



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**“MEJORA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE LA METODOLOGÍA
ABC PARA LA EMPRESA E.C. INDUSTRIAL”**



AUTOR: Michael Santiago Tuquerres Lema

DIRECTOR: Ing. Karen Alejandra Benavides Flores Msc.

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0503135675		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Tuquerres Lema Michael Santiago		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	mstuquerresl@utn.edu.ec / michaellema23@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062 - 903228	TELÉFONO MÓVIL:	0985456839

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Mejora de la gestión de inventarios mediante la metodología ABC para la empresa E.C. Industrial
AUTOR (ES):	Tuquerres Lema Michael Santiago
FECHA:	07/02/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Industrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Karen Benavides Flores, MSc.

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 07 días, del mes de febrero de 2025.

EL AUTOR:

Firma:.....

Nombre: Tuquerres Lema Michael Santiago

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 07 de febrero de 2025

MSc. Karen Benavides, Ing.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR


CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 
MSc. Karen Benavides, Ing.
C.C.: 1003597513

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular "Mejora de la gestión de inventarios mediante la metodología ABC para la empresa E.C. Industrial" elaborado por Michael Santiago Tuquerres Lema, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 
MSc. Karen Benavides, Ing.
C.C.: 1003597513

(f): 
MSc. Ramiro Saraguro, Ing.
C.C.: 1001128857

DEDICATORIA

Para aquellos que nunca dejaron de creer en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. A los desafíos que me fortalecieron y a las alegrías que me inspiraron. A cada momento de aprendizaje y crecimiento adquirido en todos estos años. Este proyecto de grado está dedicado a mis padres, hermanos y a todos lo que hacen parte de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutora de tesis ingeniera Karen Benavides, por su paciencia, orientación experta y su apoyo a lo largo de este proceso de investigación. También agradezco a la Universidad Técnica del Norte, por brindarme los recursos necesarios para llevar a cabo mi vida académica. Agradezco especialmente a mis compañeros, por su colaboración y motivación. Por último, pero no menos importante, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y su paciencia durante este tiempo. Este logro también es de ustedes.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en una empresa metalmecánica situada en Otavalo, la cual se especializa en brindar servicios de fabricación y mantenimiento industrial, principalmente en los sectores de cemento y minería, entre otros. La empresa carece de una gestión claramente definida para sus procesos, lo que resulta en ineficiencias considerables en el uso de recursos y una acumulación innecesaria de activos. Esto, a su vez, conduce a costos elevados en el abastecimiento y desorden en el almacén.

Para ello, se inicia con una revisión teórica de los conceptos relacionados con el control de inventarios. Posteriormente, se implementó un análisis detallado de la situación en la que se encuentra la empresa actualmente. Finalmente, se propone una nueva política de gestión de almacenamiento que se fundamenta en la aplicación de modelos de inventarios con el fin de mejorar la gestión de materiales.

Bajo este contexto se propone implementar el método ABC clasificando los materiales primordiales, prestando atención a la categoría A siendo esta la más importante para este análisis. Luego de realizar esta clasificación se realiza un pronóstico de cada familia de materiales utilizando la herramienta del EOQ estudiando aspectos como la demanda, rotación de materiales y la cantidad óptima de pedido. Finalmente, se determina la gestión de inventarios más adecuada para la empresa comparando los costos totales de inventario entre los modelos de gestión de Silver Meal y Wagner Whitin dando como resultado que el mejor método es el de Silver Meal pues logra una estrategia de pedidos eficiente sin necesidad de una optimización compleja ofreciendo un ahorro del 16.97% en comparación con la situación actual. Mediante los resultados obtenidos se puso en marcha una nueva distribución de Layout, acompañada de una reorganización de materiales según su importancia mediante nuevas estanterías lo que permite una mejor distribución y accesibilidad a los insumos. Se espera una reducción del 40% en los tiempos de búsqueda de materiales y una mejora del 30% en la eficiencia operativa, optimizando el flujo de trabajo y minimizando desplazamientos innecesarios. Además, estas mejoras contribuirán a un entorno de trabajo más ordenado y seguro, permitiendo una respuesta más ágil a las demandas de los clientes, asegurando entregas más rápidas y fortaleciendo la competitividad de la empresa.

Palabras clave: Distribución, mantenimiento, inventario, pronóstico, materiales, demanda.

ABSTRACT

The study was carried out in a metalworking company located in Otavalo, which specializes in providing manufacturing and industrial maintenance services, mainly in the cement and mining sectors, among others. The company lacks a clearly defined management for its processes, which results in considerable inefficiencies in the use of resources and an unnecessary accumulation of assets. This, in turn, leads to high costs in supply and disorder in the warehouse.

To do this, it begins with a theoretical review of the concepts related to inventory control. Subsequently, a detailed analysis of the current situation of the company was implemented. Finally, a new storage management policy is proposed that is based on the application of inventory models in order to improve materials management.

In this context, it is proposed to implement the ABC method by classifying primary materials, paying attention to category A, which is the most important for this analysis. After this classification, a forecast is made for each family of materials using the EOQ tool, studying aspects such as demand, material turnover and optimal order quantity. Finally, the most appropriate inventory management for the company is determined by comparing the total inventory costs between the Silver Meal and Wagner Whitin management models, resulting in the best method being that of Silver Meal, since it achieves an efficient ordering strategy without the need for complex optimization, offering a saving of 16.97% compared to the current situation. With the results obtained, a new layout distribution was implemented, accompanied by a reorganization of the materials according to their importance through new shelves, which allows for better distribution and accessibility to supplies. A 40% reduction in material search times and a 30% improvement in operational efficiency are expected, optimizing the workflow and minimizing unnecessary travel. Furthermore, these improvements will contribute to a more orderly and safer work environment, allowing a more agile response to customer demands, ensuring faster deliveries and strengthening the company's competitiveness.

Keywords: Distribution, maintenance, inventory, forecast, materials, demand.

LISTA DE SIGLAS

CDP. Consumo diario promedio.

CP. Cantidad de Pedidos.

EOQ. (Economic Order Quantity): Cantidad Económica de Pedido.

FIFO. (Last In, First Out): Último en Entrar, Primero en Salir.

LIFO. (Last In, First Out): Último en Entrar, Primero en Salir.

NTP. Notas Tecnicas de Prevención.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	ii
AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD	iii
CONSTANCIAS	iv
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	v
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN EJECUTIVO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE SIGLAS	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
CAPÍTULO I.....	19
1. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Justificación.....	19
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo General	20
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Alcance	21
CAPÍTULO II	22
2. MARCO TEÓRICO	22

2.1. Inventario.....	22
2.1.1. Clases de inventarios:.....	22
2.1.2. Sistemas de inventarios:.....	23
2.2. Metodología ABC.....	23
2.2.1. Criterios para la clasificación ABC.....	24
2.2.2. Clasificación de los costos de inventario.....	25
2.3. Base legal.....	25
2.4. Gestión de inventarios.....	26
2.4.1. Control de inventario.....	26
2.4.2. Métodos de gestión de inventarios.....	26
2.5. Indicadores.....	26
2.5.1. Cantidad económica de pedido.....	26
2.5.2. Cálculo del punto de reorden.....	27
2.5.3. Tiempo entre pedidos (TBO).....	28
2.5.4. Planificación de inventario.....	28
CAPÍTULO III.....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1. Metodología.....	29
3.1.1. Técnicas de investigación.....	29
3.1.2. Instrumentos.....	29
3.2. Descripción de la empresa.....	30
3.2.1. Misión.....	31
3.2.2. Visión.....	31
3.2.3. Valores.....	31
3.2.4. Mercado.....	31

3.3. Ubicación.....	32
3.4. Layout de la empresa.....	32
3.4.1. Área administrativa:	32
3.4.2. Área operativa:	33
3.5. Organización de la empresa.....	34
3.5.1. Organigrama.....	34
3.5.2. Diagrama SIPOC	35
3.6. Análisis del problema	37
3.6.1. Ambiente de trabajo	39
3.6.2. Materiales	40
3.6.3. Métodos	41
3.7. Resultados.....	42
CAPÍTULO IV.....	43
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
4.1. Base de datos	43
4.2. Diagrama de Pareto	43
4.3. Clasificación ABC.....	45
4.4. Pronóstico de la demanda.....	46
4.4.1. Pronóstico para el grupo A por regresión lineal.....	46
4.4.2. Pronóstico para el grupo A por método de Holt.....	47
4.4.3. Elección del mejor método de pronóstico	48
4.4.4. Pronósticos obtenidos por regresión lineal y método de Holt.....	49
4.5. Modelo de gestión de inventarios.....	49
4.5.1. Indicadores para la gestión de inventarios	50
4.5.2. Redistribución de Layout	51

4.5.3. Redistribución de materiales	53
4.5.4. Política de gestión de inventarios	63
4.6. Costos de implementación de los cambios	67
4.6.1. Costos de materiales	67
4.6.2. Costos horas-hombre	68
4.6.3. Costo total estimado de implementación.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	71
Referencias Bibliográficas	72
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I CLASIFICACIÓN ABC.....	23
TABLA II CRITERIOS CLASIFICACIÓN ABC.....	24
TABLA III BASE LEGAL.....	25
TABLA IV UBICACIÓN DE LA EMPRESA.....	32
TABLA V CAUSAS Y HERRAMIENTAS DE CORRECCIÓN.....	42
TABLA VI RESUMEN CLASIFICACIÓN ABC.....	45
TABLA VII COMPARACIÓN DE ERRORES DE PRONÓSTICOS.....	48
TABLA VIII RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS.....	49
TABLA IX INDICADORES PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS.....	50
TABLA X CAPACIDAD DE ESTANTERÍAS.....	53
TABLA XI DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE ESTANTERÍA M1.....	57
TABLA XII DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN ESTANTERÍA M2.....	59
TABLA XIII DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE ESTANTERÍAS Y MATERIALES DE BODEGAS 2, 3 y 4.....	61
TABLA XIV COSTO DE ADQUISICIÓN DE ESTANTERÍAS Y ORGANIZADORES.....	68
TABLA XV COSTOS HORAS-HOMBRE.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1. MODELO ABC	24
FIG 2. GRÁFICO DEL EOQ	27
FIG 3. LOGOTIPO EMPRESA	30
FIG 4. UBICACIÓN DE LA EMPRESA	32
FIG 5. LAYOUT EL ÁREA ADMINISTRATIVA	33
FIG 6. LAYOUT DEL ÁREA OPERATIVA	34
FIG 7. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	35
FIG 8. DIAGRAMA SIPOC	36
FIG 9. BRAINSTORMING	37
FIG 10. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	38
FIG 11. SITUACIÓN ACTUAL DE BODEGA 1	39
FIG 12. SITUACIÓN ACTUAL DE BODEGA 2	40
FIG 13. SITUACIÓN ACTUAL DE BODEGA 3	41
FIG 14. DIAGRAMA DE PARETO	44
FIG 15. FAMILIA DE ALAMBRE	46
FIG 16. PRONÓSTICO MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL	47
FIG 17. PRONÓSTICO MÉTODO DE HOLT	47
FIG 18. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTANTERÍAS	52
FIG 19. ILUMINACIÓN RECOMENDABLE EN ALMACENES	52
FIG 20. CODIFICACIÓN DE MATERIALES EN BODEGA	53
FIG 21. REDISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN 2D Y 3D DE LA BODEGA 1	55
FIG 22. REDISTRIBUCIÓN DE PLANTA DE ESTANTERÍAS EN EL ÁREA DE OPERACIONES EN 2D Y 3D	60
FIG 23. PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIALES	64
FIG 24. PROCESO DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. FÓRMULA CÁLCULO CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO	26
ECUACIÓN 2. FÓRMULA CÁLCULO PUNTO DE REORDEN.....	27
ECUACIÓN 3. FÓRMULA CÁLCULO STOCK DE SEGURIDAD.....	27
ECUACIÓN 4. FÓRMULA CÁLCULO TIEMPO ENTRE PEDIDOS	28

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Este trabajo de investigación se enfoca en analizar una PYME dedicada a la industria metal mecánica ubicada en la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura, la cual se especializa en fabricar y mantener estructuras metálicas para el sector industrial desde hace 25 años.

Al inicio de sus labores la empresa E.C.Industrial efectuaba trabajos para clientes locales, pero al paso de los años la empresa logra permisos y certificados que la hacen más conocida en el sector industrial de la zona, lo cual significó un incremento en la demanda.

Al tener que trabajar con cierto stock de materiales, estos terminaron acumulándose en las bodegas, además existen una gran cantidad de demoras generadas por la falta de zonificación y ubicación ordenada y exceso de materiales, a esto se le suman los cuellos de botella en la producción debido a la falta de flujo del proceso. También se evidenció desorden en los procesos de compra ya que se realizaban sin un lote de pedido definido, asimismo no se tiene un registro del stock disponible ni mucho menos un control adecuado de las entradas y salidas de materiales.

Por ello es necesario identificar los materiales que más adquieren y más utilizan, y posteriormente plantear una familia de materiales basado en la metodología ABC para diseñar mejores espacios en el área de trabajo de la empresa.

1.2. Justificación

Las microempresas a menudo surgen como pasatiempos o ideas que, con el tiempo, se logran materializar. Es fundamental contar con preparación y experiencia para asegurar que el negocio prospere. La planificación cuidadosa, el conocimiento del mercado y una gestión eficiente son elementos clave para el crecimiento sostenido.

Gestionar el inventario es importante para el desempeño de una empresa, pues pueden representar hasta un 75% de su capital. Por lo tanto, una gestión adecuada del inventario es esencial para garantizar un rendimiento óptimo. He aquí la importancia del buen manejo lo cual implica decidir las cantidades necesarias, cómo y dónde colocar la materia prima y llevar a cabo el registro de dicho inventario [1].

Esta investigación se avala con el Plan Nacional de desarrollo 2017-2021 “Toda una Vida”, a través del numeral 5 el cual menciona: “Impulsar la eficiencia, competitividad y excelencia para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”. Este enfoque se dirige a cumplir con la demanda a nivel nacional y en los mercados de exportación. [2]

Contar con un modelo de inventario es crucial, puesto que su objetivo se centra en mejorar la gestión de insumos. De esta manera, para dar soluciones que permitan mejorar la rotación de las materias primas dentro de las bodegas se propone usar la metodología ABC. De igual manera, proporciona ciertos beneficios como la reducción del tiempo en la ubicación de los artículos evitando cuellos de botella o tiempos muertos ya que en las áreas de almacenamiento se optimizan las ubicaciones de cada artículo.

Basado en lo anterior, la finalidad de este estudio de investigación es optimizar la gestión de inventarios dentro de la empresa, de tal manera que se pueda agilizar y simplificar el control de los materiales. Se espera que esta mejora satisfaga la demanda, lo que a su vez permitirá mejorar los servicios ofrecidos por la empresa y reducir los tiempos necesarios de mantenimiento y fabricación.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo General*

Mejorar la gestión del almacenamiento de la empresa E.C. Industrial de la ciudad de Otavalo aplicando el modelo ABC, con el fin de mejorar la eficiencia en el manejo de inventarios.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Desarrollar el levantamiento de información del control de inventarios existentes en la empresa mediante herramientas de recolección de datos para la sustentación de esta investigación.
- Analizar la situación actual de la empresa mediante investigación in situ y técnicas de gestión de inventarios para determinar los principales problemas existentes en el sistema de almacenamiento.
- Proponer una política de gestión de almacenamiento mediante la aplicación de modelos de inventarios para mejorar el sistema de gestión de materiales de la empresa.

1.4. Alcance

El análisis del presente proyecto se centra en la gestión del inventario en el departamento de almacenamiento de la empresa ubicada en la ciudad de Otavalo, Imbabura. El enfoque se propone en la administración de los materiales necesarios para los trabajos de mantenimiento industrial y la elaboración de estructuras de metal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo proporcionará un marco teórico sobre la gestión de inventarios, proporcionando las bases para la investigación que se realizará en este trabajo de grado.

2.1. Inventario

El inventario se refiere al conjunto de mercancías o artículos que posee una empresa en un período económico específico, lo que le permite realizar compras y ventas [3].

Esta idea se complementa al señalar que un inventario es una reserva de materiales que se utilizan para satisfacer la demanda del cliente o para respaldar la producción de bienes y servicios [4].

2.1.1. Clases de inventarios:

Inventario inicial: Se ejecuta en el inicio de las operaciones de la empresa. Este inventario representa el valor de la mercancía que se tenía en la fecha en que comenzó el período contable [5].

Inventario final: Se efectúa típicamente al concluir un período contable y se utiliza para determinar la situación patrimonial actual. Al comparar este inventario con el inicial, junto con las ventas y compras netas, se pueden calcular las ganancias o pérdidas brutas en ese período [5].

Inventario físico: Este tipo de inventario se refiere al inventario físico, el cual se puede pesar, medir y registrar. Su propósito es determinar la cantidad de existencias en el almacén. Es necesario realizarlo al menos una vez al año, y la frecuencia puede depender del tamaño de la empresa [4].

Inventario de productos terminados: Es el inventario el cual muestra los productos terminados para el almacenamiento y venta posterior [6].

Inventario de materia prima: Se compone de los elementos que forman el producto final; dentro de las industrias ayuda a tener una noción sobre el tiempo y la cantidad que se posee de la materia prima, además permite determinar el costo final del producto y su composición [7].

Inventario de seguridad: Frente a una incertidumbre en la demanda de trabajos los inventarios de seguridad son los que se mantienen en la empresa para hacer frente a estos casos. Su función es proteger contra fluctuaciones imprevistas en la demanda [8].

2.1.2. *Sistemas de inventarios:*

Para mantener un nivel óptimo de existencia es esencial tener un sistema de inventario, que es una herramienta de gestión utilizada para registrar las cantidades de bienes en una empresa existiendo varios tipos como [9]:

2.1.2.1. **Precisión del registro de inventarios**

La precisión en el registro de inventario es crucial para su gestión eficiente. Un método común para garantizar esta precisión es mantener el inventario bajo llave, lo que previene retiros no autorizados o sin registro adecuado. Este enfoque también protege los materiales almacenados, incluso cuando permanecen en el almacén durante períodos prolongados. Otra técnica es el conteo cíclico, donde el personal del almacén cuenta físicamente una parte pequeña del inventario total cada día, lo que permite corregir cualquier error identificado [4].

2.2. Metodología ABC

Este sistema trata de clasificar los artículos en tres categorías según el valor de su consumo tal y como se muestra en la figura 2, de tal manera que se puedan concentrar en los que tengan un valor monetario más elevado [4].

TABLA I
CLASIFICACIÓN ABC

Clasificación del ABC	
A	Los artículos A corresponden a los que la empresa tiene la mayor inversión. Representar del 10% al 20% de los inventarios.
B	Los artículos B son aquellos que representan del 30% al 40% de los inventarios.
C	Los artículos C son aquellos que corresponden a la inversión más pequeña y representan el 50% del inventario.

Fuente: Gestión de inventarios (2020).

El modelo ABC propone que el nivel de control sobre los materiales inventariados debe ajustarse según su valor económico. En otras palabras, cuanto mayor sea el valor de los materiales, mayor debe ser el control que se le da a cada uno de ellos. Este valor se calcula multiplicando el número de unidades almacenadas de un artículo por su precio unitario [4].

Por lo tanto, la definición de beneficios se centra en los ingresos totales de la empresa; sin embargo, es esencial considerar otros criterios clave en función el modelo comercial como:

- Nivel utilizado del inventario y el costo unitario de cada artículo.

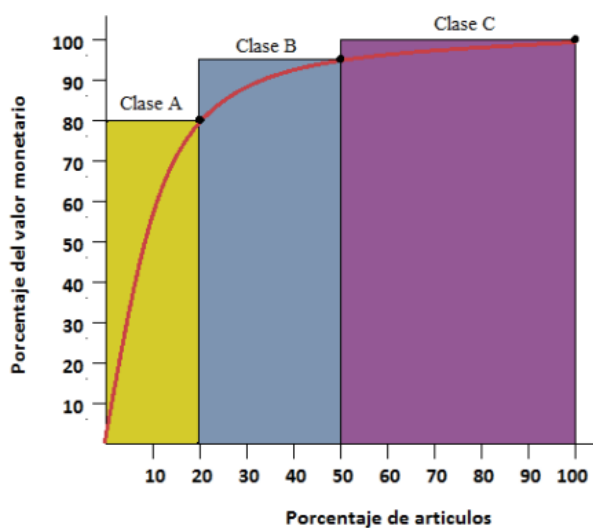


Fig 1. Modelo ABC

Fuente: Planeación y control de la producción (1998).

2.2.1. Criterios para la clasificación ABC

Los criterios para esta clasificación son los siguientes:

TABLA II
CRITERIOS CLASIFICACIÓN ABC

Criterios	Unidad de medida	ENTRADA		SALIDA
		Insumos	Repuestos	Piezas fabricadas
Demanda anual	Unidades/año	X		X
Utilización anual	Unidades/año	X	X	
Costo unitario	\$/unidad	X	X	
Volumen inventario	M3/unidad	X	X	X

2.2.2. Clasificación de los costos de inventario

La cantidad de inventario ordenado y mantenido en stock están directamente relacionados con los costos de inventario. Por tanto, es crucial una gestión adecuada del inventario para evitar el exceso de stock, controlar los costos y maximizar las ganancias de la empresa, evitando ineficiencias [10].

Hay dos tipos fundamentales de costos relacionados con la disponibilidad de artículos:

- los costos de mantenimiento.
- los costos por ordenar.

Estos costos son clave para facilitar un manejo y control eficaces de existencias, lo que significa gestionar el inventario de manera efectiva para ofrecer el mejor servicio posible a los clientes [9].

2.3. Base legal

La empresa de estudio al ser considerada como MYPE está obligada a acatar las obligaciones fiscales y tributarias de manera completa para poder mantener sus obligaciones, ya que está sujeto a rendir cuentas ante varios organismos reguladores.

TABLA III
BASE LEGAL

Reglamento, ley tributable o fiscal	Artículos aplicables al caso de estudio
Código del Comercio Ecuatoriano (CCE)	Todos
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y descentralización (COOTAD)	Todos
Normas Ecuatorianas de Auditoría (NEA)	Todas
Código del trabajo ecuatoriano	Art. 3, Art. 13, Art. 34, Art. 42.
Ley de Seguridad Social Ecuatoriana (IESS)	Todos

Fuente: Base legal ecuatoriana.

2.4. Gestión de inventarios

La gestión se refiere a la administración, control y manejo de las existencias las cuales incluyen procedimientos de entrada y salida bajo una estrategia para mantener una rentabilidad considerable para cada empresa sin importar su tipo. [11]

2.4.1. Control de inventario

El control de inventarios está directamente relacionado con el rendimiento económico de la empresa. Por lo tanto, los gerentes son responsables de llevar a cabo un control adecuado de los inventarios, lo que implica determinar el nivel de stock o rotación de inventarios, una medida fundamental para el desarrollo de la empresa [3].

2.4.2. Métodos de gestión de inventarios

Es fundamental llevar a cabo un control de inventarios efectivo, ya que esto permite ofrecer un mejor servicio al cliente al evitar la falta de artículos o pedidos atrasados. Esto se traduce en una atención óptima y oportuna a los procesos de la empresa [12].

Hay diversas formas de valorar los inventarios, entre las cuales se encuentran [10]:

- Primero en entrar primero en salir / FIFO
- Último en entrar primero en salir / LIFO
- Documentos de control de entrada y salida KARDEX

2.5. Indicadores

2.5.1. Cantidad económica de pedido

La gestión adecuada del stock se lo puede realizar mediante el EOQ, ordenando la gestión de reabastecimiento de cada insumo de forma individual. Esto contribuye a una mejor gestión del inventario y a la reducción de los costos asociados con su manejo [13]:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * C_0 * D}{C_i}}$$

Ecuación 1. Fórmula cálculo cantidad económica de pedido

Con el método EOQ, también se calcula el punto de reorden y el tiempo entre pedidos, aspectos que complementan la gestión de suministro [13].

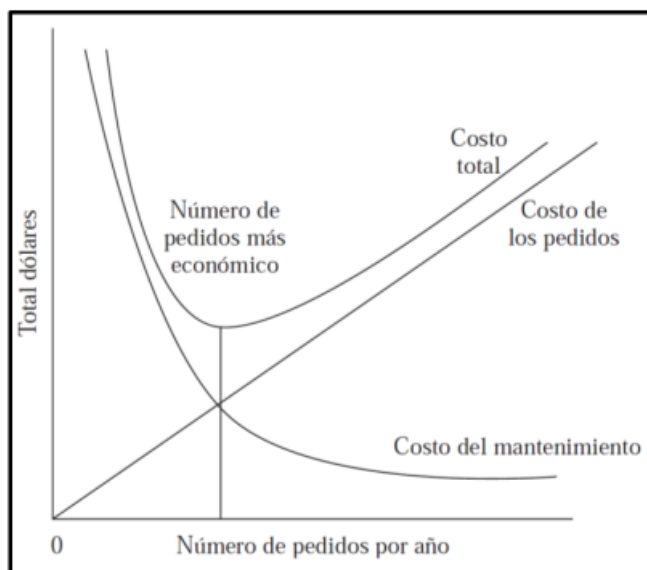


Fig 2. Gráfico del EOQ

Fuente: Planeación y control de la producción (1998)

2.5.2. Cálculo del punto de reorden

El punto de reorden es la cantidad de productos que queda en el almacén y que indica la necesidad de reabastecer el producto [11]:

$$ROP = (d * t) + S_s$$

Ecuación 2. Fórmula cálculo punto de reorden

Al calcular el punto de reorden, se puede determinar el stock de seguridad con la siguiente fórmula:

$$S_s = Dm * Pr$$

Ecuación 3. Fórmula cálculo stock de seguridad

El stock de seguridad corresponde a la cantidad de productos requeridos para cubrir la demanda de un artículo mientras se espera la llegada de un nuevo pedido [13].

2.5.3. *Tiempo entre pedidos (TBO)*

Se calcula el TBO para cada material utilizando la siguiente fórmula [14]:

$$TBO = EOQ * \frac{365}{D}$$

Ecuación 4. Fórmula cálculo tiempo entre pedidos

2.5.4. *Planificación de inventario*

Se refiere a una administración efectiva de los activos de una empresa, que incluye el monitoreo de varios componentes de la cadena de suministro, como el abastecimiento de productos, la determinación de las cantidades óptimas de pedidos y la planificación de los requisitos [9].

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se busca proporcionar una visión detallada de la metodología, el contexto operativo, estructura organizativa, recursos disponibles y desafíos que tiene la empresa incluyendo su historia, valores fundamentales y su posición en el mercado. Este análisis servirá como punto de referencia para la posterior evaluación de posibles mejoras y recomendaciones en capítulos posteriores.

3.1. Metodología

El desarrollo del presente trabajo se basó en el método de análisis inductivo, ya que a medida que se vayan identificando eventos singulares a través de la observación se permitirá detectar los problemas existentes dentro de la empresa.

Además, se centrará tanto en una investigación documental como de campo.

Documental: Para el desarrollo del marco teórico, se recopiló información indispensable acerca del tema estudiado través de la investigación en libros, tesis, artículos científicos, sitios web y otras fuentes pertinentes.

De campo: Este método se enfoca en observar directamente los eventos en el lugar y momento en que suceden. El diagnóstico se realiza recopilando y analizando datos a través de un procedimiento técnico, analítico y sistemático con el propósito de definir la situación actual y el control de inventarios de la empresa.

3.1.1. Técnicas de investigación

Las técnicas utilizadas para la identificación de los problemas fueron:

- Observación y toma de fotografías
- Análisis de documentos
- Entrevista y encuestas

3.1.2. Instrumentos

Los instrumentos principales que se emplearon en este trabajo de investigación son:

- Diagrama SIPOC
- Diagrama de Ishikawa
- Software como Excel y Word
- Computadora, celular

3.2. Descripción de la empresa

E. C. Industrial es una compañía destacada en el ámbito del mantenimiento mecánico integral de maquinaria y equipos industriales con una trayectoria de 25 años de experiencia. Su amplia gama de servicios se enfoca en atender las necesidades de diferentes áreas industriales, como la cementera, camaronera, construcción, minería, marisqueras, entre otros. La especialización en estas áreas les permite tener un conocimiento sólido de los equipos y procesos específicos de cada una, lo que les permite ofrecer soluciones efectivas y eficientes.

Además del mantenimiento, E. C. Industrial cuenta con una destacada capacidad de construcción de estructuras metálicas, ofreciendo soluciones personalizadas para diferentes proyectos y necesidades de sus clientes. Su amplio conocimiento en la fabricación de estructuras metálicas les permite llevar a cabo proyectos de gran envergadura con altos estándares de calidad y seguridad.

El compromiso de E. C. Industrial con sus clientes es total, brindando productos y servicios de alta calidad y poniendo en primer plano la satisfacción del cliente en todo momento. El personal está formado por expertos con una gran preparación y experiencia en la industria, lo que les capacita para brindar soluciones innovadoras y efectivas a los retos diarios. La empresa está en constante evolución, buscando siempre mejorar sus procesos y servicios para estar a la vanguardia del sector.



Fig 3. Logotipo empresa

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

3.2.1. Misión

Proporcionar servicios de mantenimiento mecánico integral y construcción de estructuras metálicas de alta calidad, soluciones personalizadas y eficientes a nuestros clientes, garantizando la seguridad, confiabilidad y eficacia de sus equipos industriales. Nos comprometemos a trabajar con excelencia y respeto profesional.

3.2.2. Visión

El propósito de la empresa es sobresalir en los mercados nacional e internacional como líderes en servicios de mantenimiento mecánico integral y en la construcción de estructuras metálicas.

3.2.3. Valores

- **Responsabilidad:** Nos comprometemos a ser responsables y éticos en todas nuestras acciones, cuidando siempre la seguridad de nuestro personal y la de nuestros clientes.
- **Compromiso:** Estamos comprometidos con nuestros clientes, ofreciendo soluciones eficientes y personalizadas que se ajusten a sus necesidades específicas.
- **Trabajo en equipo:** Trabajamos en equipo, fomentando la colaboración, el respeto y la comunicación efectiva entre nuestros colaboradores, clientes y proveedores.
- **Innovación:** Nos enfocamos en la innovación, buscando siempre nuevas soluciones y tecnologías que mejoren nuestros servicios y procesos, y nos permitan estar a la vanguardia del sector.
- **Responsabilidad social:** Nos consideramos una empresa comprometida con la responsabilidad social, dedicada al bienestar de nuestra comunidad y el cuidado del medio ambiente.

3.2.4. Mercado

Su enfoque principal es el mercado de servicios de mantenimiento mecánico integral y construcción de estructuras metálicas, atendiendo las necesidades de diferentes áreas industriales, como la cementera, camaronera, construcción, minería, marisqueras, entre otros. Al enfocarse en

estos sectores, la empresa cuenta con un conocimiento profundo de los equipos y procesos específicos de cada uno, permitiendo ofrecer soluciones personalizadas y efectivas para cada necesidad de sus clientes. La empresa tiene la capacidad de ofrecer sus servicios tanto a nivel cantonal como nacional, buscando abarcar un amplio mercado y atender a clientes en diferentes partes del país.

3.3. Ubicación

TABLA IV
UBICACIÓN DE LA EMPRESA

País: Ecuador

Provincia: Imbabura

Ciudad: Otavalo

Dirección: Vía Otavalo-Selva Alegre
7, ciudadela los lagos.

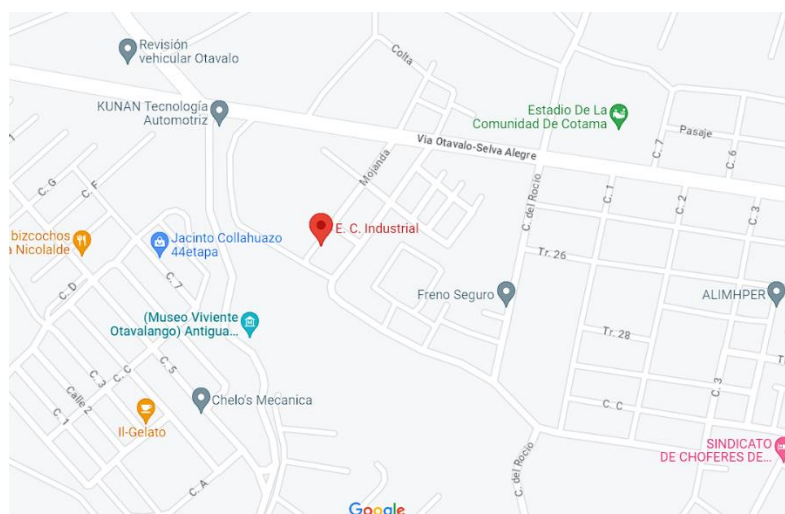


Fig 4. Ubicación de la empresa

3.4. Layout de la empresa

Los departamentos administrativo y operativo se encuentran separados por una calle, lo cual plantea algunos desafíos logísticos.

3.4.1. Área administrativa:

En la figura 5 se puede observar el Layout que representa al área administrativa la cual consta de dos habitaciones distintas. La primera habitación alberga las oficinas, donde los empleados realizan tareas administrativas, gestionan proyectos y realizan labores relacionadas con

la contabilidad y el recurso humano. Es un entorno creado para promover la colaboración y la comunicación eficaz entre los integrantes del equipo de trabajo.

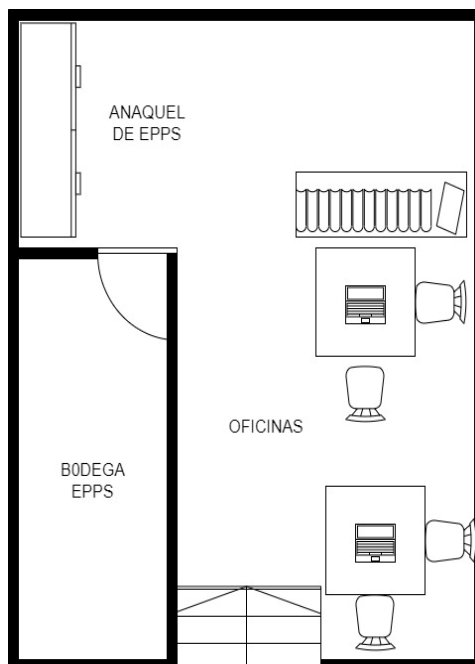


Fig 5. Layout el área administrativa

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

La segunda habitación en el departamento administrativo se destina al almacenamiento de equipos de protección personal (EPP's), herramientas y repuestos. Sin embargo, el inventario en esta área se encuentra desordenado y carece de un sistema de registro adecuado. Esta falta de organización puede ocasionar dificultades para localizar rápidamente los elementos necesarios, generando un mayor uso del tiempo y recursos dedicados al proceso.

3.4.2. Área operativa:

En el área operativa, se presentan nuevos desafíos en términos de distribución y orden. Aquí, existen tres bodegas destinadas al almacenamiento de máquinas y herramientas, pero lamentablemente, también sufren de desorden. La ausencia de un sistema de organización definido dificulta encontrar de manera eficaz los equipos necesarios para las tareas diarias, lo que puede llevar a pérdidas de tiempo y reducción en la productividad de los empleados.

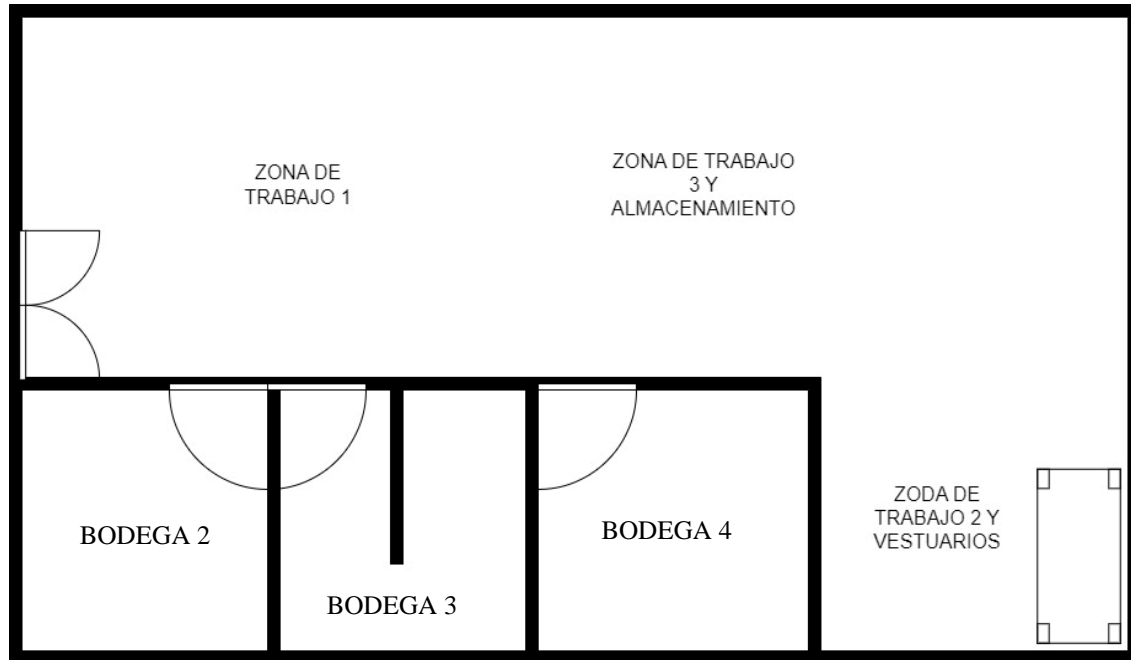


Fig 6. Layout del área operativa

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

En el departamento operativo se encuentran tres zonas de trabajo donde los trabajadores llevan a cabo las tareas de producción y fabricación. Es importante que estas áreas cuenten con el equipamiento y la organización adecuado para aumentar la eficiencia sin dejar de lado la seguridad de los trabajadores.

3.5. Organización de la empresa

3.5.1. Organigrama

Subsecuentemente, se presenta la estructura organizacional de la empresa:

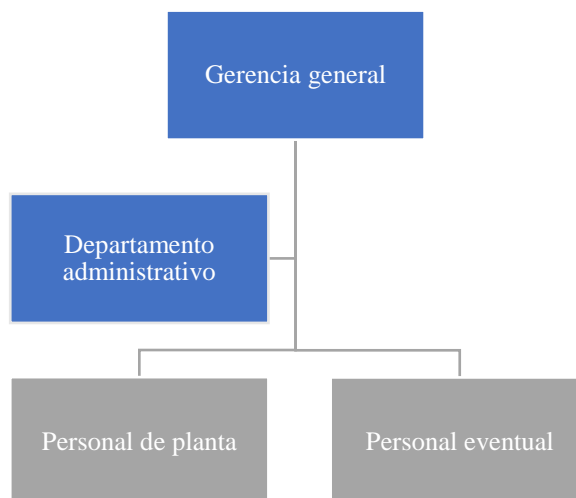


Fig 7. Organigrama de la empresa

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

3.5.2. Diagrama SIPOC

En la figura 7, se ilustra el diagrama SIPOC del proceso operativo que se produce en la empresa. Las dos primeras columnas presentan la categorización de los proveedores, las entradas y los recursos con los que cuenta la empresa. La tercera columna aborda el proceso que se debe realizar cuando se presenta un contrato eventual de trabajo ya sea para empresas privadas o trabajos para personas particulares. Por último, en la última sección de columnas, se da a conocer lo que la empresa finalmente ofrece a sus clientes que es reparar maquinaria, crear, mantener y transformar de estructuras metálicas orientados al sector mecánico, realizar trabajos de soldadura, andamiaje, entre otros.

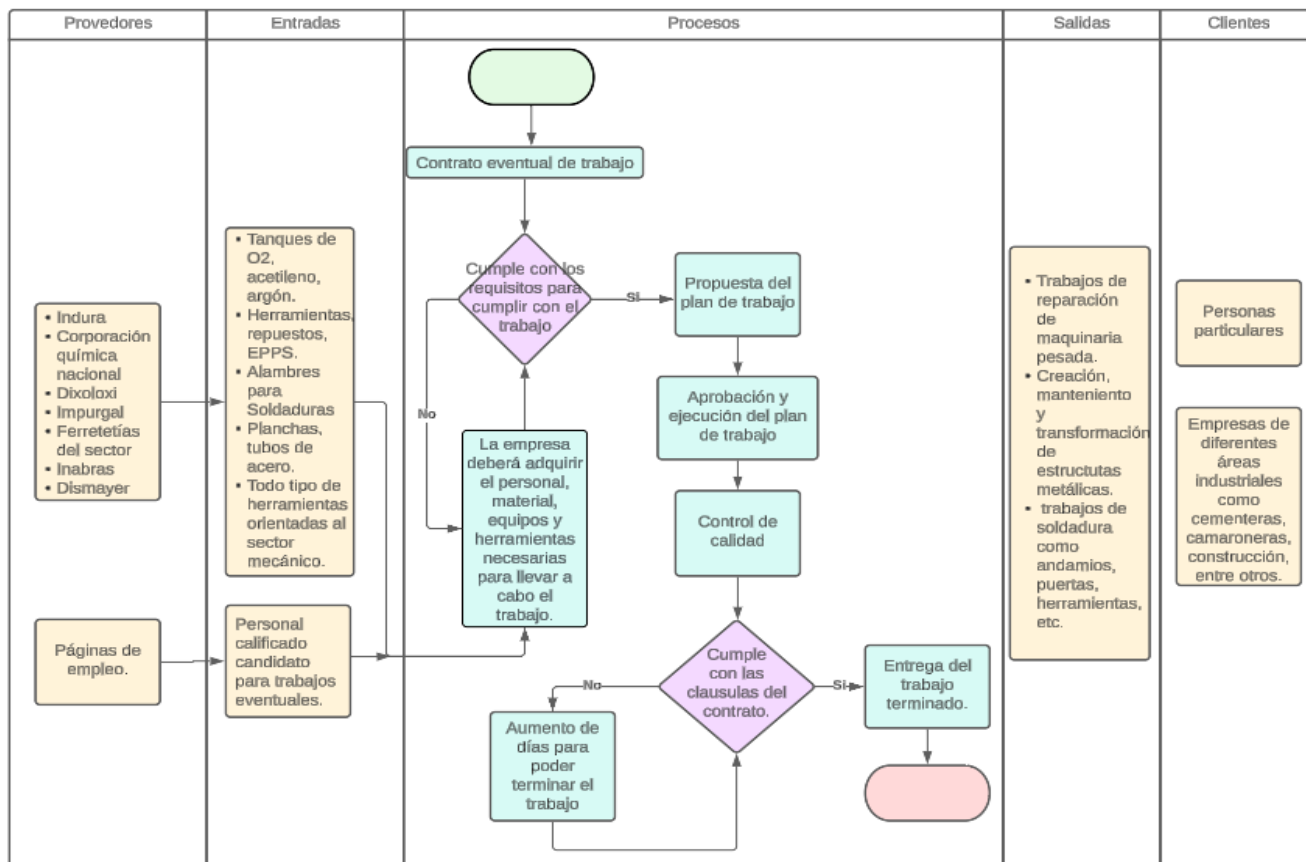


Fig 8. Diagrama SIPOC

Es fundamental resaltar que, en el proceso descrito en el diagrama, se identifica que el incumplimiento de los requisitos para cumplir con un contrato de trabajo que generalmente se debe a la falta de verificación previa que se disponen del material, las herramientas y los trabajadores necesarios. Por lo tanto, antes de formalizar el contrato y presentar un plan, es crucial asegurarse de que todos estos recursos estén disponibles para llevar a cabo el trabajo de manera efectiva.

Una planificación adecuada para la adquisición de materiales y equipos contribuye a prevenir posibles percances o retrasos en el cumplimiento de proyectos. Al asegurarse de tener los recursos necesarios en el momento oportuno, se evitan interrupciones innecesarias y se optimiza la productividad de los equipos de trabajo.

3.6. Análisis del problema

Para detectar los problemas que influyen en el desempeño de la empresa, se empleó la técnica del brainstorming, que incluyó observaciones y la formulación de preguntas a los responsables y empleados del área. Esta metodología se aplicó con el fin de identificar los problemas existentes de la empresa tomando en cuenta la opinión de los trabajadores y supervisores.

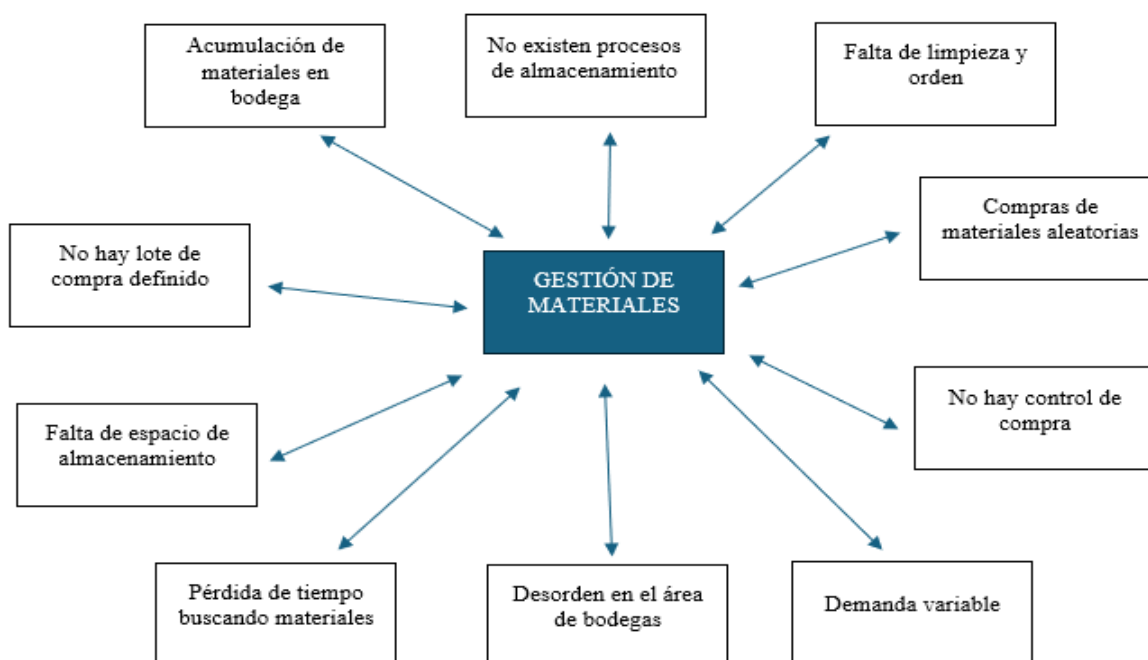


Fig 9. Brainstorming

Durante la sesión de lluvia de ideas mostrada en la figura 9, se recopilieron datos que fueron utilizados para elaborar un diagrama de Ishikawa, el cual reveló las causas raíz principales problema de gestión de inventarios. A través de la colaboración del personal, se identificaron diversos factores que afectaban directamente en el proceso de inventario de la empresa. Estas ideas fueron organizadas y clasificadas para ilustrar una visión más completa de los desafíos asociados con la gestión de inventarios.

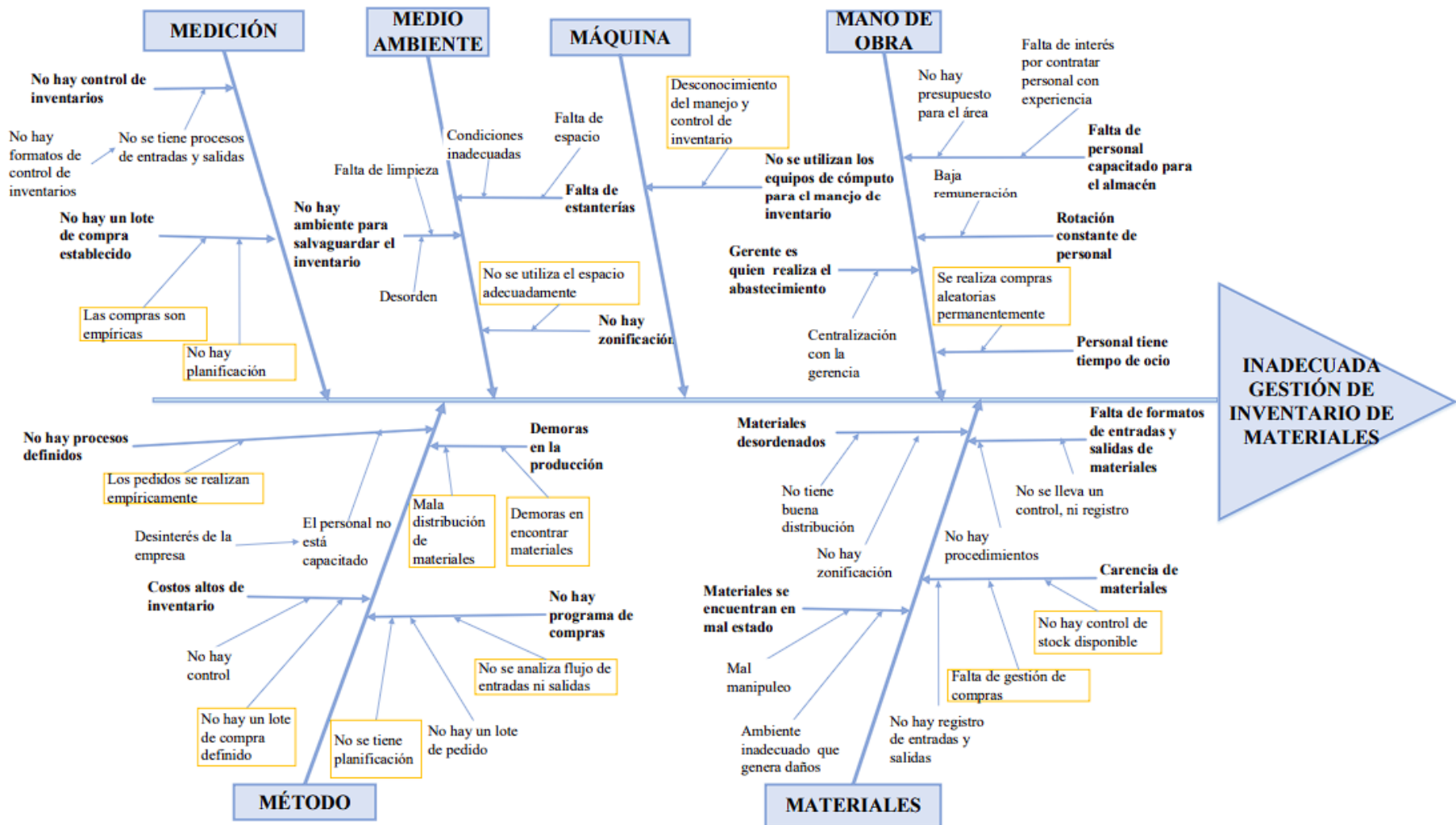


Fig 10. Diagrama de Ishikawa

La construcción del diagrama de Ishikawa permitió visualizar de manera más clara las áreas críticas y sus interconexiones, brindando una base en la cual poder desarrollar estrategias y soluciones ante las causas raíz identificadas. La simplicidad de la estructura del diagrama no solo ayuda a entender los problemas, sino que también facilita la implementación de medidas correctivas para mejorar considerablemente el sistema de gestión de inventarios de la empresa.

A continuación, se presentan las principales ramas del diagrama en las que se debe actuar para mejorar la situación actual de la empresa:

3.6.1. Ambiente de trabajo

El almacenamiento de materiales es una parte fundamental de su función logística. Sin embargo, esta actividad se ve afectada por la falta de áreas designadas para cada tipo de material, lo que resulta en la ausencia de procedimientos específicos para esta tarea.

En este sentido, no se sigue un proceso de almacenamiento estructurado. Los trabajadores simplemente adquieren los materiales que necesitan del área donde se acumulan, sin que haya un registro de las entradas y salidas. Además, no existen documentos que registren el tipo y cantidad de material que toman los operarios.



Fig 11. Situación actual de bodega 1

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

Cuando se adquiere nuevo material, este es entregado por el gerente, responsable de las compras, y recibido por los operarios. Estos últimos llevan el material al área de operaciones para

utilizarlo según lo necesiten en ese momento. En caso de que queden excedentes, los colocan de manera improvisada en el área que llaman almacén, como se muestra en la figura 11.



Fig 12. Situación actual de bodega 2

Fuente: Empresa E.C.Industrial.

La figura 12 revela que el lugar donde se almacenan los materiales carece de organización y distribución adecuada por zonas, y sus condiciones no favorecen la preservación adecuada de los materiales. Esto resulta en retrasos para los operarios al buscar los materiales. Además, en el depósito de la empresa el desorden es otro problema al que se debe atacar dado que cajas y distintas herramientas bloquean el paso ocasionando demoras y caídas eventualmente.

3.6.2. Materiales

La empresa no controla las entradas y salidas de materiales. No se evidencia un sistema de registro. No se observa la existencia de procedimientos para organizar los materiales, los trabajadores aplican su criterio, para retirar o dejar en el lugar en el que se almacenan.



Fig 13. Situación actual de bodega 3

Fuente: Empresa E.C.Industrial

En la figura 13 se puede observar que los materiales de trabajo están distribuidos en lugares que no guardan relación entre sí, por ejemplo, hay neumáticos y cajas que se encuentran tiradas por el suelo haciendo que el trabajador tenga inconvenientes en desplazarse por la bodega y así poder encontrar lo que necesita.

3.6.3. Métodos

La empresa carece de métodos definidos para la organización de los materiales pues los requerimientos se transmiten verbalmente, lo cual no es eficiente y puede resultar en compras excesivas o en falta de materiales, lo que causa demoras al tener que salir a comprar más materiales.

El manejo y recepción de materiales por parte del personal carece de organización, ya que no se lleva un registro adecuado. Esta falta de registro dificulta saber exactamente qué materiales se necesitan para un proceso específico. El desorden también dificulta la ubicación de los materiales necesarios, ya que no hay una jerarquía establecida según su grado de uso. Esto provoca demoras y pérdida de tiempo en la búsqueda de los materiales, tiempo que podría utilizarse de manera más productiva en la elaboración de los pedidos.

3.7. Resultados

En el diagrama de Ishikawa se pudieron identificar las causas fundamentales que aparecen con mayor frecuencia en el análisis, las cuales se presentan en la tabla 5 con su respectiva herramienta de corrección para reducir las causas fundamentales identificadas:

TABLA V
CAUSAS Y HERRAMIENTAS DE CORRECCIÓN

Causa raíz	Herramientas de corrección
No se utiliza el espacio adecuadamente	ABC
Los pedidos se realizan empíricamente	PRONÓSTICO
No existe lote de compra definido	EOQ
Falta de gestión de compra	STOCK DE SEGURIDAD
Mala distribución de materiales	REDISTRIBUCIÓN DEL INVENTARIO
No hay control de inventario	POLÍTICA DE GESTIÓN DE INVENTARIO

El análisis revelado en la tabla anterior identifica el desorden en el espacio de trabajo como la principal causa raíz de la gestión inadecuada de inventarios. Para abordar este problema se recomienda implementar un modelo ABC y reorganizar el modelo físico de las instalaciones. Además, la falta de gestión eficaz de compras y de control de inventarios provoca demoras que resultan en pérdidas para la empresa. Por este motivo, se sugiere establecer una política integral de gestión de inventarios para mitigar esos puntos críticos y mejorar la eficiencia operativa. .

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Esta propuesta se enfoca en mejorar la eficiencia operativa mediante la clasificación, redistribución y estandarización del inventario con el fin de optimizar el espacio físico de almacenamiento. Se comenzará con la representación de los datos clasificándolos en familias mediante un diagrama de Pareto, luego se realizará la clasificación ABC para identificar los productos más vendidos. Se elaborará y elegirá el mejor pronóstico, lo que permitirá calcular el EOQ para los principales insumos de la empresa para luego proponer una redistribución de Layout, priorizando el orden y la ubicación de los insumos más relevantes para optimizar la eficiencia operativa. Finalmente, se establecerán roles, responsabilidades, políticas, directrices y estrategias para el manejo de inventarios por fases aplicables al tipo de empresa.

4.1. Base de datos

Para desarrollar la representación de los datos y poder clasificarlos, se recopilaron los registros históricos proporcionados por la empresa, los cuales fueron validados por los responsables del almacenamiento de los materiales. La información obtenida abarca los periodos de 2019 a 2023, detallando la cantidad de insumos requeridos por la empresa en cada año. Esta base de datos está completamente documentada en el anexo 2.

4.2. Diagrama de Pareto

El siguiente diagrama mostrado en la figura 14, se utilizó para representar de manera más sencilla los datos agrupándolos por familias. De esta manera se pudo identificar y priorizar las familias según su impacto dentro de la empresa.

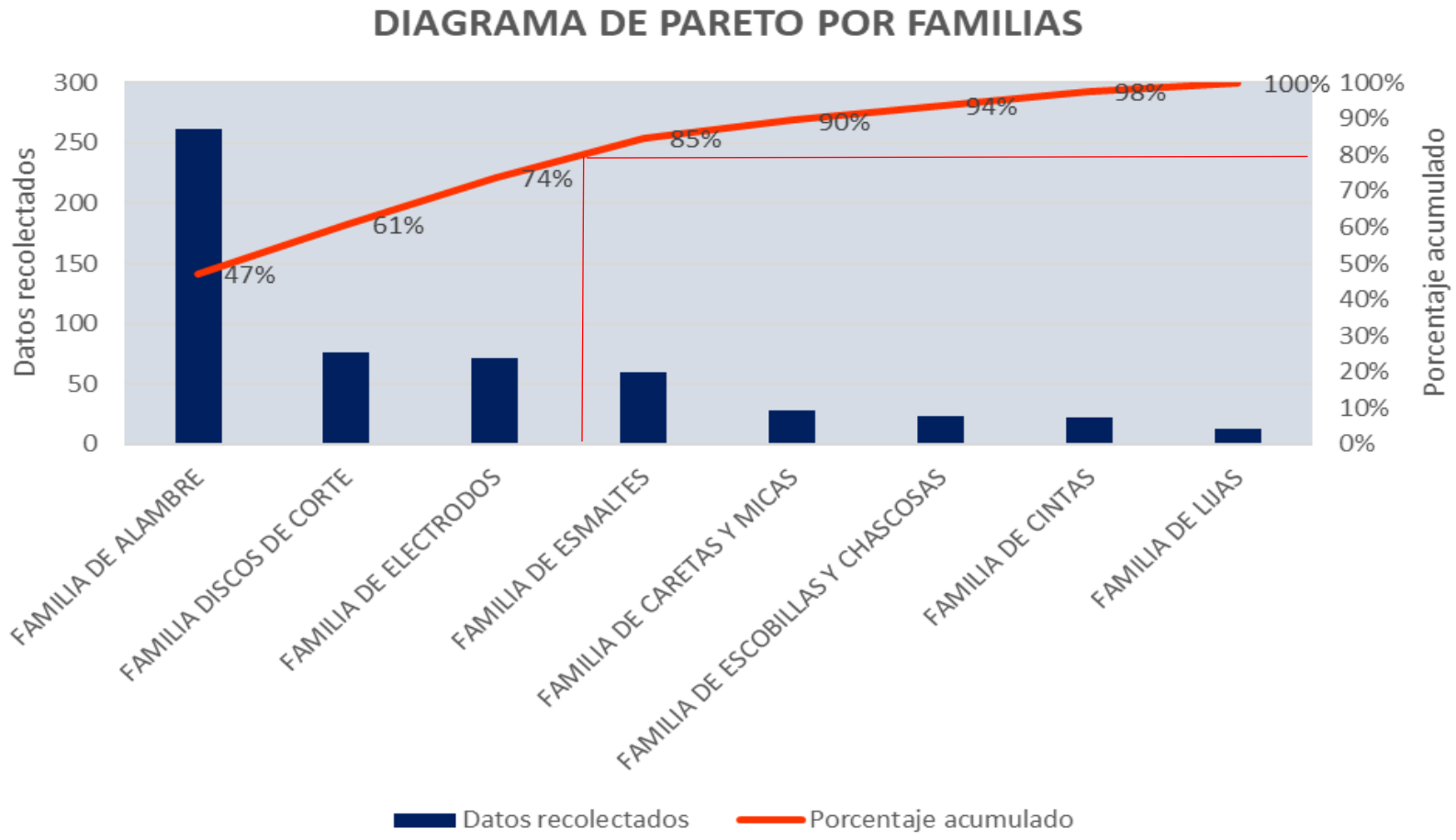


Fig 14. Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Clasificación ABC

La clasificación ABC se llevó a cabo utilizando los datos recopilados en el diagrama de Pareto. El objetivo principal de emplear la clasificación ABC es identificar los materiales más significativos representados con la letra “A” y que representan el 80% de la inversión total que se realizan en el área de almacenamiento.

TABLA VI
RESUMEN CLASIFICACIÓN ABC

TABLA RESUMEN	
ZONA	ELEMENTOS
A	Familia de alambres, discos de corte y electrodos
B	Familia de esmaltes, caretas y micas
C	Familia de escobillas, chascosas, cintas y lijas

Fuente: Elaboración propia.

En este caso en la tabla 6, se determina que las familias de alambres, discos de corte y electrodos son de alta prioridad, debido a que según el diagrama de Pareto estos materiales están dentro del 20% de insumos más importantes. Es lógico considerando que la empresa se especializa en la construcción de estructuras metálicas. Estos alambres, discos de corte y electrodos son esenciales para garantizar la calidad y resistencia de las soldaduras.

En el grupo B, se incluyen las familias de esmaltes, caretas y micas. Estos insumos son cruciales para las operaciones diarias, ya que las caretas y micas se utilizan para protección personal a la hora de soldar tubos para las estructuras. Aunque no son tan críticos como los del grupo A, su disponibilidad es vital para mantener la eficiencia en la producción.

Finalmente, en el grupo C se encuentran el resto de los insumos, como las familias de escobillas, familias de cintas, familias de lijas, y otros materiales de menor valor. Su disponibilidad es importante para garantizar la calidad de la empresa.

4.4. Pronóstico de la demanda

Con el fin de prever las necesidades de abastecimiento en años futuros se propone analizar la demanda anual de materiales que son necesarios adquirir para satisfacer las necesidades productivas de la empresa

Para ello se realizó el pronóstico de la clasificación A ya que es la más importante para el funcionamiento de la empresa; sin embargo, a continuación, se muestran los datos de la familia de alambres y las demás gráficas de las familias se encuentran en los anexos

Es importante señalar que antes de realizar el pronóstico se procedió a graficar todos los datos de la familia de alambres dando como resultado la siguiente figura:

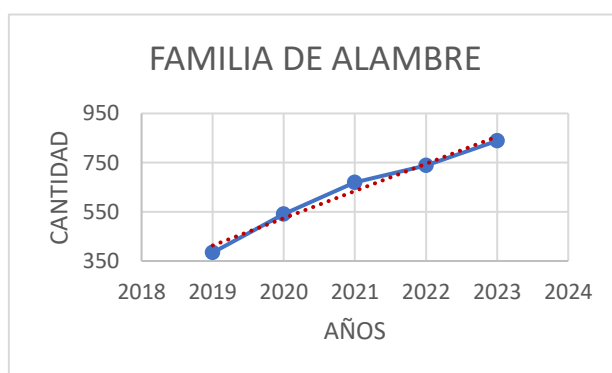


Fig 15. Familia de alambre

En el gráfico anterior se puede observar que los datos tienen una tendencia ascendente positiva que va creciendo con el paso de los años debido a que necesitan adquirir más material para realizar sus trabajos. Esta tendencia ascendente también se pudo evidenciar en el resto de los insumos. Por lo tanto, los métodos de pronóstico elegidos que más se ajustaban fueron:

- Regresión Lineal
- Método de Holt

Se utilizan dos métodos de pronóstico para poder comparar los resultados obtenidos y así poder determinar cuál ofrece una mayor precisión y se adapta mejor a las necesidades de la empresa.

4.4.1. Pronóstico para el grupo A por regresión lineal

Esta técnica es útil para pronosticar la demanda, planificar la producción y optimizar el inventario ayudando a tomar decisiones basadas en datos proporcionados por la empresa mostrados

en los anexos, que muestran los pedidos anuales para la producción desde los años 2019 al 2023 empezando desde el mes de enero al mes de diciembre en cada año. Al aplicar este método de pronóstico se obtiene la demanda para los años futuros 2024 y 2025 y al graficar los datos se obtiene lo siguiente:

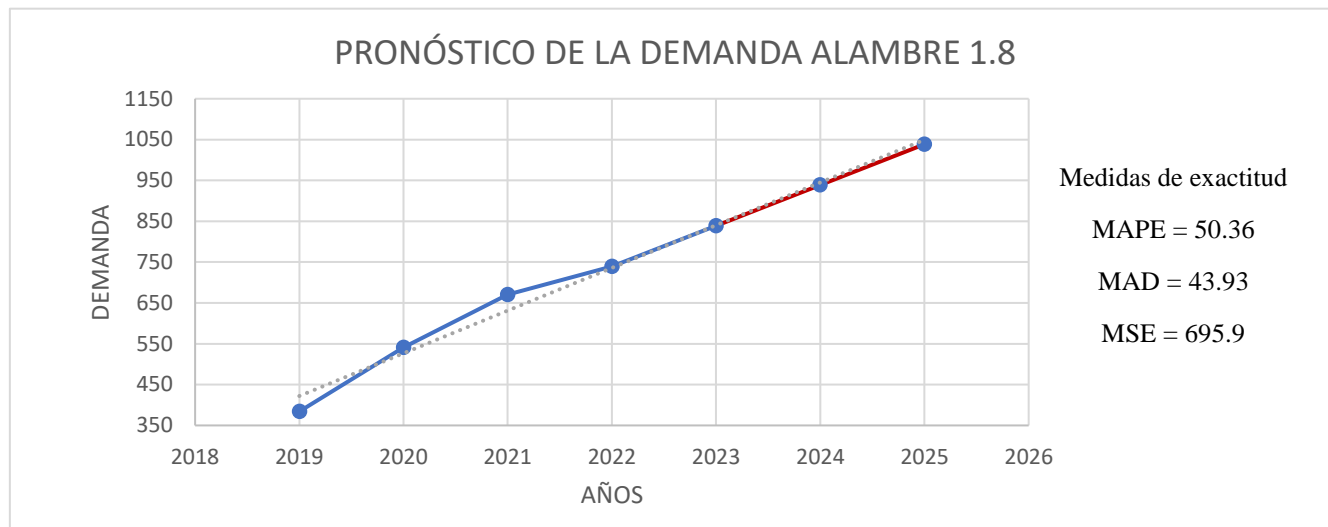


Fig 16. Pronóstico método de regresión lineal

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Pronóstico para el grupo A por método de Holt

Los resultados de la aplicación del método de Holt para el pronóstico de series temporales se presentan a continuación, utilizando los mismos datos analizados anteriormente.

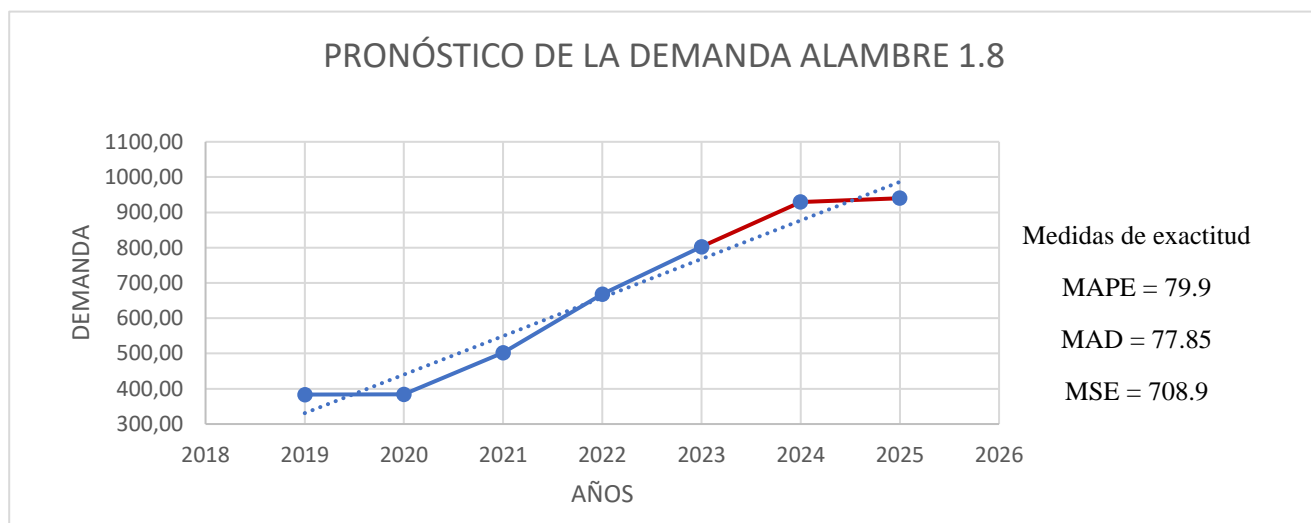


Fig 17. Pronóstico método de Holt

Fuente: Elaboración propia.

Según las gráficas obtenidas, la línea de tendencia si es muy similar entre los dos pronósticos por lo que es necesario analizar los resultados del resto de materiales con el propósito de determinar cuál ofrece una mayor precisión y se adapta mejor a las necesidades de la empresa.

4.4.3. Elección del mejor método de pronóstico

Para asegurarse de elegir el mejor método para esta investigación se debe comparar los errores totales obtenidos a la hora de realizar el pronóstico que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA VII
COMPARACIÓN DE ERRORES DE PRONÓSTICOS

FAMILIA	MEDIDAS DE EXACTITUD	MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL	METODO DE HOLT
ALAMBRE	MAPE	66.5	66.84
	MAD	54.80	65.07
	MSE	645.86	680.48
DISCOS DE CORTE	MAPE	93.27	95.64
	MAD	71.03	73.40
	MSE	634.19	636.56
ELECTRODOS	MAPE	60.32	65.12
	MAD	51.56	58.98
	MSE	202.35	456.32

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se realizó la comparación del promedio de errores, encontrados en la familia de alambres, del error porcentual absoluto medio (MAPE) que es el encargado de medir el error medio porcentual entre las predicciones y los valores reales. También se tomó en cuenta la desviación absoluta media (MAD) cuyo propósito es medir el promedio de las diferencias absolutas de las predicciones y los valores reales y por último se tomó en cuenta el error cuadrático medio (MSE) que permite conocer el promedio de los errores. Con estos datos se puede observar que el mejor método de pronóstico que mejor se ajusta es el de regresión lineal puesto que presenta un menor error en comparación con el otro método.

4.4.4. *Pronósticos obtenidos por regresión lineal y método de Holt.*

Los resultados obtenidos varían dependiendo del método que se elija debido a los parámetros que se deben aplicar para realizar cada método.

TABLA VIII
RESULTADOS DE LOS PRONÓSTICOS

	INSUMO	Método de regresión lineal	Método de Holt
PRONÓSTICO			
AÑO 2024	Familia de alambres	938	929
PRONÓSTICO			
AÑO 2025	Familia de alambres	1038	940
PRONÓSTICO			
AÑO 2024	Familia discos de corte	126.33	135.6
PRONÓSTICO			
AÑO 2025	Familia discos de corte	139.04	142.3
PRONÓSTICO			
AÑO 2024	Familia de electrodos	45.62	48.9
PRONÓSTICO			
AÑO 2025	Familia de electrodos	60.8	79.8

Fuente: Elaboración propia.

4.5. **Modelo de gestión de inventarios**

Este modelo de gestión se basa en el cálculo de indicadores como son la determinación del stock de seguridad, el pedido óptimo, el punto de reorden y los días entre pedidos. Posteriormente se estableció una nueva redistribución del inventario mediante la metodología ABC, así como el establecimiento de las políticas que regirán la nueva gestión de materiales del inventario.

4.5.1. Indicadores para la gestión de inventarios

Para optimizar la gestión de inventarios, es importante monitorear indicadores clave como el nivel medio de stock, la cantidad óptima de pedido, el punto de reorden y los días entre pedidos, que permiten evaluar y ajustar el sistema de gestión.

TABLA IX
INDICADORES PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS

INDICADORES PARA LA VERIFICACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS				
NOMBRE DEL INDICADOR	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Stock de seguridad	$S_s = Z \times D \times L$	Z= factor de servicio D= Desviación estándar L= Tiempo de reabastecimiento D= demanda anual del producto	Mensual	Área de bodega
Pedido óptimo	$EOQ = \sqrt{2DS/H}$	S= Costo de realizar un pedido H= Costo de mantener una unidad de inventario D= Demanda	Mensual	Área de bodega
Punto de reorden	Punto de Reorden = $D \times L$	L= Tiempo de reabastecimiento	Mensual	Área de bodega
Días entre pedidos	$DP = CP / CDP$	CP= Cantidad de pedidos CDP= Consumo diario promedio	Mensual	Área de bodega

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores presentados en la tabla 9 están diseñados para asistir a los responsables del área de bodega en la toma de decisiones, asegurando que el inventario se mantenga en línea con los requerimientos de la empresa. El stock de seguridad actúa como una reserva adicional destinada a mitigar eventos inesperados, evitando la falta de insumos. Para optimizar la gestión del inventario, se utiliza el pedido óptimo, el cual determina la cantidad ideal de productos a solicitar

en cada ocasión, buscando un balance entre los costos de almacenamiento, pedido y faltantes. El punto de reorden establece el momento adecuado para realizar un nuevo pedido y evitar desabastecimientos, mientras que los días entre pedidos reflejan el intervalo de tiempo entre órdenes sucesivas. Los resultados detallados para los insumos de la empresa se encuentran en los anexos.

4.5.2. *Redistribución de Layout*

La clasificación ABC se utiliza para organizar los materiales en el almacén, distribuyéndolos de acuerdo con su relevancia y el espacio que ocupan, facilitando su localización eficiente. Además, los pasillos entre las estanterías deben cumplir con las normativas básicas de seguridad y ergonomía en el entorno laboral, conforme a la normativa NTP 298.

4.5.2.1. Normas de circulación en los pasillos

La circulación en los pasillos debe estar debidamente regulada para evitar colisiones y atropellos. Estas directrices logísticas deben ser comunicadas a los trabajadores y es crucial que se respeten para prevenir accidentes.

4.5.2.2. Características de las estructuras y pandeo máximo admisible

El almacenamiento en estanterías y estructuras implica la disposición de diversas cargas, ajustadas en altura según su uso, utilizando tanto equipos manuales como mecánicos. La NTP establece los lineamientos para el almacenamiento estático en estanterías, detallando las características distintivas de estas estructuras y su nomenclatura técnica.

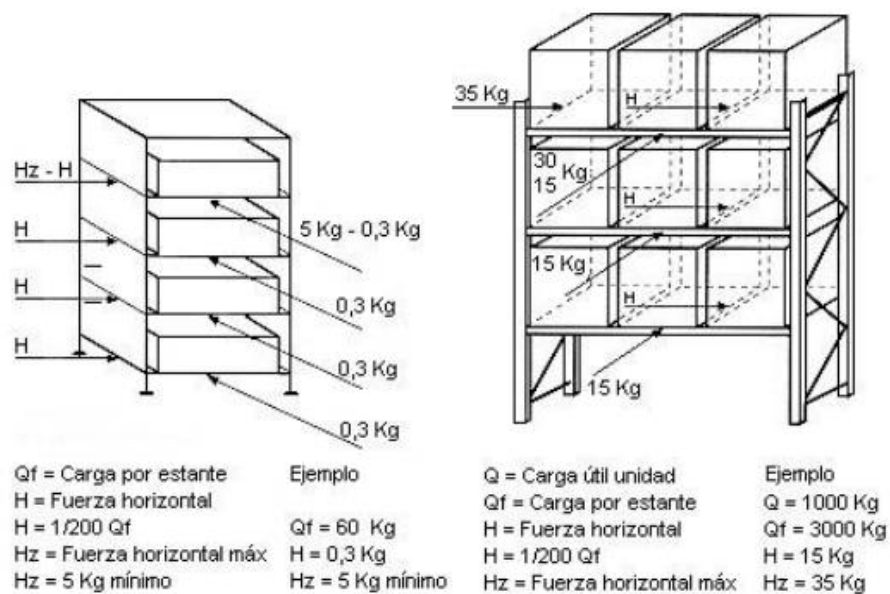


Fig 18. Características de las estanterías

Fuente: Normativa NTP 298.

4.5.2.3. Ventilación e iluminación

La ventilación e iluminación son condiciones fundamentales en un entorno laboral, las mismas que permiten al trabajador desempeñar sus actividades con la mayor comodidad posible.

Con el fin de asegurar una buena visibilidad en áreas de almacenamiento y circulación, se recomiendan los siguientes valores lumínicos. La ubicación de los sistemas de iluminación debe ser estratégica, situándolos sobre los pasillos para iluminar las zonas de trabajo sin causar deslumbramiento.

Espacios y lugares	Iluminación recomendable (Lux)	
	Valor recomendado	Valor mínimo
Almacenes	150	60
Talleres donde no es necesario ver detalles	300	120-200

Fig 19. Iluminación recomendable en almacenes

Fuente: Norma ecuatoriana de la construcción.

4.5.3. Redistribución de materiales

La siguiente tabla presenta la cantidad de estanterías óptima entorno a los metros cuadrados disponibles en las diferentes bodegas de almacenamiento de la empresa.

TABLA X
CAPACIDAD DE ESTANTERÍAS

CAPACIDAD DE ESTANTERÍAS POR BODEGA						
Bodega	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Área	Área total disponible (m ²)
1	2	3	1	2.5	3	16
2	2	2.5	1	2.5	2.5	14
3	1	2.5	1	2.5	2.5	12
4	2	3	1	2.5	3	14
					TOTAL	56

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 10, en cada bodega entran de 1 a 2 estanterías en las cuales se puede asignar un código a cada material y almacenarlos de acuerdo con la distribución ABC dando prioridad a los materiales que más necesitan para realizar las labores en la empresa. La codificación de los materiales se muestra a continuación:

ABC			
NOMBRE DEL PRODUCTO	CLASIFICACIÓN	ESTANTERÍA	CÓDIGO
FAMILIA DE ALAMBRES	A	M1	AL - 1,8, 1,2, 1,6
FAMILIA DE DISCOS DE CORTE	A	M1	DIS - 7, 8, 6
FAMILIA DE ELECTRODOS	B	M2	EL - E7018
FAMILIA DE ESMALTES	B	M2	ES - SINT, ORG
FAMILIA DE CARETAS Y MICAS	C	M3	CAR - 7,8 , MIC - 5P
FAMILIA DE ESCOBILLAS Y CHASCOSAS	C	M3	ESC - CHAS
FAMILIA DE CINTAS	C	M3	CIN - 4,5
FAMILIA DE LIJAS	C	M3	LIJ - F - 50

Fig 20. Codificación de materiales en bodega

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la clasificación ABC de los materiales, se ha creado un sistema de codificación para indicar la ubicación de cada material en estanterías y niveles específicos, tal como se presenta en la tabla 20.

Como se puede observar en la figura 20, la disposición de los materiales en cada estantería se determinó según la importancia de los materiales y considerando las máquinas en las que se utilizan. Además, se consideró que los materiales más pesados deberán colocarse en los niveles más bajos de las estanterías con el fin de evitar riesgos por si se caen.

A continuación, se muestran las estanterías nombradas M1, M2 y M3 las cuales tienen un ejemplo de la distribución de los materiales con respecto a su código.

4.5.3.1. Redistribución en planta de estanterías según el ABC para la bodega 1

La colocación y distribución de las estanterías en el almacén que se representa en la siguiente figura 20, se ha planificado estratégicamente, asignando colores a los productos para indicar su ubicación y teniendo en cuenta las normas antes planteadas. Los productos A representados en color verde están almacenados en la bodega 1 en la cual se planea poner dos estanterías. Esta organización busca mejorar la eficiencia operativa y optimizar el espacio, permitiendo una gestión efectiva de los productos en función de su demanda y frecuencia de acceso.



Fig 21. Redistribución en planta en 2D y 3D de la bodega 1

Fuente: Elaboración propia.

Para asegurar un óptimo manejo y funcionamiento del almacenado de los insumos, es fundamental que las medidas entre estanterías se mantengan en 1.5 metros. Esta distancia proporciona el espacio adecuado para la circulación de equipos y personal, facilitando así las operaciones de carga y descarga. Además, esta medida óptima contribuye a la organización y la seguridad en el almacén, permitiendo un acceso fácil y seguro a los productos almacenados.

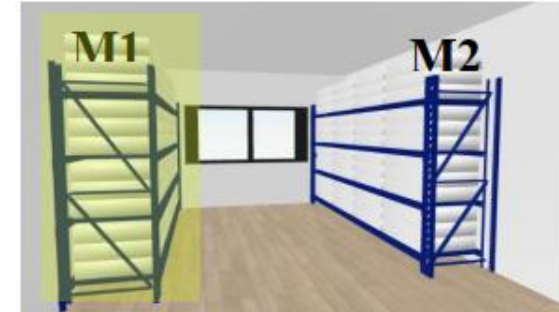
Es importante considerar también otras medidas que contribuyan a la eficiencia, como la altura de las estanterías, la disposición de los pasillos y la ubicación estratégica de los productos de mayor rotación. Estas acciones, junto con un diseño apropiado del almacén, pueden incrementar notablemente la eficacia operativa de la empresa y el desempeño de las operaciones de almacenamiento.

TABLA XI
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE ESTANTERÍA M1

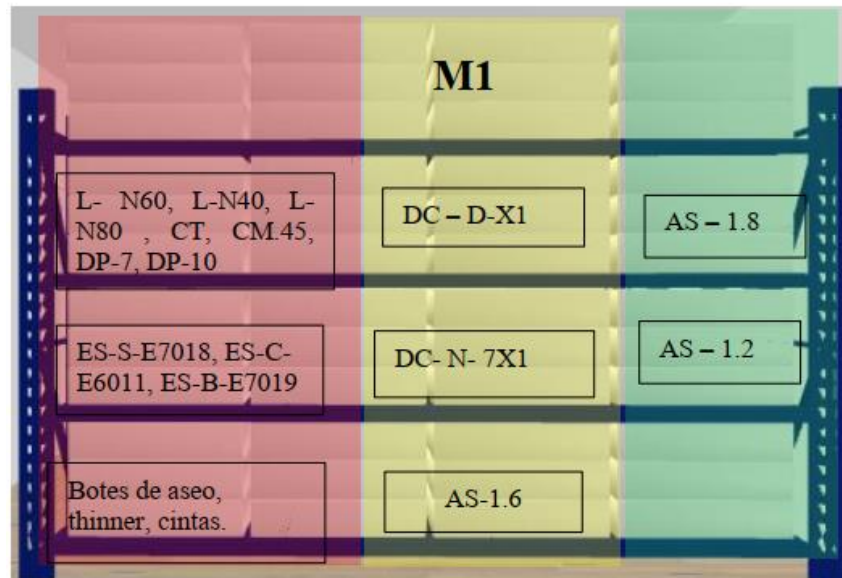
ANTES



DESPUÉS



DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES BODEGA 1

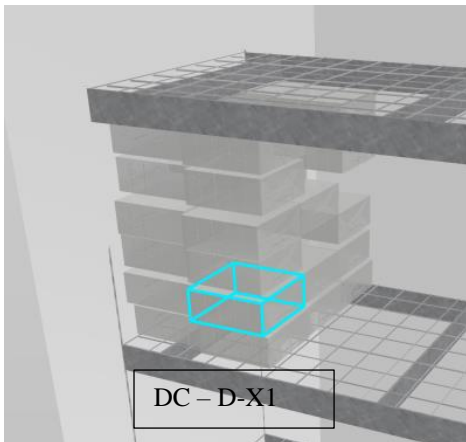
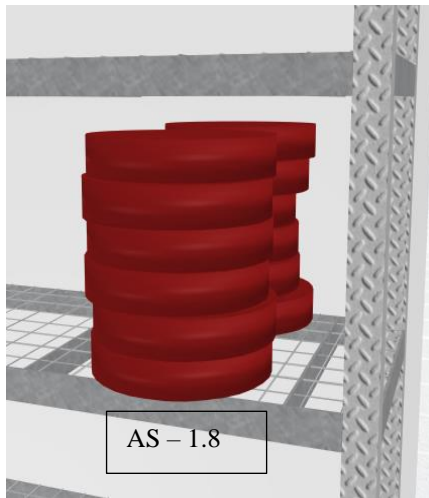


Estantería M1 para la familia de alambres en la bodega 1.

La disposición de colores muestra el lugar en el que deberán estar ubicados los materiales según la clasificación ABC. Verde para representar los materiales que más importancia/uso tienen, amarillo los de mediana importancia/uso y en rojo los materiales que menos importancia/uso tienen dentro de la empresa.

La codificación utilizada de cada material puesto en la estantería para una mejor ubicación y posterior búsqueda de los materiales es la que fue mostrada en la figura 19.

De igual manera, los materiales más pesados es recomendable guardarlos en las últimas filas, así mismo los materiales o cajas más livianas almacenarlas en las primeras filas de las estanterías para evitar accidentes.



Los espacios que se necesitan se calculan en función al pronóstico más el stock de seguridad.

Para el grupo A: El pronóstico acordado para el año 2024 es de 938 rollos del alambre de 1,6 mm y 806 rollos para el alambre de 1,2 mm. Haciendo cálculos da 78 y 67 rollos al mes respectivamente y a la semana lo que utilizan son 19 y 14 rollos. De esta manera se calcula la cantidad de rollos por espacio en las estanterías.

Volumen de cada hueco de la estantería según las siguientes dimensiones 0.75 m largo, 0.6 m alto y 1 m de ancho: son 450000 cm³ en base a la medida de la estantería.

Volumen que ocupa un rollo de dimensiones de 50 cm de diámetro por 10 cm de altura dando un resultado de 19635 cm³.

El resultado da que en cada hueco de estantería se pueden colocar 12 rollos apilados de la siguiente manera:

- Cada rollo tiene un diámetro de 50 cm. Por lo tanto, en una dimensión de 100 cm, puedes colocar hasta dos rollos en fila.
- Como la altura del rollo es de 10 cm, colocar varias filas en el largo de la estantería. En una dimensión de 60 cm, puedes colocar hasta 6 filas de rollos.

Para las cajas de discos de corte se hace la misma operación:

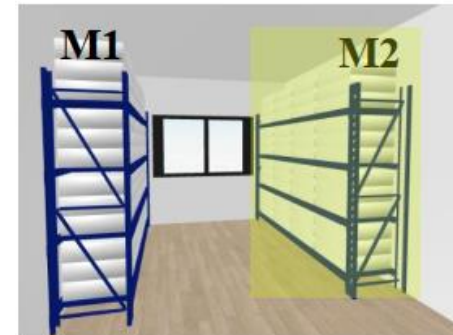
- Dimensiones de las cajas: 25 cm de ancho por 25 cm de largo por 15 cm de alto. Dando un volumen de 9375 cm³.
- Dimensiones de cada hueco de estantería es de 450000 cm³.
- Teniendo como resultado que se pueden apilar 40 cajas.

TABLA XII
DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES EN ESTANTERÍA M2

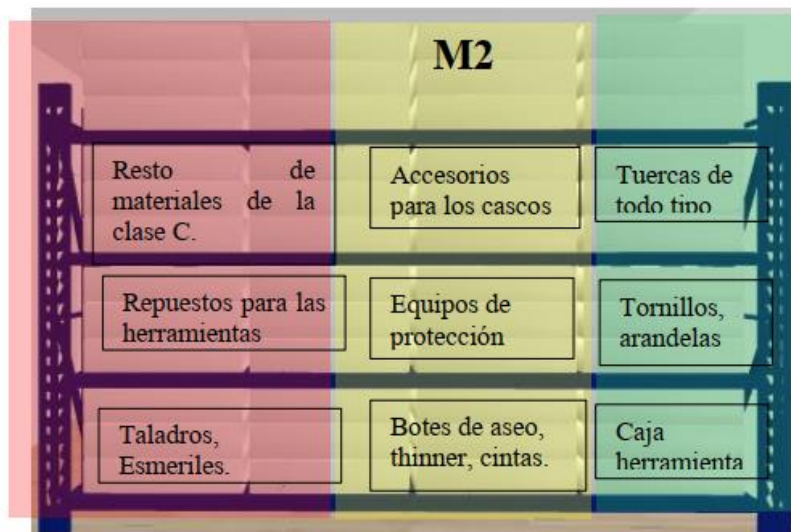
ANTES



DESPUÉS



DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES BODEGA 1



Estantería M2 en la bodega 1.

Como la tabla anterior, la disposición de colores muestra el lugar en el que deberán ir los materiales según la clasificación ABC. Verde para representar los materiales que más importancia/uso tienen y en este caso al ser uno de los insumos más utilizados en la empresa, se debe tener bastante espacio para poder guardar los materiales a la hora que lleguen a bodega.

La codificación utilizada de cada material puesto en la estantería para una mejor ubicación y posterior búsqueda de los materiales es la que fue mostrada en la figura 19.

En esta estantería está contemplado que se ubiquen materiales como son los diferentes discos de corte con los que cuentan en el inventario que son: discos de corte de 7 y 8 pulgadas de marca Dewalt, Bosch y Norton. Además, si sobrarán huecos en las estanterías puedes almacenar las herramientas en las que se utilizan los discos.

4.5.3.2. Redistribución en planta de estanterías según el ABC bodegas 2, 3 y 4

El área de trabajo que se ilustra en la figura 22, cuenta con tres almacenes destinados a la acumulación de herramientas, cables, tanques con materiales para soldar, chaquetas de cuero de protección y diversos materiales. La correcta distribución de estos recursos es fundamental, ya que asegura un acceso rápido y sin problemas a los elementos necesarios para las actividades diarias. Un arreglo correcto de los materiales no solo reduce el tiempo de búsqueda, sino que también reduce las probabilidades de demoras durante las tareas, garantizando una operación fluida y eficiente en el lugar de trabajo.



Fig 22. Redistribución de planta de estanterías en el área de operaciones en 2D y 3D

Fuente: Elaboración propia.

TABLA XIII

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE ESTANTERÍAS Y MATERIALES DE BODEGAS 2, 3 y 4

ANTES

DESPUÉS



DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES BODEGA 2, 3 Y 4



Para la bodega 2: En esta bodega (M2) está contemplado que se guarden los materiales de la familia perteneciente al grupo B de la clasificación que es la familia de electrodos y esmaltes. A su vez, se encuentran arneses de seguridad, chaquetas de cuero para soldadura, llantas de repuesto, carretillas, cajas con repuestos, cables, cuerdas, entre otros materiales. Es recomendable adquirir estanterías y anaqueles para mantener ordenado el lugar y poder guardar y mantener un registro de los insumos que se usan para realizar las labores diarias.





Para la bodega 3: En esta bodega (M3) se encuentran los tanques de gases que se utilizan para realizar los diferentes tipos de soldas como son el oxígeno, dióxido de carbono, argón y acetileno. En este caso al tener ya configurado la zona donde se almacenan los tanques, no se recomienda mover. Pero si es necesario que los extintores que se encuentran en el suelo, cajas, caretas, micas, cintas y lijas sean recolocados para mantener una zona de trabajo limpia y segura.



Para la bodega 4: Esta bodega se encuentra sin uso, en la cual se puede aprovechar el espacio para convertirla en zona de almacenamiento de herramientas, o materiales como son las planchas de acero, varillas, tubos, alambres, entre otros materiales que se encuentren desordenados y tirados en el espacio de trabajo.



4.5.4. Política de gestión de inventarios

4.5.4.1. Política de inventario

La gestión eficiente de inventarios de materiales requiere la optimización de dos procesos clave: abastecimiento y almacenamiento. Para lograrlo, se sugieren las siguientes mejoras:

En el proceso de abastecimiento, se propone asignar personal específico para cotizar, adquirir y recibir materiales, y revisar procedimientos de cotización, pago y otros aspectos relevantes, estableciendo objetivos, alcances y responsabilidades claras.

En base a esto se ha elaborado un diagrama de flujo de actividades que representan la propuesta de los procesos de compra (figura 23). Se sugiere también cambiar la forma de cotización, proponiendo que el gerente realice este proceso de manera telefónica para optimizar su tiempo de tal manera que se pueda conocer a otros proveedores mediante una llamada telefónica.

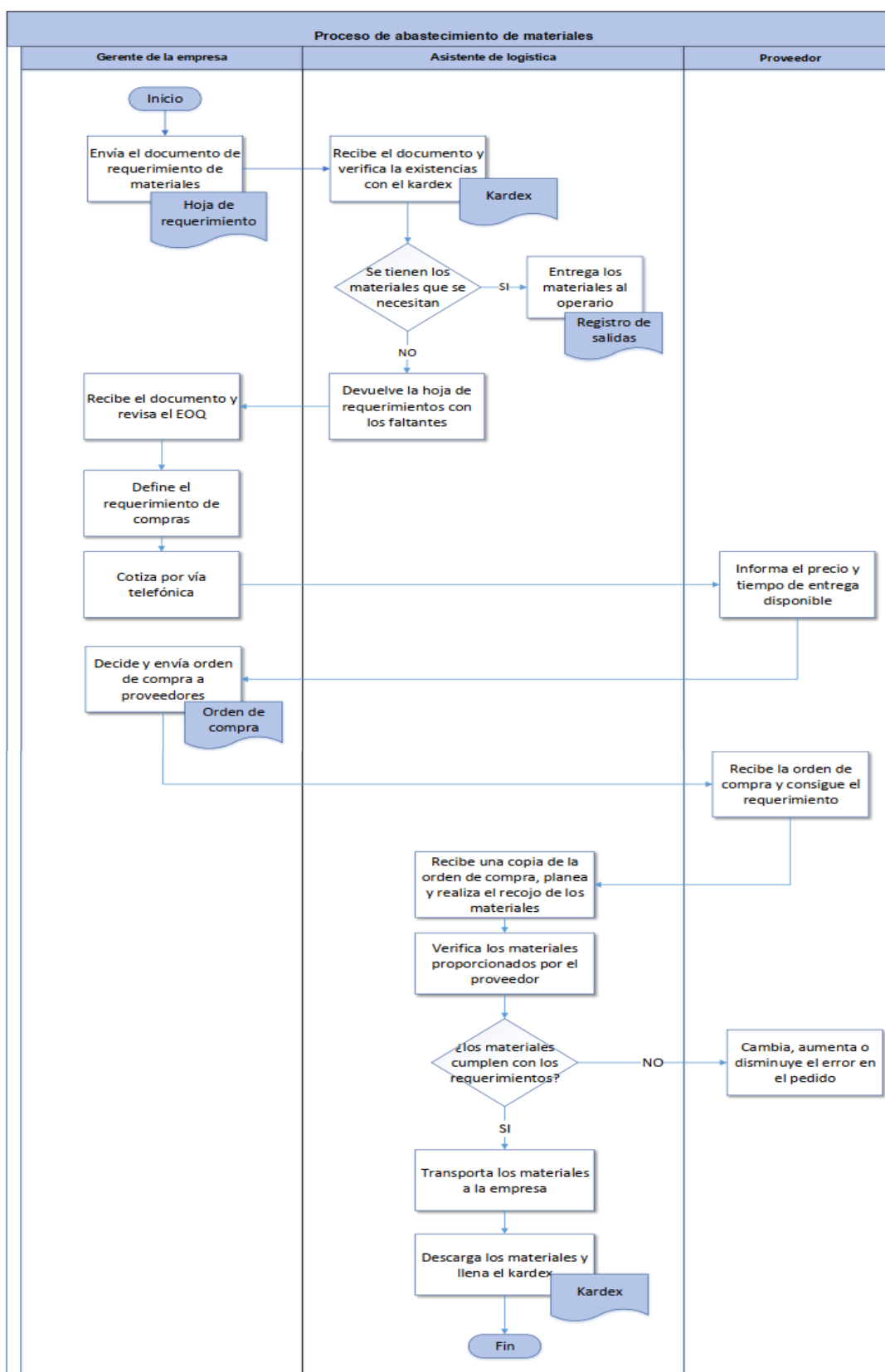


Fig 23. Proceso de abastecimiento de materiales
Fuente: Elaboración propia.

4.5.4.2. Política de manejo

El inventario debe organizarse según la clasificación ABC, priorizando los insumos críticos y distribuyendo los demás según su relación con las familias de productos y su utilidad. Además, es fundamental mantener un stock de seguridad óptimo para mitigar posibles retrasos en pedidos y trabajos solicitados por los clientes.

4.5.4.3. Política de control

La responsabilidad del control del inventario recae en el personal designado en cada área, quien debe reportar cualquier desviación o problema a la gerencia para su análisis y acción correspondiente.

Para ello se muestra el proceso de almacenamiento a través de un diagrama de flujo:

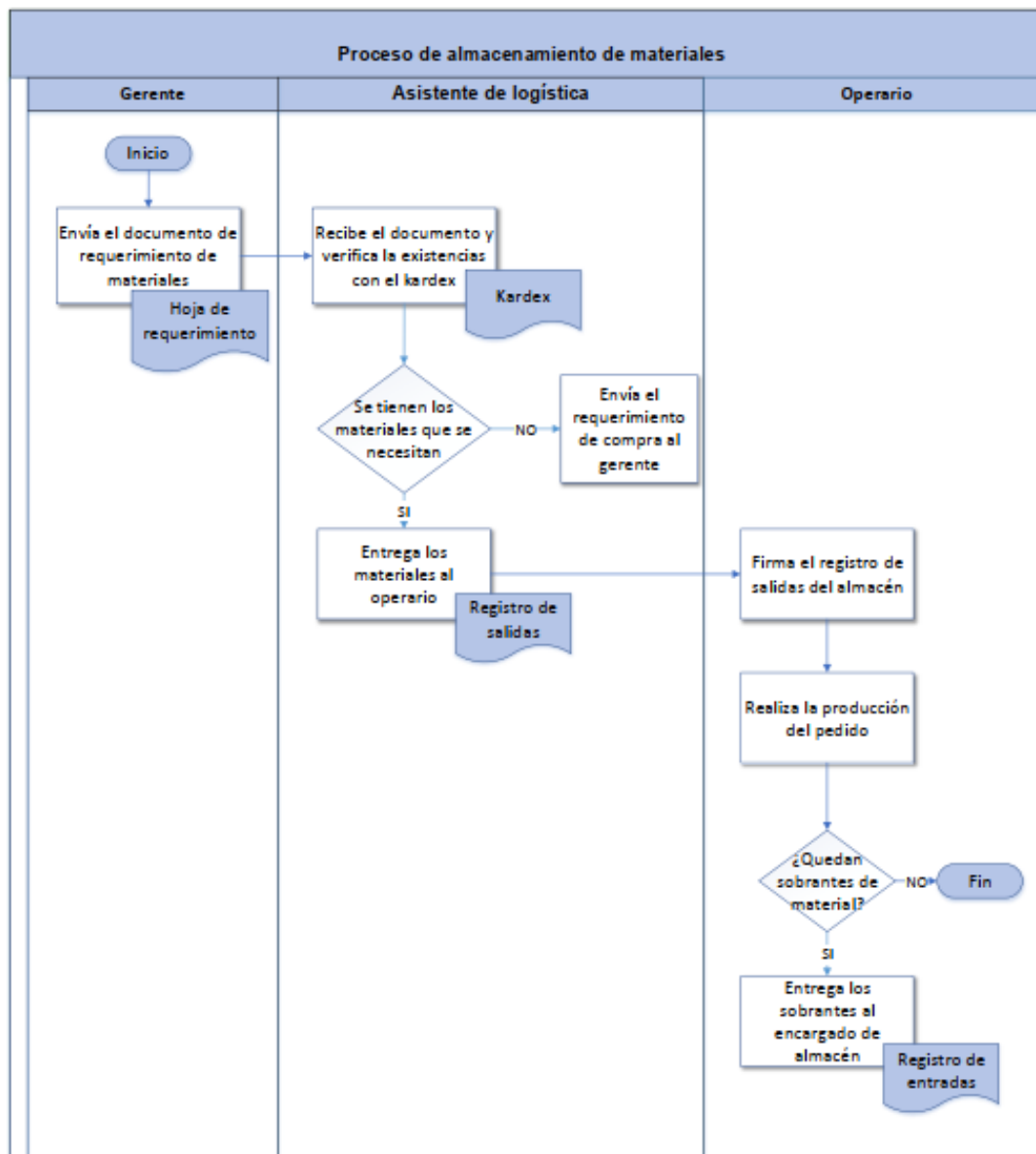


Fig 24. Proceso de almacenamiento de materiales

Fuente: Elaboración propia.

El procedimiento descrito en la figura 24 asegura un almacenamiento eficiente de materiales, mediante la utilización de documentos de control que permiten registrar y ajustar las necesidades, validando y modificando la propuesta del EOQ según sea necesario tomando en cuenta el proceso logístico.

4.5.4.4. Productos defectuosos

Este criterio evalúa la incidencia de defectos en la producción de pedidos y en el estado de los materiales empleados, lo que implica llevar un registro sistemático de estos problemas para determinar la confiabilidad de cada insumo.

4.5.4.5. Orden de compra y recibo de mercancías

Es crucial mantener un registro exhaustivo de las órdenes de compra emitidas a cada proveedor para evaluar su nivel de utilización. Este registro debe incluir el número de órdenes, cantidad solicitada y proveedor correspondiente. Además, es necesario documentar cualquier retraso y reportarlo al gerente para su evaluación.

Asimismo, el encargado de bodega requiere una herramienta para gestionar el inventario actual, registrando fecha, cantidad, origen y estado de los insumos recibidos. El modelo ABC proporciona un enfoque de gestión de inventario basado en control físico, ajustado a la categoría del producto, considerando ubicación y distribución general del inventario.

4.5.4.6. Estandarización de procesos

Los responsables de cada área deben enfocarse exclusivamente en sus funciones específicas y garantizar el cumplimiento de las políticas establecidas, dentro de su ámbito de influencia y jerarquía.

La política empresarial debe ser desarrollada y evaluada colaborativamente por los responsables de área, considerando factores económicos y de eficiencia, y sometida a pruebas para evitar reprocesos.

4.6. Costos de implementación de los cambios

4.6.1. Costos de materiales

Los costos de implementación están asociados con los cambios estructurales y organizativos se presentarán en las bodegas de la empresa, pues cada una de ellas será equipada con estanterías diseñadas a medida, pudiendo optimizar el espacio de mejor manera mejorando así la accesibilidad al inventario. Además, se incorporan organizadores de herramientas y otros

elementos con el fin de alcanzar mayor eficiencia operativa y la seguridad en el manejo de materiales.

TABLA XIV
COSTO DE ADQUISICIÓN DE ESTANTERÍAS Y ORGANIZADORES

Bodega	Elemento	Cantidad	Dimensiones	Precio Unitario	Costo total
1	Estantería	2	3*1	300\$	600\$
2	Estantería	2	2.5*1	250\$	500\$
3	Estantería	1	2.5*1	250\$	250\$
3	Organizador Herramientas	1	Estándar	50\$	50\$
3	Anaqueles	1	Estándar	100\$	100\$
4	Estantería	2	3*1	300\$	600\$
				Costo total	2100\$

Fuente: Elaboración propia.

Estos costos presentados en la tabla 14 son aproximados y podrían variar y cabe recalcar que las cotizaciones dependerán de los proveedores.

4.6.2. Costos horas-hombre

También se presenta los costos horas-hombre a la hora de instalar las estanterías y organizar el inventario:

TABLA XV
COSTOS HORAS-HOMBRE

BODEGA	ACTIVIDAD	HORAS ESTIMADAS	COSTO/HORA	COSTO TOTAL
1	Instalación de	4 horas	20\$	80\$
2	estanterías y	3 horas	20\$	60\$
3	organización	2 horas	20\$	40\$
4	del inventario	2 horas	20\$	40\$
COSTO TOTAL ESTIMADO				220\$

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera estos costos pueden variar dependiendo la cantidad de personal que se asigne para realizar las actividades de mejora en cada bodega de la empresa.

4.6.3. Costo total estimado de implementación

Tomando en cuenta la suma de los costos de materiales y horas hombre, daría un total de 2.320\$ que representan los costos de implementación de los cambios. Cabe recalcar que, como empresa metalmecánica, cuenta con la capacidad de fabricar sus propias estanterías y demás elementos que se necesiten, reduciendo notablemente los costos de adquisición. Un beneficio de ello es que esto permite un control total sobre el diseño y la calidad del producto, adaptándolo exactamente a las necesidades específicas de las bodegas. De igual manera los tiempos en la tabla de horas-hombre puede cambiar dependiendo de la disponibilidad de materias primas, herramientas y operarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El levantamiento de información del manejo de inventarios en la empresa fue un proceso fundamental dado que permitió la sustentación de la presente investigación. A través la revisión de datos históricos de la empresa, fotografías, encuestas, y charlas con los empleados, se pudo recopilar información detallada y precisa sobre el sistema de gestión de inventarios que posee la empresa.

De igual manera el análisis de la situación actual de la empresa fue primordial para hallar las principales dificultades que presenta la empresa en su sistema de almacenamiento. Se encontró desorden al momento de almacenar los materiales, no existen compras definidas, falta de formatos de control y falta de estanterías en el área de almacenamiento. Estos hallazgos servirán como base para proponer soluciones efectivas que mejoren el sistema de almacenamiento de la empresa y que optimicen sus operaciones.

La implementación del modelo ABC permitió identificar las 3 familias de materiales clave de la empresa que representan el 65.42% del total, los cuales destacan por su alta variabilidad y rotación. Mientras que el uso de EOQ optimizó las cantidades de pedido en un 15%. La aplicación del método Silver Meal mejoró la gestión de inventarios con una reducción de costos de 5% a 20%, y la reorganización del Layout optimizó la distribución de materiales, reduciendo los tiempos de búsqueda en 15% a 40%. Estas estrategias mejoran la eficiencia operativa, minimizan riesgos y crean un entorno de trabajo más organizado y productivo.

Recomendaciones

Se recomienda que la empresa asigne a un responsable para que se cumpla con lo planificado en este trabajo de investigación, el cual está destinado mejorar la eficiencia operativa a través de la puesta en marcha de la política de inventarios y la utilización de verificadores de control como son los documentos que ayudarán a mitigar el riesgo de pérdidas y almacenamiento innecesario de stock.

El análisis del EOQ puede ser aplicado a cada artículo de una compañía para crear un plan de abastecimiento anual más preciso. Esto puede conducir a una disminución de los costos de abastecimiento y reducir la probabilidad de quedarse sin inventario; al mismo tiempo, podría mejorar la percepción de la empresa ante sus potenciales clientes al evitar retrasos en el despacho de sus pedidos.

Se sugiere socializar el nuevo modelo de gestión de inventarios mediante sesiones de capacitación al personal, de modo que estén familiarizados con el procedimiento y mantengan el orden establecido.

Capacitar al personal para garantizar el éxito de la propuesta, pues se asegura que comprendan los objetivos del sistema y puedan aplicar los conocimientos sobre el nuevo Layout y las buenas prácticas de almacenamiento para maximizar la eficiencia.

Referencias Bibliográficas

- [1] Heizer&Render, «<https://clea.edu.mx/>,» 2 Junio 2009. [En línea]. Available: <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/47cb70cab6ec78aa65b34e6c70ce8822.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2022].
- [2] P. N. d. Desarrollo, «<https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PND2024-2025.pdf>,» Gobierno del Ecuador, 2017. [En línea]. Available: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/PND2024-2025.pdf>. [Último acceso: 13 Julio 2024].
- [3] R. & Jose, «Inventarios,» 1 1 2007. [En línea]. Available: <https://1library.co/document/zx0o2j4z-inventarios-fundamentos-de-inventarios.html>. [Último acceso: 24 07 2022].
- [4] L. J. Krajewski, Administracin de operaciones, Octava ed., L. M. C. Castillo, Ed., Mexico: Pearson educacion, 2013, p. 728.
- [5] A. P. Carmona, Gestion de almacenes, J. J. P. Sanchez, Ed., Andaluca: Coleccion Empresa, 2016, p. 253.
- [6] Alejandra, «<https://www.uv.mx/>,» 21 4 2012. [En línea]. Available: <https://www.uv.mx/personal/alsalas/files/2012/04/INVENTARIOS.pdf>. [Último acceso: 25 7 2022].
- [7] G. C. Rojas, Logistica integral, vol. I, Rojas, Ed., Bogota: Ediciones de la U, 2011, p. 21.
- [8] S. Avila, Logistica y distribucion fisica internacional, S. Avila, Ed., Bogota: Legis S.A., 2010, p. 95.
- [9] C. A. Laza, «www.elibro.com,» 2020. [En línea]. Available: <https://elibro.net/es/ereader/upse/126745>.
- [10] C. A. Laza, Gestión de inventarios, Segunda ed., vol. II, Logroño: Tutor Formación, 2020, p. 106.
- [11] R. C. Paz, Gestión de stocks, Segunda ed., U. n. d. m. d. plata, Ed., Buenos aires: Apunte de estudio, 2013, p. 50.
- [12] R. H. Ballou, Administración de la cadena de suministro, Quinta ed., vol. 5, E. Quintana, Ed., CDMX: Pearson Educación, 2004, p. 816.

- [13] D. J. Bowersox, *Administración y logística en la cadena de suministros*, Segunda ed., vol. II, J. M. Chacón, Ed., CDMX, CDMX: McGraw-Hill Interamericana, 2007, p. 409.
- [14] J. Vermorel, «Lokad,» 16 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://www.lokad.com/es/nivel-de-servicio-definicion-y-formula>. [Último acceso: 16 Febrero 2024].
- [15] M. Muller, «WordPress,» 10 1 2015. [En línea]. Available: <https://educativopracticas/2015/01/fundamentos-de-administracion-de-inventarios.pdf>. [Último acceso: 24 7 2022].
- [16] C. & Gonzalez, «nulan.mdp.edu,» 12 8 2013. [En línea]. Available: http://nulan.mdp.edu.ar/1831/1/logistica_empresa.pdf. [Último acceso: 25 7 2022].
- [17] González-Pernía, «www.sciencedirect.com,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312002408>.
- [18] F. Robert Jacobs, «ucreeanop.com,» 2019. [En línea]. Available: <https://ucreeanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>. [Último acceso: 02 05 2023].
- [19] BCE, «Banco central del Ecuador,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.bce.fin.ec/>. [Último acceso: 19 05 2023].
- [20] W. Brand, «walkerbrand.com,» 11 Julios 2017. [En línea]. Available: <https://ekosnegocios.com/articulo/comercio-exterior-del-sector-metalmecanico>. [Último acceso: 19 05 2023].
- [21] Y. Durán, *Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas*, vol. 1, U. d. l. Andes, Ed., Mérida: Visión general, 2012, pp. 55 - 78.
- [22] M. C. Campos, *Gestión de la calidad*, U. P. d. Catalunya, Ed., Barcelona: UPC, 2006, p. 230.
- [23] B. flores, «redalyc.org,» 26 07 2010. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/395/39523153011.pdf>. [Último acceso: 06 02 2024].
- [24] R. H. Ballou, *Administración de la cadena de suministro*, Quinta ed., vol. V, E. Q. Duarte, Ed., Mexico: Pearson Educacion, 2004, p. 816.

ANEXOS

ANEXO 1: Registro de asistencia

REGISTRO DE ASISTENCIA A TUTORIAS HORAS POR SEMANA							
Semanas 2020	Comienzo	Finaliza	Nro horas programadas	Nro de horas de tutoría ejecutada	Firma del tutor	Firma del Estudiante	OBSERVACIONES
1	16-nov-22	16-nov-22	30 minutos	30 minutos			Guia para la elaboración del capítulo 1 y 2
2	23-nov-22	23-nov-22	30 minutos	30 minutos			Revisión Capítulo 1 y 2
3	11-abr-23	11-abr-23	30 minutos	30 minutos			Guia para la elaboración del capítulo 3
4	25-abr-23	25-abr-23	30 minutos	30 minutos			Revisión capítulo 3
5	10 - May -23	10 - May -23	30 minutos	30 minutos			Corrección capítulo 3
6							
TOTAL HORAS				120			
					Firma del tutor	Firma del Estudiante	
	Ing Karen Benavides Msc.				Tuquerres Lema Michael Santiago		

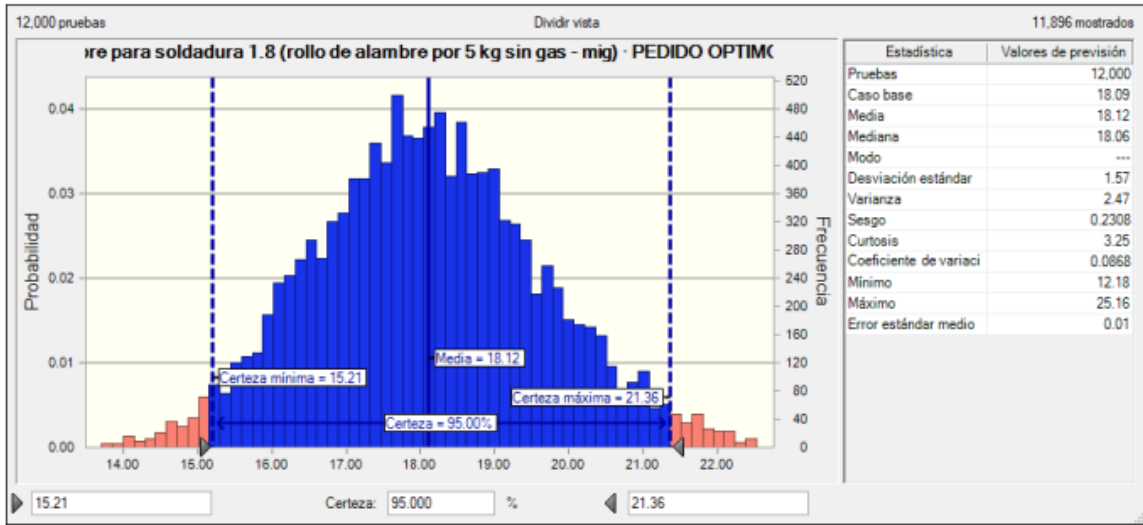
ANEXO 2: Base de datos de los materiales consumibles de la empresa

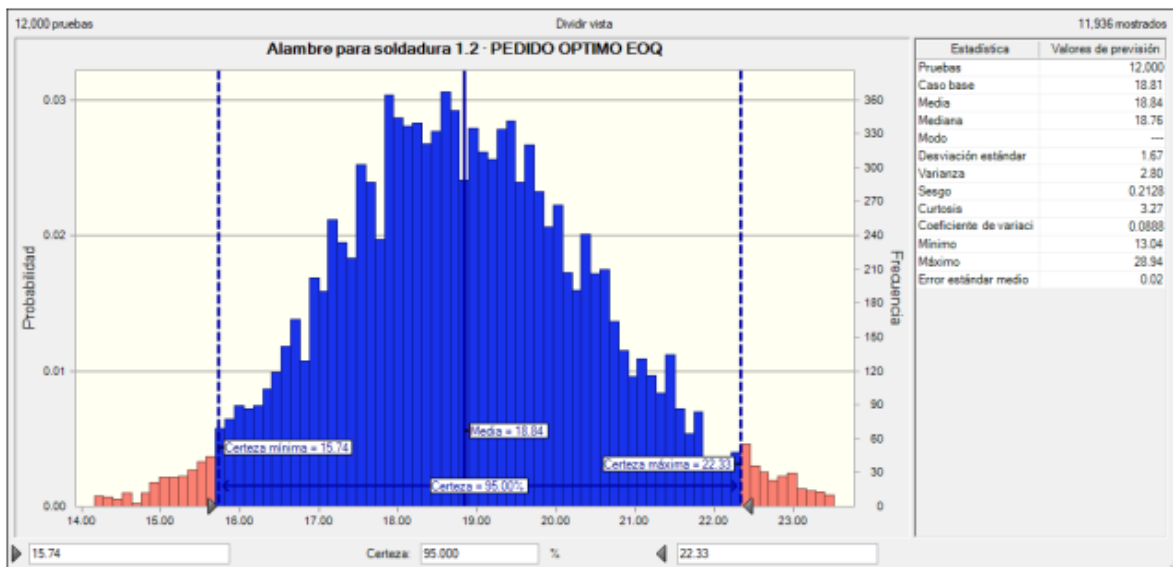
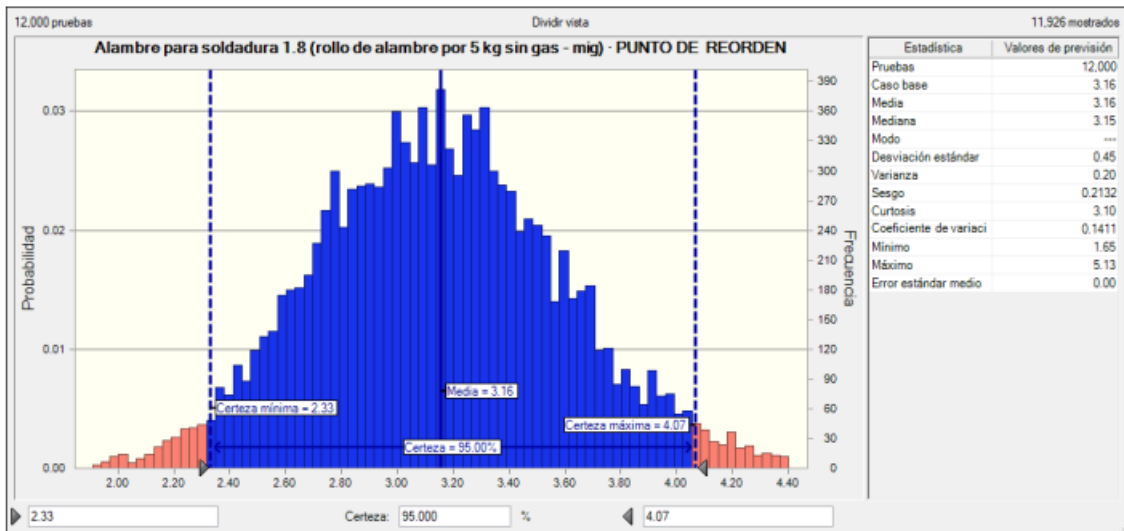
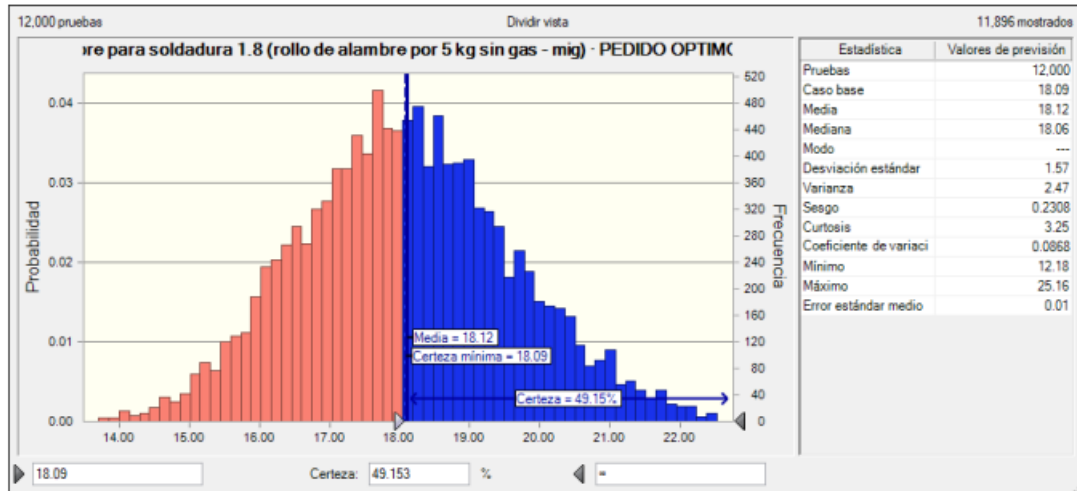
NOMBRE DEL PRODUCTO	FAMILIA	DEMANDA 2019	DEMANDA 2020	DEMANDA 2021	DEMANDA 2022	DEMANDA 2023
Alambre para soldadura 1.8 (rollo de alambre por 15 kg sin gas)	ALAMBRES	384	541	670	739	838
Alambre para soldadura 1.2 (rollo de alambre por 15 kg)		370	541	670	672	739
Alambre para soldadura 1.6 (rollo de alambre por 15 kg)		302	370	395	420	541
Disco de corte de 7"xl/8"x7/8" Dewalt	DISCO DE CORTE	117	143	144	138	356
Disco de corte de 7"xl/8"x7/8" Norton		117	143	144	138	356
Disco de desbaste de 7"xl/16"x7/8" Northon		172	214	215	212	287
Disco de desbaste de 7"xl/16"x7/8" Dewalt		132	160	161	155	228
Disco de desbaste de 4 1/2 "xl/4"x7/8" Dewalt		82	98	107	100	147
Disco de desbaste de 7"xl/16"x7/8" Bosch		22	24	27	22	36
Disco de desbaste de 7"xl/16"x7/8" Abralut		82	98	107	100	147
Disco de corte de 4 1/2"x0.04x7/8" Bosch (caja de 25 und 76.00)		97	118	120	114	169
Discos de polifan de 7" pulg		14	14	19	17	28
Disco de corte de 14"x7/64xl "Norton		15	14	21	16	29
Discos de polifan de 4 1/2 pulg (paquete de 10 und 130.00)		14	14	19	17	28
Disco de corte Dewalt 14"x3/32x1"		14	10	15	11	19
Disco de corte de madera de 7/8"		8	2	10	3	14
Electrodos para soldar E 7018 Bohler (paquete de 25 und)		ELECTRODOS	33	38	42	41
Electrodos de carbón (arcair) paquete de 25 und	25		32	32	29	45
Electrodos para soldar Oerlikon Innox AW (lata 35 und)	12		15	12	15	16
Electrodos para soldar Cellocord E 6011	12		10	15	12	20
Esmalte epóxico	ESMALTES	10	15	11	15	12
Esmalte sintético		9	3	8	4	11
Ca retas para esmerilar	CARETAS Y MICAS	112	134	136	36	55
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4		107	128	136	133	186
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade		97	123	137	138	194
Micas oscuras de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4 shade		92	112	114	114	167
Micas transparentes de vidrio para careta de soldar 2"x4 1/4"		102	118	124	122	181
Micas transparentes de plástico Coverlens-Clear MSA		32	38	47	42	66
Escobilla redonda metálica de 7"	ESCOBILLAS Y CHASCOSAS	32	33	41	28	46
Escobilla copa Twisted UYUSTOLS de 4"		20	21	24	21	36
Escobilla redonda metálica Twisted de 5" UYUSTOOLS		24	23	26	19	31
Escobilla metálica		15	13	17	10	21
Chascosas metálicas de 7" pulg		18	18	24	21	36
Chascosas metálicas de 4'5 pulg		15	12	16	13	25
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 50 mm 2.5 metros	CINTA Y LIJAS	14	14	17	12	23
Cinta adhesiva doble cara extra fuerte 25 mm 2.5 metros		12	10	15	10	21
Cinta de teflón		14	14	19	14	26
Lijas N100		27	28	35	34	55
Pulidor		17	15	18	15	25
Lijas N60		27	28	35	34	55
Lijas N40		27	28	35	34	55
Lijas N80		27	28	35	34	55

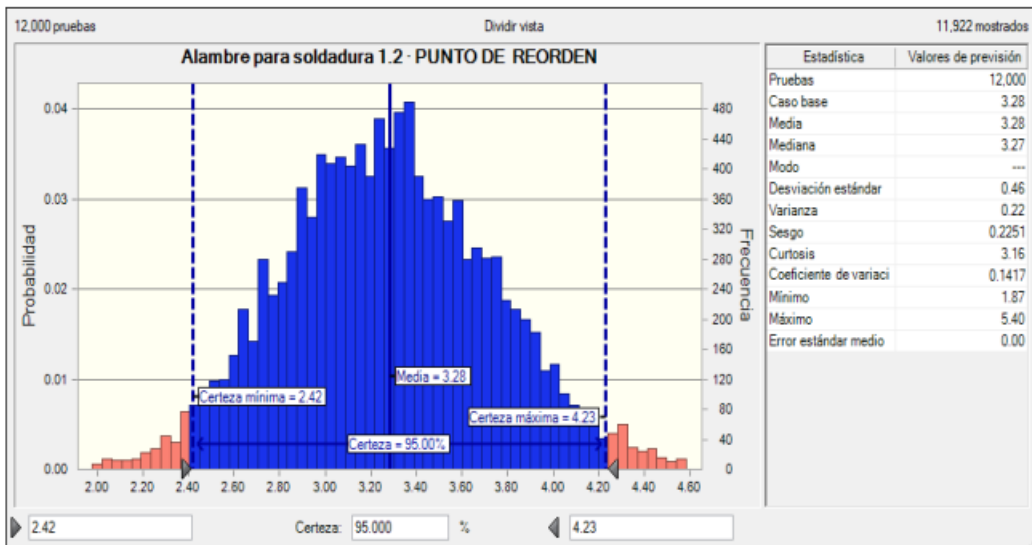
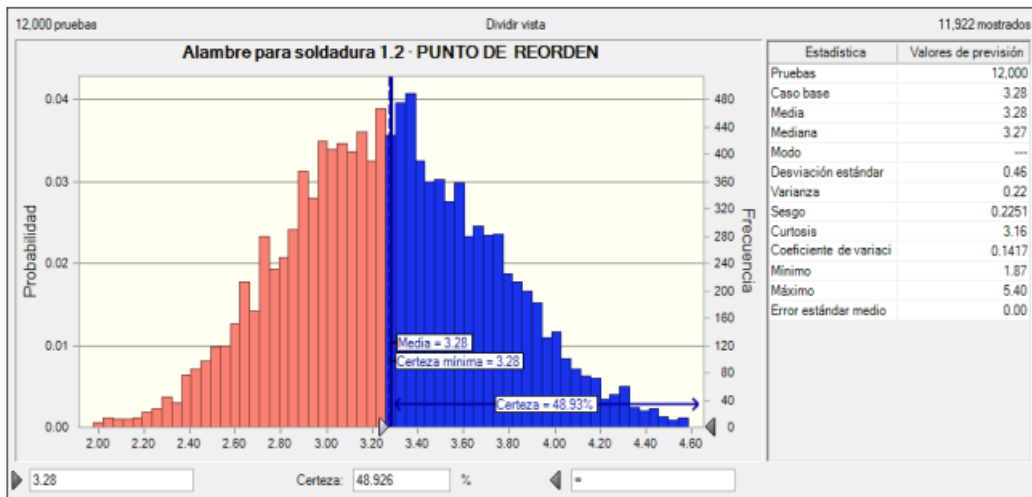
ANEXO 5: Registro de entrada y salidas

REGISTRO DE ENTRADAS Y SALIDAS							
ENCARGADO DE ALMACÉN:						FIRMA:	
Nº	DESCRIPCIÓN	U. MED.	CANTIDAD	FECHA	RESPONSABLE	FIRMA	OBSERVACIONES

ANEXO 6: Pedido óptimo y punto de reorden







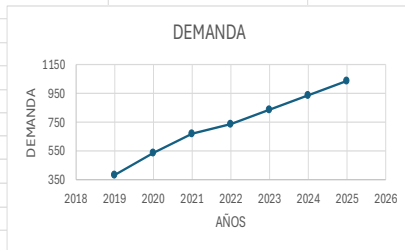
Anexo 7: Registro de Kardex

REGISTRO DE KARDEX									
TIPO DE OPERACIÓN (TABLA 12)	ENTRADAS			SALIDAS			SALDOS		
	CANT.	C.U.	C.T.	CANT.	C.U.	C.T.	CANT.	C.U.	C.T.
SALDO INICIAL	1500	20	20	1200	30	30	1.200	30,00	30,00
COMPRA			-		-	-	-	-	-
VENTA			-		-	-	-	-	-
VENTA			-		-	-	-	-	-
COMPRA			-		-	-	-	-	-
VENTA			-		-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-
			-		-	-	-	-	-
T-O-T-A-L-E-S	2.700		20,00	1200		-	1.500		-
				COSTO DE VENTAS		50,00			

Anexo 9: Pronóstico regresión lineal para la familia de alambre:

- Alambre de 1.8

AÑO	DEMANDA	DATOS REALES
2019	384	
2020	541	
2021	670	
2022	739	
2023	838,9	
2024	938,7	470
2025	1038,6	



Si el R² se ajusta a 1 es mejor y se ajusta a una regresión lineal. Indica la precisión del modelo con respecto a la regresión lineal.

Si p es menor a 0.05 es un modelo significativo.

Por cada año que pase, la demanda aumentará en un 93,86.

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,978589913
Coefficiente de determinación R ²	0,957638217
R ² ajustado	0,947047772
Error típico	43,92932636
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F				
Regresión	1	174500,3571	174500,3571	90,42473258	0,000682681				
Residuos	4	7719,142857	1929,785714						
Total	5	182219,5							

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-201172,1429	21196,51332	-9,490812937	0,000687795	-260023,0985	-142321,1872	-260023,099	-142321,187
AÑO	99,85714286	10,50111753	9,509192004	0,000682681	70,70136649	129,0129192	70,7013665	129,012919

Análisis de los residuales

AÑO	Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estándares
2016	1	139,86	40,14285714	1,021665534
2017	2	239,71	-39,71428571	-1,010758073
2018	3	339,57	22,42857143	0,570823804
2019	4	439,43	-55,42857143	-1,410698318
2020	5	539,29	1,714285714	0,043629845
2021	6	639,14	30,85714286	0,785337208
2022	7	739,00		
2023	8	838,86		
2024	9	938,71		
2025	10	1038,57		

Resultados de datos de probabilidad

Percentil	DEMANDA
8,333333333	180
25	200
41,66666667	362
58,33333333	384
75	541
91,66666667	670

- Alambre de 1.2

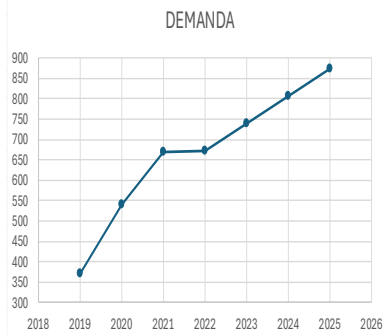
AÑO	DEMANDA	DATOS REALES
2019	370	
2020	541	
2021	670	
2022	672,6	
2023	739,77	
2024	806,94	448
2025	874,11	

Coefficiente de correlación múltiple	0,90441776
Coefficiente de determinación R ²	0,817971484
R ² ajustado	0,772464355
Error típico	66,2787404
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	78960,01429	78960,01429	17,97457894	0,013267329
Residuos	4	17571,48571	4392,871429		
Total	5	96531,5			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-135148,0286	31980,41764	-4,225961964	0,013413353	-223939,9026	-46356,15454	-223939,9026	-46356,15454
AÑO	67,17142857	15,84364934	4,239643728	0,013267329	23,18240591	111,1604512	23,18240591	111,1604512



Análisis de los residuales

Resultados de datos de probabilidad

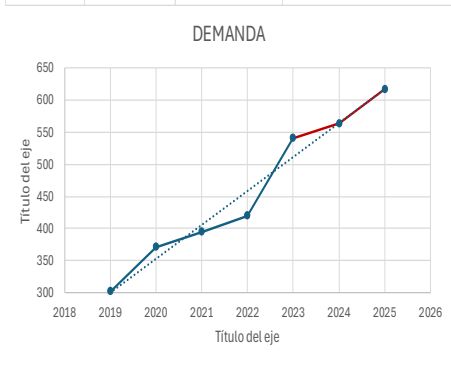
AÑO	Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estándares	Percentil	DEMANDA
2016	1	269,5714286	32,42857143	0,547026767	8,333333333	302
2017	2	336,7428571	33,25714286	0,561003662	25	370
2018	3	403,9142857	-31,91428571	-0,538351452	41,66666667	370
2019	4	471,0857143	-101,0857143	-1,705181234	58,33333333	372
2020	5	538,2571429	2,742857143	0,046268343	75	541
2021	6	605,4285714	64,57142857	1,089233914	91,66666667	670
2022	7	672,6				
2023	8	739,7714286				
2024	9	806,9428571				
2025	10	874,1142857				

Si p es menor a 0.05 es un modelo significativo.

Por cada año que pase, la demanda aumentará en un 93,86.

- Alambre de 1.6.

AÑO	DEMANDA	DATOS REALES
2019	302	
2020	370	
2021	395	
2022	420	
2023	541	
2024	564	254
2025	616,8	



Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,849464058
Coefficiente de determinación R ²	0,721589186
R ² ajustado	0,628785582
Error típico	54,20824046
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	22848,4	22848,4	7,775443532	0,068507202
Residuos	3	8815,6	2938,533333		
Total	4	31664			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-96212,8	34644,29521	-2,777161418	0,069154097	-206466,4093	14040,80928	-206466,4093	14040,80928
AÑO	47,8	17,14215078	2,78844823	0,068507202	-6,753974412	102,3539744	-6,753974412	102,3539744

Análisis de los residuales

Resultados de datos de probabilidad

AÑOS	Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estándares	Percentil	DEMANDA
2019	1	295,4	6,6	0,140587916	10	302
2020	2	343,2	26,8	0,570872144	30	370
2021	3	391	-19	-0,404722788	50	370
2022	4	438,8	-68,8	-1,465522518	70	372
2023	5	486,6	54,4	1,158785247	90	541
2024		534,4				
2025		582,2				

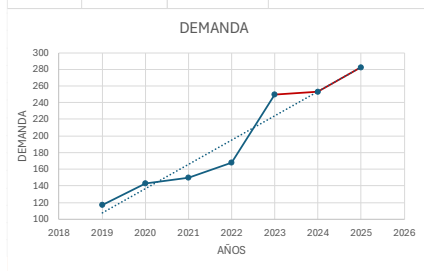
Si p es menor a 0,05 es un modelo significativo.

Por cada año que pase, la demanda aumentará en un 93,86.

Anexo 10: Pronóstico regresión lineal para la familia de discos de corte:

- Disco de corte Dewalt y Norton

AÑO	DEMANDA	DATOS REALES
2019	117	
2020	143	
2021	150	
2022	168	
2023	250	
2024	252,9	129
2025	282	



Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,909144192
Coefficiente de determinación R ²	0,826543162
R ² ajustado	0,768724216
Error típico	24,33858391
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	8468,1	8468,1	14,29536886	0,032423053
Residuos	3	1777,1	592,3666667		
Total	4	10245,2			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-58645,5	15554,7031	-3,770274471	0,032659642	-108147,5074	-9143,492592	-108147,5074	-9143,492592
AÑO	29,1	7,696536017	3,780921694	0,032423053	4,606187388	53,59381261	4,606187388	53,59381261

Análisis de los residuales

Resultados de datos de probabilidad

Si p es menor a 0.05 es un modelo significativo.

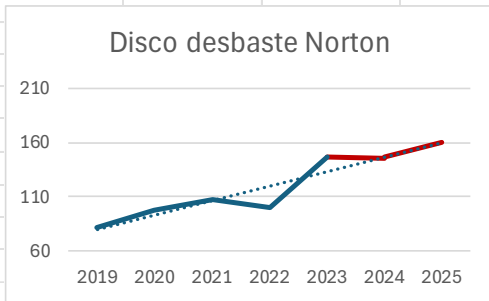
Por cada año que pase, la demanda aumentará en un 93,86.

AÑO	Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estándares	Percentil	DEMANDA
2019	1	107,4	9,6	0,455454812	10	117
2020	2	136,5	6,5	0,308380863	30	143
2021	3	165,6	-15,6	-0,74011407	50	150
2022	4	194,7	-26,7	-1,266733697	70	168
2023	5	223,8	26,2	1,243012092	90	250
2024		252,9				
2025		282				

- Disco desbaste Norton

AÑO	DEMANDA
2019	82
2020	98
2021	107
2022	100
2023	147
2024	146,4
2025	159,6

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de	0,860195008
Coefficiente de	0,739935451
R^2 ajustado	0,653247268
Error típico	14,28752369
Observaciones	5



ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1742,4	1742,4	8,53559765	0,06141778
Residuos	3	612,4	204,133333		
Total	4	2354,8			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-26570,4	9131,10598	-2,90987752	0,06200279	-55629,6545	2488,85449	-55629,6545	2488,85449
Variable X 1	13,2	4,5181117	2,92157452	0,06141778	-1,17864789	27,5786479	-1,17864789	27,5786479

Análisis de los residuales

Resultados de datos de probabilidad

Observación	Pronóstico para Y	Residuos	Residuos estándares
1	80,4	1,6	0,12931008
2	93,6	4,4	0,35560273
3	106,8	0,2	0,01616376
4	120	-20	-1,61637603
5	133,2	13,8	1,11529946
6	146,4		
7	159,6		

Percentil	Y
10	82
30	98
50	100
70	107
90	147

- Disco desbaste Bosh

AÑO	DEMANDA
2019	172
2020	214
2021	215
2022	212
2023	287
2024	288,4
2025	311,2

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,866851227
Coefficiente de determinación R^2	0,751431049
R^2 ajustado	0,668574733
Error típico	23,9415956
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA

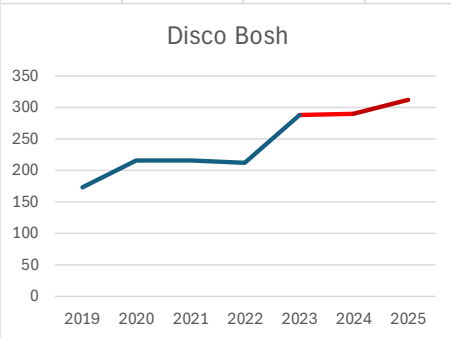
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Valor crítico de F
Regresión	1	5198,4	5198,4	9,06908583	0,0571439
Residuos	3	1719,6	573,2		
Total	4	6918			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-45858,8	15300,9893	-2,9971134	0,0578017	-94553,3768	2835,77678	-94553,3768	2835,77678
AÑO	22,8	7,57099729	3,01149229	0,0571439	-1,29429236	46,8942924	-1,29429236	46,8942924

Análisis de los residuales

Resultados de datos de probabilidad

Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estandarizados	Percentil	DEMANDA
1	174,4	-2,4	-0,11575174	10	172
2	197,2	16,8	0,81026216	30	212
3	220	-5	-0,24114945	50	214
4	242,8	-30,8	-1,48548063	70	215
5	265,6	21,4	1,03211966	90	287
6	288,4				
7	311,2				



- Disco desbaste Abralit

AÑO	DEMANDA
2019	132
2020	160
2021	161
2022	155
2023	228
2024	223,3
2025	242

Resumen	
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de	0,822043542
Coefficiente de	0,675755585
R^2 ajustado	0,567674113
Error típico	23,64952431
Observaciones	5

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Medio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	3496,9	3496,9	6,25227964	0,08767141
Residuos	3	1677,9	559,3		
Total	4	5174,8			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-37625,5	15114,32754	-2,48939292	0,08853154	-85726,0358	10475,0358	-85726,0358	10475,0358
AÑO	18,7	7,478636239	2,50045589	0,08767141	-5,10035827	42,5003583	-5,10035827	42,5003583

Análisis de los residuales				Resultados de datos de probabilidad	
Observación	Pronóstico DEMANDA	Residuos	Residuos estándares	Percentil	DEMANDA
1	129,8	2,2	0,10741616	10	132
2	148,5	11,5	0,56149359	30	155
3	167,2	-6,2	-0,30271828	50	160
4	185,9	-30,9	-1,50870885	70	161
5	204,6	23,4	1,14251738	90	228
6	223,3				
7	242				

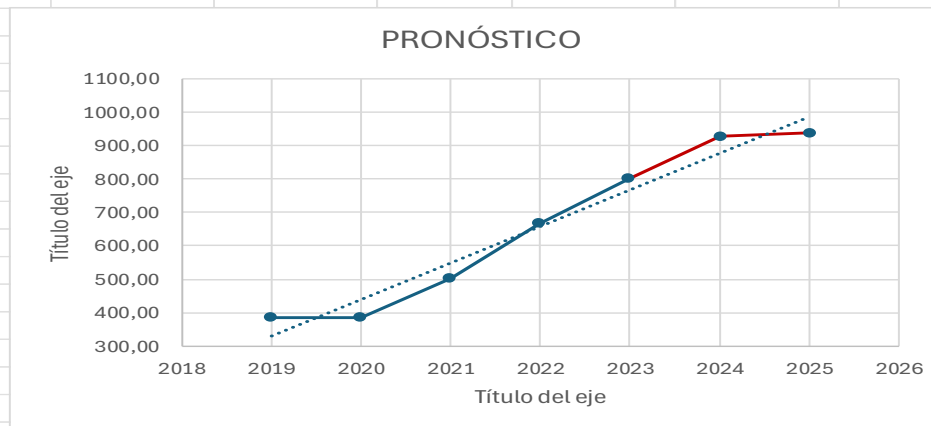
Anexo 14: Pronóstico por método de Holt para insumo tipo A

AÑO	DEMANDA	Nivel estimado (L)	Estimado tendencia (T)	PRONÓSTICO	ERROR	MAE	ET	MSE
2019	384	383,00	0,50	383,60	0,40	0,40	0,16	147149,0
2020	541	383,80	0,65	384,45	156,55	156,55	24507,90	147801,8
2021	670	462,73	39,79	502,51	167,49	167,49	28052,06	252518,8
2022	739	586,26	81,66	667,92	71,08	71,08	5052,99	446111,3
2023	838,9	703,46	99,43	802,89	35,97	35,97	1293,76	644629,6
2024	738,08	820,87	108,42	929,30	86,30	86,30	86,30	863589,9
2025		833,69	60,62	940,00	103,48	103,48	103,48	883600,0

88,75

Alpha	0,5
Beta	0,5
L1 (NIVEL)	383
T1 (TENDENCIA)	0,6
PRONÓSTICO	383,6

CONCLUSIONES: Como se puede observar en el gráfico, la línea de pronóstico es similar a la línea de la demanda por lo que no se aleja de los datos reales. Además según los resultados obtenidos, se deberán producir 738,08 unidades con un error de 77,85.



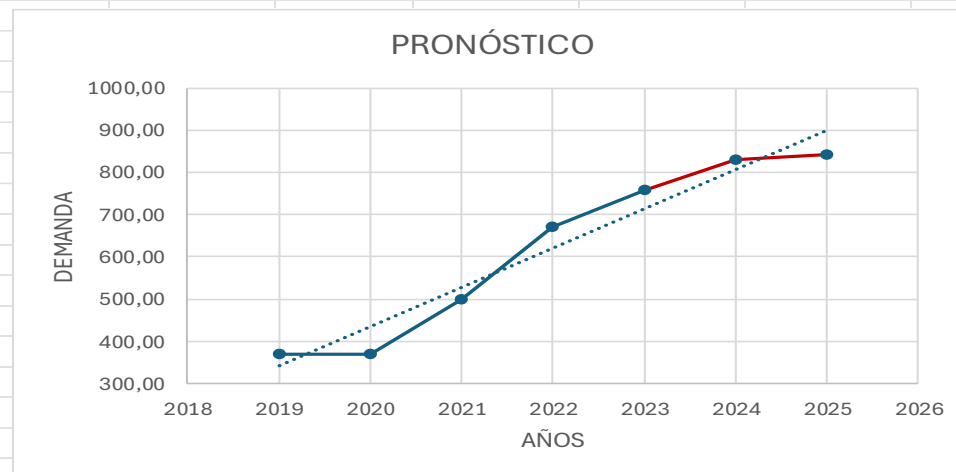
Anexo 15: Pronóstico por método de Holt para insumo tipo A

AÑO	DEMANDA	Nivel estimado (L)	Estimado tendencia (T)	PRONÓSTICO	ERROR	MAE	ET	MSE
2019	370	369,00	0,50	369,60	0,40	0,40	0,16	136604,2
2020	541	369,80	0,65	370,45	170,55	170,55	29087,30	137233,2
2021	670	455,73	43,29	499,01	170,99	170,99	29236,73	249013,5
2022	672,6	584,51	86,03	670,54	2,06	2,06	4,24	449624,7
2023	739,77	671,57	86,55	758,12	-18,35	18,35	336,65	574745,2
2024	738,08	748,95	81,96	830,91	65,13	72,47	72,47	690407,6
2025		784,49	58,76	843,25	78,08	86,88	86,88	711068,5

66,98

Alpha	0,5
Beta	0,5
L1 (NIVEL)	369
T1 (TENDENCIA)	0,6
PRONÓSTICO	369,6

CONCLUSIONES: Como se puede observar en el gráfico, la línea de pronóstico es similar a la línea de la demanda por lo que no se aleja de los datos reales. Además según los resultados obtenidos, se deberán producir 738,08 unidades con un error de 77,85.



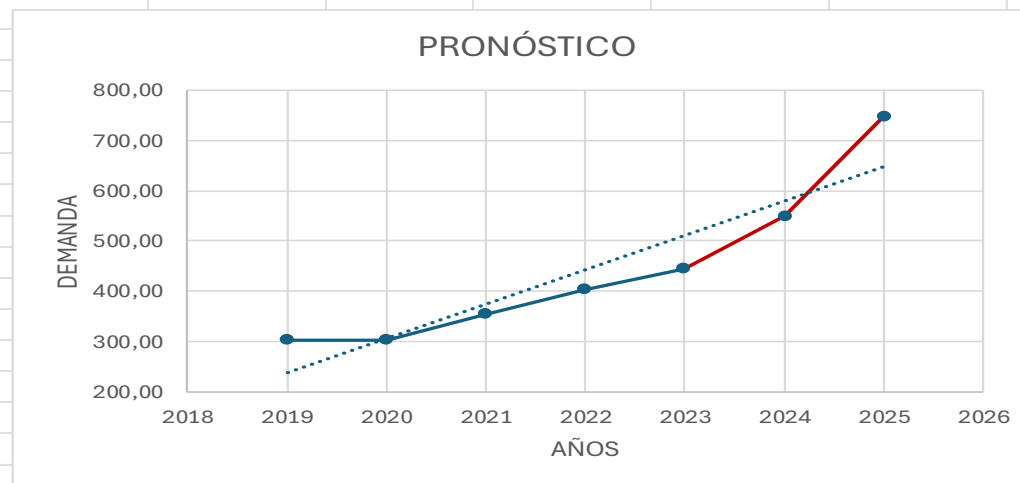
Anexo 16: Pronóstico por método de Holt para insumo tipo B

AÑO	DEMANDA	Nivel estimado (L)	Estimado tendencia (T)	PRONÓSTICO	ERROR	MAE	ET	MSE
2019	302	301,00	0,50	301,60	0,40	0,40	0,16	90962,6
2020	370	301,80	0,65	302,45	67,55	67,55	4563,00	91476,0
2021	395	336,23	17,54	353,76	41,24	41,24	1700,53	125147,9
2022	420	374,38	27,85	402,23	17,77	17,77	315,84	161787,5
2023	541	411,11	32,29	443,40	97,60	97,60	9525,00	196607,0
2024	738,08	492,20	56,69	548,89	44,91	44,91	44,91	301281,1
2025		643,49	103,99	747,47	53,81	53,81	53,81	558713,2

46,18

Alpha	0,5
Beta	0,5
L1 (NIVEL)	301
T1 (TENDENCIA)	0,6
PRONÓSTICO	301,6

CONCLUSIONES: Como se puede observar en el gráfico, la línea de pronóstico es similar a la línea de la demanda por lo que no se aleja de los datos reales. Además según los resultados obtenidos, se deberán producir 738,08 unidades con un error de 77,85.



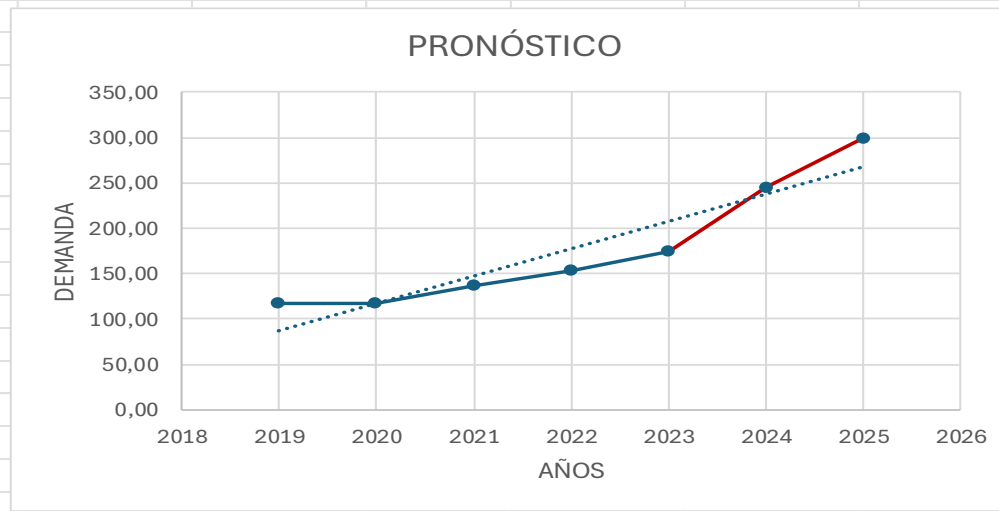
Anexo 17: Pronóstico por método de Holt para insumo tipo B

AÑO	DEMANDA	Nivel estimado (L)	Estimado tendencia (T)	PRONÓSTICO	ERROR	MAE	ET	MSE
2019	117	116,00	0,50	116,60	0,40	0,40	0,16	13595,6
2020	143	116,80	0,65	117,45	25,55	25,55	652,80	13794,5
2021	150	130,23	7,04	137,26	12,74	12,74	162,24	18841,0
2022	168	143,63	10,22	153,85	14,15	14,15	200,13	23670,8
2023	250	160,93	13,76	174,69	75,31	75,31	5672,33	30514,9
2024	738,08	212,34	32,59	244,93	25,63	25,63	25,63	59990,6
2025		491,50	155,87	300,00	30,68	30,68	30,68	90000,0

26,35

Alpha	0,5
Beta	0,5
L1 (NIVEL)	116
T1 (TENDENCIA)	0,6
PRONÓSTICO	116,6

CONCLUSIONES: Como se puede observar en el gráfico, la línea de pronóstico es similar a la línea de la demanda por lo que no se aleja de los datos reales. Además según los resultados obtenidos, se deberán producir 738,08 unidades con un error de 77,85.



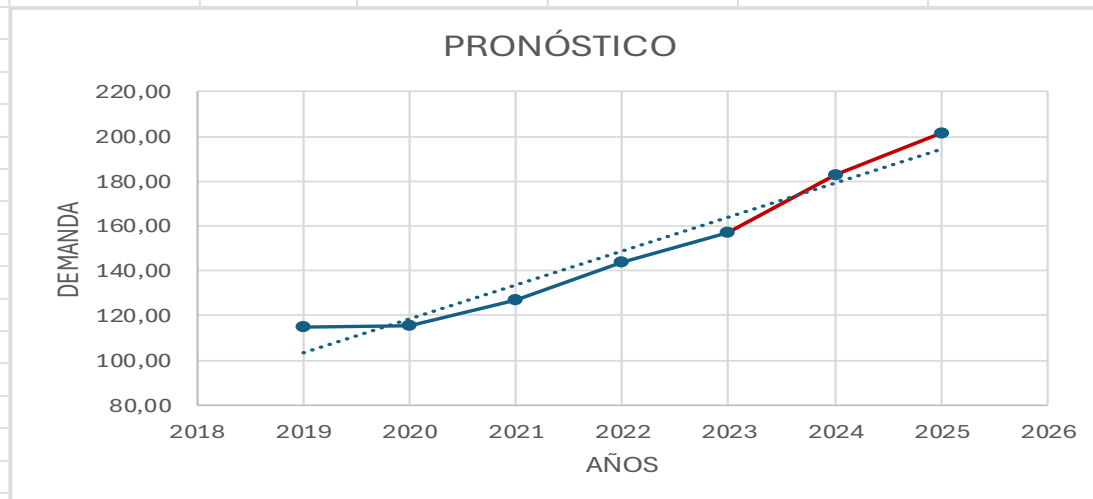
Anexo 18: Pronóstico por método de Holt para insumo tipo B

DEMANDA	Nivel estimado (L)	Estimado tendencia (T)	PRONÓSTICO	ERROR	MAE	ET	MSE
115	114,00	0,50	114,60	0,40	0,40	0,16	13133,2
130	114,80	0,65	115,45	14,55	14,55	211,70	13328,7
144	122,73	4,29	127,01	16,99	16,99	288,58	16132,2
150	135,51	8,53	144,04	5,96	5,96	35,51	20747,7
178	147,02	10,02	157,04	20,96	20,96	439,13	24663,0
187,2	167,52	15,26	182,79	11,77	11,77	11,77	33410,5
	184,99	16,37	201,36	14,04	14,04	14,04	40545,6

12,10

0,5
0,5
114
0,6
114,6

CONCLUSIONES: Como se puede observar en el gráfico, la línea de pronóstico es similar a la línea de la demanda por lo que no se aleja de los datos reales. Además según los resultados obtenidos, se deberán producir 738,08 unidades con un error de 77,85.



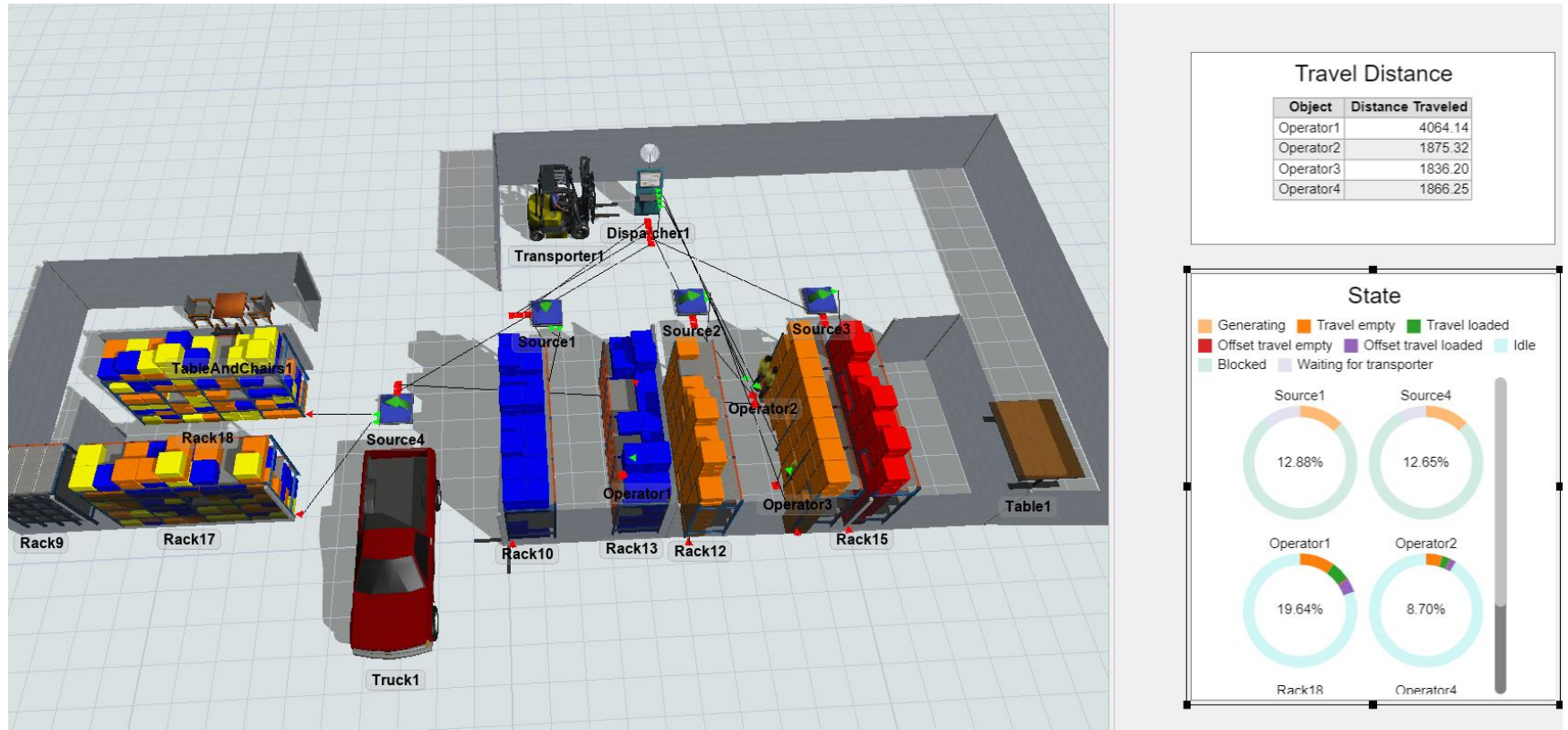
Anexo 19: Cálculos de Silver Meal

		MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	MES	
SM		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Requerimiento bruto		1900,26	1210,69	1711,23	1115,95	1618,98	2215,68	2079,65	2079,65	2079,65	2076,64	2075,30	2079,65	
Recepción programada		1569,25	1654,32	1578,21	1200,54	2031,95	1647,58	1065,84	1440,21	1425,00	1150,00	1314,00	2180,00	
Disponible	1038	554,98	1523,65	1367,56	1230,65	1562,31	1336,00	1120,65	1277,00	1571,32	1123,00	1600,23	1520,21	15787,56
Requerimiento neto		1602,53	1265,26	1701,54	1877,98	1923,42	2219,54	1223,00	1747,61	2100,00	1316,00	1324,00	1413,00	
Recepción de la orden			1265,26					1445,00			1780,00	1953,00		
Cocolación de la orden														

Anexo 20: Cálculos del Wagner Whitin

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
DEMANDA	1502	1305	1350	1270	1275	1256	1251	2210	1600	1452	1700	1098	
1	1600	1905	1740	4410	4145	5042	4220	5070	4136	2032	3049	3303	
2		2001	4974	5364	1966	5245	4798	2569	1187	5273	5371	2200	
3			4236	3366	3823	1951	4182	2953	4916	5177	2438	4470	
4				3389	3252	1476	1954	3641	2902	4815	4082	2316	
5					2175	4478	3260	2224	2478	3392	3057	1920	
6						2599	3283	4824	2291	3712	2865	3212	
7							4899	3692	2875	4829	2326	2568	
8								2088	3138	4087	4927	4522	
9									4833	3423	3987	2293	
10										2728	4779	1728	
11											4946	4573	
12												3606	
Mínimo	1600	1305	1350	1270	1275	1256	1251	2088	1187	1452	1700	1098	16832

ANEXO 21: Simulación en Flexim del Layout



Anexo 22: Fotografías situación de la empresa















