



**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE  
INVENTARIOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LOS ÍTEMS PARA LOS  
EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE CONSUMO MASIVO, SECTOR  
PANADERÍA.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Industrial

**AUTOR: ARIEL DAYAN TINIZARAY VILLARROEL**

**TUTOR: WALTER FERNANDO GAIBOR NARANJO M. Sc.**

Quito – Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE REPOSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE  
TITULACION**

Yo, Ariel Dayan Tinizaray Villarroel con documento de identificación N° 1725044026; manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera rotal o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 05 de enero del 2024

Atentamente;

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ariel Dayan Tinizaray Villarroel', with a horizontal line drawn underneath it.

Ariel Dayan Tinizaray Villarroel

1725044026

**CERTIFICADO DE CESION DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACION A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Yo, Ariel Dayan Tinizaray Villarroel con documento de identificación N° 1725044026, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto Técnico: “Propuesta de optimización del sistema de control de inventarios en el área de mantenimiento de los ítems para los equipos utilizados en la industria de consumo masivo”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente de los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de enero del 2024

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ariel Dayan Tinizaray Villarroel', with a horizontal line drawn underneath it.

Ariel Dayan Tinizaray Villarroel

1725044026

## CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Walter Fernando Gaibor Naranjo con documento de identificación N° 1713106647 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO DE LOS ÍTEMS PARA LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE CONSUMO MASIVO, realizado por Ariel Dayan Tinizaray Villarroel con documento de identificación N°. 1725044026, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 05 de enero del 2024

Atentamente;



Ing. Walter Fernando Gaibor Naranjo M. Sc.

1713106647

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.**

A Dios, por su infinita bondad, amor y guía constante. Gracias por darme fuerzas en los momentos más difíciles y por iluminar mi camino con su sabiduría.

A mis padres Jorge Tinizaray G. y Ana Villarroel D. porque no solo me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia, sino también del amor incondicional y la paciencia durante mi formación. Siempre presente que su apoyo constante y su ejemplo de vida son mi mayor inspiración.

A mi hermano Sebastian Tinizaray V. porque al igual que mis padres, es participe de cada uno de mis logros a lo largo de los años por medio de su preocupación, sinceridad y dedicación por buscar nuestro crecimiento.

A mis docentes, por su dedicación y pasión por la enseñanza. Gracias por compartir sus conocimientos y por siempre fomentar en mí el deseo de aprender y crecer.

A mis amigos, por estar a mi lado en los momentos de alegría y de prueba. Gracias por su lealtad, su apoyo incondicional y por siempre creer en mí, en especial a las personas que intervinieron indirectamente con sus ideas o apoyo durante el desarrollo del presente escrito.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Cada uno, a su manera, ha dejado una huella indeleble en mi vida.

## ÍNDICE

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
Problema.....	2
Justificación.....	4
Grupo beneficiario.....	5
Delimitaciones.....	5
Alcance.....	5
Objetivos. ....	5
Objetivo general. ....	5
Objetivos específicos.....	5
<b>Capítulo I .....</b>	<b>6</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>6</b>
1.1.    Historia de la industria ecuatoriana.....	6
1.2.    Industria de consumo masivo.....	6
1.2.1.    Pirámide de Maslow.....	7
1.3.    Industria de consumo masivo sector alimenticio. ....	7
1.4.    Área de mantenimiento en las empresas. ....	7
1.5.    Estructura del área de mantenimiento .....	8
1.6.    Técnicas de recolección de datos. ....	8
1.6.1.    Cuestionarios o encuestas.....	9
1.6.2.    Observaciones. ....	9
1.6.3.    Entrevistas.....	9
1.6.3.1.    Estructurada. ....	9
1.6.3.2.    Semi-estructurada.....	9
1.6.3.3.    No estructurada. . ....	9
1.7.    Conceptos básicos de la estadística.....	9

1.7.1.	Muestra y población.....	10
1.7.2.	Variables y atributos.....	10
1.8.	Medidas de tendencia central.....	10
1.8.1.	Media aritmética ( $\bar{x}$ ).....	10
1.8.2.	Mediana. (Me).....	10
1.8.3.	Moda (Mo).....	11
1.9.	Medidas de dispersión.....	11
1.9.1.	Varianza.....	11
1.9.2.	Coefficiente de variación.....	11
1.9.3.	Desviación estándar.....	12
1.10.	Lead Time.....	12
1.11.	Nivel de servicio.....	12
1.11.1.	Nivel de servicio al cliente.....	12
1.11.2.	Nivel de servicio de disponibilidad.....	13
1.11.3.	Nivel de servicio de ciclo de pedido.....	13
1.11.4.	Nivel de servicio de inventario de seguridad.....	13
1.12.	Inventarios.....	13
1.13.	Políticas de inventario.....	13
1.13.1.	Sistema de reorden y orden ( $s - Q$ ).....	14
1.13.2.	Sistema mínimo, máximo ( $s - S$ ).....	14
1.13.3.	Sistema de revisión periódica (R-S).....	14
1.13.4.	Sistema revisión periódica, mínimo, máximo (R-s-S).....	14
1.14.	Sistemas administrativos de inventarios.....	14
1.14.1.	Sistema LIFO (last in, first out).....	15
1.14.2.	Sistema FIFO (first in, first out).....	15
1.14.3.	Sistema de costo promedio ponderado.....	15

1.14.4.	Sistema específico. ....	16
1.14.5.	Sistema de inventarios a precios de mercado. ....	16
1.14.6.	Clasificación ABC. ....	16
1.15.	Características necesarias para considerar durante la clasificación ABC. ....	17
1.15.1.	Ventajas de la Clasificación ABC. ....	17
1.15.2.	Principio de Pareto. ....	17
1.15.3.	Stock de seguridad. ....	18
1.15.4.	Punto de pedido o de reorden. ....	19
1.15.4.1.	Básico o simple. ....	19
1.15.4.2.	Con stock de seguridad. ....	20
1.15.4.3.	De probabilidad. ....	20
1.15.5.	EOQ (Cantidad económica de pedido). ....	20
1.15.6.	Tipos de Stock de Seguridad. ....	21
1.15.6.1.	Fijo. ....	21
1.15.6.2.	Variable. ....	21
1.15.6.3.	Por producto. ....	21
1.15.6.4.	Por proveedor. ....	21
1.15.6.5.	En Función de la Estacionalidad. ....	21
1.16.	Relación de la clasificación ABC con otros métodos de gestión de inventarios. ....	21
1.16.1.	ABC con el método justo a tiempo (JIT). ....	21
1.16.2.	ABC con relación con el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ). ..	22
1.16.3.	ABC con relación al modelo de revisión periódica y continua. ....	22
1.17.	Layout (diseño) ....	22
1.17.1.	Por proceso. ....	22
1.17.2.	Por producto. ....	22
1.17.3.	Por proyecto. ....	23

1.17.4.	Funcional.....	23
1.17.5.	En forma de U.....	23
1.17.6.	Híbrido.....	23
<b>Capítulo II.....</b>		<b>24</b>
<b>Marco metodológico.....</b>		<b>24</b>
2.1.	Método de investigación.....	24
2.2.	Método para el desarrollo del proceso.....	24
2.2.1.	Primera etapa.....	24
2.2.2.	Segunda etapa.....	25
2.2.3.	Tercera etapa.....	25
2.3.	Uso de herramientas de investigación.....	26
2.3.1.	Observación.....	27
2.3.2.	Cuestionarios o encuestas.....	27
2.3.3.	Entrevistas.....	27
2.4.	Manejo de la información.....	27
2.5.	Situación actual de la bodega de repuestos.....	27
2.5.1.	Levantamiento del stock actual de los repuestos de la bodega.....	28
2.5.1.1.	Ítems sin movimiento.....	29
2.5.1.2.	Ítems descartados.....	29
2.5.1.3.	Ítems con rotación.....	30
2.5.2.	Consumo de ítems con rotación.....	30
2.5.3.	Recolección de ubicaciones y stock actual de los ítems en bodega de repuestos.	
	34	
2.5.3.1.	Consumibles, consignación o de gasto.....	36
2.5.3.2.	Inventario SAP.....	36
2.5.3.3.	Motores, bandas.....	36

2.5.3.4.	Baldes y más desechos..	36
2.6.	Desarrollo de la metodología	36
2.6.1.	Promedio de consumo.	37
2.6.2.	Volumen de consumo.	38
2.6.3.	Desviación estándar.	38
2.6.4.	Coefficiente de variación.	38
2.6.5.	Lead time.	39
2.6.6.	Porcentaje de criticidad en relación con la máquina donde se usa.	39
2.6.7.	Clasificación ABC (nivel de consumo).	39
2.7.	Detalle de los criterios para la Clasificación final.	39
2.7.1.	Criticidad.	39
2.7.2.	Volumen de consumo.	40
2.7.3.	Coefficiente de variación.	40
2.7.4.	Nivel de servicio.	42
2.7.5.	Factor de seguridad.	42
2.7.6.	Inventario de seguridad.	43
2.7.7.	Inventario de seguridad en meses.	43
2.8.	Herramientas para el desarrollo del análisis.	43
2.8.1.	Tablas de doble entrada.	43
2.8.2.	Gráficas de relación.	43
2.8.3.	Gráficas de dispersión.	44
2.8.4.	Diagramas de barras.	44
2.8.5.	Diagrama de Pareto.	44
2.8.6.	Gráficas de líneas.	44
2.8.7.	Análisis comparativo.	44
2.8.8.	Comparación de procesos.	44

2.9.	Herramientas para levantamiento de layout .....	45
<b>Capítulo III</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>
<b>Resultados y Discusión</b>	<b>.....</b>	<b>46</b>
3.1.	Introducción al capítulo.....	46
3.2.	Proceso actual manejado en la empresa .....	46
3.2.1.	Hallazgos en el proceso de compra .....	48
3.2.2.	Hallazgos en el proceso de carga y descarga de los ítems al sistema. ....	48
3.3.	Hallazgos relacionados.....	49
3.3.1.	Almacenamiento.....	49
3.3.2.	Stock actual .....	49
3.3.3.	Levantamiento de ubicaciones de los ítems .....	50
3.3.4.	Extracción de base de datos .....	50
3.3.5.	Lead time.....	50
3.3.6.	Máquinas donde se usan los repuestos.....	51
3.3.7.	Clasificación de los datos .....	53
3.4.	Desarrollo y análisis de resultados .....	54
3.4.1.	Elaboración de parámetros necesarios .....	54
3.4.2.	Identificación de Pareto de la clasificación ABC.....	57
3.5.	Propuesta de implementación.....	59
3.5.1.	Primera etapa.....	59
3.5.2.	Segunda etapa.....	60
3.5.3.	Tercera etapa. ....	60
3.5.4.	Cuarta etapa.....	60
3.5.5.	Quinta etapa.....	60
3.6.	Análisis de la propuesta.....	61
3.6.1.	Primera etapa.....	61

3.6.2.	Segunda etapa.....	62
3.6.3.	Tercera etapa. ....	62
3.6.4.	Cuarta etapa.....	62
3.7.	Resumen de resultados con respecto a la comparación.....	63
3.8.	Definición de propuesta de layout.....	64
<b>Conclusiones .....</b>		<b>67</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>68</b>
<b>Referencias .....</b>		<b>69</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> Pirámide de Maslow (Necesidades Humanas) [25].....	7
<b>Fig. 2</b> Organigrama de la estructura del área de mantenimiento. ....	8
<b>Fig. 3</b> Detalle de las partes de una gráfica de reabastecimiento en políticas de inventario. [27] .....	14
<b>Fig. 4</b> Representación gráfica de sistema LIFO. [28] .....	15
<b>Fig. 5</b> Representación gráfica de sistema FIFO. [28] .....	15
<b>Fig. 6</b> Imagen de tabla de Matriz de criterios para la clasificación ABC, a partir de [30]. ....	16
<b>Fig. 7</b> Niveles de importancia según la clasificación ABC. Elaborado a partir de Luz [31].	18
<b>Fig. 8</b> Representación gráfica de modelo de pedido óptimo o modelo de Wilson. Elaboración a partir de [32].....	19
<b>Fig. 9</b> Resumen del método para el desarrollo del estudio. ....	26
<b>Fig. 10</b> Tipo de ítems manejados en el inventario. ....	29
<b>Fig. 11</b> Tabla de detalle del tipo de ítems manejados en el inventario. ....	30
<b>Fig. 12</b> Tabla de detalle de los ítems comprados a lo largo del periodo de estudio.....	30
<b>Fig. 13</b> Movimiento de los ítems comprados a lo largo del periodo de estudio. ....	31
<b>Fig. 14</b> Tabla de detalle de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio. ....	31
<b>Fig. 15</b> Movimiento de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio.....	32
<b>Fig. 16</b> Movimiento de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio.....	32
<b>Fig. 17</b> Comparación de compra y consumo de los 22 ítems con mayor compra y su consumo. .....	33
<b>Fig. 18</b> Layout de la ubicación actual de las perchas de acomodo de los ítems de la bodega de repuestos.....	35
<b>Fig. 19</b> Detalles de los valores de descripción de criticidad. ....	40
<b>Fig. 20</b> Tabla de valores de clasificación del volumen de consumo.....	40
<b>Fig. 21</b> Tabla de detalle de los valores de la descripción de un coeficiente de variación.....	41
<b>Fig. 22</b> Tabla de descripción de la clasificación ABC.....	41
<b>Fig. 23</b> Tabla del esquema de matriz de clasificación ABC. ....	42
<b>Fig. 24</b> Diagrama de flujo del sistema de compra de repuestos en el área de mantenimiento.	47
<b>Fig. 25</b> Parámetros de clasificación actual.....	50
<b>Fig. 26</b> Tabla de detalle de lead time levantado en distintas unidades de tiempo. ....	51
<b>Fig. 27</b> Diagrama de pastel del porcentaje de ítems por cada lead time en común. ....	51

<b>Fig. 28</b> Tabla de detalle rangos de criticidad y cantidad de ítems por criterio. ....	52
<b>Fig. 29</b> Diagrama de pastel del porcentaje de ítems por cada criterio de criticidad. ....	52
<b>Fig. 30</b> Fragmento de la tabla de clasificación inicial de movimientos por día de cada SKU respecto de sus ingresos. ....	53
<b>Fig. 31</b> Fragmento de la tabla de clasificación mensual año 2022 de movimientos de cada SKU respecto de sus ingresos. ....	54
<b>Fig. 32</b> Tabla con código de color para identificación de las columnas en la matriz final. ....	55
<b>Fig. 33</b> Fragmento de la tabla de clasificación final de los consumos. ....	56
<b>Fig. 34</b> Porcentaje de ítems por categoría. ....	57
<b>Fig. 35</b> Porcentaje de ítems por categoría. ....	57
<b>Fig. 36</b> Pareto de la totalidad de los ítems con la delimitación porcentual respectiva. ....	58
<b>Fig. 37</b> Pareto de los primeros 60 ítems con la delimitación porcentual respectiva, ordenado de mayor a menor volumen de consumo. ....	59
<b>Fig. 38</b> Resumen de las etapas para el desarrollo de la propuesta. ....	61
<b>Fig. 39</b> Resumen de la comparación entre la propuesta y la situación actual. ....	63
<b>Fig. 40</b> Comparativa de situación actual y propuesta. ....	63
<b>Fig. 41</b> Tabla de comparación de costo de entre los ítems actuales y los sugeridos por el estudio. ....	64
<b>Fig. 42</b> Definición de las Zonas A, B, C y D para acomodo de los ítems en bodega. ....	65

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ec. 1</b> Media aritmética.....	10
<b>Ec. 2</b> Varianza con respecto de la población .....	11
<b>Ec. 3</b> Varianza con respecto de la muestra .....	11
<b>Ec. 4</b> Coeficiente de variación.....	11
<b>Ec. 5</b> Desviación estándar con respecto de la muestra .....	12
<b>Ec. 6</b> Desviación estándar con respecto de la población .....	12
<b>Ec. 7</b> Sistema de costo promedio ponderado.....	15
<b>Ec. 8</b> Punto de reorden básico o simple .....	20
<b>Ec. 9</b> Punto de reorden con stock de seguridad.....	20
<b>Ec. 10</b> Punto de reorden de probabilidad .....	20
<b>Ec. 11</b> Cantidad económica de pedido.....	20
<b>Ec. 12</b> Promedio de consumo.....	37
<b>Ec. 13</b> Volumen de consumo formula primera celda.....	38
<b>Ec. 14</b> Volumen de consumo formula celdas siguientes.....	38
<b>Ec. 15</b> Desviación estándar.....	38
<b>Ec. 16</b> Coeficiente de variación.....	38
<b>Ec. 17</b> Factor de seguridad.....	42
<b>Ec. 18</b> Inventario de seguridad.....	43

## **Resumen**

La investigación se centra en la optimización del sistema de control de inventarios en una industria de consumo masivo del sector alimenticio, específicamente en el área de mantenimiento de repuestos. El estudio destaca la importancia de las industrias de consumo masivo, no solo por su impacto económico, sino por su capacidad de satisfacer demandas cambiantes. A pesar de la utilización de sistemas ERP como SAP y Oracle, la investigación identifica que, sin una gestión adecuada de datos, estos sistemas pierden eficacia, lo que genera problemas como sobre-existencias o falta de ítems en inventarios.

El objetivo principal de la investigación fue optimizar el control de inventarios, específicamente aquellos ítems con rotación crítica. Para ello, se propuso un modelo de clasificación ABC basado en la criticidad de las máquinas. El análisis de 671 ítems y 3,134 movimientos de inventario desde 2019 mostró que una optimización en el control podría reducir el 70.9% de los ítems, evidenciando un exceso de inventario que genera sobre almacenamiento innecesario.

Las conclusiones sugieren que la clasificación ABC y la reorganización de la bodega, priorizando los repuestos de mayor rotación, mejorarían significativamente la eficiencia, optimizando el espacio disponible y reduciendo los tiempos de búsqueda. Además, se observó que el 80% del costo del inventario se encuentra en ítems de baja rotación, pero críticos para el funcionamiento de las máquinas, lo que destaca la importancia de una correcta gestión de los inventarios para evitar fallas en la producción.

## **Abstract**

The research focuses on optimizing the inventory control system in a mass consumption industry within the food sector, specifically in the spare parts maintenance area. The study highlights the importance of mass consumption industries, not only because of their economic impact but also for their ability to meet changing demands. Despite the use of ERP systems like SAP and Oracle, the research identifies that without proper data management, these systems lose effectiveness, leading to issues such as overstocking or the lack of items in inventories.

The main objective of the research was to optimize inventory control, specifically for items with critical turnover. To achieve this, an ABC classification model based on the criticality of the machines was proposed. The analysis of 671 items and 3,134 inventory movements since 2019 showed that optimizing control could reduce 70.9% of the items, revealing an excess of inventory that results in unnecessary overstocking.

The conclusions suggest that the ABC classification and the reorganization of the warehouse, prioritizing high-turnover spare parts, would significantly improve efficiency, optimizing available space and reducing search times. Additionally, it was observed that 80% of the inventory cost is found in low-turnover items, but those critical to the functioning of the machines, highlighting the importance of proper inventory management to avoid production failures.



## **Introducción**

La industria juega un papel crucial en el desarrollo económico de cualquier nación, no solo por su capacidad para generar movimiento económico, sino también por su habilidad para satisfacer las necesidades de la población de manera eficiente y oportuna. Dentro de este amplio sector, las industrias de consumo masivo destacan por su importancia, ya que están destinadas a producir bienes que cubren las necesidades básicas de los individuos, como las descritas en la pirámide de Maslow. Estas industrias, al ser responsables de una gran parte de la economía nacional, manejan volúmenes significativos de producción y ventas, lo que les otorga un rol clave en la estabilidad económica.

Sin embargo, a pesar de su relevancia, existen aspectos dentro de estas industrias que a menudo se subestiman, como la gestión de inventarios. Aunque se asocia con elementos negativos como el desperdicio de recursos o el incremento de costos, la correcta gestión de los inventarios es fundamental para el funcionamiento óptimo de cualquier empresa.

En la actualidad, sistemas como los ERP (Enterprise Resource Planning) juegan un papel esencial en la automatización y optimización de los procesos industriales, pero su efectividad depende de la correcta implementación y carga de datos. La falta de un manejo adecuado de inventarios puede generar problemas significativos, como la acumulación de productos o la falta de existencias, lo que impacta directamente en la eficiencia de las operaciones y en los costos operativos. Así, la correcta gestión de los inventarios se convierte en un factor determinante para el éxito y la competitividad de las industrias en un mercado globalizado.

## **Problema**

El mundo industrial posee una amplia variedad de actividades, dentro de este grupo destacan un tipo de industria en específico, debido a la importancia que representan dentro de un país no solo por el movimiento económico al que están asociados, sino, también por la capacidad que poseen al momento de proveer bienes o servicios a la población de un lugar, en un periodo de tiempo relativamente corto, que al ser visto de esta manera representan estructuras increíbles, ya que son lo suficientemente manejables para satisfacer las constantes y cambiantes demandas asociadas a sus servicios o productos, este grupo en específico de industria están destinadas al consumo masivo en la actualidad.

Las industrias de consumo masivo se pueden asociar de manera sencilla a todas aquellas empresas destinadas a proveer o producir distintos bienes que tienen la finalidad de satisfacer un mercado exigente, Ángel reconoce que [1] el mercado de consumo masivo es aquel que cubre o cumple las necesidades descritas dentro de la pirámide de Maslow Fig. 1; es decir, bienes destinados a satisfacer necesidades básicas, fisiológicas, de seguridad, sociales, entre otras, que al final del día tienen un movimiento constante y recurrente cada año.

Desde la perspectiva económica se puede mencionar industrias ecuatorianas destinadas al consumo masivo que presentan un margen de movimiento económico aproximado de diez cifras anuales, según reportes publicados en la revista gestión digital [2] siendo un factor más a considerar al momento de conocer este tipo de industrias. Ahora bien, teniendo lo mencionado en mente, cuanto realmente se sabe de las industrias y como estas funcionan para ser ese potencial económico y social de un país es uno de los aspectos más importantes a considerar.

Cuando se pregunta en general acerca de cuánto se conoce acerca de las industrias o cuales de los parámetros dentro de una industria que son esenciales para su funcionamiento, las respuestas más comunes suelen ser demasiado reiterativas como: tiempos de entrega, control de calidad, elaboración del producto y muchos otros más, y se descubre que pocos o nadie consideran la importancia que tienen los inventarios y su gestión dentro de estas organizaciones.

El inventario desde el punto de vista industrial es un tema que se lo asocia con desperdicio de tiempo, costos innecesarios, falta de control y muchas más desventajas, que, si bien son ciertos, muchas de estas empresas buscan o utilizan sistemas que ya ayudan con el control adecuado de los mismos donde bajo el pensamiento de que estos sistemas [3] son tecnologías que dan soporte para el desarrollo empresarial y les permitirá seguir el paso a la competencia con programas

destinados a este tipo de funcionalidades. Programas como SAP, Oracle, Microsoft Dynamics que son conocidos como sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) son algunos de los ejemplos más comunes, no obstante, cuando estas herramientas no van acompañadas de un correcto procedimiento de control y manejo de datos estos *softwares* pierden eficiencia y que a pesar de que son tecnologías de vanguardia no ayuden al desempeño total de una empresa.

Este tipo de sistemas ERP son un aporte importante en las empresas, porque se encargan prestar ayuda con la gestión de áreas como producción, logística, calidad, mantenimiento y muchas más, siendo sistemas casi en su totalidad completos y que hoy en día son considerados como una ayuda directa al momento de llevar un control de los departamentos mencionados, teniendo presente que un sistema de software ERP exitoso, [4] puede llegar a ser la columna vertebral de la inteligencia de negocios para una organización, dando a la gerencia una visión unificada de sus procesos.

Ahora, que pasa cuando no hay una adecuada carga y descarga de datos; cuando se quiere llevar a cabo un control de las existencias en un inventario de cualquier tipo, generalmente esta simple inacción ocasiona que se presenten fallas como: acumulación de ítems, que no se conozca la ubicación real de estos dentro del almacén, que exista la posibilidad de sobre existencias o por su opuesto que no exista un determinado ítem cuando se necesite, son de las problemáticas más comunes, todo esto acompañado situaciones como la falta de un criterio de clasificación y de compra al momento de adquirir ítems son actos que agrandan estos escenarios de ya mencionadas.

Hablar de sobre existencias dentro de un almacén de cualquier tipo y más si estas no tienen movimiento recurrente es como hablar de dinero que en lugar de ser una inversión es un posible gasto, ya que este se encuentra estático por largos periodos de tiempo, acción que es conocida como lenta rotación.

La lenta rotación dentro de un almacén sin importar el tipo del mismo representa situaciones que agrandan los costos debido a los aspectos que se consideran cuando estos aparecen, aspectos como: ocupar un espacio físico valioso, algunos requieren de mantenimiento, pueden o no requerir de condiciones específicas para su almacenamiento, entre más necesidades a considerar.

## **Justificación.**

El presente proyecto encuentra su justificación en la necesidad de generar de una propuesta que ayude con la optimización del sistema actual de control de inventarios, el cual se lleva a cabo por medio del uso del sistema ERP en la actualidad y es aplicado dentro de la empresa como una herramienta de control de inventarios, esta propuesta pretende mejorar el control y definir los criterios de clasificación ABC adecuados al tipo de inventario manejado en este estudio, esperando que ayude a mejorar la eficiencia económica en termino de valor actual de ítems almacenados en el inventario de la empresa, disminuyendo las problemáticas actuales.

La empresa en cuestión presenta una problemática constante al momento de reabastecer su inventario debido a la forma de llevar a cabo una compra de un determinado repuesto, donde esta acción fundamenta sus criterios de compras en la práctica empírica propiamente de los responsables del área, se evidencia cuando los repuestos utilizados en la empresa en muchas de las ocasiones se compran tomando en cuenta la sugerencia del vendedor de la máquina o cuando ya existe un daño en alguno de estos repuestos se compran para el cambio y uno adicional en caso de que suceda otra falla en la misma máquina.

A lo largo del presente estudio se propone definir un sistema de control de inventarios conocido como clasificación ABC además de propuestas adicionales como *stock* de seguridad , con la finalidad de reforzar y aumentar el conocimiento de los responsables del área para que a partir de ello puedan o no establecer políticas para el correcto ingreso y salida de los ítems en el área de mantenimiento, lo cual ayude a generar un mayor impacto en los responsables mejorando el control adecuado de los SKU (Stock Keeping Unit) involucrados. Por medio de la mejora en el conocimiento y la manera adecuada de manejar las herramientas actuales.

Se busca definir una matriz donde se pueda ayudar a tener una adecuada clasificación de inventarios por medio del método ABC en conjunto con más criterios, uno de ellos y el de mayor importancia: la frecuencia con la que se han cambiado las piezas en cada una de las máquinas con mayor criterio de criticidad.

Adicional en esta matriz se considera la definición de un stock de seguridad ya mencionado que ayude a respaldar un criterio de compra en caso de posible reposición de piezas que ya no se encuentren en existencias.

Finalmente, la propuesta de un diseño de layout para la bodega actual del área de mantenimiento, que mejore la eficiencia de búsqueda o localización de un determinado SKU.

**Grupo beneficiario.**

Área de mantenimiento de industria alimenticia de consumo masivo sector panadería.

**Delimitaciones.**

El tiempo en el que se realiza el presente estudio es considerablemente justo debido a la cantidad de data que se maneja.

El tiempo requerido para las entrevistas y la disposición del personal para la recolección de datos uno a uno.

**Alcance.**

Se considera seiscientos setenta y un ítems del área de mantenimiento de una industria perteneciente al sector alimenticio de consumo masivo y cuyo producto principal es fruto de la panadería y afines, bodega de repuestos, se toma en cuenta movimientos desde el año 2019, con un análisis de tres mil ciento treinta y cuatro movimientos realizados dentro de la misma.

**Objetivos.**

***Objetivo general.***

Optimizar el sistema de control de inventarios del área de mantenimiento de los ítems con rotación para los equipos utilizados en la industria de consumo masivo.

***Objetivos específicos.***

Analizar los procesos actuales en el sistema de control de inventarios manejados en el área de mantenimiento.

Proponer un modelo de clasificación ABC para los ítems del inventario del área de mantenimiento con base en las máquinas con mayor criticidad.

Proponer un diseño de la bodega con base en la clasificación ABC generada con anterioridad.

## Capítulo I

### Marco teórico.

#### 1.1. Historia de la industria ecuatoriana.

El entorno industrial siempre ha sido uno de los sectores de mayor crecimiento desde su aparición, sin importar el país en el que se desenvuelva, debido a la cantidad de necesidades que aparecen al día una vez que se comienza.

La industria ecuatoriana ha mostrado un crecimiento moderado en las últimas décadas, impulsada por la diversidad de recursos naturales del país. Tradicionalmente, [5] la economía se ha centrado en la exportación de productos agrícolas, como el cacao y el banano, pero la industria ha ido diversificándose hacia sectores como, la construcción, la petroquímica y la manufactura. El sector manufacturero, que incluye textiles, bebidas, alimentos y productos químicos, representa una parte significativa del PIB (Producto Interno Bruto) además del empleo que se genera en el país, Sin embargo, siempre están presentes desafíos como: la informalidad, la competencia internacional y la necesidad de mejorar la infraestructura.

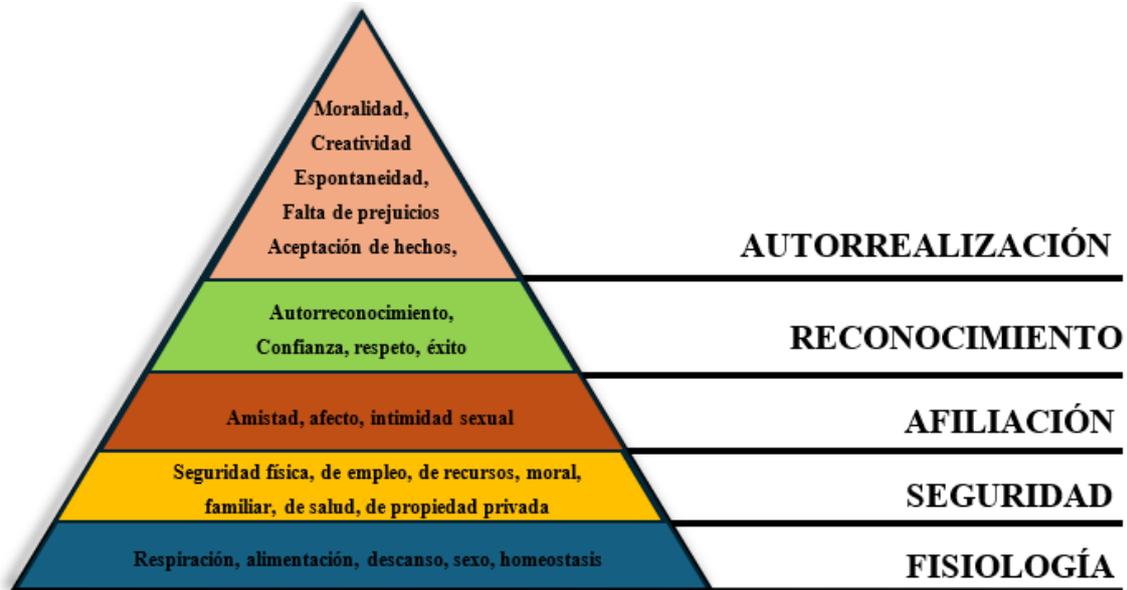
El sector industrial sufre periodos de crecimiento irregular, con periodos de expansión y contracción, influenciado por factores externos e internos.

En los últimos años el gobierno ecuatoriano, [6] busca fomentar la inversión en la industria debido a que como se mencionó son estructuras fundamentales no solo en el aspecto económico sino también social, estas industrias por medio de la innovación tecnológica se incentivan al manejo mejorado de las grandes industrias. Además, la sostenibilidad y la responsabilidad social están cobrando cada vez más importancia, con empresas que buscan adaptarse a las exigencias del mercado de consumo masivo y mejorar su servicio. A pesar de los avances, la industria ecuatoriana aún enfrenta desafíos significativos.

#### 1.2. Industria de consumo masivo.

La industria de consumo masivo se refiere al sector económico que produce y vende bienes y servicios de uso cotidiano, como alimentos, productos de higiene y limpieza, y artículos de cuidado personal, dirigidos a un amplio espectro de consumidores. Este sector se caracteriza por su alta rotación de productos que centran su existencia en satisfacer las necesidades primordiales de la población, lo que lo convierte en un componente esencial de la economía global. Según un informe en Deloitte [7] se espera que esta industria continúe creciendo,

impulsada por cambios en la manera de comportarse del consumidor y la digitalización del comercio minorista; recordando que este tipo de industrias buscan satisfacer las necesidades en base a la pirámide de Maslow que se puede observar de manera detallada en la Fig. 1.



**Fig. 1** Pirámide de Maslow (Necesidades Humanas) [25]

### **1.2.1. Pirámide de Maslow.**

La pirámide de Maslow Fig. 1, toma su nombre por su autor Abraham Maslow (Nueva York, 1908 – California, 1970) esta nace de la teoría donde propone que, cada ser humano tiene necesidades y cada una de ellas es más importante que la anterior que van desde autorrealización hasta las necesidades fisiológicas.

### **1.3. Industria de consumo masivo sector alimenticio.**

La industria de consumo masivo, particularmente en el sector alimenticio, tiene un papel crucial en la economía global. Este tipo de industrias acaparan una considerable gama de productos, que pueden ir desde alimentos frescos hasta procesados, y se caracteriza por su capacidad al momento de satisfacer diariamente lo que los consumidores demandan, la importancia de esta industria con respecto de su capacidad productiva depende mucho del tiempo de vida útil de los productos.

### **1.4. Área de mantenimiento en las empresas.**

El área de mantenimiento en las industrias se refiere a un conjunto de actividades y procesos diseñados para preservar y mejorar el funcionamiento de equipos, maquinaria e instalaciones;

garantizando su operatividad y eficiencia. Esta área se vuelve particularmente importante a partir de la revolución industrial, cuando el aumento en la producción y la complejidad de los sistemas industriales hicieron evidente la necesidad de un enfoque sistemático para prevenir fallos y minimizar el tiempo de inactividad. Con el tiempo, el mantenimiento ha evolucionado desde prácticas reactivas hacia enfoques proactivos y predictivos, lo que permite a las industrias optimizar sus operaciones, reducir costos y extender la vida útil de sus equipos (activos).

### 1.5. Estructura del área de mantenimiento

El área de mantenimiento se encuentra conformado por nueve personas con una jerarquía como se observa en la Fig. 2, la cual es entregada directamente por el área responsable.

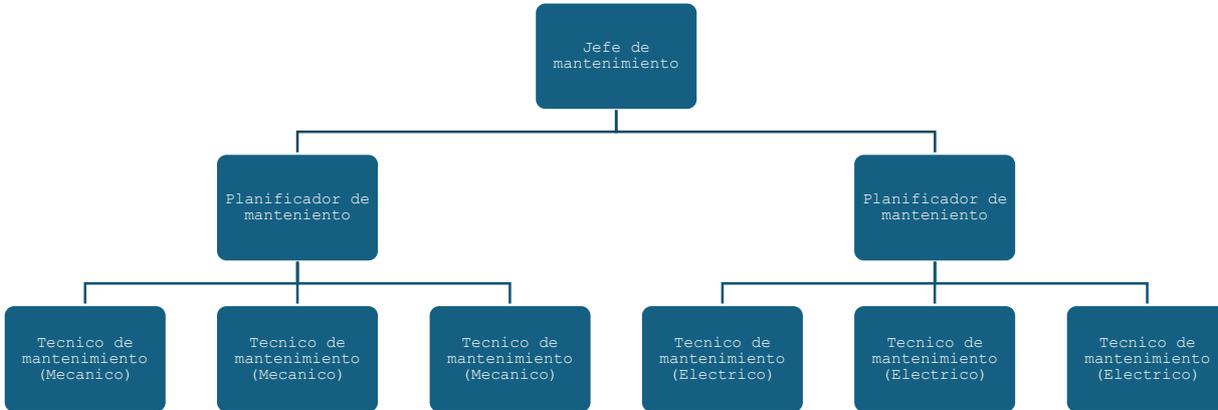


Fig. 2 Organigrama de la estructura del área de mantenimiento.

### 1.6. Técnicas de recolección de datos.

Los procesos de investigación, sin importar la finalidad de los mismos, tienen un soporte que ayuda a que su estudio se pueda desarrollar de manera efectiva y con un mayor grado de credibilidad al momento de compartirlos con el público en general, este soporte de gran importancia son los ya conocidos datos y que en muchas de las ocasiones desconocen la manera adecuada de obtenerlos, aquí es donde toman importancia las técnicas de recolección. Como lo menciona Sandra [8] “estas comprenden procedimientos y actividades que permiten al investigador obtener información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación “.

Hoy en día existen muchas técnicas de recolección de datos, que van desde las que se utilizan de manera cotidiana, como una encuesta hablada hasta las más técnicas como las que se obtienen a partir de bases de datos históricos de una determinada actividad, entre estas podemos encontrar las siguientes y más comunes.

### **1.6.1. Cuestionarios o encuestas.**

Un cuestionario es, por definición, [9] el instrumento estandarizado que utilizamos para la recogida de datos durante el trabajo de campo de algunas investigaciones cuantitativas, fundamentalmente, las que se llevan a cabo con metodologías de encuesta. Esta es utilizada en la actualidad, ya que estas pueden llevarse tanto de manera física como digital, lo que en muchos de los casos no solo ayuda con la recolección de datos cualitativos sino también cuantitativos.

### **1.6.2. Observaciones.**

La observación, es una técnica que permite la identificación de problemáticas, situaciones actuales, elementos iniciales o posibles anomalías que a vista de externos siempre tiende a ser más notoria dentro de estos ambientes industriales, acompañado de apuntes, registros fotográficos o videos.

### **1.6.3. Entrevistas.**

La entrevista es una herramienta que se define como un método de características empíricas, donde existe comunicación interpersonal entre el investigador y el o los sujetos fuente de estudio, donde pueden existir distintos tipos como lo son:

**1.6.3.1. Estructurada.** Es cuando la entrevista se desarrolla por medio de la formulación de un cuestionario, el cual se diseña con una lógica especial, con la finalidad de obtener respuestas de manera concreta.

**1.6.3.2. Semi-estructurada.** Este tipo de entrevistas [10] tienen un posible cuestionario guía que no precisamente se tiene que cumplir, sino que ayuda durante el desarrollo de la misma y logra modificar el rumbo de la misma durante la conversación.

**1.6.3.3. No estructurada.** Está como su nombre lo menciona, es una entrevista la cual no tiene una base de preguntas, sino solo un fin en particular en torno al cual se irán realizando interrogantes durante la entrevista, usada más como una fuente de investigación exploratoria.

## **1.7. Conceptos básicos de la estadística.**

La estadística como cualquier otra disciplina encargada del estudio, manejo, control de datos y predicciones, permite conocer la situación de un determinado estudio por medio del comportamiento de los datos recolectados durante un periodo de tiempo.

Como lo menciona Santiago [11] “Es una herramienta de trabajo fundamental para la mayoría de las ciencias, básica en el análisis de la actividad económica e indispensable para cualquier investigación comercial “. A partir de lo mencionado es importante conocer algunas definiciones adicionales como las siguientes:

### **1.7.1. Muestra y población.**

Se define como población, al conjunto de elementos que tienen una característica determinada en común siendo este de un tamaño considerable, por otro lado, la muestra, es aquella que representa un subconjunto que parte de la población y que se puede considerar como representativa al momento de realizar un determinado estudio.

### **1.7.2. Variables y atributos.**

Variable, se define como cualquier carácter o fenómeno estadístico que pueda expresarse en valores numéricos [12]. Se los suele clasificar variables de tipo continuas y de tipo discretas.

Una variable discreta es cuando se presenta una cantidad finita de valores, en contraste, una variable continua es aquella que toma valores que son infinitos dentro de cualquier tipo de inventario.

## **1.8. Medidas de tendencia central.**

### **1.8.1. Media aritmética ( $\bar{x}$ )**

Esta es una medida que en términos más usuales es identificada como, el promedio que se obtiene de un conjunto de datos, la cual se identifica utilizando la siguiente expresión matemática.

$$\bar{x} = \frac{x_1n_1 + x_2n_2 + \dots + x_n n_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i n_i}{N} \quad Ec. 1$$

### **1.8.2. Mediana. (Me)**

Medida que parte de la localización de un dato dentro de una escala ordenada de datos, es decir, al conjunto se les debe ordenar de forma ascendente desde el menor y se selecciona el valor que se encuentra en la mitad en caso de que el número correspondiente a la muestra o población sea

impar y si, por otro lado, es par se puede tomar un promedio de los dos valores que se encuentren en el centro de esta muestra.

### **1.8.3. Moda (Mo)**

La moda, es aquel valor que aparece con mayor recurrencia dentro de un conjunto de datos, el cual se considera como una muestra o población, es decir, el valor que se repite la mayor cantidad de veces en la misma.

## **1.9. Medidas de dispersión**

Son medidas que tienen la capacidad de describir la variabilidad o el grado con el que se encuentran dispersos los datos de un conjunto.

### **1.9.1. Varianza.**

Esta medida de dispersión, como lo menciona Gabriel [13] se encarga de indicar cuan separados están los datos pertenecientes a un conjunto de los mismos con relación a su media. Esta medida se la calcula utilizando las siguientes fórmulas dependiendo si se está trabajando con:

La población

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N} \quad \text{Ec. 2}$$

La muestra

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad \text{Ec. 3}$$

### **1.9.2. Coeficiente de variación.**

El coeficiente de variación también conocida como relativa de dispersión, se calcula a partir de la relación entre la desviación estándar y la media siempre expresada como porcentaje. Usada en un determinado conjunto de datos para comparar la variabilidad, se calcula por medio de la siguiente fórmula.

$$CV = \left( \frac{\sigma}{\mu} \right) \times 100 \quad \text{Ec. 4}$$

### **1.9.3. Desviación estándar.**

Como lo resalta Gabriel [13] es considerada la medida con mayor representatividad para un conjunto de datos. Matemáticamente, se calcula como la raíz cuadrada positiva de la varianza.

Esta se representa de la siguiente manera tanto para las estimaciones que se realizan con la muestra o la población.

$$s = \sqrt{s^2} \quad \text{Ec. 5}$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad \text{Ec. 6}$$

### **1.10. Lead Time.**

El lead time es una de las variables utilizadas en las industrias [14] llevado con la finalidad de llevar un registro cuantificable de tiempo de reaprovisionamiento o reposición de un determinado ítem, equipo, insumo, elemento u otros nombres que usualmente se le suele dar, generalmente es el tiempo comprendido entre el proceso donde se realiza la generación de OC (orden de compra) hasta el momento que el cliente recibe su pedido.

### **1.11. Nivel de servicio.**

En la clasificación ABC, el nivel de servicio se refiere a la rapidez con la que son atendidas las necesidades de los clientes o se gestionan los productos en un inventario, en este caso repuestos. En este contexto, los productos o clientes, su clasificación es en tres categorías o más que pueden ser: A, B y C, donde la A es la categoría más importante y requiere un alto nivel de servicio, mientras que los de categoría C son los menos críticos y pueden tolerar un servicio más básico. Esto ayuda a priorizar recursos y esfuerzos para maximizar tanto la eficiencia operativa como la satisfacción del cliente.

El nivel de servicio se puede presentar de varios tipos dependiendo del enfoque con el que se manejen.

#### **1.11.1. Nivel de servicio al cliente.**

Este es el más común, mide la capacidad que se posee para satisfacer todos los pedidos de los clientes de una forma eficiente.

### ***1.11.2. Nivel de servicio de disponibilidad.***

Este se refiere, a la proporción de tiempo con el que un producto se encuentra disponible en su inventario en contraste con el tiempo que es solicitado.

### ***1.11.3. Nivel de servicio de ciclo de pedido.***

Este nivel se encarga de medir la efectividad existente en la gestión de pedidos y la rapidez con la que se procesan los mismos.

### ***1.11.4. Nivel de servicio de inventario de seguridad.***

Este se refiere a el número por cada ítem que exista en un inventario que debe ser adicional, con la finalidad de poder cubrir retrasos o variaciones de la demanda.

## **1.12. Inventarios**

Los inventarios, son el control físico o digital de registros donde se reflejan los bienes de una organización, generalmente detallados en listas que son utilizados con fines contables generalmente, dentro de los inventarios se puede encontrar dos tipos de clasificaciones de estos.

En base a criterios como:

- Inicial
- Final
- Periódico
- Cíclico
- De especulación
- Permanente

Cuando se basan en el tipo de existencia

- De materias primas
- De productos en tránsito
- De producto terminado
- De previsión y anticipación
- De existencias obsoletas
- De repuestos
- Entre otros

## **1.13. Políticas de inventario**

Son la manera adecuada en la que se desea reponer el inventario según la consideración que se realice, estas políticas manejan datos relacionados con las siguientes especificaciones:

s- reorden / mínimo

S- máximo

Q- orden

R- revisión periódica

### 1.13.1. Sistema de reorden y orden ( $s - Q$ ).

Esta establece que cuando se llega al valor mínimo ya definido del inventario se vuelve a pedir una nueva cantidad.

### 1.13.2. Sistema mínimo, máximo ( $s - S$ ).

Establece que cuando se llega al punto mínimo del inventario se debe pedir con la finalidad de llegar al máximo nuevamente

### 1.13.3. Sistema de revisión periódica ( $R-S$ ).

Este tipo de política se usa cuando existe una comprobación constante del inventario tras un periodo de tiempo definido y en este punto se realiza una reposición hasta llegar nuevamente al punto máximo.

### 1.13.4. Sistema revisión periódica, mínimo, máximo ( $R-s-S$ ).

Este tipo de política toma el concepto del anterior punto 1.13.3, sin embargo, el abastecimiento se realiza cuando el inventario se encuentra en su punto mínimo.

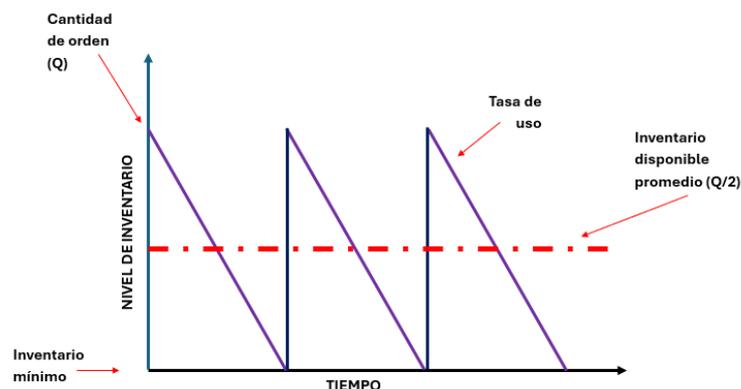


Fig. 3 Detalle de las partes de una gráfica de reabastecimiento en políticas de inventario. [27]

## 1.14. Sistemas administrativos de inventarios

Un sistema es [15] un conjunto de componentes interrelacionados con un límite claramente definido, que trabajan juntos para lograr una serie de objetivos en común. Ahora cuando se relaciona con lo administrativo, estos se convierten en sistemas que se enfocan en aspectos como: recolección, organización, planificación, control y dirección.

Los sistemas de administración de inventarios son aquellos destinados comprender los aspectos mencionados en el párrafo anterior que ayuden con la gestión de inventarios, sin importar, el tipo de ítem manejado ya sea por medio de herramientas, metodologías, procedimientos y más aspectos, que tienen como finalidad mejorar la gestión relacionada con inventarios.

**1.14.1. Sistema LIFO (last in, first out).**

Este es un sistema de inventario el cual sugiere que los últimos productos que entran en el inventario deberán ser los primeros en salir. El costo de este tipo de inventario se calcula a partir del precio del último artículo comprado.



Fig. 4 Representación gráfica de sistema LIFO. [28]

**1.14.2. Sistema FIFO (first in, first out).**

Este es un sistema de inventario, el cual propone que los primeros productos que entran en el inventario deberán ser los primeros en salir. El costo de este tipo de inventario se calcula a partir del precio de la primera mercancía vendida y el valor final del mismo es el precio de la última mercancía comprada.

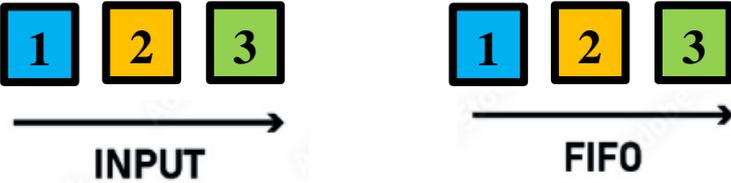


Fig. 5 Representación gráfica de sistema FIFO. [28]

**1.14.3. Sistema de costo promedio ponderado.**

Es un sistema de inventario el cual se calcula a partir del costo promedio de los ítems disponibles, generalmente destinados a la venta durante el periodo, este se puede calcular por medio de la siguiente formula:

$$Costo\ Promedio = \frac{Costo\ Total\ de\ las\ Mercaderías\ Disponibles\ para\ la\ Venta}{Cantidad\ Total\ de\ Mercaderías\ Disponibles\ para\ la\ Venta}$$

Ec.7

#### 1.14.4. Sistema específico.

También conocido como sistema individual, consiste en la asignación de un costo específico a cada uno de los SKU de manera individual, generalmente se utiliza cuando los productos son costosos o lo suficientemente únicos para justificar su seguimiento por separado.

#### 1.14.5. Sistema de inventarios a precios de mercado.

Por sus siglas en inglés LCM (Lower of cost or market) es usado para ajustar el valor de los inventarios cuando el valor de mercado de los bienes en inventario ha disminuido por debajo de su costo inicial.

#### 1.14.6. Clasificación ABC.

Se define comúnmente como una metodología que busca de manera sencilla priorizar los ítems con base en un principio. El análisis de Pareto [16] sugiere que no todos los ítems en el inventario de una empresa deben ser controlados igual, por lo que los ítems más importantes (grupo A) deben ser controlados y monitoreados con sistemas de control de inventario más sofisticados que los utilizados para ítems menos significativos que se encuentran en el grupo B; y que los ítems del grupo C se deben controlar más fácilmente en comparación que con los del grupo B.

Algunos de los criterios más comunes a considerar cuando se realiza análisis de estos tipos se detalla Fig. 6.

CRITERIOS	UNIDAD DE MEDIDAD	ENTRADA		SALIDA	
		MATERIAS PRIMAS	REPUESTOS	FABRICANTE	COMERCIALIZADORA
Demanda/ Ventas anual	Unidades/año			X	X
Consumo/ Utilización Anual	Unidades/año	X	X		
Inventario Promedio	Unidades/año	X	X	X	X
Costo Unitario	\$/unidad	X	X	X	X
Volumen	m3/unidad	X	X	X	X
Criticidad	0,1,2,3,4,5	X	X		
Costo Anual del inventario	\$/año	X	X	X	X
Costo Anual del demanda / Ventas	\$/año			X	X
Costo Anual consumo/ Utilización	\$/año	X	X		
Tiempo de Entrega	Unidad de tiempo	X	X		X
Tiempo de Producción por lote	Unidad de tiempo			X	
Escasez	1,2,3,4,5	X	X		
Durabilidad	1,2,3,4,5	X	X	X	X
Sustitibilidad	1,2,3,4,5	X	X		
Reparabilidad	1,2,3,4,5		X	X	X
Número de proveedores	Cantidad	X	X		X
Almacenabilidad	1,2,3,4,5	X	X	X	X
Tamaño de lote	Unidades	X	X	X	X

Fig. 6 Imagen de tabla de Matriz de criterios para la clasificación ABC, a partir de [30].

### **1.15. Características necesarias para considerar durante la clasificación ABC.**

De las características, las más importantes a considerar dentro de un sistema de clasificación ABC, son las siguientes:

- La descripción de cómo se calcula el valor de los inventarios, considerando el precio de los repuestos y la frecuencia con la que se consumen estos y se dan uso.
- La explicación de cómo se clasifica los productos en las distintas categorías, mediante el uso de herramientas estadísticas o los análisis históricos de las compras y consumos.
- Parámetros adicionales como: la frecuencia de rotación, el costo de mantenimiento de este, el riesgo de desabastecimiento, la criticidad de los repuestos, entre otros.

#### ***1.15.1. Ventajas de la Clasificación ABC***

Este método de clasificación ayuda con distintos aspectos sin importar el tipo de inventario en que se esté aplicando, entre las ventajas más importantes son:

- Permite conocer los recursos de la empresa, como el espacio de almacenamiento, el capital invertido y los esfuerzos en la gestión.
- Ayuda a priorizar el control de inventarios de los productos más críticos, lo que lleva a una reducción de costos operativos.
- Mejora la toma de decisiones informadas sobre compras, reposición, almacenaje y estrategia de ventas.

#### ***1.15.2. Principio de Pareto***

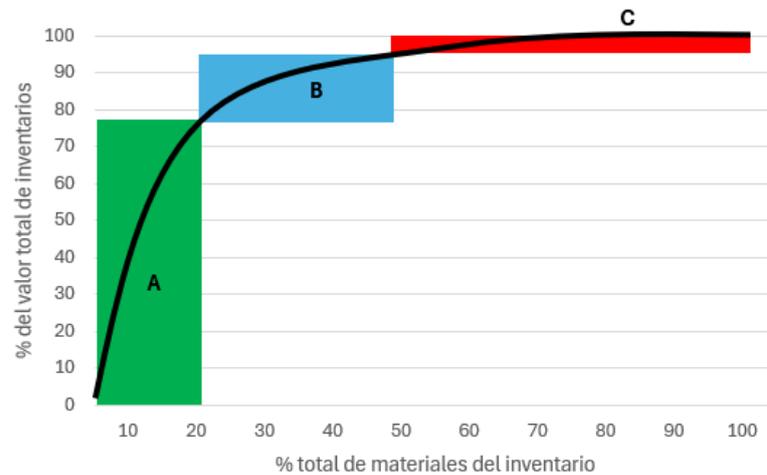
Este principio cuyo autor es Vilfredo Pareto, economista quien formulo esta ley a finales del siglo XIX, estudio el cual se basa a partir de un contexto original sobre la distribución de la riqueza, donde de manera general, [17] Pareto observó que aproximadamente el 80% de la riqueza de Italia su país de nacionalidad estaba concentrada en las manos del 20% de la población, fundamento el cual fue el sustento de lo que hoy en día es el principio de Pareto.

A partir de ello el principio es conocido como la regla del 80/20, que establece que muchos de los fenómenos, siendo más específico el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas. Hoy en día este principio se utiliza en distintos campos, con un ligero cambio de contexto en el cual se utiliza, entre ellos los contextos donde más se encuentra son

Negocios. El 20% de los productos, servicios o clientes generan el 80% de los ingresos.

Gestión de calidad. El 80% de los defectos pueden ser ocasionados por el 20% de los problemas.

Gestión de tiempo. El 80% de los logros se obtienen del 20% del tiempo que se invierten en tareas claves.



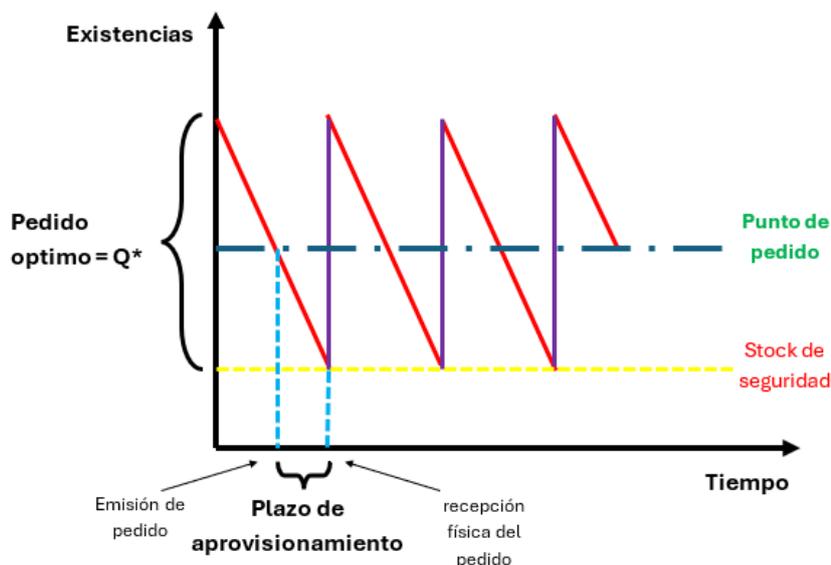
**Fig. 7** Niveles de importancia según la clasificación ABC. Elaborado a partir de Luz [31].

Recordando que estos valores porcentuales en cada uno de los contextos no suelen ser exactamente el 80/20, pero se mantienen en un margen relativamente cercano. Una interpretación lo suficientemente aceptada es que cuando se conoce los porcentajes, se puede identificar que el 20% de los ítems, causas o defectos serán los focos de mejora para corregir o mejorar el 80% de la situación actual.

### ***1.15.3. Stock de seguridad***

El stock de seguridad es una medida de inventario adicional que tiene como finalidad evitar la caída de stock, es decir, que en un determinado momento de necesidad no se cuente con ellos.

Esta medida, es la cantidad adicional que debe poseer un inventario para prevenir desabastecimientos, en caso de que existan variaciones imprevistas en el tiempo de suministro o en la demanda, su objetivo principal es asegurar que la empresa sea capaz de cumplir con la demanda de los clientes a pesar de que existieran circunstancias emergentes.



**Fig. 8** Representación gráfica de modelo de pedido óptimo o modelo de Wilson. Elaboración a partir de [32].

#### 1.15.4. Punto de pedido o de reorden.

El punto de reorden también conocido como punto de pedido, es esa medida la cual se puede definir de manera empírica o visual, siendo esta una manera demasiado imprecisa al momento de conocer el estado de un inventario y cuando esta tiene que reabastecerse, no obstante, también se puede definir de manera matemática.

Esta medida es aquella donde se pretende realizar el nuevo proceso de reabastecimiento de un determinado inventario, en ella se considera no solo el tiempo de entrega, sino si también acciones como la generación de proformas, ordenes de compras y llegada del determinado SKU, con la finalidad de que al momento que el stock de un determinado inventario llegue a este punto se realice el proceso de reabastecimiento para impedir que los ítems de este inventario lleguen a estar por debajo del stock de seguridad.

Visualmente este punto de reorden podemos notarlo en la Fig. 8 donde se define claramente. De forma matemática, este punto de reorden se calcula por medio de los siguientes métodos.

**1.15.4.1. Básico o simple.** Es considerado adecuado cuando existe una demanda constante y existe un tiempo de reposición de estos relativamente predecible, sin embargo, este tipo de método no es preciso ya que no considera variaciones en ninguna de las dos variables. La fórmula es la siguiente:

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de reposición})$$

Ec. 8

**1.15.4.2. Con stock de seguridad.** Este método es adecuado cuando existen cambios predecibles en la demanda o tiempo de reposición, debido a que integra el stock de seguridad al cálculo, por medio de la siguiente formula:

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de reposición}) + \text{Stock de seguridad}$$

Ec. 9

**1.15.4.3. De probabilidad.** Este método es considerado más preciso debido a que su enfoque considera distribuciones estadísticas, donde se ven involucradas el coeficiente de variación o la desviación estándar, además de la consideración de lo que se conoce en gestión de inventarios como factor de seguridad que se utiliza para determinar un nivel de inventario adicional que cubra la demanda en los tiempos de reposición, este método se calcula por medio de la siguiente formula:

$$\text{Punto de reorden} = (\text{Demanda diaria} \times \text{Tiempo de reposición}) + (Z \times \text{Desviación estandar})$$

Ec. 10

#### **1.15.5. EOQ (Cantidad económica de pedido).**

Por su significado en ingles Economic Order Quantity, es un modelo utilizado para la determinación de la cantidad optima de un producto que debe pedirse para minimizar los costos totales de inventario. Este parámetro ayuda a determinar la cantidad optima de pedido y se calcula por medio de la siguiente formula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot S}{H}}$$

Ec. 11

D = demanda anual.

S= Costo por pedido.

H= Costo de mantener una unidad en inventario por año.

#### ***1.15.6. Tipos de Stock de Seguridad.***

**1.15.6.1. Fijo.** Se establece un nivel específico de inventario como reserva, sin importar las oscilaciones que puedan existir en los tiempos de entrega o la demanda.

**1.15.6.2. Variable.** Se ajusta según la variabilidad en la demanda y su tiempo de entrega. El cálculo de esta medida se realiza utilizando fórmulas que consideran la desviación estándar y el promedio de ventas.

**1.15.6.3. Por producto.** Se define un nivel de seguridad diferente para cada producto, basado en su volatilidad y la importancia en la operación.

**1.15.6.4. Por proveedor.** Se mantiene un stock adicional basado en la fiabilidad de cada proveedor, teniendo en cuenta su historial de entregas.

**1.15.6.5. En Función de la Estacionalidad.** Se aumenta el stock de seguridad durante temporadas altas de demanda, como fiestas o festivales, para evitar desabastecimientos.

#### **1.16. Relación de la clasificación ABC con otros métodos de gestión de inventarios.**

Dentro de este tipo de investigaciones relacionadas con la gestión de inventarios, existen otros métodos que ayudan con las clasificaciones o movimientos adecuado de los SKU dentro de un determinado inventario.

##### ***1.16.1. ABC con el método justo a tiempo (JIT).***

Hay que recordar que el método JIT (just in time) es una estrategia de gestión de inventarios que busca reducir al mínimo el inventario y las existencias almacenadas, es decir, tener solo lo que se necesita, en el momento en el que se necesita.

La relación que este tiene es que cuando se conoce o se tiene presente la prioridad de los ítems considerando todas sus necesidades se aplica el JIT para asegurar que se realicen pedidos justo a tiempo y que se logre satisfacer el consumo de tal manera que se pueda manejar de manera más flexible con menos recursos y control.

### ***1.16.2. ABC con relación con el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ).***

Este modelo ya mencionado, busca determinar la cantidad óptima de pedido para minimizar los costos de inventario, la relación que tienen estos dos métodos es, cuando se logra conocer las categorías de los productos podemos encontrar un valor de EOQ más acercado a la realidad, es decir, los productos de una categoría que tenga un costo económico elevado tendrán un EOQ más pequeño.

### ***1.16.3. ABC con relación al modelo de revisión periódica y continua.***

El modelo de revisión periódica se verifica en inventarios considerados regulares, es decir, donde su consumo tenga un movimiento relativamente estable, que busca reponer las existencias hasta un nivel predeterminado.

Además, el modelo de revisión continua se encarga de una verificación constante con la finalidad de que se realice un pedido automático una vez cae el valor por debajo de una medida mínima, conocida como punto de reorden.

La relación que tiene la Clasificación ABC con el modelo de revisión es que cuando se posee una clasificación los ítems de categoría A o alta prioridad se puede beneficiar de un sistema de revisión continua porque se busca evitar escasez.

## **1.17. Layout (diseño)**

El término layout hace referencia a una distribución o disposición dentro de un espacio físico, ya sea en una fábrica, una oficina o un establecimiento comercial. Su diseño afecta la eficiencia operativa, la productividad y la experiencia del cliente. Un buen layout facilita el flujo de trabajo, reduce tiempos de desplazamiento y mejora la comunicación.

Estos poseen tipos como:

### ***1.17.1. Por proceso.***

Agrupar equipos o áreas de trabajo según el tipo de actividad o proceso que se realiza. Común en fábricas donde se producen distintos productos.

### ***1.17.2. Por producto.***

Esta distribución se basa, en considerar la secuencia necesaria de operaciones para la fabricación de un producto. Es comúnmente utilizada en producción en masa o consumo masivo y líneas de ensamblaje.

### ***1.17.3. Por proyecto.***

Diseñado para proyectos únicos y de larga duración, donde el producto se crea en un lugar específico, como la construcción de edificios.

### ***1.17.4. Funcional.***

Agrupa áreas de trabajo o departamentos según funciones similares, como ventas, producción y recursos humanos. Facilita la especialización.

### ***1.17.5. En forma de U.***

Combina características de layouts por producto y por proceso, permitiendo un flujo de trabajo más compacto y eficiente.

### ***1.17.6. Híbrido.***

Este tipo de distribución es una combinación de distintos elementos de los layouts mencionados que se adaptan para lograr las necesidades de una empresa en específico.

Hay que recordar que para seleccionar el tipo de layout este proceso dependerá de considerar factores como la naturaleza del producto, el volumen.

## Capítulo II

### Marco metodológico

#### 2.1. Método de investigación

En el presente documento se realiza una serie de procedimientos, con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados recordando la importancia de una metodología de la investigación que como lo menciona Eufemia [17] es el cumplimiento de las acciones previstas en el diseño de la investigación, a fin de adquirir la información para el cumplimiento de los propósitos, es decir, es la ejecución de la investigación en función de lo que se ha previsto en la fase del diseño.

Este proceso va desde la recolección de información hasta el desarrollo de una propuesta de layout con base en la clasificación a determinar por medio de la metodología de clasificación ABC.

El método se utiliza con el fin de tener una propuesta de optimización del sistema actual de gestión de inventarios manejado en la bodega de repuestos del área de mantenimiento de una industria de consumo masivo, específicamente sector panadería.

#### 2.2. Método para el desarrollo del proceso

Para el desarrollo del método de proceso utilizado, se lleva a cabo por medio de tres etapas donde éstas comprenden las siguientes situaciones o actividades respectivamente y que se detallan a continuación:

##### 2.2.1. Primera etapa.

En esta etapa se encuentra todo lo contemplado en entender la situación actual y el proceso de gestión de inventarios actualmente llevado a cabo dentro de la bodega de repuestos manejada por el área de mantenimiento, en una industria de consumo masivo, repuestos que se utilizan en los equipos implicados en el proceso de producción, para lo cual se utiliza técnicas de investigación y recolección de datos.

Estas técnicas de investigación son [18] un método sistemático utilizado para recopilar y analizar información, con el fin de responder a una pregunta o resolver un problema en específico. A partir de esto se realiza de la siguiente manera:

- Un levantamiento del histórico de los repuestos manejados en un periodo de cincuenta y tres meses contemplado desde el mes de enero del 2019 hasta el mes de mayo del 2024.

- Depuración de datos eliminando ítems o SKU que no aportan valor al estudio debido a distintas razones más adelante detalladas.
- Levantamiento de stock actual y ubicaciones de los ítems considerados dentro del estudio (seiscientos setenta y uno).
- Recolección de Lead time y máquina en la que se usa el repuesto de cada uno de los ítems considerados del estudio.
- Levantamiento del esquema de matriz final para el análisis de parámetros relacionados con la clasificación ABC y por medio del mismo determinar un stock de seguridad.
- Levantamiento del layout para la comparativa y diseño del posible tomando en cuenta la nueva clasificación.

### ***2.2.2. Segunda etapa.***

En esta etapa entra todo el desarrollo de la metodología partiendo del esquema de matriz final relacionado con los parámetros de clasificación ABC que resultan favorables al estudio, donde se puede encontrar datos lo suficientemente significativos, de la siguiente manera, considerando parámetros de criterio como; inventario promedio, costo unitario, criticidad, costo anual de inventario o tiempo de entrega. Esto se realiza con la finalidad de poder identificar los siguientes puntos:

- Identificación de nivel de servicio, factor o nivel de seguridad deseado, intervalo de seguridad y finalmente stock de seguridad en meses requerido.
- Además, en esta etapa se realiza un levantamiento del espacio físico donde se almacenan los SKU relacionados con el estudio. Esto por medio mediciones del espacio físico.

### ***2.2.3. Tercera etapa.***

En esta última etapa se realiza el análisis de los valores calculados con la finalidad de obtener una propuesta de optimización de la gestión de inventarios, esto se realiza de la siguiente manera:

- Identificación de los ítems y su porcentaje de la totalidad del estudio según su clasificación ABC, para conocer la rotación de estos a lo largo del periodo de estudio.
- Identificar y revisar la información relacionada con la bibliografía para entender y generar la propuesta a partir de la identificación de la mayor problemática dentro de la empresa.

- Identificación del stock de seguridad necesario dentro de la bodega con base en estos criterios de clasificación.
- Elaboración de la propuesta de layout a partir de la clasificación de los ítems por medio del método ABC.
- Contraste teórico de la información entre el sistema actual de inventarios y el formulado a partir de la clasificación para de conocer una posible mejora en el sistema.

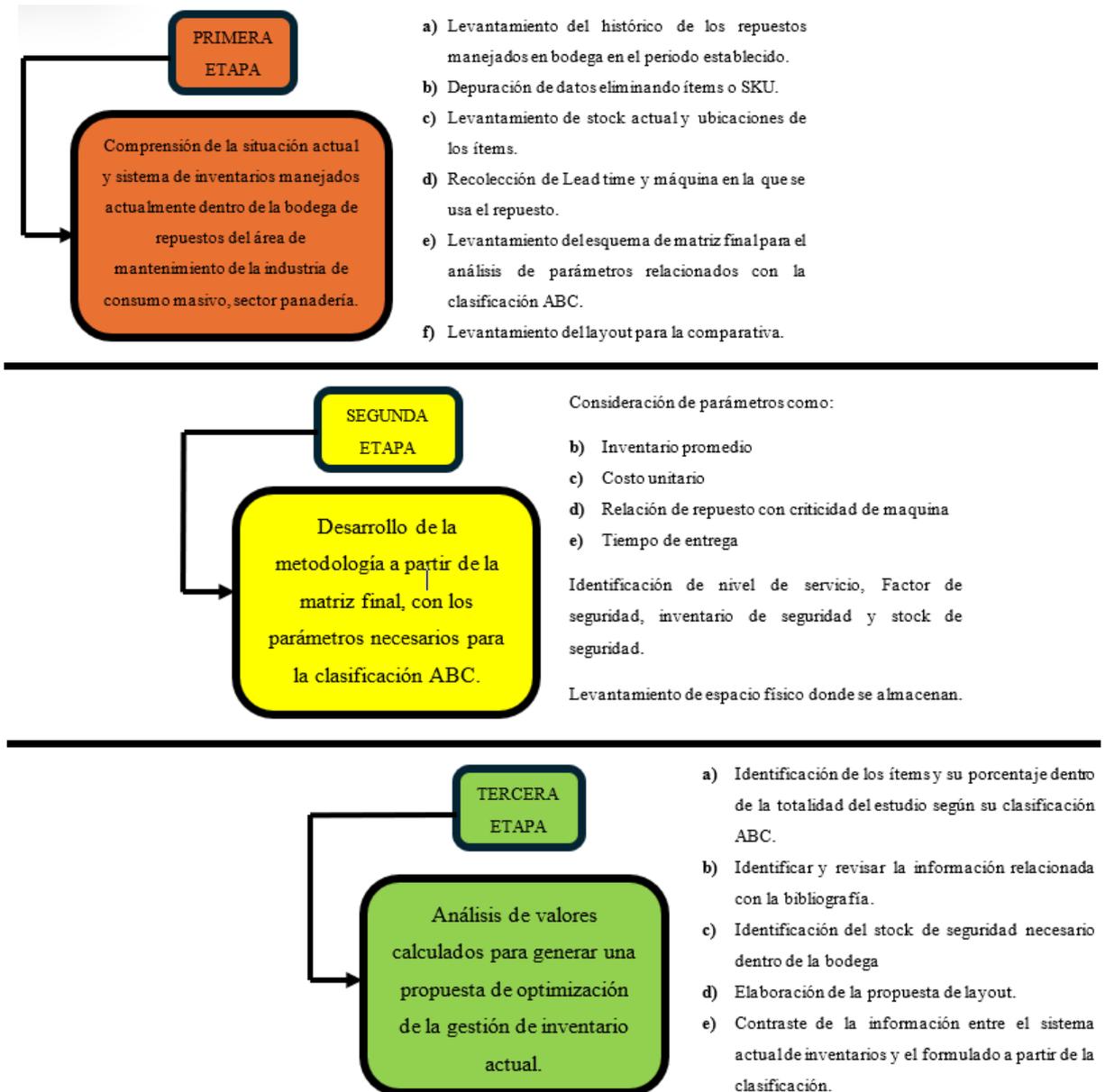


Fig. 9 Resumen del método para el desarrollo del estudio.

### 2.3. Uso de herramientas de investigación

A lo largo de esta investigación se utilizan distintos instrumentos enfocados a la recolección

real de datos dentro de la empresa, herramientas como:

### **2.3.1. Observación.**

La observación durante una investigación es primaria durante cualquier trabajo, ya que con ella se puede determinar de forma inicial un problema y a partir de la misma tener una posible solución, usada para identificar los repuestos actuales que existen dentro de la bodega estudiada, los movimientos de los ítems dentro de la bodega, el manejo actual del mismo, sistema de órdenes de trabajo y la familiarización con los repuestos que existen en stock.

### **2.3.2. Cuestionarios o encuestas.**

Las encuestas o cuestionarios que, durante la recolección de parámetros, que solo se pueden obtener de la experiencia del personal que lleva un tiempo considerable desempeñando sus actividades, esto resulta de mucha utilidad sin importar que este tipo de herramienta se use de manera física o digital, ya que una vez aplicada se tiene el contraste de información que resulta de aplicar dichas encuestas a distintas personas responsables de la reposición de repuestos.

### **2.3.3. Entrevistas.**

La entrevista aplicada a distintos responsables del cambio de los repuestos es uno de los puntos más fuertes que ayuda con el levantamiento de un registro histórico, no solo de movimientos, sino de aspectos como: donde se utilizan cada uno de los repuestos, para realizar una asociación con los equipos de mayor criticidad. Todo por medio de los tipos de entrevistas que pueden ser o no estructuradas o semiestructuradas y que cualquiera de ellas cumple un papel fundamental durante la presente investigación.

## **2.4. Manejo de la información**

Para el desarrollo de los soportes de procesamiento y posterior análisis de los datos se utilizan herramientas de ofimática (Microsoft Office), ya que debido a versatilidad y familiarización con los mismos resulta de mayor facilidad su manejo para los parámetros necesarios ya sea por medio de fórmulas, esquemas, tablas o cualquier otra herramienta. Además, la ayuda de programas de diseño gráfico como (AutoCAD) u otros para la elaboración de los layout tanto antes como después.

## **2.5. Situación actual de la bodega de repuestos**

Conocer el estado de los repuestos, el almacenamiento, las ubicaciones, el orden actual, entre

otros, como aporte que ayude a generar ese contraste entre él antes y después de una probable consideración hipotética de implementación la propuesta que se tiene la finalidad de generar, además de que este aspecto arrojará datos importantes como el sistema de gestión actual al momento de requerir de una reposición o adquisición de repuesto sin importar que sea uno ya existente o uno nuevo.

### ***2.5.1. Levantamiento del stock actual de los repuestos de la bodega***

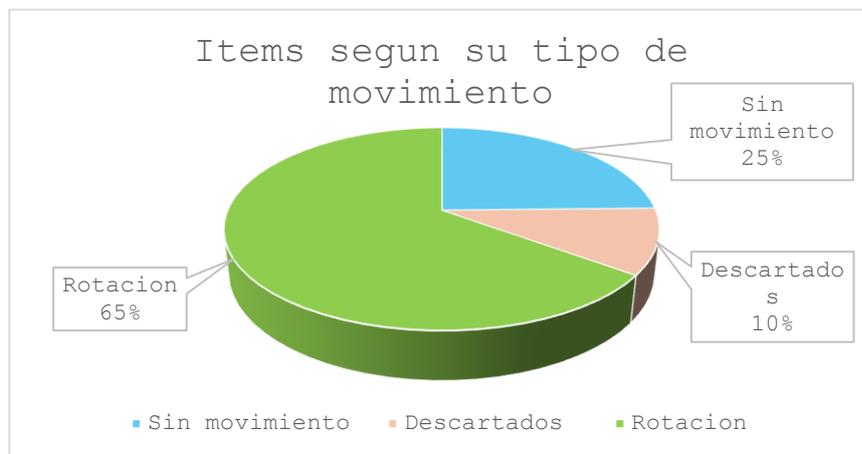
El levantamiento de datos como lo menciona Francisco [19] “es un proceso mediante el cual se recogen, organizan y estructuran datos relevantes para un estudio o investigación” es por ello que levantar el stock actual con el que cuenta la bodega permite conocer en términos de dinero cuanto se encuentra almacenado hasta el momento del levantamiento de inventario.

En la empresa donde se levanta el estudio se lleva un control de inventarios, por medio de un sistema ERP (Enterprise Resource Planning) el cual es SAP con el módulo RP para distintos tipos de controles como: materias primas, ingreso y salidas de insumos, además de salidas de producto terminado, este sistema se involucra con la bodega de repuestos, porque los ingresos de esta se realizan directamente en el sistema ERP, sin embargo, las salidas son a partir de un sistema adicional en el cual cualquier operador, jefe, supervisor y más pertenecientes a la empresa pueden solicitar una nueva solicitud de reparación.

Al momento de que un asistente del área de mantenimiento toma o acepta la solicitud carga los repuestos que considera necesarios para satisfacer la necesidad o que puede cargar a lo largo del trabajo, a partir de este cuando se carga una orden, se coloca los repuestos a utilizar, la salida de los ítems también se cargan en el sistema SAP generando un registro automático a manera de histórico sobre el cual comienza o se fundamenta el inicio del presente estudio, sin embargo, durante un primer análisis tenemos una anomalía en el registro del histórico levantado, ya que en él podemos ver como existen registros de solo ingresos o salidas como último movimiento registrado hasta el momento del estudio.

Por otro lado, uno de los principales problemas que presenta la empresa se identifica al momento de abastecerse de algún determinado repuesto se hace bajo la experiencia o por medio de la sugerencia del proveedor de los equipos que en muchos de los casos han ocasionado que los repuestos se compren, pero nunca se utilicen y con el tiempo se proceda a dar de baja lo que ocasiona una pérdida de dinero, además de un consumo innecesario de recursos como el espacio y posible desgaste de los repuestos.

En la base de datos iniciales con la que se trabaja en el presente proyecto, se detecta una determinada cantidad de ítems que tras una depuración, da paso a que el análisis sea más focalizado sobre las necesidades de la empresa, entre los ítems más importantes dejando por fuera son: repuestos que se puedan caracterizar como obsoletos por distintos motivos, esto porque pueden pertenecer a máquinas que ya no se encuentran en la misma planta, máquinas que ya no se utilizan debido a cambios dentro de la empresa o a repuestos que han estado demasiado tiempo dentro del inventario sin utilización; dentro de la Fig. 10, se resume la naturaleza de los ítems a manejar según su tipo.



**Fig. 10** Tipo de ítems manejados en el inventario.

Esta clasificación presentada en la Fig. 10 representa tres tipos de situaciones que se presentan en los mil treinta y cuatro datos iniciales entregados por la empresa para el estudio, esto se explica de la siguiente manera:

**2.5.1.1. Ítems sin movimiento.** Todos aquellos SKU que no poseen una utilización luego de un periodo determinado de tiempo, mensualmente el área de contabilidad audita la bodega con la finalidad de contrastar el inventario real con el cargado en el sistema, cuando un determinado ítem se mantiene estático por 1 año entra en esta categoría.

**2.5.1.2. Ítems descartados.** Son los SKU que no entran en el estudio por distintas razones entre ellas que son ítems de consumo de líquidos como “GLP” y “combustible DIESEL”, o que pertenecen a máquinas que hace apenas uno o dos años dejó de utilizarse, o que se trasladaron a otra localidad y los repuestos específicos de la misma ya no son de relevancia para el establecimiento donde se realiza el estudio, también existen cargados como repuestos, equipos de

medición que en su momento debido a su valor se considera como un repuesto cuando no lo son.

**2.5.1.3. Ítems con rotación.** Son todos aquellos ítems que han presentado un movimiento dentro del grupo de estudio, entendiéndose este por los ingresos o salidas sin importar la cantidad, estos presentan ese movimiento debido a su utilización constante o parcial para los mantenimientos de las máquinas usadas en la empresa.

Tipo	%
Sin movimiento	25%
Descartados	10%
Rotación	65%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

**Fig. 11** Tabla de detalle del tipo de ítems manejados en el inventario.

### 2.5.2. Consumo de ítems con rotación

Los cincuenta y tres meses considerados en el estudio representan cuatro años completos con cinco meses de movimientos hasta el año 2024, donde se evidencia una cantidad considerable de movimientos de los ítems, esta información parte de la extracción de un histórico mezclado entre salidas e ingresos del sistema SAP RP, luego de una clasificación y orden adecuado para un mayor entendimiento, tras realizar esto las siguientes tablas detallan los movimientos tanto de compras Fig.12 y como los consumos Fig. 14.

Año	Unidades	Cantidad de ítems comprados (UN)	Cantidad de movimientos (UN)
2020	(1-12 meses)	2391	64
2021	(1-12 meses)	11084	83
2022	(1-12 meses)	3677	188
2023	(1-12 meses)	6718,5	350
2024	(1-5 meses)	1381	36
<b>TOTAL</b>		<b>25251,5</b>	<b>721</b>

**Fig. 12** Tabla de detalle de los ítems comprados a lo largo del periodo de estudio.

En la Fig. 12 se logra observar un crecimiento de la cantidad de movimientos de manera

paulatina desde el año de estudio en relación con sus compras donde este comienza con 64 movimientos y alcanza en el año 2023 un total de 350, además se logra identificar una disminución importante en la cantidad de ítems comprados en el año 2022.

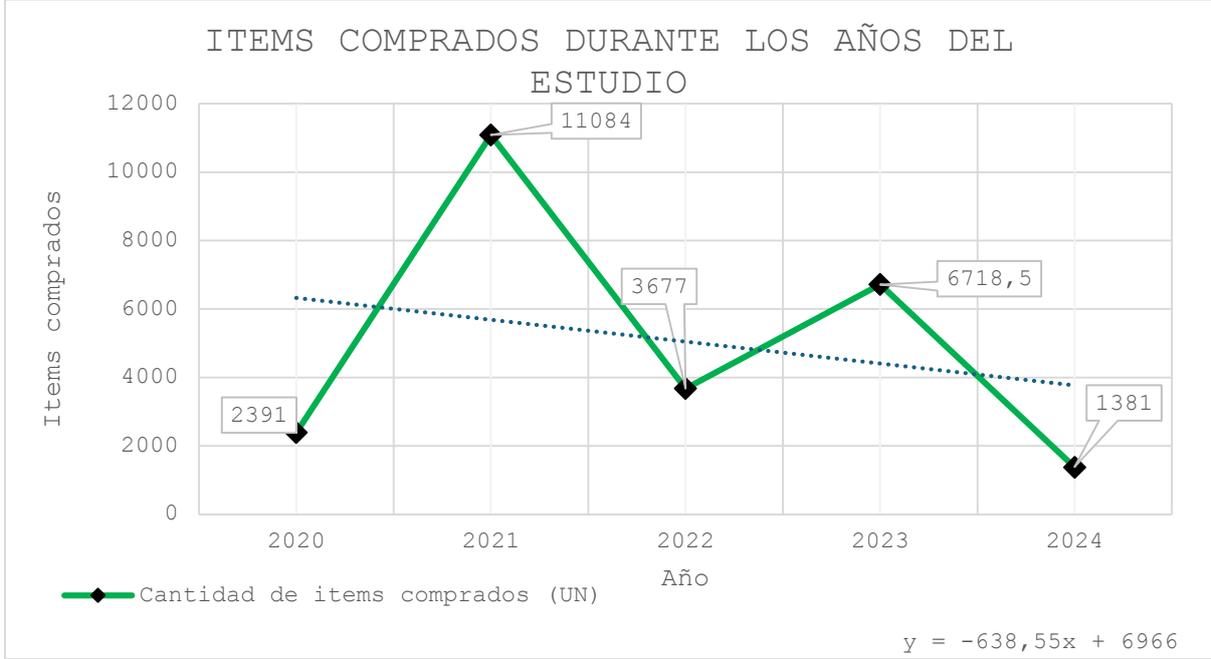


Fig. 13 Movimiento de los ítems comprados a lo largo del periodo de estudio.

En la Fig.13 se observa de manera más evidente la cantidad máxima y mínima de ítems comprados y los años en los que se logra localizar, entendiendo que el punto mínimo se encuentra en el año 2020 con 2391 ítems comprados y el punto máximo que se encuentra en el año 2021 con 11084 ítems comprados.

Año	Unidades	Cantidad de ítems Consumidos (UN)	Cantidad de movimientos (UN)
2020	(1-12 meses)	1241	99
2021	(1-12 meses)	9746	129
2022	(1-12 meses)	3714	241
2023	(1-12 meses)	5203	452
2024	(1-5 meses)	4874	125
<b>TOTAL</b>		<b>24778</b>	<b>1046</b>

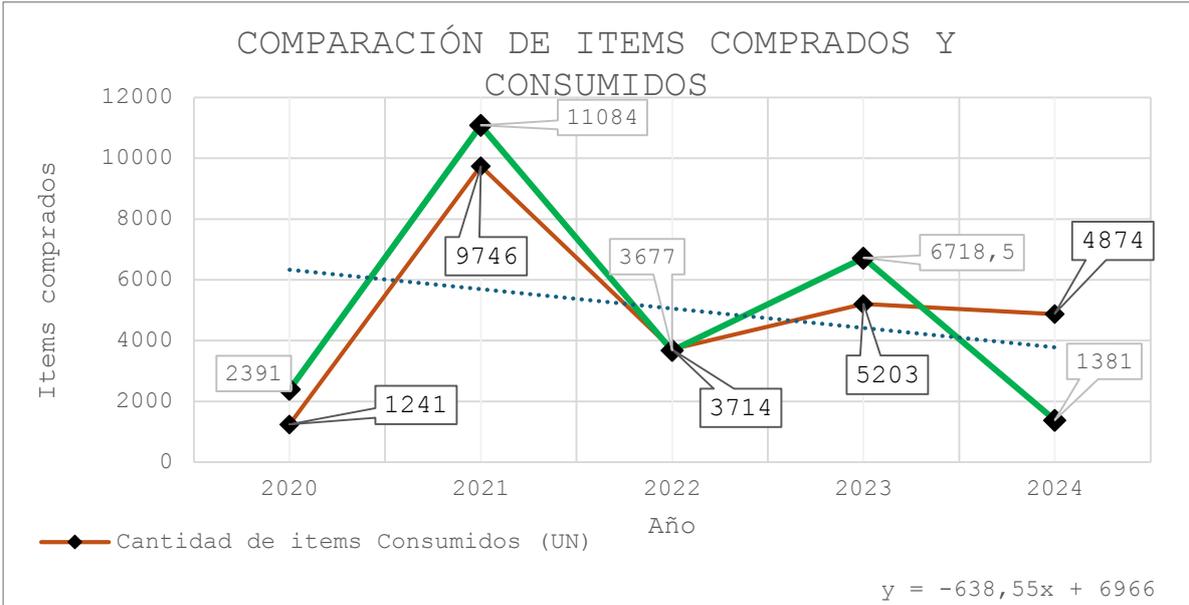
Fig. 14 Tabla de detalle de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio.

En la Fig. 14 se logra observar un crecimiento de la cantidad de movimientos de manera paulatina desde el año de estudio en relación con sus consumos donde este comienza con 99 movimientos y alcanza en el año 2023 un total de 452, además se logra identificar que se presenta una disminución de la cantidad de ítems consumidos a partir del año 2022.



**Fig. 15** Movimiento de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio.

En la Fig.15 se observa de manera más evidente la cantidad máxima y mínima de ítems comprados y los años en los que se logra localizar, entendiendo que el punto mínimo se encuentra en el año 2020 con 1241 ítems comprados y el punto máximo que se encuentra en el año 2021 con 9746 ítems consumidos.



**Fig. 16** Movimiento de los ítems consumidos a lo largo del periodo de estudio.

En la Fig. 16 se identifica los ítems comprados a lo largo de los años de estudio en contraste con los ítems consumidos a lo largo del mismo periodo de estudio, a simple vista observar de cómo se están moviendo los ítems de la bodega de mantenimiento dentro de la empresa objeto del estudio.

El contraste en la Fig. 16 se muestra como el consumo es bastante parecido a la cantidad de ítems que se compran dentro de la empresa, no obstante considerar solo estos movimientos no resulta representativo debido a la cantidad de SKU estudiados y que existe la posibilidad de que no correspondan al consumo y compra real.

Por otro lado, una representación más detallada por ítem demuestra que los consumos al menos de los veinte y dos primeros ítems ordenados desde el de mayor volumen comparado con su respectiva compra muestra que a pesar de que el la Fig. 16 se muestra como la existencia de una compra y consumo casi a la par no pertenecen a los mismos ítems como se muestra en la Fig. 17, donde solo se consideran el 3% de los ítems estudiados, con la finalidad de que los datos sean de mayor comprensión.

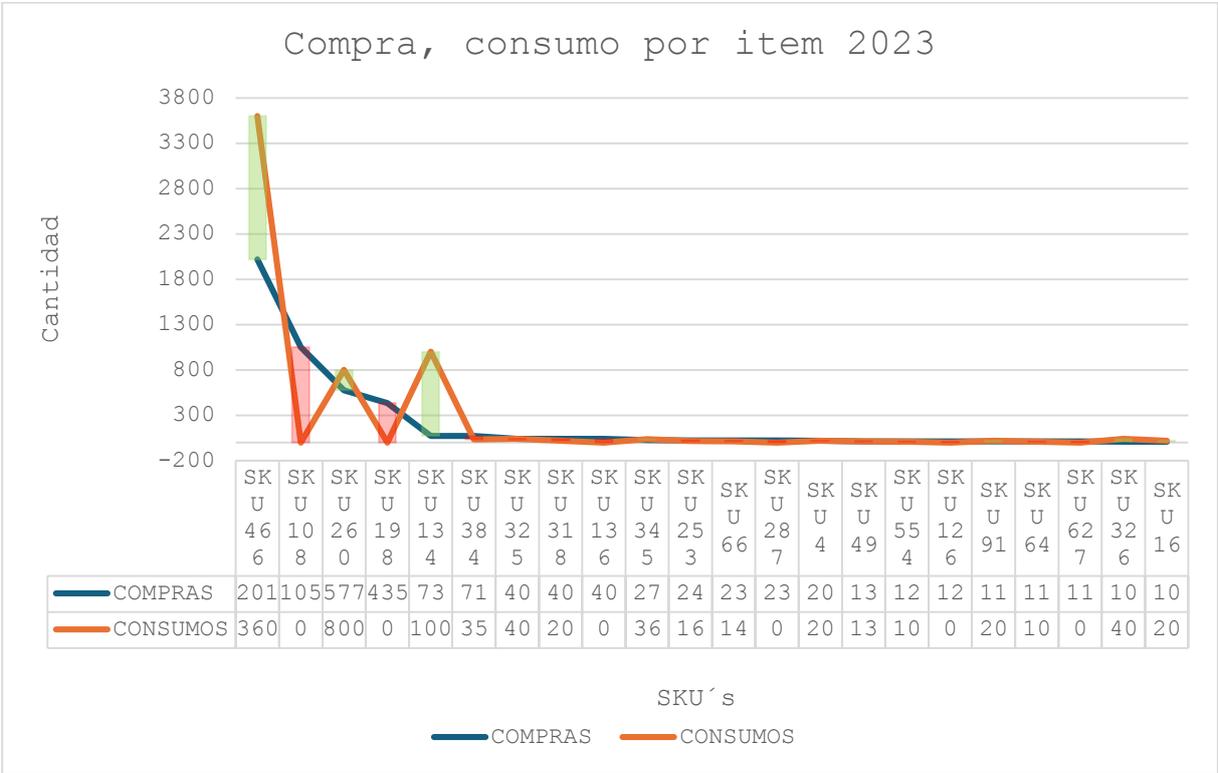
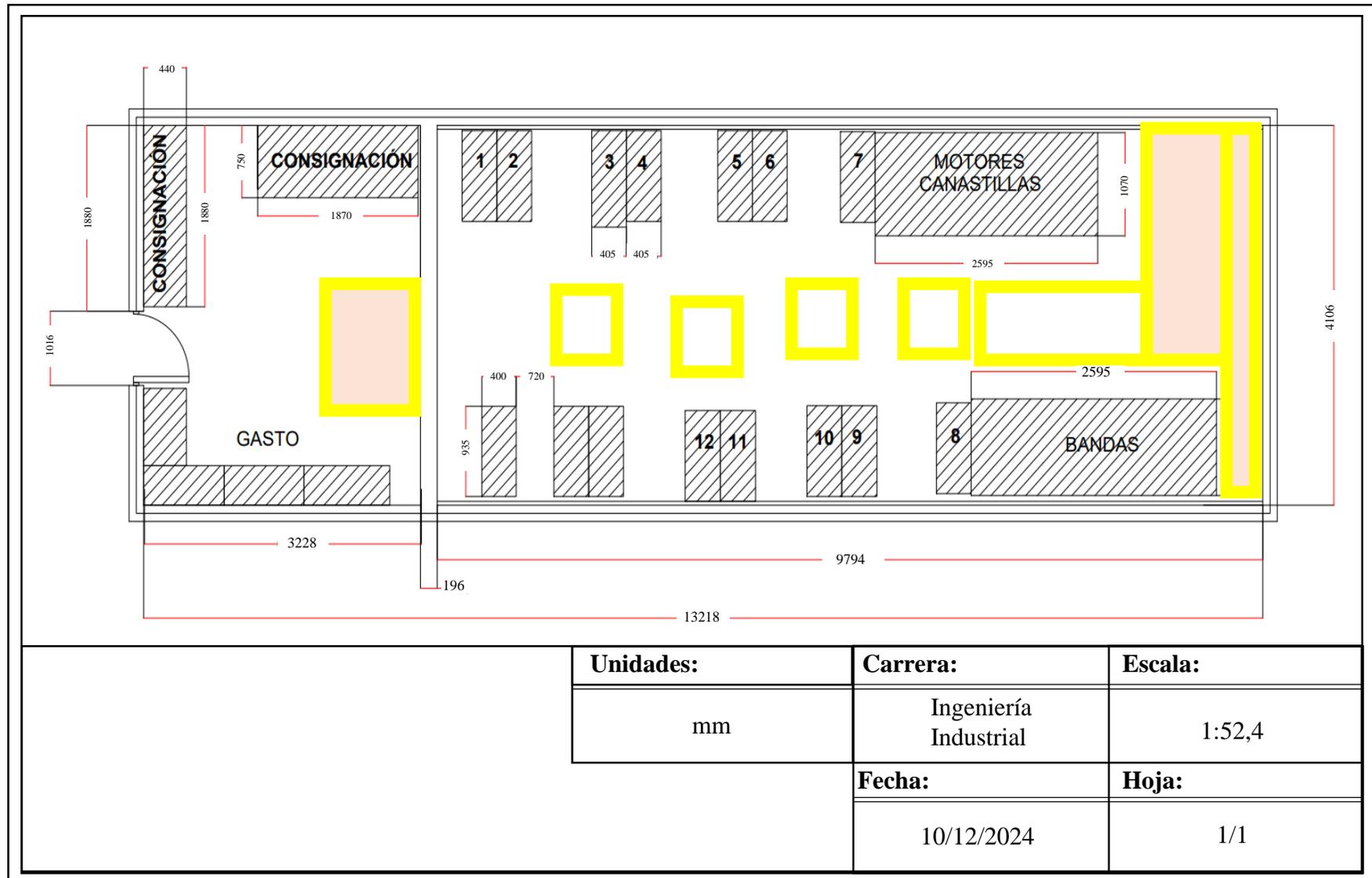


Fig. 17 Comparación de compra y consumo de los 22 ítems con mayor compra y su consumo.

### ***2.5.3. Recolección de ubicaciones y stock actual de los ítems en bodega de repuestos.***

Dentro de la empresa el levantamiento de un stock actual se realiza con una periodicidad mensual, esto porque, se lleva un control en el sistema ERP utilizado con la finalidad de conocer si existe faltantes o llamados descuadres dentro del inventario, por medio de este contraste entre lo que existe en el registro actual tras la descarga de ítems de repuestos a través de la plataforma utilizada por la empresa y las existencias del inventario actual, es por ello que el registro utilizado en el estudio se levantó el correspondiente al mes de mayo del año 2024, esto en conjunto con la organización parcial que tienen en este momento y que se detalla en la Fig. 18.



**Fig. 18** Layout de la ubicación actual de las perchas de acomodo de los ítems de la bodega de repuestos.

En esta bodega de la Fig. 18 se observa que existen distintos tipos de ítems que están esparcidos en las 12 perchas y debido a las sobre existencias, entre ellos con posibles categorías definidas parcialmente de la siguiente manera:

**2.5.3.1. Consumibles, consignación o de gasto.** Ítems que se consideran como consumo casi diario o de alta periodicidad y que, debido al costo que tienen cada uno de ellos no se considera su registro dentro del sistema ERP manejado actualmente, representan un volumen importante de los mismos.

**2.5.3.2. Inventario SAP.** Todos aquellos ítems, los cuales se encuentran dentro del sistema ERP debido a su costo e importancia económica que representan dentro del inventario, son las perchas numeradas de la 1 a la 12, aunque existen también ítems de este inventario en otros espacios de la bodega (zonas de amarillo).

**2.5.3.3. Motores, bandas.** Ítems relacionados con sus nombres de distintas dimensiones en el caso de las bandas y potencias y características en el caso de los motores debido a sus dimensiones, estas están destinados a dos espacios considerablemente más espaciosos, específicamente en racks

**2.5.3.4. Baldes y más desechos.** Espacio destinado en el suelo para almacenamiento “desordenado” de distintos tipos de ítems que no representan un mayor valor en la bodega.

No obstante, las zonas de color amarillo en la Fig. 18 se indica las zonas donde a pesar de la existencia de perchas donde se lleva el orden actual, son zonas donde con frecuencia se almacenan ítems por sobre exceso de SKU.

## **2.6. Desarrollo de la metodología**

A fin de optimizar el proceso de la compra de repuestos para la bodega de mantenimiento de una empresa de consumo masivo se utilizará el sistema de clasificación ABC, con la finalidad de priorizar los SKU de mayor a menor importancia en base a múltiples criterios; estos criterios se definen a partir de la necesidad actual de la empresa al momento de adquirir repuestos, ya sea por tiempo de reposición, criticidad de las máquinas, volumen de consumo a lo largo del estudio o algún otro parámetro que pueda ser considerado importante.

Para el análisis que se presenta a continuación la empresa en cuestión relacionada con el estudio entrega una matriz de datos extraídos del sistema ERP que actualmente manejan, este viene con información que se puede considerar innecesaria para el estudio, de manera inicial para por una depuración, ya que se comienza con un documento donde se registran 3134 movimientos entre ellos están, ingresos y salidas de ítems con y sin movimiento desde el año 2020 hasta el mes de mayo del año 2024, junto con datos de cada uno de los ítems que son: nombre, código, centro, costo unitario, cantidad de ítems por movimiento de cada SKU y parámetros adicionales que se depuran a lo largo del análisis.

Parte con la creación de una matriz en Microsoft Excel donde la depuración de los datos es el primer paso, se realiza una eliminación los datos que no son relevantes para el estudio separando datos que pertenecen a otro centro, ítems que no son repuestos propiamente como (GLP, Combustible), y se separa los ítems considerados con movimiento y los sin movimiento para realizar el estudio de manera simultánea, pero no en conjunto, esto deja con un total de 1980 movimientos.

Este proceso se realiza en distintas hojas de Microsoft Excel por su facilidad para manejar de manera ordenada los datos con un listado donde se detallen cada uno de los 671 SKU a continuación las siguientes columnas abarcan los parámetros descritos a continuación:

### **2.6.1. Promedio de consumo.**

Es una medida estadística que ayuda a calcular la cantidad promedio de un bien o servicio consumido durante el periodo específico de tiempo. Esta medida matemática permite conocer un valor medio del total de los consumos de un ítem en relación con el número de movimientos que presente el mismo a lo largo del periodo de tiempo del estudio, se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio de consumo} = \frac{\text{consumos totales}}{\text{numero de consumos ( periodos )}}$$

*Ec. 12*

### 2.6.2. *Volumen de consumo.*

Esta medida indica el valor del porcentaje acumulado del promedio de consumos, y es calculado ordenando los datos de mayor a menor a partir del promedio de consumo y la primera fila es calculado con la Ec. 13 y a partir de la fila 2 en adelante con la Ec.14:

$$\text{Volumen de consumo } F1 = \frac{\text{Promedio de consumo } F1}{\Sigma \text{ promedio de consumo}} * 100$$

Ec. 13

Volumen de consumo F2 ... Fn = ...

$$\dots = \text{Volumen de consumo } F_{n-1} + \left( \frac{\text{Promedio de consumo } F_n}{\text{numero de consumos ( periodos )}} \right)$$

Ec. 14

### 2.6.3. *Desviación estándar.*

Esta es una medida que indica que tan dispersos se encuentra una nube de datos con respecto de su media dentro del estudio se puede realizar de dos maneras, se pueden calcular directamente con ayuda de comandos en Excel para un grupo grande de datos o se puede hacer aplicando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \text{promedio de consumo})^2}$$

Ec. 15

xi = son valores de cada fila

### 2.6.4. *Coficiente de variación.*

Esta medida ayuda a conocer la relación que existe entre la desviación estándar y el promedio de consumo expresado en porcentaje por medio de la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sigma}{\text{promedio de consumo}} * 100$$

Ec. 16

### **2.6.5. *Lead time.***

Jorge lo define como [20] el tiempo total que transcurre desde el inicio de un proceso hasta su finalización, sin importar el contexto, es decir, en producción, gestión de inventarios, en cualquiera de las áreas que se utilice. Este es un valor histórico que se levanta con base en la experticia del personal responsable de la reposición de los ítems, el cual se conversa y se consideró todo el tiempo que les conlleva el proceso de reposición de un determinado repuesto considerando que pueden obtenerse de manera local o por importación, debido a lo mencionado el tiempo que se considero fue desde la petición de la cotización hasta el momento en que el repuesto se encuentra físicamente en la empresa.

### **2.6.6. *Porcentaje de criticidad en relación con la máquina donde se usa.***

Este parámetro parte de una clasificación previa que posee la empresa, donde por medio de la evaluación de distintos aspectos se clasifica cada una de las máquinas bajo un criterio de clasificación donde las separa en críticas, importantes y regulares. Para relacionar este parámetro con los repuestos se levantó una comparativa de en qué máquina se utiliza cada uno de los repuestos para así generar una criticidad estimada de los mismos.

### **2.6.7. *Clasificación ABC (nivel de consumo).***

Este es [21] un método de clasificación frecuentemente utilizado en gestión de inventarios. Resulta del principio de Pareto. El análisis ABC permite identificar los artículos que tienen un impacto importante en un valor global, para generar la clasificación ABC en el estudio, se parte de la creación de una matriz distinta de la principal donde en ella se detallará 4 columnas relevantes a su vez se subdividen en 3 columnas más como se ve en la Fig. 23.

Estos criterios a considerar para la respectiva determinación de la “calificación final” de cada ítem se fundamentan y definen de la siguiente manera:

## **2.7. Detalle de los criterios para la Clasificación final**

### **2.7.1. *Criticidad.***

Para asignar una característica (columna 3, Fig. 19) a su criticidad, cada uno de los valores de referencia se crean con base en la “Matriz de mantenimiento criticidad de equipos” documento facilitado por la empresa donde se asigna criticidad a cada una de las máquina utilizadas dentro de la empresa y se los separa en cuatro categorías importantes ya mencionadas que son; críticas, importantes, regulares y opcional a través del estudio se consideran solo las tres iniciales, ya

que la última categoría solo se considera un sistema, máquina o línea donde los repuestos relacionados con en el estudio no se utilizan.

Valores de referencia	Calificación "Matriz de mantenimiento..."	Características	Descripción
>80%	[20;16]	Alto	Repuestos que se relacionan con equipos críticos
<80% y > 50%	[15;11]	Medio	Repuestos que se relacionan con equipos importantes
<50%	[6;10]	Bajo	Repuestos que se relacionan con equipos regulares

Fig. 19 Detalles de los valores de descripción de criticidad.

### 2.7.2.

Para la asignación de la característica (columna 2, Fig. 20) respecto de su volumen de consumo, este se toma en cuenta cuatro rangos importantes que tienen una relación con el volumen de consumo acumulado de los ítems ordenados de mayor a menor por ello la clasificación parte de un valor representativo dentro del estudio en este caso 50 %.

Valores de referencia	Características
<=56%	<b>Alto</b>
>56% y <=75%	<b>Medio - Alto</b>
>75% y <=95%	<b>Medio - Bajo</b>
>95%	<b>Bajo</b>

Fig. 20 Tabla de valores de clasificación del volumen de consumo.

### 2.7.3. Coeficiente de variación.

Respecto a la asignación de la característica (columna 2, Fig. 21) a partir del coeficiente de variación, esta medida estadística ayuda a conocer el porcentaje de dispersión que presentan los datos, a partir del significado de los mismos consideramos está para definir esta columna es decir mientras menor sea el coeficiente de variación más baja será su característica, es decir, siendo está directamente proporcional.

Valores de referencia	Características	Descripción
$\leq 0,45$	Baja	Indica una baja dispersión de los movimientos
$> 0,45$ y $\leq 0,89$	Media	Indica una dispersión media de los movimientos
$> 0,89$	Alta	Indica una alta dispersión de los movimientos

**Fig. 21** Tabla de detalle de los valores de la descripción de un coeficiente de variación.

Una vez considerado los criterios anteriores, la unión de estos mismos permite generar una clasificación ABCD observada en la Fig.22 donde se detallan cada una de las respectivas clasificaciones.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A	Ítems de alta importancia
B	Ítems de media - alta importancia
C	Ítems de media - baja importancia
D	Ítems de baja importancia

**Fig. 22** Tabla de descripción de la clasificación ABC.

Considerado los parámetros anteriores con la respectiva clasificación lograda a partir de la conversación con los responsables de la bodega de mantenimiento, foco del estudio, se realiza la conformación de la tabla mostrada en la Fig. 23 donde se busca detallar de mejor manera los tres parámetros considerados y el orden que se necesita para que se presente una clasificación de manera automática de cada uno de los seis cientos setenta y un SKU y generar una categoría lo más adecuada y acercada a la realidad de la bodega.

Por medio de la combinación de este se obtiene la tabla de la Fig.23

Valores de Referencia			Características			Combinacion de características	Clasificacion Final	
Volúmen de consumo	Criticidad	Coef Var	Volúmen de consumo	Criticidad	Coef Var	Y.consumo/Criticidad/ Coef Var	ABC	
<56%	100%	<0,45	Alto	Alto	Baja	Alto.Alto.Baja	A	
		0,45;0,89			Media	Alto.Alto.Media	A	
		>0,89			Alta	Alto.Alto.Alta	B	
	80%	<0,45		Alto	Medio	Baja	Alto.Medio.Baja	A
		0,45;0,89				Media	Alto.Medio.Media	A
		>0,89				Alta	Alto.Medio.Alta	B
	50%	<0,45		Alto	Bajo	Baja	Alto.Bajo.Baja	A
		0,45;0,89				Media	Alto.Bajo.Media	B
		>0,89				Alta	Alto.Bajo.Alta	B
75%	100%	<0,45	Medio-Alto	Alto	Baja	Medio-Alto.Alto.Baja	A	
		0,45;0,89			Media	Medio-Alto.Alto.Media	B	
		>0,89			Alta	Medio-Alto.Alto.Alta	B	
	80%	<0,45		Medio-Alto	Medio	Baja	Medio-Alto.Medio.Baja	A
		0,45;0,89				Media	Medio-Alto.Medio.Media	A
		>0,89				Alta	Medio-Alto.Medio.Alta	B
	50%	<0,45		Medio-Alto	Bajo	Baja	Medio-Alto.Bajo.Baja	A
		0,45;0,89				Media	Medio-Alto.Bajo.Media	C
		>0,89				Alta	Medio-Alto.Bajo.Alta	C
95%	100%	<0,45	Medio-Bajo	Alto	Baja	Medio-Bajo.Alto.Baja	B	
		0,45;0,89			Media	Medio-Bajo.Alto.Media	B	
		>0,89			Alta	Medio-Bajo.Alto.Alta	C	
	80%	<0,45		Medio-Bajo	Medio	Baja	Medio-Bajo.Medio.Baja	C
		0,45;0,89				Media	Medio-Bajo.Medio.Media	D
		>0,89				Alta	Medio-Bajo.Medio.Alta	D
	50%	<0,45		Medio-Bajo	Bajo	Baja	Medio-Bajo.Bajo.Baja	C
		0,45;0,89				Media	Medio-Bajo.Bajo.Media	D
		>0,89				Alta	Medio-Bajo.Bajo.Alta	D
100%	100%	<0,45	Bajo	Alto	Baja	Bajo.Alto.Baja	B	
		0,45;0,89			Media	Bajo.Alto.Media	C	
		>0,89			Alta	Bajo.Alto.Alta	D	
	80%	<0,45		Bajo	Medio	Baja	Bajo.Medio.Baja	D
		0,45;0,89				Media	Bajo.Medio.Media	D
		>0,89				Alta	Bajo.Medio.Alta	D
	50%	<0,45		Bajo	Bajo	Baja	Bajo.Bajo.Baja	D
		0,45;0,89				Media	Bajo.Bajo.Media	D
		>0,89				Alta	Bajo.Bajo.Alta	D

Fig. 23 Tabla del esquema de matriz de clasificación ABC.

#### 2.7.4. Nivel de servicio.

Esta categoría busca identificar un nivel de servicio esperado a partir de las categorías obtenidas luego de la clasificación entregada para cada ítem.

#### 2.7.5. Factor de seguridad.

Este criterio se utiliza para identificar el nivel de inventario necesario para satisfacer la demanda de un producto o en este caso el consumo y se lo puede realizar directamente en Excel o por medio de la siguiente formula:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Demanda maxima durante el tiempo de reposición}}{\text{Demanda promedio}}$$

Ec. 17

### **2.7.6. Inventario de seguridad.**

Esta medida ya se puede considerar como la más importante o a su vez la más crítica, ya que con ella se determina el inventario necesario, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Inv. Seguridad} = \text{Factor de seguridad} * \sqrt{\text{lead time}} * \text{desviacion estandar}$$

Ec. 18

### **2.7.7. Inventario de seguridad en meses.**

Esta medida se saca para generar un inventario que se encuentre en una medida relacionada con lo evaluado en los parámetros adicionales, aun considerando que esto puede variar con base en las unidades con las que se le relaciona esto se realiza de manera efectiva por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Inv. seguridad (meses)} = \frac{\text{Inventario de seguridad}}{\text{Promedio de consumo}}$$

Ec. 19

## **2.8. Herramientas para el desarrollo del análisis**

Una vez realizado todo tipo de cálculos, levantada la matriz y desarrollado el primer layout del estado actual de la bodega de repuestos que podemos observar en la Fig. 18, continua el análisis de lo obtenido donde se comienza a generar los primeros indicios de la situación por la que pasa la bodega y que a su vez con ayuda de distintos métodos podremos conocer que se puede realizar para una optimización del sistema de control de inventarios actual para esto se hace uso de los siguientes, métodos, gráficas y tablas que se detallan a continuación:

### **2.8.1. Tablas de doble entrada.**

[21] Esta es una herramienta ampliamente utilizada para la organización y presentación de datos o un conjunto de los mismos de una manera clara y concisa, en este tipo de herramientas visuales se tiende a cruzar dos variables o factores que sean de importancia y puedan relacionarse entre sí esto para facilitar el análisis y la comprensión de las mismas.

### **2.8.2. Gráficas de relación.**

Los gráficos de relación son representaciones visuales que buscan mostrar las relaciones entre dos o más variables, al momento de ilustrar con este tipo de gráficas podemos interpretar el

comportamiento de los ítems dentro del estudio teniendo una clara comparativa entre los consumos y las compras realizadas de repuestos, entre estas graficas se encuentran las descritas a continuación para comprender de mejor manera el comportamiento que le han dado al manejo de los ítems en la empresa.

### ***2.8.3. Gráficas de dispersión.***

Son representaciones gráficas que ayudan a entender el comportamiento de la carga y descarga de datos a lo largo del periodo evaluado, herramienta para visualizar relaciones entre dos variables.

### ***2.8.4. Diagramas de barras.***

Este tipo de gráficas tienen una doble funcionalidad, ya que no solo ayudan a representar dispersiones, sino también ayudan a entender el comportamiento que pueden tener dos variables distintas, pero que poseen una correlación.

### ***2.8.5. Diagrama de Pareto.***

Esta herramienta permite identificar y analizar los problemas más importantes, sin embargo, en este caso entender cuáles son los consumos que tienen mayor representación dentro de la bodega, enfocándose por así decir en las causas o problemas que tienen un mayor impacto.

### ***2.8.6. Gráficas de líneas.***

Son herramientas visuales que ayudan a identificar una trayectoria de puntos a lo largo de una variable o el cambio de la misma.

### ***2.8.7. Análisis comparativo***

El análisis comparativo es un proceso de evaluación, que consiste en comparar dos o más situaciones, conceptos, variables o parámetros que tienen la finalidad de identificar sus similitudes, diferencias o mejoras dentro de este tipo de análisis, los más comunes a utilizar son:

### ***2.8.8. Comparación de procesos***

Este proceso se toma en cuenta cuando se busque comparar la situación actual del sistema de control de inventarios y la propuesta de optimización, donde se evalúan distintos aspectos considerados importantes, que tranquilamente van desde cantidad de ítems hasta el costo del inventario.

## **2.9. Herramientas para levantamiento de layout**

Esta parte del estudio se lleva a cabo el levantamiento de datos tradicional por medio de papel, lápiz, flexómetro o medidor láser y se levanta datos como dimensiones, ubicación, numeración, cantidad de perchas, y un orden parcial de cómo se encuentran ubicados cada uno de los SKU todo esto para llevar estos datos de manera efectiva a un esquema por medio del uso de herramientas de diseño de planos como puede ser AutoCAD, SketchUp o SolidWorks, entre otros.

## Capítulo III

### Resultados y Discusión

#### 3.1. Introducción

La optimización del sistema de control de inventarios destinado al área de mantenimiento es importante, cuando se busca garantizar la continuidad y la eficiencia operativa de las maquinas usadas en la industria de consumo masivo. En este contexto, el objetivo principal de este estudio es proponer una mejora en este sistema, enfocándose en los ítems con respecto de su rotación. Para ello, se llevaron a cabo varias fases de análisis y propuestas estratégicas que contribuyen a la gestión efectiva de los recursos.

Se realiza un análisis a detalle de los procesos actuales del sistema de control de inventarios, identificando fortalezas y debilidades que afectaban la operatividad del área de mantenimiento. A partir de este diagnóstico, se procede con la propuesta de un modelo de clasificación ABC, basado en la criticidad de las máquinas, volumen de consumo y desviación estándar, con el fin de priorizar los ítems más relevantes y de mayor impacto. Finalmente, se asigna zonas para una nueva disposición para la bodega de mantenimiento, alineada con la clasificación ABC, buscando optimizar el almacenamiento y su utilización.

Dentro de este capítulo la discusión de resultados de este estudio tiene su enfoque en evaluar la efectividad de cada una de las acciones propuestas, analizando como la Clasificación ABC y el diseño propuesto para la bodega buscando una mayor eficiencia, reducción de costos y mejora en los tiempos de repuestos del área de mantenimiento.

#### 3.2. Proceso actual manejado en la empresa

Dentro de la empresa se maneja un esquema de compra bastante sistemático y controlado al momento de tomar decisiones de comprar o no un determinado repuesto, eso no quiere decir que el proceso se esté llevando de manera adecuada, de manera sencilla podemos conocer el proceso a partir de la Fig. 24, el cual se elabora a partir de información entregada por la empresa.

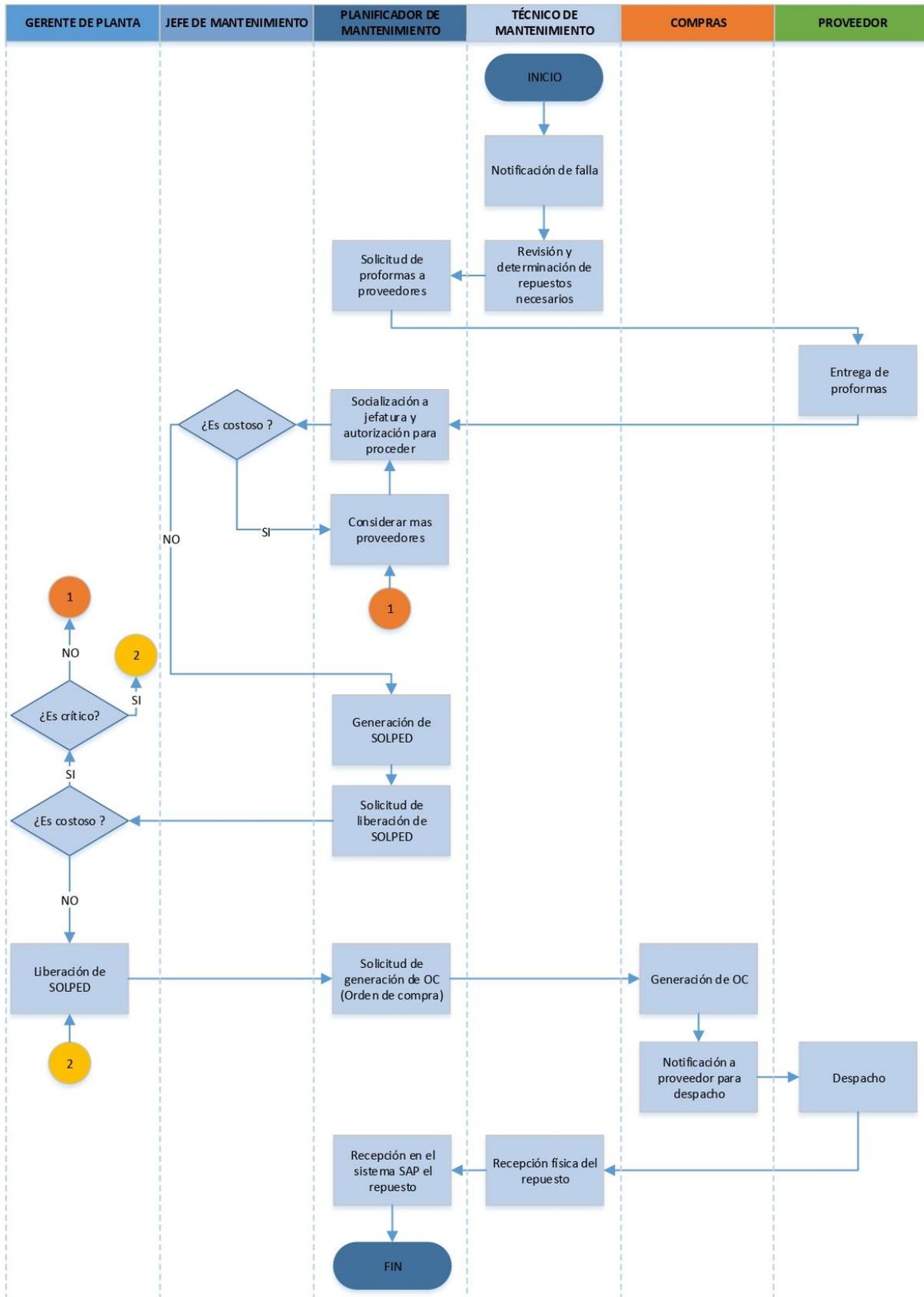


Fig. 24 Diagrama de flujo del sistema de compra de repuestos en el área de mantenimiento.

### ***3.2.1. Hallazgos en el proceso de compra***

El proceso manejado dentro de la empresa es demasiado empírico, esto debido a la falta de un sistema que les ayude a generar un respaldo con la compra de repuestos, muchos de ellos son adquiridos por experiencia de las personas responsables de esta actividad en el área de mantenimiento

Cuando falla uno de los repuestos de cualquiera de las máquinas se adquiere el repuesto por necesidad y se adquiere un par más a manera de repuesto adicional en caso de una nueva falla, otro de los criterios de compra manejados en la empresa es cuando compran por sugerencia del proveedor, es decir, se compra una máquina nueva y el vendedor generalmente sugiere que adquieran repuestos que en base a su experiencia suelen ser componentes que generalmente fallan.

### ***3.2.2. Hallazgos en el proceso de carga y descarga de los ítems al sistema.***

Este proceso se lleva a cabo por medio de una plataforma de gestión de trabajos donde se cargan tanto los ingresos como salidas de repuestos en la plataforma, sin embargo, la descarga de los repuestos es un proceso que solo se puede realizar cuando se genera una orden de trabajo en el sistema y se va realizando en el proceso del trabajo.

Es decir, el área de mantenimiento de la industria de consumo masivo evaluada posee un sistema ERP conocido como SAP modulo RP, el cual les ayuda con el control de inventarios, este se encuentra enlazado a un sistema que responde al nombre de 4tuna usado en industrias hoy en día para ayudar con la asignación, gestión, y control de solicitudes de trabajo o los repuestos con los que cuentan, plataforma por medio de la cual cargan y descargan ítems, esta actividad es llevada a cabo directamente por los responsables donde los líderes directos del área es decir jefe y planificadoras se encargan directamente de la carga y por otro lado la descarga de ítems la realizan no solo los líderes sino también actividad que llevan a cabo cada uno de los técnicos.

Este proceso se lleva generalmente de manera empírica, debido a las circunstancias en las que se desarrolla, esto porque para descargar ítems del inventario, los técnicos de mantenimiento quienes son aquellos responsables de realizar con mayor frecuencia esta actividad, para que esta descarga de datos ocurra tienen que trabajar sobre la marcha por así decir y en situaciones

debido al volumen de trabajo hay situaciones donde no se descargan los datos de manera oportuna.

### **3.3. Hallazgos relacionados**

#### **3.3.1. Almacenamiento**

Este se lleva a cabo en un espacio físico considerable como se ve en la Fig. 18 destinado únicamente a almacenar parte de los repuestos con los que cuenta el área, esto porque el área de mantenimiento en la que se enfoca el estudio posee una cantidad importante de repuestos que los mantienen parcialmente clasificados por el tipo y más específicamente por el valor económico que es propiamente el criterio que determina que ítems entran en el sistema ERP y cuales se mantienen como “gasto”,

En lo que respecta al mantenimiento o cuidado de los SKU es algo que debido a la naturaleza de los repuestos no lo consideran como algo recurrente, poseen una codificación básica separada en las secciones anterior mente mencionadas que en momentos debido a la premura de utilizar uno u otro ítem mantener este orden se les complica de manera recurrente, además, la cantidad de elementos que se dan de baja debido a que ya no se utilizan o no poseen rotación esta se encuentra llena de más ítems de los conocidos y registrados en la matriz.

Una vez conocido como se lleva a cabo el almacenamiento para el desarrollo del presente estudio se utiliza distintos métodos de recolección de datos con la finalidad de llevar a cabo el presente proyecto por medio de los puntos detallados a continuación:

#### **3.3.2. Stock actual**

Realizado un conteo físico el 29 de agosto del 2024 considerado como inicial para el estudio de los ítems correspondientes a la bodega, esto porque se realiza un levantamiento mensual por parte del área, este stock actual se usa para contrastar con registros de movimientos almacenados en el sistema ERP manejado actualmente por la empresa, dentro de la misma de forma inicial y sin una depuración se localiza una bodega con dos mil doscientos nueve ítems en total de los cuales dos mil ciento ochenta y cuatro pertenecen al grupo de estudio ya mencionado más adelante, esto representa el 98,87% de los ítems considerados para el estudio perteneciente a la bodega (SAP) que es el nombre con el que la conocen en la empresa.

### 3.3.3. Levantamiento de ubicaciones de los ítems

Este levantamiento se lleva a cabo para conocer el sistema de almacenamiento de los ítems de la bodega de repuestos del área de mantenimiento dentro de una empresa de consumo masivo. Esta maneja un esquema donde se combinan tres parámetros definidos con anterioridad por los responsables el cual se detalla en la Fig. 25 donde la combinación ayuda con la ubicación fácil de un determinado ítem, por ejemplo, (6C2) que pertenece a la ubicación percha seis, canasta C y nivel dos.

Parámetro	Significado
1....n	Percha
A....Z	Canasta
0....5	Nivel

Fig. 25 Parámetros de clasificación actual.

### 3.3.4. Extracción de base de datos

Para el estudio se obtiene una base de datos extraída directamente del sistema actual con el que se maneja actualmente en la empresa, esta se entrega un registro con tres mil ciento treinta y cuatro movimientos entre salidas y entradas por un periodo considerado desde el año 2020 hasta el mes de mayo del año 2024, se considera este periodo de cincuenta y tres meses, esta consideración se realiza debido a que los ítems en un solo año no es suficiente debido a la discreción de los datos al momento de considerar una frecuencia de utilización.

### 3.3.5. Lead time

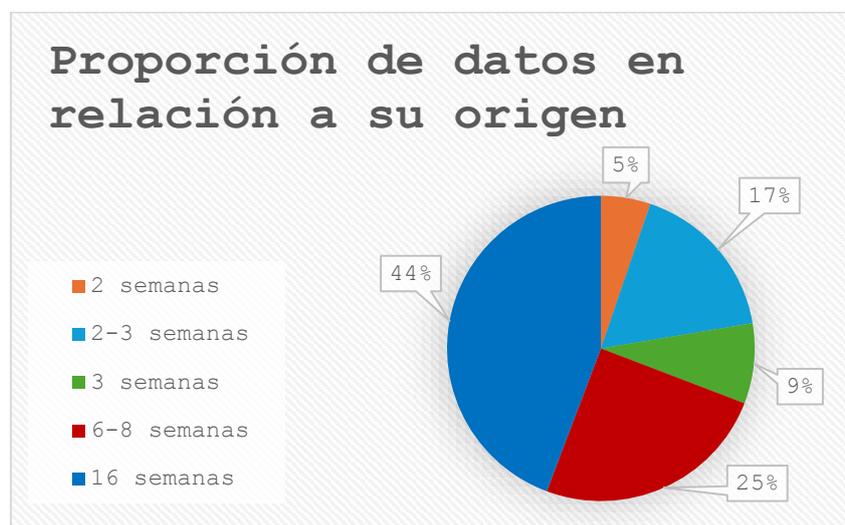
El tiempo que la empresa necesita para reponer sus ítems es importante, recordando que es parte fundamental si se desea conocer un stock de seguridad acorde a la realidad de consumo de la empresa, el levantamiento de estos datos se realiza en conjunto con las personas responsables del área que son quienes por experiencia conocen el tiempo real que les toma obtener uno u otro repuesto esto porque muchos de ellos tienen origen distinto, entre ellos: americano, alemán, europeo, entre otros o su adquisición es local; esta recolección de datos se realiza considerando todo el tiempo de tránsito que tienen estos ítems antes de reponerlos porque a pesar de que el tiempo propiamente de envío pueda ser menor, sin embargo, la necesidad de considerar el tiempo total con temas propiamente administrativos es totalmente importante, porque se necesita conocer temas de proformas, presupuestos, aprobaciones, generación de solicitud de pedido y orden de compra, esto porque realizar todos estos temas administrativos aumentan el

tiempo que toma de reponer algún determinado ítem, el detalle de estos tiempos se observa de mejor manera en la Fig. 26.

°	Cantidad	Porcentaje	Tiempo (días)	Tiempo (semanas)	Tiempo (meses)	Origen
1	35	5%	15	2	0,50	Local
2	115	17%	18	2,5	0,60	Local
3	57	8%	21	3	0,70	Local
4	167	25%	49	7	1,63	Importación
5	297	44%	120	17	4,00	Importación
<b>TOTAL</b>	671	100%				

**Fig. 26** Tabla de detalle de lead time levantado en distintas unidades de tiempo.

En la Fig. 26 y 27 se nota que la mayor parte de los ítems se obtienen por importación con un total del 69 % de los ítems estudiados con un tiempo de importación contemplado entre un mes y medio y cuatro meses, la diferencia radica en el proceso de obtención debido a que unos son un poco más tardado al momento de obtenerlos esto debido a procesos internos de la empresa donde tienen que estar sujetos a una aprobación previa de presupuesto, un 44% son aquellos de mayor complejidad al momento de comprarlos y un 25% los restantes.



**Fig. 27** Diagrama de pastel del porcentaje de ítems por cada lead time en común.

### 3.3.6. Máquinas donde se usan los repuestos.

La máquina en la que se utiliza cada uno de los repuestos del estudio se levanta con la finalidad de encontrar la relación de estos con el nivel de criticidad que poseen cada una de las máquinas,

la empresa cuenta con una clasificación donde se separan en cuatro categorías, documento con un análisis técnico.

Criterio	Mínimo	Máximo	Cantidad	Porcentaje
Critica	16	20	243	36%
Importante	11	15	374	56%
Regular	6	10	54	8%
Opcional	0	5	0	0%
<b>TOTAL</b>			671	100%

Fig. 28 Tabla de detalle rangos de criticidad y cantidad de ítems por criterio.

Esto se levanta para conocer un posible nivel de criticidad que posean cada uno de los repuestos en base a la máquina o máquinas donde se utilizan, el levantamiento de cada una de las máquinas donde se utiliza cada repuesto, se levantó en conjunto con los técnicos de mantenimiento quienes conocen cada uno de los repuestos y como se relacionan con las máquinas para luego sacar un promedio en caso de que el repuesto se utilice en más de una máquina, la cantidad de SKU por cada criterio y el porcentaje que se genera a partir de cada uno se detalla en la Fig. 28.

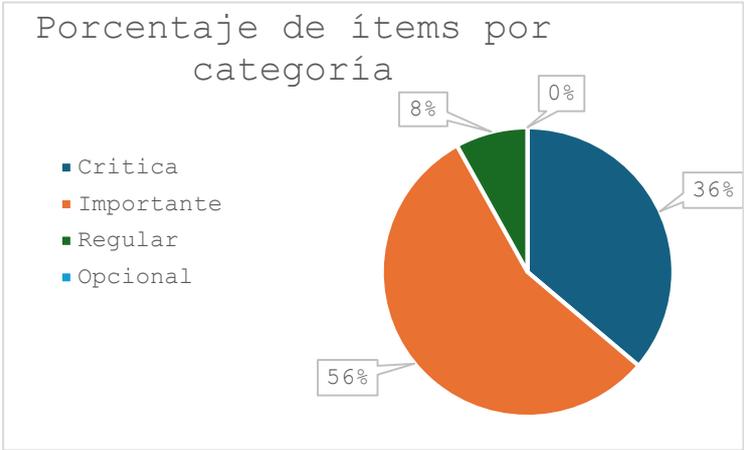


Fig. 29 Diagrama de pastel del porcentaje de ítems por cada criterio de criticidad.

La Fig. 29 se muestra que un 36 % de los repuestos dentro del estudio se encuentran relacionadas con maquinaria considerada críticas, es decir se utilizan en máquinas de criterio crítico, lo que no quiere decir que los repuestos sean en su totalidad críticos para el desarrollo de las actividades dentro de la empresa, el 56% se relaciona con máquinas importantes y el 8% relacionada con máquinas regulares.

### 3.3.7. Clasificación de los datos

La matriz entregada por la empresa con los tres mil ciento treinta y cuatro movimientos tiene un esquema el cual para implementar la metodología mencionada en el capítulo anterior que pertenece a la clasificación ABC, se aisló los ítems en una lista única, es decir donde no se repitan el nombre de los repuestos existentes en la base de datos, a fin de conocer los ítems con los que cuenta la bodega que se está estudiando, a partir de este proceso se localizan un total de seiscientos ochenta y siete repuestos iniciales, se elimina ítems que no pertenecen a repuestos, que ya no se van a utilizar debido a que las máquinas en las que se usan ya están obsoletas o se movieron junto con sus repuestos a otra localidad y en el último año o años fueron removidos lo que deja con un total de seiscientos setenta y un repuestos utilizados para la clasificación, se les asigna un número a cada uno de los ítems acompañado de las abreviaturas SKU como es muestra en la Fig. 30, a lo largo de las columnas se detalla las fechas relacionadas con los movimientos registrados en la matriz eso si tomando en cuenta de manera separada los ingresos de los egresos de la bodega, esta distinción porque al momento de realizar esta separación se considera que al tomar en cuenta compras el enfoque del estudio estaría orientado a las existencias sin importar cuantas de ellas se compraron bajo un criterio erróneo de adquisición, por otro lado, cuando esta matriz se genera desde el punto de vista de los egresos es decir los consumos el estudio tiene una mayor fiabilidad porque ayuda a conocer la realidad de cuál es la necesidad de consumos por repuestos dentro de la empresa, y el tiempo que les toma consumir estos repuestos a lo largo del periodo de estudio, todo esto basándonos en el formato presentado en la Fig. 30.

Fecha SKU	25/11/2021	26/11/2021	27/11/2021	29/11/2021	1/12/2021	7/12/2021	9/12/2021	10/12/2021	14/12/2021	15/12/2021	16/12/2021	17/12/2021	20/12/2021	21/12/2021	.....
SKU 151															...
SKU 152										1		1			...
SKU 153										1		1			...
SKU 154					1										...
SKU 155															...
SKU 156	3									1		1			...
SKU ... n	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Fig. 30 Fragmento de la tabla de clasificación inicial de movimientos por día de cada SKU respecto de sus ingresos.

Debido a la discreción de los movimientos, es decir la dispersión que poseen los datos debido a la baja rotación de los repuestos a lo largo del tiempo de estudio se modifica la matriz y se lleva a presentar una clasificación de sus movimientos de manera mensual, donde se acumulan la cantidad de ítems comprados por mes, y el conteo de movimientos que existen en cada mes, esto porque para el cálculo del promedio se requiere de valores de consumo y cantidad de consumos realizados, el conteo ayuda a conocer de manera distintiva los movimientos de cada uno de los SKU, esto se observa de mejor manera en la Fig. 28, el cual es un fragmento del año 2022 de la matriz total donde consta con la totalidad de datos para un conteo y clasificación, que ayudará con la elaboración de los parámetros que se podrán visualizar en la matriz final, Fig. 33 final.

SKU	Fecha												UTILIZACIÓN ANUAL	CONTEO ANUAL												
	enero	Nº DE MOV	febrero	Nº DE MOV	marzo	Nº DE MOV	abril	Nº DE MOV	mayo	Nº DE MOV	junio	Nº DE MOV			julio	Nº DE MOV	agosto	Nº DE MOV	septiembre	Nº DE MOV	octubre	Nº DE MOV	noviembre	Nº DE MOV	diciembre	Nº DE MOV
SKU 668			4	1																					4	1
SKU 552							1	1	4	1															5	2
SKU 343	1	1	2	1	2	1																			5	3
SKU 178																									0	0
SKU 207										1	1								4	1					5	2
SKU 153																									0	0
SKU 568																						1	1	1	1	
SKU 208												4	2												4	2
SKU 512																									0	0
SKU 572			4	1					2	2															6	3
SKU 175																			2	1					2	1
SKU 180					2	1																			2	1
SKU 187					2	1																			2	1
SKU 193																									0	0
SKU ... n	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1

Fig. 31 Fragmento de la tabla de clasificación mensual año 2022 de movimientos de cada SKU respecto de sus ingresos.

### 3.4. Desarrollo y análisis de resultados

#### 3.4.1. Elaboración de parámetros necesarios

Para entender el contexto de cómo se conforma la matriz, se crea una leyenda de colores que ayude a diferenciar los datos donde se separaron y cuáles son los tipos de columnas que se

puede encontrar más adelante como se muestra en la Fig. 32 para un desarrollo ordenado y que permita un mayor entendimiento.

Código de color	Tipo
	HISTORICO
	CALCULADO
	CREADO

**Fig. 32** Tabla con código de color para identificación de las columnas en la matriz final.

Para entender correctamente cómo se conforma la matriz y organizar la información de manera eficaz, se ha creado una leyenda de colores que tiene como objetivo facilitar la identificación de los diferentes tipos de datos en la matriz. Esta leyenda permite distinguir entre las distintas categorías de información y ayuda a resaltar las columnas que se encontrarán más adelante en el proceso. La Fig. 32 muestra este código de colores, que fue diseñado para proporcionar un desarrollo ordenado y garantizar que los datos sean más fáciles de entender.

Una vez que los datos han sido correctamente clasificados, lo que implica separar los SKU y registrar los movimientos mensuales de inventario, se avanza en el siguiente paso del proceso: la creación de las columnas correspondientes a la metodología descrita en el apartado 2.2. Este procedimiento se realiza aplicando las fórmulas previamente establecidas, que permiten calcular los datos necesarios para completar la matriz. Los resultados de este cálculo se pueden observar en la Fig. 33, que representa la matriz final del análisis.

Es importante señalar que esta matriz ha sido evaluada en función de los consumos, y no de las compras; la razón de esta elección se encuentra en que los consumos reflejan de manera más precisa la verdadera necesidad de repuestos para la empresa. Al centrarse en estos, se obtiene una visión más realista para asegurar la operatividad de los equipos.

La matriz final Fig. 33, que se muestra con los resultados de los análisis de consumos, se organiza en un total de catorce columnas. Cada una de estas columnas contiene información relevante para el análisis detallado de los datos, y a continuación se explicará el significado y la utilidad de cada una de ellas.

SKU	CONSUMOS	CANTIDAD DE MOVIMIENTOS	PROMEDIO DE CONSUMO	VOLUMEN DE CONSUMO	DESV ESTANDAR	COE.DE VARIACION	DIA S	MESES	%CRITICIDAD EN RELACION A SUS MAQUINAS	NIVEL DE CONSUMO VOLUMEN	NIVEL DE CONSUMO CRITICIDAD	NIVEL DE SERVICIO (CONSUMO) CRITICIDAD	FACTOR DE SEGURIDAD	INVENTARIO DE SEGURIDAD	INVENTARIO DE SEGURIDAD EN MESES	INVENTARIO DE SEGURIDAD EN MESES REDONDEADO
SKU 466	11950	27	443	17,8%	1344	3,04	120	4,00	70%	B	B	98%	2,05	5520,47	12,47	13,00
SKU 108	6650	17	391	33,4%	936	2,39	49	1,63	70%	B	B	98%	2,05	2455,96	6,28	7,00
SKU 134	473	3	158	39,8%	211	1,34	120	4,00	75%	B	B	98%	2,05	866,54	5,50	6,00
SKU 67	396	3	132	45,1%	102	0,77	120	4,00	55%	A	B	99%	2,33	472,72	3,58	4,00
SKU 260	1100	12	91,7	48,7%	153	1,67	49	1,63	75%	B	B	98%	2,05	402,75	4,39	5,00
SKU 198	1507	23	65,5	51,4%	115	1,75	120	4,00	75%	B	C	98%	2,05	472,24	7,21	8,00
SKU 296	120	2	60	53,8%	56,6	0,94	120	4,00	70%	B	C	98%	2,05	232,36	3,87	4,00
SKU 225	206	4	51,5	55,8%	59,7	1,16	120	4,00	75%	B	C	98%	2,05	245,29	4,76	5,00
SKU 286	120	3	40	57,5%	26,5	0,66	49	1,63	80%	A	B	99%	2,33	78,66	1,97	2,00
SKU 318	40	1	40	59,1%	0	0	120	4,00	35%	A	B	99%	2,33	0,00	0,00	0,00
SKU 384	72	3	24	60,0%	39,8	1,66	120	4,00	35%	C	C	90%	1,28	102,11	4,25	5,00
SKU 136	44	2	22	60,9%	25,5	1,16	120	4,00	75%	B	C	98%	2,05	104,56	4,75	5,00
SKU 234	33	2	16,5	61,6%	2,12	0,13	120	4,00	70%	A	B	99%	2,33	9,87	0,60	1,00
SKU 453	15	1	15	62,2%	3	0,2	21	0,70	90%	A	A	99%	2,33	5,84	0,39	1,00
SKU 455	15	1	15	62,8%	3,54	0,24	21	0,70	90%	A	A	99%	2,33	6,88	0,46	1,00
SKU 345	27	2	13,5	63,3%	0,71	0,05	49	1,63	80%	A	B	99%	2,33	2,10	0,16	1,00
SKU 39	24	2	12	63,8%	4,24	0,35	49	1,63	75%	A	B	99%	2,33	12,61	1,05	2,00
SKU 416	22	2	11	64,2%	1,41	0,13	15	0,50	70%	A	B	99%	2,33	2,33	0,21	1,00
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Fig. 33 Fragmento de la tabla de clasificación final de los consumos.

Una vez finalizada la tabla de la Fig. 33 se identifican las siguientes observaciones.

Debido a que el promedio de consumos depende de la cantidad de movimientos se nota que los mayores consumos se presentan en los primeros diez SKU considerados estos con un consumo mayor a 40 unidades por ítem.

Por otro lado, a desviación estándar y el coeficiente de variación presentan valores demasiado bajos debido a la discreción de los datos lo que indica el bajo volumen de consumos a lo largo del periodo de estudio donde el margen de movimiento de los datos se encuentra contemplados entre 0,45 y 0,89 como se indica en la Fig. 20, demostrando que se puede considerar como un margen de dispersión relativamente bajo.

la cantidad de ítems que entran en cada una de las categorías A, B, C y D como se detalla en la Fig. 30, donde se descubre que existe un limitado número de ítems que tienen un promedio de consumo considerable a lo largo del periodo de estudio, es decir, que este sea mayor a diez, esto demuestra que la periodicidad con la que se consumen cada uno de ellos no es demasiada, lo

que ocasionara que exista un contraste muy notorio al momento de redefinir lo que es un stock de seguridad adecuado.

Para la clasificación ABC se aplicó la tabla de la Fig. 23 donde se detallan cada una de las posibles categorías que en las que puede seleccionarse el SKU recordando que cada uno de estos se definió en conjunto con personal directamente de la empresa con la finalidad de conocer cuál de los tres parámetros considerados en el estudio es más efectivo para generar una clasificación.

Los valores de referencia definidos previamente y el orden en el que se los evalué ayudan a dar una la categoría en la que, entre uno u otro ítem, donde, debido a la criticidad definida en base a la relación de la máquina con su respectivo repuesto comparado con el volumen de consumo la prioridad de los mismos queda como volumen de consumo, porcentaje de criticidad del repuesto en base a su relación con la máquina y su coeficiente de variación.

A partir de esta clasificación el método sugiere los datos de la Fig. 34.

Clasificación	Cantidad	Porcentaje
A	46	7%
B	160	24%
C	212	32%
D	253	38%
<b>TOTAL</b>	<b>671</b>	<b>100%</b>

Fig. 34 Porcentaje de ítems por categoría.

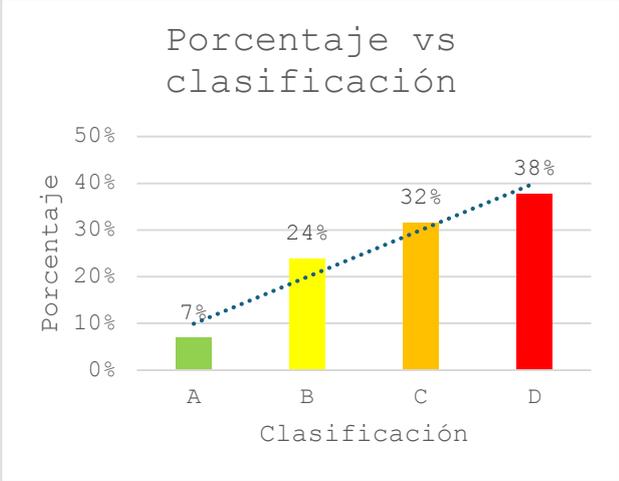
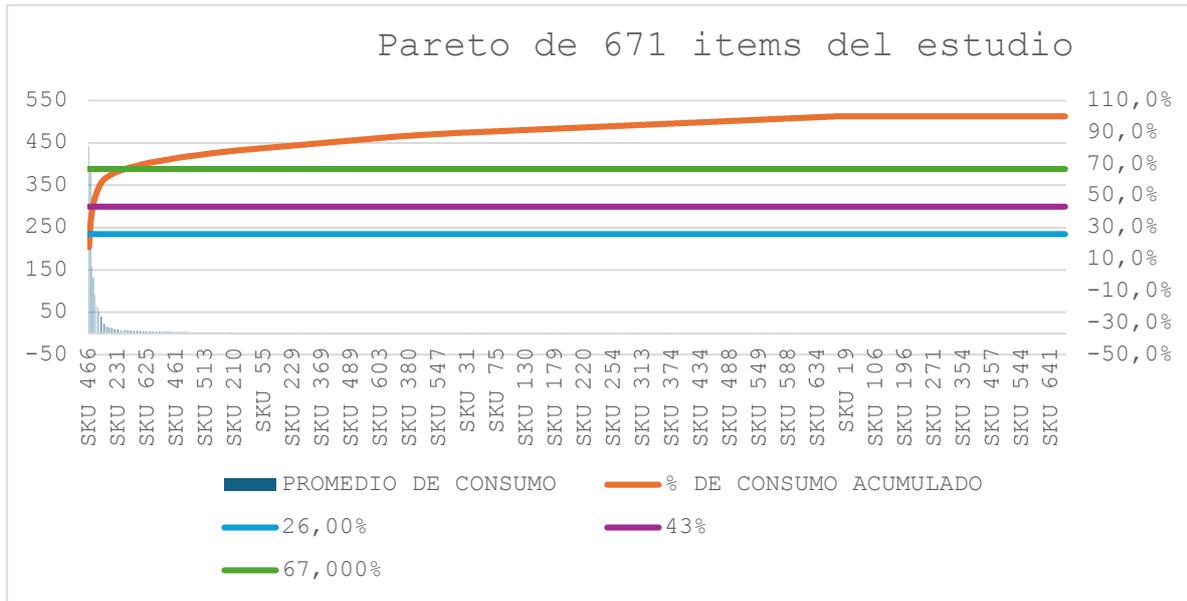


Fig. 35 Porcentaje de ítems por categoría.

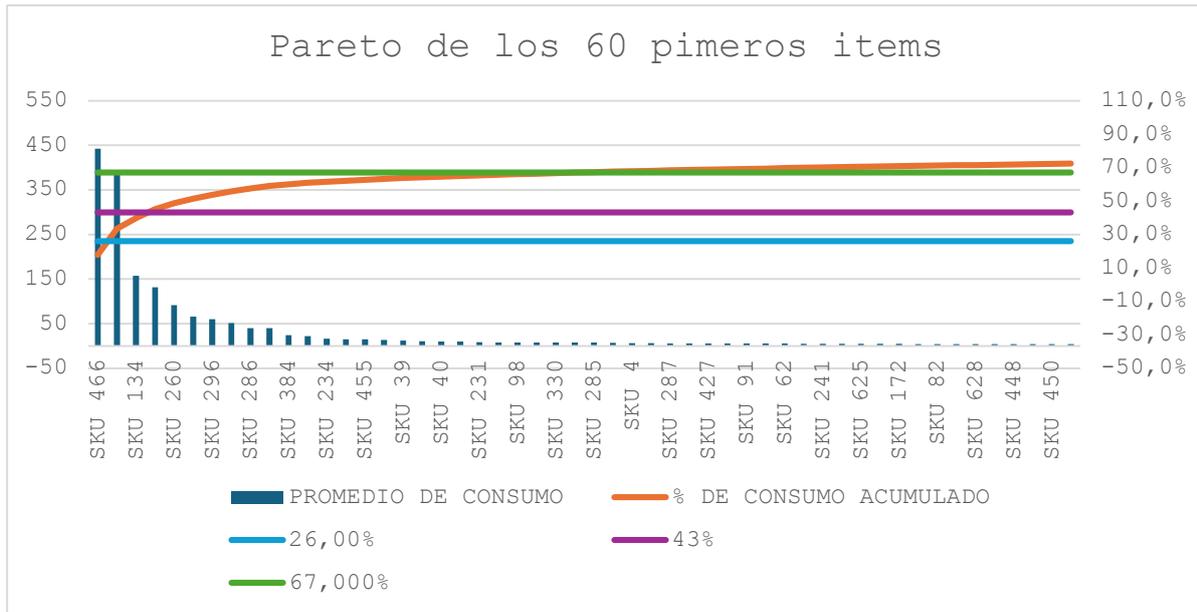
Obtenido la clasificación respectiva de cada uno de los ítems en la bodega de repuesto de la empresa estos se llevan a una segunda matriz con la finalidad de obtener un nivel de servicio.

**3.4.2. Identificación de Pareto de la clasificación ABC**



**Fig. 36** Pareto de la totalidad de los ítems con la delimitación porcentual respectiva.

La estructuración de Pareto con el volumen de consumo dentro de la empresa indica que al menos el 31% de los ítems de la bodega de estudio pertenecen a una clasificación considerada de alto volumen de consumo donde entran en la suma del porcentaje de ítems con clasificación A y B como se observa en la Fig.36 un 32% pertenece a la categoría C y un 38% a la categoría D. Es decir, la mayor cantidad de mayor cantidad de ítems de consumo en la bodega de mantenimiento se encuentra focalizado en el 7% de estos. Esto se debe a que el criterio inicial para la clasificación esta focalizado en el volumen de consumo dentro de la bodega donde al analizar desde este parámetro se puede conocer la realidad de cuáles y cuantos son los ítems que se están utilizando en la bodega de mantenimiento, no quiere decir que el método aplicado y el estudio desarrollado no se pueda hacer desde el punto de vista de cuanto se compra, sin embargo, cuando lo hacemos desde la perspectiva de la compra no consideramos el hecho de que muchos de los ítems comprados pueden estar presentes, pero no han sido utilizados por un largo periodo del tiempo lo que puede aminorar la realidad de los que la empresa necesita. Para mayor comprensión se puede observar la Fig. 37 donde se consideran los 60 ítems iniciales para observar mejor el movimiento de la gráfica.



**Fig. 37** Pareto de los primeros 60 ítems con la delimitación porcentual respectiva, ordenado de mayor a menor volumen de consumo.

### 3.5. Propuesta de implementación

Obtenida la clasificación ABC en conjunto con los stocks de seguridad óptimo en base a los movimientos que presentan cada uno de los SKU dentro de la bodega de repuestos del área de mantenimiento, se busca la necesidad de disminuir la cantidad de existencias actuales es decir llevar el inventario al stock de seguridad sugerido con la finalidad de que se esta a su vez genere una disminución en el costo que representan los ítems. Actualmente, la bodega representa un costo aproximado de seis cifras económicas, que pertenecen a la totalidad de los ítems existentes considerados en el estudio.

Esta propuesta se busca implementar por medio de etapas donde se considera distintos aspectos relacionados no solo con las existencias actuales, sino también con la manera actual en la que se lleva el control del inventario en cuestión de ingresos y salidas de ítems del inventario.

#### 3.5.1. Primera etapa.

El proceso de compras de repuestos dentro de la empresa se tiene que considerar a partir de mantener el cumplimiento al momento de preservar solo las existencias planteadas en el stock de seguridad que se generado a partir del estudio para la empresa, sin tomar en cuenta los criterios manejados actualmente, es decir, se eliminan las compras sin fundamento o por

criterios de experiencia, con la finalidad de apegarse a las necesidades reales de a bodega de repuestos.

### **3.5.2. Segunda etapa.**

Identificar los repuestos que requieren de planificación para removerse del stock actual que no requieren de un stock de seguridad y que actualmente existen dentro de la bodega de la empresa, con la finalidad de darles una utilidad en base a algún estudio adicional que presente el departamento y así dar un uso progresivo de los repuestos que no se consideran de alto impacto por su criticidad y volumen de consumo, con la finalidad de ajustar la bodega hacia un stock adecuado.

### **3.5.3. Tercera etapa.**

El proceso de carga y descarga de ítems dentro de la bodega se propone el acompañamiento de control en papel o digital en una matriz que se encuentre sujeta a revisión constante con una frecuencia semanal a modo de Kardex por cada técnico de mantenimiento debido a que cada uno de ellos llevan la responsabilidad por máquinas.

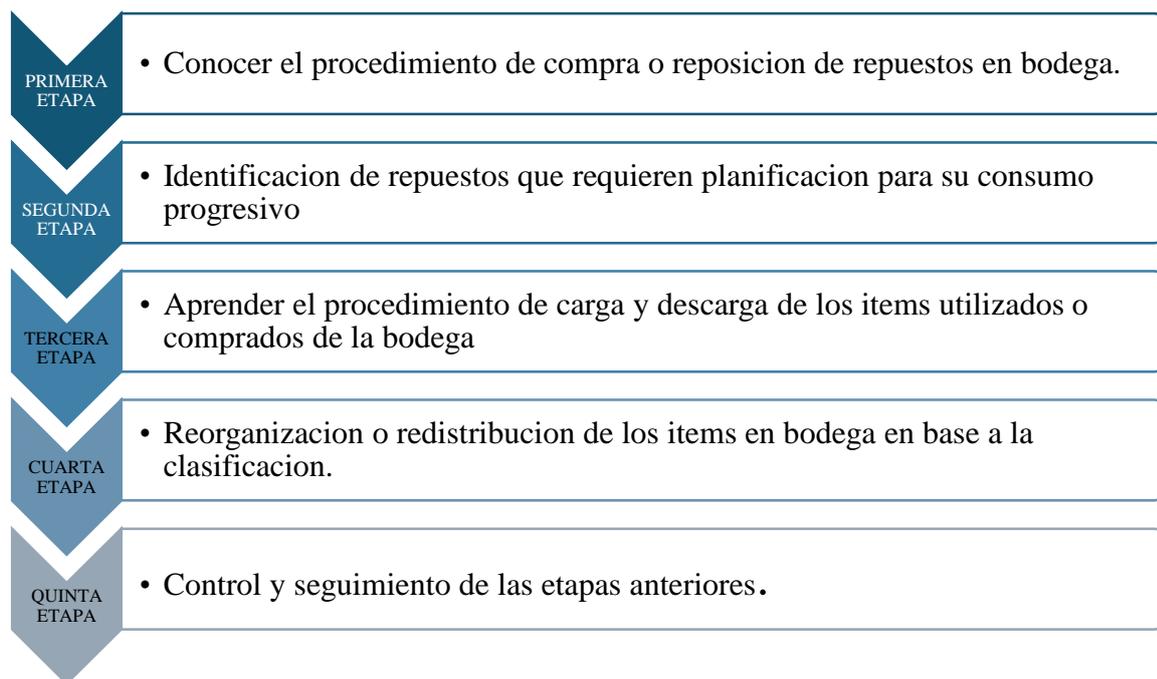
### **3.5.4. Cuarta etapa.**

Reorganización de ítems dentro de la bodega en base al layout de diseño priorizando los ítems con una mayor rotación debido a su volumen de consumo.

### **3.5.5. Quinta etapa.**

Control y seguimiento de las etapas anteriores con la finalidad de un cumplimiento constante y mejoramiento del estado de gestión llevado actualmente en la bodega de mantenimiento de la empresa.

Una vez considerado las etapas se toma en cuenta repetir y extender el proceso con un análisis continuo de los movimientos de los ítems con la finalidad de ajustar la propuesta a la realidad de los SKU que se van dando de baja y los que van ingresando como nuevos, esto por medio de la ayuda del uso de la matriz presentada en el estudio Fig. 33.



**Fig. 38** Resumen de las etapas para el desarrollo de la propuesta.

### **3.6. Análisis de la propuesta**

Dentro del control de inventarios manejado actualmente en la empresa se identifica que a pesar de que se maneja por medio de una plataforma adicional en conjunto con el sistema ERP como se mencionó anteriormente, acompañado de un proceso de compra totalmente empírico donde se consideran sugerencia de los vendedores de la maquinaria y la experiencia de daño de las máquinas presenciado por los técnicos.

La comparación adecuada de la situación actual de la bodega de mantenimiento de la empresa de consumo masivo se realiza considerando el contraste individual de cada una de las etapas mencionadas en la propuesta, de la siguiente manera.

#### **3.6.1. Primera etapa.**

El proceso de compras llevado actualmente en la bodega se realiza por medio de criterios que como ya se mencionó son empíricos, lo que ha ocasionado que exista una sobrecompra de repuestos lo que implica directamente que suba el costo relacionado con la bodega, cuando no se considera la lenta rotación en términos generales de la bodega ocasiona que muchos de estos SKU pasen demasiado tiempo almacenados, llegando al punto de tener que dar de baja repuestos que ni siquiera se llegaron a desempacar, es decir se da de baja un valor considerable en repuestos de manera mensual.

Por otro lado, a partir del estudio generado se sugiere solo la compra de los repuestos relacionados con el stock de seguridad necesario de aquellos ítems que no se tienen y requieren permanecer en stock, favoreciendo a que el consumo del presupuesto asignado a repuestos mensualmente ya que este no se realizaría indistintamente, sino que solo se compraría aquellos ítems que faltantes para mantener el stock mencionando.

### ***3.6.2. Segunda etapa.***

La identificación de los ítems que requieren de una planificación para el uso de los repuestos que actualmente se encuentran en la empresa no se encuentra definida, debido a esto no se tiene un sustento de consumo real lo que ocasiona que existan ítems que se mantengan por años dentro de la bodega y que a la larga represente una pérdida económica porque muchos de ellos pertenecen a maquinaria que o se mueve de localidad donde se maneja otro centro de costos o son máquinas que pasan a ser inutilizadas dentro de la empresa.

El estudio sustenta la cantidad de ítems que realmente son necesarios mantener dentro de la bodega para que se considere una planificación de uso progresivo de los SKU que no forman parte del stock de seguridad.

Esta planificación de consumo progresivo acompañada de la compra sustentada de los ítems para la bodega de la primera etapa ayudaría a disminuir el costo de los repuestos, tras las dos primeras etapas se espera una mejora alrededor del 70,929% del costo actual de la bodega.

### ***3.6.3. Tercera etapa.***

La carga y descarga de ítems manejado actualmente dentro de la empresa presenta mayor inconveniente en la descarga ya que se realiza en situaciones en las que debido al volumen de trabajo del personal ya que depende de la carga de cada uno y en situaciones se les escapa agregar algún ítem relacionado con el trabajo, para la carga y descarga se sugiere manejar un Kardex que sea controlado tras cada semana de mantenimiento dentro de la empresa.

### ***3.6.4. Cuarta etapa.***

Los ítems que podemos encontrar dentro de la bodega actualmente poseen una organización por perchas, nivel y canasta distribuido de una manera parcial como se ve en los planos de la distribución actual que se ve en la Fig. 18, donde no se considera una clasificación por rotación sino por decisión de la persona responsable de bodega, por otro lado, la clasificación de los

ítems mostrada en la propuesta de la Fig. 33, además de que solo se considera el stock de seguridad no solo ordena sino que también entrega más espacio a la bodega.

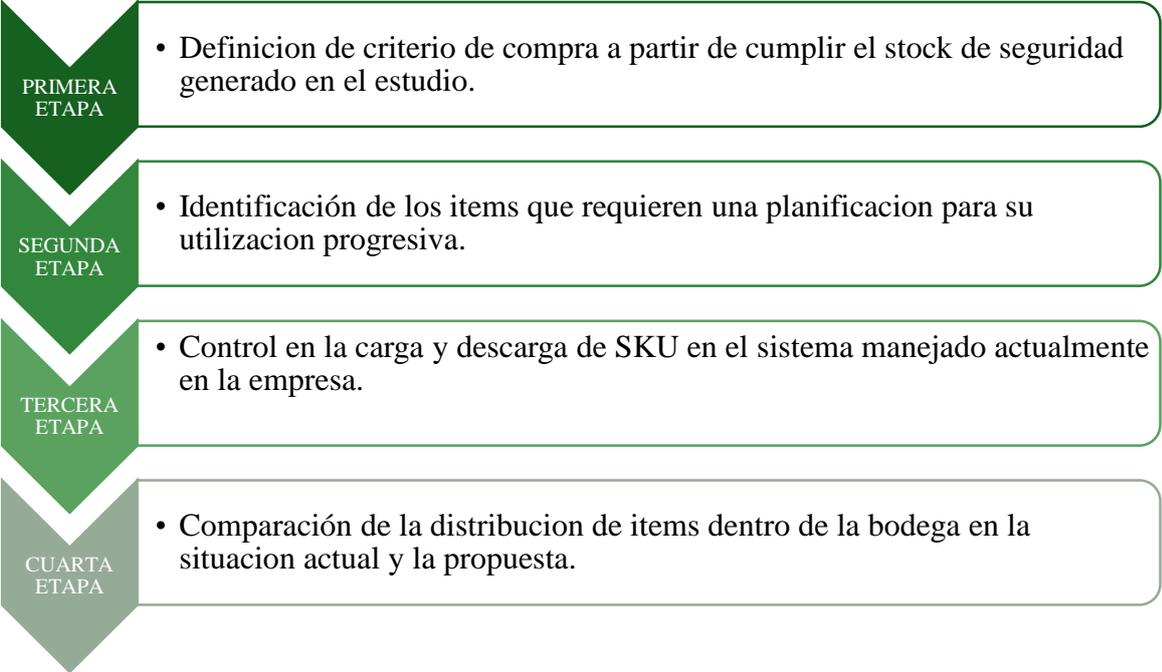


Fig. 39 Resumen de la comparación entre la propuesta y la situación actual.

**3.7. Resumen de resultados con respecto a la comparación.**

El análisis inicial por resaltar es cuando consideramos la disminución existente en la cantidad de ítems óptimos que se necesitarían en la bodega contra el estado actual de la misma, ya que como se indica en la tabla 15 está en porcentaje de disminución de ítems es de 70,929% lo que hace demuestra de manera inicial que una gran cantidad de las existencias en bodega son o se pueden considerar como excesiva lo que demuestra un sobre almacenamiento, y que es algo que se puede notar debido a las dimensiones de la bodega.

	Cantidad de ítems	% de cantidad de ítems
Situación actual	2184	100%
Propuesta	308	29,071%
Diferencia	1876	70,929%

Fig. 40 Comparativa de situación actual y propuesta.

Por otra parte, tenemos la comparación en términos económicos abordados desde un punto de vista general, es decir el costo de los ítems que se encuentran en la bodega mas no el costo de almacenamiento de los mismos. Solo se considera el valor económico que se encuentra respecto

del costo de cada uno de los ítems en base al precionario cargado en su sistema, a partir de ello se realiza una comparación simple como se muestra en la Fig. 40.

	A	%	B	%	C	%	D	%	COSTO TOTAL	%
STOCK ACTUAL	\$ 14.000,00	100%	\$ 104.000,00	100%	\$ 58.000,00	100%	\$ 150.000,00	100%	\$ 320.000,00	100%
STOCK ESTUDIO	\$ 12.000,00	86%	\$ 17.000,00	16%	\$ 8.500,00	15%	\$ 18.000,00	13%	\$ 56.000,00	17%
MEJORA		14%		84%		85%		87%	\$ 270.000,00	68%

Fig. 41 Tabla de comparación de costo de entre los ítems actuales y los sugeridos por el estudio.

En la Fig. 41 donde se representa la tabla de comparación notamos la diferencia que existe por cada una de las categorías en base al stock actual que se posee dentro de la bodega y el stock de seguridad sugerido por el estudio con la finalidad de conocer en términos económicos cuanto se acerca a la realidad de las necesidades presentadas por la empresa a lo largo del estudio, cabe la aclaración de que los porcentajes manejados de cada uno de las clasificaciones A, B, C, y D son los reales, más entonces los valores económicos de cada uno de ellos son valores acercados a la realidad.

### 3.8. Definición de propuesta de layout

Dentro de la bodega manejada en la actualidad se maneja un sistema de organización híbrida entre armarios, racks y perchas de varios niveles no obstante la situación actual de sobre existencias dentro de la bodega genera que además de una organización sin fundamentos el exceso ocasiona que se tenga que almacenar dentro de la bodega pero en el piso debido a que no existe más espacio en las perchas como se observa en la Fig. 18 en las zonas de color amarillo lo que ocasiona un problema de desorden por exceso.

A partir de conocer la clasificación ABC generada del cada uno de los SKU, en conjunto con los porcentajes de cada uno de los mismos como se observa en la Fig. 34, se procede a definir secciones para el acomodo del stock de seguridad como se observa en la Fig. 42.

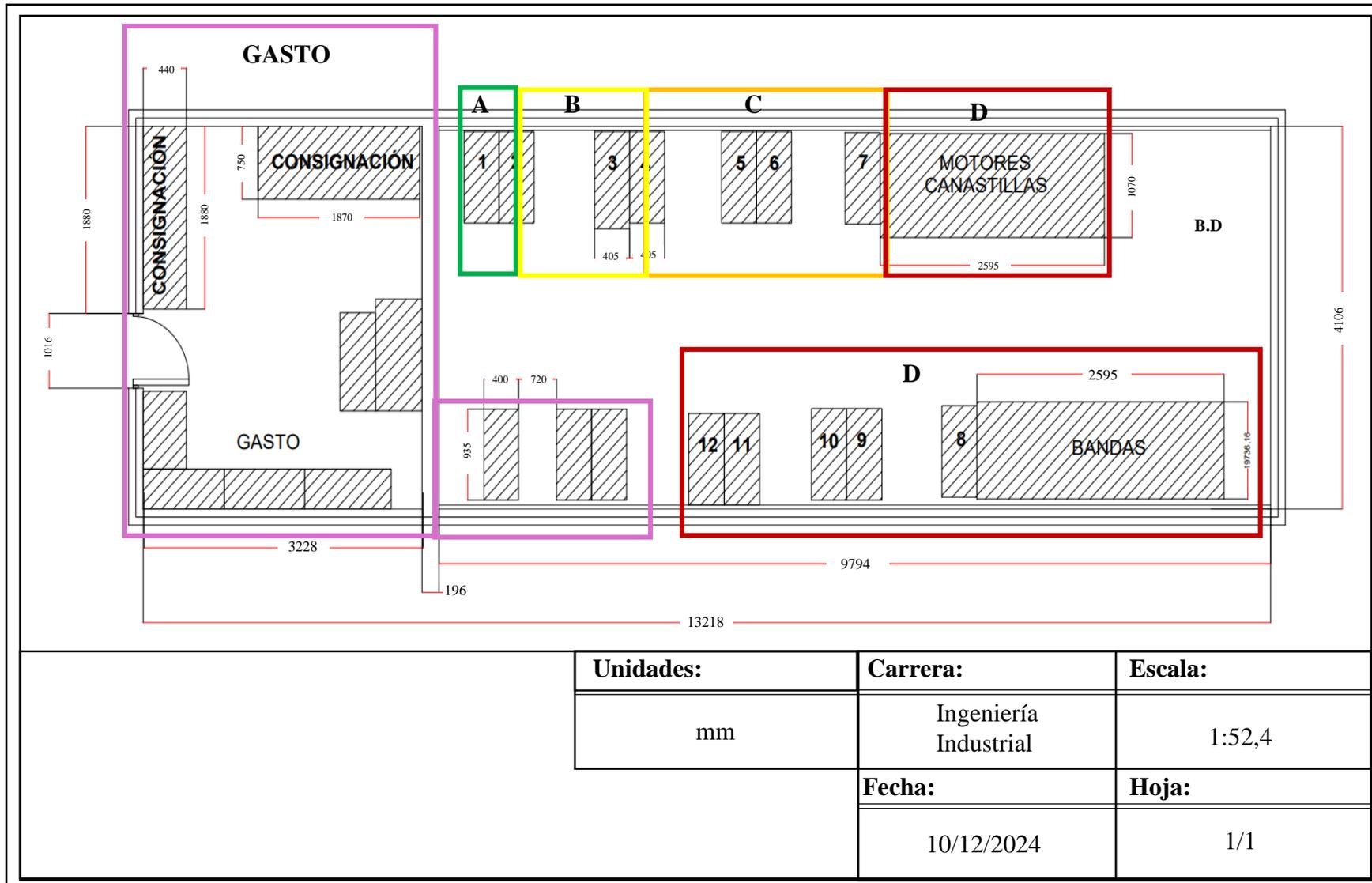


Fig. 42 Definición de las Zonas A, B, C y D para acomodo de los ítems en bodega.

Estas zonas consideran la parte norte de la bodega con la finalidad de no modificar demasiado la bodega porque en la zona de color morado encontramos ítems que son de gasto constante los cuales no entran en el estudio debido que el valor que representan es menor.

## Conclusiones

- La implementación de la propuesta, que se basa en la clasificación ABC y el stock de seguridad óptimo, podría generar una reducción significativa de aproximadamente el 70,9% en la cantidad de ítems en la bodega de manera inicial. Esto evidencia que una gran parte del inventario actual es excesivo, lo que se traduce en un sobre almacenamiento innecesario. Como resultado, la situación actual se determina que tiene un valor económico considerable por la cantidad de ítems manejados dentro de la bodega de mantenimiento.
- Durante la obtención de la clasificación ABC se evidencian porcentajes respectivos donde las categorías fueron o se mantuvieron con el principio de Pareto, sin embargo cuando vemos la relación que debe existir o comúnmente se espera, es decir, que el 20% de los ítems representa el 80 % de costo de inventario, se detecta que no se cumple esta aseveración tanto así que el 80 % del costo del inventario se encuentra en los ítems con una clasificación D, esto se debe a que dentro de la empresa gran parte de estos SKU con esta clasificación son considerados de baja rotación pero que debido a la relación que tienen con una u otra máquina el daño de cualquiera de estos repuestos puede resultar en un escenario crítico en términos de producción.
- La reorganización de los repuestos en la bodega, priorizando los de mayor rotación, facilitaría el acceso y optimizaría el espacio disponible. En la situación actual, la organización de los ítems no está basada en una clasificación por rotación, sino en decisiones arbitrarias, lo que puede generar ineficiencias. Con un layout más eficiente, los técnicos de mantenimiento tendrían un acceso más rápido a los repuestos necesarios, mejorando la operatividad y reduciendo los tiempos de búsqueda y recuperación de los ítems.

## **Recomendaciones**

- Es crucial implementar un enfoque proactivo hacia el mantenimiento preventivo, priorizándolo sobre los mantenimientos correctivos. Esto permitirá identificar y abordar las posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores, lo que a su vez reducirá la necesidad de adquirir repuestos de manera urgente y descontrolada.
- La implementación de un sistema de control tipo Kardex para el manejo de la carga y descarga de repuestos proporcionaría una solución efectiva a los inconvenientes actuales en el proceso. Con un control semanal y un seguimiento más riguroso, se garantizaría la precisión en los registros de los ítems, mejorando el control y evitando errores en la gestión del inventario.
- La propuesta sugiere una planificación estratégica entre compras y mantenimiento, para el uso de los repuestos que no requieren un stock de seguridad es altamente necesaria porque actualmente, muchos de estos repuestos permanecen almacenados durante largos períodos sin uso, lo que representa una pérdida económica cuando debido a la des utilización de una máquina o los largos periodos de almacenamiento ocasionan que se los de baja, con la planificación de consumo progresivo, basada en un estudio detallado de los repuestos que no son de alta rotación, se podrá dar un mejor uso a estos ítems, evitando que se conviertan en un gasto innecesario y mejorando la gestión de inventarios.

## Referencias

- [1] A. E. Toapanta, «Google academico - Repositorio digital de la Universidad de las Fuerzas Armadas,» 03 02 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/Isszyz>. [Último acceso: 17 10 2024].
- [2] K. Lucero, «Ranking empresarial: las 100 empresas mas grandes de Ecuador,» *Gestion Digital*, vol. 12, 2020.
- [3] L. Acevedo, M. Acuña, A. Bazan, E. Grijalba, M. Guarderas, C. Huaila y D. Lazaro, «Google Academic,» s/d 02 2022. [En línea]. Available: <https://acortar.link/zJNfFY>. [Último acceso: 17 10 2024].
- [4] S. Pareti, A. Cordova y J. Fuentes, «ProQuest,» 27 05 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/kh4B3r>. [Último acceso: 17 10 2024].
- [5] Banco Central del Ecuador, «BCE Banco central del Ecuador,» s/d 03 2023. [En línea]. Available: <https://acortar.link/2TBTx2>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [6] L. E. Pizarro , «ReseachGate,» s/d 07 2018. [En línea]. Available: <https://n9.cl/wxmy9>. [Último acceso: 10 09 2024].
- [7] E. Sheehan , «Deloitte,» Deloitte Global Retail, s/d s/m 2022. [En línea]. Available: <https://acortar.link/xM8c0O>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [8] S. L. Hernández y D. D. Avila , «TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río,» 05 12 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/wnpJBe>. [Último acceso: 17 10 2024].
- [9] J. Meneses y D. Rodríguez, «Google academico,» s/d s/m 2011. [En línea]. Available: <https://acortar.link/2f5O3S>. [Último acceso: 17 10 2024].
- [10] G. Tonon , S. Alvarado y H. Ospina , «Google academico,» s/d s/m 2019. [En línea]. Available: <https://n9.cl/thvyw>. [Último acceso: 02 09 2024].

- S. Fernandez y J. M. Cordero , «Google academico libros,» s/d s/m 2002. [En línea]. Available: <https://acortar.link/qxIE6S>. [Último acceso: 23 10 2024].
- [11]
- [12] J. Montero , «Google academico libros,» s/d s/m 2007. [En línea]. Available: <https://acortar.link/nAAcOB>. [Último acceso: 24 10 2024].
- [13] G. Posada , Elementos básicos de estadística descriptiva para el análisis de datos, Medeillin: Fondo Editorial Luis Amigó, 2016.
- [14] J. Arango, J. Giraldo y O. Castrillon , «Google academico,» 4 12 2013. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929984023.pdf>. [Último acceso: 09 11 2024].
- [15] M. Cacerea y M. Ramirez , «Google academico,» s/d 04 2009. [En línea]. Available: <https://acortar.link/UuqSVd>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [16] C. Castro , M. Velez y J. Castro , «Google academico,» 18 08 2011. [En línea]. Available: <https://acortar.link/ioIEG2>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [17] E. Reyes, Metodología de la investigacion cientifica, Estados unidos de america: Page publishing, inc., 2022.
- [18] M. Medina, R. Rojas , W. Bustamante, r. Loaiza, C. Martel y R. Castillo , «Google academico,» s/d 02 2023. [En línea]. Available: <https://acortar.link/nt817J>. [Último acceso: 28 11 2024].
- [19] F. García, «Edicion universidad Salamanca,» s/d s/m 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/Ca1Rh7>. [Último acceso: 28 11 2024].
- [20] J. Herrera, «Tecnologico de antioca institucion universitaria,» s/d s/m 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/NbgwFA>. [Último acceso: 28 11 2024].
- [21] I. De la cruz, «Google academico,» s/d s/m 2019. [En línea]. Available: <https://acortar.link/8vdwNr>. [Último acceso: 28 11 2024].

- [22] Adam, Everett E.; Ebert, Ronald J., Administracion de la produccion y las operaciones conceptos, modelos y funcionamiento., Missouri: Prentice Hall, 1991.
- [23] «Google academico,» 19 05 2013. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929984023.pdf>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [24] M. Gea, A. Gossa, C. Batenero y j. Pallauta, «Google academico,» s/d s/m 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/kwqjA9>. [Último acceso: 28 11 2024].
- [25] C. Velandia y S. Rodríguez, «Google Academico,» s/d s/m 2017. [En línea]. Available: <https://acortar.link/r0reYw>. [Último acceso: 20 10 2024].
- [26] C. Pulla , «Google Academico,» s/d s/m 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/YiDJYC>. [Último acceso: 21 11 2024].
- [27] R. Alvarez, «WORDPRESS,» WORDPRESS Control de inventarios , s/d 10 2023. [En línea]. Available: <https://acortar.link/tfi4VH>. [Último acceso: 27 10 2024].
- [28] T. «Adobe stock,» Merchandasing scheme Adobe, s/d s/m 2018. [En línea]. Available: <https://intraologexpo.com.br/2024/04>. [Último acceso: 29 10 2024].
- [29] J. Arboleda y J. Castillo , «Repositorio UPB,» s/d 12 2016. [En línea]. Available: <https://acortar.link/Sj089S>. [Último acceso: 15 10 2024].
- [30] L. Contreras y L. Pariona, «Repositorio UTP,» s/d s/m 2020. [En línea]. Available: <https://acortar.link/DBZH7U>. [Último acceso: 18 09 2024].
- [31] J. Cisneros , «DATADEC,» RIESGOS DE ROMPER EL STOCK Y CÓMO PROTEGERNOS, 08 01 2024. [En línea]. Available: <https://acortar.link/Dt9OgO>. [Último acceso: 18 09 2024].