



POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

RPC-SO-30-NO.506-2019

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y
TECNOLÓGICAS AVANZADAS

TEMA:

PROPUESTA DE UN MÉTODO DE
PLANIFICACIÓN DE GESTIÓN DE
INVENTARIO DE REPUESTOS
IMPORTADOS EN LA BODEGA DE
MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA
“LA TOSCANA”

AUTOR:

JHONNY FABIÁN BARBECHO BRAVO

DIRECTOR:

ROMÁN GENARO IDROVO DAZA

CUENCA – ECUADOR

2023

Autor:**Jhonny Fabián Barbecho Bravo**

Ingeniero Mecánico.

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

jbarbechob@est.ups.edu.ec

Dirigido por:**Román Genaro Idrovo Daza**

Ingeniero Industrial.

Máster Administración de Empresas “Logística y transporte”

ridrovo@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

JHONNY FABIÁN BARBECHO BRAVO

Propuesta de un método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa “La Toscana”

DEDICATORIA

Dedicó este logro a mis padres Sergio y Raquel, quienes me brindaron su apoyo, amor y confianza en todo momento, gracias por estar siempre para respaldarme.

También quiero este trabajo es dedicado a mi esposa Mary, por su amor, paciencia y apoyo en todo este trayecto, tú eres el complemento de mi vida.

A mis hijos Ariana, Matías y David, que, con su apoyo diario, sacrificio y amor me dieron los ánimos para avanzar y conseguir esta meta, espero que esta tesis les enseñe que nada es imposible lograr si trabajas duro.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía y darme salud y sabiduría para cumplir esta meta. También agradecer a mi familia que en todo momento de forma incondicional estaba presente.

Un agradecimiento especial a mi tutor Magíster Román Idrovo por su apoyo incondicional a lo largo del desarrollo del proyecto.

También quiero agradecer a la empresa La Toscana por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto en sus instalaciones y apoyarme con la información necesaria para llevar adelante la tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	10
Abstract	11
1. Introducción	12
2. Determinación del problema	13
2.1 Formulación del problema	14
2.1.1 Problema general.....	14
2.1.2 Problemas específicos.....	14
2.2 Justificación de la investigación.....	15
2.3 Objetivos.....	16
2.3.1 Objetivo general.....	16
2.3.2 Objetivos específicos	16
3. Marco teórico referencial	17
3.1 Gestión de repuestos de mantenimiento	17
3.1.1 Selección de repuestos.	17
3.1.2 Determinación del stock de repuestos	18
3.1.3 Costo del stock de repuestos	19
3.1.4 Pérdidas en las plantas industriales.....	21
3.2 Técnicas de recolección de datos	22
3.2.1 Observación sistemática	22
3.2.2 Entrevista	23
3.2.3 Cuestionario	23
3.2.4 Focus Group	23
3.3 Pronóstico.....	24
3.3.1 Modelos de pronóstico	24
3.3.2 Selección de la técnica de pronóstico.....	27
3.3.3 Errores de pronóstico	32
3.4 Planificación de inventarios.....	33
3.4.1 Modelos de gestión de inventario	33
3.4.2 Categorización de inventarios.	34
3.4.3 Clasificación de inventarios.	35
3.4.4 Costos de los inventarios	38
4. Materiales y metodología	40
4.1 Método de Investigación.....	40

4.1.1	Tipo, diseño y nivel de investigación	40
4.1.2	Método del proceso.....	40
4.2	Tipos de instrumentos de investigación.....	41
4.2.1	Observación	42
4.2.2	Entrevista	42
4.2.3	Focus group.....	42
4.3	Tratamiento de la información.....	42
4.4	Conocer y analizar la situación actual de los repuestos importados	43
4.4.1	Stock actual de los repuestos importados en bodega.....	43
4.4.2	Consumo de repuestos importados.....	45
4.4.3	Presupuesto para repuestos importados.	46
4.4.4	Diagnóstico de la situación actual de los repuestos importados	47
4.5	Identificar y clasificar los repuestos importados.....	48
4.5.1	Identificación de repuestos importados por equipo	48
4.5.2	Definir criterios de evaluación para los repuestos importados (AHP)	51
4.5.3	Análisis de priorización para repuestos importados por criterio VED.....	53
4.5.4	Clasificación multicriterio ABC de repuestos importados	56
4.6	Selección de pronóstico para la demanda de repuestos importados.....	58
4.6.1	Análisis del patrón de la demanda de repuestos.....	58
4.6.2	Selección del pronóstico	62
4.7	Selección del modelo de gestión inventario de los repuestos importados	70
4.7.1	Parámetros del modelo de gestión de inventario	70
4.7.2	Propuesta de la gestión de inventarios	72
5.	Resultados y discusión	79
5.1	Resultado de la situación actual del proceso de planificación en la gestión del inventario.....	79
5.2	Resultado de la propuesta del Método de planificación	81
5.3	Análisis de la propuesta del método de gestión de inventario de los repuestos importados	83
6.	Conclusiones.....	85
7.	Referencias bibliográficas	87
8.	Anexos	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Costo integral de stock de repuestos	20
Tabla 2 Clasificación de las pérdidas	21
Tabla 3 Sistema de pronóstico según patrón de demanda	31
Tabla 4 Validación de consistencia lógica.	38
Tabla 5 Lista de repuestos de importados en bodega.	44
Tabla 6 Valoración de repuestos en bodega.....	45
Tabla 7 Valoración de consumos de repuestos por año.	46
Tabla 8 Listado de máquinas de la empresa.	49
Tabla 9 Lista de repuestos importados (extracto).	50
Tabla 10 Desarrollo de modelo AHP	51
Tabla 11 Cálculo índice de consistencias.	52
Tabla 12 Valor numérico de criticidad	53
Tabla 13 Escala VED de Criterios.	54
Tabla 14 Valor total de criticidad del repuesto.....	55
Tabla 15 Clasificación Multicriterio ABC	56
Tabla 16 Repuestos seleccionados para estudio.	60
Tabla 17 Definición del tipo de demanda	62
Tabla 18 Cálculo de pronóstico SES	63
Tabla 19 Cálculo de pronóstico Croston	64
Tabla 20 Cálculo del pronóstico SBA	66
Tabla 21 Cálculo del pronóstico SBJ	68
Tabla 22 Comparación de métodos de pronóstico	69
Tabla 23 Parámetros con Sistema (s,Q) Repuestos tipo A.....	74
Tabla 24 Parámetros con Sistema (s,Q) Repuestos tipo B.....	75
Tabla 25 Parámetros con Sistema (R,S) Repuestos tipo A	77
Tabla 26 Parámetros con Sistema (R,S) Repuestos tipo B	77
Tabla 27 Cantidad de repuestos a administrar	79
Tabla 28 Análisis de costos por repuestos	80
Tabla 29 Clasificación ABC vs demanda repuestos	81
Tabla 30 Resultado del pronóstico en repuestos ejemplo de metodología	82
Tabla 31 Costo total relevante CTR por tipo de sistema.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo Croston	26
Figura 2 Diagrama de tipos de patrón de demanda	29
Figura 3 Demanda errática	29
Figura 4 Demanda Lumpy	30
Figura 5 Demanda suave	30
Figura 6 Demanda Intermitente.....	31
Figura 7 División ABC de Inventario	36
Figura 8 Proceso jerárquico AHP.....	37
Figura 9 Metodología del proceso	41
Figura 10 Representación gráfica de los costos de repuestos.....	45
Figura 11 Tabla de histórico de consumos de repuestos 2020-2022	59
Figura 12 Demanda de repuestos clasificación A	60
Figura 13 Demanda de repuestos clasificación B.....	61
Figura 14 Diagrama para definir tipo de demanda.....	62
Figura 15 Diagrama pronóstico SES	64
Figura 16 Diagrama Pronóstico Croston	66
Figura 17 Diagrama del pronóstico SBA.....	67
Figura 18 Diagrama del pronóstico SBJ.....	69
Figura 19 Componentes del costo de mantenimiento del inventario.....	71
Figura 20 Cuadro de creación de códigos	80
Figura 21 Valores CV2 y ADI para repuestos AB	82

PROPUESTA DE UN
MÉTODO DE
PLANIFICACIÓN DE
GESTIÓN DE
INVENTARIO DE
REPUESTOS
IMPORTADOS EN LA
BODEGA DE
MANTENIMIENTO DE LA
EMPRESA “LA TOSCANA”.

AUTOR(ES):

JHONNY FABIÁN BARBECHO BRAVO

RESUMEN

"La Toscana" es una empresa dedicada a la producción y envasado de bebidas alcohólicas desde hace más de 40 años. Por el tipo de producción, la empresa ha importado maquinaria específica para envasado. Uno de los puntos clave en los que la empresa se centró para lograr que las máquinas funcionaran correctamente fue tener repuestos disponibles cuando sean necesarios; pero, esto se desvirtuó porque no había un abastecimiento planificado para repuestos importados, realizando inversiones innecesarias que han dejado hasta ahora \$ 21.432,27 USD en repuestos obsoletos.

El presente estudio tiene como objetivo proponer un método de planificación para la gestión de inventarios de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana", con el fin de garantizar el funcionamiento de la planta. Para lograr este objetivo se propuso una metodología de investigación aplicada a la bodega de repuestos y máquinas de la empresa, además se utilizó un método de investigación cuantitativo para recopilar el historial de consumo y la adquisición de repuestos.

Las conclusiones de la investigación están en relación con el desarrollo de la propuesta de un método de planificación para la gestión del inventario en la bodega de repuestos importados, se definió utilizar el método Croston en base al valor del error ECM igual a 0.1945, siendo el valor más bajo entre los métodos analizados y un sistema de revisión periódica (R,S) que presentó un menor costo total relevante CTR con un ahorro de \$ 224,69 USD frente a los otros sistemas, con estas propuestas se puede administrar de una manera más óptima las cantidades a pedir, mediante la utilización de puntos de reorden, manteniendo un nivel de servicio para cada uno de los repuestos.

Palabras clave:

Repuestos, Clasificación, Planificación, Gestión, Inventario.

ABSTRACT

"La Toscana" is a company dedicated to the production and packaging of alcoholic beverages for more than 40 years. Due to the type of production, the company has imported specific machinery for packaging. One of the key points the company focused on to get the machines working properly was having spare parts available when needed, but this was distorted because there was no planned supply for imported spare parts, making unnecessary investments that have left \$21,432, 27 USD in obsolete spare parts.

The objective of this study is to propose a planning method for managing inventories of imported spare parts in the maintenance warehouse of the company "La Toscana", in order to guarantee the operation of the plant. To achieve this objective, a research methodology was proposed applied to the company's spare parts and machine warehouse, and a quantitative research method was also used to compile the consumption history and acquisition of spare parts.

The conclusions of the research are in relation to the development of the proposal of a planning method for inventory management in the warehouse of imported spare parts, it was defined to use the Croston method based on the value of the error (ECM) equal to 0.1945, being the lowest value between the analyzed methods and a periodic review system (R,S) that presented a lower total relevant cost (CTR), with a saving of \$224.69 USD compared to the other systems, with these proposals it can be managed in a way more optimizes the quantities to be ordered, through the use of reorder points, maintaining a level of service for each of the spare parts.

Keywords:

Spare Parts, Classification, Planning, Management, Inventory.

1. INTRODUCCIÓN

“La Toscana” empresa dedicada a la producción y envasado de bebidas alcohólicas por más de 40 años, desde sus inicios se enfocó en el envasado de vino, por lo cual las máquinas con las que arrancaron fueron direccionadas en esta línea de producto. Dentro del país en esta época, este tipo de producción no era muy popular en el Ecuador, por lo que toda la maquinaria se la trajo del exterior, importada directamente de proveedores especializados en Europa.

Al pasar del tiempo la empresa se fue especializando en la producción y envasado de diferentes tipos de bebidas alcohólicas y bebidas espirituosas a nivel nacional e internacional, así mismo este tipo de producción ha crecido en el Ecuador lo que hace que La Toscana se vea en la necesidad de ser competitiva evitando paras de producción por diferentes motivos.

Al igual que en la mayoría de las empresas, uno de los puntos importantes dentro del área de producción es que las máquinas estén en correcto funcionamiento y uno de los puntos para conseguirlo es que los repuestos estén disponibles en el momento que se los requiera. Analizando desde este enfoque la principal desventaja que tiene la empresa es que al ser máquinas importadas y exclusivas por el segmento al que pertenecen, los proveedores también sean exclusivos para la adquisición de repuestos.

Todo esto hace trascendental que los repuestos lleguen en tiempos cortos o a su vez los más indispensable, tengan ya una existan en la bodega de mantenimiento. Otra limitación a la que se enfrenta la empresa es que no posee un programa planificado de órdenes de compra para suplir sus contingencias, solo dispone de un registro de importaciones realizadas.

2. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Un método de planificación de gestión de inventario según como lo define Chapman (2006) es una técnica, la cual ayuda a poder predecir cambios futuros de los inventarios basándose en estados pasados los cuales han ido cambiando en el tiempo, estos datos sirven de base para el pronóstico, pero es importante considerar una proyección estructurada del conocimiento pasado, la cual dispone de algunos tipos de técnicas o herramientas que se utilizarán según se presente la necesidad.

A nivel mundial las empresas tienen algún tipo de planificación que les sirve para la compra de su materia prima o prestación de servicios, si bien estas empresas cuentan con un sistema de vanguardia como SAP, Oracle, u Odoo, también existen otras que lo llevan a nivel de Excel, pero todas utilizan una herramienta de planificación. En el Ecuador muchas empresas han empezado a enfocarse en cómo mejorar la planificación de sus productos, ya que ven en estas acciones oportunidades de tener mayor rentabilidad (El Universo, 2013). A nivel de Cuenca existen empresas que han adquirido sistemas modernos de planificación como Indurama o Graiman, estas herramientas tienen módulos que realizan la planificación a nivel de bodegas o ubicaciones, siendo una de ellas la de mantenimiento.

Al hablar de la bodega de mantenimiento en una empresa como lo establece García et al. (2004) se le considera también una parte importante en el correcto flujo de la producción, esto con la visión de que si en esta se encuentran los repuestos adecuados para el correcto funcionamiento de la maquinaria, se puede garantizar la operatividad de la empresa; sin embargo, si no se tiene un correcto análisis de la cantidad, tipo o criticidad de los repuestos que hagan que las máquinas estén disponibles en el momento que se necesite, la compañía no puede garantizar su correcta operación.

Estas limitaciones a las que se enfrenta la empresa han hecho que existan máquinas paradas a la espera de repuestos que al ser importados demoran desde una semana hasta un mes o más, con esto la empresa “La Toscana” se ha visto limitada en su producción y ve necesario poder solventar estos inconvenientes ya que caso contrario

podría comprometer la producción por temporada, su rentabilidad y ocasionar a futuro grandes pérdidas a la empresa.

“La Toscana” ha apostado que al desarrollar una herramienta de planificación adecuada se podrá asegurar el tema de disponibilidad de maquinaria, se tendría la opción de poder realizar compras planificadas, teniendo el presupuesto disponible al momento de la necesidad y así mismo poder contar con una bodega que tenga los repuestos necesarios y con una rotación adecuada de los mismos, con estos puntos se podrá solventar temas de mantenimiento, garantizando mayor operatividad de la planta.

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1 PROBLEMA GENERAL

¿Es posible proponer un método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana" para garantizar operatividad de la planta?

2.1.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Se podrá diagnosticar la situación actual del proceso de planificación en la gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana" para garantizar la operatividad de los equipos?

¿Es factible proponer un nuevo método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana" para garantizar la accesibilidad a la maquinaria?

¿Se conseguirá analizar la factibilidad de implementación de la planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana" para garantizar una maquinaria operativa?

2.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Cuando se refiere a las fases de un proceso administrativo eficiente, se considera a la planificación como su primera etapa, de allí su importancia en cualquier actividad que se realice. Druker (2014) se refería en uno de sus enunciados a que es preferible tener un mal plan que no tener nada, y lo que "La Toscana" busca es tener una correcta planificación en su departamento de mantenimiento que permita un nivel eficiente en la utilización de sus equipos. Como lo menciona Guerrero (2009) si se dispone de un correcto método en la planificación de los repuestos en la bodega de mantenimiento, se conseguirá un gran beneficio para la empresa ya que esta propuesta de planificación servirá para establecer los diferentes parámetros dentro de la compañía, potencializando los objetivos de la misma, considerando tener un mínimo de repuestos en inventario (garantizando los presupuestos de la empresa en temas financieros) y a su vez tener un nivel máximo de rotación de los repuestos (contar con los repuestos más críticos de cambio).

La forma de llevar la compra de los repuestos dentro de la empresa "La Toscana" inicia cuando un elemento sufre un daño, en ese momento se procede a buscar al proveedor para solicitar una cotización y luego esperar hasta liberar el presupuesto para proceder a la compra del mismo, en esto pueden pasar días o semanas al tratarse de proveedores del exterior. Con esta propuesta de planificación se busca cambiar la manera de llevar las cosas, al establecer un cronograma de compras con cantidades y tiempos claros, siendo este el punto de partida para planificar el presupuesto anual adecuado que garantice que el repuesto ya se encuentre en bodega o a su vez esté en tránsito, reduciendo significativamente los tiempos en la disponibilidad de los equipos.

Una planificación en el manejo del inventario de repuestos va a ser de gran utilidad en la organización ya que se tendrá más claridad en los diferentes departamentos, mejorando la relación y comunicación entre ellos, se sabrá cuántos repuestos se tienen, cuando comprarlos y cuál será la inversión necesaria, así tendrá claridad el área financiera para alinear su presupuesto, al área de importaciones para planificar fletes

y consolidar cargas, de igual manera al área de producción para darle la seguridad de planificar el uso de equipos según como se los requiera.

Se ha visto en los últimos años dentro de la empresa "La Toscana" que un repuesto importado que no exista dentro de la bodega de mantenimiento puede generar paras significativas en la línea de producción al no haber disponibilidad del equipo al momento de necesitarlo, esto es un problema que afecta directamente las ventas, su rentabilidad y crea un mal ambiente en la empresa, por ello es importante dar este cambio en la forma en la que se están llevando las cosas, así se garantiza uno de los muchos factores que le darán a la empresa su sostenibilidad y rentabilidad en el futuro.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana" para garantizar la operatividad de la planta.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diagnosticar la situación actual del proceso de planificación en la gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana", para garantizar la operatividad de los equipos.

Proponer un nuevo método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana", para garantizar la accesibilidad a la maquinaria.

Analizar técnica y económicamente la propuesta de la factibilidad de implementación del método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento de la empresa "La Toscana", para garantizar una maquinaria operativa.

3. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

La revisión de la literatura se la ha realizado en base a 4 conceptos que serán los pilares en el desarrollo de las actividades y entendimiento del trabajo, estos son: Gestión de repuestos, Técnicas de recolección de datos, Modelos de pronóstico y Gestión de Inventarios.

3.1 GESTIÓN DE REPUESTOS DE MANTENIMIENTO

El mantener los repuestos en una bodega siempre genera gastos, por eso es importante analizar que repuestos son realmente necesarios, según como lo manifiesta Navarro et al. (2009) en una empresa el área financiera quiere tener una bodega con el mínimo valor posible y desde el otro lado el área de mantenimiento le interesa tener una bodega repleta con todos los repuestos posibles generando un stock elevado, es por eso que el compromiso al que debe llegar la gerencia es tener el mínimo inmovilizado en el almacén pero con un nivel máximo de repuestos primordiales.

3.1.1 SELECCIÓN DE REPUESTOS.

Es muy importante contar con una forma ordenada de seleccionar los repuestos que se considerarán para el mantenimiento, según como lo expresa Cuatrecasas (2012) la selección de un repuesto que se necesita en bodega dependerá del estudio obtenido al descomponer las máquinas en cada una de sus partes, la mayoría de fabricantes de los máquinas o equipos proponen una lista de elementos que con el paso del tiempo de uso de la máquina tienen que ser renovados, estos servirán de punto de partida para que en la práctica poder confirmar la información y si es necesario ajustarla. Una estimación del valor que se tiene que considerar de repuestos en la bodega según como lo proyecta Arnoletto (2012) puede ser entre un 3% a 6% del valor del equipo, por eso es importante definir desde un inicio el valor de los repuestos y si es posible cuales serían los proveedores estratégicos, el sistema de abastecimiento, los tiempos mínimos de entrega y factibilidad de disponibilidad.

A continuación, Navarro et al. (2009) realiza una clasificación para poder identificar y priorizar cada repuesto:

Piezas sometidas a desgaste: Se consideran todas las piezas que sirven de unión entre partes fijas y móviles, estas presentan desgaste de erosión, fricción o abrasión de los componentes, dentro de este campo están los rodamientos, levas, contactos, casquillos, etc.

Piezas de regulación y mando: En este grupo se encuentran las piezas propuestas para controlar los procesos y el funcionamiento de la instalación, estas por lo general son sometidos a fatiga y están las válvulas, muelles, bielas etc.

Piezas móviles: Son los elementos destinados a transmitir los movimientos entre dos o más piezas o funcionan para movimiento del producto final, están sometidos a fatiga, pero su diseño compensa este comportamiento, aquí se encuentran los rotores, correas, poleas, ejes etc.

Piezas electrónicas: Consideradas de alta fiabilidad al ser de tecnología moderna; pero si están sometidos a sobretensiones, cortocircuitos y calentamientos, aquí se encuentran los circuitos impresos, fuentes de poder, transistores, etc.

Piezas de estructura: Por lo general estas son las piezas que menos se dañan salvo algún factor externo de consideración, están sometidos a condiciones de trabajo por debajo de sus capacidades, aquí se encuentran los bastidores, estructura y soportes.

3.1.2 DETERMINACIÓN DEL STOCK DE REPUESTOS

Una vez que se tenga seleccionado los repuestos el siguiente paso es definir cuánto stock se va a manejar de cada uno y si efectivamente es necesario generar un stock en la bodega, Boero (2020) indica una lista de consideraciones a tomar en cuenta al momento de la elección:

- Número de piezas en la instalación, considerando principalmente la cantidad de máquinas similares.
- El precio del elemento es clave ya que se debe tener el menor capital inmovilizado.
- Costo de la ruptura de stock, analizando cuánto cuesta no disponer del elemento.
- Condiciones de trabajo del elemento, se debe determinar el ritmo de trabajo al cual está sometido el elemento.
- Tiempo de cambio de la pieza, determinar cuán difícil o demorado es el acceso al componente para cambiar o desmontar el mismo.
- Piezas reparables, considerando si en el elemento se tienen opción de algún tipo de reparación.
- Stock en proveedor, es importante definir con los proveedores si existe el stock y hasta cuándo habrá existencia de este.
- Procedencia local o importación, según el tipo de procedencia se podrá definir los tiempos de abastecimiento
- Materiales y tecnologías especiales, para determinar tiempos de construcción del elemento.

3.1.3 COSTO DEL STOCK DE REPUESTOS

Según como lo indica García et al. (2004) el costo generado por el mantenimiento y su stock de repuestos es parte del precio final del producto; sin embargo, es muy importante analizar cómo influyen estos costos en los costes generales de la empresa. Se puede tener una referencia como lo manifiesta Sepúlveda (2019) que considera que el costo de mantenimiento está entre un 5-10% del coste total de la empresa. Dentro de la empresa es importante considerar dos características para el análisis de los costos como bien lo manifiesta Pacheco (2019), la primera es un costo que lo fija o controla la empresa, esto significa que se puede aumentar o disminuir el presupuesto y la segunda es que genera directamente un gasto que obliga a tener liquidez que no es recuperable afectando el flujo normal en la organización.

Los costos de mantenimiento los desglosa Navarro et al. (2009) en 4 categorías:

Costos indirectos: Se trata de un costo que asegura el estado de la instalación a medio y largo plazo, dentro de este costo se encuentra la mano de obra y los materiales para el mantenimiento

Costos directos: Se refiere a un costo proporcional a la producción y para el mantenimiento representa los costos de la mano de obra y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento correctivo.

Costos financieros: Estos costos están relacionados directamente con el valor de los repuestos de almacén y las amortizaciones de las máquinas duplicadas para asegurar producción.

Costos de fallo: Este costo es muy importante ya que se refiere a la pérdida de beneficio que la empresa soporta por temas de mantenimiento como pérdidas en producción por paradas inesperadas o tiempo de averías por males reparaciones, en ciertos casos su valor puede ser incluso mayor a los otros costos.

En la Tabla 1 se evidencia el Costo Integral que es la suma de todos los costos.

Tabla 1

Costo integral de stock de repuestos

	Directo	Indirecto	Fallas	Financiero	Integral
Alimentaria	3	2	1,3	1,8	8,1
Química	4	2,5	1,5	2	10,0
Metalúrgica	3,7	2,6	0,8	0,6	7,7
Astilleros	2,5	2	0,3	0,7	5,5
Automotriz	4,5	3,2	1,3	1,5	10,5
Textil	2	1	0,3	0,5	3,8
Cemento	2,5	1,5	1,5	2,5	8,0
Farmacéutica	2,8	2,2	1,1	2,5	8,6

Siderúrgica	5,5	3	1,7	2,8	13,0
Vidrio	4	3	1,3	2,4	10,7
Aviación	3	2	0,3	2,3	7,6

Nota. Adaptada de Costo Integral. de Boero, 2020 (<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/172523>).

3.1.4 PÉRDIDAS EN LAS PLANTAS INDUSTRIALES

Una gran realidad que se tiene en todo el mundo como lo menciona Pontelli & Gallará (2020) es que las plantas industriales indistintamente del giro de negocio que tengan siempre presentan pérdidas por diferentes motivos, algunas se pueden disminuir y otras son de la misma esencia de la producción. Para este estudio es importante identificar cuáles son las pérdidas que se atribuyen a mantenimiento y cuales se presentan de manera general dependiendo el giro y tipo de negocio que se desarrolla, es así como Pontelli & Gallará (2020) lo expresa.

Como se puede observar en la Tabla 2, las pérdidas atribuibles a mantenimiento se reflejan en el Índice 1 y 3.

Tabla 2

Clasificación de las pérdidas

Estado	Condición	Descripción
Planta parada	Prevista	Pérdidas por paradas programadas. Mantenimiento anual extraordinario
		Cambios de layout. procesos, puesta en marcha equipos nuevos
Planta parada	Prevista	Mantenimiento programado mensual
		Pérdidas por variación de programas Paradas totales o parciales de producción Disminución velocidad de producción por programa
Parada de planta en producción	No prevista	Pérdidas por fallas en los medios tecnológicos Intervenciones de mantenimiento por rotura Demoras en las Intervenciones Micro paradas con reparaciones autónomas

Parada de planta en producción	No prevista	Pérdidas por fallas del proceso errores de operación impacto del medio ambiente Equivocaciones en los métodos
Parada de planta en producción	Prevista	Pérdidas de producciones normales Pérdidas de arranques y paradas Cambios de productos o modelos Cambio de herramientas
Disminución de la capacidad productiva	No prevista	Pérdidas de producción anormales Tiempos de proceso mayores a los estándares Demoras logísticas
Disminución de la capacidad productiva	No prevista	Pérdidas por problemas de calidad Scrap de producción No conformidades en los clientes
Disminución de la capacidad productiva	No prevista	Pérdidas por recirculación Operaciones incompletas Errores de operación Recuperación de productos terminados

Nota. Adaptada de Clasificación de los Pedidos. de Pontelli & Gallará, 2020 (<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/172527>)

3.2 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas de recolección de datos como lo menciona Martínez (2014) constituye una parte importante dentro del proceso de investigación ya que es la base para la recolección de la información, existen algunas técnicas de recolección de datos como la entrevista, la observación y el cuestionario, cada una de ellas depende de las características de la investigación, de los objetivos que se buscan y las posibilidades que brindan, por eso siempre es necesario definir la utilización de una o varias técnicas, además es importante que el investigador conozca las principales características de cada una para tener un mejor criterio de elección.

3.2.1 OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA

Como lo plasma González (2018) la observación sistemática es la técnica fundamental para la recolección de datos, ya que el punto de inicio de la investigación es la observación de un hecho o problema el cual se está buscando resolver, se iniciará

siempre identificando o definiendo una descripción o representación de los acontecimientos que están sucediendo, considerando siempre que estos deben ser capaces de ser entendidos por otras personas con una explicación sencilla, por eso es indispensable que esta técnica sea sistemática, estructurada y controlada.

3.2.2 ENTREVISTA

Según como lo manifiesta Martínez (2014) la entrevista es una técnica para la recolección de datos y es muy útil cuando se quiere obtener una información más personalizada y completa, permitiendo profundizar más allá de la formulación de una simple pregunta. La entrevista resulta en ciertos casos ser una técnica compleja ya que el entrevistador debe tener mucha experiencia para que esta sea provechosa y por lo general tiene un guion estructurado que gira alrededor del tema principal.

3.2.3 CUESTIONARIO

El cuestionario como lo menciona Sampieri (2014) es una técnica que ayuda en la recolección de información sobre opiniones, actitudes, habilidades, etc., el cual se aplica a una muestra o un grupo establecido de poblaciones, estos se presentan de forma escrita y tienen una serie de preguntas o elementos que no pueden ser modificados ni profundizados como en el caso de las entrevistas. Los puntos más importantes en un cuestionario son: la claridad en las indicaciones de llenado para poder garantizar su valor, contar con definiciones de algunos términos difíciles de entender y la última que es definir las fecha y forma de entrega de estos.

3.2.4 FOCUS GROUP

El Focus Group o Grupo Focal como lo manifiesta Couto (2016) es una técnica de investigación que se la utiliza para analizar e identificar los puntos claves de un tema específico el cual fue preparado y definido con anterioridad; dentro de esta técnica se reúne a un grupo de personas las cuales han sido previamente analizadas y categorizadas, estas se juntan en un solo lugar y con la ayuda de un modelador se empieza a levantar información en base a preguntas, en las cuales todos intervienen y comparten con experiencias que alimentan el tema investigado, durante la reunión

que puede llevar entre treinta a noventa minutos todas las personas interactúan con ideas y opiniones.

3.3 PRONÓSTICO

Todos los sistemas de planificación parten de la demanda real o esperada de los clientes; sin embargo como lo identifica Chapman (2006) en la mayoría de los casos los tiempos necesarios para generar y poder entregar el producto solicitado excede el tiempo que el cliente estima poder contar con el mismo, por esta razón es que se considera en la mayoría de las empresas que la producción tendrá que darse antes de conocer la demanda real así se logra acortar los tiempos entre la demanda del cliente hasta la entrega del producto, es así que se establece que producción empezará a trabajar con la demanda esperada que se le conoce como un pronóstico de la demanda. El pronóstico no es más que una proyección analizada y estructurada de datos antiguos de la empresa, los cuales pueden darse por algunos modelos que pueden ser a largo plazo para tomar definiciones estratégicas o pueden ser a corto plazo para determinar el punto de arranque de la producción antes de conocer la cantidad real que solicitará el cliente.

3.3.1 MODELOS DE PRONÓSTICO

Existen diferentes tipos de pronósticos y esta diversificación se debe a la variedad de necesidades de planificación que tenga cada empresa y viceversa, es decir como un método de planificación puede acoplarse al tipo de empresa, de manera general Nahmias (2007) realiza una clasificación en dos tipos de pronósticos: cualitativos y cuantitativos, los primeros se enfocan más en la parte humana como base para su desarrollo y ejecución, las del tipo cuantitativo se basan en datos numéricos generados por históricos de ventas, consumos o una variable específica, dentro de esta clasificación están los métodos de series de tiempo.

Revisando la literatura del pronóstico enfocado a la planificación de repuestos, se manifiestan algunas características que complican de cierta manera la ejecución de esta planificación, dentro de estas se destacan:

- Los repuestos presentan alto grado de incertidumbre sobre la fecha de necesidad.
- El abastecimiento de repuestos la mayoría de veces se limita a uno o dos proveedores.
- No siempre se presentan patrones claros de demanda.
- Los repuestos no siempre son exactos en la cantidad de la demanda.
- Cuando se manejan repuestos existen patrones de demanda intermitentes.
- Alto número y variedad de repuestos.

Enfocados en estas consideraciones se analizan algunos métodos de pronóstico que se acoplan al manejo de estos tipos de demanda:

Suavización exponencial simple: Es uno de los métodos clásicos en la previsión cuantitativa, es fácil de utilizar y presenta precisión en su resultado, se basa en la premisa que la demanda del pasado es más influyente que la demanda futura, se obtiene de la siguiente ecuación (1):

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1}) \quad (1)$$

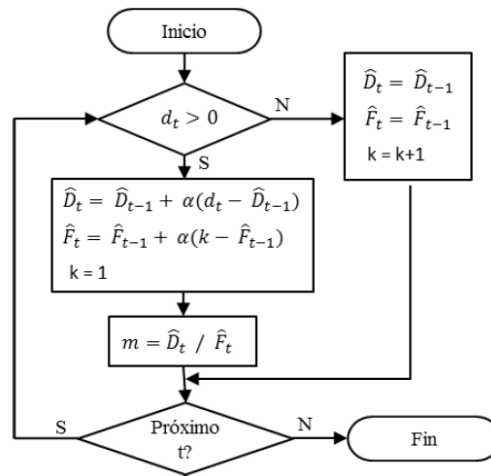
En donde;

- F_t : *Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t.*
- F_{t-1} : *Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t-1.*
- α : *Constante de suavización.*
- D_{t-1} : *Demanda real para el periodo t-1.*

Método Croston: Este método utiliza la atenuación exponencial simple y separa la demanda en dos partes, la primera toma la serie de valores positivos de la demanda y la segunda se enfoca en el tiempo entre demanda consecutiva no nula, este es el método más utilizado en demandas intermitentes.

Figura 1

Diagrama de flujo Croston



Nota. La demanda se clasifica en la sección de la tabla. Fuente: Kaya et al., 2020

En donde;

- dt : Demanda en el periodo t .
- Dt : Previsión de la demanda no nula para el periodo siguiente t .
- ft : Tiempo entre dos demandas no nulas.
- Ft : Previsión del intervalo de demanda.
- k : Intervalo desde la última demanda no nula.
- α : Parámetro de atenuación, $0 \leq \alpha \leq 1$.
- m : Demanda promedio en el periodo.

La previsión de la demanda para el próximo periodo se obtiene de la siguiente ecuación

(2) :

$$m = \frac{\widehat{D}_t}{\widehat{F}_t} \quad (2)$$

Método aproximación Syntetos-Boiler (SBA): Este método tiene de base el método Croston con una corrección en el cálculo ya que los autores notaron cierto desvío positivo con valores de α superiores a 0.15, la corrección se realiza en la demanda promedio que se basa en la siguiente ecuación(3):

$$m = \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) \frac{\hat{D}_t}{\hat{F}_t} \quad (3)$$

Método corrección Shale-Boilan-Johnston (SBJ): Este método tiene de base el método Croston pero evalúa cuando la llegada de los pedidos sigue un comportamiento de tipo Poisson y realiza una corrección en el cálculo mediante la ecuación (4), la corrección se realiza en la demanda promedio.

$$m = \left(1 - \frac{\alpha}{2 - \alpha}\right) \frac{\hat{D}_t}{\hat{F}_t} \quad (4)$$

3.3.2 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE PRONÓSTICO

Para poder elegir cuál de los métodos es el más conveniente García et al. (2004) indica la importancia de evaluar qué información está disponible en la empresa para utilizarla como base del análisis, por ejemplo, para los métodos cualitativos como para los causales se necesita información de los mercados externos y además del entorno, mientras que para los métodos de series de tiempos se consideran solo la demanda pasada y es preciso notar que son más fáciles de calcular. Por lo descrito anteriormente es importante considerar que método se acopla mejor a la empresa y considerar que cualquiera de los métodos que se elijan todos tienen un error integrado, la clave radica en identificar cuál de ellos tiene el menor error, es decir se aproxima más a la realidad de la organización.

Dentro del pronóstico hay que resaltar algunos puntos importantes que los detalla Chapman (2006) y que son necesarios entenderlos para generar una correcta inercia al momento de plasmarlo:

- Los pronósticos la mayoría de veces son incorrectos.

- Si se quieren pronósticos más precisos se deben considerar grupos o familias de artículos.
- Los pronósticos son más precisos si se enfocan en periodos cortos.
- Todo pronóstico debe considerar un error de estimación.
- No se deben considerar a los pronósticos no sustitutos de la demanda calculada.

En la información revisada se identifica que los principales personajes que profundizaron sus investigaciones en los pronósticos son Boyler, Syntetos, Williams y Croston, todos ellos a la final concluyen en la identificación de variables que ayudan a catalogar los tipos de demanda. De este modo Ghobbar y Friend (2002) indica estos dos parámetros: coeficiente de variación cuadrática (CV^2) y el promedio de intervalo entre demandas (ADI).

El Coeficiente de Variación Cuadrática (CV^2) se calcula por la desviación estándar de la demanda entre la demanda media, expresado en la ecuación (5).

$$CV^2 = \left[\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (E_i - E)^2}{N}}}{E} \right]^2 \quad (5)$$

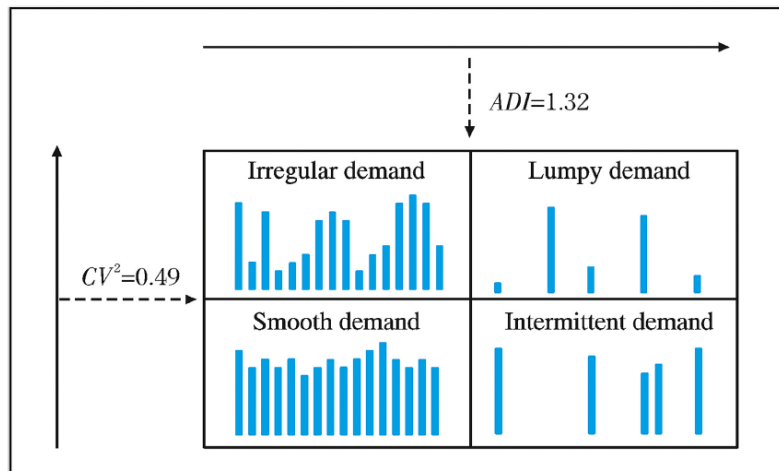
El Promedio de Intervalo entre Demandas (ADI o ρ), es el tiempo promedio que tarda el pronóstico en tener una demanda mayor a cero, expresado en la ecuación (6).

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} \quad (6)$$

En base a los resultados de estas dos variables, Syntetos (2001) propone cuatro grupos para esta clasificación: (i) Errática o Irregular, (ii) Irregular Lumpy , (iii) Estable o Suave, (iv) Intermitente, los mismos se representan en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de tipos de patrón de demanda



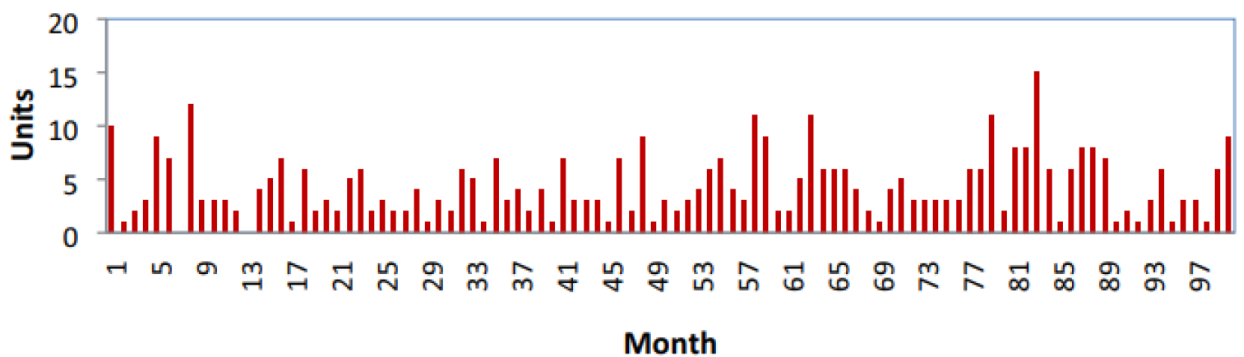
Nota. La demanda se clasifica en la sección de la tabla. Fuente: Kaya et al., 2020

Según el análisis de Kaya et al. (2020) se indica las definiciones de cada uno de los patrones de demanda:

Errática o Irregular: Se presenta con valores de $ADI < 1.32$ y $CV^2 \geq 0.49$, este patrón presenta gran variabilidad en la cantidad de demanda con cierta constante durante el tiempo.

Figura 3

Demanda errática

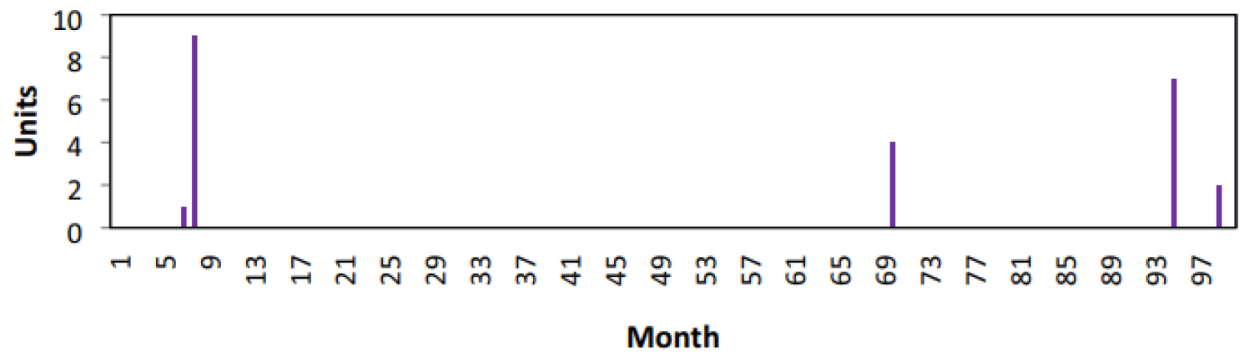


Nota. Visualización de demanda errática. Fuente: Kaya et al., 2020

Irregular Lumpy: Se presenta con valores de $ADI \geq 1.32$ y $CV^2 \geq 0.49$, este patrón es el más complicado de controlar ya que presenta periodos con demanda de 0.

Figura 4

Demanda Lumpy

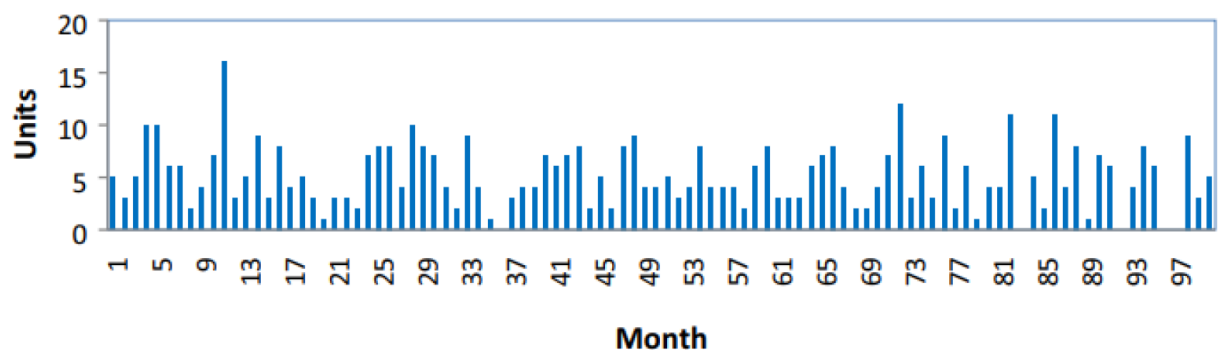


Nota. Visualización de demanda errática. Fuente: Kaya et al., 2020

Estable o Suave: Se presenta con valores de $ADI < 1.32$ y $CV^2 < 0.49$, se caracteriza por no tener variaciones significativas en la media histórica.

Figura 5

Demanda suave

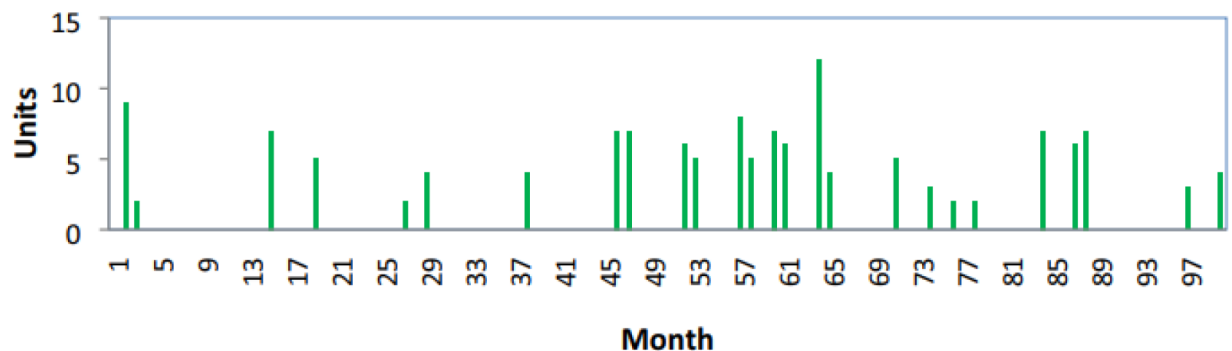


Nota. Visualización de demanda errática. Fuente: Kaya et al., 2020

Intermitente: Se presenta con valores de $ADI \geq 1.32$ y $CV^2 < 0.49$, se caracteriza por presentar una baja variabilidad de la demanda y ser muy esporádica con valores de cero en la demanda.

Figura 6

Demanda Intermitente



Nota. Visualización de demanda errática. Fuente: Kaya et al., 2020.

Con esta revisión Vidal (2010), propuso un cuadro con las diferentes opciones de pronóstico que serán revisadas en base al tipo de patrón de demanda que tienen, este cuadro se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3

Sistema de pronóstico según patrón de demanda

Patrón de demanda observado	Sistema de pronóstico recomendado
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles autorregresivos (ARIMA)
Errática (Ítems clase A de bajo movimiento)	Método Croston o relacionados

Nota. Tabla para elección de tipo de pronóstico. Fuente: Vidal, 2010.

3.3.3 ERRORES DE PRONÓSTICO

García et al. (2004) manifiesta que la primera regla en el pronóstico es que existe un error y lo importante es que la organización pueda identificar el porcentaje de error que puede manejar en su planificación, existen varias formas de medir errores en los pronósticos, pero la base de cálculo es la misma, tomando la diferencia entre el valor del pronóstico para un periodo determinado y su demanda real.

De los tipos de errores Hanke & Wichern (2010) los explican de la siguiente forma:

Error porcentual medio absoluto (MAPE): Este tipo de error se obtiene en forma de porcentaje y se obtiene del promedio de los errores absolutos divididos por los valores reales de la demanda y multiplicado por 100.

$$MAPE = \frac{100 * \sum_{i=1}^t \left| \frac{X_t - \widehat{X}_t}{X_t} \right|}{N^{\circ} \text{ periodos}} \quad (7)$$

Desviación absoluta media (MAD): Este tipo de error se obtiene del promedio de las diferencias de los valores pronosticados y los valores reales de la demanda, se considera que mientras más bajo el valor de MAD mejor será el pronóstico.

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^t |X_t - \widehat{X}_t|}{N^{\circ} \text{ periodos}} \quad (8)$$

Error cuadrático medio (ECM): este error se obtiene del promedio de los errores cuadrados entre los valores pronosticados y los valores reales de la demanda sobre un número de periodos definidos, se considera que mientras más bajo el valor de ECM mejor será el pronóstico.

$$ECM = \frac{\sum_{i=1}^t (X_t - \widehat{X}_t)^2}{N^{\circ} \text{ periodos}} \quad (9)$$

3.4 PLANIFICACIÓN DE INVENTARIOS

Existe un punto muy importante para comprender la planificación de inventarios, según como lo manifiesta Chapman (2006), es necesario analizar los motivos por los que se tiene inventario en una empresa antes de poder comprender cómo llegar a administrarlos. Así, dependiendo de la persona la cual visualice el inventario se podría tener diferentes perspectivas del mismo, es decir si existe una persona con poca experiencia el inventario lo considerará solo como cosas físicas, para un contador solo lo considera como dinero inmovilizado y para un vendedor es una oportunidad de generar dinero; sin embargo, si existe una persona que cuenta con más conocimientos lo primero que hará es entender por qué existe inventario, solo así comprenderá mejor el cómo administrarlo y controlarlo.

3.4.1 MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIO

El inventario jugó una parte importante para el desarrollo de la empresa, ya que es la parte vital de su producción o de sus ventas, al aplicar este principio al tema de repuestos se vuelve importante poder contar con una gestión de inventarios de repuestos que aporten a la empresa a cumplir sus objetivos, Kennedy et al. (2002) presenta algunos modelos para controlar los repuestos y propone hacer las siguientes preguntas para tener claridad en la elección:

- ¿Cuántos repuestos debería tener yo en mi inventario?
- ¿Cuándo debo reabastecer el repuesto?
- ¿Qué cantidad debo de pedir del repuesto?

Para tener claridad en las respuestas se debe tener claridad en las condiciones en las cuales esta cada empresa conociendo:

- ¿Cuál es la importancia de cada repuesto?
- ¿Qué seguimiento se debe hacer al inventario de repuesto?
- ¿Qué tipo de política debo utilizar?

La utilización de un sistema de control de inventario favorece la creación de políticas en la empresa que apoyan la gestión de repuestos, Vidal (2010) dentro de su literatura señala cuatro modelos de reposición.

Modelo continuo (s, Q): Cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden s , se ordena una cantidad fija Q .

Modelo continuo (S): Cuando el inventario efectivo cae al punto de reorden, se ordena una cantidad que incrementa el stock hasta un nivel máximo de inventario S .

Modelo periódico (R, S): Este modelo propone la revisión de inventarios en puntos fijos de tiempo R para determinar cuánto ordenar.

Modelo híbridos: Es una combinación entre los modelos (s, S) y (R, S) donde cada R unidades de tiempo, se revisa el inventario efectivo, si es menor o igual al punto de reorden s , se emite un pedido para recuperar el nivel máximo de inventario S .

3.4.2 CATEGORIZACIÓN DE INVENTARIOS.

Existen muchas formas de clasificar los inventarios y por lo general depende de la utilización y administración que se le va a dar en la empresa, es así como Chapman (2006) propone una clasificación que se apega a la realidad de la empresa y la cual se detalla a continuación:

Materia prima: Es el inventario que se lo va a requerir al inicio del proceso productivo y no tiene un valor añadido por el proceso de producción de la empresa.

Trabajo en proceso: Se le considera al inventario que ya ha recibido algún valor agregado; pero que tiene que sufrir algunos procesos adicionales antes de utilizarlo en los requerimientos del cliente.

Bienes terminados: Este inventario representa los productos que han pasado ya por todos los procesos productivos necesarios para su formación, este inventario está listo para ser comercializado a los clientes.

Inventario de mantenimiento, reparación y operaciones: Representado por todo el material que se utiliza como apoyo en los procesos productivos y del giro de negocio de la empresa, este inventario por lo general no está destinado a ser comercializado al público y se compone principalmente de repuestos, grasas y aceites, suministros varios entre otros.

Para el presente estudio el último tipo de inventario es el que se va a administrar, controlar y planificar considerando los que tienen procedencia del exterior.

3.4.3 CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS.

Texeira et al, (2017) dentro de su estudio considera que es vital la clasificación de repuestos ya que es la base para todo el proceso de planificación. Huiskonen (2001) y Molenaers et al. (2012) indican dos tipos de criterios con los cuales se evalúan los repuestos, el primero es la criticidad del proceso, el cual valora la gravedad de la falla expresada en tiempo de para de producción y la segunda es la criticidad del control al no disponer del repuesto ni tener control de disponer del mismo.

Si se logra definir los repuestos que son más importantes se puede precisar una estrategia de stock y gestión de planificación mucho más acertada. Gajpal et al. (1994) considera que estrategias como el análisis ABC con el principio de Pareto y el FSN (Fast, Slow and No Moving) con la rotación de existencias ayudan a definir políticas, control y la planificación en si de los repuestos. Cavalieri et al., 2008 también considera que un método cualitativo como el VED (Vital, Esencial y Deseable) puede valorar la criticidad del repuesto utilizando talleres de análisis con personal especializado. Huiskonene, (2001) recomienda utilizar esta variedad de criterios como el precio, volumen de demanda, tiempo de reposición, disponibilidad de proveedores, historial de reparaciones, etc., para repuestos que no son similares, es decir cada uno posee distintas características que define su priorización o planificación.

Si se sigue buscando se llega a encontrar varios análisis y criterios de clasificación de repuestos, Sabael et al., (2015) manifiesta que existe el método AHP (Analytic Hierarchy Process) el cual considera como el más apropiado si se trata de definir la criticidad de un repuesto, ya que utiliza comparaciones pareadas con datos cualitativos

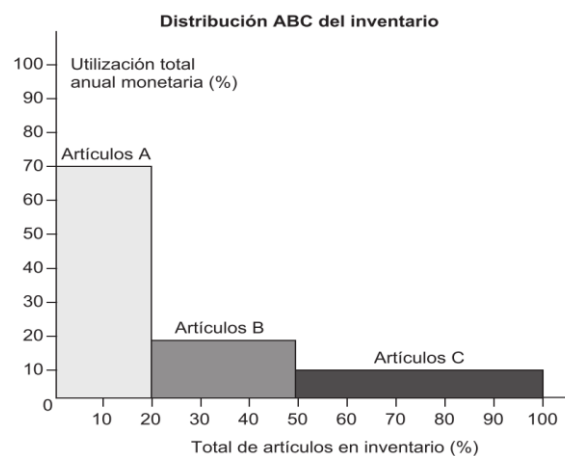
y cuantitativos. Partovi y Burton 1993 ratifican este método como una herramienta de clasificación de repuestos de mantenimiento siendo los primeros en proponer su utilización en estos análisis. Roda et al., 2014 propone la eliminación de los juicios subjetivos al combinar un procedimiento AHP para encontrar un índice compuesto y con la clasificación VED dar una puntuación integral para definir la clasificación.

Dentro de la literatura existen algunos métodos de clasificación los cuales servirán en el desarrollo de este proyecto por lo cual los describe a continuación:

Clasificación ABC: La clasificación ABC según como lo manifiesta Publishing (2007) es el método más utilizado para clasificar el inventario en alto, medio y bajo, determinando la importancia de cada tipo de producto en función de factores como costo, tiempo de abastecimiento o cantidad. Esta clasificación se puede acoplar según la necesidad de la empresa, es decir no tiene una regla estricta de aplicación de porcentajes, pero por lo general se considera el 20% superior de los artículos como categoría A, los que ocupan entre el 20% y 50% serán como categoría B y los que están en valor menor del 50% serán categoría C. Esta clasificación sirve también para poder tener un mayor control al inventario haciendo un seguimiento más cercano (mensual) a la categoría A, en menor medida a la categoría B y mucho menor a la categoría C. En la Figura 1 se puede ver un ejemplo de la clasificación de categorías ABC.

Figura 7

División ABC de Inventario



Nota: Adaptada de Ejemplo de una Distribución ABC de Inventario, de Chapman, 2006 (<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/74116>)

Análisis Vital, Esencial y Deseable (VED): Roda et al. (2014) lo describe como método cualitativo que ayuda en la clasificación de repuestos según la criticidad, este método utiliza varios criterios cualitativos que son obtenidos a partir de mesas o talleres técnicos con personal calificado en el tema, en los mismos los repuestos se clasifican en Vitales (V), esenciales (E) y deseables (D).

Proceso analítico jerárquico (AHP): Este proceso fue propuesto por Tomas L. Saaty, es una herramienta que parte de un objetivo y un criterio de decisión, compara criterios definidos anteriormente y los jerarquiza mediante valores de importancia, se utiliza mucho este método sobre todo cuando tienes variables cualitativas que son difíciles de valorar.

Figura 8

Proceso jerárquico AHP

C	A ₁	A ₂	xxx	A ₇
A ₁	1	5	...	
A ₂	1/5	1		
⋮	⋮			
A ₇				1

Nota. Tabla para elección de tipo de pronóstico. Fuente: Saaty 1997.

Según como lo manifiesta Saaty, (1997) el primer punto es armar la tabla de jerarquías, luego en base a la importancia de los criterios se establece las prioridades, al final se debe evaluar que la matriz tenga una consistencia lógica, esto se calcula a partir del valor de Relación de Consistencias, el cual tiene que ser mayor al 10% para aprobar la matriz, caso contrario se debe volver a evaluar la misma, estos cálculos se los resume en la Tabla 4.

Tabla 4*Validación de consistencia lógica.*

Fórmulas de consistencia		
Relación de consistencias (CR)	Índice de Consistencia (CI)	Índice Aleatorio (RI)
$CR = \frac{CI}{RI}$	$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$	$RI = \frac{1.98(n - 2)}{n}$
Donde: n = Numero de filas o columnas de la matriz. λ = Vector propio principal de la matriz de comparación por pares.		

Nota. Tabla resumen de fórmulas de consistencia lógica. Fuente: Saaty, 1997.

3.4.4 COSTOS DE LOS INVENTARIOS

Una parte importante que condiciona de cierta manera el inventario es la parte de costos, según como lo considera Esper & Waller (2017) la administración de los inventarios tiene involucrado algunos costos y para lograr una buena administración es importante analizar las siguientes preguntas: ¿Cuánto inventario necesito?, ¿Qué proceso se debería utilizar para reabastecer el inventario?, ¿Cómo afectan los costos al proceso de reabastecimiento?, ¿En qué costos se incurrirá si tengo demasiado o muy poco inventario? Al analizar estas preguntas se identifica que cada dólar asignado al inventario es un dólar restado a otra área de la empresa y si no se disponen adecuadamente podría causar pérdidas en la misma al no utilizarse en algo que genere más valor a la organización. Una clasificación de los costos asociados a los inventarios lo indica Guerrero (2009):

Costo de almacenamiento: Como su nombre lo dice es el valor de tener almacenado un artículo, este se puede descomponer en costos de dinero invertido, costo del arrendamiento, almacenaje, salarios en personal de vigilancia y administración de almacén, seguros, impuestos y costos generales por servicios básicos.

Costo de penalización: Este costo se genera cuando un cliente solicita un artículo y no se lo tenga en bodega, es decir es el costo asociado a pérdidas de ventas, pagar horas

extras de cumplimiento de producción, utilidades dejadas de percibir, o pérdidas de producción o fletes aéreos.

Costos por ordenar o fijo: Este costo viene asociado a las órdenes de producción o una orden de compra cuando la misma es lanzada o generada, es el costo de tener que realizar una preparación para poder arrancar producción o alistar la misma, como tiempo de preparación de máquinas o alistamiento de las materias primas.

Costo variable: Este costo involucra la materia prima, mano de obra y gastos generales de la fabricación de cada unidad de producto.

4. MATERIALES Y METODOLOGIA

4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la metodología de este proyecto es mediante una secuencia de procesos, los cuales se van complementando a medida que va progresando el desarrollo de las actividades. El objetivo final del proyecto es poder tener un método de planificación de inventarios con el cual la empresa pueda mejorar su proceso de abastecimiento y desarrollar estrategias que permitan una ventaja competitiva en el mercado.

4.1.1 TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

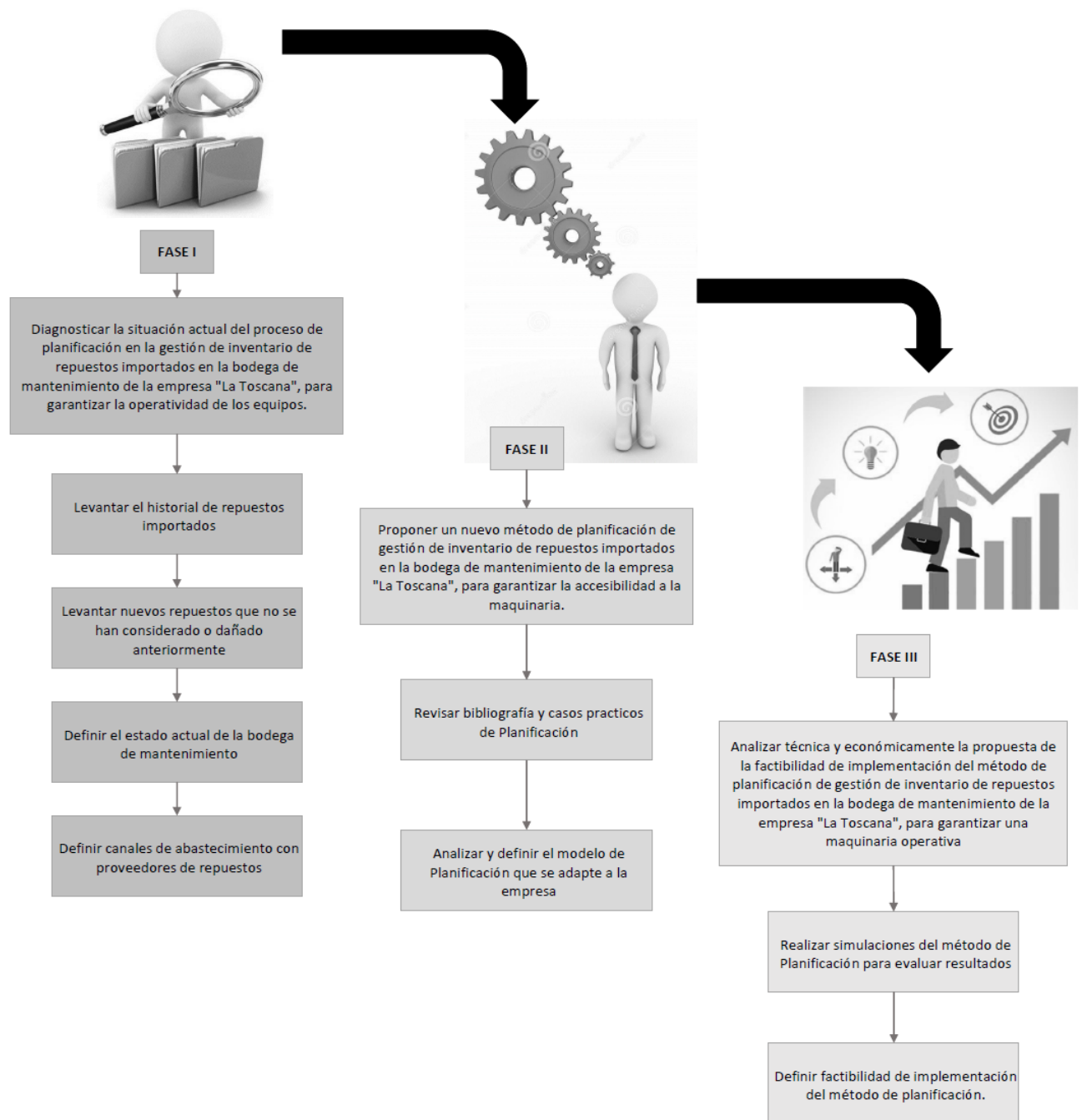
El tipo de investigación planteada es de carácter aplicada porque presenta la realidad de una empresa productora de bebidas alcohólicas. El enfoque de investigación a utilizar es cuantitativo porque se manejan valores exactos en unidades de los elementos deteriorados importados de cada máquina a ser analizada. Tendrá un alcance descriptivo al aplicar conceptos teóricos de manejo de repuestos para solucionar un problema de mantenimiento en la planta, en una segunda etapa tendrá un alcance explicativo donde se interpretará los datos de respuesta obtenidos para determinar la eficiencia de la propuesta planteada.

4.1.2 MÉTODO DEL PROCESO

En la Figura 9 se observa el proceso desde el diagnóstico de la situación actual en la gestión de bodega de mantenimiento con el inventario de repuestos importados, como la propuesta de planificación y su análisis de factibilidad para la implementación, todo esto detallado en tres fases:

Figura 9

Metodología del proceso



Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.2 TIPOS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Dentro del proceso de investigación primaria se hará uso de los siguientes instrumentos para la recolección real de datos en la empresa:

4.2.1 OBSERVACIÓN

Como se indicó anteriormente es la principal técnica para poder investigar un problema e identificar las bases para su solución, dentro de la empresa se utilizará la técnica de observación en las máquinas que existen para poder identificar el estado de los elementos que las conforman y los repuestos existentes en bodega, además una parte de la observación serán los reportes de mantenimiento realizado, las órdenes de importaciones y manuales de los equipos, todo esto ayudará a dar una visión del estado actual de la empresa.

4.2.2 ENTREVISTA

La entrevista a los operarios de las máquinas es un punto importante para levantar un histórico de daños y además identificar elementos que hoy en día están dando problemas en el correcto funcionamiento de las máquinas. Adicional se realizarán talleres con personal que interviene directamente en el proceso general de los repuestos importados con el fin de tener la experiencia de las personas que viven el día a día los problemas en las máquinas por temas de repuestos.

4.2.3 FOCUS GROUP

El contar con las opiniones de diferentes áreas reforzarán la investigación a realizar, ya que serán ideas y opiniones variadas con las cuales se podrá asentar una visión más clara en la investigación. Toda la información levantada será socializada con los expertos para levantar criterios adicionales que refuercen el análisis de la información.

4.3 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento y análisis de datos se utilizará herramientas de Microsoft Office ya que esas permiten facilidad de análisis de datos con uso de fórmulas, tablas, filtros, etc.

4.4 CONOCER Y ANALIZAR LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS

Para entender la situación actual en la empresa La Toscana sobre el manejo de los repuestos importados, se debe revisar los puntos más relevantes que afectan el manejo del inventario de repuestos, dentro de esto se realiza el diagnóstico identificando el inventario que se tiene actualmente en la bodega, como se realiza su gestión y definiendo el manejo actual del presupuesto.

4.4.1 STOCK ACTUAL DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS EN BODEGA

Dentro de la empresa La Toscana se maneja un sistema que controla inventarios, consumo y movimiento en general de las materias primas, productos terminados y también de los repuestos de mantenimiento, de este programa se descarga el reporte del stock actual de repuestos que existe en la bodega de mantenimiento (Repuestos 004), esta información es auditada para verificar la existencia física del inventario. En la Tabla 5 se muestra un extracto de los repuestos importados que existen en la bodega de mantenimiento de la empresa La Toscana, de un inicio se evidencia de manera general una mala administración del inventario basado en que existen diferentes tipos de codificación, el sistema refleja cantidades erradas de repuestos, el nombre del repuesto es muy genérico, no se tiene ligado a que máquina pertenece cada repuesto y no se tiene identificado si es repuestos importado o nacional.

Otro punto, que también se puede evidenciar es que la empresa no cuenta con un criterio o estrategia para el abastecimiento de repuestos, no se identifica si se deben realizar compras mensuales, trimestrales o anuales, por tal motivo existen repuestos almacenados en la bodega por largo tiempo, los cuales consumen espacio, dinero y degradación en la calidad.

En la actualidad la empresa cuenta con un programa general de inventarios en el cual se encuentra la bodega de mantenimiento, pero el mismo no se utiliza para generar planificación alguna, funciona solo como generador de ingresos y consumos de

repuestos, los requerimientos al área de importaciones llegan en base a indicaciones puntuales de lo que se necesita comprar generados por el personal de mantenimiento.

Tabla 5

Lista de repuestos de importados en bodega.

Código	Repuesto	Stock Disponible	Costo Unitario	Costo Total
MTTO-0049	MEMBRANA D=106 1FPV-1BPV GOMA	2	\$ 17,50	\$ 35,00
MTTO-0006	RESISTENZA W1200-380V INOX	2	\$ 74,29	\$ 148,58
3012758	RESORTE DE COMPRESION-AC00113AO	98	\$ 8,40	\$ 823,20
3013025	TORNILLO DE AMORTIGUADOR DE CABEZA TER	4	\$ 2,65	\$ 10,60
MTTO-0119	TORNILLO INCLINACION DE CABEZAL	1	\$ 68,11	\$ 68,11
3013028	TULIPAS TIPO A ESPUMANTE	1	\$ 59,85	\$ 59,85
3013027	TULIPAS TIPO B ESPUMANTE	1	\$ 59,85	\$ 59,85
3013194	GUARNICIÓN DE FRENO / 6-42084381	3	\$ 34,20	\$ 102,60
3011845	CASQUILLO CENTRO DE PLATO ETIQUETADORA	12	\$ 29,80	\$ 357,60
3011442	GLUE ROLLER (D) 80 (H) 200	1	\$ 200,00	\$ 200,00
MTTO-0021	GLUE ROLLER O 80 H 330	1	\$ 247,00	\$ 247,00
MTTO-0017	GRIPPER OPENING SPRING	8	\$ 3,00	\$ 24,00
3011439	SPONGE ROLLER D 62 H 40 MM	8	\$ 18,90	\$ 151,20
MTTO-0044	CINTURÓN SV.1600 [45001501]	2	\$ 420,32	\$ 840,64
3011397	EMPAQUES DE FILTROS	2	\$ 98,85	\$ 197,70
3013187	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE COD 43500125	1	\$1.095,00	\$ 1.095,00
MTTO-0121	BANDA DENTADA GIRO GRUPO ADHESIVO	2	\$ 16,40	\$ 32,80
MTTO-0120	BANDA DENTADA MOTOR GIRO GRUPO ADHES	2	\$ 20,53	\$ 41,06
MTTO-0115	BASE DE RESORTE DE FIJACION PLATILLOS	6	\$ 2,65	\$ 15,90
MTTO-0112	BUJE BRONCE BASE DE PLATILLOS	3	\$ 103,87	\$ 311,61
MTTO-0111	BUJE LOCO INOX GIRO DE PLATILLOS	6	\$ 296,10	\$ 1.776,60
MTTO-0114	BUJE PRISIONERO DE RESORTE FIJACION PLATIL	6	\$ 1,60	\$ 9,60
3011417	CENTRO ANTIROTACION PARA ETIQUETADORA	5	\$ 240,60	\$ 1.203,00
MTTO-0116	DISCO DE FRENO DE PLATILLOS	9	\$ 2,96	\$ 26,64
3013039	ENCODER 0360I/GIP67 HEN 0-553-280	2	\$ 357,08	\$ 714,16
3013045	ESPATULA ACERO /5-0564076	2	\$ 18,50	\$ 42,55
5015024	ESPATULA AZUL 50564048	20	\$ 12,00	\$ 240,00
5015022	ESPATULA ROJA 50564008	20	\$ 9,00	\$ 180,00
MTTO-0110	MOTOR DE PLATILLOS	2	\$ 632,32	\$ 1.264,64
3011844	PLATILLO KOSME	12	\$ 5,00	\$ 60,00

Nota. Se presenta un extracto de la tabla de inventario de repuestos. Fuente:

Elaboración Propia.

Del reporte obtenido, se hace la revisión física de los repuestos para evidenciar su existencia, además se evalúan los consumos que han tenido los mismos en los últimos años, para tener una referencia del valor que tiene actualmente la empresa considerando solo repuestos como tal. Esta subclasificación se divide en: repuestos obsoletos que son los que pertenecen a máquinas que ya no están funcionando, repuestos sin movimiento considerando los repuestos de máquinas que no se han utilizado en algunos años y repuestos rotativos a los que han tenido consumo en los últimos años, es así como se exponen los valores en la Tabla 6.

Tabla 6

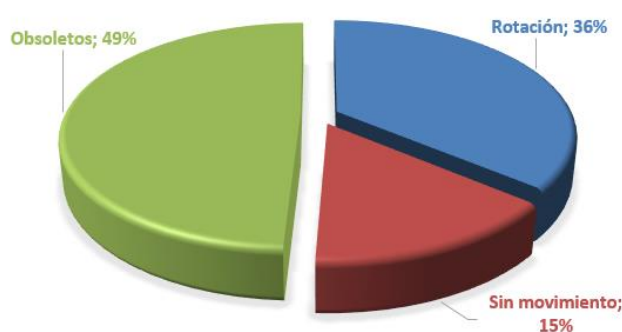
Valoración de repuestos en bodega.

Clasificación	Valor	%
Rotación	\$ 15.690,63	36%
Sin movimiento	\$ 6.390,19	15%
Obsoletos	\$ 21.432,27	49%
Total:	\$ 43.513,09	100%

Nota. Se realiza la clasificación de los ítems en bodega. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10

Representación gráfica de los costos de repuestos.



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2 CONSUMO DE REPUESTOS IMPORTADOS

La Tabla 7 indica los consumos de repuestos importados que se han generado en años anteriores en la empresa, esta información se extrae del sistema de inventario ASSIST

que maneja la empresa, con esto se puede identificar los repuestos que han tenido mayor o menor rotación, logrando así definir un criterio de abastecimiento que aplicaría posteriormente en la planificación.

Tabla 7

Valoración de consumos de repuestos por año.

Tiempo	Año	SKU	Valor
(12 meses)	2020	60	\$21.733,02
(12 meses)	2021	38	\$10.522,40
(12 meses)	2022	50	\$19.055,55
		Total:	\$51.310,97

Nota. Se consideran tres años de consumos. Fuente: Elaboración Propia.

Se puede evidenciar que la empresa ha realizado algunos consumos de repuestos importados entre los años 2020 al 2022, pero si se analiza los consumos por cada año se identifica que no existe una relación marcada entre los mismos, esto es un problema ya que el intentar colocar un presupuesto por la compra de los repuestos importados se vuelve irreal, ya que existen variaciones marcadas entre los años analizados y los SKU, en base a estos datos se define que la compra de los repuestos se la realiza cuando el elemento falló y se volvió crítica su compra.

4.4.3 PRESUPUESTO PARA REPUESTOS IMPORTADOS.

En la actualidad la empresa La Toscana no tiene claridad en la generación de un presupuesto designado para la compra de repuestos importados, esto se debe a que no existe ningún tipo de planificación para los mismos, ocasionando que el área financiera no genera un valor mensual destinado a la compra de repuestos, solamente se presupuesta un valor cuando un elemento ya fallo y se lo debe reponer, ocasionando que el flujo de efectivo se vuelva complicado de manejar.

Este inconveniente se ha visto reflejado también en ocasiones en las cuales dentro de un mismo mes se presentan varios casos de mantenimientos correctivos y por ello se

necesita uno o varios repuestos costosos para la reparación de maquinaria y producción general de la empresa, esto hace que el departamento financiero se vea complicado en manejar el flujo de dinero de la empresa teniendo que priorizar o restringir temas de pagos a proveedores para solventar el daño y poder tener nuevamente producción.

A la empresa en la actualidad no le conviene tener todos los repuestos importados disponibles en bodega, por lo que se necesita generar un presupuesto analizando la criticidad de los repuestos para cuidar el flujo de dinero dentro de la empresa.

4.4.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS

Luego de realizar un pertinente análisis de la situación actual de los repuestos importados se consideran las siguientes cuestiones que son las bases para la definición de una propuesta de planificación que funcione y sea beneficiosa para la empresa.

- Existen equipos que son críticos dentro del proceso de producción, en las cuales existe riesgo alto si no cuenta con los repuestos para su funcionamiento.
- El presupuesto de la empresa es limitado, por lo que considerar el costo de los repuestos es importante al momento de realizar la planificación.
- Los proveedores de repuestos están en diferentes países lo que hace que se manejen diferentes tiempos de abastecimiento, esto limita puesta operativa del equipo.
- Con la información de los consumos se puede estimar la concurrencia de fallas de ciertos repuestos que ayudaran a identificar su necesidad.
- La bodega de repuestos de mantenimiento se debe organizar de manera que los elementos estén identificados y en una ubicación clara.

4.5 IDENTIFICAR Y CLASIFICAR LOS REPUESTOS IMPORTADOS

Existen muchos factores que impiden que se pueda disponer de los repuestos en las cantidades que se esperaría y además no sería factible tenerlos todos en bodega ya que existiría el caso que no lleguen a ocuparse en algunos meses o años, es por eso que se debe definir un clasificación o priorización de los repuestos.

Según lo revisado de los autores para el caso de los repuestos importados de La Toscana se va a seguir los siguientes pasos:

- Definir la lista de repuestos por cada equipo.
- Definir los criterios de evaluación general de los repuestos y determinar la importancia de cada criterio mediante el modelo de calificaciones AHP.
- Hallar una escala de calificación de los criterios mediante el método VED.
- Determinar el número de prioridad de riesgo de cada repuesto mediante una variación de la herramienta AMEF.
- Con la clasificación ABC realizar la estratificación de los repuestos.
- Determinar el comportamiento de la demanda y definir el pronóstico de la misma.
- Realizar el cálculo de la política de inventario.

4.5.1 IDENTIFICACIÓN DE REPUESTOS IMPORTADOS POR EQUIPO

Para la identificación de los repuestos de las máquinas se requirió de un trabajo de análisis e identificación de las características técnicas de cada componente que pertenece a un equipo, catalogarlo como repuesto importado por su exclusividad o falta de reemplazo con alternativas locales o nacionales, este trabajo de identificación se lo realizó con el aporte de los operadores de máquinas, supervisores de línea, jefes de producción, coordinadora de compras, jefe y técnicos de mantenimiento y proveedores de máquinas. Adicional se utilizaron recursos como manuales de los

equipos, inspección y revisión física de cada máquina, revisión de correos electrónicos de reportes de daños y consumos de repuestos en años anteriores.

A los repuestos importados se le realizó una nueva codificación para tener un mejor control de los inventarios, la misma se basa en la combinación de códigos y números expresados en la ecuación (10), adicional con estos nuevos códigos se tiene una nueva descripción que aporta mucho más en la identificación de estos.

$$\begin{aligned} \text{Código} = R_{(\text{Repuesto})} + \text{Descripción corta de máquina} \\ + \text{Número 3 cifras} \end{aligned} \quad (10)$$

Tabla 8

Listado de máquinas de la empresa.

Ubicación	Descripción	Descripción corta	Código máquina
CASA FUERZA	GENERADOR DE NITRÓGENO	GNI	CF-GNI-01
CANTINA	BOMBA DE PISTÓN VARIABLE	BPI	CA-BPI-01
CANTINA	EQUIPO FRIO RASCANTE	CHR	CA-CHR-01
CANTINA	FILTRO DE TIERRAS	FIL	CA-FIL-01
CANTINA	CENTRÍFUGA	CEN	CA-CEN-01
ENVASADO	LAVADORA DE BOTELLAS	LAV	EN-LAV-01
ENVASADO	LLENADORA AUTOMÁTICA	LLE	EN-LLE-01
ENVASADO	TAPADORA DE CORCHO NATURAL	TCN	EN-TCN-01
ENVASADO	TAPADORA CORCHO PLÁSTICO / CORONA	TCP	EN-TCP-01
ENVASADO	TAPADORA DE ROSCAS	TRO	EN-TRO-01
ENVASADO	GAVVIETADORA CORCHO PLASTICO	GCP	EN-GCP-01
ENVASADO	CAPSULADORA CALOR	CAP	EN-CAP-01
ENVASADO	ETIQUETADORA GOMA	EGO	EN-EGO-01
ENVASADO	ETIQUETADORA ADHESIVA	EKO	EN-EKO-01
ENVASADO	SELLADORA CAJAS CON GOMA	SLL	EN-SLL-01
ENVASADO	TERMOFORMADORA DE EMPAQUE PLÁSTICO	SEC	EN-SEC-01
ENVASADO	SECADOR CON AIRE SONIC	SLL	EN-SLL-01

Nota: De esta tabla se extrae la descripción corta de la máquina para el código de repuesto importado. Fuente: Elaboración Propia.

Con este levantamiento se definió la lista de repuestos por máquina con los que se va a trabajar a futuro y serán la base para el desarrollo de este trabajo, se estableció en

182 repuestos importados que se evidenciaron en el análisis, de los cuales se presenta un extracto de los dos primeros repuestos por cada máquina en la Tabla 9.

Tabla 9

Lista de repuestos importados (extracto).

Origen	Máquina (Des/Corta)	Código	Descripción
ITALY	LLE	R-LLE-100	EJE DE ACCIONAMIENTO GRIFO
ITALY	LLE	R-LLE-101	RESORTE ACCIONAMIENTO GRIFO
ITALY	LAV	R-LAV-100	ORING BASE SUP. DISTRI. 4162
ITALY	LAV	R-LAV-101	ORING BASE INF. DISTRI. 4450
ITALY	TCN	R-TCN-100	BASE PARA BOTELLA
ITALY	TCN	R-TCN-101	RESORTE DE TAPADO
ITALY	TCP	R-TCP-100	RODILLO DE GIRO LEVA P
ITALY	TCP	R-TCP-101	RESORTE TRABA BOTELLA P
ITALY	TRO	R-TRO-100	RODILLO DE GIRO LEVA R
ITALY	TRO	R-TRO-101	RESORTE TRABA BOTELLA R
ITALY	GCP	R-GCP-100	RODILLO DE GIRO LEVA C
ITALY	GCP	R-GCP-101	LEVA GUIADOR DE GIRO C
EEUU	SEC	R-SEC-100	FILTRO DE AIRE
EEUU	SEC	R-SEC-101	BANDA DE TRANSMISIÓN
ITALY	CAP	R-CAP-100	EJE CENTRAL ASIENTO DE CÁPSULA
ITALY	CAP	R-CAP-101	RESORTE DE CABEZAL NEUMÁTICO
ITALY	EKO	R-EKO-100	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE GIRO BASES
ITALY	EKO	R-EKO-101	BASE FIJA DE GIRO PLATILLOS
ITALY	BPI	R-BPI-100	EJE DE BOMBA
ITALY	BPI	R-BPI-101	DIFRAGMA DE SUCCIÓN
CHILE	CEN	R-CEN-100	O-RING DE TAPA SUPERIOR
CHILE	CEN	R-CEN-101	VISOR DE CENTRIFUGADO
ITALY	CHR	R-CHR-100	O-RING TAPAS RASCANTE
ITALY	CHR	R-CHR-101	BUJE DE GIRO
CHILE	FIL	R-FIL-100	PLACA FILTRO REDONDA
CHILE	FIL	R-FIL-101	PLACA FILTRO BASE
ITALY	GNI	R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO
ITALY	GNI	R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITRÓGENO
ITALY	SLL	R-SLL-100	EJE TELESCÓPICO GIRO BANDA
ITALY	SLL	R-SLL-101	PISTÓN PRINCIPAL DE BRAZO
EEUU	TFE	R-TFE-100	RESISTENCIA DE SELLADO EMPAQUE
EEUU	TFE	R-TFE-101	NIQUELINA DE CALENTAMIENTO
ITALY	EGO	R-EGO-100	RODILLO DE GOMA DIÁM 80 X 20CM
ITALY	EGO	R-EGO-101	RODILLO DE GOMA DIÁM 80 X 33CM

Nota. Tabla con nuevos códigos de repuestos. Fuente: Elaboración Propia

4.5.2 DEFINIR CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA LOS REPUESTOS IMPORTADOS (AHP)

La definición de los criterios para la evaluación de los repuestos importados en la empresa La Toscana se realizó con especialistas de diferentes áreas, incluyendo jefe y asistentes de mantenimiento, jefe de producción, jefe de cantina, operadores de máquina, analista de importaciones y analista de abastecimiento, todas estas personas son interesados en que maneje un buen proceso de gestión en los repuestos, así mismo se combinó los criterios con parámetros cualitativos como cuantitativos.

Las fuentes de datos que apoyaron y sustentaron el proceso de selección de criterios fueron registros de los sistemas de gestión de la empresa, correos electrónicos, reportes de mantenimiento e inventarios.

Como se revisó en la parte teórica el proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una herramienta que ayuda en la toma de decisiones, en especial cuando se tienen criterios cualitativos difíciles de valorar. Con los criterios ya definidos se desarrolló el proceso AHP para determinar la importancia de cada criterio, calculando prioridades o pesos compuestos de cada categoría y sus calificaciones, el resultado se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 10

Desarrollo de modelo AHP

Criterios	Tiempo de reposición	Criticidad del equipo	Probabilidad de falla	Disponibilidad de especificaciones técnicas	Costo de repuesto	Porcentaje de criticidad	Ranking
Tiempo de reposición	1	0,33	0,20	5	3	15,52%	3
Criticidad del equipo	3	1	1	5	5	33,24%	2
Probabilidad de falla	5	1	1	5	7	39,79%	1

Disponibilidad de especificaciones técnicas	0,2	0,2	0,20	1	1	5,81%	4
Costo de repuesto	0,33	0,20	0,14	1	1	5,64%	5
Suman (N):	9,53	2,73	2,54	17	17	100%	

Nota: En la tabla se puede evidenciar la clasificación de los criterios analizados. Fuente: Elaboración Propia.

De esta tabla se analizó la consistencia de las matrices con la relación de consistencia (CR) el cual debe tener un valor Inferior a 0.10 (10%), resultando para este análisis en 0.077 (7,7%), lo que indica que las matrices están correctas, estos valores se exponen a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11

Cálculo índice de consistencias.

Parámetro	Cálculo	Consideración
Landa Max:	5,346	
Índice de consistencia (CI):	0,087	
ICA :	1,12	Para 5 criterios = 1,12
Relación de consistencias (CR):	0,077	≤0,10 Matriz consistente

Nota: Se concluye que la matriz es consistente. Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla anterior se desarrolla una escala de valoración numérica para que sea más factible su análisis e interpretación, se define la prioridad más baja de cada criterio como la base de análisis dando el valor de 1 para el criterio de costo del repuesto, el valor de los demás criterios se definen en base a cuantas veces este porcentaje de criticidad se repite en el resto de criterios, es así como se obtiene una tabla transformada de la anterior donde se identifican en valores numéricos la criticidad e importancia de cada criterio.

Tabla 12*Valor numérico de criticidad*

Criterio	Porcentaje de criticidad	Valor numérico de criticidad
Tiempo de reposición	15,52%	2,75
Criticidad del equipo	33,24%	5,89
Probabilidad de falla	39,79%	7,06
Disponibilidad de especificaciones técnicas	5,81%	1,03
Costo de repuesto	5,64%	1,00

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

4.5.3 ANÁLISIS DE PRIORIZACIÓN PARA REPUESTOS IMPORTADOS POR CRITERIO VED

Al tener clasificados y priorizados cada criterio de evaluación con la herramienta AHP, se tiene claridad de que parámetros son más importantes para el análisis de los repuestos, pero, hay considerar que cada criterio está afectando de diferente manera a los repuestos a pesar de que es un criterio general, existen cambios en los criterios como por ejemplo el costo, existen repuestos con costos bajos y otros con costos muy elevados.

Para considerar esta variación dentro del análisis, se opta por trabajar con una variación de la técnica de análisis VED (Vital, Esencial, Deseable), reemplazándola con valores numéricos desglosados en 3, 2 y 1, al aplicar esta segmentación para cada uno de los criterios, se tendrá una valoración más real de como este afecta a cada uno de los repuestos, los valores se expresan en la Tabla 13.

Tabla 13

Escala VED de Criterios.

Nivel	Tiempo de reposición	Tipo de Mantenimiento	Criticidad del equipo	Escala de valor
Crítico	Tiempo > 50 días	Correctivo	Alta	3
Básico	30 días < Tiempo ≤ 50 días	Preventivo	Moderada	2
Deseable	Tiempo ≤ 30 días	Predictivo	Baja	1

Nivel	Probabilidad de falla	Disponibilidad de especificaciones técnicas	Costo del repuesto	Escala de valor
Crítico	Fallas > 3	Foto	Costo > \$500	3
Básico	2 ≤ Fallas ≤ 3	Código y Plano	\$300 ≤ Costo ≤ \$500	2
Deseable	Fallas ≤ 1	Plano, código, cantidad, ficha técnica	\$300 < Costo	1

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Con la escala ya completa el siguiente paso es diligenciar la tabla con especialistas de diferentes áreas, que son los mismo con los que se definió la clasificación de los criterios, en base a esto se revisa cada repuesto dentro de la segmentación (3, 2 y 1) adaptada en la Tabla 13 y de la valoración de cada criterio tomado de la Tabla 12, se realiza la multiplicación respectiva de todos los valores numéricos, con este análisis se obtiene el total de criticidad de cada repuesto, en otras palabras se obtiene un número que simboliza la importancia del repuesto. Al ser una tabla grande, para este caso se presenta un extracto de la misma con los valores de criticidad de los repuestos expresados en la Tabla 14.

Tabla 14

Valor total de criticidad del repuesto.

Código	Descripción Repuesto	Tiempo de reposición	Criticidad del equipo	Probabilidad de falla	Disponibilidad de especificaciones técnicas	Costo del repuesto	Valor total de criticidad
R-LLE-100	EJE DE ACCIONAMIENTO GRIFO	2	3	1	1	2	1415
R-LLE-101	RESORTE ACCIONAMIENTO GRIFO	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-102	BASE DE RESORTE	2	3	1	1	1	708
R-LLE-103	BUJE/ARANDELA DE GIRO GRIFO	2	3	2	1	1	1415
R-LLE-104	BUJE DE GIRO	2	3	2	1	1	1415
R-LLE-105	VÁLVULA DE GRIFO	2	3	1	1	1	708
R-LLE-106	ARANDELA INTERNA VÁLVULA	2	3	1	1	1	708
R-LLE-107	RESORTE VÁLVULA	2	3	1	1	1	708
R-LLE-108	O-RING PLANO BASE VÁLVULA	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-109	BASE SELLADO DE VÁLVULA	2	3	1	1	1	708
R-LLE-110	DEFLECTOR DE LLENADO	2	3	1	1	1	708
R-LLE-111	VÁLVULA DE GAS GRIFO	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-112	O-RING REDONDO VÁLVULA GAS	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-113	RESORTE VÁLVULA GAS	2	3	2	1	1	1415
R-LLE-114	VÁLVULA DE PURGA DE PRESIÓN	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-115	BUJE DESLIZAMIENTO MÁSTIL	2	3	1	1	1	708
R-LLE-116	BUJE HERMITIZADO DISTRIBUIDOR	2	3	1	1	1	708
R-LLE-117	BUJE DE UNIÓN DISTRIBUIDOR	2	3	1	1	1	708
R-LLE-118	CILINDRO ELEVACIÓN BRONCE	2	3	1	1	2	1415
R-LLE-119	BUSHING SUP. DESPLAZAMIENTO PISTÓN	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-120	RETÉN PISTÓN ELEVACIÓN	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-121	BUSHING INF. DESPLAZAMIENTO PISTÓN	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-122	BUSHING GIRO RUEDA LEVA	2	3	1	1	1	708
R-LLE-123	PLACA DESPLAZAMIENTO LEVA	2	3	2	1	1	1415
R-LLE-124	ORING BRONCE SELLO AIRE	2	3	3	1	1	2123
R-LLE-125	VIDRIO VISOR PRODUCTO	2	3	1	1	1	708
R-LLE-126	VÁLVULA INGRESO	2	3	1	1	1	708
R-LLE-127	RESORTE TENSOR APERTURA	2	3	2	1	1	1415
R-LAV-100	ORING BASE SUP. DISTRI. 4162	3	2	1	1	1	708
R-LAV-101	ORING BASE INF. DISTRI. 4450	3	2	1	1	1	708
R-LAV-102	BUJE DE GIRO DISTRI. 35X41X40	3	2	1	1	1	708
R-LAV-103	RESORTE BASE DE DISTRI.	3	2	1	1	1	708

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

4.5.4 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO ABC DE REPUESTOS IMPORTADOS

Según como se revisó en el marco teórico, la clasificación ABC se basa en el principio de Pareto en el cual dice que el 20% de los artículos aportan el 80% en un análisis y que el restante 80% de los artículos representaría solamente el 20%, es así que para este caso el 80% - 100% pertenecen a la clasificación A, los ítems que están dentro del 50% - 80% pertenecen a la clasificación B y los que están dentro de 0% - 50% quedarían en la clasificación C.

Considerando el análisis previo donde se llegó a encontrar un número de priorización para cada repuesto, al aplicar la clasificación ABC dentro del listado, se encontrará que repuestos son los más importantes dentro del proceso. De esta manera se tiene un valor máximo de criticidad de 6368 que equivale a los repuestos de mayor impacto y un valor mínimo de 236 que equivale a los repuestos de menor impacto en la empresa, un extracto de los resultados se expresa en la Tabla 15, ahí se evidencian los repuestos clase A y B.

Tabla 15

Clasificación Multicriterio ABC

Código	Descripción	Valor de Criticidad	Clasificación ABC	
R-FIL-103	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR	6368	3%	A
R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO	4245	4%	A
R-EKO-100	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE GIRO BASES	3184	5%	A
R-EKO-101	BASE FIJA DE GIRO PLATILLOS	3184	7%	A
R-EKO-102	MOTOR DE PLATILLOS	3184	8%	A
R-EKO-111	TARJETA ELECTRÓNICA GMD04 MOTOR GRUPO ADHESIVO	3184	9%	A
R-EKO-112	TARJETA ELECTRÓNICA CR22 GRUPO ADHESIVO	3184	11%	A
R-EKO-113	ENCODER DE GIRO MÁQUINA	3184	12%	A
R-CAP-107	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	2830	13%	A
R-CHR-106	SELLO MECÁNICO CUERPO	2830	14%	A
R-CEN-104	O-RING DE SELLADO RADIAL GRILÓN	2830	15%	A
R-EGO-100	RODILLO DE GOMA DIÁM 80 X 20CM	2830	16%	A
R-EGO-101	RODILLO DE GOMA DIÁM 80 X 33CM	2830	17%	A
R-CAP-103	TULIPA TIPO A	2830	19%	A

R-CAP-104	TULIPA TIPO L	2830	20%	A
R-CEN-102	O-RING CUADRADO BASE PLATO	2830	21%	B
R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITRÓGENO	2830	22%	B
R-SLL-100	EJE TELESCÓPICO GIRO BANDA	2830	23%	B
R-SEC-100	FILTRO DE AIRE	2830	24%	B
R-SEC-101	BANDA DE TRANSMISIÓN	2830	25%	B
R-SEC-103	IMPELET DE GIRO	2830	26%	B
R-EKO-122	FOTOCÉLULA LECTORA DE ETIQUETA	2123	27%	B
R-EKO-125	CABLE CONECTOR DE FOTOCÉLULA LECTORA ETIQUETA	2123	28%	B
R-BPI-101	DIFRAGMA DE SUCCIÓN	2123	29%	B
R-BPI-104	ESFERAS DE SELLADO LÍQUIDO 75	2123	30%	B
R-BPI-105	ESFERAS DE SELLADO LÍQUIDO 80	2123	31%	B
R-LAV-107	LEVA VOLTEADOR DE GIRO	2123	32%	B
R-GNI-102	TARJETA ELECTRÓNICA DE MANDO DE FILTRO	2123	32%	B
R-EGO-107	UÑETA PORTA ETIQUETAS	2123	33%	B
R-EGO-110	BASE DE GIRO BOTELLA	2123	34%	B
R-EKO-114	TARJETA ELECTRÓNICA A07	2123	35%	B
R-BPI-103	BRAZO LEVA DE BOMBA	2123	36%	B
R-FIL-100	PLACA FILTRO REDONDA	2123	37%	B
R-FIL-101	PLACA FILTRO BASE	2123	37%	B
R-FIL-107	EJE BOMBA DOSIFICADORA	2123	38%	B
R-EGO-103	BASE DE PEGA	2123	39%	B
R-EGO-114	RESORTE BASE DE EJE PRINCIPAL	2123	40%	B
R-LLE-101	RESORTE ACCIONAMIENTO GRIFO	2123	41%	B
R-LLE-108	O-RING PLANO BASE VÁLVULA	2123	42%	B
R-LLE-111	VÁLVULA DE GAS GRIFO	2123	42%	B
R-LLE-112	O-RING REDONDO VÁLVULA GAS	2123	43%	B
R-LLE-114	VÁLVULA DE PURGA DE PRESIÓN	2123	44%	B
R-LLE-119	BUSHING SUP. DESPLAZAMIENTO PISTÓN	2123	45%	B
R-LLE-120	RETÉN PISTÓN ELEVACIÓN	2123	46%	B
R-LLE-121	BUSHING INF. DESPLAZAMIENTO PISTÓN	2123	47%	B
R-LLE-124	O-RING BRONCE SELLO AIRE	2123	48%	B
R-EKO-117	TARJETA ELECTRÓNICA A41/I	2123	48%	B
R-FIL-104	DIAFRAGMA BOMBA	2123	49%	B
R-FIL-109	POLEA ROTOFIUDO	2123	50%	B
R-SEC-105	TENSOR DE BANDA ARMADO	1887	51%	C
R-CHR-101	BUJE DE GIRO	1887	52%	C
R-CEN-109	MANÓMETRO DE PRESIÓN	1415	52%	C
R-TCN-100	BASE PARA BOTELLA	1415	53%	C
R-CEN-110	MENBRANA DE MANÓMETRO	1415	53%	C

Nota. De los repuestos indicados se trabajará solo con la clasificación A y B. Fuente: Elaboración Propia.

Del análisis realizado se obtiene que 15 repuestos están dentro de la clasificación A, 34 repuestos están dentro de la clasificación B y 133 repuestos están dentro de la

clasificación C, al tratarse de la primera revisión que se realiza de los repuestos en la empresa es importante poder analizar la mayoría de los repuestos ya que al tener un comportamiento errático se vuelve complicado su análisis, por este motivo se define realizar el análisis en los repuestos clasificados como A y B.

4.6 SELECCIÓN DE PRONÓSTICO PARA LA DEMANDA DE REPUESTOS IMPORTADOS

Según Choi et al.2018, los pronósticos dependen casi en su totalidad de los datos históricos que se tengan de los consumos o movimientos y la información que pueda aportar los expertos en el área de trabajo, para definir el pronóstico es importante considerar toda la información actual y del pasado, esto con el fin de evitar tener malos cálculos o decisiones en la planificación, pero, un punto también importante es acoplarse a la realidad de la empresa que será la que va a utilizar la herramienta, evaluando capacidad operativa y complejidad de la misma.

4.6.1 ANÁLISIS DEL PATRÓN DE LA DEMANDA DE REPUESTOS

De acuerdo a la información levantada del histórico de consumo de los repuestos entre los años 2020 al 2022, se observa inicialmente la presencia de varios valores de cero entre demandas no nulas, esto hace suponer que el comportamiento de la demanda es de tipo intermitente, pero, esto se debe revisar en base coeficientes de variación calculados posteriormente. En la Figura 11 se realiza un extracto de los repuestos importados a analizar para entender la tendencia que tienen.

Figura 11

Tabla histórica de consumos en los repuestos 2020-2022

Código	Descripción	Clasf ABC	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	ago-21	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	ago-22	sep-22	oct-22	nov-22	dic-22				
			R-FIL-103	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR	A			1						1									1				1				1							1	
R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO	A		1									1																										
R-EKO-100	TARJETA ELECTRONICA A40M/CE GIRO BASES	A			3						1							2				1																	
R-EKO-101	BASE FIJA DE GIRO PLATILLOS	A				2				2											1																2		
R-EKO-102	MOTOR DE PLATILLOS	A			1											1													1										
R-EKO-111	TARJETA ELECTRONICA GMD04 MOTOR GRUPO ADHESI	A					1															1																	
R-EKO-112	TARJETA ELECTRONICA CR22 GRUPO ADHESIVO	A					1									1																				1			
R-EKO-113	ENCODER DE GIRO MAQUINA	A					1																													1			
R-CAP-107	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO	A				2																			2														
R-CHR-106	SELLO MECANICO CUERPO	A		1					1																		1										1		
R-CEN-104	O-RING DE SELLADO RADIAL GRILON	A					1																																
R-EGO-100	RODILLO DE GOMA DIAM 80 X 20CM	A						2																1														2	
R-EGO-101	RODILLO DE GOMA DIAM 80 X 33CM	A						2																														2	
R-CAP-103	TULIPA TIPO A	A									4																											4	
R-CAP-104	TULIPA TIPO L	A									4																											4	
R-CEN-102	ORING CUADRADO BASE PLATO	B					1																	1															
R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITROGENO	B		1																																		1	
R-SLL-100	EJE TELESCOPICO GIRO BANDA	B											2																									2	
R-SEC-100	FILTRO DE AIRE	B					1					1																										1	
R-SEC-101	BANDA DE TRANSMISION	B				1																																1	
R-SEC-103	IMPELET DE GIRO	B																1																				1	
R-EKO-122	FOTOCELULA LECTORA DE ETIQUETA	B					2																															3	
R-EKO-125	CABLE CONECTOR DE FOTOCELULA LECTORA ETIQUETA	B					1																															3	
R-BPI-101	DIFRAGMA DE SUCCION	B					4																															2	
R-BPI-104	ESFERAS DE SELLADO LIQUIDO 75	B					2																															2	
R-BPI-105	ESFERAS DE SELLADO LIQUIDO 80	B					2																															2	
R-LAV-107	LEVA VOLTEADOR DE GIRO	B																																					
R-GNI-102	TARJETA ELECTRONICA DE MANDO DE FILTRO	B					1																															6	
R-EGO-107	UÑETA PORTA ETIQUETAS	B			10																																	10	
R-EGO-110	BASE DE GIRO BOTELLA	B																																				10	
R-EKO-114	TARJETA ELECTRONICA A07	B					1																															4	
R-BPI-103	BRAZO LEVA DE BOMBA	B																																				1	
R-FIL-100	PLACA FILTRO REDONDA	B				1																																1	
R-FIL-100	PLACA FILTRO REDONDA	B																																				10	
R-FIL-101	PLACA FILTRO BASE	B																																					2

Nota. Extracto de la tabla general histórica de consumos en los repuestos. Fuente: Elaboración Propia.

Una vez que se ha realizado la clasificación ABC multicriterio, ahora es necesario definir el tipo de comportamiento que tienen los repuestos para encontrar la mejor alternativa de cálculo de pronóstico, esto con el fin de prever la adquisición de los repuestos.

Al ser grande la cantidad de repuestos importados que tiene la empresa se desarrollará el trabajo enfocado en los de clasificación tipo A y B. Para entender el desarrollo de la metodología se trabajará con los tres primeros ítems de cada clase y se replicará externamente los resultados para el resto de los ítems, estos cálculos se colocarán en el Anexos 1. Es así como en la Tabla 16 se exponen los valores a revisar.

Tabla 16

Repuestos seleccionados para estudio.

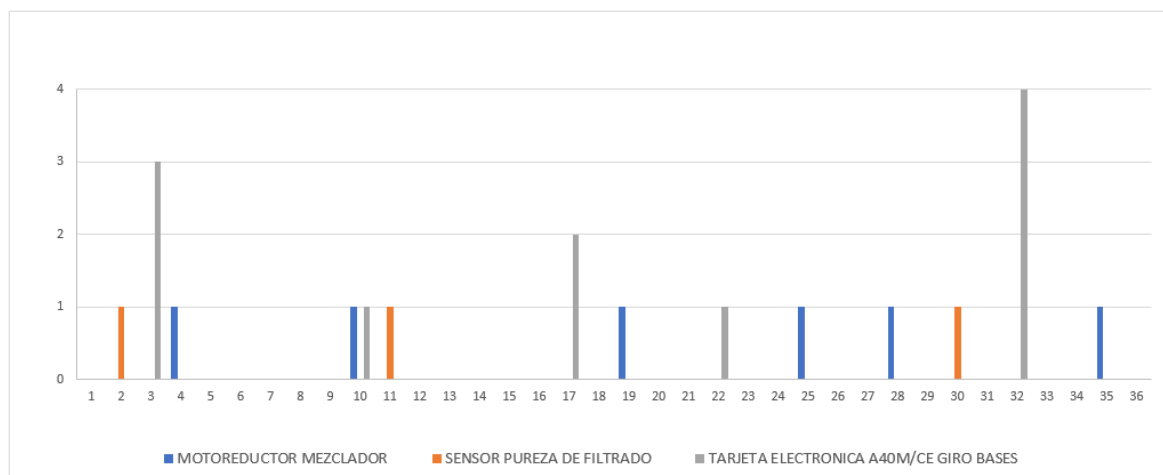
Código	Descripción	Clasificación ABC
R-FIL-103	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR	A
R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO	A
R-EKO-100	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE GIRO BASES	A
R-CEN-102	O-RING CUADRADO BASE PLATO	B
R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITRÓGENO	B
R-SLL-100	EJE TELESCÓPICO GIRO BANDA	B

Nota. Se eligen 6 ítem para representar el desarrollo de pronóstico. Fuente Elaboración propia.

Para entender de mejor manera el comportamiento de los repuestos se evidencia en la Figura 12 los tres primeros ítems clasificados como A y en la Figura 13 los tres primeros clasificados como B, que representan el comportamiento de todos los repuestos importados.

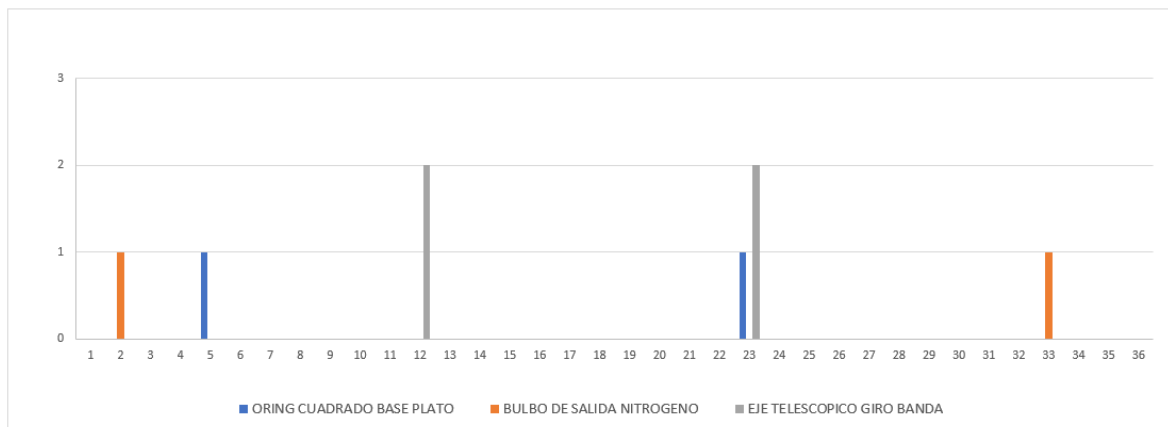
Figura 12

Demanda de repuestos clasificación A



Nota. Representación de la demanda de los tres primeros repuestos de clasificación A.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13*Demanda de repuestos clasificación B*

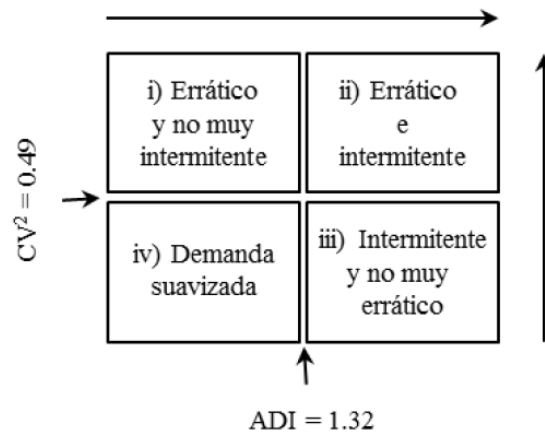
Nota. Representación de la demanda de los tres primeros repuestos de clasificación B.

Fuente: Elaboración propia.

Para poder identificar claramente que tipo de demanda se está presentando en el pronóstico de los repuestos, se debe encontrar el valor de la intermitencia, esta se divide en cuatro categorías: errática, intermitente, granulada o irregular y atenuada. Para definir el grado de intermitencia es necesario realizar el cálculo de dos indicadores, el primero es el coeficiente de Variación Cuadrática (CV^2) y el segundo el Promedio de intervalo entre demandas (ADI), en la siguiente tabla se identifican un extracto del grado de intermitencia de los repuestos importados.

Figura 14

Diagrama para definir tipo de demanda.



Nota. Diagrama de selección de tipo de demanda. Fuente: Vidal, 2010

Tabla 17

Definición del tipo de demanda

Código	Descripción	Clas. ABC	CV (> 1 Irregular)	CV ²	ADI	Tipo	Clasificación
R-FIL-103	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR	A	2,3	5,1	5,8	ii	Errático e Intermitente
R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO	A	3,4	11,3	10,0	ii	Errático e Intermitente
R-EKO-100	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE GIRO BASES	A	2,9	8,5	6,4	ii	Errático e Intermitente
R-CEN-102	O-RING CUADRADO BASE PLATO	B	4,2	17,5	11,5	ii	Errático e Intermitente
R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITRÓGENO	B	4,2	17,5	16,5	ii	Errático e Intermitente
R-SLL-100	EJE TELESCÓPICO GIRO BANDA	B	4,2	17,5	11,5	ii	Errático e Intermitente

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

4.6.2 SELECCIÓN DEL PRONÓSTICO

Según la valoración de los indicadores se define que todos los repuestos están dentro del cuadrante Tipo ii, con esto se ratifica que los repuestos presentan una demanda Errática e Intermitente, ahora según la literatura de los métodos de pronóstico que

mejor se acoplan a este tipo de serie son: SES, Croston, SBJ y SBA. Se procede a evaluar cada uno de los métodos indicados para definir cuál es el que presenta el porcentaje de error más pequeño que sería el que se acoplaría en el pronóstico del resto de repuestos.

Suavización exponencial simple: Para el cálculo del método se utiliza un α igual a 0.01, este valor se obtiene mediante la herramienta Solver de Excel, adicional se utilizan los 24 primeros meses como base del pronóstico para encontrar la media de demanda y los 12 siguientes meses servirán para analizar la demanda.

Tabla 18

Cálculo de pronóstico SES

Mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error abs	Error al cuadrado
1	0				
2	0				
3	0				
4	1				
5	0				
6	0				
7	0				
8	0				
9	0				
10	1				
11	0				
12	0				
13	0				
14	0				
15	0				
16	0				
17	0				
18	0				
19	1				
20	0				
21	0				
22	0				
23	0				
24	0	-	-	-	-
25	1	0,13	0,88	0,88	0,77
26	0	0,13	-0,13	0,13	0,02
27	0	0,13	-0,13	0,13	0,02

28	1	0,13	0,87	0,87	0,76
29	0	0,14	-0,14	0,14	0,02
30	0	0,14	-0,14	0,14	0,02
31	0	0,14	-0,14	0,14	0,02
32	0	0,14	-0,14	0,14	0,02
33	0	0,13	-0,13	0,13	0,02
34	0	0,13	-0,13	0,13	0,02
35	1	0,13	0,87	0,87	0,75
36	0	0,14	-0,14	0,14	0,02
37	-	0,14	Pronóstico nueva semana		-
		Totales	1,39	3,84	2,44
				Alfa	0,01
				MAD	0,349
				ECM	0,203

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 15

Diagrama pronóstico SES



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Método Croston: Para el cálculo del método se utiliza un α igual a 0.01, este valor se obtiene mediante la herramienta Solver de Excel, adicional se utilizan los 24 primeros meses como base del pronóstico para encontrar la media de demanda y los 12 siguientes meses servirán para analizar la demanda.

Cálculo de pronóstico Croston

Mes	Demanda xt	Contador no	Contador no2	Nt	Zt	Contador nt	Pronóstico xt	eT	eT	eT ²	
1	0	1									
2	0	2	0								
3	0	3	0								
4	1	1	3								
5	0	2	0								
6	0	3	0								
7	0	4	0								
8	0	5	0								
9	0	6	0								
10	1	1	6								
11	0	2	0								
12	0	3	0								
13	0	4	0								
14	0	5	0								
15	0	6	0								
16	0	7	0								
17	0	8	0								
18	0	9	0								
19	1	1	9								
20	0	2	0								
21	0	3	0								
22	0	4	0								
23	0	5	0								
24	0	6	0	6,00	1,00	-	-	-	-	-	
25	1	-	-	5,95	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69	
26	0			5,95	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
27	0			5,95	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03	
28	1			5,90	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69	
29	0			5,90	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
30	0			5,90	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03	
31	0			5,90	1,00	4	0,17	-0,17	0,17	0,03	
32	0			5,90	1,00	5	0,17	-0,17	0,17	0,03	
33	0			5,90	1,00	6	0,17	-0,17	0,17	0,03	
34	0			5,90	1,00	7	0,17	-0,17	0,17	0,03	
35	1			5,85	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69	
36	0			5,85	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
37	-	-	Pronóstico nueva semana:					0,17	-	-	-
Totales								0,97	4,02	2,33	

Alpha	0,01
MAD	0,3350

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16

Diagrama Pronóstico Croston



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Método aproximación Syntetos-Boiler (SBA): Para el cálculo del método se utiliza un α igual a 0.01, este valor se obtiene mediante la herramienta Solver de Excel, adicional se utilizan los 24 primeros meses como base del pronóstico para encontrar la media de demanda y los 12 siguientes meses servirán para analizar la demanda.

Tabla

20

Cálculo del pronóstico SBA

Mes	Demanda x_t	Contador n_o	Contador n_{o2}	N_t	Z_t	Contador n_t	Pronóstico x_t	eT	$ eT $	eT^2
1	0	1								
2	0	2	0							
3	0	3	0							
4	1	1	3							
5	0	2	0							
6	0	3	0							
7	0	4	0							
8	0	5	0							
9	0	6	0							
10	1	1	6							
11	0	2	0							
12	0	3	0							
13	0	4	0							
14	0	5	0							
15	0	6	0							

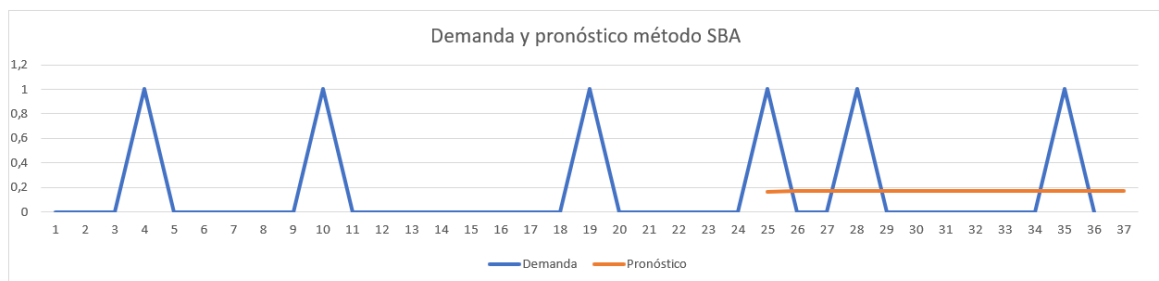
16	0	7	0								
17	0	8	0								
18	0	9	0								
19	1	1	9								
20	0	2	0								
21	0	3	0								
22	0	4	0								
23	0	5	0								
24	0	6	0	6,00	1,00	-	-	-	-	-	
25	1	-	-	5,93	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,70	
26	0			5,93	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
27	0			5,93	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03	
28	1			5,85	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69	
29	0			5,85	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
30	0			5,85	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03	
31	0			5,85	1,00	4	0,17	-0,17	0,17	0,03	
32	0			5,85	1,00	5	0,17	-0,17	0,17	0,03	
33	0			5,85	1,00	6	0,17	-0,17	0,17	0,03	
34	0			5,85	1,00	7	0,17	-0,17	0,17	0,03	
35	1			5,78	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69	
36	0			5,78	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03	
37	-			Pronóstico nueva semana:			0,17	-	-	-	
							Totales	0,98	4,01	2,34	

Alpha	0,01
MAD	0,3350
ECM	0,1947

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17

Diagrama del pronóstico SBA



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Método corrección Shale-Boilan-Johnston (SBJ): Para el cálculo del método se utiliza un α igual a 0.01, este valor se obtiene mediante la herramienta Solver de Excel, adicional se utilizan los 24 primeros meses como base del pronóstico para encontrar la media de demanda y los 12 siguientes meses servirán para analizar la demanda.

Tabla

21

Cálculo del pronóstico SBJ

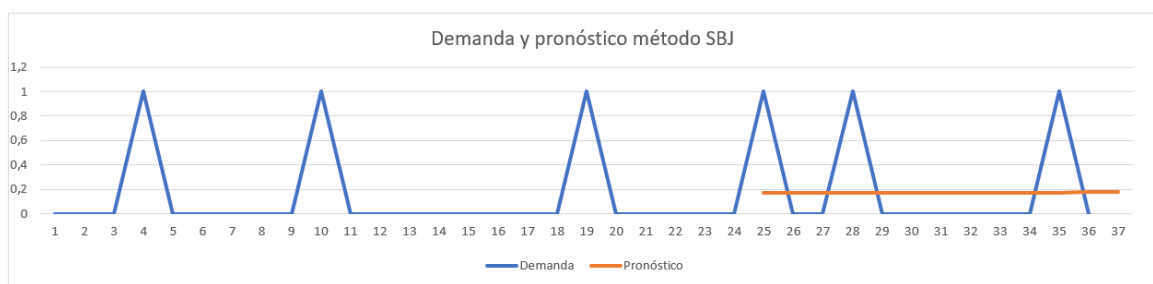
Mes	Demanda x_t	Contador no	Contador no2	N_t	Z_t	Contador nt	Pronóstico x_t	e_T	$ e_T $	e_T^2
1	0	1								
2	0	2	0							
3	0	3	0							
4	1	1	3							
5	0	2	0							
6	0	3	0							
7	0	4	0							
8	0	5	0							
9	0	6	0							
10	1	1	6							
11	0	2	0							
12	0	3	0							
13	0	4	0							
14	0	5	0							
15	0	6	0							
16	0	7	0							
17	0	8	0							
18	0	9	0							
19	1	1	9							
20	0	2	0							
21	0	3	0							
22	0	4	0							
23	0	5	0							
24	0	6	0	6,00	1,00	-	-	-	-	-
25	1	-	-	5,93	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69
26	0			5,93	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03
27	0			5,93	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03
28	1			5,85	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69
29	0			5,85	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03
30	0			5,85	1,00	3	0,17	-0,17	0,17	0,03
31	0			5,85	1,00	4	0,17	-0,17	0,17	0,03
32	0			5,85	1,00	5	0,17	-0,17	0,17	0,03
33	0			5,85	1,00	6	0,17	-0,17	0,17	0,03
34	0			5,85	1,00	7	0,17	-0,17	0,17	0,03

35	1	5,78	1,00	1	0,17	0,83	0,83	0,69
36	0	5,78	1,00	2	0,17	-0,17	0,17	0,03
37	-	Pronóstico nueva semana:			0,17	-	-	-
					Totales	0,96	4,02	2,33
						Alpha	0,01	
						MAD	0,3354	
						ECM	0,1948	

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Figura 18

Diagrama del pronóstico SBJ



Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Se procede a realizar una comparación de los resultados obtenidos según cada método de cálculo del pronóstico, considerando que se tiene una demanda errática, el método que presenta el menor error cuadrático ECM, es el que se acopla mejor al tipo de demanda que se tiene, los resultados se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22

Comparación de métodos de pronóstico

Método de pronóstico	MAD	ECM
SBS	0,3490	0,2035
<u>CROSTON</u>	<u>0,3350</u>	<u>0,1945</u>
SBA	0,3350	0,1947
SBJ	0,3354	0,1948

Nota. Elección del método con menor ECM. Fuente: Elaboración Propia.

Según lo revisado se define que el pronóstico que tiene el ECM más bajo es el método de Croston, que según la literatura revisada es el que más se acopla cuando se tienen demandas erráticas.

4.7 SELECCIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN INVENTARIO DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS

Como se indicó en el punto anterior es necesario definir el modelo de gestión de inventarios que resulte mejor para la organización. Este análisis se basa en dos factores que son los más representativos en este instante en la empresa, el primero hace referencia a la facilidad de revisión y su manejo dentro de la empresa, ya que al ser una empresa pequeña no cuenta con software sofisticados de planificación, ni con el personal que pueda realizar análisis complejos, la segunda es referente al costo total de los inventarios en los que la empresa incurre, con las prácticas actuales, es así que se busca disminuir esta inversión sin caer en la falta de stock.

4.7.1 PARÁMETROS DEL MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIO

Para el desarrollo del modelo de inventario se deben definir variables que serán las bases del proceso, dentro de estas están el punto de reorden, stock máximo y mínimo, stock de seguridad y cantidades a pedir, entre otras. Para encontrar estas variables es necesario establecer algunos supuestos que en base al estado actual de la empresa y las experiencias de los empleados se pueden dilucidar.

Tiempo de Reposición: Para definir este parámetro, se revisó con la coordinadora de abastecimiento el tiempo de reposición o lead time, que manejan los proveedores en base a su ubicación física que puede ser Italia, Estados Unidos o Chile, el tiempo que les toma preparar los pedidos y el tiempo interno de la empresa en realizar las cotizaciones y generar el pago respectivo, es también importante señalar que al tratarse de repuestos importados todo se maneja vía aérea. Con estos antecedentes se definen los tiempos de lead time por cada repuesto importado.

Valor unitario del Repuesto: Los valores de los repuestos fueron proporcionados directamente por la empresa y fueron extraídos del sistema ASSIST.

Demanda promedio y ECM: Estos valores fueron obtenidos del sistema de pronóstico realizado anteriormente.

Costo de mantenimiento del inventario: Este costo está representado por el costo del espacio utilizado, costo de almacenamiento, costos de capital, costos de seguros e impuestos; pero, según la literatura revisada estos costos no son muy sencillos de encontrar, esto lo identificó Vidal (2010) y planteó una tabla para definir la relación entre ellos y poder sacar la referencia del porcentaje que tienen dentro del mantenimiento del inventario.

Figura 19

Componentes del costo de mantenimiento del inventario.

COMPONENTE DEL COSTO	PORCENTAJE DEL TOTAL
Interés y costos de oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación	14.00
Almacenamiento y manejo	3.25
Impuestos	0.50
Seguros	0.25
TOTAL	100.00%

Nota. Fuente: Vidal 2010.

Para el caso de la empresa es complicado determinar con exactitud este valor ya que no cuenta con un historial adecuado de todos los costos involucrados, además el área de bodega de mantenimiento es sumamente pequeña comparada con la dimensión de la empresa, es por esto que se revisa con el gerente financiero el cual da un valor aproximado del costo de mantenimiento que sería del 20%, este valor se tomara para nuestro análisis.

Costo de ordenamiento: Para este costo se deben tener presente varios costos adicionales que ingresan desde el procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Para nuestro análisis se solicita este valor a la coordinadora de importaciones para la evaluación completa, de donde se obtiene el valor de \$188 USD.

Costo de faltante: Se revisó dentro de la empresa este valor y se evidencia que no tienen registros claros de cuál es el costo por este parámetro, al no tener una claridad en el tema y para que no afecte el cálculo general se va a despreciar para el análisis.

Nivel de servicio: Para la empresa en este instante considera que el nivel de servicio es alto ya que se necesita tener la disponibilidad de repuestos para mantener operativa la empresa, por lo que se decide manejar un nivel de servicio del 95% para los repuestos de clasificación A y del 90% para los repuestos de clasificación B esto en base a la clasificación ABC manejada anteriormente.

4.7.2 PROPUESTA DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS

Para identificar la mejor propuesta de la gestión del inventario se realizan algunas consideraciones sobre los diferentes tipos de sistemas, así se tiene que para los sistemas (s,S) y (R,s,S) según como lo manifiesta Vidal (2010), existe un alto requerimiento computacional para determinar la mejor combinación de parámetros del sistema y por ende no justifica su aplicación para ítems de clase B y en algunos casos ni para los ítems A. Como se indicó anteriormente en la empresa no existe personal ni un software que apoye en estos tipos de análisis por lo cual estos sistemas se descartan. Para este estudio se define el análisis de dos tipos de sistema: el Sistema de control continuo (s,Q) y el sistema de control periódico (R,S) .

Como se ha venido realizando la estructura del documento se va a realizar el cálculo para un repuesto R-FIL-103 MOTOREDUCTOR MEZCLADOR, así se entenderá el proceso del desarrollo, luego el análisis se replicará para los seis repuestos escogidos para su análisis general.

Sistema de revisión continuo (s,Q) . Para este sistema de revisión continua en cuanto el inventario llega al nivel de reorden s , se tiene que emitir un pedido por la cantidad Q . Según como le realiza Vidal (2010) se tiene fórmulas para todos estos cálculos, las cuales se van a desarrollar a continuación:

Determinar el tamaño de pedido Q ,

$$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2 * A * D}{v * r}} = 2,80 \approx 3 \text{ unidades} \quad (11)$$

Donde,

- $A =$ Costo de ordenamiento.
- $D =$ Demanda pronosticada.
- $v =$ Valor unitario del ítem.
- $r =$ Costo anual de llevar el inventario.

Se calcula el factor de seguridad k ,

$$\sigma_L = \sigma_1 * \sqrt{L} = 0,456 \text{ unidades} \quad (12)$$

$$G_u(k) = \frac{Q}{\hat{\sigma}_L} (1 - P_2) = 0,306 \quad (13)$$

Donde,

- $\sigma_L =$ Desviación estándar de los errores de los pronósticos sobre el tiempo L
- $\sigma_1 =$ Desviación estándar de los errores del pronóstico
- $L =$ Tiempo de reposición en años
- $G_u(k) =$ Funcion especial de la distribución normal.

Vidal (2010) en el apéndice A tiene tabulado los valores para la función $G_u(k)$, en la cual para un valor de 0,0306 se tiene un $k = 0.2$, de aquí se calcula la demanda estimada durante el tiempo de reposición \hat{x}_L ,

$$\hat{x}_L = D * L = 3,06 \text{ unidades} \quad (14)$$

El punto de reorden viene dado entonces por,

$$s = \hat{x}_L + SS = \hat{x}_L + k * \sigma_L = 3,15 \approx 3 \text{ unidades} \quad (15)$$

Así se define que en el sistema de inventario (s,Q) se debe ordenar $Q = 3$ unidades tan pronto el nivel de inventario efectivo alcance un valor $s = 3$ unidades, con esta política se logra satisfacer los pedidos del cliente del inventario a la mano en un 95% de las veces.

Para comparar los diferentes métodos de gestión de inventario, se va a utilizar el costo total relevante anual (CTR), este parámetro considera varios costos dentro de su cálculo, lo que da claridad para elegir el método que mejor se acople a la empresa. Vidal (2010) indica la fórmula de cálculo.

$$CTR = \frac{A * D}{Q} + \left(\frac{Q}{2} + k * \sigma_L \right) * v * r = 953,21 \text{ \$/año} \quad (16)$$

Este mismo análisis se realiza para los seis repuestos que están sirviendo de ejemplo de la metodología de estudio, se compara el Costo total relevante (CTR) con su equivalente en el otro sistema de pronóstico.

Tabla 23

Parámetros con Sistema (s,Q) Repuestos tipo A

Concepto		R-FIL-103	R-GNI-100	R-EKO-100
Nivel de servicio deseado	P2	0,95	0,95	0,95
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 490,81	\$ 96,00	\$ 1.095,00
Demanda Pronosticada	D	0,17	0,20	0,34
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	2,80	6,88	2,65
Tiempo de reposición	L	1,50	1,50	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	0,44	0,30	1,11
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	0,54	0,37	1,35
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,26	0,94	0,10
Factor de seguridad	k	0,32	0,00	0,92
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición L	$\hat{x}L$	3,08	3,63	6,13
Punto de reorden	s	3,25	3,63	7,37
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 959,46	\$ 393,83	\$ 1.414,87

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24

Parámetros con Sistema (s,Q) Repuestos tipo B

Concepto		R-CEN-102	R-GNI-101	R-SLL-100
Nivel de servicio deseado	P ₂	0,90	0,90	0,90
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 120,07	\$ 135,00	\$ 142,23
Demanda Pronosticada	D	0,09	0,08	0,18
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	4,13	3,75	5,37
Tiempo de reposición	L	2,80	1,50	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ ₁	0,09	0,28	0,18
Desviación estándar de los errores de Pronóstico de la demanda total	σ _L	0,15	0,34	0,22
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	2,72	1,11	2,41
Factor de seguridad	k	0,00	0,00	0,00
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición L	x̂ _L	3,05	1,51	3,27
Punto de reorden	s	3,05	1,51	3,27
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 595,49	\$ 652,76	\$ 496,47

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Sistema de revisión periódico (R,S). Para este sistema de revisión periódica, el inventario se revisa cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. Según como le realiza Vidal (2010) se tiene fórmulas para todos estos cálculos, las cuales se van a desarrollar a continuación:

Se determina el tiempo de reposición R,

$$R = \frac{Q}{D} = 0.233 \text{ años} \approx 2.8 \text{ meses} \approx 11 \text{ semanas} \quad (17)$$

Ahora, se calcula la desviación estándar estimada de los errores de pronóstico sobre un intervalo igual a $R+L$.

$$\hat{\sigma}_{R+L} = \hat{\sigma}_1 * \sqrt{R + L} = 0.77 \text{ unidades} \quad (18)$$

Se calcula la demanda pronosticada sobre un intervalo de tiempo igual a $R + L$.

$$\hat{x}_{R+L} = D * (R + L) = 0.73 \text{ unidades} \quad (19)$$

Se calcula el valor de la función $G_u(k)$:

$$G_u(k) = \frac{D * R}{\hat{\sigma}_{R+L}} * (1 - P_2) = 0.0307 \quad (20)$$

Vidal (2010) en el apéndice A tiene tabulado los valores para la función $G_u(k)$, en la cual para un valor de 0,0307 se tiene un $k = 1.48$, de aquí se calcula el valor máximo de inventario S donde se tiene:

$$S = \hat{x}_{R+L} + k * \hat{\sigma}_{R+L} = 1.87 \approx 2 \text{ unidades} \quad (21)$$

Se define que en el sistema de revisión periódica (R,S) se va a realizar el inventario cada $R = 11$ semanas y se debe ordenar una cantidad igual a 2 unidades menos el inventario efectivo al momento de la revisión. Con este método se obtiene un nivel de servicio aproximado de $P_2 = 95\%$ de las veces.

De igual manera que en el sistema de revisión anterior se va a utilizar el Costo total relevante anual (CTR) para definir el sistema que más conviene, Vidal (2010) indica la fórmula de cálculo como se indica.

$$CTR_2 = \frac{A}{R} + \left(\frac{DR}{2} + k * \sigma_{R+L} \right) * v * r = 942,54 \text{ \$/año} \quad (22)$$

Este mismo análisis se realiza para los seis repuestos que están sirviendo de ejemplo de la metodología de estudio, se compara el Costo total relevante (CTR) con su equivalente

Tabla 25

Parámetros con Sistema (R,S) Repuestos tipo A

Concepto		R-FIL-103	R-GNI-100	R-EKO-100
Nivel de servicio deseado	P_2	0,95	0,95	0,95
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 490,81	\$ 96,00	\$ 1.095,00
Demanda Pronosticada	D	0,17	0,20	0,34
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	2,80	6,88	2,65
Tiempo de reposición	L	1,50	1,50	1,50
Intervalo de revisión	R	0,23	0,57	0,22
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,58	0,43	1,45
Función especial de la distribución normal N	$G_u(k)$	0,04	0,16	0,03
Factor de seguridad	k	1,34	0,63	1,46
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\hat{x}_L	0,74	2,07	0,59
Valor máximo de inventario	S	1,51	2,35	2,70
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 904,83	\$ 346,31	\$ 1.414,60

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26

Parámetros con Sistema (R,S) Repuestos tipo B

Concepto		R-CEN-102	R-GNI-101	R-SLL-100
Nivel de servicio deseado	P_2	0,90	0,90	0,90
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 120,07	\$ 135,00	\$ 142,23
Demanda Pronosticada	D	0,09	0,08	0,18
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	4,13	3,75	5,37
Tiempo de reposición	L	2,80	1,50	1,50
Intervalo de revisión	R	0,34	0,31	0,45
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,16	0,37	0,25
Función especial de la distribución normal N	$G_u(k)$	0,23	0,08	0,38

Factor de seguridad	k	0,39	0,99	0,03
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\hat{x}_{L}	0,29	0,15	0,35
Valor máximo de inventario	S	0,35	0,52	0,36
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 551,88	\$ 616,38	\$ 434,20

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el desarrollo de este capítulo se presentarán los resultados obtenidos producto de la nueva propuesta de gestión de inventarios de repuestos importados en la empresa La Toscana según los datos e información levantada conjuntamente con personal de la empresa.

5.1 RESULTADO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN EN LA GESTIÓN DEL INVENTARIO

Con el nuevo levantamiento de repuestos importados para las máquinas de la empresa La Toscana se reduce en un 64% la administración de los repuestos importados y se concentra la revisión en los ítems tipo A y B los cuales generan un riesgo potencial de daño en las máquinas.

Tabla 27

Cantidad de repuestos a administrar

	Estado Actual SKU	Propuesta SKU	Reducción
Administración de repuestos	138	49	64%

Nota. Reducción en la cantidad de repuestos que se van a administrar. Fuente: Elaboración Propia.

Con la clasificación ABC multicriterio se logró invertir el porcentaje de repartición de los costos por repuesto, del 49% en 88 SKU obsoletos al 54% en 15 SKU priorizados como tipo A. Adicional vale la pena resaltar que al ser una clasificación multicriterio ABC no se va a tener sesgado todos los valores en la clasificación A, es decir el 80% del costo no se concentra en la familia A, sino que se distribuye en otros porcentajes dentro del análisis. estos valores se pueden revisar en la Tabla 28.

Tabla 28

Análisis de costos por repuestos

Estado Actual				Propuesta			
Clasificación	SKU	Costo por repuesto	%	Grupo	SKU	Costo por repuesto	% Costo
Rotación	30	\$15.690,63	36%	A	15	\$27.937,84	54%
Sin movimiento	20	\$6.390,19	15%	B	34	\$18.679,93	36%
Obsoletos	88	\$21.432,27	49%	C	133	\$4.693,20	9%
Total:	138	\$43.513,09	100%	TOTAL:	182	\$51.310,97	100%

Nota. Comparación de los costos por repuestos. Fuente: Elaboración Propia.

Con el nuevo método de codificación de los repuestos se logra incrementar en un 90% la identificación de los mismos, ya que se cuenta con una descripción clara, proveedor, máquina a la que pertenece, ubicación y destino de los repuestos, ya que dentro del código se especifica a que máquina pertenece y así mismo se cargan datos adicionales en el sistema ASSIST para poder generar reportes posteriores.

Figura 20

Cuadro de creación de códigos

Código:	Alternativo	Producto:	Nombre Prod. Prov.	Envase:	Unidad Medida:	Tipo de Producto:	Stock Mínimo	Stock Máximo	FECHA
R-LLE-100	AC20701AO	EJE DE ACCIONAMIENTO GRIFO	BERTOLASO	LLENADORA AUTÓMATICA	UN	IMP	2	2	20/sep/2023
R-LLE-101	AC00116AO	RESORTE ACCIONAMIENTO GRIFO	BERTOLASO	LLENADORA AUTÓMATICA	UN	IMP	2	2	20/sep/2023
R-LLE-102	AC04799AO	BASE DE RESORTE	BERTOLASO	LLENADORA AUTÓMATICA	UN	IMP	0	0	20/sep/2023
R-LLE-103	EB65480OO	BUJE/ARANDELA DE GIRO GRIFO	BERTOLASO	LLENADORA AUTÓMATICA	UN	IMP	0	0	20/sep/2023
R-LLE-104	EB65456OO	BUJE DE GIRO	BERTOLASO	LLENADORA AUTÓMATICA	UN	IMP	2	2	20/sep/2023

Nota. Formato para creación de códigos. Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 29 se evidencia que el 85% de los requerimientos en la demanda de los 3 últimos años se concentran en las dos familias A y B, por lo cual si se concentra el esfuerzo en administrar de la mejor manera estos repuestos se tendrá un 85% de seguridad en el abastecimiento de repuestos.

Tabla 29*Clasificación ABC vs demanda repuestos*

Grupo	SKU	%SKU	# Requerimiento en demanda	% Requerimiento en demanda
A	15	20%	49	29%
B	34	30%	95	56%
C	133	50%	27	16%
TOTAL:	182	100%	171	100%

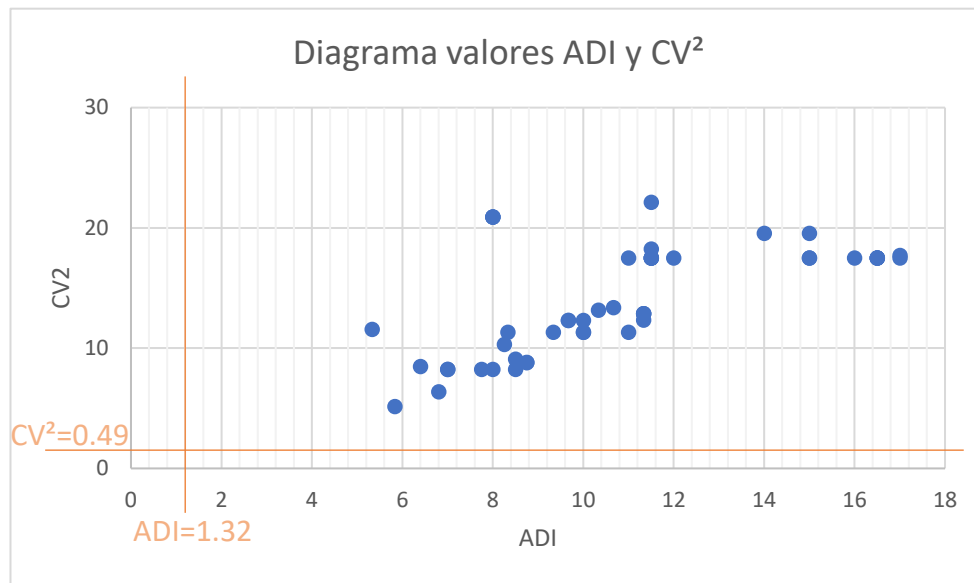
Nota. Comparación repuestos vs demanda de años anteriores. Fuente: Elaboración Propia.

5.2 RESULTADO DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO DE PLANIFICACIÓN

Se realizó la evaluación de los repuestos tipo A y B para definir el grado de intermitencia y por ende el tipo de demanda, de esto se obtuvo que el 100% de los repuestos están dentro de esta clasificación intermitente y errática (ii), por lo cual el método de planificación que se eligió servirá para el análisis de todos los repuestos.

Figura 21

Valores CV2 y ADI para repuestos AB



Nota. Ubicación de patrón de la demanda. Fuente: Elaboración Propia.

Al revisar la Tabla 30, se puede evidenciar que el método de planificación Croston presenta el menor error ECM en la muestra de seis repuestos, sin embargo, también se define que los valores de los errores son bajos en todos los casos, esto es debido al tipo de demanda errática que tienen los repuestos y sobre todo considerando la gran cantidad de demanda con valores nulos que se presentan. Se podría definir en esta etapa que el método de planificación que se utilice no va a afectar significativamente el proceso de planificación, por lo cual, se debe enfocar en identificar claramente el método de gestión de inventarios, que será el que defina la planificación de los repuestos.

Tabla 30

Resultado del pronóstico en repuestos ejemplo de metodología.

Código	Descripción	ECM			
		SBS	CROSTON	SBA	SBJ
R-FIL-103	MOTOREDUCTOR MEZCLADOR	0,20345	<u>0,19453</u>	0,19467	0,19483

R-GNI-100	SENSOR PUREZA DE FILTRADO	0,09429	<u>0,09032</u>	0,09031	0,09056
R-EKO-100	TARJETA ELECTRÓNICA A40M/CE GIRO BASES	1,23593	<u>1,2238</u>	1,22379	1,22382
R-CEN-102	ORING CUADRADO BASE PLATO	0,00883	<u>0,00826</u>	0,0084	0,00847
R-GNI-101	BULBO DE SALIDA NITRÓGENO	0,07649	<u>0,0764</u>	0,07644	0,07642
R-SLL-100	EJE TELESCÓPICO GIRO BANDA	0,03532	<u>0,03306</u>	0,03329	0,03339

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

5.3 ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DEL MÉTODO DE GESTIÓN DE INVENTARIO DE LOS REPUESTOS IMPORTADOS

Se procede a analizar en la Tabla 31 el valor del costo total relevante (CTR) para ambos sistemas evaluados (s,Q) y (R,S), considerando el nivel de servicio P1 = 95% para los tipos A y P1 = 90% para los tipos B. De acuerdo a la Tabla 31 se puede observar que la política con la que se obtiene un valor más bajo de costo total relevante (CTR) es la revisión periódica (R,S) para todos los repuestos, se analiza la diferencia de costos entre ambas propuestas donde en un inicio se evidencia un ahorro de \$ 244,69 USD dentro de los seis repuestos analizados, lo que representa el 5.42% al elegir este sistema de revisión. Por lo tanto, se recomienda el sistema (R,S) como la mejor opción para el resto de los repuestos.

Tabla 31*Costo total relevante CTR por tipo de sistema*

Repuesto	Sistema (s,Q)	Sistema (R,S)	Reducción
R-FIL-103	\$ 959,46	\$ 904,83	5,69%
R-GNI-100	\$ 393,83	\$ 346,31	12,07%
R-EKO-100	\$ 1.414,87	\$ 1.414,60	0,02%
R-CEN-102	\$ 595,49	\$ 551,88	7,32%
R-GNI-101	\$ 652,76	\$ 616,38	5,57%
R-SLL-100	\$ 496,47	\$ 434,20	12,54%
Total:	\$ 4.512,88	\$ 4.268,20	5,42% (\$ 224,69)

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

6. CONCLUSIONES

Se diagnosticó la situación actual del proceso de planificación de los inventarios en la bodega de mantenimiento, encontrando que la empresa no tiene un sistema de planificación establecido, esto ha generado que a través de los años se cree un inventario de repuestos obsoletos de \$21.432,27USD, con este antecedente se levantó información para poder identificar los repuestos de las máquinas, mejorar la codificación de los repuestos y se desarrolló un sistema de clasificación multicriterio ABC para los mismos, esto resultó relevante en el trabajo presentado ya que no solo se consideró un parámetro, sino la intervención de diferentes parámetros como costo, criticidad, tiempo de reposición entre otros, que en la ejecución formaron una estructura fuerte de selección de repuestos, obteniendo resultados satisfactorios, que se expresaron en el capítulo anterior.

Se propuso un nuevo método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento, para el mismo se identificó que los repuestos tienen un tipo de demanda errática e intermitente, así se valoró el método que presentó los menores valores de error ECM y se concluyó que el método Croston es la mejor alternativa para el levantamiento del pronóstico en la empresa, hay que considerar que en la evaluación realizada todos los repuestos están dentro de este tipo de demanda, lo que hace que el método Croston se aplique a todo el análisis.

Se analizó técnicamente y económicamente la factibilidad de implementación del método de planificación de gestión de inventario de repuestos importados en la bodega de mantenimiento, evaluando mediante simulación las dos metodologías, la primera fue de sistema continuo (s,Q) y la otra del sistema periódico (R,S), en los dos casos se logró identificar características que definen políticas de inventarios claros; pero, al realizar el análisis económico se evidenció una variación en el costo total relevante (CTR) entre los dos sistemas de \$244,69 USD (según la muestra de estudio de seis repuestos), lo que sirvió para definir que el sistema periódico (R,S) brinda las

mejores características y políticas para la administración del inventario de repuestos en la empresa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnoletto, E. J. (2012). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. B - EUMED. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/51601>.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/172523>.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la producción*. Pearson Educación. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/74116>.
- Couto Corrêa, F. (2016). *Gestión de datos de investigación*. Editorial UOC. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/114200>.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos*. Ediciones Díaz de Santos. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/62608>.
- Drucker, P. F. (2014). *La gerencia de empresas*. Sudamericana.
- El Universo, (2013), *SAP llega con software ideado para empresas locales*: <https://www.eluniverso.com/2003/04/06/0001/9/DD807E817C8A4ACDB4B35A54C2AFA1B0.html>.
- Esper, T. L. A. Waller, M. y L. Esper, T. (2017). *Administración de inventarios*. Pearson Educación. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/38086>.
- Gajpal, Prem Prakash & Ganesh, L. S. & Rajendran, Chandrasekharan. (1994). Criticality analysis of spare parts using the analytic hierarchy process. Elsevier, vol. 35(1-3). <https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v35y1994i1-3>.
- García Garrido, S. (2004). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/53031>.
- García Sabater, J. P. (2004). *Gestión de stocks de demanda independiente*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/60582>.
- Ghobbar, AA y Friend, CH, 2002. " Fuentes de demanda intermitente de repuestos para aviones dentro de las operaciones de las aerolíneas ". Elsevier, vol. 8(4). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0969-6997\(01\)00054-0](https://doi.org/10.1016/S0969-6997(01)00054-0).

González Vallés, J. E. y Piñeiro Otero, T. (2018). *Diseños en la moderna investigación universitaria*. McGraw-Hill España.

<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/50341>

Guerrero Salas, H. (2009). *Inventarios: manejo y control*. Ecoe Ediciones.

<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/69078>.

Hanke, J., & Wichern, D. (2010). *Pronóstico en los Negocios*. Novena Edición. México: Prentice Hall.

Huiskonen, J. (2001). Logística de repuestos de mantenimiento: características especiales y elecciones estratégicas. *Revista Internacional de Economía de la Producción*, vol. 71 núm 1-3. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00112-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00112-2).

Kaya, G. O., Sahin, M., & Demirel, O. F. (2020). *Intermittent demand forecasting: a guideline for method selection*. Indian Academy of Sciences.

<https://doi.org/10.1007/s12046-020-1285-8S>.

Kennedy, WJ, Patterson, JW y Fredendall, LD (2002) *Una descripción general de la literatura reciente sobre inventarios de repuestos*. *Revista Internacional de Economía de la Producción*, 76.

[http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00174-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00174-8).

Martínez Mediano, C. (2014). *Técnicas e instrumentos de recogida y análisis de datos*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/48726>.

Molenaers, A. et al. (2012). Clasificación de criticidad de repuestos: un estudio de caso. *Revista Internacional de Economía de la Producción*, vol 140. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.013>.

Nahmias, S., Castellanos, A. T., Murrieta, J. E. M., Hernández, F. G., Nudiug, B., Juaárez, R. A., & Milanés, J. Y. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (Vol. 57). McGraw-Hill Interamericana. <http://hdl.handle.net/10819/5174>.

Navarro Elola, L. (2009). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.

<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/45905>.

Pacheco Bautista, F. A. (2019). *Módulo costos de producción*. Ediciones USTA.

<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/126085>.

Pontelli, D. y Gallará, I. (2020). *Mantenimiento industrial*. Jorge Sarmiento Editor -

Universitas. <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/172527>.

- Publishing, M. (2007). *Compras e inventarios*. Ediciones Díaz de Santos.
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/52926>.
- Roda, I., Macchi, M., & Fumagalli, L. (2014). *A review of multi-criteria classification of spare parts*. Valpara, Chile: Journal of Manufacturing Technology Management.
- Saaty, T. L. (1997). *Toma de decisiones para lideres*. University of Pittsburgh.
<https://books.google.com.ec/books?idUwSBAAQBAJ&lpg=PP1&hl=es&pg=PT66#v=onepage&q&f=false>
- Sabael, D. (2015). Una revision de los métodos de toma de decisiones de criterios múltiples para mejorar la entrega de mantenimiento. Procedimiento CIRP, vol 37.
DOI: <https://doi.org/10.1016/h.pro.cir.2015.08.086>.
- Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). México D. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
<http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Sepúlveda Atehortúa, L. Y. (2019). *Manual para la asignatura de costos: empresas de producción y servicios*. Corporación Universitaria Remington.
<https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/105647>.
- Syntetos, A.A. and Boylan, J.E., (2001). *International Journal of Production Economics*, 71(2), DOI: <https://doi.org/10.1037/h0026857>.
- Teixeira, C., Lopes, I., & Figueiredo, M. (2017). *Multi-criteria classification for spare parts management: a case study*. Portugal: Procedia Manufacturing. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.295>
- Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali, Colombia: Programa Editorial. <https://dokumen.tips/documents/fundamentos-de-gestion-de-inventarios-carlos-vidal-h-facultad-de-ing.html>.

8. ANEXOS

Anexo 1 Tabla de cálculos de los repuestos tipo A y B

Concepto	Código	R-FIL-103	R-GNI-100	R-EKO-100	R-EKO-101	R-EKO-102	R-EKO-111	R-EKO-112
	Descripción	A	A	A	A	A	A	A
Nivel de servicio deseado	P2	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 490,81	\$ 96,00	\$ 1.095,00	\$ 349,41	\$ 632,32	\$ 534,37	\$ 440,38
Demanda Pronosticada	D	0,17	0,20	0,34	0,25	0,14	0,10	0,14
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	2,80	6,88	2,65	4,04	2,27	2,01	2,72
Tiempo de reposición	L	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	0,44	0,30	1,11	0,56	0,28	0,10	0,28
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	0,54	0,37	1,35	0,68	0,35	0,12	0,35
Intervalo de revisión	R	0,23	0,57	0,22	0,34	0,19	0,17	0,23
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,58	0,43	1,45	0,76	0,37	0,12	0,37
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,04	0,16	0,03	0,07	0,04	0,08	0,05
Factor de seguridad	k	1,34	0,63	1,46	1,10	1,31	1,04	1,23
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\hat{x}_L	0,74	1,69	1,41	1,40	0,54	0,33	0,61
Valor máximo de inventario	S	1,51	1,96	3,53	2,23	1,02	0,46	1,06
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 904,83	\$ 346,31	\$ 1.414,60	\$ 652,47	\$ 1.076,58	\$ 1.148,96	\$ 887,86

Concepto	Código	R-EKO-113	R-CAP-107	R-CHR-106	R-CEN-104	R-EGO-100	R-EGO-101	R-CAP-103
	Descripción	A	A	A	A	A	A	A
Nivel de servicio deseado	P2	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 357,08	\$ 74,29	\$ 208,73	\$ 245,86	\$ 200,00	\$ 247,00	\$ 59,85
Demanda Pronosticada	D	0,25	0,37	0,16	0,09	0,40	0,16	0,28
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	3,99	10,55	4,17	2,89	6,74	3,82	10,20
Tiempo de reposición	L	1,50	2,00	2,00	2,80	2,37	2,37	2,00
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	0,32	0,59	0,37	0,09	0,60	0,55	1,11
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	0,40	0,83	0,53	0,15	0,92	0,85	1,57
Intervalo de revisión	R	0,33	0,88	0,35	0,24	0,56	0,32	0,85
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,44	1,00	0,57	0,16	1,03	0,91	1,87
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,11	0,19	0,06	0,08	0,13	0,03	0,08
Factor de seguridad	k	0,83	0,51	1,18	1,01	0,74	1,44	1,05
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	x'_L	1,38	4,60	0,99	0,52	3,67	0,99	3,37
Valor máximo de inventario	S	1,75	5,11	1,66	0,68	4,43	2,29	5,33
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 627,33	\$ 250,11	\$ 583,63	\$ 795,43	\$ 419,35	\$ 669,98	\$ 261,49

Concepto	Código Descripción	R-CAP-104	R-CEN-102	R-GNI-101	R-SLL-100	R-SEC-100	R-SEC-101	R-SEC-103
		A	B	B	B	B	B	B
Nivel de servicio deseado	P2	0,95	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 59,85	\$ 120,07	\$ 135,00	\$ 142,23	\$ 136,00	\$ 63,00	\$ 898,00
Demanda Pronosticada	D	0,28	0,09	0,08	0,18	0,15	0,15	0,13
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	10,20	4,13	3,75	5,37	5,01	7,36	1,78
Tiempo de reposición	L	2,00	2,80	1,50	1,50	1,53	1,53	1,53
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	1,11	0,09	0,28	0,18	0,28	0,28	0,28
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	1,57	0,15	0,34	0,22	0,35	0,35	0,35
Intervalo de revisión	R	0,85	0,34	0,31	0,45	0,42	0,61	0,15
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	1,87	0,16	0,37	0,25	0,40	0,42	0,36
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,08	0,23	0,08	0,38	0,19	0,27	0,06
Factor de seguridad	k	1,05	0,39	0,99	0,03	0,52	0,30	1,15
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\bar{x}_L	3,37	0,63	0,44	1,25	0,99	1,35	0,42
Valor máximo de inventario	S	5,33	0,69	0,81	1,26	1,20	1,47	0,84
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 261,49	\$ 551,88	\$ 615,97	\$ 434,20	\$ 466,27	\$ 315,10	\$ 1.362,60

Concepto	Código Descripción	R-EKO-122	R-EKO-125	R-BPI-101	R-BPI-104	R-BPI-105	R-LAV-107	R-GNI-102
		B	B	B	B	B	B	B
Nivel de servicio deseado	P2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 173,77	\$ 76,71	\$ 17,50	\$ 11,44	\$ 12,70	\$ 23,35	\$ 432,00
Demanda Pronosticada	D	0,23	0,18	0,27	0,27	0,27	1,10	0,25
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	5,43	7,31	18,80	23,26	22,07	32,53	3,63
Tiempo de reposición	L	1,50	1,50	1,80	1,80	1,80	2,17	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	0,23	0,18	0,56	0,56	0,56	1,76	0,32
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	0,28	0,22	0,76	0,76	0,76	2,59	0,40
Intervalo de revisión	R	0,45	0,61	1,57	1,94	1,84	1,36	0,30
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,32	0,26	1,03	1,09	1,07	3,31	0,43
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,39	0,50	0,50	0,59	0,56	0,54	0,21
Factor de seguridad	k	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\bar{x}_L	1,58	1,60	5,65	6,87	6,55	20,19	1,29
Valor máximo de inventario	S	1,58	1,60	5,65	6,87	6,55	20,19	1,49
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 436,99	\$ 318,71	\$ 129,00	\$ 104,30	\$ 109,89	\$ 180,30	\$ 678,74

Concepto	Código	R-EGO-103	R-EGO-114	R-LLE-101	R-LLE-108	R-LLE-111	R-LLE-112	R-LLE-114
	Descripción	B	B	B	B	B	B	B
Nivel de servicio deseado	P2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 325,00	\$ 251,20	\$ 2,57	\$ 0,87	\$ 12,36	\$ 0,35	\$ 3,84
Demanda Pronosticada	D	0,29	0,09	1,65	3,23	0,24	1,31	0,47
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	4,46	2,79	120,38	289,50	20,94	290,37	52,43
Tiempo de reposición	L	2,37	2,37	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	0,34	0,09	4,43	4,00	0,83	3,39	0,96
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	0,53	0,13	6,27	5,65	1,17	4,79	1,35
Intervalo de revisión	R	0,37	0,23	5,02	6,03	1,74	12,10	4,37
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	0,57	0,14	11,74	11,32	1,61	12,72	2,41
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,23	0,17	0,85	2,07	0,31	1,49	1,02
Factor de seguridad	k	0,41	0,58	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\bar{x}_L	1,96	0,45	102,58	240,39	5,51	192,52	25,47
Valor máximo de inventario	S	2,19	0,53	102,58	240,39	5,82	192,52	25,47
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 562,37	\$ 817,48	\$ 62,98	\$ 51,52	\$ 114,71	\$ 22,19	\$ 52,45

Concepto	Código	R-EGO-107	R-EGO-110	R-EKO-114	R-BPI-103	R-FIL-100	R-FIL-101	R-FIL-107
	Descripción	B	B	B	B	B	B	B
Nivel de servicio deseado	P2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 3,00	\$ 28,40	\$ 190,88	\$ 354,23	\$ 113,69	\$ 684,23	\$ 330,80
Demanda Pronosticada	D	1,69	0,43	0,25	0,34	0,90	0,22	0,15
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	112,89	18,45	5,46	4,62	13,36	2,72	3,21
Tiempo de reposición	L	2,37	2,37	1,50	1,80	1,50	1,50	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	3,73	0,43	0,32	0,37	2,76	0,56	0,28
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	5,74	0,66	0,40	0,50	3,39	0,68	0,35
Intervalo de revisión	R	4,70	1,54	0,45	0,39	1,11	0,23	0,27
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	9,91	0,85	0,45	0,55	4,47	0,73	0,38
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	0,96	0,93	0,30	0,28	0,27	0,08	0,13
Factor de seguridad	k	0,00	0,00	0,20	0,26	0,30	1,00	0,76
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\bar{x}_L	99,67	8,92	1,75	2,16	13,36	0,95	0,71
Valor máximo de inventario	S	99,67	8,92	1,84	2,30	14,70	1,68	1,00
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 68,67	\$ 144,73	\$ 443,15	\$ 553,11	\$ 335,92	\$ 971,37	\$ 737,45

Concepto	Código Descripción	R-LLE-119 B	R-LLE-120 B	R-LLE-121 B	R-LLE-124 B	R-EKO-117 B	R-FIL-104 B	R-FIL-109 B
Nivel de servicio deseado	P2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Costo de ordenamiento	A	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00	\$ 188,00
Costo de llevar el inventario	r	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Valor unitario	v	\$ 4,36	\$ 3,89	\$ 4,36	\$ 0,78	\$ 76,82	\$ 42,99	\$ 420,32
Demanda Pronosticada	D	1,87	3,73	1,87	2,44	0,25	0,30	1,00
Cantidad a ordenar en cada orden	Q	98,28	147,14	98,28	265,69	8,60	12,60	7,33
Tiempo de reposición	L	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50	1,50	1,50
Desviación estándar del pronóstico	σ_1	1,87	3,73	1,87	3,15	0,32	0,57	0,96
Desviación estándar de los errores de pronóstico de la demanda total	σ_L	2,64	5,28	2,64	4,45	0,40	0,70	1,17
Intervalo de revisión	R	4,09	3,07	4,09	7,38	0,72	1,05	0,61
Desviación estándar de la demanda sobre R +L	σ_{R+L}	4,61	8,40	4,61	9,64	0,48	0,91	1,39
Función especial de la distribución normal N	Gu (k)	1,99	1,63	1,99	2,24	0,45	0,42	0,53
Factor de seguridad	k	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Demanda esperada sobre el tiempo de reposición R+L	\bar{x}_L	95,46	144,80	95,46	221,03	2,54	4,27	8,83
Valor máximo de inventario	S	95,46	144,80	95,46	221,03	2,54	4,27	8,83
Costo total relevante Anual	CTR	\$ 85,90	\$ 114,75	\$ 85,90	\$ 42,33	\$ 278,94	\$ 195,43	\$ 615,87