



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales Matemáticas

*IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA WMS PARA EL DISEÑO
SISTEMATIZADO DE MANEJO DE INVENTARIO DE REVISIÓN
CONTINUA EN LA EMPRESA SUMIAB S.A.*

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero(a) en Logística y Transporte

Presentado por:

Javier Andrés Andrade Bowen

David José Robles Villalva

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

PAO I

DEDICATORIA

Dedicado a mis abuelos José e Isabel que en paz descansen, quienes me apoyaron en todos los aspectos de mi vida e influyeron totalmente en la persona que soy actualmente. A mi madre Marlene quien ha sido el motivo principal para seguir adelante y siempre me ha brindado palabras de aliento. A mi tía Paola que con sus consejos, apoyo y guía me supo direccionar hacia mis objetivos. Y a mis primos Juan y Melissa con quienes es un placer crecer junto a ellos.

DAVID R.

Dedicado a mis padres y hermanas, las cuales me han apoyado a lo largo de mi carrera y en temas personales. A su vez a mis tíos los cuales me han guiado a lo largo de mi vida. Por ultimo a mis abuelos los cuales con su amor lograron motivarme y continuar con las ganas de seguir estudiando.

JAVIER A.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres los cuales son responsables de mi crecimiento tanto como persona como profesional. A su vez a mis hermanas a las cuales les compartí mis inquietudes y nunca negaron su ayuda. Y por último a mis compañeros de carrera con los cuales compartimos conocimientos y nunca nos negamos ayuda.

JAVIER A.

A Dios por darme la vida, brindarme momentos buenos y de aprendizaje que marcaron etapas en mi vida, además por darme las fuerzas para persistir y terminar la carrera. A mi familia por su apoyo tanto moral como económico a lo largo de mis estudios y de toda mi vida. Y a todas las personas, amigos y desconocidos que me han brindado su apoyo y contribuyeron de alguna forma para ser la persona que soy.

DAVID R.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; DAVID JOSÉ ROBLES VILLALVA y JAVIER ANDRÉS ANDRADE BOWEN, damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



**DAVID JOSÉ ROBLES
VILLALVA**



**JAVIER ANDRÉS ANDRADE
BOWEN**

EVALUADORES

.....
MSC. CARLOS ALFREDO RONQUILLO

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
PHD. FERNANDO SANDOYA

PROFESOR TUTOR

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 8 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 9 |
| 1.3 OBJETIVOS..... | 10 |
| 1.3.1 Objetivo general: | 10 |
| 1.3.1 Objetivos específicos | 10 |
| 1.4 MARCO TEÓRICO | 11 |
| 1.4.1 Antecedentes..... | 11 |
| 1.4.2 Generación y regulación de la base de datos | 13 |
| 1.4.3 Codificación y clasificación del producto | 14 |
| Clasificación de productos | 14 |
| 1.4.4 Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC..... | 15 |
| 1.4.5 Análisis del inventario físico vs inventario reportado por el sistema..... | 16 |
| 1.4.6 Indicadores de Gestión | 16 |
| 1.4.7 Modelo EOQ..... | 17 |
| 1.4.8 Modelo de Revisión continua..... | 20 |
| 1.4.9 Sistema de Pronóstico | 22 |
| 1.4.8 Sistemas para la gestión de inventario WMS | 24 |
| CAPÍTULO 2..... | 25 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 2.1 Técnicas de investigación | 25 |
| 2.1.2 Levantamiento de información | 25 |
| 2.2 RECOPIACIÓN DE DATOS | 27 |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS | 34 |
| 2.4 USO DE SOFTWARE..... | 41 |
| 2.5 CONSIDERACIONES LEGALES Y ÉTICAS | 44 |
| 2.6 FASES DEL PROYECTO..... | 45 |
| 2.7 CRONOGRAMA DE TRABAJO | 46 |
| CAPITULO 3..... | 47 |
| 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS | 47 |
| 3.1 Análisis de los modelos de proyección | 47 |
| 3.2 Análisis de las demandas | 48 |
| 3.3 Análisis de costos | 49 |
| 3.4 Aplicación de modelo EOQ | 50 |
| 3.5 Prototipo..... | 57 |
| 3.6 Análisis Comparativo | 61 |

| | |
|---------------------------|----|
| 4.1 CONCLUSIONES..... | 67 |
| 4.2 RECOMENDACIONES | 68 |
| 5. BIBLIOGRAFIA | 69 |

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las empresas gran parte de las actividades operativas deben enfocarse en el inventario. Siendo el inventario las existencias físicas de producto que las empresas tienen almacenadas dentro de las bodegas para su uso, consumo o venta, cabe recalcar que hay que darle la importancia necesaria debido a que un buen manejo de inventario permitirá a la empresa generar utilidades más altas al finalizar un periodo.

No importa el tipo de negocio que se maneje, ya sea pequeña, mediana o gran empresa, todas de alguna forma llevarán un control de inventario de los productos que comercializan. Ya que el almacenaje estos permiten cubrir las necesidades de los clientes de forma rápida y eficaz, las políticas de inventario son sumamente necesarias para poder tener la capacidad de generar ingresos y egresos de mercadería de forma correcta. Esto permitirá reducir daños, faltantes y confusiones en un futuro.

La transformación digital es una tarea que las pequeñas empresas en el Ecuador no se han enfocado en la actualidad. Un buen manejo de datos, es decir utilizar las herramientas que permitan tener datos ordenados y reales para una eficiente gestión de inventarios genera una ventaja competitiva ante los demás, ya que se puede lograr entender si existen faltantes o si hay errores al momento de almacenar, entre otras ventajas.

Expuestos los puntos anteriores, el siguiente proyecto desea brindar a las pequeñas y medianas empresas un sistema el cual les permita, ordenar, digitalizar y proyectar su inventario en un período determinado de manera automática. Es clave regularizar y auditar el sistema que actualmente se maneja, esto permitirá realizar proyecciones de compra y saber cuánto y cuando ordenar, además de optimizar el costo que nos representa tener productos en inventarios.

De esta forma se logra brindar un buen sistema de inventario sustentado con un programa WMS, el cual permita administrar de forma eficaz nuestra bodega y a la

administración de finanzas les ayude a tener un mejor manejo de proyecciones de compras y ventas.

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El inventario de una empresa es el activo más importante y representa una parte esencial tanto para las finanzas de esta misma como para el nivel de servicio al cliente. Con un inventario alto se puede mantener un buen nivel de servicio, pero puede costar en la parte del almacenamiento, en cambio sí se maneja un inventario bajo, puede costar menos en la parte de almacenamiento, pero se puede tener un bajo nivel de servicio. La idea es encontrar el equilibrio tanto para el nivel de servicio a los clientes como en los costos de la empresa relacionados con el inventario y esto se realiza mediante una buena gestión en la política de inventarios. Por otro lado, una buena gestión del inventario es sensible a las estrategias de abastecimiento, y en la empresa en cuestión los dos procesos, gestión de inventario y abastecimiento, son susceptibles de mejora.

Actualmente en la empresa SUMIAB S.A no se tiene un control de ingresos y egresos de material a la bodega. Ellos cuentan con un sistema llamado AZUR en la cual tienen registrados los materiales que en algún momento ingresaron a la bodega, pero al comparar estos materiales en el sistema con los físicos no se tiene un cuadro. Además, no existen análisis de niveles de inventario o alguna política para optimizar los recursos y ahorrar tiempo, no hay un análisis de rotación de inventario ni tampoco de indicadores. No se cuenta con un sistema de ubicaciones dependiendo del material por lo que se pierde mucho tiempo buscando los materiales, ya que como es una ferretería industrial se maneja una diversidad de productos. En logística se dice que un proceso es estable cuando es repetitivo como lo dice la primera condición de estabilidad (Universidad De Murcia, 2003), por lo que establecer políticas claras y bien definidas nos ayudará a mejorar en todos los aspectos a la empresa.

Para la mejora de estos procesos que permita lograr una sincronía de la gestión de inventarios y el abastecimiento es necesario implementar métodos de planificación eficientes. Además, realizar correctas proyecciones las cuales permitirán hacer un análisis de los productos con mayor rotación y de esta manera disminuir las compras de emergencia.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La buena gestión de los procesos internos y una buena política de inventario ponen un rasgo característico del nivel de servicio de una empresa. En el Ecuador, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) generan gran cantidad de empleos ya sea directos e indirectos, la gran mayoría de estas empresas no están conscientes del gasto recurrente que influye al no tener una cadena de suministro y procesos bien definida. Se trata de evitar caer en este ciclo de llevar los procesos empíricamente sin ningún tipo de metodología de respaldo y así mismo reducir costos llevando un control exhaustivo del inventario.

Es por esto que se desea implementar un proceso bien definido mediante una política de inventario respaldada de un sistema WMS para poder automatizar ciertos procesos, llevando así el control total y tratar de medir lo que antes se desconocía o no se llevaba a cabo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general:

- Diseñar una política para la gestión óptima del inventario, sustentada con un sistema Warehouse Management system (WMS), el cual permita organizar eficientemente la bodega y reducir costos de inventario.

1.3.1 Objetivos específicos

- Plantear mejoras al proceso de recepción y despacho de mercadería para una eficiente gestión del aprovisionamiento.
- Realizar proyecciones de la demanda y un análisis de rotación del inventario que permitan a la gerencia de la empresa mejorar la toma de decisiones para la planificación mensual de compras.
- Identificar el modelo más adecuado de gestión de inventario basado en WMS para un inventario bajo revisión continua, que es la característica de la empresa analizada.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Antecedentes

Las investigaciones realizadas referente a los temas logísticos abren un paradigma acerca de cómo abordar ciertas situaciones reales en las empresas y algunos criterios utilizados para poder resolverlos. La investigación de operaciones toma fuerza en empresas del Ecuador y apoyadas en trabajos realizados se optimiza recursos como lo describe el trabajo investigativo de Toledo (Toledo et al., 2019) en la cual se hace una revisión de modelo de inventario en una empresa de repuestos, se analiza cual es el mejor modelo dependiendo del material que se comercializa, el modelo revisión continua (s,Q) , (S,s) y de revisión periódica (R,s,S) , (R,s) . En ella destaca la importancia de cada uno de los modelos y porqué la elección de cada uno de estos nos relata que se eligió el sistema (S,s) la cual se ordena una cierta cantidad pedido hasta que el nivel de inventario efectivo llegue hasta S . En este ensayo se realiza una clasificación ABC de los materiales dependiendo de la representación de las ventas por cada material. Como la demanda es probabilística en la mayoría de los casos de la vida real, se tiene que elegir el mejor modelo de proyección, en este caso suavización exponencial. Además, se realiza el cálculo del stock de seguridad para prevenir futuros siniestros y casos fortuitos de quedarse sin stock por cualquier emergencia. Se concluyó que el nivel de servicio al cliente aumentó del 70% al 97,5% y que la política de inventario en sectores agroindustriales en su mayoría utiliza una política de revisión continua (s,S) ya que minimizaba el costo total comparado con otras políticas y daba un paradigma muy amplio a la revisión de inventario de repuestos ya que afirmaba que en este sector agrícola azucarero la falta de repuesto de la maquinaria puede causar pérdidas de hasta \$1.152.000.000 dólares con paros de hasta 2 meses. Esto genera una idea del impacto logístico en la rentabilidad de ciertas empresas y la forma de gestionar y planificar los procesos.

Por otro lado, según Ayala (Desmond & Ayala, 2017) en su investigación señala que en las empresas pequeñas y medianas es más evidente las fallas logísticas ya que se prioriza la monetización rápida y no se toma en cuenta los procesos que se deben llevar a cabo para una correcta ejecución de los resultados para poder tener un crecimiento a largo y mediano plazo. Aplicando una metodología descriptiva donde se recabó

información y muestras de diferentes empresas pequeñas y medianas, Carlos Gonzales (González et al., 2013) realizó un diagnóstico para determinar que tanto el personal encargado tenía conocimiento de los costos logísticos y la necesidad de reducción de estos, este estudio reveló que el puntaje promedio de todas las compañías analizadas fue de un 25,78% , además muestra que la mayoría de las empresas tienen un puntaje de entre 0% y 30%, para este estudio se definió una escala en la cual las calificaciones superiores al 40% se consideran “confiables” y las menores se consideran “incipientes”, además para este estudio realizó un plan de mejoramiento logístico donde incluía el problema, la función, la meta a realizarse, un indicador y el cronograma para realizar sus actividades. El estudio duró aproximadamente dos años y se concluyó que hubo un desarrollo del 60% de madurez logística en las empresas analizadas, las empresas seleccionaron sus herramientas de trabajo (políticas de servicio al cliente, indicadores de gestión, política de compras, distribución en planta), reorganizaron sus costos logísticos y diseñaron un plan de mejora. Además, se detectó que la mayoría de los problemas de las empresas estaban en el stock, control de inventario, sobrante y faltante. Y se determinó que a partir de un buen diagnóstico e identificación de los problemas se mide los procesos por medio de indicadores donde las herramientas que se otorgaron ayudaron a la disminución de costos de la empresa y por ende a que compitan eficazmente en el mercado, es por esto que se quiere realizar hincapié a la capacitación en el personal en empresas pequeñas en este caso, concientizar a las personas involucradas que cada acción tiene un impacto a nivel de rentabilidad y poder optimizar recursos en cada etapa.

En otra propuesta realizada por John Sánchez (Sanchez et al., 2019) se analiza una política de inventario para una pequeña empresa ferretera donde primero se realiza un diagnóstico actual de la empresa, se establecen flujos de procesos para que todo quede estandarizado, posteriormente hacen la clasificación ABC de los artículos dependiendo de las ventas, luego utilizan modelos de predicción de la demanda donde tienen que decidir que modelos usarán dependiendo del menor “ECM” para cada material y dependiendo del mejor modelo de pronóstico, y finalmente proponen un modelo de revisión periódica y establecen cuanto y cuando comprar los materiales, hay que agregar que dependiendo de la variabilidad de la demanda se rotan los materiales. En este estudio se priorizaron los materiales de clasificación tipo A donde se permitió identificar la cantidad a pedir, se garantiza un mejor nivel de servicio al cliente en la parte de nivel

de respuesta a ellos y se disminuyen los costos ya que anteriormente se pedían materiales de forma empírica y esto repercute a los costos de almacenamiento y de falta de espacio dentro de la bodega, cabe recalcar que como son materiales de una vida útil muy larga no tienden a caducarse o dañarse con facilidad pero influye en otros costos como los mencionados anteriormente. Por lo tanto, en ese trabajo se elaboró la política de forma que la orden de compra se ajuste al tamaño real de la demanda.

1.4.2 Generación y regulación de la base de datos

Antes de la implementación de cualquier modelo para la optimización de un proceso, es importante considerar que el dato es el activo más valioso para la toma de decisiones, y por tanto como primer paso fundamental para cualquier tipo de análisis, necesitamos garantizar que los datos necesarios estén disponibles electrónicamente, con la calidad y cantidad adecuada, por ello la forma más usada para lograr este paso es tener los datos como información estructurada dentro de las denominadas bases de dato.

De esta manera, la generación y regulación de una base de datos ya creada o por crear es el primer paso fundamental antes de iniciar el análisis de los datos ya que a partir de aquí es donde se obtiene información real y es el punto de partida hacia dónde queremos llegar (Weisstaub, 2021). La construcción de esta base de datos es importante para mejorar la confiabilidad de los datos, es vital el almacenamiento y la limpieza de estos ya que son pasos que tienen que hacerse.

| | A | B | C | E | F | G | H | I | J |
|----|---------|-----------|----------|----------|---------------------------------------|-------------------|----------|------------------|---|
| 1 | USUARIO | FECHA | HORA | EAN | DESCRIPCION | UNIDADES EN STOCK | UNIDADES | UNIDADES TOTALES | |
| 2 | JERRY | 28/8/2021 | 15:41:32 | 15739677 | Cemento Contacto 1L | 400 UND. | | 400 | |
| 3 | JERRY | 29/8/2021 | 16:41:32 | 16048506 | PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTR | 55 ROLLOS | | 55 | |
| 4 | JERRY | 30/8/2021 | 17:41:32 | 14536998 | PLANCHA AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2, | 12 UND. | | 12 | |
| 5 | JERRY | 28/8/2021 | 15:41:32 | 14715198 | BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 89 UND. | | 89 | |
| 6 | JERRY | 29/8/2021 | 16:41:32 | 15507004 | NUDOS GALV. 2 1/2 | 150 UND. | | 150 | |
| 7 | JERRY | 30/8/2021 | 17:41:32 | 14537475 | Unión galvanizada de 2 1/2" rosca | 540 UND. | | 540 | |
| 8 | JIMMY | 8/5/2021 | 9:54:19 | 32748725 | TUBOS GALVANIZADOS CED.40 2 1/2 | 55 MTRS | | 55 | |
| 9 | JIMMY | 5/8/2021 | 11:08:47 | 14537410 | Tubo PVC Roscablede 1 1/4 | 190 MTRS | | 190 | |
| 10 | JIMMY | 5/8/2021 | 11:08:48 | 37602690 | DILUYENTE LACA | 135 GLNS | | 135 | |
| 11 | JIMMY | 5/8/2021 | 11:08:48 | 34234746 | TUBOS GALVANIZADOS ISO 2 2 1/2 | 54 MTRS | | 54 | |
| 12 | JIMMY | 5/8/2021 | 11:08:48 | 14537630 | Neplo galvanizado de 2 1/2" x 10 cm | 88 UND. | | 88 | |
| 13 | JIMMY | 5/8/2021 | 11:08:48 | 14537476 | ESCALERA TELESCOPICA F/VIDRIO 12MTR | 1 UND. | | 1 | |
| 14 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 14537511 | TEMPLADORES GALV. 1/2 | 180 UND. | | 180 | |
| 15 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 15254869 | LOCTITE 243 50ML | 18 UND. | | 18 | |
| 16 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 15013651 | Tirafondo Acero Inox.3/8X2 | 500 UND. | | 500 | |
| 17 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 15254868 | PLANCHA DE ALUMINIO ANTIDESLIZANTE | 10 UND. | | 10 | |
| 18 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 15977844 | POMAS PLASTICAS 20 LITROS CON TAPA | 72 UND. | | 72 | |
| 19 | ROBERTO | 8/5/2021 | 12:57:54 | 14537565 | BROCA COBALTO 1/8 | 128 UND. | | 128 | |

Figura 1.1 Kardex de base de dato para ferretería. Fuente: SUMIAB S.A

En la figura 1.1 se observa un ejemplo donde se aprecia las variables y llevar un registro más claro y óptimo del inventario. Así mismo el costo que se tiene almacenado dependiendo de la cantidad en stock. El modelo tiene gran alcance y se puede tener información real donde se requiere definir las variables tanto cuantitativas como cualitativas, en la cual se incluyen el código del producto, precio del producto y la cantidad actual en stock e ingresarlos en el programa Microsoft Excel.

1.4.3 Codificación y clasificación del producto

Clasificación de productos

Existen distintas clasificaciones para los productos. Esto depende a qué tipo de producto se almacene dentro del almacén. Las empresas las cuales manejan su propio almacenamiento muy difícilmente manejen todos los tipos de productos. Cabe recalcar que no existe un patrón único para decidir, de qué manera se procederá a realizar la acción de almacenamiento. Para esto se detallarán distintos criterios que se pueden tomar en cuenta al realizar la actividad:

- De acuerdo al estado físico
- De acuerdo a sus propiedades
- De acuerdo a sus medidas
- De acuerdo a la rotación

De acuerdo al estado físico

Sabiendo que químicamente existen diferentes estados de la materia, los cuales son sólidos, líquidos y gaseosos. Los productos sólidos pueden ser elaborados, son aquellos que su producción ha concluido. Por otro lado, existen los sólidos brutos es decir que entran en la clasificación de materia prima.

Los productos líquidos al igual que la mercancía líquida tienen dos clasificaciones. Productos estables, quiere decir que su almacenamiento es seguro y no hay que tomar medidas de seguridad. Y líquidos inestables, los cuales por su alto riesgo de contaminación necesitan un almacenaje más seguro.

Por último, el almacenamiento de gases tiene que cumplir normas ordenadas por entidades gubernamentales. Obligaciones establecidas en la Norma Técnica INEN 2260:2010 para las instalaciones de este combustible, y como son acatadas por los involucrados en la seguridad de estos sistemas para beneficio de la ciudadanía (Venegas et al., 2018)

De acuerdo a las propiedades

Esta clasificación se basa en la durabilidad del producto. Por lo cual se tiene en cuenta si el producto es de precederos o duraderos. Por eso los artículos precederos se manejan con el sistema LIFO (Last In - First Out). Mientras que los duraderos pueden acoger tanto el sistema LIFO como la técnica FIFO (First In-First Out). (Noega Systems, 2021)

De acuerdo a la unidad de medida

La siguiente clasificación se realiza de acuerdo a la unidad de medida con la que se la relaciona. El Sistema Internacional de Unidades se estableció en 1960 en la XI Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM). Se abrevia universalmente como SI (Perez, 2002)

1.4.4 Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC

Al utilizar la técnica del análisis ABC se logran identificar los productos con mayor relevancia dentro de la bodega de la compañía. Los artículos con mayor importancia se los denomina Grupo A, por lo cual se sugiere que el control del inventario sea preciso, en comparación con los artículos que pertenecen al Grupo B y Grupo C, en los cuales no hace falta hacer un control profundo y detallado. Es importante identificar cuáles son los diferentes métodos ABC de control de inventario.

- A) Clasificación ABC por costo unitario: El método busca clasificar los productos de acuerdo a costo unitario. Para que este método sea efectivo se recomienda contar con datos históricos de un periodo mínimo de 6 meses. (Ballesteros Machena, 2019)
- B) Clasificación ABC por valor y utilización: Al referirnos a este método, se busca enfocarse en la rotación de los productos. Se busca encontrar los niveles de ventas de los inventarios.

C) Clasificación ABC por valor de inventario: En este método es necesario tener en cuenta dos puntos, los cuales son la cantidad de existencia en la bodega y el costo unitario promedio. Este es el método más usado, ya que suele ser el más efectivo ya que nos permite conocer a ciencia cierta con que se consta en el almacén y cuáles son los artículos con mayor relevancia dentro del mismo.

1.4.5 Análisis del inventario físico vs inventario reportado por el sistema

Para establecer un concepto llamado Just in time dentro de la empresa, la cual hace referencia a un sistema que trata de eliminar las tareas que impliquen pérdidas en todo el proceso de producción o cadena de suministro, desde el abastecimiento hasta la distribución al cliente final (Juárez Núñez, 2002). Esto requiere de compras muy eficientes, buenas relaciones con los proveedores y por ende un sistema de manejo de inventario correcto. Por ende, para manejar información correcta y certera es necesario realizar la toma física del inventario de la empresa para generar la base de datos descrita anteriormente, el propósito es eliminar cualquier variabilidad y contradicción en los datos y que tanto lo que está reflejado en mi sistema, esté físicamente. Además de que los cálculos y proyecciones se realicen correctamente en base a esto.

1.4.6 Indicadores de Gestión

Por otro lado, uno de los factores más determinantes para que todo proceso tenga éxito es establecer indicadores adecuados de gestión y establecer un registro antes y después. Ya que en la parte logística se dice que lo “que no se mide no se puede controlar” (Mora, 2008).

a) Índice rotación de inventario

$$\frac{\text{Ventas totales}}{\text{Inventario Promedio}} \quad (1)$$

La ecuación (1) indica el número de veces que el inventario que se tiene dura en las bodegas para poder tener algún stock de seguridad.

b) Nivel cumplimiento de despacho

$$\frac{\text{Número de despachos cumplidos a tiempo}}{\text{Número total de despachos requeridos}} \quad (2)$$

La ecuación (2) da una métrica del nivel de satisfacción al cliente y la forma en que se lleva a cabo el tiempo.

c) Tiempos de demora en los procesos

$$\frac{\text{Tiempos en los procesos después de las recomendaciones}}{\text{Tiempos antes de implementar los procesos}} \quad (3)$$

La ecuación (3) mide en base al tiempo de demora en el proceso de almacenamiento, búsqueda del inventario y orden.

d) Costo por unidad despachada

$$\frac{\text{Costo total operativo}}{\text{Unidades despachadas}} \quad (4)$$

La ecuación (4) indica el costo de manipular una unidad de carga en el centro de distribución y tener más cuidado. (Mora, 2008)

1.4.7 Modelo EOQ

Existen diversos modelos, los cuales permiten conocer la cantidad óptima de pedido, la cual decide cuándo y cuánto comprar. Según (Tejada et al., 2016) los modelos de inventario pueden ser estocásticos o determinísticos. Todo depende de si existen variables aleatorias que siguen una distribución. El tipo de modelo a usar depende únicamente, del modelo de negocio que maneje la empresa.

El modelo determinístico EOQ nos indica que la demanda es constante y conocida antes del análisis. Existen variaciones al modelo en el cual existen puntos de reorden, el cual indica cuando comprar, para que la bodega nunca se quede desabastecida. Según (EAE Business School, 2021) la implementación de este tipo de modelos es que es sencillo

obtener sus resultados, y a su vez efectuarlo. Las predicciones son necesarias en este modelo, y de esta forma se obtendrán muy buenos resultados.

Según (Salazar, 2019) existen varias variables a considerar en este modelo:

- D: Demanda la cual es conocida
- S: Costo de ordenar
- C: Costo del producto
- i: porcentaje de mantenimiento
- H: costo de mantenimiento
- Q: tamaño de pedido
- R: Punto de Reorden
- L: Lead time
- N: cantidad de veces a pedir en el periodo
- T: tiempo entre orden
- TRC: Costo total

Demanda

Según la (RAE, 2001) es “Cuantía global de las compras de bienes y servicios realizados o previstos por una colectividad.”

Costo de ordenar

El costo de ordenar, son aquellos gastos los cuales se necesitan para realizar una compra.

Costo de producto

El costo de producto, hace referencia al gasto económico que implica la obtención o fabricación de un producto.

Para calcular un EOQ correcto se necesitan las siguientes ecuaciones:

La ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** hace referencia al costo de almacenamiento. En el cual se realiza una multiplicación de la tasa de mantenimiento y el costo del producto.

$$H = i * C \quad (5)$$

La ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** indica el costo de pedir que es necesario para realizar el costo total ya que mediante esta fórmula se calcula cuanto le cuesta a la empresa reabastecerse de un producto en específico.

$$\text{Costo de pedir} = \frac{D}{Q} * S \quad (6)$$

La ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** costo de inventario, el cual utiliza la cantidad a pedir y el costo a almacenar.

$$\text{Costo de inventario} = \frac{Q}{2} * H \quad (7)$$

El costo total se calcula realizando la suma de los costos mencionados anteriormente. A este costo se lo representa con TRC **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

$$TRC = \left(\frac{D}{Q} * S \right) + \left(\frac{Q}{2} * H \right) \quad (8)$$

Para encontrar el EOQ es necesario igualar el TRC a 0, y de esta forma se obtiene, la cantidad a pedir óptima **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} \quad (9)$$

Al momento de que uno obtiene una cantidad óptima de pedido, también es necesario saber cuándo **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y cuántas veces hay que pedir **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

$$N = \frac{D}{EOQ} \quad (10)$$

$$T = \frac{\text{Días laborables}}{N} \quad (11)$$

Es necesario calcular el punto de reorden como indica la ecuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, ya que las empresas siempre tienen un periodo de tiempo para entregar el producto, el cual se lo conoce como “Lead time”.

$$R = \left(\frac{D}{365} \right) * L \quad (12)$$

Visualización de costos en el modelo EOQ



Figura 1.2. Costos de Modelo EOQ, Fuente: Ingenio Empresa

La ilustración 1.2 nos muestra los costos explicados anteriormente, y como la cantidad óptima a pedir (EOQ), es cuando los costos de ordenar y costos de almacenamiento son iguales.

1.4.8 Modelo de Revisión continua

De acuerdo a (Retuerto & Ricra, 2021) el sistema de revisión continua implica que después de cada transacción debe monitorearse el inventario restante para poder planificar y tener una clara idea de cuánto se debe pedir en la siguiente orden, en este tipo de modelo la demanda es probabilística y los tiempos de entrega son variables.

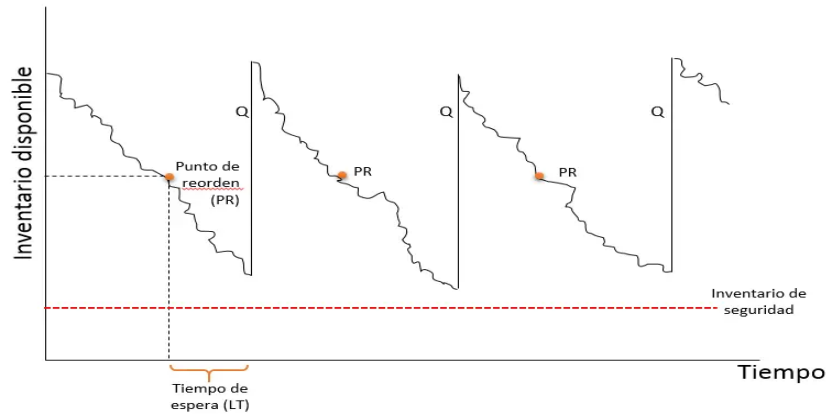


Figura 1.3. Modelo de Revisión continua, Fuente: Ingenio Empresa

En la ilustración 1.3 se observa un ejemplo del modelo de revisión continua y su comportamiento, a medida que avanza el tiempo el inventario disponible va disminuyendo conforme a la demanda y consumo. Además, se puede observar el punto de reorden en cierto intervalo de tiempo y su lead time para que el producto llegue a tiempo con una buena planificación.

Existen también casos donde la demanda es determinística en la cual lo que se debe definir es la demanda durante el lead time. Los tipos de sistemas de revisión continua se describen a continuación:

Sistema de revisión (s,Q): Este sistema indica que cada vez que el inventario baja a cierto nivel s (mínimo) se tiene que ordenar una cantidad fija de pedido. Por lo que está muy relacionada con el servicio al cliente, ya que mientras más disponibilidad de producto posee una empresa más estrecha es la relación con el consumidor (Toledo et al., 2019).

Sistema de revisión (s,S): También llamado sistema min-máx, en este sistema se genera un pedido cada vez que el inventario llega a un nivel s y se ordena un nivel de inventario efectivo S , es decir que el inventario siempre se encuentra entre un mínimo y un máximo. Este sistema es de gran ayuda con demandas irregulares y la determinación del valor S se define como el valor promedio de la demanda durante el tiempo en que se realiza el análisis (período) (Toledo et al., 2019).

1.4.8.1 Inventario de seguridad

En diferentes escenarios la demanda es desconocida, por lo que hay que contar con un respaldo dentro del inventario. El inventario de seguridad tiene como función cumplir y satisfacer demandas las cuales no son prevista en la planificación y proyección. Establecer un nivel de servicio de inventario es establecer la posibilidad que tiene la empresa de no quedarse sin inventario hasta que llegue el nuevo pedido. Para encontrar el stock de seguridad es necesario, establecer el porcentaje de nivel de servicio que se desea cumplir, encontrar la desviación estándar de las demandas en una muestra determinada y el lead time, la fórmula es la que se muestra en la ecuación 12.1:

$$SS = Z * \sigma_S * \sqrt{LT} \quad (13.1)$$

1.4.9 Sistema de Pronóstico

1.4.9.1 Análisis de la Demanda

Para la consecución de lograr buenos resultados es importante conocer la demanda, es decir cuando la empresa estime la demanda de los diferentes materiales disponibles entonces son capaces de conocer a que mercado deben abrirse, además pueden realizarse planes de producción, abastecimiento, planificación y transporte, por lo que da información para tomar mejores decisiones. Por esta razón seguir los criterios y pasos son necesarios para la consecución de los resultados (Quintana, 2015):

- a) Recopilación de los datos.
- b) Selección de la técnica adecuada para poder estimar dependiendo del comportamiento.
- c) Evaluar la cantidad a provisionar para los siguientes periodos.

1.4.9.2. Regresión Lineal

La función de regresión lineal se utiliza para modelar datos en el futuro basándose en datos históricos o pasados, es decir es un proceso estocástico. El modelo de regresión

nos da un apoyo para evaluar la relación entre una variable dependiente (Y) y una variable independiente (X) (Irene Moral Pelaez, 2016), es decir cómo afecta el cambio de ciertas características sobre otra en concreto. La fórmula es la siguiente (14) :

$$Y = B_0 + B_1X \quad (14)$$

$B = \text{Parámetros del modelo}$

$X = \text{Variable independiente}$

$Y = \text{Variable dependiente}$

En este modelo tenemos dos hipótesis:

$$H_0 = B_1 = 0$$

$$H_a = B_1 \neq 0$$

Cuando se cumple la hipótesis nula se concluye que no hay modelo y que X y Y no están relacionadas linealmente, caso contrario se concluye que si hay modelo y si están relacionadas.

1.4.9.2 Medias Móviles

Este modelo utiliza los valores recientes en la serie de tiempo para el pronóstico del siguiente período, la expresión “móvil” hace mención a que siempre que se dispongan de nuevas observaciones para el análisis, éstas reemplazan a la anterior en la serie de tiempo (Sanchez et al., 2019) como lo describe la fórmula a continuación (15) :

$$V_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{tk}}{K} \quad (15)$$

$V_t = \text{Pronóstico del período } t$

$Y = \text{Datos}$

1.4.9.3 Suavización exponencial Simple

Se asigna un factor de ponderación a cada dato, asignándole la ponderación más alta al dato más reciente y este valor disminuye conforme los datos los valores de los datos más antiguos como nos indica la siguiente ecuación (16). (Sanchez et al., 2019).

$$\widehat{Z}_{t+1} = \alpha Z_t + (1 - \alpha)\widehat{Z}_t \quad (16)$$

Donde

$$\widehat{Z}_{t+1} = \text{Pronóstico o valor futuro}$$

$$\widehat{Z}_t = \text{Pronóstico de la serie para el periodo } t$$

$$\alpha = \text{constante de suavizamiento (ponderación)}$$

1.4.8 Sistemas para la gestión de inventario WMS

La gestión de inventarios es una operación transversal a la cadena de suministro y permite optimizar fácilmente todos los componentes de un almacén la cual sirve para optimizar los costos y reducir errores (Silva, 2018). La importancia está enfocada al valor agregado que se le da al cliente. Un WMS aporta con mejora de servicio a los clientes, mayor exactitud en el inventario, optimización de espacio en el almacén. Por otro lado, mejora la productividad de los trabajadores y su eficiencia.

En el Ecuador la mayor parte de las implementaciones de un WMS han sido realizadas por grandes empresas multinacionales y grandes distribuidoras nacionales. Sin embargo, desde el año 2012 por las exigencias competitivas, muchas han tenido que mejorar su logística y sistema. En la PYME de Ecuador el manejo de inventario y recursos en la bodega se realiza con herramientas tan simples como los es Excel, tarea que se lo ejecuta manualmente y muchas veces tienden a cometer errores humanos (digitación, stock, etc.) (Galio & Tomás, 2019). Por lo que implementar un WMS es fundamental para entrar competitivamente en el mercado.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Técnicas de investigación

El presente trabajo buscó recopilar información, de forma cuantitativa y cualitativa. Para cumplir este objetivo se utilizaron diferentes métodos como lo fueron, el uso de entrevistas, visitas técnicas, análisis de procesos y observación descriptiva. A su vez al momento de obtener datos cuantitativos, la empresa SUMIAB S.A facilitó los costos más relevantes dentro de la empresa para de esta manera concluir y obtener costos como lo son costos de pedir y tasa de costo de almacenamiento, la cual permitió desarrollar el modelo EOQ. Además de los costos, la empresa facilitó la cantidad vendida del último mes, y la demanda histórica durante los últimos 6 meses que fue de gran ayuda para la realización de los modelos.

2.1.2 Levantamiento de información

La observación directa fue sumamente importante en la primera fase del proyecto, ya que se obtuvo el levantamiento de información. Los registros que se obtuvieron en este proceso fueron relevantes, en la obtención de datos los cuales son necesarios para el desarrollo del modelo.

2.1.3 Análisis de la información levantada

2.1.3.1 Información primaria

Para la información primaria fue necesario realizar diversas entrevistas con la gerente María de los Ángeles Bowen García, la cual aportó y respondió a todas las solicitudes de datos que necesitamos. La demanda de los productos en los primeros 6 meses del año, las ventas del mes de junio y los gastos tanto administrativos como operativos del mismo mes.

Se analizaron los siguientes puntos:

- La empresa cuenta con su propia gestión logística, es decir realizan su propio almacenamiento y distribución.
- Dentro de la bodega existen en la actualidad 221 artículos actualmente almacenados en la bodega, los cuales se clasificaron mediante el análisis ABC su ocupación de acuerdo con el costo y stock.
- El valor de inventario al comenzar el mes de julio es de \$42,547.01 la cual representa 3 veces más del costo de almacenar en el mes de junio.
- La distribución se realiza en una pick up, la cual es de marca Chevrolet D-Max la cual recorre aproximadamente 2800 km mensuales, realizando 2 viajes diarios a distintas zonas de la ciudad de Guayaquil.
- No existen levantamiento de indicadores.
- El personal tiene poco conocimiento de los costos logísticos y su impacto en la rentabilidad de la empresa.
- La empresa consta con una lista de 88 proveedores, y 41 clientes.
- Cuentan con dos bodegas: Bodega física y bodega de tránsito.
- Al realizar el inventario físico VS inventario digital, se encontraron 124 líneas descuadradas es decir el ERI ("Exactitud de registro de inventario") es de 56%.
- La mayoría de las líneas descuadradas la cantidad registrada en existencia era menor a la que realmente existía dentro de bodega, lo cual generaba compras innecesarias para la compañía.

2.2 RECOPIACIÓN DE DATOS

2.2.1 Análisis de inventario físico en Bodega.

La empresa SUMIAB S.A nos proporcionó una lista de artículos los cuales tienen existencia física dentro de la bodega. La cantidad de artículos existentes en bodega para inicios del mes de Julio son 221 artículos. De los cuales mediante un análisis ABC se los clasificó en productos de primer orden denominados “A”, segundo orden “B” y tercer orden “C” la cual se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1

Principio de Pareto - Análisis ABC. (Fuente: Elaboración propia)

| Participación estimada | Clasificación | Número productos | % por categoría sobre el total | Costos | % total de Costos |
|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|-------------|-------------------|
| 0-80% | A | 39 | 17.65% | \$33,979.28 | 79.86% |
| 80-95% | B | 63 | 28.51% | \$ 6,417.05 | 15.08% |
| 95-100% | C | 119 | 53.85% | \$2,150.68 | 5.05% |
| | TOTAL | 221 | 100.00% | \$42,547.01 | |

La tabla 2.1 nos muestra un análisis de Pareto de los antes mencionados 221 productos. Este resultado permitió determinar que productos son de mayor relevancia de acuerdo con el costo dentro del almacén. Es decir, los que se encuentran dentro de la categoría “A” necesitarán una mayor inversión, conocer sus especificaciones y la manera correcta de manejar el producto de la bodega. El número total de artículos a que se analizó fue de 39, los cuales se proyectó su demanda y la cantidad óptima a pedir.

2.2.2 Artículos de tipo A dentro del almacén

En la tabla 2.2 se presentarán en la lista de artículos los cuales pertenecen a los denominados productos de primer orden “A”.

Tabla 1.2

Artículos tipo A dentro del almacén. (Fuente: Elaboración propia)

| ID | ARTÍCULO | CANTID. | UNID. | P/UNIT. | TOTAL | % | ACUMULADA | CLASIFICACION |
|----|--|---------|--------|----------|---------|--------|-----------|---------------|
| 1 | Cemento Contacto 1L | 400 | UND. | 12.5000 | 5000.00 | 11.75% | 11.75% | A |
| 2 | Reprocesado 1,5 mtrs | 55 | ROLLOS | 79.4000 | 4367.00 | 10.26% | 22.02% | A |
| 3 | Plancha Acero inox opaca. 30 4 2B 1,22X2,44 | 12 | UND. | 257.0000 | 3084.00 | 7.25% | 29.26% | A |
| 4 | Broca Hss Cobalto 3/8 Usa | 89 | UND. | 18.0500 | 1606.45 | 3.78% | 33.04% | A |
| 5 | Nudos Galv.. 2 1/2 | 150 | UND. | 9.7600 | 1464.00 | 3.44% | 36.48% | A |
| 6 | Unión galvanizada de 2 1/2" rosca Tubos | 540 | UND. | 2.5200 | 1360.80 | 3.20% | 39.68% | A |
| 7 | Galvanizados Ced.40 2 1/2 | 55 | MTRS | 21.0000 | 1155.00 | 2.71% | 42.39% | A |
| 8 | Tubo PVC Roscable 1 1/4 | 190 | MTRS | 5.6000 | 1064.00 | 2.50% | 44.89% | A |
| 9 | Diluyente Laca Tubos | 135 | GLNS | 7.0000 | 945.00 | 2.22% | 47.12% | A |
| 10 | Galvanizados Iso 2 2 1/2 | 54 | MTRS | 14.7600 | 797.04 | 1.87% | 48.99% | A |
| 11 | Neplo galvanizado de 2 1/2" x 10 cm Escalera | 88 | UND. | 8.0000 | 704.00 | 1.65% | 50.64% | A |
| 12 | Telescopica F/Vidrio 12 MTRS | 1 | UND. | 670.0000 | 670.00 | 1.57% | 52.22% | A |
| 13 | Templadores Galv. 1/2 | 180 | UND. | 3.5000 | 630.00 | 1.48% | 53.70% | A |
| 14 | Loctite 243 50ML | 18 | UND. | 34.0000 | 612.00 | 1.44% | 55.14% | A |
| 15 | Tirafondo Acero Inox.3/8X2 | 500 | UND. | 1.2000 | 600.00 | 1.41% | 56.55% | A |
| 16 | Plancha de aluminio antidesliz. 1,5 MM 122X244 | 10 | UND. | 58.0000 | 580.00 | 1.36% | 57.91% | A |
| 17 | Pomas plásticas 20 Ltrs con tapa | 72 | UND. | 7.7500 | 558.00 | 1.31% | 59.22% | A |
| 18 | Broca Cobalto 1/8 | 128 | UND. | 4.2800 | 547.84 | 1.29% | 60.51% | A |
| 19 | Broca Titanio 11/64 | 210 | UND. | 2.6000 | 546.00 | 1.28% | 61.79% | A |
| 20 | Brochas Wilson C/Rojo 4 | 62 | UND. | 8.3600 | 518.32 | 1.22% | 63.01% | A |

| | | | | | | | | |
|----|--|-------|-------|---------|--------|-------|--------|---|
| 21 | Bisagras Acero Inox.. 4X3 | 54 | PARES | 9.5000 | 513.00 | 1.21% | 64.22% | A |
| 22 | Silicon Aluminio | 112 | UND. | 4.5000 | 504.00 | 1.18% | 65.40% | A |
| 23 | Union Galv.. 2 1/2 Tornillos LH 8X1 | 200 | UND. | 2.5200 | 504.00 | 1.18% | 66.59% | A |
| 24 | Punta de broca ala ancha | 4000 | UND. | 0.1200 | 480.00 | 1.13% | 67.71% | A |
| 25 | Pomas 10 Litros Caneca | 67 | UND. | 6.8000 | 455.60 | 1.07% | 68.79% | A |
| 26 | Pernos expansión Galv. 5/8X3 | 558 | UND. | 0.8000 | 446.40 | 1.05% | 69.83% | A |
| 27 | Silicon Transparente 1200 | 88 | UND. | 4.5000 | 396.00 | 0.93% | 70.77% | A |
| 28 | Perfil Aluminio Puerta F3038 6,40MTS | 5 | UND. | 77.1500 | 385.75 | 0.91% | 71.67% | A |
| 29 | Remaches ovalados para cable 1/8 | 400 | UND. | 0.9000 | 360.00 | 0.85% | 72.52% | A |
| 30 | Tornillo T/pato C/ redonda 1/8 | 4000 | UND. | 0.0900 | 360.00 | 0.85% | 73.36% | A |
| 31 | Brochas Wilson C/ojo 2" | 128 | UND. | 2.7000 | 345.60 | 0.81% | 74.18% | A |
| 32 | Tijera cortar lata alemana | 11 | UND. | 29.5000 | 324.50 | 0.76% | 74.94% | A |
| 33 | Pomas plásticas Gln C/Tapa Rosca | 528 | UND. | 0.6000 | 316.80 | 0.74% | 75.68% | A |
| 34 | Unión Galvanizada 1 1/4 | 450 | UND. | 0.6900 | 310.50 | 0.73% | 76.41% | A |
| 35 | Tubo Pvc reforzado 1" Blanco largo 6 MTS | 66 | MTRS | 4.6667 | 308.00 | 0.72% | 77.14% | A |
| 36 | Silicon Transparente | 68 | UND. | 4.5000 | 306.00 | 0.72% | 77.86% | A |
| 37 | Taco Fisher F-8 | 10000 | UND. | 0.0300 | 300.00 | 0.71% | 78.56% | A |
| 38 | Broca cobalto 1/8 USA | 66 | UND. | 4.2300 | 279.18 | 0.66% | 79.22% | A |
| 39 | Broca cemento 1/4 | 122 | UND. | 2.2500 | 274.50 | 0.65% | 79.86% | A |

Para el presente proyecto se trabajó con los artículos tipo "A", los cuales representan el 80% del costo dentro de la bodega. Es decir, estos 39 artículos tendrán un tratamiento diferente como se muestra la división jerárquica en la tabla. Se escogió los primeros 10 artículos, los cuales representan el mayor porcentaje de la inversión en bodega, a los

cuales se le aplicó codificación, sugerencias de almacenamiento, determinar el EOQ y cuánto es el óptimo a pedir por producto.

2.2.3 Análisis de 10 artículos con mayor porcentaje de inversión

El análisis de los datos se sesgó para los primeros 10 artículos con mayor porcentaje de inversión, de esta manera se generó un análisis exhaustivo para la política de inventario, proyección de demanda y modelo EOQ. La tabla 2.3 muestra los artículos en mención.

Tabla 2.2

10 productos con mayor porcentaje de inversión. (Fuente: Elaboración propia)

| ID | ARTÍCULO | CANTID. | UNID. | P/UNIT. | TOTAL | % |
|----|--|---------|--------|----------|---------|--------|
| 1 | Cemento Contacto 1L | 400 | UND. | 12.5000 | 5000.00 | 11.75% |
| 2 | Plástico negro reprocesado 1,5 Mtrs | 55 | ROLLOS | 79.4000 | 4367.00 | 10.26% |
| 3 | Plancha ac. Inox opaca 304 2B 1,22X2,44 | 12 | UND. | 257.0000 | 3084.00 | 7.25% |
| 4 | Broca Hss Cobalto 3/8 USA | 89 | UND. | 18.0500 | 1606.45 | 3.78% |
| 5 | Nudos Galv. 2 1/2 | 150 | UND. | 9.7600 | 1464.00 | 3.44% |
| 6 | Unión galvanizada de 2 1/2" rosca | 540 | UND. | 2.5200 | 1360.80 | 3.20% |
| 7 | Tubos galvanizados Ced..40 2 1/2 | 55 | MTRS | 21.0000 | 1155.00 | 2.71% |
| 8 | Tubo PVC Roscable 1 1/4 | 190 | MTRS | 5.6000 | 1064.00 | 2.50% |
| 9 | Diluyente Laca | 135 | GLNS | 7.0000 | 945.00 | 2.22% |
| 10 | Tubos Galvanizados Iso2 2 1/2 | 54 | MTRS | 14.7600 | 797.04 | 1.87% |

2.2.4 Demandas de enero a julio

A partir de estos datos, se pidió a la empresa SUMIAB S.A que facilite las demandas de enero a junio del 2022 de los productos en mención. Estas demandas se las puede apreciar en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4

Demandas de Enero a junio. (Fuente: Empresa SUMIAB S.A)

| ARTÍCULO | ENE | FEB | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO |
|---|-----|-----|-------|-------|------|-------|
| CEMENTO CONTACTO 1L | 233 | 300 | 315 | 255 | 284 | 291 |
| PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTRS | 38 | 42 | 59 | 40 | 41 | 49 |
| PLANCHA AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2,44 | 6 | 12 | 10 | 11 | 8 | 15 |
| BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 60 | 72 | 63 | 64 | 60 | 80 |
| NUDOS GALV. 2 1/2 | 138 | 95 | 46 | 28 | 90 | 32 |
| UNIÓN GALVANIZADA DE 2 1/2" ROSCA | 494 | 535 | 510 | 538 | 528 | 501 |
| TUBOS GALVANIZADOS CED.40 2 1/2 | 50 | 59 | 60 | 48 | 50 | 54 |
| TUBO PVC ROSCABLEDE 1 ¼ | 173 | 182 | 165 | 160 | 161 | 160 |
| DILUYENTE LACA | 267 | 272 | 244 | 228 | 260 | 247 |
| TUBOS GALVANIZADOS ISO2 2 1/2 | 43 | 31 | 35 | 49 | 51 | 34 |
| NEPLO GALVANIZADO DE 2 1/2" X 10 CM | 64 | 53 | 50 | 53 | 79 | 50 |

La tabla 2.4 no permite tener una apreciación visual de cómo se comportan las demandas en los 6 periodos, por lo que se realizó un gráfico de líneas, el cual facilita la interpretación de datos.

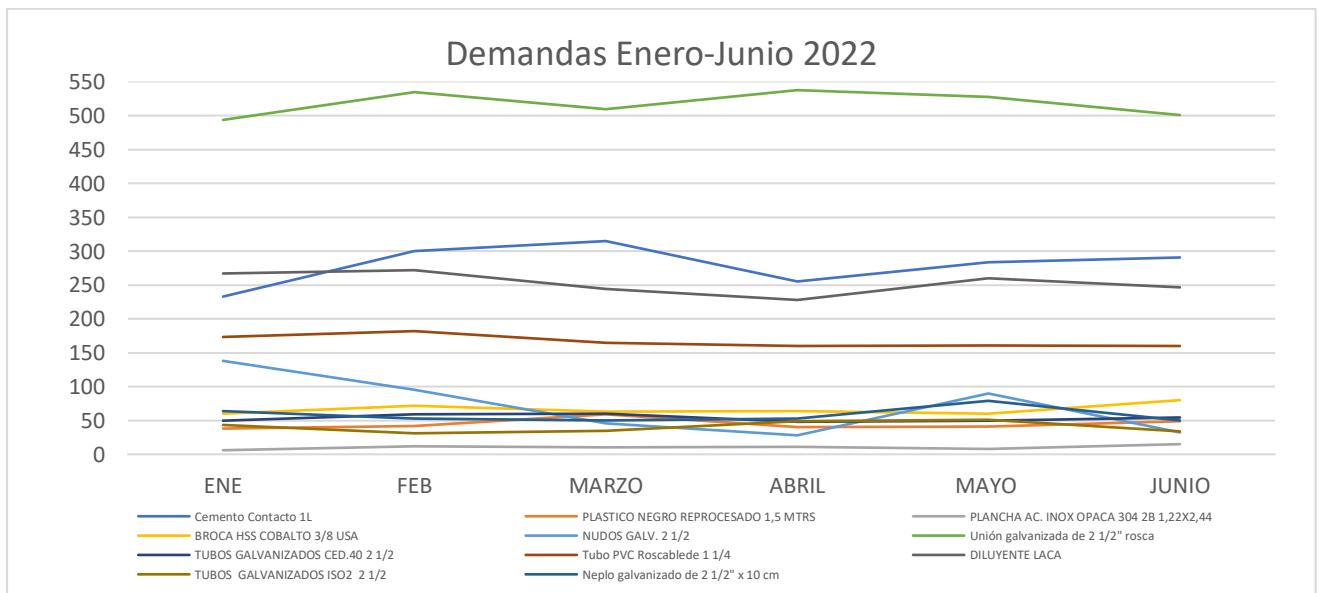


Figura 2.1 Gráfico de las demandas de enero a julio 2022. Fuente: SUMIAB

La figura 2.1 nos permite observar gráficamente el comportamiento de las demandas de los 10 productos con mayor porcentaje de inversión. Claramente se aprecia que la Unión galvanizada de 2 ½" es el producto que mayor salida tiene de bodega. Mientras que la Plancha Inoxidable a pesar de ser el 3 artículo con mayor porcentaje de inversión, es el que menos se vende en todos los periodos. Esto se debe a que tiene un alto precio unitario y una baja rotación.

2.2.5 Costos de la empresa

La empresa SUMIAB S.A incurre en diferentes costos, los cuales fueron facilitados por el departamento contable de la compañía. Es de suma importancia llevar un buen manejo de costos, ya que son fundamentales para la implementación del modelo EOQ.

2.2.6 Compras durante el año 2022

La compañía consta con alrededor de 88 proveedores registrados por finanzas, los cuales cumplen con el abastecimiento de productos a la bodega en un tiempo previamente estipulado. Las compras totales en el mes de junio en la compañía fueron de \$11,574.54 en la cual se registraron 70 facturas de los diferentes proveedores.

2.2.7 Costos de almacenamiento

Los costos de almacenamiento hacen referencia al costo de mantener inventario dentro de la bodega, entre ellos se encuentran costos de edificio, servicios básicos, costos de servicios, entre otros. En la tabla 2.5 se encuentran desglosados los diferentes costos con los que cumple la empresa.

Tabla 2.5

Costos de almacenamiento Fuente: Empresa SUMIAB S.A

| Costo almacenamiento | |
|-----------------------------|-------------|
| Descripción | Costos (\$) |
| Alquiler | 500 |
| Electricidad | 80.33 |
| Agua | 50.15 |
| Mantenimiento | 20 |
| Programa Azur | 15 |
| Internet fijo | 40 |
| Internet móvil | 40 |
| Costo total | 745.48 |

La tabla 5 representa los costos de almacenamiento, que como se logra observar fueron de 745.48 en el mes de junio, que será el periodo por analizar.

2.2.8 Costo de personal

Dentro de la empresa hay 3 personas las cuales se encargan de la operación, cada una está afiliada al IEES y recibe todos los derechos por ley como se muestra en la tabla 6.

Tabla 2.6

Costo de personal operativo (Fuente: Empresa SUMIAB S.A)

| COSTO DE PERSONAL | |
|----------------------------|---------|
| SALARIO FIJO DE CONDUCTOR | 577.08 |
| BENEFICIOS SOCIALES | 55.75 |
| SALARIO FIJO DE OPERARIO | 577.08 |
| BENEFICIOS SOCIALES | 55.75 |
| SALARIO FIJO DE COMPRADORA | 739.58 |
| BENEFICIOS SOCIALES | 85.052 |
| COSTO TOTAL DE PERSONAL | 2090.30 |

La tabla 2.6 es importante debido a que los costos presentados en la misma fueron utilizados para encontrar el costo de pedir. Ya que los 3 empleados de la empresa ocupan un porcentaje de sus actividades en preparar y pedir una orden de compra.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

Para examinar el comportamiento de los datos a lo largo de la línea del tiempo como lo es un proceso estocástico, se requiere examinar el mejor modelo que se ajuste a los datos. Es por esto que para el presente proyecto de acuerdo a la visualización de los datos donde estos no presentaban estacionalidad, se eligieron los modelos de regresión lineal, promedio móvil y suavización exponencial simple, en la cual dependiendo en base a la menor suma cuadrática de los errores y de acuerdo a nuestro R ajustado se escogió el modelo que más se ajustaba para estimar la demanda de cada producto con los valores reales observados. Se escogió los datos correspondientes a los meses del primer semestre del presente año.

2.3.1 Análisis de Series de Tiempo

Para cada producto se aplicaron los modelos descritos y se analizó ciertos parámetros apoyados en el programa R Studio, en la cual se escogieron los 10 productos de clasificación A de la empresa SUMIAB. Para el entendimiento, para cada modelo se detalla un ejemplo de un material de la empresa, en la cual se aplicó la misma metodología para todos los materiales restantes.

2.3.1.1 Modelo Regresión Lineal

Previo a la elección, este modelo fue usado e incluido para el estudio de la predicción de la demanda para los períodos siguientes, este modelo es adecuado y resultó de gran ayuda cuando los datos presentaban ciertas características:

- Tendencia ya sea a la alta o baja.
- No presenta estacionalidad es decir que los datos no tienen una media igual para todos los momentos del análisis.
- No presentan estacionalidad que es cuando la serie presenta un componente cíclico
- Las subpoblaciones presentan una distribución normal.

- El criterio de la regresión lineal tiene que cumplir la homocedasticidad, el esperado del error sea 0 y que los residuales tienen patrones no lineales.

```
> summary(plastico_negro_reprocesado)
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 38.00  40.25  41.50  44.83  47.25  59.00
> plot.ts(plastico_negro_reprocesado)
```

Figura 2.2. Resumen de datos del material plástico negro reprocesado en R studio. (Fuente: Autores)

En la figura 2.2 se observa la información referente a los datos la cual brinda detalles de su mediana, media y cuartiles del producto. Esta información sirvió para tener en cuenta en qué intervalo están concentrados los datos del material.

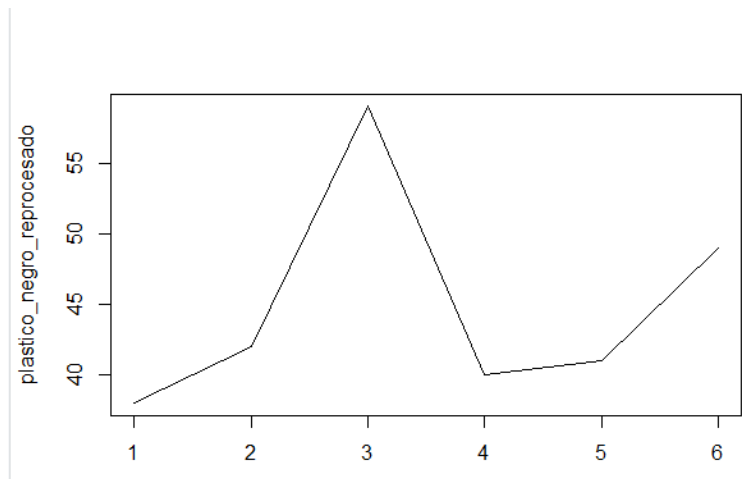


Figura 2.3 Serie de tiempo del material plástico negro reprocesado en R studio. (Fuente: Autores)

La figura 2.3 brinda la visualización del comportamiento de los datos del material para poder observar su tendencia como se mencionó anteriormente, los datos no presentan estacionalidad.

```

Residuals:
    1      2      3      4      5      6
-4.476 -1.419 14.638 -5.305 -5.248  1.810

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  41.5333    7.9985   5.193  0.00655 **
t             0.9429     2.0538   0.459  0.67002
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 8.592 on 4 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.05005, Adjusted R-squared:  -0.1874
F-statistic: 0.2107 on 1 and 4 DF, p-value: 0.67

```

Figura 2.4 Datos y parámetros del modelo regresión lineal para el material plástico negro reprocesado. (Fuente: Autores)

La figura 2.4 refleja el valor de la variable independiente t (tiempo) que sirvió para poder encontrar la recta de regresión y aplicar el modelo. Además, brinda otros criterios de selección como el R^2 ajustado y el valor p el cual determina si existe o no modelo de regresión.

```

> par(mfrow=c(1,1))
> plot(t,x_pnr,type="o",xlab="Mes", ylab="Costo de pedir de Plástico Negro")
> abline(mod_pnr,col="red")
> par(mfrow=c(2,2))

```

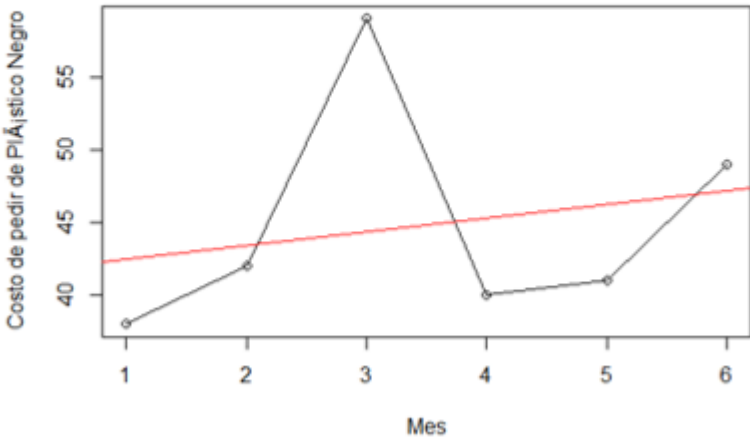


Figura 2.5 Recta de regresión lineal ajustada para material plástico negro reprocesado. (Fuente: Autores)

La figura 2.5 ilustra la recta de regresión lineal ajustada a los valores reales observados, la cual sirvió de parámetro para visualmente poder determinar si se ajustan los datos y su afinidad a la realidad.

```
> SCE(mod_pnr$residuals)
[1] 295.2762
```

Figura 2.6 Suma cuadrática de los errores para el material plástico negro reprocesado. (Fuente: Autores)

La figura 2.6 indica la suma cuadrática de los errores del modelo de regresión lineal, parámetro que sirvió para escoger el modelo que más se ajuste a los datos. Como es una proyección siempre hay un porcentaje de error, por esta razón se escoge el de menor.

2.3.1.2 Modelo medias Móviles

Previo a la elección, se analizó el modelo de medias móviles a los datos que es adecuado para patrones de demanda estables o perpetuos con poca tendencia y sin estacionalidad, por lo tanto, este modelo representó de gran ayuda ya que muchos datos se comportan con estas características mencionadas en la cual se analizó los meses del primer semestre del año en curso. Este modelo lo que hace es suavizar la serie, es decir que ayuda a revelar las características importantes de los datos.

```
> #COMPARA LA SERIE AJUSTADA CON LA SERIE REAL
> ts.plot(serie_pnr)
> points(serie_pnr.fit, type = "l", col = 2, lty = 2)
```

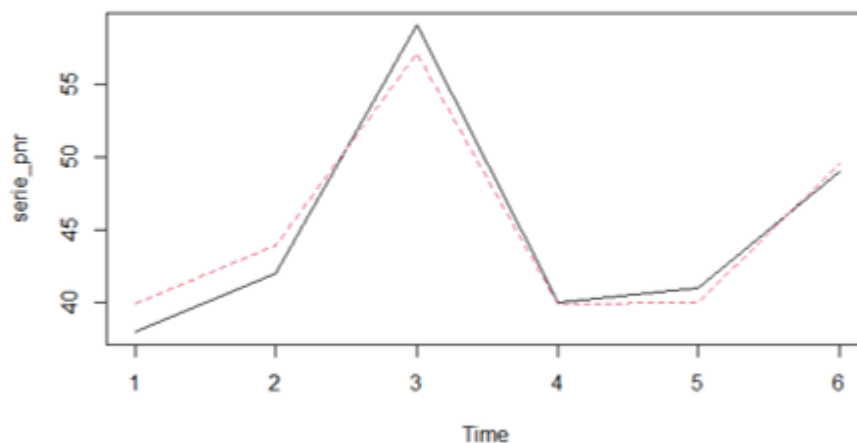


Figura 2.7 Modelo de Medias Móviles ajustado para el producto plástico negro reprocesado en R studio. (Fuente: Autores)

La figura 2.7 indica la serie ajustada con medias móviles (línea roja) con respecto a los valores reales observados (línea negra), la cual brinda un parámetro del comportamiento de los datos y fue de gran utilidad para la toma de decisiones.

```
> SCE(ma2$residuals)
[1] 12.02217
```

Figura 2.8 Suma cuadrática de los errores del material plástico negro reprocesado en R studio.

La figura 2.8 detalla la suma cuadrática de los errores del modelo de medias móviles para un producto de la empresa SUMIAB, este parámetro sirvió para escoger el mejor modelo como se mencionó anteriormente.

2.3.1.3 Suavización exponencial simple

El modelo de suavización exponencial ayudó ya que existió datos sin tendencia y sin estacionalidad en la cual el modelo da una mayor ponderación a los valores más cercanos en el tiempo, para el presente proyecto el tiempo fueron los meses de análisis.

$$\widehat{Z}_{t+1} = \alpha Z_t + (1 - \alpha)\widehat{Z}_t \quad (17)$$

Se asignó el valor de α que se encuentra en la ecuación (17) en el cual comprende valores entre 0 y 1 y se calculó la constante que más se aproxime al modelo para poder determinar el pronóstico como indica la ilustración 2.9.

```
> mod_pnr2$alpha
[1] 0.2625793
```

Figura 2.9. Valor del parámetro alfa para el material plástico negro reprocesado en R studio. (Fuente: Autores)

Gráfica del modelo

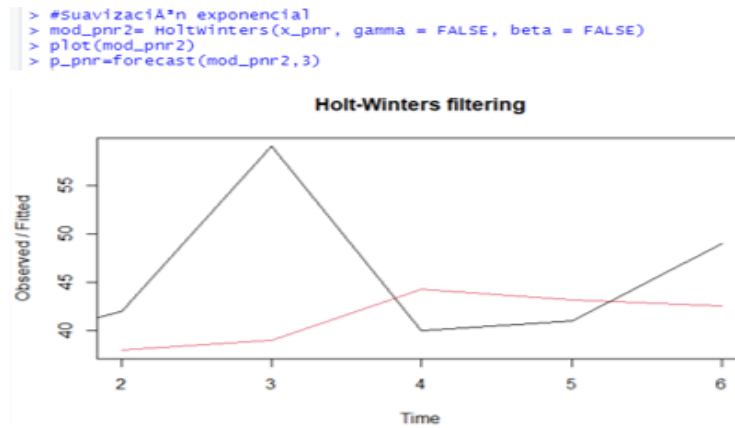


Figura 2.10. Modelo de suavización exponencial ajustado para el material plástico negro reprocesado en R studio. (Fuente: Autores)

La figura 2.10 indica el modelo ajustado de suavización exponencial (línea roja) con respecto a los valores reales observados (línea negra).

```
> mod_pnr2$SSE
[1] 478.087
```

Figura 2.11. Suma cuadrática de los errores para el material plástico negro reprocesado. (Fuente: Autores)

En la figura 2.11 se ilustra la suma cuadrática de los errores del modelo de suavización exponencial así mismo como los otros modelos descritos anteriormente, en la cual una vez que se obtuvo los 3 modelos se comparó con el que tenga menor valor.

2.3.2 Modelo EOQ

Este modelo es el principal para encontrar la cantidad óptima de pedido y la fecha en la que se realizó el reabastecimiento. Para que este modelo sea aplicable dentro de la empresa se siguieron los siguientes supuestos:

- Se encontró la proyección de la demanda, y una vez conocida la misma, se determina que es independiente y no hay oscilaciones en los siguientes periodos.

- Se conoce el precio unitario de los 10 artículos a analizar, y estos cumplen con la condición de ser constantes a lo largo de los n periodos.
- Se tienen presente todos los costes de almacenamiento y dependen de la ocupación de cada artículo dentro de la bodega.
- No se tomaron en cuenta descuentos por volumen

Como se muestra en la tabla 2.4 anteriormente, se tiene un historial de la demanda durante el año 2022. Al momento que se calculó la demanda en el periodo $n+1$ se pudo determinar la cantidad de pedido óptima. Los costos brindados por la empresa SUMIAB S.A permiten realizar un análisis real de los costos de almacenamiento y el costo real de pedir.

2.3.2.1 Sistema de revisión continua (s,Q)

El sistema óptimo que se utilizó fue el modelo de revisión continua (s,Q), ya que se buscó encontrar el nivel de inventario efectivo en el cual se va a realizar un pedido de tamaño Q, actualmente la empresa no cuenta con una planificación EOQ o modelo de inventario establecido. Se dice que es continua, debido a que mediante la implementación del sistema de WMS, se tiene información continua de los movimientos que se realizan dentro de la bodega. Se destaca que para el caso de la empresa SUMIAB S.A, los tiempos de reabastecimiento "Lead time" es constante para cada artículo.

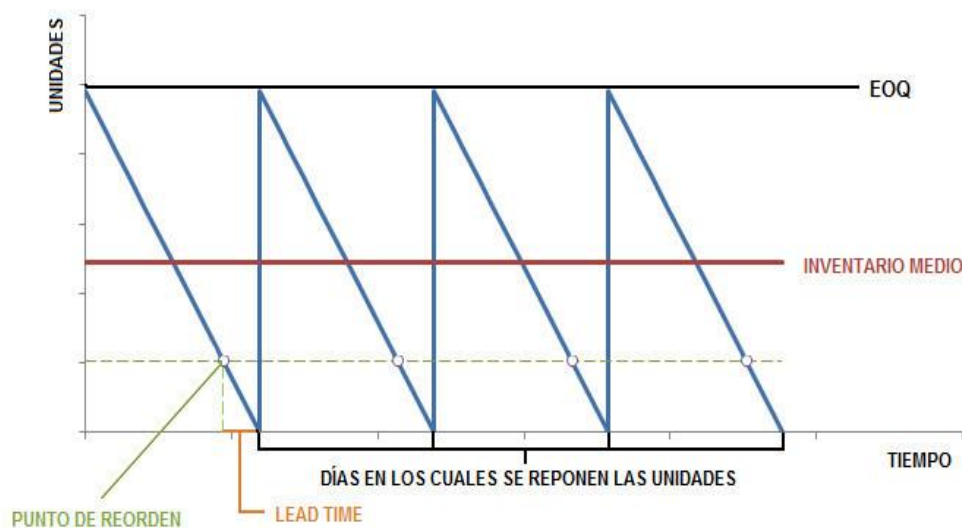


Figura 2.12. Demanda constante Lead time constante Fuente (Logística y abastecimiento)

La figura 2.12 nos muestra el caso donde se va a pedir una cantidad Q, cuando el punto de reordenar sea S. Para este análisis es necesario conocer el lead time de todos los artículos.

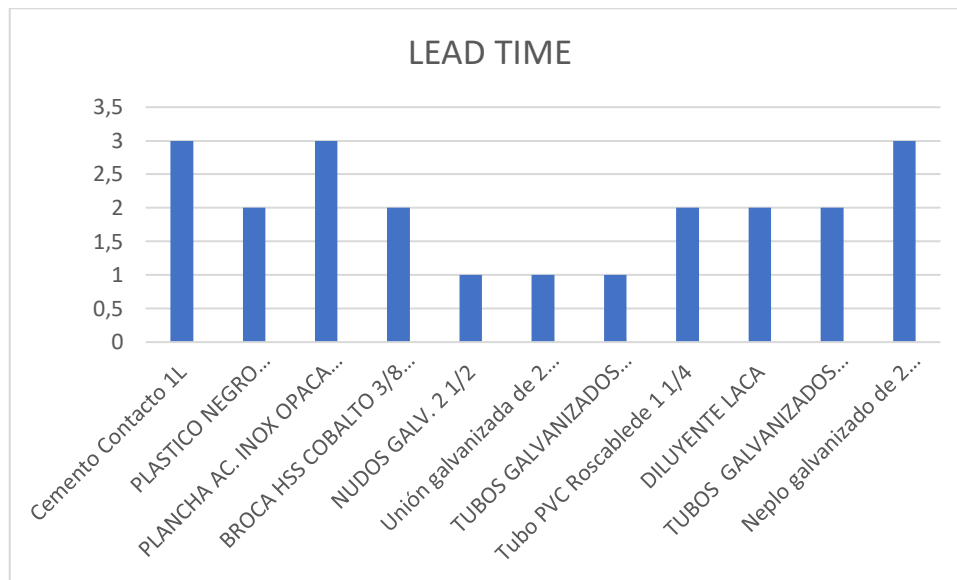


Figura 2.13 Lead time de primeros 10 artículos Fuente (Autores)

La ilustración 2.13 nos muestra gráficamente cómo se comportan tanto los proveedores como el encargado del transporte, para pedir y que el producto llegue al almacén. Analizando datos el lead time dentro de la empresa es bajo ya que el máximo es 3 días desde que se genera la orden de compra, hasta que el artículo llegue a la bodega. Donde se concluyó que los artículos con mayor demora son el cemento de contacto 1L, Plancha y Neplo galvanizado.

2.4 USO DE SOFTWARE

2.4.1 Visual Basic for application

Según (Briones, 2001) una macro es un conjunto de comandos que se guardan en Excel de manera que siempre están disponibles cuando se necesite ejecutarlas y se utiliza para evitar repetir tareas una y otra vez. Por lo que Visual Basic es un lenguaje de programación macro para Excel, totalmente formulado de manera que se establezca

correctamente, las dependencias y las precedencias entre todas las variables que intervienen en el contexto.

El levantamiento de información en la bodega ayudó a entender los procesos internos que se llevan a cabo para posteriormente crear un WMS dependiendo de las necesidades de estas mismas. Para el presente proyecto se utilizó el programa Macros de Excel que utiliza un lenguaje de programación orientada a objetos Visual Basic que simplifica ciertas tareas de registro y seguimiento. Este programa es muy útil por la versatilidad que tiene y automatización de los datos. De acuerdo a (Acosta, 2015) al realizar cálculos en el área de trabajo y tareas repetitivas se desperdicia mucho tiempo realizándolo de forma manual, al aplicar las macros se automatiza todas estas tareas en cuestión de segundos.

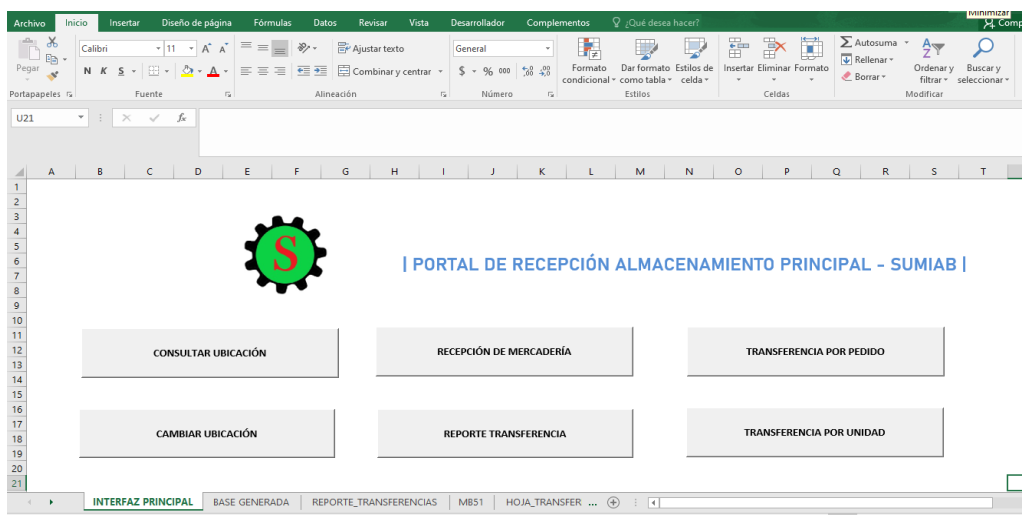


Figura 2.14. Interfaz principal WMS. (Fuente: Autores)

En la ilustración 2.14 se muestra la interfaz principal del programa donde se realizó 6 módulos debido a las necesidades de la bodega:

- 1) Módulo de recepción de Mercadería
- 2) Módulo de transferencia por unidad o egreso.
- 3) Módulo de transferencia por pedido o egreso.
- 4) Módulo de consultar ubicación.
- 5) Módulo de cambiar ubicación.
- 6) Módulo de reporte de transferencia

2.4.2 R Studio

Para el cálculo de los modelos estadísticos y matemáticos mencionados anteriormente se apoyó en el programa R Studio, la cual es una herramienta de gran ayuda para realizar operaciones numéricas, científicas y estadísticas. Según (Rodríguez Silva, 2019) tiene un amplio margen de utilización ya sea para fines académicos, en el campo de la medicina, economía, etc. Además, permite la creación de gráficos de alta calidad y lo hace muy atractivo para el análisis ya que logra la labor de modelación que es muy importante en el estudio.

Adicionalmente, para una buena modelación y proyección de la demanda fue necesario el uso de esta herramienta ya que nos brinda parámetros que nos ayudaron a elegir el modelo que se más se ajuste al comportamiento de los datos, cada producto tiene cierto comportamiento que debe ser modelado y el programa R Studio facilitó el cálculo. Cabe recalcar que R Studio usa un lenguaje de programación R la cual se puede integrar con otros lenguajes de programación como C, C++ para el análisis de big data.

2.5 CONSIDERACIONES LEGALES Y ÉTICAS

Para cumplir con los requisitos legales de acuerdo a las leyes y decretos del país que se necesitan para operar la empresa se detalla a continuación el listado de estos mismos que se tiene regulación:

- El permiso de funcionamiento que es el documento que lo otorga el ARCSA (Agencia de regulación y control sanitario) que cumple con los requisitos para el funcionamiento que están establecidos en la norma vigente de la ley.
- Los equipos de protección personal y uniformes que reciben los trabajadores son homologados como lo es requerido y las capacitaciones que se imparten son aprobadas por el Ministerio de Trabajo.
- Las camionetas de la empresa circulan con la documentación al día, entre ellas: matrícula al día, revisión vehicular y además cuenta con equipos de protección personal como guantes, extintores y cascos.
- Conforme al reglamento de seguridad y salud de los trabajadores del art.17, la empresa tiene seccionado diferentes sectores de seguridad industrial como: punto de encuentro en caso de algún siniestro, pasillos marcados donde debe transitar el trabajador, señales de advertencia, seguridad de manipulación de mercancía. Donde el trabajador es responsable de no cometer actos inseguros que atenten con la vida propia.
- De acuerdo al art 4 de la ley de seguridad y salud del ministerio de salud pública, la empresa tiene definidas normas sobre la seguridad e higiene del trabajo en el proyecto y en la instalación de la empresa.

2.6 FASES DEL PROYECTO

Evaluación del proceso: Por medio de una visita técnica a las bodegas con autorización de la gerente general se logró identificar los procesos que se llevan a cabo dentro de la bodega para poder establecer ciertos parámetros de evaluación y planificación.

Identificación del problema: A través de entrevistas con la gerente general María Bowen García se logró reconocer el problema más relevante en la bodega y el que más influye en la administración y logística, en este caso el inventario.

Solicitud de los datos pertinentes: Mediante un requerimiento se pidió datos importantes a la empresa como la demanda de meses anteriores, costos, y datos secundarios como proveedores, destino de productos, etc.

Clasificación de datos: Se identificó el método descriptivo a seguir, depuración de datos del inventario, se realizó el análisis ABC de los datos, históricos de la demanda, costos directos e indirectos de transporte, aprovisionamiento y almacenamiento, modelos de proyección.

Análisis de datos: Se analizó el comportamiento de los modelos para la proyección de la demanda, se estudió el modelo EOQ en base al modelo de revisión continua y adicionalmente se trabajó el WMS en base a las necesidades de la bodega.

Análisis de resultados: Se visualiza la implementación del WMS y la efectividad del modelo EOQ para dejar establecido una política de inventario óptima.

2.7 CRONOGRAMA DE TRABAJO

En el siguiente cronograma se muestra como fueron planificadas las semanas de trabajo para la consecución del proyecto.

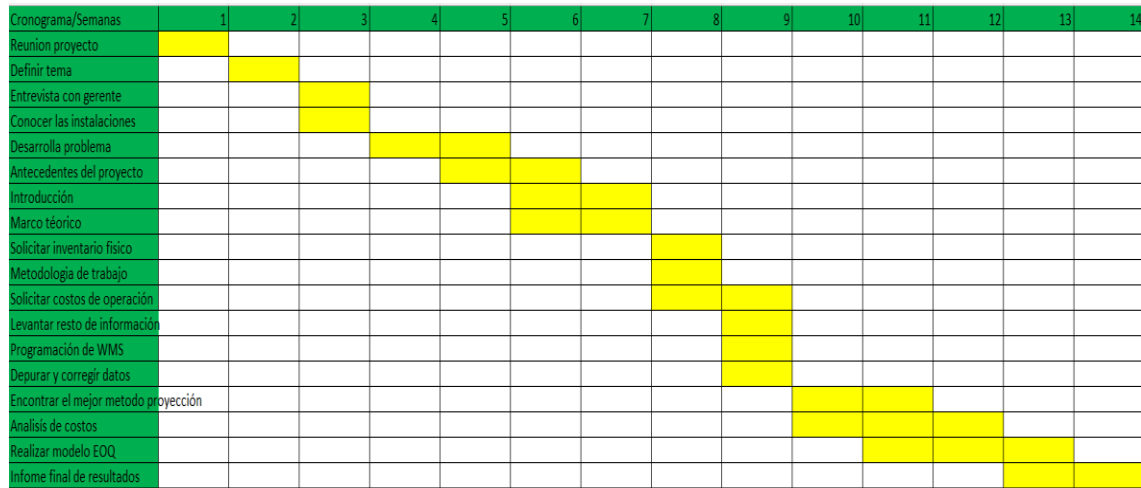


Figura 2.15. Cronograma de trabajo. Fuente: Autores

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1 Análisis de los modelos de proyección

El análisis de viabilidad de los modelos de proyección de suavización exponencial, regresión lineal y medias móviles dio como resultado el mejor modelo para cada uno de los productos analizados y su contribución para la construcción de las demandas que fue utilizado para el modelo EOQ:

- El modelo de proyección que más se ajustó a la mayoría de los datos fue el modelo de medias móviles (80%), seguido del modelo de suavización exponencial (20%). Es decir, el modelo con menor suma cuadrática de los errores de entre todos los productos fue el de medias móviles.
- El modelo de regresión lineal no fue escogido debido a la variabilidad y comportamiento de los datos con respecto al tiempo, no se mostró una tendencia marcada. El valor de R^2 fue muy pequeño para todos los materiales e incluso hasta negativos en algunos. La prueba de normalidad empleada fue la de Kolmogorov - Smirnov y en todos los casos el valor p fue mayor a 0.05 lo que nos indicó que no se puede rechazar la hipótesis nula.
- Los residuales del modelo de medias móviles son bajos comparados a los otros modelos y la recta ajustada se apega a los datos reales observados como nos muestra la Tabla 3.

Tabla 3.1

Modelos de proyección de cada producto (Fuente -Autores)

| Producto | Modelo de proyección |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Cemento contacto 1L | Medias Móviles |
| Plástico negro reprocesado 1,5 metros | Suavización exponencial |
| Plancha acero inoxidable opaca | Medias Móviles |
| Broca cobalto 3/8 | Medias Móviles |
| Nudos galvanizados 2 ½ | Medias Móviles |
| Unión rosca galvanizados 2 ½ | Medias Móviles |
| Tubos Galvanizados 2 ½ | Medias Móviles |

Tubo PVC roscablede 1 ¼
 Diluyente laca
 Tubos Galvanizados Iso 2 ½

Medias Móviles
 Suavización exponencial
 Medias Móviles

3.2 Análisis de las demandas

Luego de identificar los modelos adecuados para cada uno de los 10 productos de la empresa SUMIAB para asegurar que los datos sean confiables, se realizó el pronóstico para el mes siguiente mediante la herramienta R Studio. En la cual como indica un ejemplo en la ilustración 3.1 se obtiene el pronóstico para el mes de Julio y además brinda información de intervalos de confianza con el 80% y 95%.

```
> #PRONOSTICO PARA MESES SIGUIENTES
> forecast(ma2,2)
Point Forecast    Lo 80    Hi 80    Lo 95    Hi 95
7              50.36455 48.25726 52.47184 47.14173 53.58737
```

Figura 3.1. Pronóstico de material plástico negro reprocesado mediante R studio

En la Tabla 3.2 se muestra la demanda o cantidad pronosticada para cada material en el mes de estudio.

Tabla 3.2

Proyección de la demanda para el mes de Julio (Fuente – Autores).

| Producto | Proyección Julio 2022 |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Cemento contacto 1L | 274 |
| Plástico negro reprocesado 1,5 metros | 51 |
| Plancha acero inoxidable opaca | 6 |
| Broca cobalto 3/8 | 55 |
| Nudos galvanizados 2 ½ | 67 |
| Unión rosca galvanizados 2 ½ | 531 |
| Tubos Galvanizados 2 ½ | 56 |
| Tubo PVC roscablede 1 ¼ | 177 |
| Diluyente laca | 244 |
| Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | 29 |

3.3 Análisis de costos

En el modelo EOQ, es necesario encontrar y justificar dos costos los cuales son necesarios en el cálculo de la cantidad óptimo de pedido y los costos totales.

3.3.1 Porcentaje de mantenimiento

Para encontrar el costo de mantenimiento se utilizó los costos especificados en la tabla 5. A su vez es necesario conocer las compras del periodo anterior, en este caso se utilizó las compras del mes de junio el cual esta especificada en la sección 2.2.6. La siguiente formula detalla el cálculo del porcentaje de mantenimiento:

$$i = \frac{\text{compras}_i + \text{costo de almacenamiento}_i}{\text{inventario}_i}$$

$$i = 0.0225$$

$$i = 2.25\%$$

3.3.2 Costo de pedir

Para el cálculo del costo de pedir es necesario conocer que costos influyen al momento de realizar el reabastecimiento de producto. En la Tabla 3.3 se especifica la depreciación de las computadoras que posee la empresa para poder establecer un costo mensual indirecto en el costo de pedir.

Tabla 3.3.

Depreciación de máquinas digitales. Fuente: Empresa SUMIAB

| | |
|---------------------------|---------|
| Número computadoras | 3 |
| Costo computadora inicial | \$1000 |
| Tasa depreciación anual | 20% |
| Vida útil | 5 años |
| Costo por equipo mensual | \$16,67 |

Tabla 3.4

Costo pedir. Fuente (Autores).

| | Costo | % Pedido | Total |
|-------------------------------------|-----------|----------|----------|
| Costo total personal | \$2090.3 | 45% | \$940.64 |
| Costo total transporte | \$1822.44 | 51% | \$929.44 |
| Costo máquinas | \$50,01 | 45% | \$22,50 |
| Costo mantenimiento de equipos | \$20 | - | \$20.00 |
| Suministros de oficina | \$30 | 40% | \$12.00 |
| Programa Azur | \$15 | 40% | \$6.00 |
| Internet fijo | \$40 | 45% | \$16.00 |
| Internet móvil | \$40 | 45% | \$16.00 |
| Electricidad | \$80.33 | 15% | \$12.05 |
| Alquiler bodega y espacio destinado | \$500 | 20% | \$100.00 |
| Costo Total Pedir | | | \$51.87 |

La tabla 3.4 especifica cuanto es el costo de realizar un pedido, en el cual se describe el porcentaje ocupacional que se toman tanto los empleados como el sistema de transporte utilizado en realizar un pedido, costos de mantenimiento de equipos, suministros de oficina, alquiler de bodega y el porcentaje a utilizar. Por último, tomando en cuenta la cantidad de pedidos que se realizan mensualmente los cuales en promedio son 40 se divide la suma de costos con el número de pedidos en el mes.

3.4 Aplicación de modelo EOQ

3.4.1 Costo total de pedido

Este costo radica en utilizar las demandas antes expuestas, las cuales son proyecciones de ventas en un mes, a su vez se muestra el costo unitario por producto las cuales permite calcular el costo total de pedido por artículo, como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5.**Costo total de pedido. (Fuente: Autores)**

| Descripción | Demanda (unid/mes) | Costo unitario (\$) | Costo total de pedido (\$) |
|--|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| CEMENTO CONTACTO 1L | 274 | 12.50 | 3425 |
| PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTRS | 51 | 79.40 | 4049.4 |
| PLANCHA AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2,44 | 6 | 257.00 | 1542 |
| BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 55 | 18.05 | 992.75 |
| NUDOS GALV. 2 1/2 | 67 | 9.76 | 653.92 |
| UNIÓN GALVANIZADA DE 2 1/2" ROSCA | 531 | 2.52 | 1338.12 |
| TUBOS GALVANIZADOS CED.40 2 1/2 | 56 | 21.00 | 1176 |
| TUBO PVC ROSCABLEDE 1 1/4 | 177 | 5.60 | 991.2 |
| DILUYENTE LACA | 244 | 7.00 | 1708 |
| TUBOS GALVANIZADOS ISO2 2 1/2 | 29 | 14.76 | 428.04 |

3.4.2 Análisis de cantidad óptima de pedido (EOQ)

La obtención de las demandas permitió realizar el cálculo de la cantidad óptima de pedido, la cual como fue descrito en los capítulos anteriores involucra los costos de pedir y mantener en inventario. La siguiente tabla muestra el cálculo de los 10 artículos con mayor participación dentro de la bodega y su cantidad óptima de pedido (EOQ).

Tabla 3.6.**Cantidad óptima de pedido. Fuente: Autores**

| EAN | Descripción | Demanda (unid/mes) | Costo unitario (\$/unidad) | EOQ (unidades) |
|-------------|--|-----------------------|-------------------------------|----------------|
| 001 001 001 | CEMENTO CONTACTO 1L | 274 | \$12.50 | 217 |
| 002 002 001 | PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTRS | 51 | \$79.40 | 38 |
| 002 001 001 | PLANCHA AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2,44 | 6 | \$257.00 | 8 |
| 005 001 001 | BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 55 | \$18.05 | 81 |
| 004 001 001 | NUDOS GALV. 2 1/2 | 67 | \$9.76 | 122 |
| 004 002 001 | UNIÓN GALVANIZADA DE 2 1/2" ROSCA | 531 | \$2.52 | 672 |

| | | | | |
|-------------|-------------------------------|-----|----------|-----|
| 003 002 001 | TUBOS GALVANIZADOS CED.40 2 | 56 | \$21.00 | 76 |
| 003 001 001 | TUBO PVC ROSCABLEDE 1 1/4 | 177 | \$5.60 | 260 |
| 001 002 001 | DILUYENTE LACA | 244 | \$7.00 | 273 |
| 003 003 001 | TUBOS GALVANIZADOS ISO2 2 1/2 | 29 | \$ 14.76 | 65 |

Como se muestra en la Tabla 3.6 existen artículos, los cuales su cantidad óptima de pedido es superior a la demanda, esto significa que esta cantidad satisfará las demandas del siguiente periodo. Esta cantidad óptima de pedido es el valor con el cual la suma de los costos totales de almacenamiento y pedido son los más bajos, es por lo que se propone esta solución y política de abastecimiento a la empresa SUMIAB S.A.

3.4.3 Análisis del modelo de revisión continua (s,Q)

El propósito de la revisión continua dentro de la empresa es conocer los cambios en los niveles de consumos en los diferentes tipos de productos. Mediante el análisis de cómo se comportan los datos a través del tiempo se buscó encontrar el punto de ruptura de stock. A continuación, se muestra en la Tabla 3.7 los diferentes puntos de reorden, con su respectivo tiempo de reabastecimiento.

Tabla 3.7

Punto reorden. Fuente: Autores

| EAN | Descripción | Lead Time (días) | Punto de reorden (Unidades) | Tiempo de pedidos (meses) | Tiempo de pedidos (días) |
|-------------|---|------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 001 001 001 | CEMENTO CONTACTO 1L | 3 | 27 | 0.79 | 23 |
| 002 002 001 | PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTRS | 2 | 3 | 0.75 | 22 |
| 002 001 001 | PLANCHA AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2,44 | 3 | 1 | 1.33 | 40 |
| 005 001 001 | BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 2 | 4 | 1.47 | 44 |
| 004 001 001 | NUDOS GALV. 2 1/2 | 1 | 2 | 1.82 | 54 |
| 004 002 001 | UNIÓN GALVANIZADA DE 2 1/2" ROSCA | 1 | 18 | 1.27 | 37 |
| 003 002 001 | TUBOS GALVANIZADOS CED.40 2 1/2 | 1 | 2 | 1.36 | 40 |
| 003 001 001 | TUBO PVC ROSCABLEDE 1 1/4 | 2 | 12 | 1.47 | 44 |

| | | | | | |
|-------------|----------------------------------|---|----|------|----|
| 001 002 001 | DILUYENTE LACA | 2 | 16 | 1.12 | 33 |
| 003 003 001 | TUBOS GALVANIZADOS ISO2 2 1/2 | 2 | 2 | 2.24 | 67 |

La Tabla 3.7 nos explica cuando habría que reabastecerse para que el nivel de inventario llegue a cero, y no exista un desabastecimiento. Controlar estos niveles de inventario, permiten a la empresa ofrecer un mayor nivel de servicio, a su vez este modelo permite conocer a la empresa SUMIAB S.A cada que tiempo es necesario realizar un pedido, de esta manera su planificación será de manera adecuada.

3.4.4 Análisis grafico de los modelos EOQ y revisión continua (s,Q)

Es necesario que los datos no sean presentados únicamente en tablas, lo cual no permite al receptor del producto entender con claridad los resultados expuestos, es por esto por lo que en WMS, se creó una sección la cual permite a la empresa SUMIAB S.A revisar la situación de cada artículo como se muestra en la siguiente imagen.

| | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--------|-------------------|---------|---------------------|-------------|
| Unidad de tiempo | tiempo | Mes | | 1 año = | 360 días | 001 001 001 |
| Costo por unidad | c= | 12.5 | | | | |
| Demanda/tiempo | D= | 274 | Unidades por Mes | 69 | Unidades por semana | 9.0 |
| Costo de preparación/pedido | K= | 51.87 | \$ / Pedido | | | |
| Costo de mantener/unidad*tiempo | h= | 0.0225 | \$ / unidad * Mes | | | |
| Tiempo de espera | L= | 3 | días | | | |
| Cantidad óptima | Q*= | 318 | Unidades | | | |
| Tiempo entre pedidos | t*= | 1.16 | Mes | 4.6 | semanas | 34.8 |
| Punto de reorden | q= | 27 | unidades | | | |
| Tiempo de espera efectivo | Le= | 3 | días | | | |

Figura 3.2. Modelo EOQ. Fuente: Autores

La imagen 3.2 muestra todos los datos necesarios para el cálculo del modelo EOQ y el punto de reorden del artículo 001001001. La sección en amarillo muestra los datos ya conocidos, mientras que los valores que se encuentran en color naranja presentan los resultados de cantidad óptima de pedido, punto de reorden y tiempo entre pedidos.

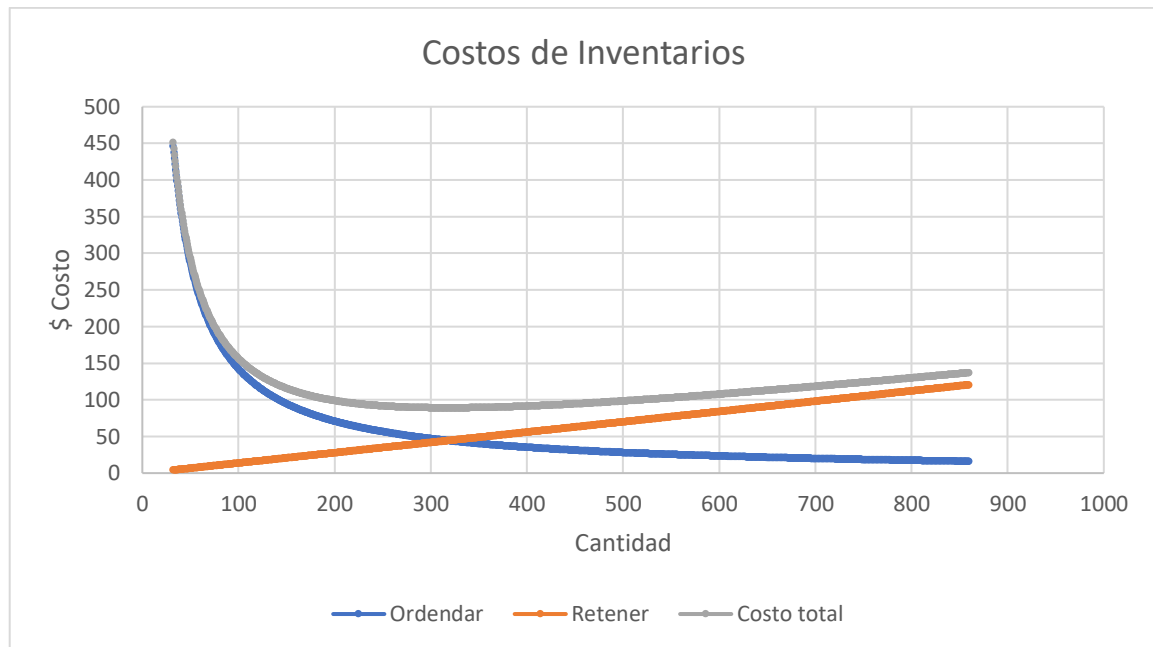


Figura 3.3. Gráfica de costos Modelo EOQ

A su vez la imagen 3.3 muestra gráficamente los costos de inventario que se ven involucrados al momento de realizar un pedido para el artículo 001001001. Se observa gráficamente que la tendencia de los costos de ordenar es descender a medida que la cantidad de pedidos es mayor, lo cual incentiva al cliente a comprar mayor cantidad para reducir este costo. Mientras que los costos de obtener tienen una tendencia contraria, entre menor cantidad se pida menor es el costo. Por esto se busca un equilibrio que es la intersección de estos dos costos, que en este caso fue de 318 unidades.

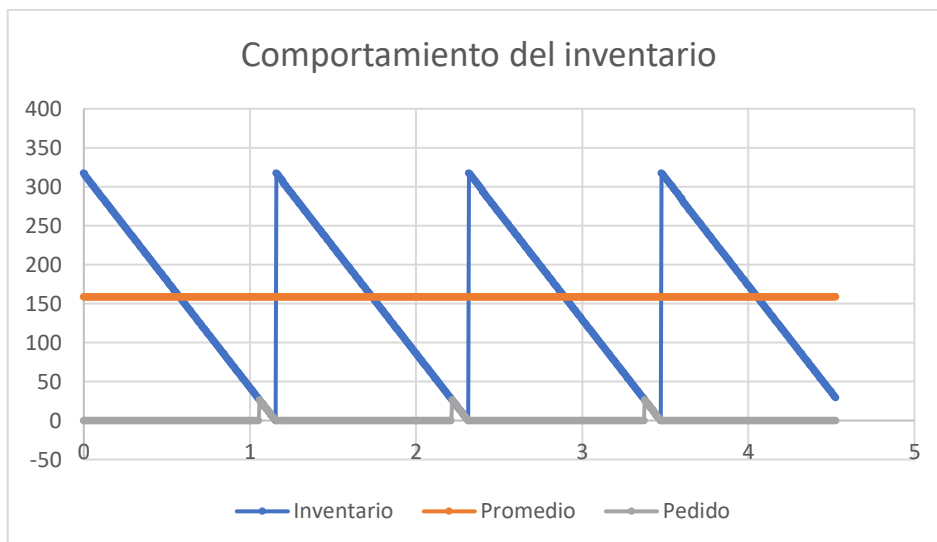


Figura 3.4 Comportamiento del inventario. Fuente: Autores

La imagen 3.4 muestra el comportamiento del inventario a través del tiempo. En el que la línea color azul representa cómo se comporta el inventario, es decir comienza con la cantidad óptima de pedido y va disminuyendo a lo largo del tiempo. Mientras que la línea de color gris nos indica el punto de reorden, es decir en qué momento del nivel de inventario hay que realizar la reposición, para este caso como se describió el EOQ fue de 318 unidades, mientras que el punto de reorden se realizará cuando el punto de inventario llegue a 27 unidades. Todo esto debido a que este producto tiene un lead time de 3 días.

3.4.5 Inventario de seguridad

Encontrar el inventario de seguridad es de gran importancia dentro del manejo del inventario. Es sumamente necesario determinar el nivel de servicio con el cual la empresa va a trabajar, en el caso de la empresa SUMIAB S.A, se estableció un nivel de servicio de 90%. Lo que significa que en el 90% de los casos que la demanda sea variada, se podrá cumplir con las exigencias del cliente. Este 90% permitió encontrar el valor estadístico de z, el cual es el mismo para todos los productos, debido a que la empresa en su totalidad presenta el porcentaje de nivel de servicio. A su vez se presenta la desviación de la muestra con el histórico de las demandas. La tabla 3.8 muestra como se manejaron los datos y cual es el inventario de seguridad para cada artículo.

Tabla 3.8**Inventario de seguridad. Fuente: Autores**

| EAN | Descripción | Nivel de servicio | Desviación de la demanda | Lead time | Inventario seguridad |
|-------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|
| 001 001 001 | Cemento contacto 1L | 1.28 | 33.50 | 3 | 75 |
| 002 002 001 | Plástico negro reprocesado 1,5 metros | 1.28 | 7.88 | 2 | 15 |
| 002 001 001 | Plancha acero inoxidable opaca | 1.28 | 3.14 | 3 | 7 |
| 005 001 001 | Broca cobalto 3/8 | 1.28 | 7.94 | 2 | 15 |
| 004 001 001 | Nudos galvanizados 2 ½ | 1.28 | 43.40 | 1 | 56 |
| 004 002 001 | Unión rosca galvanizados 2 ½ | 1.28 | 18.53 | 1 | 24 |
| 003 002 001 | Tubos Galvanizados 2 ½ | 1.28 | 5.05 | 1 | 7 |
| 003 001 001 | Tubo PVC roscable de 1 ¼ | 1.28 | 8.93 | 2 | 17 |
| 001 002 001 | Diluyente laca | 1.28 | 16.42 | 2 | 30 |
| 003 003 001 | Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | 1.28 | 8.38 | 2 | 16 |

3.4.6 Análisis histórico de la demanda

Los datos de la proyección sirvieron de parámetro para poder cuantificar el crecimiento y decrecimiento de la demanda en los productos como lo muestra la **Tabla 3.9**. En la cual 6 de los 10 productos tienen un decrecimiento para el mes siguiente, mientras que los 4 restantes crecen con respecto a la media de los meses anteriores. Esto ayudó a que se tenga una estimación de utilidad para el mes siguiente de estos productos, en la cual existe un decremento del 7,04% en ventas relacionándolo en términos monetarios.

Tabla 3.9**Contraste de demandas anteriores con lo proyectado (Fuente-Autores).**

| Material | Media de las demandas anteriores | Venta de las demandas anteriores | Proyección mes Julio | Venta proyección Julio | Crecimiento / Decrecimiento |
|---------------------------------------|---|---|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Cemento contacto 1L | 278 | \$3.475,00 | 274 | \$ 3.425,00 | -1,74% |
| Plástico negro reprocesado 1,5 metros | 45 | \$ 3.573,00 | 51 | \$ 4.049,40 | 11,91% |
| Plancha acero inoxidable opaca | 11 | \$ 2.827,00 | 6 | \$ 1.542,00 | -52,55% |
| Broca cobalto 3/8 | 67 | \$ 1.209,35 | 55 | \$ 992,75 | -18,30% |
| Nudos galvanizados 2 ½ | 72 | \$ 702,72 | 67 | \$ 653,92 | -7,19% |

| | | | | | |
|---|-----|--------------------|-----|-----------------|---------|
| Unión rosca galvanizados 2 ½ | 518 | \$ 1.305,36 | 531 | \$ 1.338,12 | 2,36% |
| Tubos Galvanizados 2 ½ | 54 | \$ 1.134,00 | 56 | \$ 1.176,00 | 2,17% |
| Tubo PVC roscable de 1 ¼ | 167 | \$ 935,20 | 177 | \$ 991,20 | 5,86% |
| Diluyente laca Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | 253 | \$ 1.771,00 | 244 | \$ 1.708,00 | -3,75% |
| | 41 | \$ 605,16 | 29 | \$ 428,04 | -30,61% |
| Total | | \$17.537,79 | | \$16.304 | |

3.5 Prototipo

Antes de realizar el prototipo se recorrió la bodega para que mediante la observación analítica entender mejor los procesos que se llevan y la manera de acoplar el WMS a las necesidades de esta. Como se mencionó anteriormente se realizó un total de 6 módulos las cuales se explica brevemente a continuación:

3.5.1 Recepción de Mercadería

Este módulo en el que mediante el código de producto lee las órdenes de compra ingresadas en una hoja del WMS y automáticamente detalla la descripción del producto, las unidades a ingresar y se da una ubicación al producto. Esta información se almacena en una hoja de cálculo y se va actualizando a medida que se siguen guardando los productos como lo muestra la ilustración 3.5, fue de gran utilidad para el almacenamiento y ordenamiento del stock.

Figura 3.5. Módulo de recepción y perchado de mercadería (Fuente – Autores)

3.5.2 Módulo de transferencia por unidad

Este módulo en el cual mediante el código lee los pedidos realizados a la empresa ingresadas en una hoja del WMS y automáticamente brinda información detallada del producto y su cantidad en stock para que se ingrese las cantidades que tienen que enviarse de acuerdo al stock real disponible. Esta información se almacena en una hoja de cálculo donde se denominó reporte de transferencias y se resta la cantidad automáticamente del stock actual como muestra la ilustración 3.6.

Figura 3.6 Módulo de transferencia por unidad de un producto de la empresa (Fuente - Autores)

3.5.3 Módulo transferencia por pedido

Este módulo el cual mediante el documento de pedido se detalla toda la información que se requiere, en la que incluye la descripción de los productos, códigos y unidades a transferir. Esta información se almacena en una hoja de cálculo donde se denominó reporte de transferencias y se resta la cantidad automáticamente del stock actual como muestra la ilustración 3.7. Este módulo fue de gran utilidad debido a que se realizan pedidos grandes en bodega y solo mediante el documento de pedido se actualiza el stock de todos los productos de ese pedido y no individualmente.

TRANSFERENCIAS

Usuario: ROBERTO

Doc Compra: 4603632795

Buscar

TRANSFERIR SELECCIÓN

Detalle de EAN asociados:

| NUM. PEDIDO | ARTÍCULO | DESCR. | UNIDADES |
|-------------------------------------|----------------------|--|----------|
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 002002001 | PLASTICO NEGRO REPROCESADO 1,5 MTRS | 7 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 002001001 | PLANCH A AC. INOX OPACA 304 2B 1,22X2,44 | 10 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 001002001 | DILUYENTE LACA | 5 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 003003001 | TUBOS GALVANIZADOS ISO2 2 1/2 | 6 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 4603632795 005004001 | Cinta Transparente 2 | 50 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 005004003 | CONECTOR PVC ROSCABLE 1 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 005004004 | NUDO PVC ROSCABLE 1 | 3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 4603632795 005004005 | POMAS PLASTICA LITRO C/TAPA ROSCA ANCHA | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 005004006 | POMAS PLASTICA GLN C/ TAPA ROSCA | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004007 | FUNDIAS PLASTICAS 12X20 | 6 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004008 | CONECTOR PVC ROSCABLE 1 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004009 | NUDO PVC ROSCABLE 1 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004010 | CONECTOR PVC PEGABLE 1 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004011 | UNION PVC PEGABLE 1 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004012 | TEE PVC PEGABLE 1 | 4 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004013 | TACOS EXPANSION 10MM | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4603632795 006004014 | BROCHAS WILSON C/ROJO 2" | 5 |

Vista previa de EAN:

| NOTA ENTREGA | ARTÍCULO | DESCR. | UNIDADES |
|--------------|-----------|---------------------------|----------|
| 4603632795 | 005001001 | BROCA HSS COBALTO 3/8 USA | 12 |
| 4603632795 | 005004002 | DILUYENTE LACA | 11 |

Seleccionar todos Anular selección Guardar Cancelar

Figura 3.7 Módulo de transferencia por pedido (Fuente- Autores)

3.5.4 Módulo EOQ

Este módulo el cual mediante el código de producto brinda información del EOQ calculado previamente y su punto de reorden. Este módulo fue de gran utilidad para conocer la cantidad óptima de pedido de los 10 productos clasificados anteriormente como muestra la ilustración 3.8 y se guarda en una hoja de cálculo donde adicionalmente muestra un mensaje para observar a más detalle el EOQ del producto.

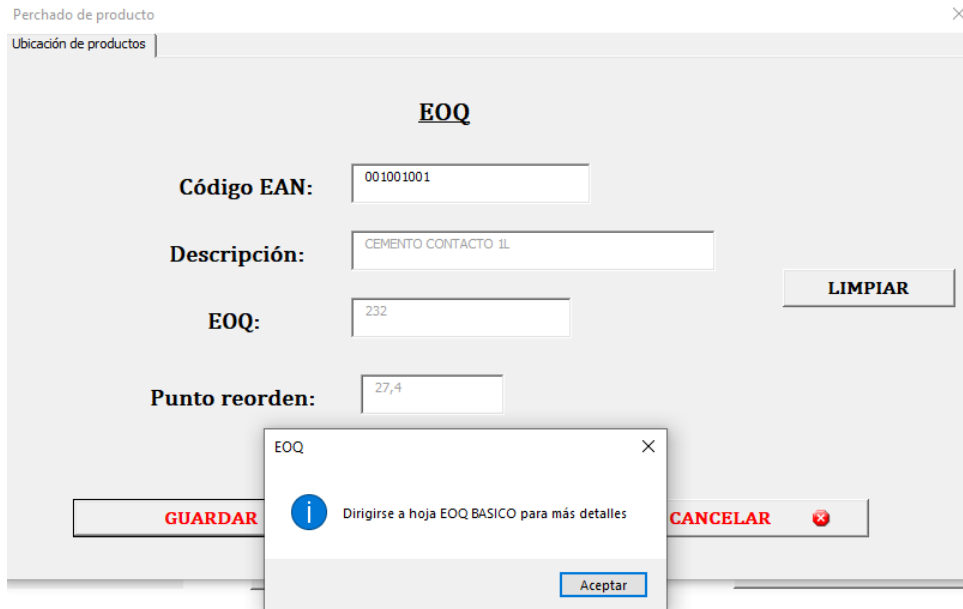


Figura 3.8. Módulo EOQ ejemplo con un producto de la empresa (Fuente- Autores).

En la hoja EOQ Básico se observa los detalles del producto, su cantidad óptima, punto de reorden y cada tiempo necesario de pedido como muestra la ilustración 3.9.

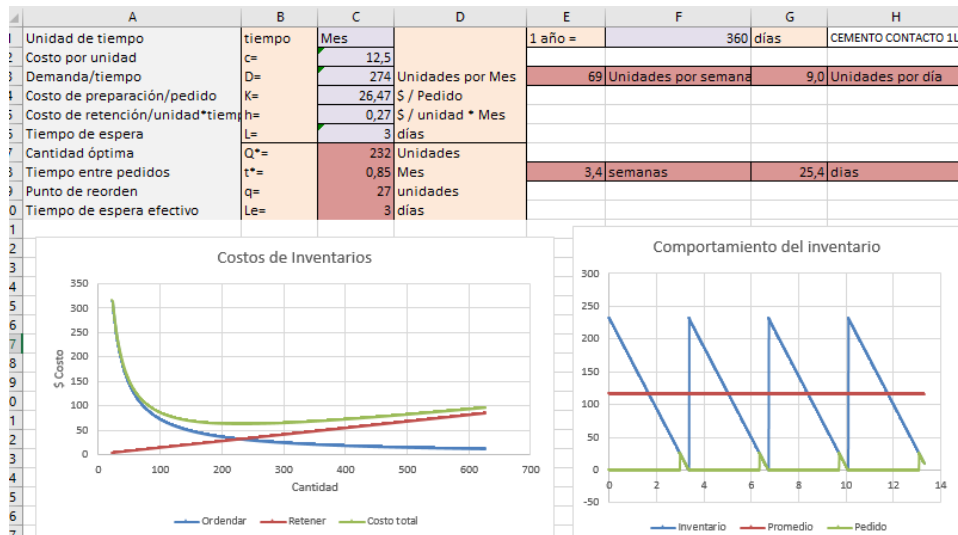
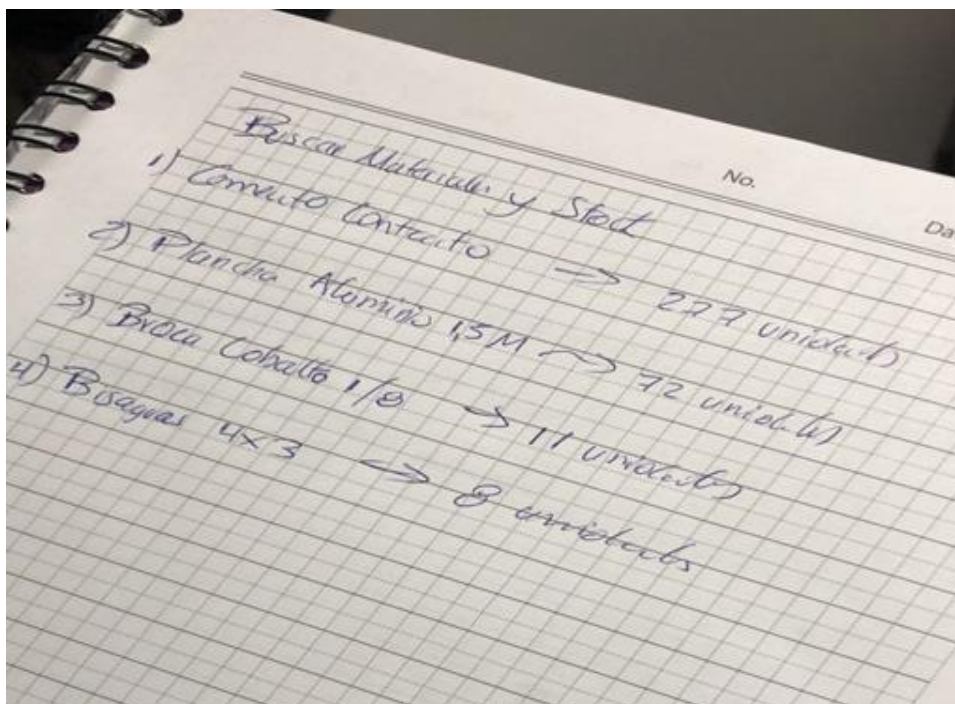


Figura 3.9. Detalle de EOQ de un producto de la empresa (Fuente - Autores).

3.6 Análisis Comparativo

3.6.1 Situación actual del manejo y búsqueda de mercadería

Luego de la observación de los procesos dentro de la bodega se pudo realizar un contraste para determinar el proceso actual de búsqueda y manejo de material, con el propuesto mediante el WMS. La figura 3.10 detalla cómo se lleva actualmente la búsqueda en la cual mediante un papel se realiza el seguimiento al stock y es notorio la pérdida de tiempo por producto en el proceso de búsqueda y conteo.



Handwritten inventory tracking sheet on graph paper. The title is 'Buscar Material y Stock'. The table lists four items with their respective quantities:

| Item | Quantity |
|--------------------------|--------------|
| 1) Concreto Contacito | 277 unidades |
| 2) Plancha Aluminio 1,5M | 72 unidades |
| 3) Brida Cobalto 1/8 | 11 unidades |
| 4) Bisagras 4x3 | 8 unidades |

Figura 3.10. Situación actual del manejo y búsqueda de inventario. Fuente: Autores

3.6.2 Comparativo tiempos en procesos

Con el modelo propuesto del WMS el tiempo de búsqueda y manejo de inventario de un producto de la empresa como indica la tabla la reducción del tiempo en este escenario propuesto es del 48,55% en comparación con el proceso actual. Muchos pasos se simplifican y automatizan como el del conocimiento del stock real y ubicación del producto, además del envío en la cual los datos se guardan automáticamente. Esto repercute directamente al servicio al cliente como lo muestra la tabla 3.10.

Tabla 3.10.

Análisis tiempo de proceso actual vs Propuesto

| Proceso actual | Tiempo actual | Proceso con propuesta WMS | Tiempo WMS |
|--|------------------|---|-----------------|
| Anotar en una hoja el producto que se requiere saber ubicación y stock | 1:00 min | Buscar en el WMS mediante el código EAN para conocer ubicación y stock real | 1:30 min |
| Búsqueda de producto sin conocer ubicación | 3:00 min | Búsqueda de producto conociendo la ubicación | 2:10 min |
| Conteo físico para conocer stock. | 4:00 min | | |
| Verificar cantidad a enviar del producto | 2:00 min | Verificar cantidad a enviar del producto | 2:00 min |
| Registro de envío de mercadería manual de un producto | 3:00 min | Registro de envío de mercadería de un producto | 1:50 min |
| Total minutos empleados en un producto con el proceso actual | 13:00 min | Total minutos empleados en un producto con el proceso propuesto | 7:40 min |

3.6.3 Situación actual del indicador “OTIF”

La empresa SUMIAB S.A cuenta con política de que si una venta se demora más de 3 días en ser entregada es considerada “Off time”. Para el manejo actual de inventario y de pedidos la compañía con el que contaba hasta el mes de junio con los siguientes datos. La empresa emitió un total de 57 órdenes de compras, en las cuales el KPI de “OTIF”, se muestra gráficamente a continuación:

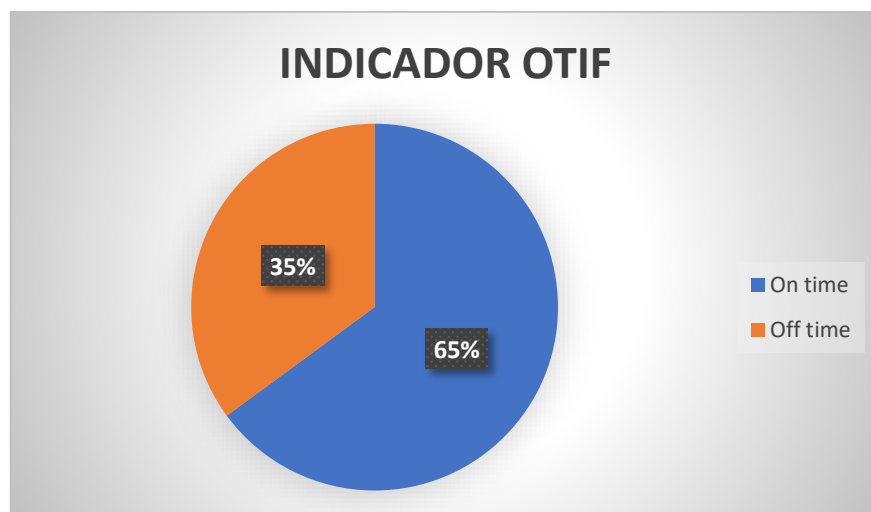


Figura 3.11. OTIF. Fuente: Autores

El gráfico 3.11 nos muestra los porcentajes de pedidos “On time” y “Off time”, claramente se logró apreciar que este indicador está por debajo de lo recomendado. Por lo que como solución se propuso a la empresa SUMIAB S.A llegar a un 90% de pedidos “On time” con la situación propuesta en la cual se plantea el WMS como medio para llegar al objetivo, donde se tiene una mejor organización de datos, optimización de tiempos, eficiencia de entregas y planificación por el modelo EOQ calculado.

3.6.4 Situación actual de costos en manejo de inventario

De acuerdo con lo conversado e investigado previamente, la empresa nos comentó que los pedidos se realizan una vez al mes para satisfacer la demanda mensual. Excepto para los productos con menor participación dentro de la bodega, los cuales se realizan pedidos cada que el cliente solicita. La Tabla 3.11 muestra la situación actual de los costos totales que se ven involucrados en el modelo EOQ.

Tabla 3.11.

Situación actual vs Propuesta. Fuente: Autores

| EAN | Descripción | Costo mantener Escenario actual (\$/mes) | Costo Pedir escenario actual (\$/mes) | CT actual |
|-------------|---------------------------------------|--|---|-----------|
| 001 001 001 | Cemento contacto 1L | \$42.81 | \$51.87 | \$94.68 |
| 002 002 001 | Plástico negro reprocesado 1,5 metros | \$50.62 | \$51.87 | \$102.49 |
| 002 001 001 | Plancha acero inoxidable opaca | \$19.28 | \$51.87 | \$71.15 |
| 005 001 001 | Broca cobalto 3/8 | \$12.21 | \$51.87 | \$64.28 |
| 004 001 001 | Nudos galvanizados 2 ½ | \$8.17 | \$51.87 | \$60.04 |
| 004 002 001 | Unión rosca galvanizados 2 ½ | \$16.73 | \$51.87 | \$68.60 |
| 003 002 001 | Tubos Galvanizados 2 ½ | \$14.70 | \$51.87 | \$66.57 |
| 003 001 001 | Tubo PVC roscable de 1 ¼ | \$12.39 | \$51.87 | \$64.26 |
| 001 002 001 | Diluyente laca | \$21.35 | \$51.87 | \$73.22 |
| 003 003 001 | Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | \$5.35 | \$51.87 | \$57.22 |

La tabla 3.11 nos muestra los tres costos involucrados en el modelo EOQ para la situación actual en donde la demanda es igual a cantidad de pedido.

3.6.5 Situación propuesta de costos en manejo de inventario

Esta situación fue analizada y ejecutada con respecto al análisis antes explicado. En la Tabla 3.12 se muestran los diferentes costos que se han analizado:

Tabla 3.12
Costos para situación propuesta. Fuente: Autores

| EAN | Descripción | Costo mantenimiento (\$/mes) | Costo pedir (\$/mes) | Costo Total propuesta |
|-------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 001 001 001 | Cemento contacto 1L | \$47.19 | \$47.06 | \$94.68 |
| 002 002 001 | Plástico negro reprocesado 1,5 metros | \$51.61 | \$50.87 | \$102.49 |
| 002 001 001 | Plancha acero inoxidable opaca | \$32.13 | \$31.12 | \$71.15 |
| 005 001 001 | Broca cobalto 3/8 | \$25.50 | \$25.25 | \$64.28 |
| 004 001 001 | Nudos galvanizados 2 ½ | \$20.62 | \$20.56 | \$60.04 |
| 004 002 001 | Unión rosca galvanizados 2 ½ | \$29.48 | \$29.43 | \$68.60 |
| 003 002 001 | Tubos Galvanizados 2 ½ | \$27.83 | \$27.40 | \$66.57 |
| 003 001 001 | Tubo PVC roscable de 1 ¼ | \$25.41 | \$25.20 | \$64.26 |
| 001 002 001 | Diluyente laca | \$33.34 | \$33.22 | \$73.22 |
| 003 003 001 | Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | \$16.79 | \$16.53 | \$57.22 |

3.6.6 Comparativa de costos

Todos los datos obtenidos en el modelo EOQ y punto de reorden permitieron realizar una comparativa interesante entre la situación actual y la propuesta de proyecto. En la tabla 3.13 se puede analizar que entre todos los 10 productos existe un ahorro mensual, el cual al finalizar el año y ejecutando esta propuesta para todos los artículos dentro de la bodega, representaran un ahorro significativo para la empresa.

Tabla 3.13
Comparativo costos actuales v Propuesto

| EAN | Descripción | CT Propuesta | CT Actual | Diferencia |
|--------------|---------------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|
| 001 001 001 | Cemento contacto 1L | \$3,519.25 | \$3,519.68 | \$0.43 |
| 002 002 001 | Plástico negro reprocesado 1,5 metros | \$4,151.88 | \$4,151.89 | \$0.01 |
| 002 001 001 | Plancha acero inoxidable opaca | \$1,605.25 | \$1,613.55 | \$7.90 |
| 005 001 001 | Broca cobalto 3/8 | \$1,403.49 | \$1,057.03 | \$13.54 |
| 004 001 001 | Nudos galvanizados 2 ½ | \$695.10 | \$713,96 | \$18.86 |
| 004 002 001 | Unión rosca galvanizados 2 ½ | \$1,397.03 | \$1,406.72 | \$9.69 |
| 003 002 001 | Tubos Galvanizados 2 ½ | \$1.231.33 | \$1,242.57 | \$11.34 |
| 003 001 001 | Tubo PVC roscable de 1 ¼ | \$1,041.90 | \$1,055.46 | \$13.56 |
| 001 002 001 | Diluyente laca | \$1,774.56 | \$ 1,781.22 | \$ 6.66 |
| 0003 003 001 | Tubos Galvanizados Iso 2 ½ | \$461.36 | \$485.26 | \$ 23.90 |

El ahorro anual de los 10 artículos más relevantes dentro de la bodega implementando la propuesta es de \$1,270.65, estimando los porcentajes de ahorro para los 281 productos restantes, se obtiene un ahorro aproximado de \$3,177.70 anuales, lo que da como resultado un ahorro total de \$4,448.35 anuales.

3.6.7 Mejoras intangibles

Hay ciertos desarrollos que son complejos de cuantificar por las distintas variables que están inmersas en ella, es por esto que se abre un paradigma para poder reconocer las mejoras no cuantificables que se evidencia en los procesos diarios de la empresa SUMIAB S.A

1. El inicio de una nueva era de digitalización y automatización en la empresa que marca una nueva ventaja competitiva con respecto a las otras empresas.
2. Mediante la optimización de tiempo debido a la base de datos confiable de la empresa con el WMS, permitió al personal realizar otras actividades adicionales que anteriormente no alcanzaban ya que destinaban el mayor tiempo al ordenamiento y planificación de pedidos.
3. Mediante la implementación del modelo EOQ y el WMS, se facilitó el intercambio y flujo de información entre departamentos, a su vez que incrementó la comunicación entre los usuarios de la empresa. También el acceso rápido a los

datos permitió aumentar la confiabilidad de éstos y poder facilitarla a los demás.

4.1 CONCLUSIONES

- Utilizar el análisis ABC permitió determinar que artículos tienen mayor participación económica dentro de la empresa, y de esta manera se secciona y analiza los 10 artículos con mayor relevancia. Esta clasificación permitió pronosticar la demanda mediante diferentes métodos de series de tiempo.
- El diseño y programación del WMS permitió organizar datos y de esta forma organizar de manera eficiente la bodega, lo cual permitió reducir costos de inventario.
- Encontrar la cantidad óptima de pedido en la empresa SUMIAB S.A, permitió disminuir los costos de inventario, la cual fue de \$4,448.35 anuales en los 10 artículos a analizar.
- La implementación de un sistema de WMS permite a la empresa evidenciar cuales han sido todos los movimientos de ingreso y egreso de mercadería, lo cual permitió evitar compras innecesarias y pérdidas por merma.
- El modelo EOQ le permite a la empresa conocer que cantidad es la óptima a pedir basándose en la demanda. A su vez una buena implementación y obtención de resultados representará una reducción de costos monetarios y de tiempo de realizar una compra.
- Un buen manejo de inventario permitirá aumentar diferentes KPI como lo son el OTFI, debido a que se consta con información certera de los movimientos dentro de la bodega y no existirá desabastecimiento dentro del almacén.
- El buen manejo de un punto de reorden permite a la empresa asegurarse que no tendrá desabasto, lo que permitirá tener entregas inmediatas que ayuden a incrementar el nivel de servicio de SUMIAB S.A a los clientes.

4.2 RECOMENDACIONES

- Brindar capacitaciones al personal de la empresa sobre buen manejo de inventario, y de esta forma generar conciencia entre los operarios, y todos los gastos que asume la empresa por descuadres dentro del inventario.
- Realizar un manual de manejo del sistema informático de manejo de inventarios, el cual permita al responsable de los movimientos optimizar tiempos y evitar errores, los cuales podrían llevar a incongruencias dentro del inventario.
- La planeación de la demanda es fundamental ya que evita el desabasto, lo cual generaría costos innecesarios que impactan directamente en las utilidades de la empresa.
- Clasificar todos los productos de la bodega, un error común es gestionar de igual manera a todos nuestros artículos. El análisis ABC es un método el cual simplifica la categorización de nuestros productos.
- Automatización de procesos, por esto la implementación de programas de WMS permiten llevar un manejo de inventario y actualización diaria de la base de datos de la empresa. A su vez es necesario que se planteen practicas más eficientes al momento de ejecutar el proceso.

5. BIBLIOGRAFIA

- Ballesteros Machena, L. B. (2019). ANÁLISIS DE LA CLASIFICACIÓN ABC Y SU INCIDENCIA EN LOS NIVELES DE INVENTARIOS PARA UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA DE COSMÉTICOS. *UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA*.
- Briones, L. (2001). *PROGRAMACION DE MACROS DE EXCEL UTILIZANDO VISUAL BASIC*. <https://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/TEMA 6 Programacion de Macros de Excel utilizando VBA.pdf>
- Desmond, M., & Ayala, M. (2017). *FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL*.
- EAE Business School. (2021). *EOQ: El control más sencillo para los inventarios | EAE*. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/modelo-eoq-el-control-mas-sencillo-para-los-inventarios/>
- Galio, G., & Tomás, D. (2019). *Sistema WMS (Warehouse Management System) para una empresa PYME (Pequeña y Mediana Empresa) del Ecuador dedicada a la comercialización de productos*. ESPOL. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46849>
- González, C., Tadeo Lozano, J. T., & Martínez, J. L. (2013). *METODOLOGÍA DE GESTIÓN LOGÍSTICA PARA EL MEJORAMIENTO DE PEQUEÑAS EMPRESAS LOGISTICS MANAGEMENT METHODOLOGY FOR THE IMPROVEMENT OF SMALL BUSINESSES*. 6. <http://ssrn.com/abstract=2158873>
- Irene Moral Pelaez. (2016). Modelos de Regresión Lineal simple y regresión logística. *Seden*. <https://www.revistaseden.org/files/14-cap 14.pdf>
- Juárez Núñez, H. (2002). *Los sistemas just-in-time/Kanban, un paradigma productivo*.
- Mora, L. (2008). *Indicadores de gestión logísticos*. <http://www.webpicking.com/hojas/indicadores.htm>
- Nelly Patricia Acosta Vargas, I., & Tania Aleyda Acosta Hurtado, I. (2015). *INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN EN EXCEL CON VISUAL BASIC APPLICATION*.
- Noega Systems. (2021). *Clasificación de mercancías y sistemas de almacenamiento - Noega Systems*. <https://www.noegasystems.com/blog/logistica/clasificacion-de-mercancias-y->

sistemas-de-almacenamiento

- Perez, R. (2002). *Sistema Internacional de Unidades SI*. Revista de Obstetricio y Ginecología de Venezuela.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622002000400011
- Quintana, A. (2015). *Dirección de Marketing*. [www.laformacion.com-
www.libroelectronico.net](http://www.laformacion.com-www.libroelectronico.net)
- RAE. (2001). *demanda | Diccionario de la lengua española (2001) | RAE - ASALE*. <https://www.rae.es/drae2001/demanda>
- Retuerto, B., & Ricra, A. (2021). *Diseño de un Sistema de Abastecimiento de repuestos basado en algoritmo de pronóstico de fallas y sistema de revisión continua para cumplir a tiempo con el servicio postventa en una PYME comercial*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/658783/Retuerto_EB.pdf?sequence=3
- Rodríguez Silva, J. L. Á. (2019). ¿Qué puede hacer el software R para resolver tus problemas? *Revista Digital Universitaria*, 20(3).
<https://doi.org/10.22201/CODEIC.16076079E.2019.V20N3.A5>
- Salazar, B. (2019). *Cantidad económica de pedidos - EOQ » Ingeniería Industrial Online*. Ingeniería Industrial Online.
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-inventarios/cantidad-economica-de-pedidos-eoq/>
- Sanchez, J., Sánchez, S., Daniel Alejandro, L. M., & Nathaly, M. E. (2019). PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA LOS ÍTEMS TIPO A EN LA EMPRESA SEGURIDAD Y FERRETERÍA CALI Proposal of and inventory management system for items type a in the company Seguridad y Ferretería Cali. *Universidad Santiago de Cali*.
- Silva, C. (2018). GESTIÓN DE ALMACENES CON TECNOLOGÍA WMS AUTOR CAMILO SILVA GARCIA. *Universidad Militar Nueva Granada*.
- Tejada, F., Cárdenas, E. R., Unemi, D., Castillo Yagual, C., Upse, D., & Zambrano Aguilar, I. (2016). EFECTOS DEL MODELO DETERMINÍSTICO E.O.Q. EN LAS COMERCIALIZADORAS DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO, MILAGRO – ECUADOR. *Revista Ciencias Pedagógicas e Innovación*,

4(1), 150–159. <https://doi.org/10.26423/RCPI.V4I1.128>

- Toledo, P., Ordoñez, G., & Martínez, N. (2019). *Revisión de modelos de políticas de inventarios para determinar su aplicabilidad en la gestión de inventarios de repuestos en un ingenio azucarero del Valle del Cauca*. Universidad Santiago de Cali.
[https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/1162/REVISIÓN DE MODELOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/1162/REVISIÓN_DE_MODELOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Universidad De Murcia. (2003). *La Técnica Delphi como estrategia de consulta a los implicados en la evaluación de programas | Revista de Investigación Educativa*. <https://revistas.um.es/rie/article/view/99311>
- Venegas, D., Ayabaca, C., & Celi, S. (2018). *Vista de El riesgo en el almacenamiento de GLP en el Ecuador*. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/331/548>
- Weisstaub, G. (2021). ¿CÓMO HACER UNA BASE DE DATOS OCUPANDO UNA PLANILLA DE CÁLCULO DE EXCEL? *Neumología Pediátrica*, 16(2), 57–61. <https://doi.org/10.51451/NP.V16I2.324>