

Universidad del Bío-Bío
Facultad de Ingeniería
Depto. de Ingeniería Industrial

Profesor Guía:
Sr. Felipe Muñoz V.



**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS
PARA REPUESTOS EN UNA EMPRESA DE SERVICIOS DE
COSECHA FORESTAL”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniera Civil Industrial

Concepción, 03 de enero de 2023

Catalina Gallardo Valdebenito
Ingeniería Civil Industrial

DEDICATORIA

Dedico esta memoria de título a cada una de las personas que han creído en mí y que han sido parte del camino de mi formación universitaria.

“Todo lo puedo en Cristo, que me fortalece”

Filipenses 4:13

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerza, salud y motivación para sobreponerme ante cualquier obstáculo permitiéndome poder finalizar este proceso.

A mi amiga y compañera de carrera Javiera Stuardo, por su apoyo y contención durante estos 5 años de carrera universitaria.

A Agrícola y Forestal Doña Isidora por la oportunidad de elaborar mi memoria de título junto a ellos.

A Felipe Muñoz por su disposición de guiar el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Este trabajo fue realizado en una empresa de servicios dedicada a la cosecha forestal y presenta la aplicación de una metodología con el fin de establecer una propuesta que aporte a mejorar la gestión del inventario de la empresa. El primer paso consistió en realizar un diagnóstico y levantamiento de información para comprender el funcionamiento del área de trabajo y la dirección que tomaría esta memoria de título. Una vez definido el enfoque del tema a tratar, se continuó con la aplicación de la clasificación ABC a todos los ítems que se manejan en inventario a través de criterios definidos por la literatura y también de acuerdo los intereses de la organización. Luego, el siguiente paso fue la selección y aplicación de modelos de pronósticos de demanda donde se utilizó el coeficiente de variación de la demanda como medida de variabilidad y métodos de pronósticos de demanda para series de tiempo y por último se definió el tipo de política de revisión de inventario que debe ser aplicada a las clases definidas en la etapa de clasificación ABC, donde para todas se definió revisión continua.

Con la aplicación de esta metodología se evidenció que la empresa no realizaba una correcta gestión de inventario, lo cual afectaba directamente a las planificaciones semanales y mensuales que realizan en el área de logística de Agrícola y Forestal Doña Isidora, las cuales corresponden al envío de repuestos a las faenas para evitar retrasos en la cosecha en caso de que una máquina se paralice por el fallo de alguno de sus componentes.

Palabras claves: Clasificación ABC, pronósticos de demanda, gestión de inventarios, políticas de revisión de inventario.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes de la empresa.....	2
1.1.1	Procesos de cosecha forestal.....	2
1.2	Contexto de la situación bajo estudio.....	3
1.3	Justificación.....	3
1.4	Objetivos	4
1.5	Alcance del estudio	5
1.6	Metodología	6
1.6.1	Participantes.....	6
1.6.2	Materiales	7
1.6.3	Métodos.....	8
2.	Marco teórico	11
2.1	Inventario	11
2.1.1	Gestión de inventario.....	11
2.1.2	Políticas de inventario.....	12
2.1.3	Clasificación ABC de Inventarios.....	13
2.2	Pronósticos de demanda.....	14
2.2.1	Promedio móvil simple.....	15
2.2.2	Suavizamiento exponencial Simple	15
2.2.3	Suavizamiento exponencial Doble (Holt-Winter)	16
2.2.4	Método de Croston	17
2.2.5	Errores de pronóstico	19
2.3	Trabajos relacionados	20
3.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	24

4.	DESARROLLO Y ANÁLISIS	27
4.1.1	Clasificación ABC	27
4.1.2	Modelos de pronósticos de demanda	29
5.	RESULTADOS.....	31
5.1	Clasificación ABC.....	31
5.2	Pronósticos de demanda.....	33
5.3	Definición política de revisión de inventario	40
	CONCLUSIONES.....	41
	RECOMENDACIONES	42
	Referencias	46
ANEXO A:	Entrevistas a Colaboradores	48
ANEXO B:	Clasificación de Componentes	49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Etapas de métodos	8
Figura 1-2: Etapas del diagnóstico	8
Figura 1-3: Etapas mejora de inventario	9
Figura 3-1: Diagrama de Flujo de procesos	25
Figura 5-1: Diagrama para Clasificación ABC	32
Figura 5-2: Comportamiento de la demanda en clase A, B y C.....	34
Figura 5-3: Ejemplo método Croston - Clase A.....	36
Figura 5-4: Ejemplo método Croston - Clase B.....	37
Figura 5-5: Ejemplo método Croston - Clase C.....	37
Figura 5-6: Ejemplo método promedio móvil simple - Clase C.....	38
Figura 5-7: Ejemplo método suavizamiento exponencial simple - Clase C	38
Figura 5-8: Ejemplo método suavizamiento exponencial doble - Clase C.....	39
Figura 7-1: Proceso de gestión de inventario para Agrícola y Forestal Doña Isidora	44

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Sistemas de pronósticos y su patrón de demanda.....	19
Tabla 5-1: Clasificación de inventario para clasificación ABC	31
Tabla 5-2: Clasificación según criticidad	33
Tabla 5-3: Distribución de cada clase por categoría	34
Tabla 5-4: Error absoluto medio (MAE) por modelo de pronóstico - Clase C.....	39
Tabla 6: Categorías de repuestos	49

1. INTRODUCCIÓN

Es muy común que las empresas pretendan siempre alcanzar el mejor nivel de servicio, pero muchas veces en el afán de querer lograrlo surgen inconvenientes por no prestar atención a procesos específicos que, si bien no son los principales, terminan afectando a todos los procesos.

Uno de los procesos que genera repercusiones negativas si no es tratado de la forma correcta, es la gestión de la cadena de suministro, por lo que resulta importante que las compañías logren comprender que para mejorar el desempeño de su cadena de suministro en términos de capacidad de respuesta y eficiencia pueden hacerlo a través de la examinación de controladores logísticos e interfuncionales. (Chopra & Meindl, 2013)

Dentro de la clasificación de controladores logísticos, se encuentra el inventario, el cual se refiere al control de existencias, por lo que gran parte del control y la gestión de inventarios busca determinar las políticas y parámetros de control para producir el nivel de servicio deseado de la manera más económica posible, por lo tanto, es importante que las empresas cuenten con un adecuado sistema de inventario, que les permita mantener controlado y en orden los productos que poseen. (Heizer & Barry, 2007)

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo plantea como objetivo “Proponer un diseño de mejora a la gestión de inventarios de repuestos en Agrícola y Forestal Doña Isidora para tener un mayor control en el inventario de la empresa”.

Agrícola y Forestal Doña Isidora (en adelante también llamada empresa u organización) es una empresa dedicada a la cosecha forestal mecanizada, la cual a través del cumplimiento de sus estándares de servicio ha fomentado con sus clientes una relación de confianza y permanencia. Actualmente presentan problemas en su área logística, donde el principal factor es la mala gestión de inventarios lo que termina afectando a toda la cadena del proceso, pues provoca la paralización o ralentización del proceso completo. Existe un ajuste estratégico que se logra a través de las capacidades competitivas de la empresa y su cadena de

abastecimiento pues actualmente en la economía, la administración de inventarios, la planeación de producción y la estrategia corporativa están estrechamente relacionadas. (Vidal, 2010, pp. 16-23)

Por lo anterior, la propuesta para mejorar la gestión actual de inventarios es a través de una metodología que consiste en clasificar los componentes que forman parte de inventario general, para posteriormente realizar pronósticos de consumo analizando el comportamiento de los datos históricos desde enero de 2020 hasta octubre de 2022 y finalmente la definición de políticas de gestión de inventario de acuerdo con las clases definidas en la clasificación. La propuesta está orientada a inventario de repuestos, donde se define por la empresa como repuestos a todo componente que se almacena en inventario, abarcando ítems como neumáticos, elementos de protección personal, entre otros.

1.1 Antecedentes de la empresa

1.1.1 Procesos de cosecha forestal

Doña Isidora trabaja con dos tipos de cosecha forestal: Mecanizada y aérea, donde las etapas de los procesos son los mismos y solo existe una diferencia en la tercera etapa. A continuación, se explica en qué consiste cada uno de los procesos.

1. Volteo: Consiste en talar los árboles de las respectivas faenas en las que la empresa opera, donde uno de sus aspectos más importantes es el control de dónde caerán los árboles mientras se ejecuta el proceso, ya que se debe evitar dañar el medio ambiente y/o otros árboles. Para asegurar que sea una operación segura, este proceso se realiza con grandes máquinas como feller buncher.
2. Trozado: Una vez que los árboles caen, se comienza a procesar el tronco, es decir, se troza con el fin de que sea más fácil el traslado. Esta etapa se realiza de forma mecánica con un procesador.
3. Madereo: Consiste en llevar los troncos cortados en la segunda etapa, hasta la zona de almacenamiento. En el caso de madereo terrestre se realiza a través de una skidder grapper y para el caso de madereo aéreo

se realiza mediante torres de madereo, donde se tienen dos alternativas: torre tradicional y torre alpine.

4. Clasificado: Clasificación de troncos de acuerdo con el valor del árbol, donde se tienen diferentes categorías respecto al diámetro y largo de los troncos.

1.2 Contexto de la situación bajo estudio

El tema por desarrollar surge de la propuesta del gerente de operaciones de Agrícola y Forestal Doña Isidora, Carlos Barrenechea, bajo la necesidad de mantener la excelencia y calidad característica de la empresa, definiendo así que existe un problema en el área de logística.

Se indagó sobre cuáles eran las principales problemáticas que consideraba que existían desde su punto de vista, con el fin de poder comenzar a generar ideas de mejoras y es ahí donde se identificó que el principal problema se genera por la gestión de productos en inventario, donde el principal inconveniente surge a partir de que no cuentan con una correcta gestión de inventarios. La empresa divide en dos el inventario: stock crítico e inventario general, donde ambos son tratados por separado, pero en ninguno tienen criterios definidos respecto a cuáles son los productos con mayor relevancia dentro de la empresa, es decir, no cuenta con una clasificación de los ítems de acuerdo con sus características ni tampoco tienen claridad en el comportamiento en el tiempo que presentan los artículos que se manejan en inventario.

1.3 Justificación

Una correcta gestión de inventarios en cualquier tipo de empresa implica conocer cuánto y cuándo comprar, donde además otro factor que facilita la administración de inventarios es determinar la demanda de los productos. (Reátegui, 2018)

La empresa en estudio no cuenta con un inventario de repuestos óptimo, si bien utilizan SAP¹ Business One, sistema ERP² que a pesar de que es conocido por tener una gran riqueza funcional, este no está siendo utilizado posiblemente como

¹ Systems Applications and Products

² Enterprise Resource Planning

se debería, es decir, actualmente no les entrega una información confiable pues no realizan un control efectivo sobre los ítems que almacenan en inventario, generando esto muchas veces quiebres de stock o sobre stock. Lo anterior se debe a que el manejo de las existencias es de forma física y digital pero frecuentemente se presentan diferencias en las cantidades registradas en el sistema ERP y las cantidades reales que hay en bodega, donde se identifica que una de las causas es que no tienen una clasificación de los repuestos y son manejados en conjunto, sin considerar su importancia. Es por esto, que a través de la metodología propuesta se pretende que al contrastar las existencias registradas en sistema y las existencias reales que hay físicamente se logre tener las mismas cantidades.

Dado lo anterior, Forestal Doña Isidora, se encuentra en la búsqueda de mejoras constante dentro del área de logística, donde producto de los problemas que se mencionaron antes es importante que se defina una propuesta de solución a estos, ya que una buena gestión de inventario permite que se tenga conocimiento exacto del inventario, lo cual permitirá definir la cantidad óptima de productos a ordenar y también implicará el aprovechamiento de toda la instalación. (Heizer & Barry, 2007) Finalmente, de acuerdo con todo lo descrito antes, el foco de estudio consistirá en proponer mejoras que favorezcan a la optimización de este proceso que pertenece al área de logística de Agrícola y Forestal Doña Isidora.

1.4 Objetivos

Los objetivos planteados para este proyecto son:

Objetivo general: Proponer un diseño de mejora de inventarios de repuestos en Agrícola y Forestal Doña Isidora que permita tener un mayor control en el inventario de la empresa.

Objetivos específicos:

1. Diseñar una forma de clasificar los repuestos que se almacenan en inventario para definir su importancia dentro de la empresa de acuerdo con sus características.

2. Analizar los datos históricos de los repuestos en inventario con el fin de identificar su comportamiento a través de la aplicación de técnicas de pronósticos.
3. Definir políticas de revisión de inventarios con el fin de establecer un control más riguroso a los repuestos almacenados en inventario.

1.5 Alcance del estudio

Con la presente memoria de título se propone la mejora para la gestión de inventario general de repuestos de la empresa Agrícola y Forestal Doña Isidora, donde serán considerados solo los repuestos pertenecientes a inventario general ya que los artículos considerados críticos serán abordados en otro proyecto. La empresa registra más de 2.000 ítems en SAP Business One, por lo que para este estudio se realiza una clasificación ABC de inventario para todos los artículos registrados en el sistema ERP durante un periodo de tiempo de 34 meses (desde enero del 2020 a octubre del 2022). Además, se realiza una aplicación de modelos de pronósticos, donde para este método se consideraron solo los repuestos que presentaron consumo durante el periodo de análisis, y para este proyecto se trabajará con una selección de datos con el fin de probar la idea propuesta para posteriormente automatizar la aplicación de pronósticos, considerando lo realizado en este trabajo como un punto de partida. Finalmente se realiza la definición de políticas de revisión de inventario de acuerdo con la clasificación de los repuestos.

Para el correcto desarrollo de este trabajo, se hizo el levantamiento de información de toda el área logística de la empresa, donde la información obtenida fue a través de entrevistas con los colaboradores que forman parte del área logística: departamento de compras y abastecimiento, jefe de bodega, encargado de SAP y departamento de maquinarias.

La etapa de implementación se deja fuera de este proyecto ya que el horizonte de tiempo definido por la empresa fue de 4 meses, por lo que no fue posible realizar dicho proceso.

1.6 Metodología

La metodología propuesta cuenta con contenido cuantitativo, el cual será obtenido a través de datos internos que serán analizados a través de modelos de series de tiempo, análisis de datos, entre otros.

Este estudio es descriptivo ya que como señala Saldaña (2015) “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Sólo pretenden medir o recoger información de forma independiente o conjunta sobre los conceptos o variables con los que se relacionan”. Además, viéndolo desde el punto de vista de que es algo nuevo que se propone implementar en la empresa se podría considerar exploratorio ya que “se aplican procesos de análisis de datos básicos en donde se puede identificar la frecuencia en la cual se presenta el fenómeno de interés y sus características generales” (Ramos, 2020).

Dado que la organización separa su inventario en crítico y no crítico ya que el primero es tratado de forma diferente pues los repuestos que pertenecen a ese inventario son importantes para el proceso productivo.

Como se mencionó en la sección anterior, aquellos ítems considerados como críticos son abordados en otro proyecto elaborado por Javiera Stuardo, compañera de ingeniería civil industrial, el cual tiene una base común con el presente trabajo.

1.6.1 Participantes

Para la realización de la presente memoria de título, la empresa contrató a Catalina Gallardo (tesista) y Javiera Stuardo (tesista) para trabajar en conjunto con el ingeniero de proyectos de la empresa, con el fin de resolver problemáticas asociadas a la cadena logística de la organización.

En el desarrollo de la investigación existieron participantes de la empresa que aportaron con sus conocimientos debido a que son personas que durante sus actividades laborales se ven afectadas directamente con la problemática identificada y además poseen la experiencia necesaria para aclarar todo tipo de

dudas pues son quienes mejor conocen todo el proceso. Para orientación y sugerencias de lo anterior, se encuentran colaboradores del Departamento de Compras y Abastecimiento y el Ingeniero en Gestión de Maquinarias. Sumado a esto, colaboradores que aportaron con la entrega de información interna de la empresa como el encargado de SAP o en el caso de toma de decisiones participó gerencia.

1.6.2 Materiales

Dentro de las fuentes primarias, serán consideradas entrevistas y/o encuestas con los colaboradores de cada uno de los procesos y áreas que permitan poder realizar un análisis completo de la empresa además de comprender el funcionamiento de esta misma y también del proceso logístico específicamente, es decir, aquellos colaboradores que se encuentran en faenas y también quienes se encuentran en las oficinas y bodega, esto con el fin de contar con todas las perspectivas de quienes participan del proceso. Asimismo, se considerará como fuente primaria, toda aquella información obtenida a través del recurso empresarial utilizado por la empresa, SAP Business One.

Se considerará como fuentes secundarias la literatura que permitió el desarrollo de este trabajo para comprender de mejor forma el concepto de inventarios y su gestión, donde la información expuesta está basada en el libro “Planeación y control de la producción” de Sipper & Bulfin (1998), y también en el libro “Fundamentos de control y gestión de inventarios) de Vidal (2010). Además, se utilizan bases de datos, tesis anteriores y buscadores online como Google académico, Scielo, Dialnet, entre otros.

1.6.3 Métodos

Con el propósito de dar solución a la problemática antes mencionada se estableció desarrollar tres grandes etapas las cuales se detallarán a continuación:

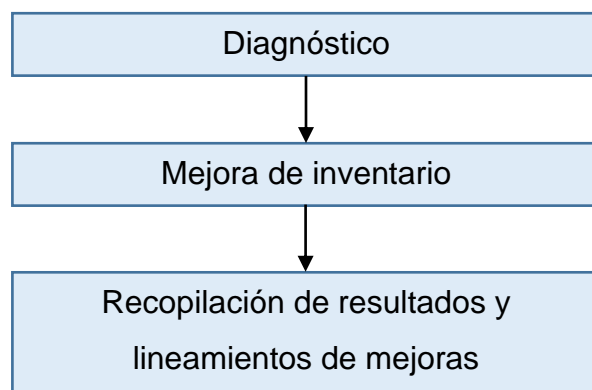


Figura 1-1: Etapas de métodos

Fuente: Elaboración propia.

Diagnóstico: Etapa inicial de los métodos a implementar, donde se busca identificar el propósito de la empresa en cuanto a sus objetivos y estrategias respecto al tema a tratar para posteriormente investigar lo necesario sobre los procesos del área involucrada, con el fin de encontrar oportunidades de mejoras.

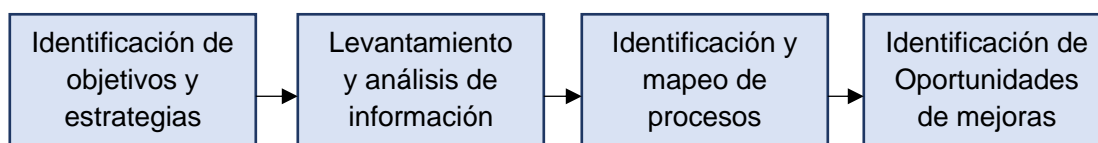


Figura 1-2: Etapas del diagnóstico

Fuente: Elaboración propia.

- **Identificación de objetivos y estrategias:** Mediante una reunión con el gerente de operaciones de Agrícola y Forestal Doña Isidora, Carlos Barrenechea, se analizó la situación actual de la empresa en todo lo que implica el procedimiento del área logística de esta, identificando procesos que necesitan ser rediseñados y estructurados para adaptarse a las estrategias y objetivos de la organización, identificando así la necesidad de aplicar metodologías que permitan mejorar la actual gestión de inventario de la empresa.

- **Levantamiento y análisis de información:** Análisis de la literatura para identificar procedimientos de organización de inventario y métodos de pronósticos de demanda. Además, se recopilará y estudiará información interna de la empresa a través de las bases de datos del sistema ERP que utiliza la empresa y de entrevistas con distintos colaboradores involucrados en el proceso.
- **Identificación y mapeo de procesos:** Reconocimiento de los departamentos que tienen directa relación con la gestión y control de inventario, y en base a esto tener una representación visual a través de un diagrama de flujo que represente el funcionamiento del área logística y la relación entre cada departamento que pertenecen a esta área.
- **Identificación de oportunidades de mejoras:** En base al análisis del diagrama de flujo del proceso logístico de la empresa creado en el paso anterior, se identificarán oportunidades de mejora enfocadas en mejorar el proceso actual de inventario.

Mejora de inventario: Aplicación de la metodología propuesta basada en la literatura para dar solución a la problemática planteada en la sección 1.2.

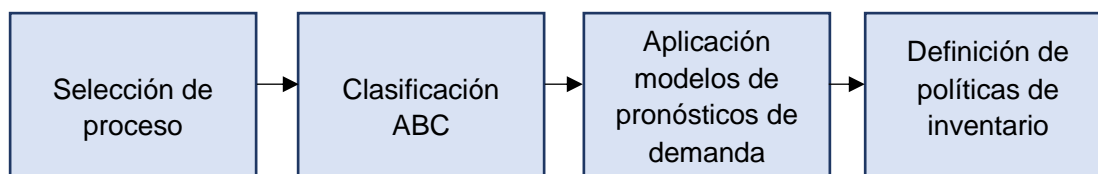


Figura 1-3: Etapas mejora de inventario

Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de proceso:** Luego del diagnóstico a la empresa se seleccionará identificará el tipo de inventario a mejorar: para esta memoria de título el tema es inventario general.

- **Clasificación ABC:** Se definirán criterios para diferenciar el stock crítico del stock general con el fin de identificar para cada artículo si es clase A, B o C.
- **Aplicación de pronósticos de demanda:** Se identificará y seleccionará para cuatro artículos, a modo de ejemplo, el método de pronóstico que más se ajuste al comportamiento de la demanda en función del mínimo error cometido. Los datos utilizados corresponderán al periodo comprendido entre enero de 2020 a octubre de 2022, donde los primeros 24 meses serán de entrenamiento para ajustar el modelo y con los meses restantes se evaluará el desempeño de este.
- **Definición de políticas de inventario:** Proponer políticas de inventario según la clasificación de los repuestos realizada en la etapa anterior, basando la recomendación en lo que sugiere la literatura. El objetivo de definir políticas de revisión es lograr que al validar la cantidad de ítems que hay registrados en el sistema, sea la misma que hay físicamente en bodega.

Recopilación de resultados y lineamientos de mejoras

Luego de aplicar los métodos de la etapa anterior, se recogerán los resultados y serán entregados por escrito al gerente de operaciones y también a los colaboradores que se ven involucrados en la gestión y control de inventarios, además se realizará una presentación explicando todo lo realizado, además de entregar las recomendaciones pertinentes al tema de este trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

En las siguientes secciones se detallan conceptos y parámetros relacionados con la gestión de inventarios, los cuales fueron utilizados como una guía para llevar a cabo esta memoria de título.

2.1 Inventario

Según Sipper & Bulfin (1998, pp. 218-219) inventario se define como “una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo para satisfacer una demanda futura”. Por lo tanto, todos los bienes (materia prima, unidades compradas, etc.) almacenados en un espacio físico corresponden al inventario, el cual se convierte en un “amortiguador” entre dos procesos: el abastecimiento y la demanda, donde el proceso de abastecimiento contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario”.

Toda empresa debería mantener un número mínimo de stock para anticipar un aumento de la demanda y del mismo modo, evitar que ocurra una paralización de la producción por no disponer de los recursos necesarios. Por lo tanto, la necesidad de un inventario surge ya que se producen diferencias entre el abastecimiento y la demanda, y cuyos factores que producen las diferencias se clasifican en endógenos y exógenos, donde este último es el más relevante pues corresponde a la incertidumbre. Una forma de disminuir el impacto de este factor es contar con un inventario de seguridad, el cuál ayuda a estar preparados en caso de que exista mayor demanda con respecto a la pronosticada, y también permite evitar un paro de la producción ya que existe incertidumbre en los tiempos de entrega.

2.1.1 Gestión de inventario

La gestión de inventarios es uno de los procesos más complejos e importantes dentro de la cadena de suministro y surge a partir de que los productos presentan mucha variabilidad en la demanda y también los tiempos de reposición (Lead Times). Esto se puede corregir mediante algunas estrategias como la obtención de información precisa y en tiempo real sobre la demanda en el punto de consumo, consolidación de las bodegas y centros de distribución, estandarización de los

productos, mejoramiento de los pronósticos de demanda, reducción de tiempos de reposición a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, entre otras.

Una buena gestión de inventario logrará que se tenga conocimiento exacto del inventario, lo cual permitirá definir la cantidad óptima de productos a ordenar y también implicará el aprovechamiento de toda la instalación, evitando además que se tengan existencias en exceso y/o faltantes en inventario.

2.1.2 Políticas de inventario

Dado que la demanda es el principal elemento que afecta al inventario, es importante que un sistema de inventario responda a variables de decisión de tiempo y cantidad, es decir, ¿Cuánto y cuándo debe ordenarse? Cuyas preguntas se responden utilizando dos políticas de control de inventarios diferentes: de revisión periódica y de revisión continua. A continuación, se muestra la notación que se utilizará en la explicación de las dos políticas de control mencionadas anteriormente, definidas en Sipper & Bulfin (1998, pp. 224)

T : Periodo de revisión.

Q : Cantidad por ordenar en cada pedido, varía de un periodo a otro.

R : Punto de reorden (determinado por la empresa).

S : Nivel de inventario hasta el cual debe ordenarse.

I : Nivel de inventario.

Política de revisión periódica: El inventario se debe revisar con una frecuencia de periodo regular, este tiempo (T) es fijado por cada empresa, puede ser cada una semana, un mes, un semestre, etc.

Si al realizar la revisión el nivel de inventario (I) es mayor que el punto de reorden (R), no se realizará un pedido. En cambio, si el inventario es menor se realiza un pedido por la cantidad que se necesite para completar el nivel máximo de inventario (S).

Ejemplo: si en un tiempo de revisión t_1 , $I < R$, se deben ordenar: $Q = S - I$.

Política de revisión continua: Consiste en controlar continuamente el nivel de inventario (I), es decir, cada vez que exista una transacción, ya sea un despacho, recepción, solicitud, etc., se realiza la revisión de este. Cuando el nivel llega al punto de reorden R , que corresponde a la decisión de tiempo, se debe ordenar una cantidad fija Q (decisión de cantidad).

2.1.3 Clasificación ABC de Inventarios

La clasificación ABC surge de la aplicación del principio de Pareto y según Babai et al. (2010) se define como: “clasificación de un grupo de ítems en orden decreciente de volumen anual de dólares (precio multiplicado por volumen proyectado de ventas) u otro criterio. Este arreglo es luego dividido en 3 clases llamadas A, B y C” y usualmente quedan constituidos de la siguiente forma:

- Artículos clase A: Son aquellos que poseen un volumen monetario anual alto. Representan aproximadamente al 15% del total de los artículos, sin embargo, poseen entre el 70 u 80 por ciento del consumo monetario total.
- Artículos clase B: Son los que tienen un volumen monetario anual medio. Generalmente, representan al 30 por ciento del volumen de artículos de inventario y entre el 15 y 25 por ciento del valor monetario total.
- Artículos clase C: Estas existencias representan un volumen monetario anual bajo, representando un 5 por ciento del volumen monetario, pero alrededor del 55 por ciento del total de los artículos en inventario.

Lo anterior es solo una referencia, pero la decisión final respecto a los porcentajes depende de cada caso en particular, pudiendo crearse incluso nuevas clasificaciones ya sea AA (o AAA) para ítems muy importantes o una clasificación D cuando la cantidad de artículos que forman parte de la clase C son muchos, cuando tienen bajo volumen anual, ítems que están desapareciendo o que ya no deberían estar activos en el sistema de la empresa. (Vidal, 2010, p. 26)

En las secciones que continúan, desde la 2.2.1 hasta 2.2.5, se exponen los métodos de pronóstico que se utilizarán en este trabajo, definidos en el texto “Fundamentos de control y gestión de inventarios” de Vidal (2010), libro que fue utilizado como una guía para el trabajo a realizar.

2.2 Pronósticos de demanda

Los sistemas de pronósticos se consideran fundamentales para el cumplimiento de los objetivos de la empresa, ya que al implementarlos ayudan a tomar decisiones a través de una estimación previa de lo que sucederá en el futuro con el menor error posible.

En todo proceso que implique tomar decisiones se necesita pronosticar una o más variables de interés ya que se necesita determinar qué pasará en el futuro para que la decisión que se tome sea la óptima. Dado esto, los pronósticos de demanda son elementos claves dentro de una organización ya que además de disminuir la incertidumbre respecto al futuro, ayudan a anticiparse a cualquier cambio que se pueda presentar en la demanda de los artículos que se tienen en inventario, permitiendo así una planificación y gestión eficiente de los productos (Vidal, 2010).

La demanda puede presentar diferentes patrones de comportamiento, los cuales son:

- Tendencia: Es aquella que se observa cuando la demanda se incrementa o disminuye de manera continua en el tiempo.
- Estacionalidad: Patrón de demanda que usualmente ocurre en una base anual, pero puede ocurrir semanalmente o de forma diaria.
- Variación aleatoria: Ocurre cuando hay muchos factores que afectan la demanda durante periodos específicos y ocurre de manera aleatoria.
- Variación cíclica: Componente que se presenta en el curso de periodos de tiempo más largos (años o decenios), la demanda se incrementa o decrecienta gradualmente siendo menos previsible.

Para identificar el comportamiento de la demanda de los datos y contribuir a la elección de qué método de pronósticos de demanda se utilizará, se debe analizar

si la demanda es intermitente a través del cálculo del coeficiente de variación de la distribución de la demanda (CVD) el cual queda definido como:

$$CVD = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}} \quad (2.1)$$

Si $CVD \geq 1$ (100%) se considera que la demanda es intermitente, en caso contrario, puede considerarse estacionaria o constante, donde un menor coeficiente de variación de la demanda implica baja aleatoriedad en esta. (Vidal, 2010)

Existen diferentes métodos de pronósticos como el promedio móvil, la suavización exponencial simple y doble, y el método de Croston, entre otros. La aplicación de estos diferentes métodos de pronóstico depende en gran medida del patrón de demanda que se esté abordando.

2.2.1 Promedio móvil simple

Es un método considerado fácil de aplicar y se utiliza principalmente cuando no existe una tendencia significativa ni estacionalidad en la serie de tiempo. En la práctica, se debe definir cuántos periodos (n) serán utilizados para realizar el promedio y obtener la demanda pronosticada (F) en el periodo (t) requerido.

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-n}}{n} \quad (2.2)$$

Donde:

F_t : Demanda pronosticada para el periodo t .

A_t : Demanda real para el periodo t .

n : Número de períodos a promediar.

2.2.2 Suavizamiento exponencial Simple

Este modelo se utiliza cuando la demanda no presenta tendencia o estacionalidad, es decir, existe una demanda uniforme. Para la aplicación de suavizamiento exponencial simple no se requiere de gran volumen de datos históricos de la demanda ya que para el cálculo del pronóstico solo se necesita la observación del periodo anterior la cual es removida y reemplazada por la demanda más reciente.

Además, para su aplicación se necesita definir una constante de suavizamiento alfa (α) la cual suaviza la fluctuación en la historia reciente, donde $0 < \alpha < 1$ y su variación depende de a qué datos se le quiere dar mayor importancia, es decir, si se establece un alfa más alto se le estará dando importancia a los datos históricos recientes, en cambio, un alfa más bajo significa dar mayor importancia a los datos históricos más antiguos. Si $\alpha=1$ el pronóstico de demanda del próximo periodo será igual al periodo actual.

El cálculo del pronóstico de este método se realiza con la siguiente ecuación:

$$F_t = F_{t-1} + (\alpha) * (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (2.3)$$

Donde:

F_t : Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t .

F_{t-1} : Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo $t - 1$.

α : Constante de suavizamiento.

A_{t-1} : Demanda observada para el periodo $t - 1$.

2.2.3 Suavizamiento exponencial Doble (Holt-Winter)

La suavización exponencial doble es óptima para patrones de demanda que presentan una tendencia ya sea con pendiente creciente o decreciente. Es un suavizamiento doble debido a que tanto la estimación de los datos históricos como la de la tendencia se suavizan.

Al igual que en el suavizamiento exponencial simple, se utiliza una constante de suavizamiento alfa la cual suaviza la fluctuación en la historia reciente, pero se agrega una nueva constante de suavizamiento beta (β) la cual funciona de forma similar, con valores entre 0 y 1, donde un β elevado responde con más velocidad a los cambios en la tendencia, mientras que un β inferior tiende a suavizar la tendencia actual, dando menos peso a los datos recientes.

El cálculo del pronóstico de este método se realiza con las siguientes ecuaciones:

$$S_t = \alpha * X_t + (1 - \alpha) * (S_{t-1} + B_{t-1}) \quad (2.4)$$

$$B_t = \beta * (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) * B_{t-1} \quad (2.5)$$

$$F_m = S_T + m * B_T \quad (2.6)$$

Donde:

F_m : Pronóstico para m periodos desde el inicio del pronóstico.

X_t : Valor real de la demanda en el periodo t .

S_t : Nivel suavizado en el periodo t .

B_t : Tendencia suavizada en el periodo t .

T : Periodo de inicio del pronóstico.

α y β : Constantes de suavizamiento.

2.2.4 Método de Croston

Este método es utilizado para cuando existe demanda intermitente (errática), es decir, se aplica en los artículos que presentan durante muchos periodos demanda nula. A pesar de a que estos artículos se les puede aplicar suavizamiento exponencial simple o doble, el método de Croston es una mejor alternativa.

La aplicación de este método es similar al método de suavizamiento exponencial puesto que consiste en realizar dos pronósticos con la misma constante de suavizamiento alfa, la cual varía entre 0 y 1, pero Croston sugiere utilizar valores entre 0,1 y 0,2 o también entre 0,01 y 0,3. El método de Croston primero pronostica **cuándo** habrá demanda y luego **cuánto** será demandado, donde el primer pronóstico se realiza de acuerdo con las observaciones anteriores, es decir, se estima el número entre ocurrencias de demanda mayores a cero y el segundo pronóstico se realiza con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero. Posteriormente, se analizan si existe consumo o no, en el periodo de estudio.

En el primer caso, donde $x_t > 0$, es decir, donde sí exista consumo, los estimadores se actualizarán de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\hat{n}_t = \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1} \quad (2.7)$$

$$\hat{z}_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1} \quad (2.8)$$

En el segundo caso, donde $x_t = 0$, es decir, donde no exista consumo, los estimadores conservarán el mismo valor del estimador encontrado en el periodo anterior:

$$\hat{n}_t = \hat{n}_{t-1} \quad (2.9)$$

$$\hat{z}_t = \hat{z}_{t-1} \quad (2.10)$$

Finalmente, el pronóstico de la demanda para el periodo siguiente se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\hat{x}_{t+1} = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t} \quad (2.11)$$

Donde:

x_t : Demanda observada en el periodo t .

n_t : Número de periodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero, hasta el periodo t .

\hat{n}_t : Valor estimado de n_t al final del periodo t .

\hat{z}_t : Valor estimado de z_t al final del periodo t .

En la Tabla 2-1 se encuentra un resumen definido en el texto Fundamentos de control y gestión de inventarios, de los principales métodos de pronósticos aplicables a cada patrón de demanda.

Tabla 2-1: Sistemas de pronósticos y su patrón de demanda

Patrón de demanda	Sistema de pronóstico recomendado
Perpetua o uniforme	Promedio móvil o suavizamiento exponencial simple.
Tendencia creciente o decreciente	Suavizamiento exponencial doble.
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters.
Demanda altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto regresivos (ARIMA).
Demanda Errática	Método de Croston.

Fuente: Vidal (2010)

2.2.5 Errores de pronóstico

Los pronósticos de demanda siempre estarán errados ya que se está anticipando al futuro, es por esto, que para tener un sistema de gestión de inventarios exitoso se necesita calcular los errores del pronóstico para identificar si el método de pronóstico utilizado es el adecuado debido a que una aplicación errada afectaría directamente al proceso productivo de la empresa. Los errores del pronóstico también ayudan a determinar cuánto inventario de seguridad requerirá la organización.

El error de pronóstico corresponde a la diferencia entre la demanda real para el periodo t y el pronóstico para el periodo t y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_t = D_t - F_t \quad (2.12)$$

Donde:

E_t : Error de pronóstico para el periodo t .

D_t : Demanda real para el periodo t .

F_t : Pronóstico para el periodo t .

Existen otras medidas para calcular el error de los métodos de pronósticos, las cuales son el error cuadrático medio (MSE) y el error absoluto medio (MAE).

- Error cuadrático medio (MSE): Es el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de períodos.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2}{n} \quad (2.13)$$

- Error absoluto medio (MAE): Calcula la función de error absoluto medio para el pronóstico y los resultados posibles.

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^n |(D_t - F_t)|}{n} \quad (2.14)$$

2.3 Trabajos relacionados

La gestión de inventarios ha sido estudiada y analizada por diferentes autores los cuales han desarrollado investigaciones similares a la problemática anteriormente planteada, donde se han examinado metodologías de solución que serán expuestas en esta sección.

La primera metodología que se detallará es la revisión sobre la clasificación ABC, la cual es muy importante en este estudio porque permite categorizar los inventarios de acuerdo con diferentes criterios que han sido mencionados, y, además, verificar si los diferentes autores sugieren alguna respuesta a la problemática de investigación o se provee una dirección a seguir dentro del planteamiento del estudio. Luego, se presentará los sistemas de pronósticos de demanda debido a que son fundamentales para el correcto control del inventario, para este tema los autores entregaran técnicas y métodos de pronósticos.

La realización de una clasificación ABC para Chávez (2021) ayudó a identificar aquellos repuestos más críticos. De igual forma, para Paredes et al. (2019) la aplicación de este método permitió que se obtuvieran aquellos grupos de ítems de repuestos de la empresa Ingenio Azucarero, que son más críticos para las operaciones de la organización.

Navarro (2019) concluye que el método ABC de control de inventarios ayuda a las empresas en la necesidad de reducir los costos, de optimizar el proceso y controlar las pérdidas que se presentan en el inventario.

Una recomendación importante por considerar de Cortés & Morales (2012) es que la clasificación ABC debe ser actualizada cada año para conocer la importancia que tienen los ítems según los cambios que pueden ocurrir en las máquinas a través del tiempo. Con el fin de evitar tener en la clasificación ítems obsoletos y agregar los que hayan sido adquiridos en ese periodo.

Paredes et al. (2019) realizaron pronósticos de demanda en un almacén de repuestos de Ingenio Azucarero, en donde concluyeron que el realizar estos en los artículos clase A permitiría tener un seguimiento de los repuestos más críticos para la realización de las diversas tareas de la empresa, al cumplir con esta actividad se puede llegar a mantener el inventario óptimo para prevenir una falta en el futuro. Por otro lado, los pronósticos de demanda ayudan a la evaluación y selección de políticas de control de inventario.

En el trabajo de investigación de Arbulú et al. (2018) realizan un “Conteo cíclico ABC” el cual se revisa diariamente con el fin de lograr una mayor precisión en las existencias físicas y en el sistema (SAP) de la empresa y así el inventario físico se realiza anualmente. El llevar a cabo el Conteo cíclico ABC permite identificar productos defectuosos, productos de baja rotación, adecuada ubicación, estado físico, esta información es de gran importancia para la elaboración de estrategias que permitirán la reducción del inventario y la salida de los productos de baja rotación a través de decisiones comerciales.

Toro & Bastidas (2011) mencionan que la importancia de la clasificación de los artículos mediante método ABC, radica en que un sistema de control de inventario no debería tratar a todos sus artículos en existencia por igual, sino que estos serán tratados de acuerdo con la importancia que signifiquen para la empresa para así aplicar los mecanismos de control y análisis correspondientes a su clasificación. Además, utilizan sistemas de pronósticos, los cuales, indican que es importante conocer el comportamiento de la demanda de los artículos, puesto que en una serie

de tiempo se pueden encontrar componentes como tendencia, estacionalidad, entre otros, donde el análisis de la demanda es importante para lograr satisfacer a esta misma anticipadamente, siendo así este, el primer paso para lograr una buena política de inventario. Sumado a esto, utilizan como medida del error de pronóstico la desviación media absoluta (MAD) ya que consideran la manera más simple de calcular la variación o error de pronóstico. Con la aplicación de estos métodos las autoras concluyen que con los métodos aplicados se logra dar la atención necesaria a los productos que pueden tener riesgo de obsolescencia y además garantizan la satisfacción de la demanda lo que influye en un aumento del nivel de servicio lo cual aporta positivamente en la imagen de las organizaciones.

La clasificación ABC según Castro et al. (2011) entre más sencilla sea su implementación se obtendrán mejores resultados y además se debe tener en cuenta que no todos los criterios definidos pueden ser considerados por lo que deben ser analizados por el encargado de la toma de decisiones, es decir, alguien con experiencia en el tema que forme parte de la organización en cuestión, por lo mismo en caso de ser necesario aplicar una ponderación a estos criterios, esta misma persona podría ser el responsable de analizarlos y establecer sus respectivos valores de importancia. En su artículo, realizan una clasificación ABC multicriterio (MCIC o MCABC) y crean una matriz de criterios determinando cuáles son los más utilizados, donde se encuentran algunos como: Demanda/ventas anuales, inventario promedio, costo unitario, entre otros. Con la aplicación de este método concluyen que es bueno para la gestión de inventarios, pero que es importante aplicarlo cuidadosamente, más aún cuando se tienen dos o más criterios en análisis, ya que depende de esto la correcta clasificación de los artículos.

González (2020) estudia la gestión de inventarios de una empresa chilena perteneciente al rubro de pernería y tornillería, mediante la aplicación de cuatro etapas: estrategia competitiva de la empresa orientada al nivel de servicio de esta, clasificación de los productos, pronósticos de demanda y políticas de inventario.

Para la clasificación ABC, definen tres criterios globales: Rotación, importancia y acopio, de los cuales consideraron solamente rotación ya que se adecuan a la

estrategia de la empresa, siendo este el criterio más importante para la organización. En base a este criterio crearon cuatro clasificaciones para los productos A, B, C y D, a los cuales procedieron a aplicar los pronósticos de demanda.

Los pronósticos de demanda los aplican considerando 12 meses de datos históricos y se utilizan métodos como promedio móvil simple, suavizamiento exponencial simple y doble, para los cuales miden su error de pronóstico mediante la desviación absoluta media, error porcentual absoluto medio y señal de rastreo, para luego definir cuál es el que mejor se adecua a los datos históricos que se tienen.

Según la clasificación obtenida para los productos mediante el método ABC, seleccionaron políticas de inventario para cada una de las clasificaciones puesto que mediante el análisis de la demanda se obtiene cierta noción de la variabilidad que tendrá en el futuro. Los resultados obtenidos con la aplicación de las etapas descritas anteriormente, González (2020) expone que estos fueron óptimos, ya que analizando el nivel de servicio que definió la empresa que era de un 98%, en la clasificación de los productos A y B se logró superar este valor y para el C a pesar de no lograrlo, igualmente tuvo un aumento significativo, por lo que concluyen que manteniendo la aplicación de estas metodologías por al menos tres meses, se logrará superar el valor que la organización estableció. Finalmente, menciona que la aplicación de estos métodos será diferente para cada empresa y todo dependerá de las estrategias que esta tenga, donde además un elemento importante a considerar son las competencias de los colaboradores de la empresa, ya que tienen un rol importante en el éxito de la implementación de cada una de las metodologías, pues se requiere de personal capacitado.

3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente capítulo se describe la situación actual de la organización, mediante el detalle de la aplicación de los métodos propuestos para el desarrollo de este trabajo.

Identificación de objetivos y estrategias

El principal objetivo es mejorar la gestión de inventario para evitar quiebres de stock, sobre stock, etc., ya que el inventario para la empresa es el principal elemento para que el área logística funcione bien, por lo mismo lo dividen en dos grupos, Stock crítico e inventario general.

Levantamiento y análisis de información

De acuerdo con las entrevistas realizadas a los colaboradores involucrados en el proceso, se identificó que la empresa tiene falencias en organización: los trabajadores no tienen definidas sus responsabilidades, no conocen el proceso de quien debe actuar primero ante un requerimiento de compra ni a quien deben avisarle una vez cumplido con su labor y además, no hay canales de comunicación fijados, por ende, al ocurrir un problema es imposible ver las acciones que se tomaron durante el proceso. Por otro lado, la organización no cuenta con una gestión de inventario, las bodegas no están ordenadas ni clasificadas y la planificación de las compras se realiza por experiencia propia de los colaboradores.

La información cuantitativa obtenida en esta etapa proviene del sistema ERP utilizado por la organización, donde registran el consumo mensual (salidas de inventario) de los repuestos en una base de datos que está formada por fecha, código SAP, caracterización, descripción del artículo, salida, costo unitario y costo total.

Identificación y Mapeo de procesos

En etapa se encontraron los departamentos que forman en el área de logística, los cuales son: compras y abastecimiento, logística, además de supervisores mecánicos y encargados de maquinaria en faenas. La empresa actualmente no

cuenta con una esquematación del área de logística, es por esta razón que se realizaron entrevistas con distintos colaboradores involucrados con el fin de poder recopilar la información necesaria para la elaboración de este. De esta manera se consolida toda la información entregada en el siguiente diagrama de flujo:

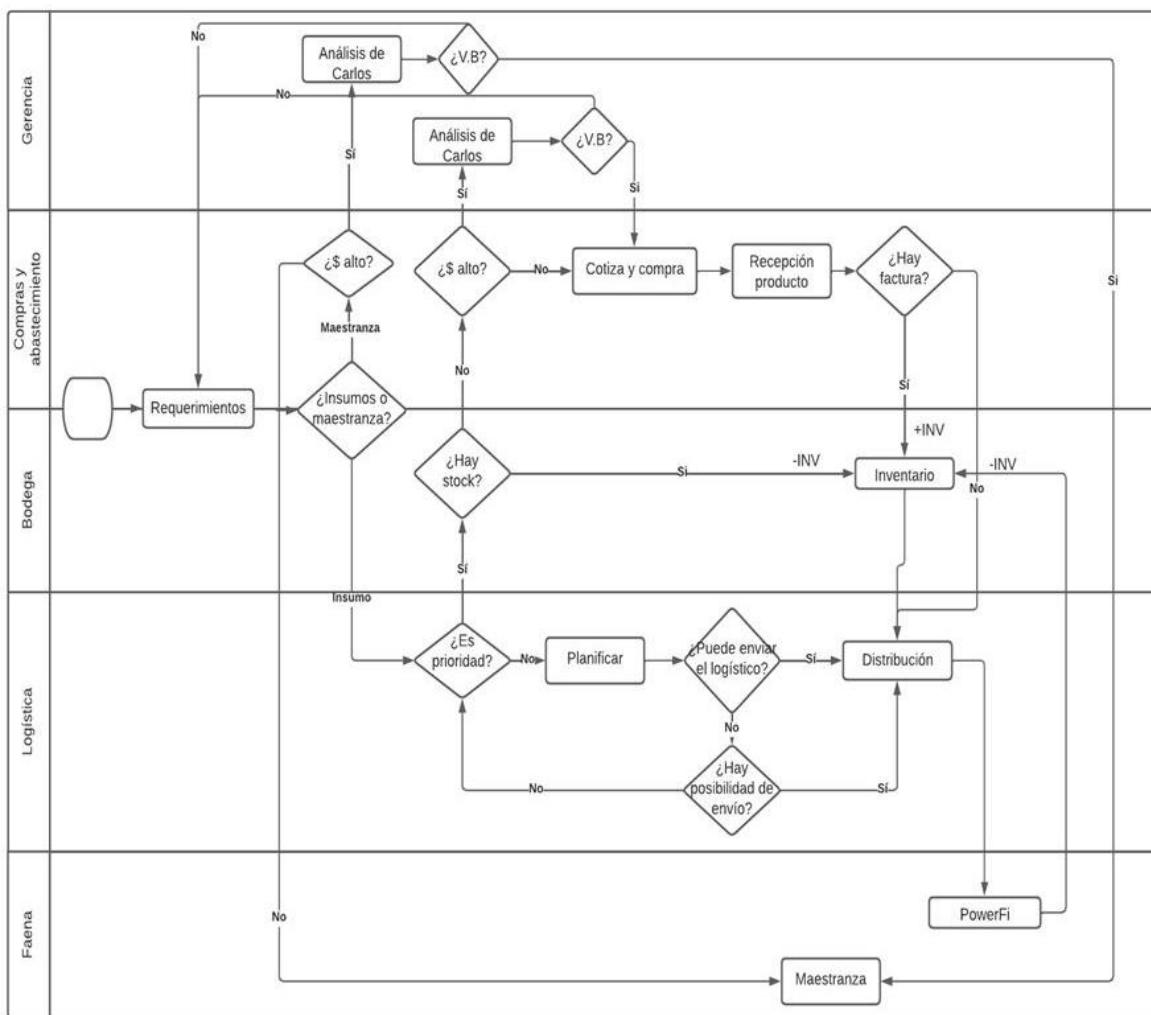


Figura 3-1: Diagrama de Flujo de procesos

Fuente: Elaboración propia.

Oportunidades de mejoras

De acuerdo con el análisis de información concluye que las erróneas planificaciones semanales y mensuales del área logística, sumado a la mala comunicación entre colaboradores provocan que actualmente el proceso productivo recurra a una gran cantidad de compras y/o distribuciones de emergencias, por lo tanto, como

consecuencia se generan diversos problemas que afectan a que el flujo del proceso no sea el más adecuado.

Por ende, se seleccionará el área de compra y abastecimiento pues es el que al generar malas planificaciones retrasa todo el proceso productivo. Una oportunidad de mejorar la forma de segmentar y organizar los artículos que ingresan al inventario es diseñar un modelo de clasificación ABC en base a criterios que ayuden a la organización a identificar cuál es su inventario de stock crítico y cual es inventario general. Luego de esto, es fundamental realizar pronósticos de demanda para cada clasificación con el fin de saber cuántas unidades comprar cada cierto tiempo, donde algunas serán prioridad.

4. DESARROLLO Y ANÁLISIS

Para el desarrollo de este seminario se utilizaron datos reales de artículos de la empresa Agrícola y Forestal Doña Isidora, estos fueron obtenidos del software ERP “SAP Business One” con el que trabaja la organización y hacen referencia a información de todos los artículos que se han utilizado durante 34 meses, específicamente desde enero del 2020 hasta 11 de octubre de 2022.

La metodología inicia con el levantamiento de información donde se revisaron archivos internos de la empresa, además se realizaron entrevistas a los trabajadores involucrados en el proceso (Anexo A). Luego, se realiza la clasificación ABC de inventarios con el fin ordenar la información entregada y, además, categorizar los diferentes artículos de acuerdo con criterios que actualmente no están establecidos, por ende, no son considerados en las tomas de decisiones. Posteriormente, se utilizan técnicas de pronósticos de demanda para ayudar a tomar decisiones de compras a través de una estimación previa de lo que sucederá en el futuro con el menor error posible, donde los primeros 24 meses del periodo de análisis, serán de entrenamiento para ajustar el modelo y con los meses restantes se evaluará el desempeño de este. Finalmente, se entregarán recomendaciones a la empresa a partir del trabajo realizado.

4.1.1 Clasificación ABC

La empresa realizó la clasificación de todos los componentes que pertenecen a inventario, dejando 14 categorías las cuales se muestran en detalle en el Anexo B.

Para la empresa es importante manejar el inventario en dos divisiones, stock crítico y stock general pero no hay criterios definidos para ninguna clasificación, y estos se basan en conocimientos de los colaboradores encargados de inventario y de las máquinas.

Es por esto, que se definieron cuatro criterios para identificar los componentes críticos y los no críticos.

1. Costo unitario: Valor monetario de adquisición de cada repuesto.

2. Rotación: Cantidad de veces que cada repuesto fue consumido en el periodo de análisis.
3. Valor por inventario: Valor monetario total de las existencias disponibles de cada repuesto al término del periodo analizado.
4. Impacto: repercusión sobre la producción por la ausencia de algunas de las existencias en inventario desde el punto de vista de maquinarias. Donde:
 - Alto: la ausencia del artículo paraliza el proceso productivo, pero no tiene artículo de reemplazo.
 - Medio: la ausencia del artículo paraliza el proceso productivo, pero es fácil obtener alternativas que reemplacen este artículo.
 - Bajo: la ausencia del artículo no paraliza el proceso productivo.

Los pasos por seguir para definir los criterios mencionados anteriormente fueron:

Paso 1: Calcular costo unitario promedio para cada artículo, para esto existían dos opciones de cómo calcularlo debido a la información entregada por la empresa.

- a) Total comprado/cantidad
- b) Costo unitario fecha de consumo

La opción a) fue descartada para algunos casos ya que, la información entregada para el total comprado era igual para una cantidad de 1 o de 7.000, esto porque es un promedio histórico de las compras, por ende, era un claro ejemplo de errores en los datos de la empresa. El problema está en que la información de la opción b) es válida, pero solo están los datos de artículos consumidos en el horizonte de tiempo estudiado. Es por esta razón que para el cálculo del promedio costo unitario se utilizó la opción b), y en situaciones de que el artículo no hubiese sido consumido se optó por la opción a).

Luego, se ordena de mayor a menor según el promedio costo unitario.

Paso 2: El criterio de valor por inventario requiere por cada artículo su promedio de costo unitario, la cantidad existente (dato entregado directamente por la organización). Luego se calcula el valor de inventario multiplicando el promedio de

costo unitario por la cantidad existente. Finalmente, se ordenará de mayor a menor según el valor de inventario.

Paso 3: Para el criterio de rotación, se necesita el consumo promedio para cada código, este dato es entregado directamente por la organización. Luego, se ordena de manera decreciente y se procede a clasificar A, B o C de igual forma que en el costo unitario promedio.

Paso 4: Impacto, fue entregado por la organización desde el punto de vista de artículos que sean parte de maquinarias, ya que la prioridad está en el proceso productivo.

4.1.2 Modelos de pronósticos de demanda

La aplicación de los modelos de pronósticos de demanda era necesaria de realizar dentro de la empresa, ya que influirá en la toma de decisiones respecto a las planificaciones de inventario que esta debe realizar. Dicha aplicación se realizó mediante Microsoft Excel, para posteriormente analizar en función del error de cada método cuál se ajusta más al comportamiento de la demanda de los ítems que pertenecen a inventario, en el periodo de análisis comprendido entre enero de 2020 hasta octubre de 2022.

De acuerdo con lo descrito en el capítulo 2, primero se analizó el comportamiento de la demanda, es decir, determinar si la demanda de los datos históricos de cada ítem es constante o errática. Para comenzar se descartaron 195 artículos los cuales presentan un consumo igual a cero, por ende, debido al comportamiento de la demanda no se les realizará pronóstico. Luego, se determinó el comportamiento a través del coeficiente de variación de la demanda (CVD), donde aquellos ítems que tuvieron un $CVD \geq 1$ pasaron a la clasificación de demanda errática y se realizó nuevamente un análisis para determinar el comportamiento que la demanda tenía, clasificando así en dos subcategorías:

Categoría 1: Repuestos que durante el periodo de análisis presentan consumo igual a cero y hay excepciones en uno o dos meses hay una cantidad consumida diferente a cero, donde la explicación a este tipo de comportamiento se debe a que algunas

máquinas tienen una vida útil muy larga, por lo que no requieren mantenimiento reiterado. Dado esto, es que a los ítems que pertenecen a esta categoría no se les aplicó pronósticos de demanda.

Categoría 2: Repuestos con demanda errática mayor a cero y variables en el tiempo, es decir, se observa que hay artículos que en periodos presentan diferentes valores en su consumo y además en el siguiente periodo una demanda igual a cero. A esta categoría se le aplicó el método Croston.

En el caso, de los ítems con un $CVD < 1$ la clasificación fue:

Categoría 3: Repuestos con demanda no errática, los métodos de pronósticos aplicados fueron promedio móvil simple, suavizamiento exponencial simple y suavizamiento exponencial doble, se compararon los resultados y se seleccionó la técnica de pronóstico que tuviera el menor error absoluto medio (MAE).

La base de datos fue dividida en dos sets, donde la primera corresponde a los 24 primeros meses del periodo en análisis con los cuales se ajustó el modelo y con los meses restantes se evaluó el desempeño del método aplicado para así comparar e identificar cuál método es mejor.

5. RESULTADOS

5.1 Clasificación ABC

Como se mencionó en la sección 4.1.1, la clasificación ABC fue realizada mediante la definición de cuatro criterios: costo unitario promedio, valor por inventario, rotación e impacto. Se identificó si el artículo es clase A, B o C para los tres primeros criterios de acuerdo con las siguientes definiciones:

- Clase A, está compuesto por el 15% de la cantidad de artículos.
- Clase B, está compuesto por el 20% de la cantidad de artículos.
- Clase C, está compuesto por el 65% de la cantidad de artículos.

Tabla 5-1: Clasificación de inventario para clasificación ABC

	Clasificación de inventario			
	A	B	C	Total
% Cantidad de artículos por valor unitario	15%	20%	65%	100%
Cantidad de artículos según clasificación	344	459	1.492	2.295

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-1 expone los resultados según clasificación, considerando los criterios de costo unitario, valor por inventario y rotación, además de las definiciones para cada clase mencionadas anteriormente, donde se determinó que 344 artículos son clase "A", 459 artículos son clase "B" y 1.492 artículos son clase "C".

Para el criterio de impacto, la empresa definió que 1.119 artículos corresponden a alto impacto, por lo que para la clasificación final se tomaron en cuenta distintas combinaciones dependiendo del objetivo que la organización definió, donde el criterio principal para la empresa en aspectos de clasificación es el impacto que el repuesto pueda tener sobre la producción, es decir, que su ausencia implique paralizar las actividades dentro de las faenas. Por lo tanto, los 1.119 artículos se consideraron parte del inventario de stock crítico, el cual no es contemplado en este trabajo.

El inventario general se dividirá en A, B o C considerando los ítems que no quedaron dentro de la clasificación de stock crítico bajo el criterio de impacto, es decir, para aquellos repuestos que cuentan con impacto B o C la clasificación final de estos, fue establecida considerando los otros tres criterios definidos: costo unitario promedio, valor por inventario y rotación, donde de acuerdo con la Figura 5-1 la clase que más se repitiera en estos criterios sería la definitiva. En aquellos ítems que sus clasificaciones eran diferentes respecto a los criterios de costo unitario promedio, valor por inventario y rotación, se definió la clasificación final de acuerdo con la clase que tiene en el criterio de impacto. Para la clase A, se definieron 21 repuestos los cuales presentaban en su mayoría clasificación A en los tres criterios mencionados anteriormente, asimismo se realizó la definición de las clases B y C donde se definieron 146 y 1.009 repuestos, respectivamente.

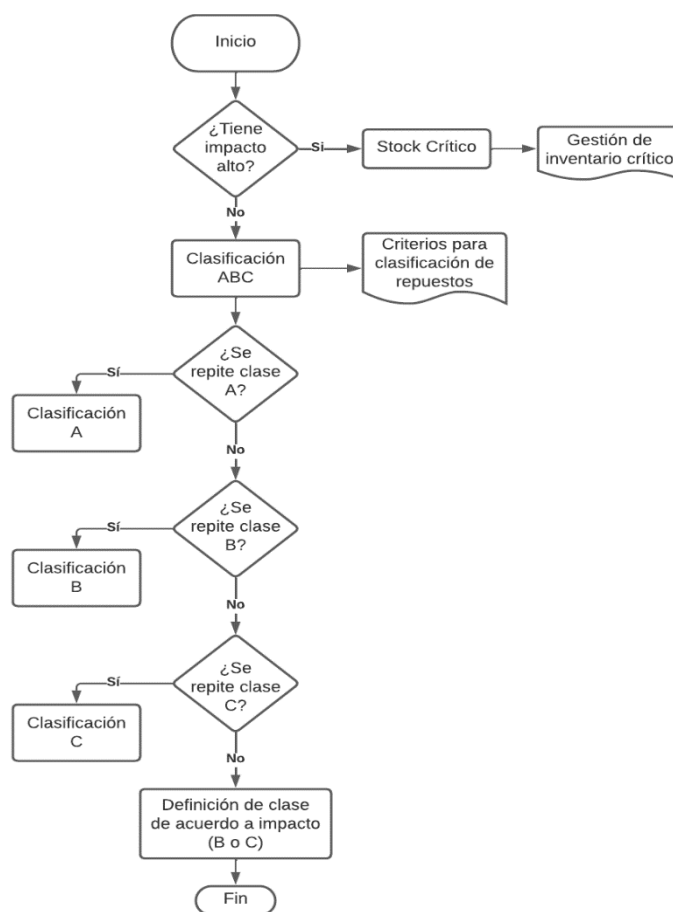


Figura 5-1: Diagrama para Clasificación ABC

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la Tabla 5-2 expone cómo quedó la clasificación ABC para todos los ítems que se tenían en la base de datos durante el periodo de análisis, definiendo dos criterios según criticidad: crítico y no crítico donde el último corresponde a inventario general:

Tabla 5-2: Clasificación según criticidad

		Clasificación	Cantidad de ítems
Criticidad	Crítico	AA	1.119
	No Crítico (Inventario General)	A	21
		B	146
		C	1.009

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Pronósticos de demanda

Una vez realizada la clasificación ABC para ítems de inventario general, a través de Microsoft Excel y las herramientas y funciones que este posee, se continuó con la aplicación y elección de modelos de pronósticos, solo para aquellos artículos de clase A, B y C que presentaron demanda entre enero de 2020 y octubre de 2022.

Primero se analizó el comportamiento de la demanda para determinar posteriormente el método de pronóstico que mejor se adapte a los datos históricos, donde se determinó a través de la ecuación 2.1 descrita en el capítulo 2 y los resultados obtenidos fueron:

Al realizar el análisis estadístico, se encontró que el 100% de los ítems clase A y B, y el 99% de los ítems clase C tienen un coeficiente de variación mayor o igual a uno, por tal razón la demanda de estos puede catalogarse como errática.

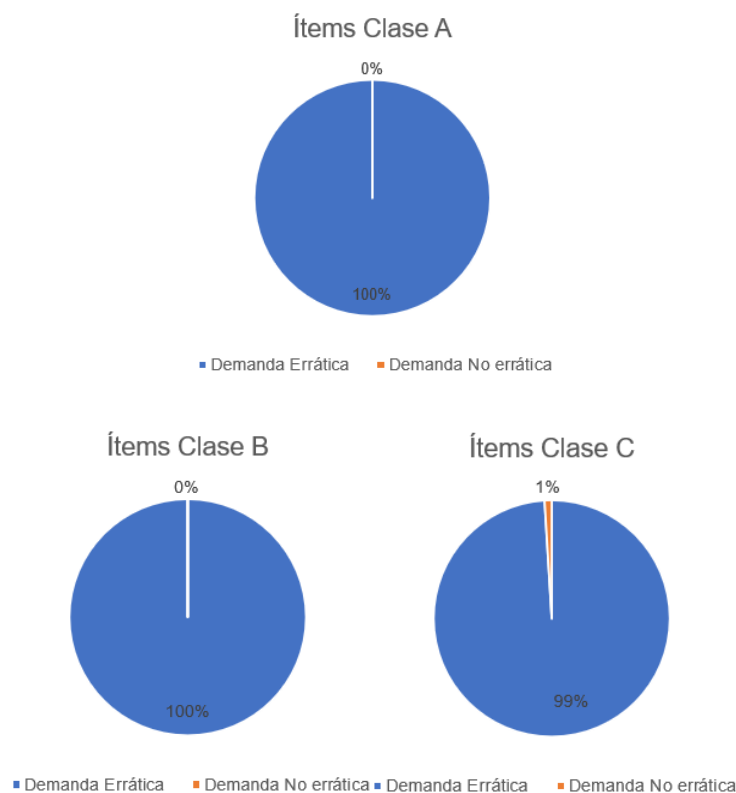


Figura 5-2: Comportamiento de la demanda en clase A, B y C

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5-3 se muestra la distribución de los ítems de cada clase por las tres categorías definidas en la sección 4.1.2 para posteriormente continuar con el desarrollo de la metodología propuesta aplicando los pronósticos de demanda considerando los ítems pertenecientes a inventario general, es decir, las clases A, B y C.

Tabla 5-3: Distribución de cada clase por categoría

Categorías	A	B	C
Categoría 1	72,22%	39,39%	60,37%
Categoría 2	27,78%	60,61%	38,66%
Categoría 3	0,00%	0,00%	0,97%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia.

La categoría 1 fue descartada ya que corresponde a repuestos con consumo de cero a una cantidad fija, por lo que se presentan los resultados para las categorías 2 y 3.

Para la categoría 2, compuesta por repuestos con una variación de la demanda mayor o igual a uno, como se explicó en el capítulo 4.1.2, se les aplicó el método de Croston, donde el valor óptimo de la constante alfa fue obtenido a través del complemento Solver que tiene Microsoft Excel, buscando que permitiera tener el menor error posible la aplicación del modelo de pronóstico. Para evidenciar lo descrito anteriormente, se presentan los resultados obtenidos luego de aplicar el modelo para el consumo de repuestos pertenecientes a clase A, B y C donde a modo de ejemplo se seleccionó un ítem de cada clase. Para la clase A, se seleccionó el repuesto con código SAP PER078762, para la clase B, se seleccionó el repuesto con código SAP MAQ05931 y para la clase C, se seleccionó el repuesto con código SAP EPP01656.

Para el ejemplo de aplicación de método de Croston a un repuesto de clase A, como se observa en la

Figura 5-3 el comportamiento de la demanda para los periodos analizados presenta una intermitencia, donde hubo cierta cantidad de demanda, luego cero durante varios periodos y luego una demanda nuevamente mayor o menor a la primera. Para esta clasificación se definió el rango de alfa según la recomendación que entrega el creador del método, $0,01 \leq \alpha \leq 0,3$ donde se obtuvo un pronóstico que entrega un mínimo error cuadrático medio igual a 2,91 con un alfa igual a 0,30.

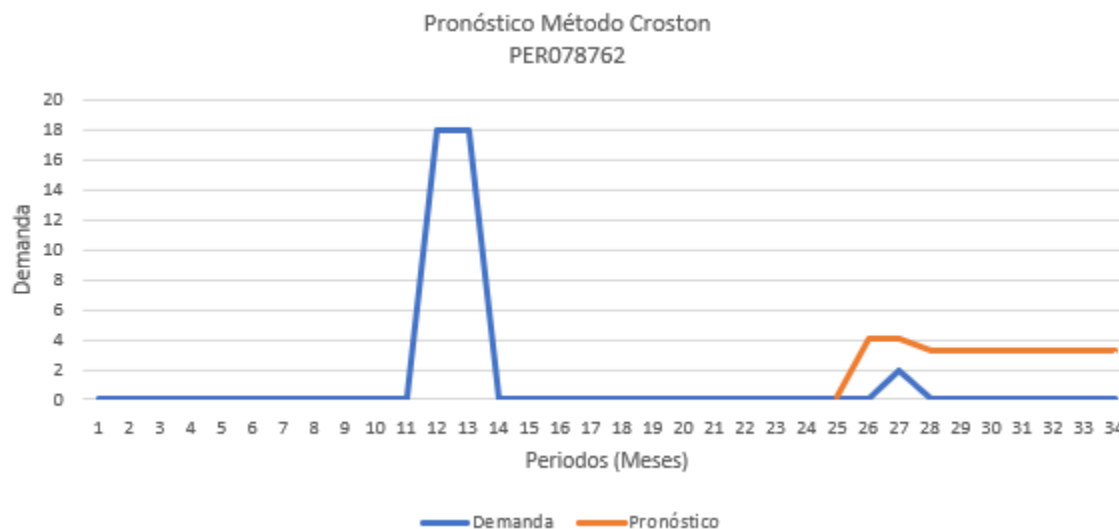


Figura 5-3: Ejemplo método Croston - Clase A

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma que para la clase A, para B y C se definió el valor de alfa $0,01 \leq \alpha \leq 0,3$, donde se obtuvo un mínimo error cuadrático medio igual a 3,27 para la clase B y 0,60 para la clase C, con un alfa igual a 0,01 y 0,3 respectivamente. Cuyos resultados se evidencian visualmente a través de la Figura 5-4 y la

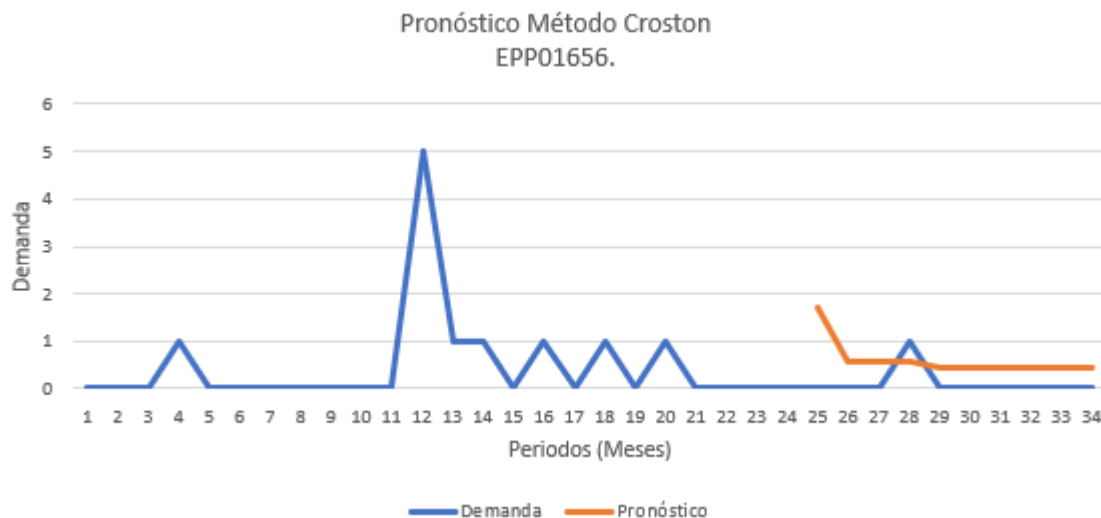


Figura 5-5, donde se observa nuevamente las características del comportamiento de demanda, el cual concuerda con la descripción entregada en el ejemplo de clase A. En el caso del repuesto de ejemplo para clase B, el pronóstico entrega un resultado que no se ajusta a los datos más recientes ya que el valor de alfa es muy bajo, por lo tanto, se debe realizar un nuevo ajuste, en el cual se debe modificar el

valor de la constante de suavizamiento a uno más cercano a 1, para que considere los datos más recientes y así el modelo de pronóstico entregue un resultado que se ajuste a los últimos periodos.

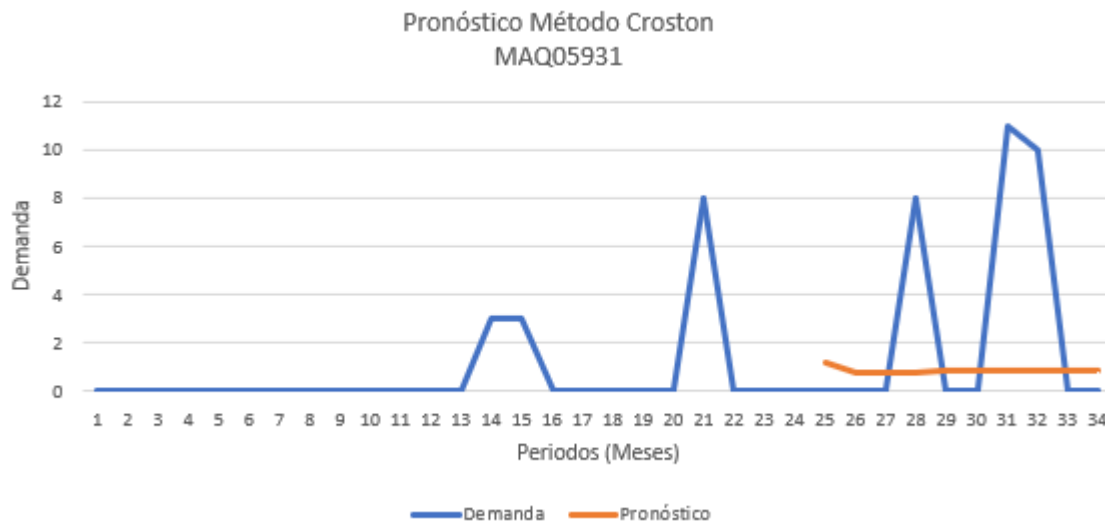


Figura 5-4: Ejemplo método Croston - Clase B

Fuente: Elaboración propia.



Figura 5-5: Ejemplo método Croston - Clase C

Fuente: Elaboración propia.

La categoría 3 correspondía a repuestos que presentaran una variación de demanda menor a uno y de acuerdo con las clases de interés para esta memoria de título, solo la clase C presentaba las características de esta categoría. Se

seleccionó el repuesto con Código SAP COM03752 y se aplicaron tres métodos de pronósticos donde el seleccionado fue aquel que tuviese el menor error absoluto medio, donde los resultados obtenidos se presentan a través de la Figura 5-6, Figura 5-7y Figura 5-8. El primer método de pronóstico aplicado fue promedio móvil simple donde se estableció que el mejor valor para el parámetro n es de 12 meses, el cual entregó un error absoluto medio igual a 0,85.

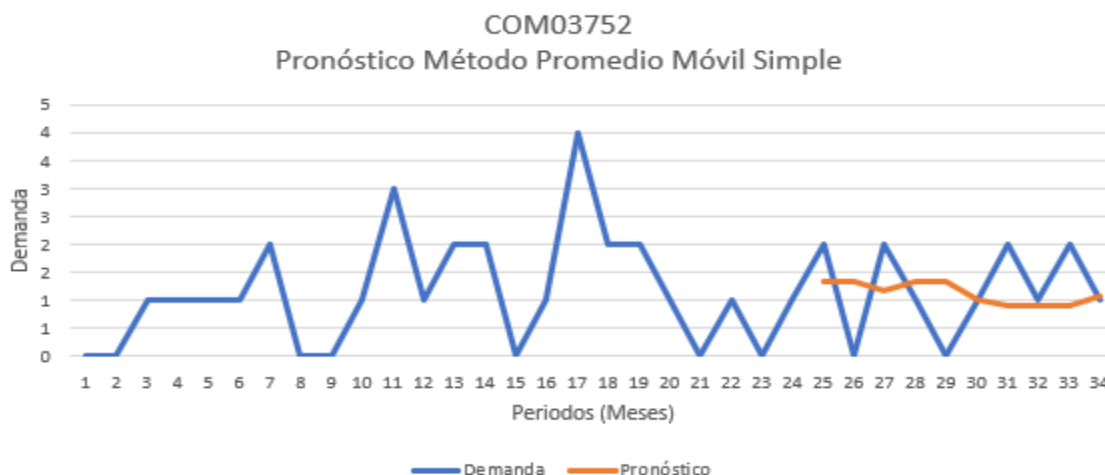


Figura 5-6: Ejemplo método promedio móvil simple - Clase C

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del suavizamiento exponencial como se mencionó antes, a través del complemento Solver se determinó que el mejor valor de la constante de suavización fue de $\alpha=0,199$, el cual permite entregar una mejor predicción con un error absoluto medio igual a 0,78.

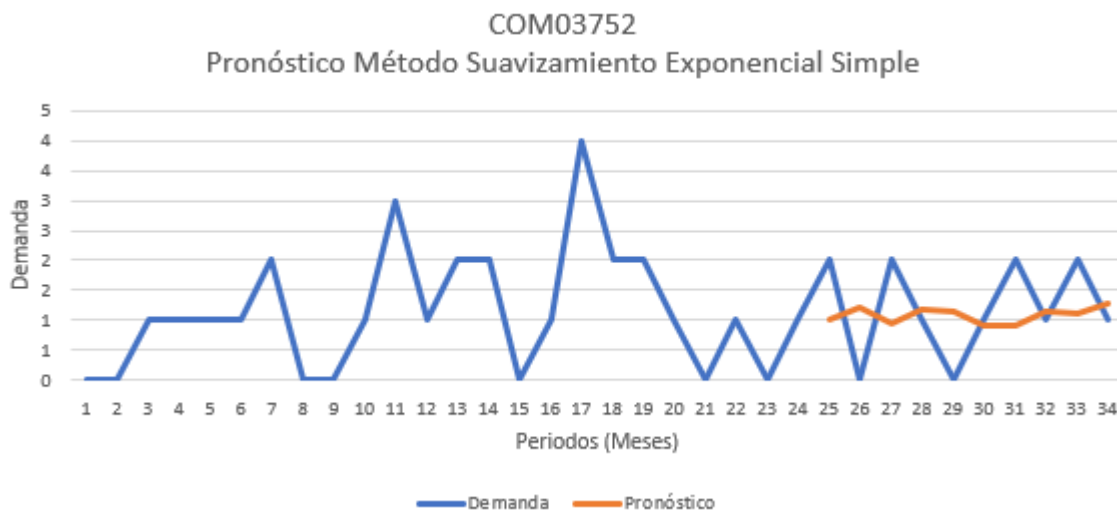


Figura 5-7: Ejemplo método suavizamiento exponencial simple - Clase C

Fuente: Elaboración propia.

En la aplicación de suavizamiento exponencial doble, los valores definidos para las constantes de suavizamiento α y β fueron 0,199 y 0 respectivamente, entregando un error absoluto medio igual a 0,80.

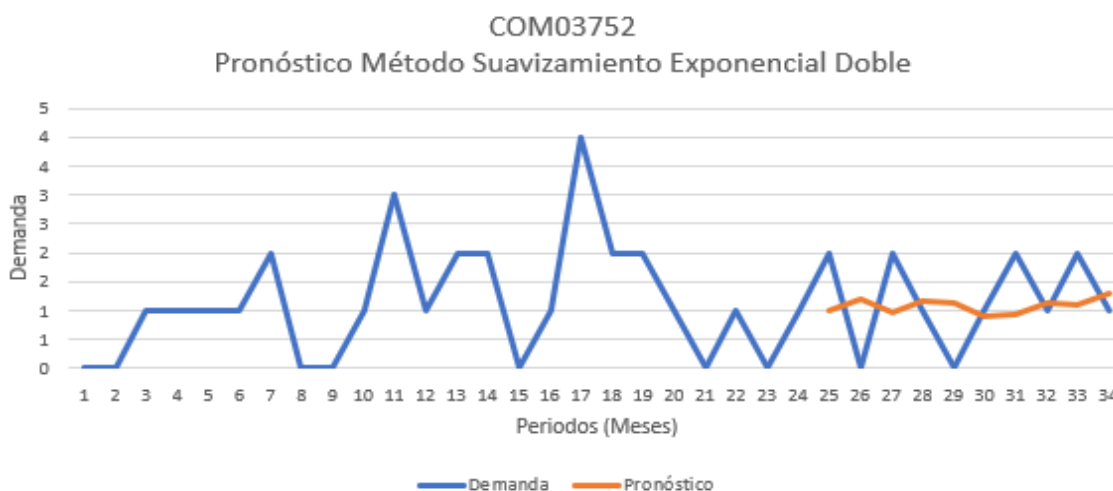


Figura 5-8: Ejemplo método suavizamiento exponencial doble - Clase C

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-4 resume el error absoluto medio obtenido para cada método de pronóstico aplicado al repuesto de clase C “COM03752”, donde se concluye que el mejor pronóstico se obtiene a través de la aplicación de suavizamiento exponencial simple, ya que posee el menor error absoluto medio en comparación a los otros dos

métodos aplicados y a pesar de que la diferencia con el suavizamiento exponencial doble es pequeña, este método no se ajusta al comportamiento de los datos pues como se mencionó antes, $\beta=0$ lo que significa que la demanda del repuesto no posee un comportamiento con tendencia.

Tabla 5-4: Error absoluto medio (MAE) por modelo de pronóstico - Clase C

COM03752	
Método de pronóstico	Error absoluto medio (MAE)
Promedio móvil simple (12 meses)	0,85
Suavizamiento exponencial simple	0,78
Suavizamiento exponencial doble	0,80

Fuente: Elaboración propia.

5.3 Definición política de revisión de inventario

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en las etapas anteriores, para cada clase definida en la Clasificación ABC, se definió utilizar un tipo de política de inventario, donde:

Para las 3 clases de interés en esta memoria de título, clase A, B y C, se define política de revisión continua puesto que, a diferencia de revisión periódica, en esta política de revisión de inventario se realiza un control de artículos en “masa” y plantea la posibilidad de ir cotejando la información de los repuestos mientras el proceso de cosecha forestal sigue en funcionamiento y realizarlo continuamente, como su nombre lo indica, lo que implica que cada vez que haya movimiento ya sea de compra, despacho o solicitud, la empresa realice la revisión de inventario general. La definición de revisión continua es posible aplicar en la empresa ya que al trabajar con un sistema ERP, el control en cada movimiento será mucho más rápido, lo que además es posible de definir por los resultados obtenidos en los pronósticos de demanda, método que se considera un punto de partida para el proceso de decisión permitiendo establecer la cantidad a ordenar debido a la información cuantitativa que entrega.

CONCLUSIONES

De acuerdo con todo lo descrito a lo largo de este trabajo, se evidencia que la empresa Agrícola y Forestal Doña Isidora, no cuenta con metodologías que permiten tener una correcta gestión de inventarios. Dentro de las causas que se pueden identificar además de las ya mencionadas, es que el proceso logístico del cual forma parte la gestión de inventario, no cuenta con un lineamiento eficiente pues todo lo que se realiza se hace sobre la marcha, muchas veces improvisando, lo que a veces resulta con éxito ya que influye mucho la experiencia de aquellos colaboradores involucrados en el proceso pero también fracasan y presentan problemas de quiebre de stock o sobre stock lo cual afecta a toda la cadena.

Respecto a la metodología propuesta, la clasificación ABC es relevante dentro de cualquier organización ya que permite definir los repuestos en función de sus características y criticidad, donde esta última es muy relevante dentro de la empresa donde se realizó este trabajo. Sin embargo, es importante analizar exhaustivamente las necesidades de cada organización ya que como es en el caso de Agrícola y Forestal Doña Isidora, se debió aplicar una clasificación ABC multicriterio, considerando específicamente cuatro criterios: Costo unitario, rotación, valor de inventario e impacto, donde este último era que mayor peso tenía para la empresa y fue establecido bajo las estrategias y objetivos de ellos. La mejora que genera implementar esta clasificación es que permite que la empresa logre tener mayor control sobre los repuestos que utilizan, lo que implica agilizar procesos y evitar retrasos.

En cuanto a la selección y aplicación de pronósticos de demanda, se evidencia la importancia de estos métodos ya que permiten disminuir la incertidumbre de cuánto será el consumo de los repuestos en los siguientes periodos, por lo que es importante revisar los resultados obtenidos ya que muchas veces suceden casos como el expuesto en el ejemplo de la Figura 5-4, donde el modelo se ajustó al comportamiento de los datos vencidos más antiguos, el cual era más constante que los datos vencidos más recientes, por lo que al minimizar el error el mejor valor para la constante de suavizamiento fue bajo, pero al observar el comportamiento de

todos los periodos es posible identificar mucha más variabilidad en los últimos periodos, por lo que si se hace una correcta gestión del modelo es necesario captar la información histórica más reciente y para lograr eso es necesario tener un valor más alto de la constante de suavizamiento (α).

Sumado a lo anterior, las mejoras que entrega la aplicación de los pronósticos es que conlleva a mejorar las planificaciones de la empresa, permitiendo así adelantarse a muchos imprevistos que puedan ocurrir en el transcurso del tiempo y logrando que el proceso sea mucho más eficiente. Lo anterior está directamente relacionado a cómo llevar una correcta planificación ya que los métodos de pronósticos son el punto de referencia para el proceso de decisión por lo tanto es ahí donde toma relevancia la definición de políticas de revisión de inventario, método que es factible implementar puesto que como se mencionó antes, la organización utiliza SAP Business One, sistema ERP que facilitará el control continuo, pero es importante también establecer que todos aquellos involucrados en la gestión y control de inventario deban regirse de la política de revisión continua.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa Agrícola y Forestal Doña Isidora implementar esta propuesta de metodología para la mejor de gestión de inventarios ya que les permitirá obtener información certera que aportará a la mejora de los procesos del área logística. Dado esto, es importante que establezcan protocolos que aseguren la confiabilidad de los datos que manejan en el software que utilizan SAP Business One, pues en la etapa de levantamiento y análisis de información se identificaron muchas incongruencias en las bases de datos entregada, lo cual entorpece y entorpecerá cualquier proceso, pues se necesita siempre trabajar con la información lo más depurada posible.

Respecto a la implementación de la clasificación ABC, es necesario que se vaya actualizando cada cierto periodo de tiempo ya que muchas veces la jerarquización de los ítems basado en los criterios definidos va cambiando a través del tiempo o también algo muy común en inventarios de repuestos, es que estos vayan quedan

obsoletos, así como también las mismas máquinas que se utilizan dejan de ser utilizadas o son siniestradas, hecho que ha ocurrido con cierta frecuencia en las diferentes faenas. Siguiendo las recomendaciones sobre la clasificación ABC, deben redefinir en conjunto a todas las áreas el nivel de impacto de los repuestos que utilizan, ya que la cantidad que actualmente consideran de “Alto impacto” es muy elevada pues solo consideran que la ausencia de algún componente afecte en la continuación del proceso de cosecha forestal al que se dedican, sin considerar las demás áreas de la empresa y también sin considerar si existe alguna alternativa de reemplazar el repuesto cuando falla. Además, para la clasificación se podría incluir como criterio el tiempo de demora de los proveedores (*lead time*), el cual fue considerado inicialmente, pero fue descartado pues no existe información precisa respecto a los tiempos de demora de cada uno de los proveedores que la empresa tiene. Registrar información precisa sobre *lead time*, influiría en la definición de una política de revisión más precisa ya dentro las variables que ayudan a determinar una óptima política de inventarios se encuentran variables como: los costes, nivel de servicio esperado, el tiempo de abastecimiento (*lead time*), patrones de demanda, entre otros (Mendoza, 2019)

Para el manejo de pronósticos de demanda, se le recomienda a la empresa establecer una alternativa automatizada para calcularlos ya que la cantidad de repuestos que manejan en inventario sobrepasa los 2.000 ítems, lo cual necesitan un control minucioso de acuerdo con su clase definida en la etapa anterior, por lo cual se sugiere que exploren y estén abiertos a la posibilidad de aprovechar al máximo el sistema ERP que utilizan actualmente. Además, la necesidad de automatizar este método se evidencia en el ejemplo del repuesto de clase B (Figura 5-4), donde es necesario realizar un nuevo ajuste cambiando el valor de la constante de suavizamiento para que entregue un pronóstico acorde con los datos recientes, donde este cambio depende del analista, pero que el proceso esté automatizado será mucho más fácil de identificar y solucionar estos tipos de resultados.

Complementando a lo anterior, se sugiere que realicen el análisis respecto a su base de datos de consumos de los repuestos, ya que existen muchos con salidas

igual a cero durante periodos de tiempo prolongados y aun así siguen considerándolos en compras futuras.

Finalmente, como última recomendación se sugieren los siguientes roles para llevar a cabo la metodología propuesta:

Para clasificación ABC se definen como responsables los colaboradores del Departamento de Compras y Abastecimiento, donde es obligación que participe el encargado de bodega debido a su experiencia y trayectoria dentro de la empresa, además debe participar el Ingeniero en Gestión de Maquinaria, quién está a cargo de los colaboradores de las faenas y es ahí donde se utiliza la gran mayoría de los ítems de inventario.

En el caso de pronósticos de demanda, de acuerdo con la recomendación entregada, se define como responsable al único responsable actualmente de SAP Business One dentro de la empresa.

Por último, para la definición de periodos de revisión de acuerdo con las políticas de gestión de inventario, los encargados serían el gerente de operaciones, subgerencia y los colaboradores del Departamento de Compras y Abastecimiento, donde nuevamente es obligación que participe el encargado de bodega.

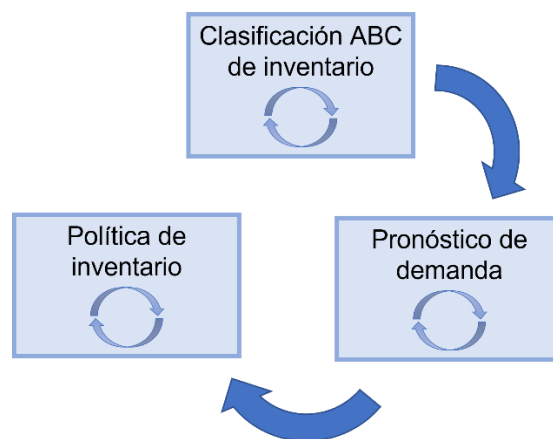


Figura 7-1: Proceso de gestión de inventario para Agrícola y Forestal Doña Isidora

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 7-1 representa el proceso que debe seguir la empresa cada vez que se aplique la metodología, ya sea por la incorporación de nuevos productos o la

eliminación de estos, pero siempre debe ser considerando que cada etapa depende de la anterior, por ejemplo, si llega un producto nuevo que se incorpora a inventario, se debe iniciar por la clasificación ABC en base a los criterios que se consideren pertinentes, pueden ser los cuatro definidos, eliminar o agregar alguno, como el que se recomendó antes que tiene que ver con el lead time y luego de esto definir las clases correspondientes de acuerdo con la jerarquización en base a los criterios seleccionados, para posteriormente proceder a analizar la demanda y luego seguir con la definición de política de inventario.

REFERENCIAS

- Arbulú Salazar, M. N., Flores Benito, F. A., Samame Torres, S. L., & Sánchez Rodas, R. S. (2018). Propuesta para la mejora en la gestión de inventarios para productos manufacturados por terceros de una empresa de Manufacturas Eléctricas. *[Trabajo de investigación]*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624950>
- Castro, C., Castro, J., & Vélez, M. (diciembre de 2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos. *ITECKNE: Innovación e investigación en ingeniería*, 8(2), págs. 163-170. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4991575>
- Chávez, L. (2021). Mejora del proceso de abastecimiento de inventarios mediante la aplicación de los métodos EOQ y ABC en la empresa DCP Ingeniería S.R.L de la ciudad de Arequipa. *[Tesis]*. Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson.
- Cortés, B., & Morales, L. (2012). Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos en una empresa manufacturera de la ciudad de Cali. *[Trabajo de grado]*. Universidad del valle, Santiago de Cali.
- González, A. (2020). Un modelo de gestión de inventarios basado en estrategia competitiva. *Revista Chilena de Ingeniería*, 28(1), págs. 133-142. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000100133>
- Heizer, J., & Barry, R. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones*. Madrid: Pearson Education.
- Mendoza, G. (2019). Implementación de un sistema de gestión de la demanda para una empresa comercializadora de repuestos de maquinaria agrícola. *[Memoria de título]*. Universitat Politècnica de València, Valencia.

- Navarro Enciso, L. F. (2019). Control de inventarios por el método ABC en el almacenamiento de repuestos de la empresa "Almacén y Taller SERVI-AKT". *[Trabajo de investigación]*. Universidad Piloto de Colombia, Girardot.
- Paredes, A., Chud, V., & Osorio, J. (diciembre de 2019). Sistema de control de Inventarios multicriterio difuso para repuestos. *Revista Scientia et Technica*, 24(4), págs. 595-603. doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.22331>
- Ramos, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), págs. 1-6. Obtenido de Dialnet.
- Reátegui, K. (2018). Método de clasificación ABC para mejorar la gestión de inventarios de la Empresa Grupo Hecaliro Jia SAC. *[Tesis]*. Universidad César Vallejo, Tarapoto.
- Saldaña, J. (2015). *Thinking qualitatively: Methods of mind*. Los Angeles: CA: Sage.
- Sipper, D., & Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Teunter, R., Babai, Z., & Syntetos, A. (2010). Clasificación ABC. *Production and Operations Management*, 343-352. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2009.01098.x>
- Toro, L., & Bastidas, V. (diciembre de 2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Revista Scientia et Technica*, págs. 85-91.
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali: Programa Editorial.

ANEXO A: ENTREVISTAS A COLABORADORES

Objetivo: Describir el proceso de logística en la empresa Agrícola y forestal Doña Isidora y manifestar el criterio de las diferentes áreas.

Para llevar a cabo el correcto desarrollo de esta memoria de título, se realizaron entrevistas a diversos colaboradores de Agrícola y Forestal Doña Isidora, tanto a aquellos que tenían directa relación con el manejo de inventarios como también aquellos que indirectamente se relacionaban o tenían una visión del funcionamiento de estos. Las preguntas estuvieron orientadas principalmente para comprender de mejor forma todo el proceso, es decir, desde que se recibe el requerimiento hasta cuando se entrega lo solicitado, además de hacer el levantamiento de datos necesarios para desarrollar de forma óptima los métodos planteados en el capítulo 1.

1. Detalle de su área y función dentro de la empresa.
2. ¿Cómo se controla la entrada y salida de insumos en el inventario?
3. Detalle el proceso de recepción y almacenamiento de materiales utilizados para la cosecha forestal (tiempos de demora: gestión de insumos, compra efectiva, plazos de entrega)
4. ¿Cuáles son los insumos que en mayor cantidad o porcentaje solicita/compra la empresa? (¿Cuáles insumos tienen mayor requerimiento, es decir, alta rotación?)
5. ¿Cuáles son los proveedores de insumos? ¿Han tenido algún tipo de problemas?
6. ¿Cómo se deciden las compras de piezas y materiales (programación de obra, requerimientos, costos, etc.)
7. Detalle el proceso de distribución de insumos a bodega central y a bodega móvil de la faena correspondiente.
8. ¿Cuentan con un sistema de información para la recepción de materiales en bodega?, por ejemplo, cuando se envía directo a faena y lo recibe la persona encargada, ¿cuál es el método que utiliza para informar a las oficinas o al

área encargada de que recibió el repuesto, lo hace mediante alguna plataforma, documento físico o solo con una llamada?

9. ¿Cómo se comunican entre faenas y oficina?
10. ¿Los supervisores compran por si solos a los proveedores?
11. Sugerencias, que indiquen problemas que considera que existen y qué sugeriría como posible solución.

ANEXO B: CLASIFICACIÓN DE COMPONENTES

La empresa entregó un listado de la categorización para los repuestos almacenados en inventario y consumidos durante enero de 2020 y octubre de 2022, estableciendo 14 categorías las cuales se observan a continuación:

Tabla 5: Categorías de repuestos

Categoría de repuestos	
Cables y estrobos	Neuma vehículos
Elementos de corte	Neumáticos y cadenas
Filtros	Oring y sellos
Herramientas	Pernos y otros
Insumos	Repuestos
Lubricante	Rodado
Lubricante Cadenilla	Seguridad

Fuente: Elaboración propia.