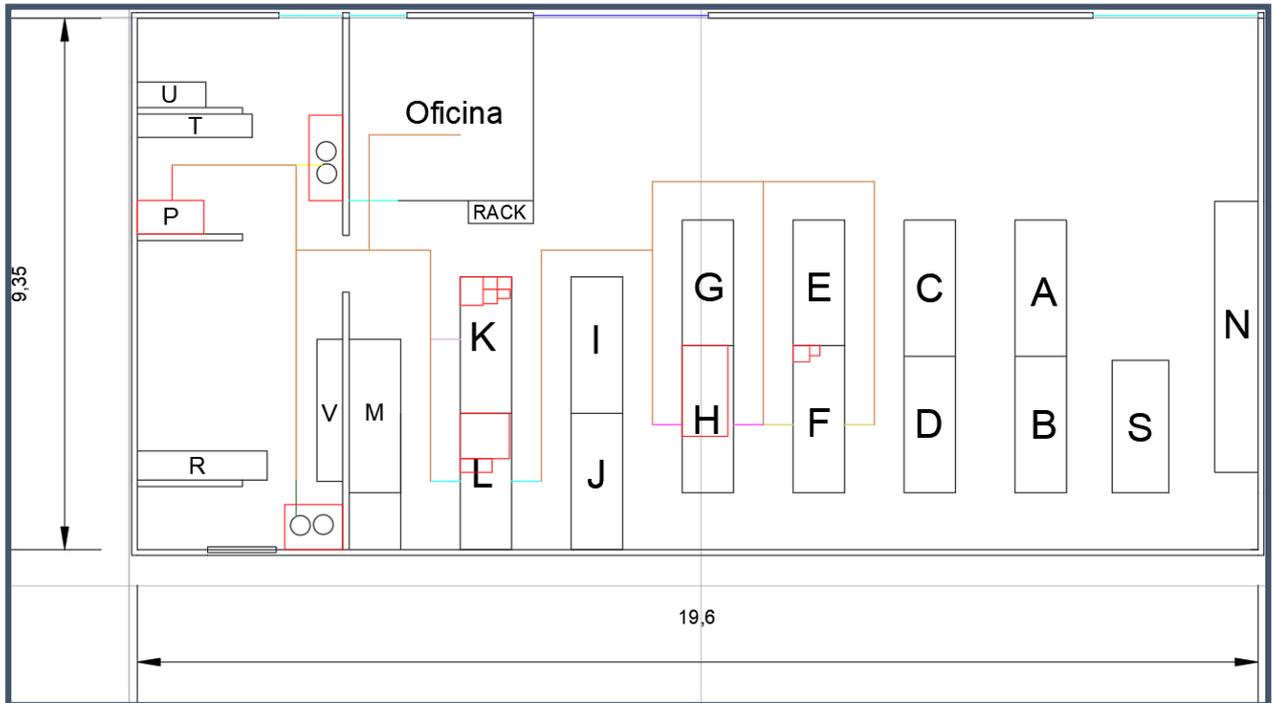


Ilustración 2.12: Plano con delimitación de espacio para repuestos

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se agregó una columna a la base datos con la nueva ubicación de los repuestos, con la finalidad de identificar la posición exacta, previo al almacenamiento o picking del repuesto, como se muestra en la tabla 2.14.

Tabla 2.14: Ubicación en base de datos de repuestos

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	ROP	Stock	Ordenar
RP00001350	BRP-K-N2	15	624,00	
RP00000230	BRP-L-N4	7	10,00	
RP00002837	BRP-K-N1	47	593,00	
RP00001700	BRP-OIL-N0	9	12,00	
RP00003186	BRP-OIL-N0	5	0,00	150,00
RP00003136	BRP-P-N1	5	0,00	137,00
RP00003137	BRP-P-N1	5	0,00	137,00
RP00002335	BRP-K-N2	4	0,00	130,00
RP00002554	BRP-F-N2	17	370,00	
RP00002778	BRP-F-N2	26	0,00	291,00
RP00002563	BRP-F-N2	19	0,00	248,00
RP00002565	BRP-F-N2	33	0,00	220,00
RP00003163	BRP-K-N2	5	1,00	149,00
RP00002002	BRP-F-N1	19	129,00	
RP00000345	BRP-F-N1	11	10,00	127,00
RP00001632	BRP-H-N5	20	250,00	
RP00003789	BRP-L-N1	11	54,00	
RP00002965	BRP-L-N1	7	17,00	
RP00002937	BRP-L-N2	14	149,00	
RP00003528	BRP-OIL-N1	5	40,00	
RP00000342	BRP-L-N2	17	96,00	
RP00003948	BRP-L-N1	126	119,00	1009,00
RP00001182	BRP-K-N1	24	1051,00	
RP00001183	BRP-K-N2	20	137,00	
RP00001926	BRP-K-N1	136	1944,00	
RP00001663	BRP-K-N3	5	5,00	157,00
RP00002699	BRP-P-N3	8	51,00	
RP00001265	BRP-L-N3	17	30,00	
RP00002595	BRP-F-N2	19	100,00	
RP00003165	BRP-K-N1	16	0,00	149,00
RP00002509	BRP-K-N1	20	0,00	159,00
RP00003841	BRP-K-N2	55	98,00	

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de sensibilidad

Para verificar que tan robustas son las soluciones diseñadas, se procedió a elaborar un análisis de sensibilidad para cada una de ellas:

3.1.1 Diseño de control de inventario

Para este objetivo de diseño se tomaron en consideración 3 escenarios que la compañía en estudio consideró que se podrían presentar con mayor probabilidad, cuyos cálculos totales para los 3 escenarios, se detallan en el Apéndice C.

- Escenario 1: Aumento de una asistente en bodega, lo que incrementaría el factor de mantenimiento de inventario "H". En la tabla 3.1 se muestran los costos asociados a este escenario.

Tabla 3.1: Políticas de inventario escenario 1

Fuente: Elaboración propia

	H	Nivel de servicio	Demanda
	0,108891	90%	Se mantiene
EOQ	Disminuye		
ROP	Se mantiene		
Costo de ROP	\$1.325,21		
Costo por ordenes	\$44.598,61		
Costo de ordenar	\$437,36		
Costo de mantener inventario	\$36.155,20		
Costo total	\$82.516,38		

- Escenario2: Incremento de tiempo de reabastecimiento (lead time) de 5 repuestos críticos, esto debido a problemas que se podrían presentar con los proveedores o método de transporte. En la tabla 3.2 se muestran los costos asociados a este escenario.

Tabla 3.2: Políticas de inventario escenario 2

Fuente: Elaboración propia

	H	Nivel de servicio	Demanda
	0,08962	80%	Se mantiene
EOQ	Se mantiene		
ROP	Disminuye		
Costo de ROP	\$1.249,49		
Costo por ordenes	\$45.430,54		
Costo de ordenar	\$406,12		
Costo de mantener inventario	\$29.755,20		
Costo total	\$76.841,35		

- Escenario 3: incremento de la demanda de todos los repuestos en un 10%. En la tabla 3.3 se muestran los costos asociados a este escenario.

Tabla 3.3: Políticas de inventario escenario 3

Fuente: Elaboración propia

	H	Nivel de servicio	Demanda
	0,08962	90%	110%
EOQ	Aumenta		
ROP	Aumenta		
Costo de ROP	\$1.325,21		
Costo por ordenes	\$49.192,47		
Costo de ordenar	\$437,36		
Costo de mantener inventario	\$29.755,20		
Costo total	\$80.710,24		

Se compararon los 3 escenarios analizados junto con el escenario propuesto para comparar los costos asociados al control de inventario. En la tabla 3.4 se muestra los descrito anteriormente.

Tabla 3.4: Política de inventario - comparación de escenarios

Fuente: Elaboración propia

	Escenario propuesto	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Costo de ROP	\$ 1.325,21	\$ 1.325,21	\$ 1.249,49	\$ 1.325,21
Costo por ordenes	\$ 45.430,54	\$ 44.598,61	\$ 45.430,54	\$ 49.192,47
Costo de ordenar	\$ 406,12	\$ 437,36	\$ 406,12	\$ 437,36
Costo de mantener inventario	\$ 29.755,20	\$ 36.155,20	\$ 29.755,20	\$ 29.755,20
Costo total	\$ 76.917,07	\$ 82.516,38	\$ 76.841,35	\$ 80.710,24

De la tabla 3.4 se puede concluir que el mejor caso se obtiene disminuyendo el nivel de servicio (Escenario 2), mientras que el peor caso se presentaría por un incremento del costo de mantener inventario el cual está asociado al aumento de personal en bodega (Escenario 1).

3.1.2 Rediseño de la bodega

Para este objetivo de diseño, se plantearon dos escenarios propuestos en conjunto con la compañía:

- **Escenario 1:** El repuesto es almacenado en la ubicación actual de la bodega.

Se tomó una orden de despacho, la misma que se muestra en la tabla 3.5, y se midió la distancia rectilínea que le tomaría al encargado de bodega realizar el picking de los repuestos, hacia la ubicación actual y luego hacia la ubicación propuesta, para poder comparar la distancia recorrida y su tiempo de caminata, asumiendo una velocidad de 3km/h. Obteniendo los siguientes resultados, los cuales se observan en la tabla 3.5:

Tabla 3.5: Orden de despacho

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	Cantidad
RP00001926	BRP-K-N1	8
RP00003789	BRP-L-N1	3
RP00001663	BRP-K-N3	1

Tabla 3.6: Distancia y tiempo de caminata

Fuente: Elaboración propia

	Escenario propuesto	Escenario 1
Distancia (m)	14,6	21,4
Tiempo de caminata (min)	0,29	0.43

Como se puede observar en los resultados de la Tabla 3.6, tanto la distancia como el tiempo de caminata se reduce en el escenario propuesto un 32.56%.

- **Escenario 2:** La demanda de los repuestos tipo A incrementa en un 10%.

Para este escenario se partió del supuesto en que la demanda de los repuestos incrementaría en un 10%, con el fin de conocer como aumentaría la utilización de los racks. Por lo que se tomó el espacio actual que ocupan los repuestos de la Tabla 3.7, en comparación al incremento de la utilización del rack de la Tabla 3.8.

Tabla 3.7: Utilización actual del rack

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	Área total
RP00000342	BRP-L-N2	0,3046 m ²
RP00002937	BRP-L-N2	

Tabla 3.8: Utilización del rack escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	Área total
RP00000342	BRP-L-N2	0,4491 m ²
RP00002937	BRP-L-N2	

El espacio disponible por nivel del rack es de 2.16 m², por lo que a medida que la demanda aumenta un 10%, mayor será el número de repuestos almacenados; por lo que aumentaría de un 14% a un 21% en su utilización.

3.2 Resultados generados con el modelado de la propuesta

Para el objetivo de diseño que se centra en la definición de políticas de control de inventario, se comparó como fue el proceso de entrada y salida de una muestra de los 32 repuestos críticos tipo A durante el año 2020 versus como hubiera sido en caso de aplicarse las políticas de inventario propuestas en el estudio. Para el segundo objetivo de diseño que plantea el rediseño de la bodega de los repuestos, se tomó la misma muestra de repuestos y se compararon las distancias recorridas y tiempos de picking con las ubicaciones actual versus las ubicaciones propuestas.

Para ambos casos se utilizó el mismo tamaño de muestra el cual se puede ver a continuación:

Tabla 3.9: Datos para determinar el tamaño de la muestra

N	32
P	0,5
Q	0,5
E	0,2
Z(0,95)	1,65

$$n = \frac{1,65^2 * 32 * 0,5 * 0,5}{0,2^2 * (32 - 1) + 1,65^2 * 0,5 * 0,5} = 12$$

3.2.1 Especificaciones de diseño

Cantidad de stockout de los repuestos críticos

En la tabla 3.10 se puede observar la cantidad de veces que cada repuesto se quedó con cero unidades en stock, por lo que, en caso de haber existido otro requerimiento podría haberse visto comprometida la operación. Se procedió a comparar la situación real versus la situación propuesta la cual considera las políticas de inventario definidas en el estudio. En el apéndice D se puede visualizar el detalle del movimiento de las unidades en bodega para cada uno de los repuestos analizados.

Tabla 3.10: Número de stockouts por repuesto escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Repuesto	Número de Stockouts por repuesto	
	Escenario actual	Escenario propuesto
RP00001926	0	0
RP00000230	2	0
RP00001183	0	0
RP00002595	1	0
RP00003528	0	0
RP00003165	1	0
RP00002699	0	0
RP00001663	2	0
RP00003841	0	0
RP00003789	0	0
RP00001265	1	0
RP00002965	0	0
Total	7	0

Como resultado de este análisis, la ilustración 3.1 nos muestra que hubo una reducción de la cantidad de stockouts de 7 veces a 0, para los repuestos bajo estudio.

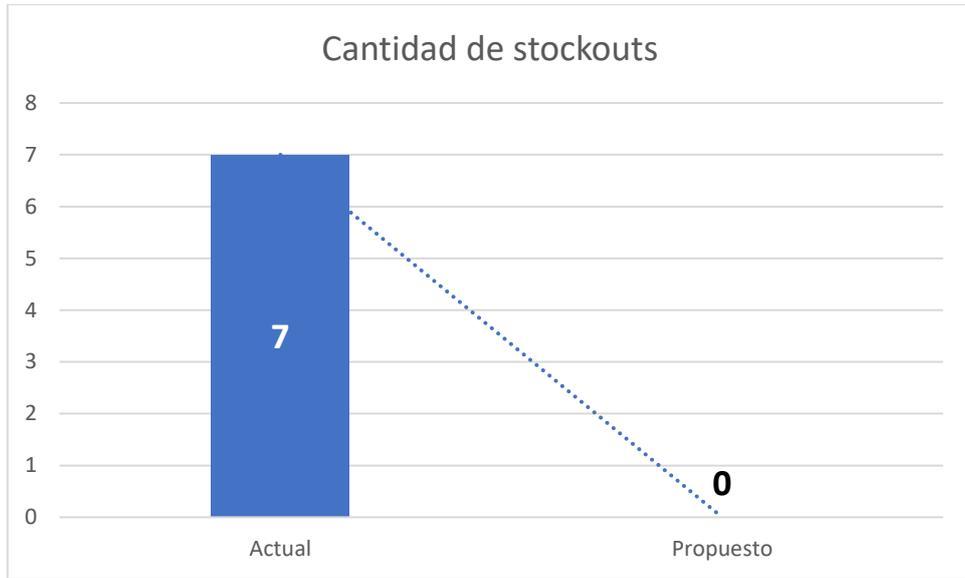


Ilustración 3.1: Cantidad de stockouts escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Ubicación de los repuestos de acuerdo con su consumo

En la Tabla 3.11 se observa la distancia total que debe recorrer el auxiliar de bodega para despachar cada uno de los repuestos críticos seleccionados en el muestreo. Se comparó la distancia rectilínea de las ubicaciones actuales contra las ubicaciones propuestas.

Tabla 3.11: Distancias recorridas escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	Distancia (m)	
		Escenario Actual	Escenario propuesto
RP00001926	BRP-K-N1	16,3	10,34
RP00000230	BRP-L-N4	21,2	15,14
RP00001183	BRP-K-N2	16,1	10,34
RP00002595	BRP-F-N2	27,53	18,87
RP00003528	BRP-OIL-N1	22,38	22,38
RP00003165	BRP-K-N1	16,3	10,34
RP00002699	BRP-P-N3	19,78	16,92
RP00001663	BRP-K-N3	14,4	12,9
RP00003841	BRP-K-N2	16,3	10,34
RP00003789	BRP-L-N1	20,6	15,14
RP00001265	BRP-L-N3	21,3	15,14
RP00002965	BRP-L-N1	21,2	15,14
Total		233,39	172,99

Como resultado de este análisis, la ilustración 3.2 nos muestra que hubo una reducción del 26% para la distancia recorrida de los repuestos bajo estudio.

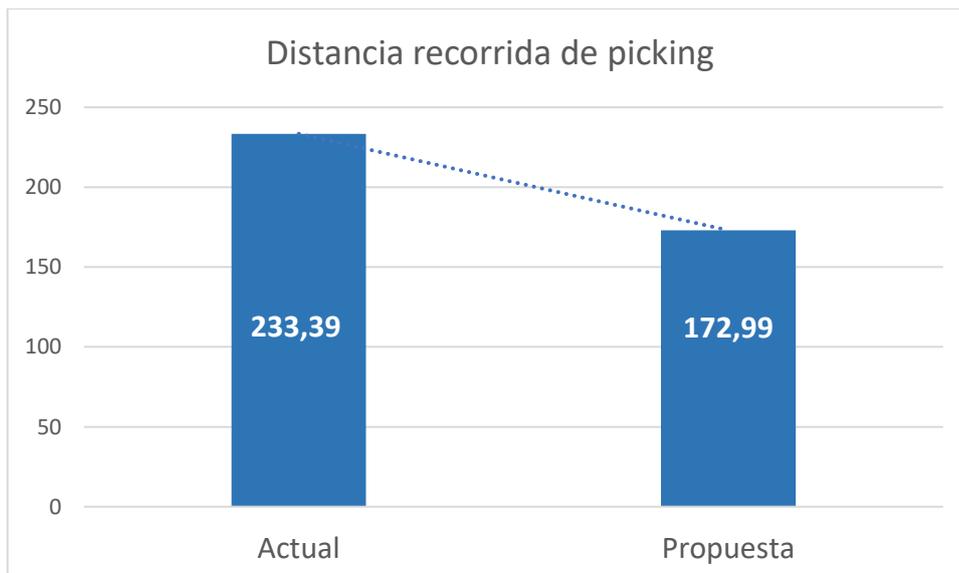


Ilustración 3.2: Reducción de distancia de picking

Fuente: Elaboración propia

Utilización de la bodega

Para verificar la utilización de la bodega en primer lugar se tomó en consideración el inventario promedio de cada repuesto en la situación actual y propuesta. Posteriormente se analizó la superficie de la unidad de almacenamiento para cada uno de ellos (cajas) y se tomó en consideración los casos en los que podrían apilarse. En base a estos criterios se calculó la superficie total utilizada para cada repuesto en la situación real y propuesta como se puede visualizar en la tabla 3.12:

Tabla 3.12: Utilización de bodega escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Repuesto	Escenario actual		Escenario propuesto		Utilización
	Inventario promedio (u)	Espacio requerido(m2)	Inventario promedio (u)	Espacio requerido(m2)	
RP00001926	1850	0,200	600	0,200	0%
RP00000230	15	0,036	160	0,072	100%
RP00001183	331	0,055	251	0,055	0%
RP00002595	250	0,020	215	0,020	0%
RP00003528	48	0,288	102	0,577	100%
RP00003165	50	0,063	99	0,063	0%
RP00002699	148	1,199	193	1,563	30%
RP00001663	18	0,104	130	0,208	100%
RP00003841	153	0,055	137	0,055	0%
RP00003789	57	0,344	165	0,688	100%
RP00001265	87	0,138	295	0,138	0%
RP00002965	69	0,344	121	0,516	50%
Total	3076	2,845	2468	4,154	40%

Como resultado de este análisis, la ilustración 3.3 nos muestra que hubo un aumento del 40% de la utilización de bodega para los repuestos bajo estudio. Esto se debe principalmente a que para disminuir la cantidad de stockouts es necesario aumentar el inventario promedio para ciertos repuestos, por lo al atacar este problema la cantidad de repuestos almacenados incrementa lo que impacta en la utilización.

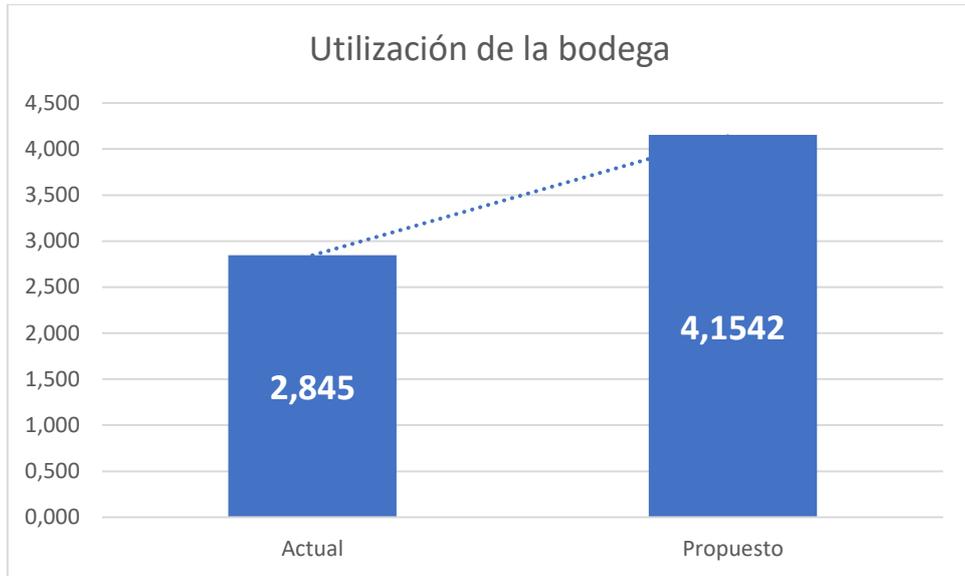


Ilustración 3.3: Utilización de bodega escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Costo anual de los repuestos

Para el análisis de los costos anuales asociados a cada repuesto, en el caso del escenario actual se tomaron en cuenta las cantidades ordenadas y cantidad de pedidos durante el año 2020. Dicha información fue obtenida de la base de datos histórica proporcionada por la organización. Para el caso del escenario propuestos se determinó como debieron haber sido los reabastecimientos en base a la política de inventario definida en este estudio y tomando en consideración las salidas reales de la base de datos de la organización. La tabla 3.13 nos muestra los resultados de lo descrito anteriormente:

Tabla 3.13: Tabla resumen de escenarios - costos de reabastecimiento

Fuente: Elaboración propia

Repuesto	Costo unitario	Escenario actual		Escenario propuesto	
		Unidades	Costo de ordenar	Unidades	Costo de ordenar
RP00001926	\$ 0,36	3000	\$ 1.100,42	1000	\$ 369,41
RP00000230	\$ 2,14	30	\$ 71,91	175	\$ 381,73
RP00001183	\$ 0,20	500	\$ 108,81	560	\$ 128,74
RP00002595	\$ 0,02	500	\$ 17,36	615	\$ 27,37
RP00003528	\$ 17,29	162	\$ 2.823,60	162	\$ 2.815,79
RP00003165	\$ 0,06	100	\$ 13,41	149	\$ 16,15
RP00002699	\$ 35,50	280	\$ 9.986,86	222	\$ 7.888,81
RP00001663	\$ 5,24	80	\$ 450,12	162	\$ 856,04
RP00003841	\$ 0,11	200	\$ 30,21	184	\$ 28,42
RP00003789	\$ 8,27	74	\$ 620,03	182	\$ 1.513,55
RP00001265	\$ 1,25	160	\$ 215,62	338	\$ 430,31
RP00002965	\$ 10,16	102	\$ 1.067,56	141	\$ 1.440,37
Total		5188	\$ 16.505,92	3890	\$15.896,69

Como resultado de este análisis, la ilustración 3.4 nos muestra que hubo una reducción del 4% para los costos asociados al reabastecimiento de los repuestos tipo A.

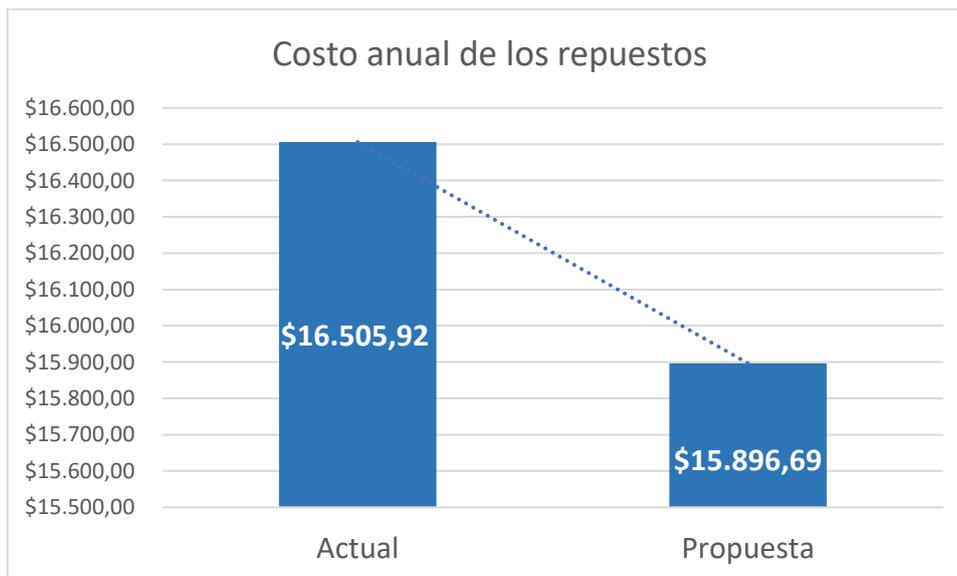


Ilustración 3.4: Costo anual de repuestos escenario actual vs propuesta

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de búsqueda de repuestos

En base a las distancias rectilíneas analizadas en la tabla 3.10 (tabla de distancia recorridas), se determinó el tiempo de picking promedio para despachar cada uno de los repuestos, tomando como referencia una velocidad constante de 3km/h, en la tabla 3.14 se puede evidenciar el tiempo de picking para el escenario actual en comparación con el escenario propuesto:

Tabla 3.14: Tiempo de picking escenario actual vs propuesto

Fuente: Elaboración propia

Código	Ubicación	Tiempo (s)	
		Escenario Actual	Escenario propuesto
RP00001926	BRP-K-N1	19,56	12,41
RP00000230	BRP-L-N4	25,44	18,17
RP00001183	BRP-K-N2	19,32	12,41
RP00002595	BRP-F-N2	33,04	22,64
RP00003528	BRP-OIL-N1	26,86	26,86
RP00003165	BRP-K-N1	19,56	12,41
RP00002699	BRP-P-N3	23,74	20,30
RP00001663	BRP-K-N3	17,28	15,48
RP00003841	BRP-K-N2	19,56	12,41
RP00003789	BRP-L-N1	24,72	18,17
RP00001265	BRP-L-N3	25,56	18,17
RP00002965	BRP-L-N1	25,44	18,17
Total		280,07	207,59

Como resultado de este análisis, la ilustración 3.5 nos muestra que hubo una reducción del 26% para el tiempo de picking de los repuestos bajo estudio.

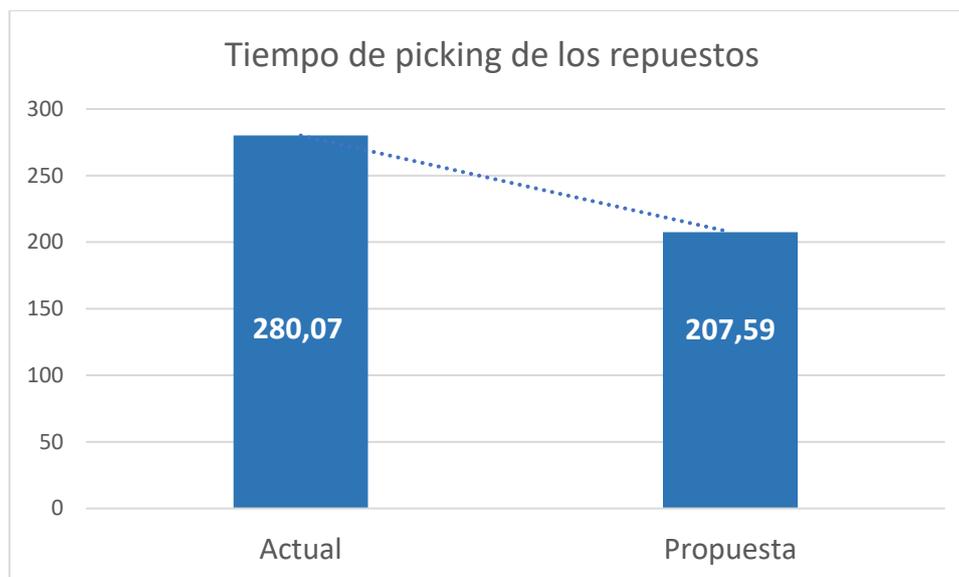


Ilustración 3.5: Tiempo de picking de los repuestos

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Beneficios adicionales

Adicional a los resultados obtenidos mediante el cumplimiento de las especificaciones de diseño, existen otros beneficios que se consiguieron de la implementación de los diseños propuestos, como son:

- Se consiguió mejorar la organización de la dentro de la bodega de repuestos, mediante la ubicación por familia para los repuestos tipo A.
- Se mejoró la trazabilidad para los repuestos, debido a que la herramienta de control del inventario indica la posición en que se encuentra el repuesto solicitado.
- Se logró capacitar al personal sobre el uso de la herramienta para el control de inventario de los repuestos, dejando levantado el diagrama de flujo para el uso de esta herramienta.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto tuvo como finalidad establecer una política de control de inventario y el rediseño de la bodega de repuestos, con el objetivo de reducir el stockout y mejorar el flujo dentro de la misma. Como resultado de nuestras propuestas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se redujo la distancia recorrida y el tiempo de picking de los repuestos tipo A en un 26%.
- Se redujo los costos asociados al reabastecimiento de los repuestos tipo A en un 4%.
- La solución propuesta logró satisfacer las necesidades del cliente, y cumplió las restricciones establecidas de presupuesto, tiempo de ejecución, infraestructura y habilidades informáticas.
- La implementación de una política de control de inventario adecuada contribuye en la reducción del riesgo asociado al desabastecimiento de un repuesto, lo que podría detener la operación e incurriría en costos para la organización.
- Un correcto registro de las ubicaciones de los repuestos mejora la trazabilidad de estos, lo que permite un despacho más eficiente para de esta manera, contribuir en la reducción del tiempo medio de reparación.
- Apoyarse en herramientas informáticas para el control y registro de información permite obtener procesos más eficientes y con menor probabilidad de ocurrencia de errores.
- Se obtuvieron beneficios adicionales como: capacitación al personal sobre el uso de la herramienta de control de inventario, disminución de movimientos en el picking de los repuestos, mejor control y registro del inventario de los repuestos tipo A.

4.2 Recomendaciones

- Revisar la información requerida para calcular los parámetros de la política de control de inventario periódicamente, con el fin de actualizar las métricas, en caso de: cambios en el tiempo de entrega de los proveedores, variaciones en la demanda, cambio en los costos de mantenimiento de inventario, cambio del nivel de servicio, entre otros.
- Implementar un dashboard para el control del movimiento de los repuestos, lo que permitiría un mejor análisis de la información referente a la bodega de repuestos, para así controlar las variables que afectan a las políticas de inventario, lo que permitiría tomar decisiones oportunas.
- Desarrollar un proyecto 5s dentro de la bodega de repuestos, lo que permitiría mejorar la organización de esta y tener un área más limpia, lo que contribuiría a la eliminación de las fuentes de contaminación.
- Mejorar la señalización y rotulado de las estanterías de la bodega para que sea más fácil reconocer que rack pertenece a cada familia.
- Continuar con el ingreso en la base de datos de la información para los siguientes repuestos con mayor rotación (Tipo B), para de esta manera, determinar su punto de reorden, cantidad económica de pedido y stock máximo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aisyati, A. J. (2014). *Periodic Review Model for Determining Inventory Policy for Aircraft Consumable Spare Parts*.
- Aisyati, A. J. (2014). *Periodic Review Model for Determining Inventory Policy for Aircraft Consumable Spare Parts*. .
- Aisyati, A. J. (2014). *Periodic Review Model for Determining Inventory Policy for Aircraft Consumable Spare Parts*. .
- Aisyati, A., Jauhari, W. A., & Rosyidi, C. N. (2014). *Determination Inventory Level for Aircraft Spare Parts Using*.
- Breyfogle, F. (2008). En F. Breyfogle, *Integrated enterprise excellence* (pág. 1196). Austin: Citius publishing.
- CFN, C. F. (2018). *INDUSTRIAS MANUFACTURERAS: ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS*.
- Cohen, L. (1995). En L. Cohen, *Quality function deployment – How to make QFD work for you* (pág. 368). Prentice Hall.
- I Rizkya*, K. S. (2017). *Comparison of Periodic Review Policy and Continuous Review Policy for the Automotive Industry Inventory System*.
- Jenifer, J. S., & Sivakumar, B. (2019). *A continuous review (s, S) inventory system with postponed demands at service facility*.
- Jiaxi Li, M. M., & Nof, S. Y. (2015). *Dynamic storage assignment with product affinity and ABC classification—a case study*.
- Kai Yang & Basem El-Haik. (2008). *Design for Six Sigma*.
- Korstjens, A. M. (2017). *Sampling, data collection and analysis*.
- Margaret E. Balfour, K. T. (2015). *Crisis Reliability Indicators Supporting Emergency Services*.

- Maryam, J., Hosseini-Motlagh, S.-M., Mohammadreza, N., MarkGoh, & Ignatius, J. (2018). *Bi-level credit period coordination for periodic review inventory system with price-credit dependent demand under time value of money.*
- Md. Shakil, M. R. (2013). *Process Flow Chart and Factor Analysis in Production of Jute Mills.*
- T.S.Chan, F. (2011). *Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage.*
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). *ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs.*
- Teunter, R., Syntetos, A., & Babai, M. (2017). *Stock keeping unit fill rate specification.*
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios.* Cali.
- Vis, K. J. (2007). *A model for warehouse layout.*
- Yang, K. (2009). Design for six sigma - A road map for product development. En K. Yang, *Design for six sigma - A road map for product development.* The McGraw-Hill companies.

APÉNDICE

APÉNDICE A

Validación lista de SKU de repuestos

Para la verificación de la lista de SKU, demanda y costo de repuestos se utilizaron los siguientes datos:

Lista de SKU de repuestos

Código de artículo	Artículo	Costo	Cantidad	Estado
RP00002289	Artículo 1	2	35	Verificado
RP00003919	Artículo 2	2	6,1	Verificado
RP00000235	Artículo 3	50	1,6	Verificado
RP00000230	Artículo 4	50	1,9	Verificado
RP00004035	Artículo 5	1	221,5	Verificado
RP00004031	Artículo 6	10	3,4	Verificado
RP00002911	Artículo 7	10	9,384	Verificado
RP00003455	Artículo 8	28	1,1761	Verificado
RP00004032	Artículo 9	2	110	Verificado
RP00004033	Artículo 10	2	58	Verificado
RP00004034	Artículo 11	1	250	Verificado
RP00001156	Artículo 12	12	2,5	Verificado
RP00004030	Artículo 13	2	37,5	Verificado
RP00003828	Artículo 14	1	255,25	Verificado
RP00003186	Artículo 15	1,5	11,6	Verificado
RP00001024	Artículo 16	1	4,76	Verificado
RP00001474	Artículo 17	1	1,57	Verificado
RP00001666	Artículo 18	4	2,2375	Verificado
RP00000553	Artículo 19	4	1,71	Verificado
RP00003147	Artículo 20	1	22,4	Verificado
RP00003827	Artículo 21	1	2,18	Verificado
RP00002323	Artículo 22	2	13,215	Verificado
RP00002317	Artículo 23	1	2,79	Verificado
RP00002470	Artículo 24	2	0,8	Verificado
RP00002453	Artículo 25	2	0,895	Verificado

RP00003342	Artículo 26	1	2040,42	Verificado
RP00001844	Artículo 27	1	4,09	Verificado
RP00001061	Artículo 28	1	17,92	Verificado
RP00001183	Artículo 29	30	0,2017	Verificado
RP00003165	Artículo 30	30	0,056	Verificado
RP00000362	Artículo 31	30	0,02	Verificado
RP00003162	Artículo 32	12	0,1342	Verificado
RP00003163	Artículo 33	12	0,0892	Verificado
RP00003395	Artículo 34	2	14,665	Verificado
RP00003207	Artículo 35	1	55,91	Verificado
RP00001844	Artículo 36	1	4,09	Verificado
RP00003392	Artículo 37	1	46,24	Verificado
RP00003205	Artículo 38	1	72,8	Verificado
RP00002703	Artículo 39	2	76,675	Verificado
RP00002199	Artículo 40	2	91,555	Verificado
RP00001632	Artículo 41	200	4,386	Verificado
RP00001926	Artículo 42	300	0,3136	Verificado
RP00003907	Artículo 43	1,5	38,16	Verificado
RP00003198	Artículo 44	154	0,392	Verificado
RP00000374	Artículo 45	12	0,3167	Verificado
RP00003166	Artículo 46	12	0,0767	Verificado
RP00003916	Artículo 47	2	6,495	Verificado
RP00003104	Artículo 48	3	76,16	Verificado
RP00003920	Artículo 49	13	7,84	Verificado
RP00002183	Artículo 50	1	32,48	Verificado
RP00002820	Artículo 51	1	22,07	Verificado
RP00001310	Artículo 52	2	3,685	Verificado
RP00001551	Artículo 53	1	6,37	Verificado
RP00001528	Artículo 54	1	10,08	Verificado
RP00000230	Artículo 55	10	2,13	Verificado
RP00000235	Artículo 56	20	1,852	Verificado
RP00000151	Artículo 57	10	2,109	Verificado
RP00000235	Artículo 58	21	1,8519	Verificado
RP00000235	Artículo 59	10	1,852	Verificado

RP00000151	Artículo 60	5	2,11	Verificado
RP00000235	Artículo 61	5	1,852	Verificado
RP00000230	Artículo 62	10	2,129	Verificado
RP00000235	Artículo 63	34	1,8521	Verificado
RP00000151	Artículo 64	5	2,11	Verificado
RP00000235	Artículo 65	10	1,852	Verificado
RP00000151	Artículo 66	5	2,11	Verificado
RP00000230	Artículo 67	4	2,13	Verificado
RP00000235	Artículo 68	16	1,8525	Verificado
RP00000151	Artículo 69	5	2,108	Verificado
RP00002625	Artículo 70	5	1,86	Verificado
RP00002976	Artículo 71	8	0,5538	Verificado
RP00002150	Artículo 72	1	189,02	Verificado
RP00003635	Artículo 73	1	6,33	Verificado
RP00002311	Artículo 74	14	0,2243	Verificado
RP00003819	Artículo 75	1	23,52	Verificado
RP00001393	Artículo 76	30	1,2023	Verificado
RP00003186	Artículo 77	2,5	11,6	Verificado
RP00001183	Artículo 78	30	0,2017	Verificado
RP00003165	Artículo 79	10	0,056	Verificado
RP00000262	Artículo 80	1	98,45	Verificado
RP00000014	Artículo 81	1	0,05	Verificado
RP00000286	Artículo 82	1	1,56	Verificado
RP00003520	Artículo 83	1	5,38	Verificado
RP00002940	Artículo 84	1,5	19,5067	Verificado
RP00002449	Artículo 85	1	170,98	Verificado
RP00000183	Artículo 86	1	216,72	Verificado
RP00004006	Artículo 87	6	2,24	Verificado
RP00003104	Artículo 88	1	76,16	Verificado
RP00001898	Artículo 89	1	38,76	Verificado

Fuente: Empresa objeto de estudio

*El tamaño de muestra se seleccionó en base a una población de tamaño finito.

Validación de lista de proveedores

Para la verificación de la lista de proveedores se utilizaron los siguientes datos:

Lista de proveedores

Código de artículo	Proveedor	Estado
RP00000303	Proveedor 1	Verificado
RP00003666	Proveedor 2	Verificado
RP00001696	Proveedor 3	Verificado
RP00000303	Proveedor 4	Verificado
RP00000351	Proveedor 5	Verificado
RP00000230	Proveedor 6	Verificado
RP00002865	Proveedor 7	Verificado
RP00000504	Proveedor 8	Verificado
RP00003843	Proveedor 9	Verificado
RP00000076	Proveedor 10	Verificado
RP00001024	Proveedor 11	Verificado
RP00003271	Proveedor 12	Verificado
RP00002046	Proveedor 13	Verificado
RP00003861	Proveedor 14	Verificado
RP00003878	Proveedor 15	Verificado
RP00003104	Proveedor 16	Verificado
RP00002592	Proveedor 17	Verificado
RP00003953	Proveedor 18	Verificado
RP00003955	Proveedor 19	Verificado
RP00003955	Proveedor 20	Verificado
RP00003938	Proveedor 21	Verificado
RP00000943	Proveedor 22	Verificado
RP00002699	Proveedor 23	Verificado
RP00004015	Proveedor 24	Verificado
RP00002000	Proveedor 25	Verificado
RP00001663	Proveedor 26	Verificado
RP00000553	Proveedor 27	Verificado
RP00004054	Proveedor 28	Verificado

RP00004062	Proveedor 29	Verificado
RP00003231	Proveedor 30	Verificado
RP00004078	Proveedor 31	Verificado
RP00002685	Proveedor 32	Verificado
RP00003394	Proveedor 33	Verificado
RP00004090	Proveedor 34	Verificado
RP00004097	Proveedor 35	Verificado
RP00002613	Proveedor 36	Verificado
RP00003817	Proveedor 37	Verificado
RP00000664	Proveedor 38	Verificado
RP00001529	Proveedor 39	Verificado
RP00002350	Proveedor 40	Verificado
RP00003879	Proveedor 41	Verificado
RP00001696	Proveedor 42	Verificado
RP00003201	Proveedor 43	Verificado
RP00003544	Proveedor 44	Verificado
RP00002677	Proveedor 45	Verificado
RP00004017	Proveedor 46	Verificado
RP00000235	Proveedor 47	Verificado
RP00004063	Proveedor 48	Verificado
RP00004071	Proveedor 49	Verificado
RP00002753	Proveedor 50	Verificado
RP00002643	Proveedor 51	Verificado
RP00000500	Proveedor 52	Verificado
RP00003849	Proveedor 53	Verificado
RP00000434	Proveedor 54	Verificado
RP00000351	Proveedor 55	Verificado
RP00000837	Proveedor 56	Verificado
RP00004047	Proveedor 57	Verificado
RP00000230	Proveedor 58	Verificado
RP00001461	Proveedor 59	Verificado
RP00001122	Proveedor 60	Verificado
RP00002317	Proveedor 61	Verificado
RP00003234	Proveedor 62	Verificado

RP00002940	Proveedor 63	Verificado
RP00001462	Proveedor 64	Verificado
RP00003826	Proveedor 65	Verificado
RP00002965	Proveedor 66	Verificado
RP00002987	Proveedor 67	Verificado
RP00001458	Proveedor 68	Verificado
RP00003850	Proveedor 69	Verificado

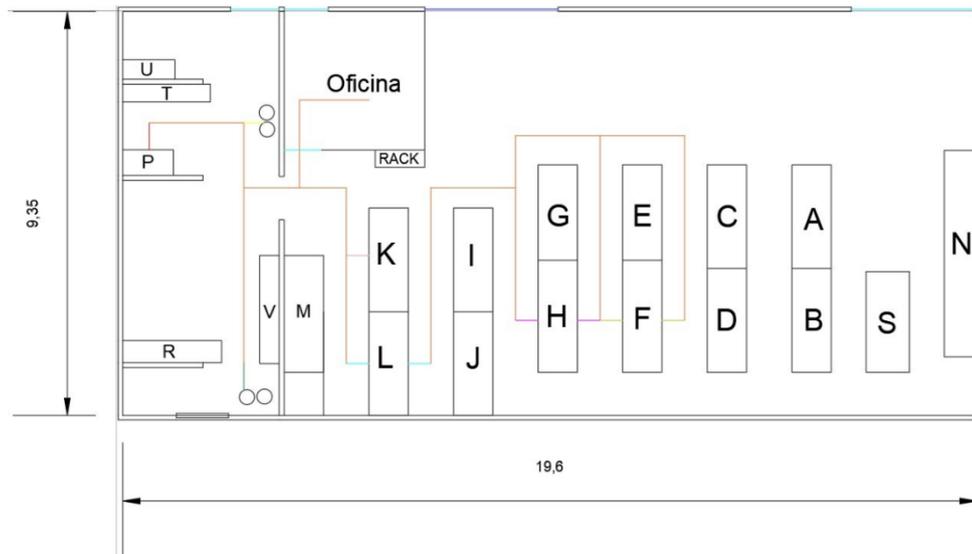
Fuente: Empresa objeto de estudio

*El tamaño de muestra se seleccionó en base a una población de tamaño finito.

Validación de la bodega de repuestos

En el plano 1 se observa la distribución actual de la bodega de repuestos, se identifica el área de oficina en donde trabaja el auxiliar del área, se puede visualizar la entrada para personas y la de montacargas en caso de ser necesario.

La bodega tiene dimensiones de 9.35m x 19.6m, teniendo una superficie total de 183.26m². Así mismo, consta de 21 racks, identificados por letras que van desde la "A" hasta la "V", cada uno con diferente capacidad de almacenamiento. Los racks son de 3, 4 y 5 niveles.



Plano de bodega de repuestos

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE B

Clasificación ABC

En base al criterio de “mayor rotación” durante los años 2019 y 2020 se identificaron los 32 críticos, los cuales están descritos en la tabla 3:

Clasificación ABC de repuestos

Código del repuesto	Acumulado	ABC
RP00001660	16,38%	A
RP00003948	32,13%	A
RP00002785	46,06%	A
RP00003850	51,75%	A
RP00001926	54,03%	A
RP00000342	56,25%	A
RP00001265	57,93%	A
RP00002533	59,39%	A
RP00002595	60,81%	A
RP00001182	61,97%	A
RP00002778	63,11%	A
RP00001183	64,22%	A
RP00000235	65,29%	A
RP00003934	66,20%	A
RP00002563	67,05%	A
RP00002699	67,80%	A
RP00002937	68,47%	A
RP00002837	69,07%	A
RP00001632	69,64%	A
RP00003968	70,21%	A
RP00003633	70,78%	A
RP00002565	71,35%	A
RP00003198	71,84%	A
RP00003789	72,31%	A
RP00000230	72,74%	A
RP00001263	73,16%	A
RP00001663	73,56%	A
RP00001350	73,96%	A

RP00003528	74,35%	A
RP00003163	74,69%	A
RP00003186	75,03%	A
RP00002509	75,34%	A
RP00002965	75,64%	A
RP00002412	75,92%	A
RP00000522	76,20%	A
RP00003837	76,49%	A
RP00002002	76,77%	A
RP00003809	77,06%	A
RP00003963	77,34%	A
RP00003165	77,63%	A
RP00002554	77,91%	A
RP00004038	78,20%	A
RP00003137	78,48%	A
RP00003136	78,76%	A
RP00001700	79,03%	A
RP00003841	79,30%	A
RP00002335	79,55%	A
RP00000345	79,81%	A

Fuente: Elaboración propia

APÉNDICE C

Estado Actual

Código	Costo unitario	Costo por pedido	Costo de ordenar	Costo anual	Costo de ROP
RP00001350	\$ 0,23	\$ 36,11	\$ 7,81	\$ 43,92	\$ 3,45
RP00000230	\$ 2,10	\$ 342,30	\$ 7,81	\$ 350,11	\$ 14,70
RP00002837	\$ 0,38	\$ 73,34	\$ 15,62	\$ 162,30	\$ 17,86
RP00001700	\$ 9,15	\$ 1.180,35	\$ 7,81	\$ 1.188,16	\$ 82,35
RP00003186	\$ 11,61	\$ 1.683,45	\$ 7,81	\$ 1.691,26	\$ 58,05
RP00003136	\$ 4,52	\$ 596,64	\$ 7,81	\$ 604,45	\$ 22,60
RP00003137	\$ 7,63	\$ 1.007,16	\$ 7,81	\$ 1.014,97	\$ 38,15
RP00002335	\$ 6,18	\$ 778,68	\$ 7,81	\$ 786,49	\$ 24,72
RP00002554	\$ 0,04	\$ 5,32	\$ 7,81	\$ 13,13	\$ 0,68
RP00002778	\$ 0,03	\$ 7,95	\$ 15,62	\$ 31,52	\$ 0,78
RP00002563	\$ 0,01	\$ 2,29	\$ 15,62	\$ 20,20	\$ 0,19
RP00002565	\$ 0,03	\$ 5,61	\$ 15,62	\$ 26,84	\$ 0,99
RP00003163	\$ 0,09	\$ 13,05	\$ 7,81	\$ 20,86	\$ 0,45

RP00002002	\$ 2,33	\$ 309,89	\$ 7,81	\$ 317,70	\$ 44,27
RP00000345	\$ 0,42	\$ 52,92	\$ 7,81	\$ 60,73	\$ 4,62
RP00001632	\$ 4,39	\$ 820,93	\$ 15,62	\$ 1.657,48	\$ 87,80
RP00003789	\$ 7,98	\$ 1.364,58	\$ 7,81	\$ 1.372,39	\$ 87,78
RP00002965	\$ 8,44	\$ 1.130,96	\$ 7,81	\$ 1.138,77	\$ 59,08
RP00002937	\$ 1,38	\$ 281,52	\$ 15,62	\$ 578,66	\$ 19,32
RP00003528	\$ 17,15	\$ 2.675,40	\$ 7,81	\$ 2.683,21	\$ 85,75
RP00000342	\$ 3,68	\$ 1.361,60	\$ 23,43	\$ 4.108,23	\$ 62,56
RP00003948	\$ 1,74	\$ 1.743,48	\$ 46,86	\$ 10.507,74	\$ 219,24
RP00001182	\$ 0,45	\$ 120,60	\$ 15,62	\$ 256,82	\$ 10,80
RP00001183	\$ 0,20	\$ 52,20	\$ 15,62	\$ 120,02	\$ 4,00
RP00001926	\$ 0,35	\$ 130,90	\$ 23,43	\$ 416,13	\$ 47,60
RP00001663	\$ 4,59	\$ 720,63	\$ 7,81	\$ 728,44	\$ 22,95
RP00002699	\$ 35,50	\$ 7.597,00	\$ 15,62	\$ 15.209,62	\$ 284,00
RP00001265	\$ 0,97	\$ 311,37	\$ 15,62	\$ 638,36	\$ 16,49
RP00002595	\$ 0,02	\$ 5,92	\$ 15,62	\$ 27,46	\$ 0,38

RP00003165	\$ 0,06	\$ 7,98	\$ 7,81	\$ 15,79	\$ 0,96
RP00002509	\$ 0,11	\$ 15,29	\$ 7,81	\$ 23,10	\$ 2,20
RP00003841	\$ 0,11	\$ 14,19	\$ 7,81	\$ 22,00	\$ 0,44

Personal extra

Código	Costo unitario	Costo por pedido	Costo de ordenar	Costo anual	Costo de ROP
RP00001350	\$ 0,23	\$ 32,66	\$ 7,81	\$ 40,47	\$ 3,45
RP00000230	\$ 2,10	\$ 310,80	\$ 15,62	\$ 637,22	\$ 14,70
RP00002837	\$ 0,38	\$ 66,50	\$ 15,62	\$ 148,62	\$ 17,86
RP00001700	\$ 9,15	\$ 1.070,55	\$ 7,81	\$ 1.078,36	\$ 82,35
RP00003186	\$ 11,61	\$ 1.520,91	\$ 7,81	\$ 1.528,72	\$ 58,05
RP00003136	\$ 4,52	\$ 542,40	\$ 7,81	\$ 550,21	\$ 22,60
RP00003137	\$ 7,63	\$ 915,60	\$ 7,81	\$ 923,41	\$ 38,15
RP00002335	\$ 6,18	\$ 704,52	\$ 7,81	\$ 712,33	\$ 24,72
RP00002554	\$ 0,04	\$ 4,80	\$ 7,81	\$ 12,61	\$ 0,68
RP00002778	\$ 0,03	\$ 7,20	\$ 15,62	\$ 30,02	\$ 0,78

RP00002563	\$ 0,01	\$ 2,08	\$ 15,62	\$ 19,78	\$ 0,19
RP00002565	\$ 0,03	\$ 5,10	\$ 15,62	\$ 25,82	\$ 0,99
RP00003163	\$ 0,09	\$ 11,88	\$ 7,81	\$ 19,69	\$ 0,45
RP00002002	\$ 2,33	\$ 279,60	\$ 7,81	\$ 287,41	\$ 44,27
RP00000345	\$ 0,42	\$ 47,88	\$ 7,81	\$ 55,69	\$ 4,62
RP00001632	\$ 4,39	\$ 746,30	\$ 15,62	\$ 1.508,22	\$ 87,80
RP00003789	\$ 7,98	\$ 1.236,90	\$ 15,62	\$ 2.489,42	\$ 87,78
RP00002965	\$ 8,44	\$ 1.029,68	\$ 7,81	\$ 1.037,49	\$ 59,08
RP00002937	\$ 1,38	\$ 255,30	\$ 15,62	\$ 526,22	\$ 19,32
RP00003528	\$ 17,15	\$ 2.418,15	\$ 7,81	\$ 2.425,96	\$ 85,75
RP00000342	\$ 3,68	\$ 1.232,80	\$ 23,43	\$ 3.721,83	\$ 62,56
RP00003948	\$ 1,74	\$ 1.581,66	\$ 54,67	\$ 11.126,29	\$ 219,24
RP00001182	\$ 0,45	\$ 109,35	\$ 15,62	\$ 234,32	\$ 10,80
RP00001183	\$ 0,20	\$ 47,40	\$ 15,62	\$ 110,42	\$ 4,00
RP00001926	\$ 0,35	\$ 118,65	\$ 23,43	\$ 379,38	\$ 47,60
RP00001663	\$ 4,59	\$ 651,78	\$ 7,81	\$ 659,59	\$ 22,95

RP00002699	\$ 35,50	\$ 6.887,00	\$ 15,62	\$ 13.789,62	\$ 284,00
RP00001265	\$ 0,97	\$ 283,24	\$ 23,43	\$ 873,15	\$ 16,49
RP00002595	\$ 0,02	\$ 5,36	\$ 15,62	\$ 26,34	\$ 0,38
RP00003165	\$ 0,06	\$ 7,20	\$ 7,81	\$ 15,01	\$ 0,96
RP00002509	\$ 0,11	\$ 13,86	\$ 7,81	\$ 21,67	\$ 2,20
RP00003841	\$ 0,11	\$ 12,87	\$ 7,81	\$ 20,68	\$ 0,44

Disminución del nivel de servicio

Código	Costo unitario	Costo por pedido	Costo de ordenar	Costo anual	Costo de ROP
RP00001350	\$ 0,23	\$ 36,11	\$ 7,81	\$ 43,92	\$ 2,76
RP00000230	\$ 2,10	\$ 342,30	\$ 7,81	\$ 350,11	\$ 12,60
RP00002837	\$ 0,38	\$ 73,34	\$ 15,62	\$ 162,30	\$ 15,58
RP00001700	\$ 9,15	\$ 1.180,35	\$ 7,81	\$ 1.188,16	\$ 64,05
RP00003186	\$ 11,61	\$ 1.683,45	\$ 7,81	\$ 1.691,26	\$ 58,05
RP00003136	\$ 4,52	\$ 596,64	\$ 7,81	\$ 604,45	\$ 22,60
RP00003137	\$ 7,63	\$ 1.007,16	\$ 7,81	\$ 1.014,97	\$ 38,15

RP00002335	\$ 6,18	\$ 778,68	\$ 7,81	\$ 786,49	\$ 24,72
RP00002554	\$ 0,04	\$ 5,32	\$ 7,81	\$ 13,13	\$ 0,52
RP00002778	\$ 0,03	\$ 7,95	\$ 15,62	\$ 31,52	\$ 0,66
RP00002563	\$ 0,01	\$ 2,29	\$ 15,62	\$ 20,20	\$ 0,15
RP00002565	\$ 0,03	\$ 5,61	\$ 15,62	\$ 26,84	\$ 0,81
RP00003163	\$ 0,09	\$ 13,05	\$ 7,81	\$ 20,86	\$ 0,45
RP00002002	\$ 2,33	\$ 309,89	\$ 7,81	\$ 317,70	\$ 32,62
RP00000345	\$ 0,42	\$ 52,92	\$ 7,81	\$ 60,73	\$ 3,36
RP00001632	\$ 4,39	\$ 820,93	\$ 15,62	\$ 1.657,48	\$ 65,85
RP00003789	\$ 7,98	\$ 1.364,58	\$ 7,81	\$ 1.372,39	\$ 87,78
RP00002965	\$ 8,44	\$ 1.130,96	\$ 7,81	\$ 1.138,77	\$ 59,08
RP00002937	\$ 1,38	\$ 281,52	\$ 15,62	\$ 578,66	\$ 19,32
RP00003528	\$ 17,15	\$ 2.675,40	\$ 7,81	\$ 2.683,21	\$ 85,75
RP00000342	\$ 3,68	\$ 1.361,60	\$ 23,43	\$ 4.108,23	\$ 62,56
RP00003948	\$ 1,74	\$ 1.743,48	\$ 46,86	\$ 10.507,74	\$ 210,54
RP00001182	\$ 0,45	\$ 120,60	\$ 15,62	\$ 256,82	\$ 9,90

RP00001183	\$ 0,20	\$ 52,20	\$ 15,62	\$ 120,02	\$ 3,80
RP00001926	\$ 0,35	\$ 130,90	\$ 23,43	\$ 416,13	\$ 42,00
RP00001663	\$ 4,59	\$ 720,63	\$ 7,81	\$ 728,44	\$ 22,95
RP00002699	\$ 35,50	\$ 7.597,00	\$ 15,62	\$ 15.209,62	\$ 284,00
RP00001265	\$ 0,97	\$ 311,37	\$ 15,62	\$ 638,36	\$ 15,52
RP00002595	\$ 0,02	\$ 5,92	\$ 15,62	\$ 27,46	\$ 0,32
RP00003165	\$ 0,06	\$ 7,98	\$ 7,81	\$ 15,79	\$ 0,84
RP00002509	\$ 0,11	\$ 15,29	\$ 7,81	\$ 23,10	\$ 1,87
RP00003841	\$ 0,11	\$ 14,19	\$ 7,81	\$ 22,00	\$ 0,33

Aumento de demanda

Código	Costo Unitario	Costo por pedido	Costo de ordenar	Costo anual	Costo de ROP
RP00001350	\$ 0,23	\$ 36,11	\$ 7,81	\$ 43,92	\$ 3,45
RP00000230	\$ 2,10	\$ 342,30	\$ 15,62	\$ 700,22	\$ 14,70
RP00002837	\$ 0,38	\$ 73,34	\$ 15,62	\$ 162,30	\$ 17,86
RP00001700	\$ 9,15	\$ 1.180,35	\$ 7,81	\$ 1.188,16	\$ 82,35

RP00003186	\$ 11,61	\$ 1.683,45	\$ 7,81	\$ 1.691,26	\$ 58,05
RP00003136	\$ 4,52	\$ 596,64	\$ 7,81	\$ 604,45	\$ 22,60
RP00003137	\$ 7,63	\$ 1.007,16	\$ 7,81	\$ 1.014,97	\$ 38,15
RP00002335	\$ 6,18	\$ 778,68	\$ 7,81	\$ 786,49	\$ 24,72
RP00002554	\$ 0,04	\$ 5,32	\$ 7,81	\$ 13,13	\$ 0,68
RP00002778	\$ 0,03	\$ 7,95	\$ 15,62	\$ 31,52	\$ 0,78
RP00002563	\$ 0,01	\$ 2,29	\$ 15,62	\$ 20,20	\$ 0,19
RP00002565	\$ 0,03	\$ 5,61	\$ 15,62	\$ 26,84	\$ 0,99
RP00003163	\$ 0,09	\$ 13,05	\$ 7,81	\$ 20,86	\$ 0,45
RP00002002	\$ 2,33	\$ 309,89	\$ 7,81	\$ 317,70	\$ 44,27
RP00000345	\$ 0,42	\$ 52,92	\$ 7,81	\$ 60,73	\$ 4,62
RP00001632	\$ 4,39	\$ 820,93	\$ 15,62	\$ 1.657,48	\$ 87,80
RP00003789	\$ 7,98	\$ 1.364,58	\$ 15,62	\$ 2.744,78	\$ 87,78
RP00002965	\$ 8,44	\$ 1.130,96	\$ 7,81	\$ 1.138,77	\$ 59,08
RP00002937	\$ 1,38	\$ 281,52	\$ 15,62	\$ 578,66	\$ 19,32
RP00003528	\$ 17,15	\$ 2.675,40	\$ 7,81	\$ 2.683,21	\$ 85,75

RP00000342	\$ 3,68	\$ 1.361,60	\$ 23,43	\$ 4.108,23	\$ 62,56
RP00003948	\$ 1,74	\$ 1.743,48	\$ 54,67	\$ 12.259,03	\$ 219,24
RP00001182	\$ 0,45	\$ 120,60	\$ 15,62	\$ 256,82	\$ 10,80
RP00001183	\$ 0,20	\$ 52,20	\$ 15,62	\$ 120,02	\$ 4,00
RP00001926	\$ 0,35	\$ 130,90	\$ 23,43	\$ 416,13	\$ 47,60
RP00001663	\$ 4,59	\$ 720,63	\$ 7,81	\$ 728,44	\$ 22,95
RP00002699	\$ 35,50	\$ 7.597,00	\$ 15,62	\$ 15.209,62	\$ 284,00
RP00001265	\$ 0,97	\$ 311,37	\$ 23,43	\$ 957,54	\$ 16,49
RP00002595	\$ 0,02	\$ 5,92	\$ 15,62	\$ 27,46	\$ 0,38
RP00003165	\$ 0,06	\$ 7,98	\$ 7,81	\$ 15,79	\$ 0,96
RP00002509	\$ 0,11	\$ 15,29	\$ 7,81	\$ 23,10	\$ 2,20
RP00003841	\$ 0,11	\$ 14,19	\$ 7,81	\$ 22,00	\$ 0,44

APÉNDICE D

Movimiento de Inventario de repuesto RP00002965

RP00002965	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Inv. Inicial	76	75	74	72	70	68	66	62	58	55	53	50	46	72	71	70	68	66	64
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	1	1	2	2	2	2	4	4	3	2	3	4	-	1	1	2	2	2	3
	Inv. Final	75	74	72	70	68	66	62	58	55	53	50	46	72	71	70	68	66	64	61
Propuesto	Inv. Inicial	141	140	139	137	135	133	131	127	123	120	118	115	111	111	110	109	107	105	103
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	1	1	2	2	2	2	4	4	3	2	3	4		1	1	2	2	2	3
	Inv. Final	140	139	137	135	133	131	127	123	120	118	115	111	111	110	109	107	105	103	100

Movimiento de Inventario de repuesto RP00003789

RP00003789	Movimiento	1	2	3	4	5	6
Actual	Inv. Inicial	74	72	66	63	54	51
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	2	6	3	9	3	11
	Inv. Final	72	66	63	54	51	40
Propuesto	Inv. Inicial	182	180	174	171	162	159
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	2	6	3	9	3	11
	Inv. Final	180	174	171	162	159	148

Movimiento de Inventario de repuesto RP00003841

RP00003841	Movimiento	1	2	3	4	5
Actual	Inv. Inicial	200	170	160	135	125
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-
	Requerimiento	30	10	25	10	20
	Inv. Final	170	160	135	125	105
Propuesto	Inv. Inicial	184	154	144	119	109
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-
	Requerimiento	30	10	25	10	20
	Inv. Final	154	144	119	109	89

Movimiento de Inventario de repuesto RP00002699

RP00002699	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Actual	Inv. Inicial	75	67	61	55	49	43	33	30	27	22	18	8	33	25	21	17	15	12	11	6	5	35	33	31	25	21	19	17	15	11
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	8	6	6	6	6	10	3	3	5	4	10		8	4	4	2	3	1	5	1		2	2	6	4	2	2	2	4	6
	Inv. Final	67	61	55	49	43	33	30	27	22	18	8	33	25	21	17	15	12	11	6	5	35	33	31	25	21	19	17	15	11	5
Propuesto	Inv. Inicial	222	214	208	202	196	190	180	177	174	169	165	155	155	147	143	139	137	134	133	128	127	127	125	123	117	113	111	109	107	103
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	8	6	6	6	6	10	3	3	5	4	10		8	4	4	2	3	1	5	1		2	2	6	4	2	2	2	4	6
	Inv. Final	214	208	202	196	190	180	177	174	169	165	155	155	147	143	139	137	134	133	128	127	127	125	123	117	113	111	109	107	103	97

Movimiento de Inventario de repuesto RP00001663

RP00001663	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Actual	Inv. Inicial	20	15	0	20	10	30	20	10	0
	Reabastecimiento	-	-	20	-	20	-	-	-	
	Requerimiento	5	15	-	10	-	10	10	10	5
	Inv. Final	15	0	20	10	30	20	10	0	
Propuesto	Inv. Inicial	162	157	142	142	132	132	122	112	102
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	5	15	-	10	-	10	10	10	5
	Inv. Final	157	142	142	132	132	122	112	102	97

Movimiento de Inventario de repuesto RP00003528

RP00003528	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Actual	Inv. Inicial	54	38	20	4	58	42	24	6	60
	Reabastecimiento	-	-	-	54	-	-	-	54	18
	Requerimiento	16	18	16	-	16	18	18	-	-
	Inv. Final	38	20	4	58	42	24	6	60	42
Propuesto	Inv. Inicial	162	146	128	112	112	96	78	60	60
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	16	18	16	-	16	18	18	-	18
	Inv. Final	146	128	112	112	96	78	60	60	142

Movimiento de Inventario de repuesto RP00001926

RP00001926	Fecha	1	2	3	4
Actual	Inv. Inicial	1500	1200	2700	2250
	Reabastecimiento	-	1500	-	
	Requerimiento	300	-	450	50
	Inv. Final	1200	2700	2250	2200
Propuesto	Inv. Inicial	1000	700	700	250
	Reabastecimiento	-	-	-	-
	Requerimiento	300	-	450	50
	Inv. Final	700	700	250	200

Movimiento de Inventario de repuesto RP00000230

RP00000230	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Actual	Inv. Inicial	30	25	10	0	30	10	3	0	20	10
	Reabastecimiento	-	-	-	30	-	-	3	20	-	-
	Requerimiento	5	15	10	-	20	7	3	-	10	4
	Inv. Final	25	10	0	30	10	3	0	20	10	6
Propuesto	Inv. Inicial	170	165	150	140	140	120	113	110	110	100
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	5	15	10	-	20	7	3	-	10	4
	Inv. Final	165	150	140	140	120	113	110	110	100	96

Movimiento de Inventario de repuesto RP00001183

RP00001183	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Actual	Inv. Inicial	500	470	440	410	380	330	306	281	221	171
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	30	30	30	30	50	24	25	60	50	10
	Inv. Final	470	440	410	380	330	306	281	221	171	161
Propuesto	Inv. Inicial	281	251	221	191	161	111	87	62	281	231
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	279	-	-
	Requerimiento	30	30	30	30	50	24	25	60	50	10
	Inv. Final	251	221	191	161	111	87	62	281	231	221

Movimiento de Inventario de repuesto RP00001265

RP00001265	Movimiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Actual	Inv. Inicial	80	78	77	74	64	56	51	47	33	30	19	7	2	-3	-5
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
	Requerimiento	2	1	3	10	8	5	4	14	3	11	12	5	5	2	2
	Inv. Final	78	77	74	64	56	51	47	33	30	19	7	2	-3	-5	73
Propuesto	Inv. Inicial	338	336	335	332	322	324	319	315	301	298	287	275	270	265	263
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Requerimiento	2	1	3	10	8	5	4	14	3	11	12	5	5	2	2
	Inv. Final	336	335	332	322	314	309	305	291	288	277	265	260	255	253	251

Movimiento de Inventario de repuesto RP00002595

RP00002595	Movimiento	1	2	3	4	5
Actual	Inv. Inicial	500	400	200	100	0
	Reabastecimiento	-	-	-		
	Requerimiento	100	200	100	100	100
	Inv. Final	400	200	100	0	- 100
Propuesto	Inv. Inicial	315	215	15	315	215
	Reabastecimiento			300		
	Requerimiento	100	200		100	100
	Inv. Final	215	15	315	215	115

Movimiento de Inventario de repuesto RP00003165

RP00003165	Movimiento	1	2	3	4	5
Actual	Inv. Inicial	100	70	40	10	0
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-
	Requerimiento	30	30	30	10	
	Inv. Final	70	40	10	0	0
Propuesto	Inv. Inicial	149	119	89	59	49
	Reabastecimiento	-	-	-	-	-
	Requerimiento	30	30	30	10	-
	Inv. Final	119	89	59	49	49