

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y POSTGRADO**

PROYECTO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE CON MENCIÓN EN
MODELOS DE OPTIMIZACIÓN”**

TEMA:

PROPUESTA DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO Y GESTIÓN DEL
ALMACENAMIENTO PARA LA BODEGA PRINCIPAL DE UNA
EMPRESA COMERCIALIZADORA DE REPUESTOS AUTOMOTRIZ.

AUTOR:

PABLO ANDRÉS HEREDIA ARMIJOS

Guayaquil – Ecuador

2021

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado con la intención de aportar al correcto manejo de bodega y gestión del inventario de una empresa que se dedica a las ventas de repuestos automotrices. El mismo se lo ha dividido en cuatro partes donde en cada una de ellas realizamos y explicamos los pasos para obtener un resultado favorable del mismo.

En la primera parte se ha realizado una breve introducción sobre la compañía, una pequeña reseña histórica, su giro de negocio y principalmente la problemática que actualmente se encuentra presente en su cadena de distribución, especialmente en su bodega matriz y el inventario que almacena.

Posteriormente, en la siguiente parte del trabajo se mencionan los principales conceptos logísticos, además algunas técnicas y metodologías que se pueden utilizar para una correcta gestión del inventario.

Luego en la tercera parte del mismo, se categoriza el inventario mediante una metodología ABC para poder realizar pronósticos de demanda donde se evalúan distintos métodos mediante software y se elegirá el mejor, esto con el fin de utilizarlo como herramienta principal en los modelos de inventario de los principales tipos de productos, es decir los tipos A y B.

Finalmente se mencionan las conclusiones y recomendaciones del presente proyecto que se ha desarrollado en base a todo el trabajo que se realizó en el parte anterior.

ABSTRACT

This work has been developed with the intention of contributing to the correct management of warehouse and inventory management of a company that is engaged in the sales of automotive spare parts. It has been divided into four parts where in each of them we perform and explain the steps to obtain a favorable result of it.

In the first part there has been a brief introduction about the company, a small historical review, his core business and mainly the problem that is currently present in its supply chain, especially in its main warehouse and the inventory that it stores.

Subsequently, the next part of the work mentions the main logistical concepts, as well as some techniques and methodologies that can be used for correct inventory management.

Then in the third part of it, the inventory is categorized using an ABC methodology to be able to make demand forecasts where different methods are evaluated using software and the best one will be chosen, this in order to use it as the main tool in the inventory models of the main product types, i.e. types A and B.

Finally, the conclusions and recommendations of this project that has been developed based on all the work that was done in the previous part are mentioned.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi corazón a las tres mujeres más importantes en mi vida, mi hija Paulita, mi esposa Paola y mi madre Germania, pues gracias a ellas me he convertido en la persona que soy actualmente, ya que de alguna manera u otra me han formado en cada etapa de mi vida, y sobre todo a Dios, pues ha sido quien me ha acompañado en todo mi camino, guiando el destino de mi vida y ayudándome a levantar en cada tropiezo que he tenido para no volver a hacerlo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo constante en mis decisiones, a mi hija por ser el motor de mi vida, a mi esposa por su respaldo y apoyo para realizar esta tesis, a mis hermanos y en especial a Dios por darme la sabiduría, inteligencia y perseverancia para culminar esta tesis.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Titulación, me corresponde exclusivamente y ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. El patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.



Pablo Andrés Heredia Armijos

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN




Kleber Barcia Villacreses, Ph.D.

PRESIDENTE




Mgtr. Víctor Vega Chica

DIRECTOR



M.Sc. David De Santis Bermeo

VOCAL 1



Xavier Cabezas García, Ph.D.

VOCAL 2

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Objetivos	5
1.4. Alcance	6
1.5. Metodología	7
CAPÍTULO 2.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Política de Inventario.....	8
2.1.1 Análisis ABC de Inventario (Pareto).	8
2.1.2 Pronóstico con series de tiempo:.....	9
2.1.3 Descomposición de una serie de tiempo.....	10
2.1.4 Modelo de Holt-Winter.....	10
2.1.5 Modelo ARIMA.	11
2.1.6 Modelo SARIMA.....	12
2.2 Política de Inventario Bajo Revisiones:.....	13
2.2.1 Modelo de Revisión Continua (s,Q): Alta Rotación.....	14
2.2.2 Periódica (s,S,R): Mediana y Baja Rotación.....	14
2.2.3 DDMRP: Demand Driven MRP.....	15
2.3 Sistemas de Gestión de Inventario.	16
2.3.1 Metodología Lean Warehousing:.....	16
2.3.2 Modelo de Referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro SCOR. 17	
2.3.2.1 Planificación (Plan).....	18
2.3.2.2 Abastecimiento (Source).	18
2.3.2.3 Producción (Make).	18
2.3.2.4 Distribución (Deliver).	19
2.3.2.5 Devoluciones (Return).....	19
2.3.2.6 Soporte (Enable).	19

CAPÍTULO 3.....	20
3. MODELOS DE PRONOSTICOS DE DEMANDA Y DISEÑOS DE POLITICAS DE INVENTARIO.....	20
3.1. Pronósticos de Demanda.....	20
Holtwinters Aditivo:	21
Holtwinters Multiplicativo:.....	22
Modelos ARIMA	25
Descomposición de una Serie de Tiempo.....	29
Método de Descomposición Aditivo	30
Método de Descomposición Multiplicativo	30
3.2 Implementación de un Modelo DDMRP.....	36
CAPÍTULO 4.....	58
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
4.1 Conclusiones	58
4.2 Recomendaciones	59
5. REFERENCIAS.....	60

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Almacenamiento Caótico	3
Figura 1.2 Pasillos de Bodega	3
Figura 1.3 Pasillos con Mercadería.....	4
Figura 1.4 Clasificación ABC.....	6
Figura 2.1 Modelo SCOR	18
Figura 3.1 Serie de Tiempo de Ventas.....	20
Figura 3.2 Modelo Holt-Winters Aditivo Ajustado	21
Figura 3.3 Pronóstico con Holtwinters Aditivo	22
Figura 3.4 Modelo Holt-Winters Multiplicativo Ajustado	23
Figura 3.4 Pronóstico con Holtwinters Multiplicativo	24
Figura 3.5 Comparación de Suma Cuadrática de Errores	25
Figura 3.6 Seria de Tiempo Diferenciada.....	26
Figura 3.7 Función de autocorrelación (ACF)	26
Figura 3.8 Función de autocorrelación parcial (Partial ACF).....	27
Figura 3.9 Pronóstico con modelo ARIMA	29
Figura 3.10 Descomposición de la Serie de Tiempo Aditivo	30
Figura 3.11 Descomposición de la Serie de Tiempo Multiplicativo	30
Figura 3.12 Pronóstico con modelo ARIMA(2,1,0)	31
Figura 3.13 Zonas del Buffer.....	37
Figura 3.14 Buffer de productos distribuidos.....	37
Figura 3.15 Buffer de P1	43
Figura 3.16 Buffer de P2	45
Figura 3.17 Buffer de P3	47
Figura 3.18 Buffer de P4	49
Figura 3.19 Buffer de P5	51
Figura 3.20 Buffer de P6	53
Figura 3.21 Buffer de P7	55

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Pronóstico Holtwinters Aditivo	22
Tabla 2 Pronóstico Holtwinters Multiplicativo	24
Tabla 3 Test Dickey-Fuller	25
Tabla 4 ARIMA(1,1,0)	27
Tabla 5 Test de Box-Ljung para ARIMA (1,1,0)	28
Tabla 6 ARIMA(2,1,0)	28
Tabla 7 Test de Box-Ljung para ARIMA (2,1,0)	28
Tabla 8 Pronóstico ARIMA(2,1,0).....	29
Tabla 9 Pronóstico ARIMA (2,1,0).....	31
Tabla 10 Pronóstico Tipo de Producto 1: Llantas.....	32
Tabla 11 Pronóstico Tipo de Producto 2: Bujías	33
Tabla 12 Pronóstico Tipo de Producto 3: Amortiguadores	33
Tabla 13 Pronóstico Tipo de Producto 4: Pastillas de Freno	34
Tabla 14 Pronóstico Tipo de Producto 5: Bandas de Transmisión.....	34
Tabla 15 Pronóstico Tipo de Producto 6: Filtros (Aceite, Aire y Combustible)	35
Tabla 16 Pronóstico Tipo de Producto 7: Discos de Freno	35

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La empresa objeto de estudio es una empresa familiar que tiene más de 60 años en el mercado y se dedica a la importación, distribución y comercialización de repuestos para automotrices. Sus marcas y a las que representa en el país, se encuentran consolidadas como las principales alternativas al momento de buscar un repuesto para un vehículo, ya que maneja una diversidad de repuestos genuinos y originales para el sistema de frenos, suspensión y dirección, además de neumáticos suministrados por proveedores que cumplen con altos estándares de calidad.

También brinda servicio técnico (preventivo y correctivo) con personal capacitado y calificado a más de 30,000 vehículos al año, de todas las marcas, ya sean de tipo livianos o pesados, ya que maneja más de 50,000 SKU's para cumplir con las necesidades de todos sus clientes y así ganar tanto su credibilidad como su confiabilidad.

En la actualidad cuenta con 10 sucursales a nivel ubicadas de manera estratégica a nivel nacional para llegar a atender al mayor porcentaje del parque automotor, y maneja 2 canales de ventas: Por medio de cada tecnicentro atendiendo de manera directa a cada cliente y al por mayor mediante asesores comerciales altamente capacitados. Estos dos tipos de ventas generan una facturación anual de aproximadamente \$17'000,000 para la empresa.

1.2. Descripción del problema

La empresa cuenta con una bodega principal donde se almacena todo tipo de compra de productos tanto locales como importados, para luego distribuirlos hacia cada sucursal o a clientes mayoristas.

Dentro de la misma se maneja un tipo de almacenamiento caótico, ya que no cuenta con estricto control del inventario que ingresa y que sale, provocando retrasos en la entrega de pedidos tanto a las sucursales como a los clientes, esta falta de control no permite obtener una trazabilidad adecuada de los productos almacenados y su rotación, además el área de preparación de pedidos no se encuentra plenamente definida, lo que entorpece el proceso de picking y packing, adicionalmente se debe mencionar que varios pasillos se encuentran ocupados por material que se ha recibido por falta de espacio en las estanterías, causando en ciertos productos una merma de calidad, problemas para transitar dentro de la bodega, pérdidas de productos, demora de localización, entre otros.

Todos estos problemas dentro de bodega se ven reflejados principalmente en la parte monetaria al tener ventas perdidas por falta de stock o un déficit del flujo de efectivo por exceso de inventario.

Figura 1.1 Almacenamiento Caótico



Figura 1.2 Pasillos de Bodega



Figura 1.3 Pasillos con Mercadería



1.3. Objetivos

Objetivo General

Diseño de una política de inventario y gestión de almacenamiento para optimizar los procesos de la bodega principal de la compañía.

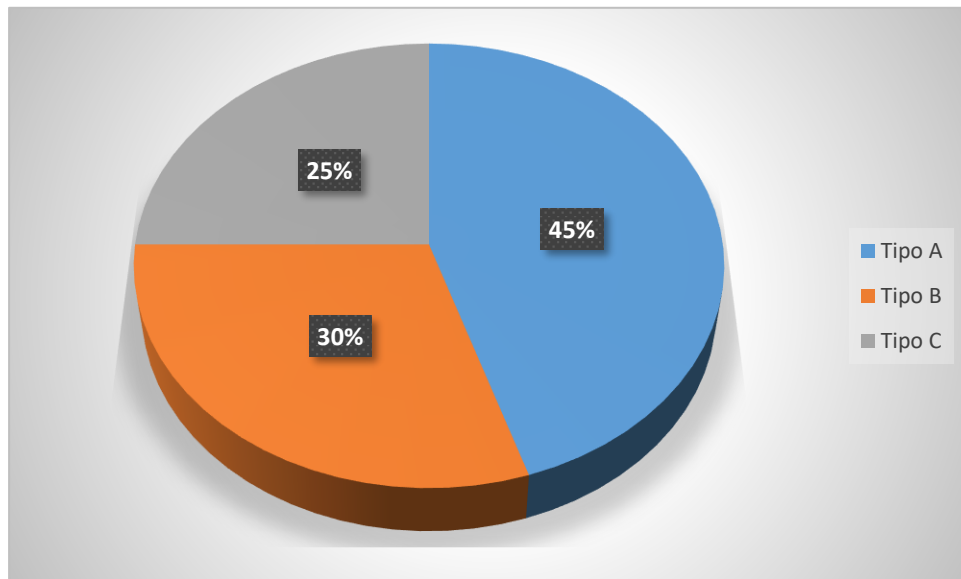
Objetivos Específicos

1. Analizar los procesos actuales que se realizan en la bodega, para poder identificar cada una de las deficiencias que existen durante el manejo del inventario dentro de la bodega.
 - 1.1. Realizar una clasificación ABC de los productos almacenados.
 - 1.2. Realizar un pronóstico de demanda para la clasificación ABC.
 - 1.3. Diseñar una política de inventario para la clasificación ABC.
2. Establecer políticas y procedimientos para la gestión del inventario en la bodega.
3. Definir cada área dentro de la bodega y hacer que se cumpla la función para la cual fue creada.
4. Establecer indicadores que permitan medir el cumplimiento de los objetivos estratégicos y medir el nivel de servicio.
5. Diseñar un nuevo modelo de estanterías para mejorar el tipo de almacenamiento y optimizar posiciones, mediante una clasificación ABC del inventario.

1.4. Alcance

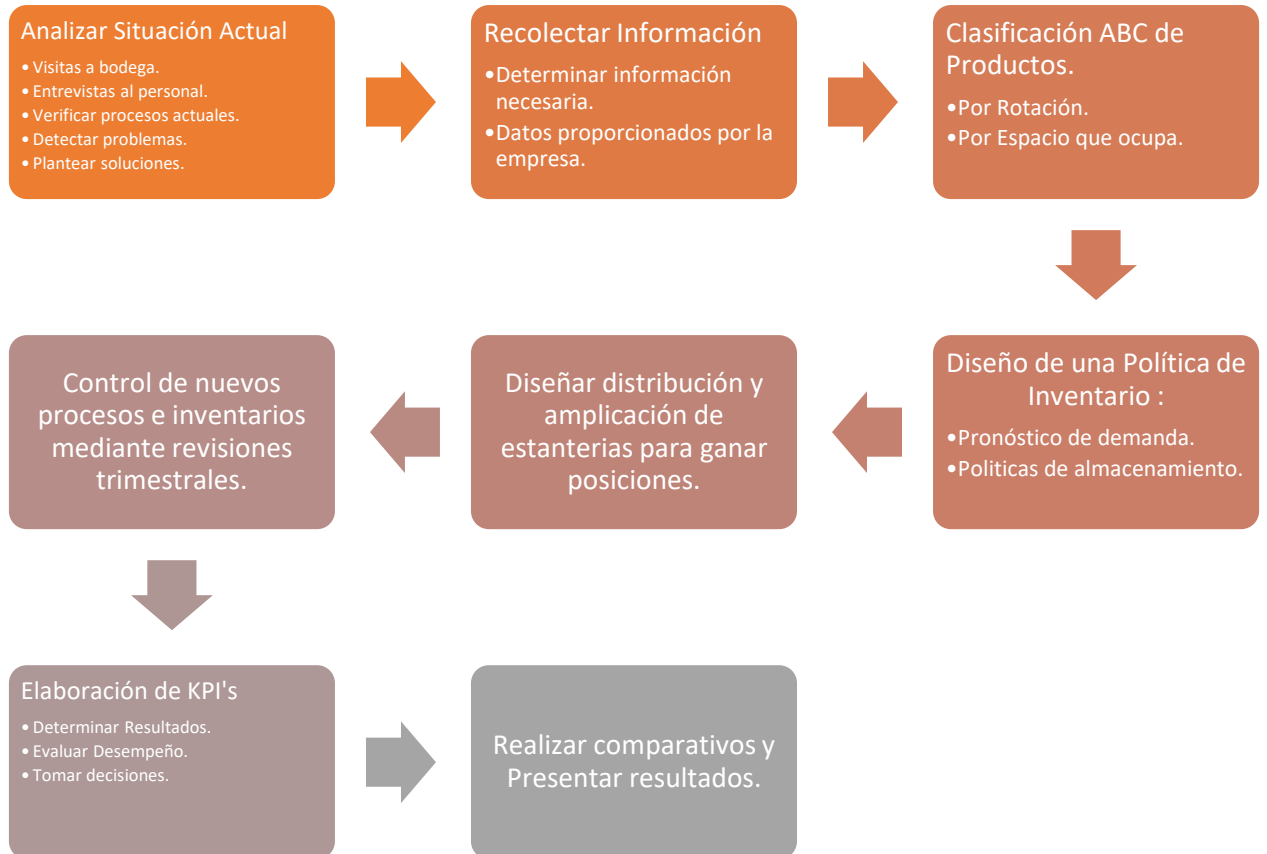
Este proyecto busca analizar al 75% de los productos almacenados, puesto que son las líneas que más espacio ocupan en la bodega objeto de estudio, siendo el cuello de botella que tiene la cadena de abastecimiento de esta compañía.

Figura 1.4 Clasificación ABC



Al establecer políticas y una nueva gestión de inventarios, la compañía se va a favorecer en diferentes áreas como bodega, compras, comercial y financiero, ya que el nivel de inventario que se almacenaría sería producto que tengan alta rotación sin generar quiebres o exceso de stock, además de fomentar una cultura de mejoramiento continuo, enfocada al nivel de servicio que se ofrece.

1.5. Metodología



CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Durante el desarrollo de esta investigación realizada sobre la propuesta de políticas de inventarios y de la correcta gestión del almacenamiento la empresa producto de estudio, que se aplicará específicamente a la bodega principal, se va a hacer mención a diferentes teorías, definiciones y conceptos de autores, cuyos aportes ayudará a esclarecer la metodología correcta que se va a utilizar.

2.1 Política de Inventario

2.1.1 Análisis ABC de Inventario (Pareto).

Con una base histórica de datos obtenida de la empresa, donde se evidencia ventas mensualizadas de 4 años atrás, se procede a realizar un Análisis de Pareto, cuya explicación la podemos conocer de la siguiente manera: “Los artículos A incluyen los inventarios que representan el 80% de la inversión y el 20% de los artículos, en el caso de una composición 80/20. Los artículos B, con un valor medio, abarcan un número menor de inventarios que los artículos C de este grupo y por último los artículos C, que tienen un valor reducido y serán un gran número de inventarios”. (Márquez , Quiroga, & Gómez, 2018).

Por lo tanto, aplicando el Análisis de Pareto, obtenemos una clasificación ABC del inventario almacenado en bodega en base a espacio que ocupa en percha y por rotación, para saber la conocer los productos que podrían causar problemas con el stock.

2.1.2 Pronóstico con series de tiempo:

Una pequeña definición nos dice que “Los pronósticos son una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros.” (Juárez, Zuñiga, Flores, & Partida, 2016)

Dentro de este artículo se menciona además que “estas aplicaciones pueden ser muy diversas, como predecir el presupuesto de ventas, o bien estimar el tipo y número operaciones paraca producir un producto, o quizá apoyar el estudio de mercado para la incorporación de nuevos productos, almacenaje o servicios de la empresa el cual es esencial para una eficiente cadena de suministro. La idea principal Delaware esta filosofía es que se trabaje mancomunadamente en toda la cadena paraca determinar las estrategias de inventario y reaprovisionamiento que más beneficios tengan para todos los participantes que realicen esfuerzos para alinear sus pronósticos y, consecuentemente, lograr la disminución de inventarios y aumentar así la rentabilidad para todos los participantes”. (Juárez, Zuñiga, Flores, & Partida, 2016)

Para este caso de estudio utilizaremos series de tiempo o también llamadas series cronológicas que es “una secuencia de datos empíricos ordenados en función del tiempo; esto es, que puedan graficarse contra el tiempo, por lo que es aplicable a un conjunto de datos registrados periódicamente, ya sea un registro diario, semanal, semestral, mensual o anual, entre otros” (Montes, Calvete , & Duarte, 2016), como por ejemplo en este caso trabajaremos con las ventas totales anuales y también de manera mensual.

Estas series de tiempo pueden ser complejas, por lo tanto, se pueden realizar análisis de las mismas mediante técnicas de nos ayudan a conocer su patrón, debido a que estas pueden ser de tipo horizontal, pueden tener una tendencia, también ser estacionales y finalmente cíclicas. Por ello es muy importante conocer el patrón que tiene nuestra serie de tiempo para saber el método adecuado que se va a utilizar en el pronóstico a realizar.

2.1.3 Descomposición de una serie de tiempo.

Esta técnica es de mucha ayuda para identificar y calcular las diversas componentes existentes en una serie, así como la forma en que estas se relacionan entre sí, de esta forma podemos construir un pronóstico.

“Sirve para examinar solo la tendencia y refleja patrones anteriores de comportamiento para desarrollar modelos de tendencia útiles en la proyección y pronóstico. Al analizar un factor estacional se puede determinar si la actividad comercial presenta alguna variación estacional que pueda considerarse para formular planes futuros. El desempeño cíclico del negocio puede influir en la dirección de la planeación del negocio” (Chulin, 2013).

Mediante el software R-Studio, podemos realizar la descomposición de una serie de tiempos para luego proceder a realizar una comparación de varios modelos de pronósticos que nos ayudarán a verificar la mejor opción a escoger para nuestro caso de estudio.

Además de esta técnica de descomposición, también existen varios tipos de suavizaciones exponenciales que analizaremos a continuación.

2.1.4 Modelo de Holt-Winter.

Es un método de suavización exponencial que de acuerdo con (Elmunim, Abdullah, Hasbi, & Bahari, 2015) “Holt-Winter es un método estadístico a corto plazo que se ha utilizado para pronosticar el retardo ionosférico produciendo series temporales con patrones estacionales y formas repetitivas. Este método utiliza una técnica llamada suavizado exponencial, donde las fluctuaciones en los datos de la serie temporal se reducen, proporcionando así una visión más clara de los fundamentos de la serie. También proporciona una forma eficaz de pronosticar el valor futuro de

los datos de series temporales. Hay tres pesos o constantes de suavizado, a saber, α , β y γ , que representan el nivel, la tendencia y la temporada, respectivamente, que se utilizan en ambos modelos para actualizar los componentes para cada período de tiempo, t [Eqs (1-3, 8- 10)]. El valor de estas constantes se encuentra entre 0 y 1. Este valor se selecciona en función del peso (es decir, una media constante suave alta más peso). El valor inicial de las constantes en este trabajo es 0,2”.

Además, este modelo tiene dos modelos estacionales, es decir, modelos aditivos y multiplicativos. “El modelo aditivo no se ve afectado por los cambios en los datos, por lo tanto, el método funciona mejor cuando el patrón estacional no cambia con el tiempo, mientras que el modelo multiplicativo depende del tamaño de los datos, por ejemplo, el retardo ionosférico se ve afectado por varios factores, como la actividad solar; cuando estos factores aumentan el retardo ionosférico, el componente estacional del modelo multiplicativo también aumenta”. (Elmunim, Abdullah, Hasbi, & Bahari, 2015)

2.1.5 Modelo ARIMA.

Es método de suavización exponencial es llamado así porque analiza series de tiempo no estacionarias, una definición más clara se puede expresar de la siguiente manera: “se sabe que muchas series de tiempo y en especial las series económicas no son estacionarias, porque pueden ir cambiando de nivel en el tiempo o sencillamente la varianza no es constante en el tiempo, a este tipo de proceso se les considera procesos integrados, por consiguiente, se debe diferenciar una serie de tiempo d veces para transformarla en una serie estacionaria y luego aplicar a esta serie diferenciada un modelo ARMA(p,q), se dice que la serie original es ARIMA(p,d,q), es decir, una serie de tiempo autoregresiva integrada de media móvil. Donde denota el número de términos autoregresivos, el número de veces que la serie debe ser diferenciada para hacerla estacionaria y el número de términos de la media móvil invertible”. (Barahona, 2018)

Una ecuación general del modelo se la puede definir como:

$$y_t^d = \phi y_{t-1}^d + \varepsilon_t^d - \theta \varepsilon_t^d$$

Otra forma de explicarlo puede ser haciendo énfasis en la comparación versus el modelo ARMA como lo menciona (Nieves, 2019) “La diferencia entre los modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) y los ARMA es que estos últimos no incluyen la diferenciación en su desarrollo. Como ya se ha explicado, la tendencia en media es eliminada por medio de diferenciaciones, dependiendo del orden al que se adapte la curva de aproximación de la serie temporal a analizar. El parámetro d de los modelos ARIMA hace referencia al número de diferenciaciones necesarias”.

2.1.6 Modelo SARIMA.

Este modelo tiene un componente de estacionalidad, por ello su nombre SARIMA, cuya definición podría ser la siguiente: “...cuando una serie de tiempo en estudio tiene intervalos de observación menores a un año, entonces es frecuente que estas tengan variaciones o patrones sistemáticos cada cierto periodo. Estas variaciones sistemáticas inferiores a un año, por ejemplo, semestral, mensual, diario, etc., deben ser captadas en los llamados factores estacionales, dentro de la estructura del modelo a construirse” (Villavicencio, 2016)

Otra manera de definirlo es “Cuando una serie de tiempo en estudio tiene intervalos de observación menores a un año, entonces es frecuente que estas tengan variaciones o patrones sistemáticos cada cierto periodo, estas variaciones sistemáticas inferiores a un año por ejemplo semestral, mensual, diario, etc. Deben ser captadas en los llamados factores estacionales, y al mismo tiempo esta serie puede ser estacionaria o no estacionaria. Usualmente se presentan con mayor frecuencia los modelos multiplicativos comparados con los modelos aditivos, de esta manera se combinan términos ordinarios del proceso ARMA y términos

estacionales, así como diferencias regulares y diferencias estacionales para transformar en series estacionarias, esto es $\nabla_s^D \nabla^d Y_t$. Este tipo de procesos tiene las siguientes características:

- Contiene una componente ARIMA(p,d,q) que modela la dependencia regular, que es la dependencia asociada a observaciones consecutivas.
- Contiene una componente ARIMA(P,D,Q) que modela la dependencia estacional, que está asociada a observaciones separadas por periodos.” (Barahona, 2018)

Se analizarán estos modelos y se realizará una comparación entre ellos para obtener un pronóstico más confiable para nuestro caso de estudio. Dicha comparación se la realizará mediante diferentes criterios como por ejemplo la suma cuadrática de los errores.

2.2 Política de Inventario Bajo Revisiones:

Bajo una demanda probabilística se puede analizar 2 opciones para revisión de inventarios y determinar cuál de ellas utilizar para nuestro modelo de negocio, para este análisis realizaremos un modelo matemático en el software GAMS.

- **“Un modelo de revisión continua**, en que los niveles de inventario son comprobados continuamente y cuando se alcanza el punto de nuevos pedidos, se ordenan Q^* unidades” (Garrido Bayas & Cejas Martinez, 2017).
- **“Un modelo de revisión periódica**, en el que el inventario se revisa periódicamente, digamos, cada T periodo, y el tamaño del pedido se determina mediante el nivel de inventario en ese momento” (Garrido Bayas & Cejas Martinez, 2017).

2.2.1 Modelo de Revisión Continua (s,Q): Alta Rotación.

Una clara definición de este modelo se da de la siguiente manera: “el modelo de revisión continua es popular porque requiere menos stock de seguridad para el mismo cliente nivel de servicio, y permite intervenciones gerenciales para apoyar los niveles de servicio. Desarrollo de tecnología de identificación automatizada (por ejemplo, Identificación de frecuencia) apoya la revisión continua en la práctica y hace de este un modelo relevante.

Una gama de características tales como la distribución de la demanda, el modelo de emisión de existencias, el producto tiempo de vida útil, tiempo de reabastecimiento y situaciones de escasez se pueden acomodar. Fundamentales políticas incluyen:

- (s, S), cuando el inventario alcanza el nivel s (un nivel de "disparador") se realiza una orden para el inventario al nivel S predeterminado (el nivel 'objetivo'); el tamaño de la orden es cantidad (S – s). Este modelo proporciona una flexibilidad significativa.
- (s, nQ) o (r, nQ), siempre que el inventario alcance el nivel s o r, una cantidad de pedido n veces una Q predeterminada (cantidad de pedido) se coloca donde n es un múltiplo igual o mayor que 1. Esto acomoda el pedido en lotes.
- (S – 1, S), en este modelo, siempre que el inventario disminuya en una unidad debido a la demanda o pérdida de existencias, se realiza una orden para llevar el nivel a S. Este modelo es preferido cuando los plazos son cero y el costo de pedido es bajo” (Dung, Wood, & Wang, 2018).

2.2.2 Periódica (s,S,R): Mediana y Baja Rotación

Como una definición más detallada a este modelo, se puede decir que “Los modelos de Revisión Periódica son de uso común en la planeación de inventarios, en especial los que incluyen una componente estocástica. Sin embargo, las prácticas más usadas son la política (s,S) y la (R,Q); en la primera, al llegar al nivel

s se ordena una determinada cantidad para llegar a S ; en la segunda, cuando se alcanza el punto R se envía una orden de tamaño Q . En otros casos, se usa el análisis de stocks de seguridad, o un análisis de cotas máximas en los periodos de tiempo necesarios para alcanzar dicho nivel” (Valencia, Diaz, & Correa, 2015).

2.2.3 DDMRP: Demand Driven MRP

El modelo de Gestión DDMRP es considerado una nueva metodología para modelar, planear y gestionar las cadenas de suministro con el fin de proteger y promover el flujo de materiales e información relevantes. DDMRP es la generación de órdenes de reposición y el motor de gestión de un modelo operativo basado en demanda (Ptak & Smith, 2016); ayuda a distinguir cualquier tipo de cambios que existe en la demanda para que se realice una adaptación al proceso de planificación normal que cuenta la compañía.

“DDMRP incorpora funcionalidades del MRP, Lean, TOC, Seis Sigma, Distribution Resource Planning (DRP) así como conceptos innovadores permitiendo planificar y controlar el flujo de materiales de una cadena de suministro” (Kortabarria, Apaolaza, & Lizarralde, 2018).

A continuación, se indican los cinco componentes de este modelo:

- Posicionamiento estratégico del inventario.
- Establecer los niveles y perfiles de los Buffers.
- Ajustes Dinámicos de los Buffers.
- Planeación Basada en la demanda.
- Ejecución visible y colaborativa.

(Ptak & Smith, 2016)

2.3 Sistemas de Gestión de Inventario.

La gestión de inventarios se incluye dentro de la rama de la contabilidad de costes y se define como la administración adecuada del registro, compra y salida de inventario dentro de la empresa. (Debitoor, 2018)

Una empresa suele mantener un número mínimo de stock para hacer frente a aumentos de demanda, de la misma forma que también tiene que disponer del material necesario para continuar con la producción y que no se produzca ninguna pausa en la actividad. (Debitoor, 2018)

Principalmente para la gestión de inventarios, por lo general se utilizan dos tipos de metodologías, Sistemas ABC o Cantidad Económica de Pedido, sin embargo, existe modelos más actualizados que ayudan a las empresas a mejorar el uso de sus recursos buscando reducir costos y tiempo en sus procesos.

2.3.1 Metodología Lean Warehousing:

Esta metodología se enfoca principalmente en la reducción de desperdicios en bodega como, productos de baja rotación, ineficiencia en recorridos en bodega, etc.

También podemos decir que “Es la aplicación del pensamiento Lean en la Gestión de almacén. Los almacenes, en la actualidad, ya no están restringidos exclusivamente al almacenamiento, ya que incluyen procesos como recepción, almacenaje, Picking y Packing, despacho, etc. es por ello que la metodología Lean se está aplicando, también, al almacenamiento” (Rojas & Noguera, 2018).

Dentro del marco del almacenamiento, el principio es eliminar aquellos procesos y actividades que están absorbiendo recursos, pero que no están creando ningún valor adicional (Sunol, 2018).

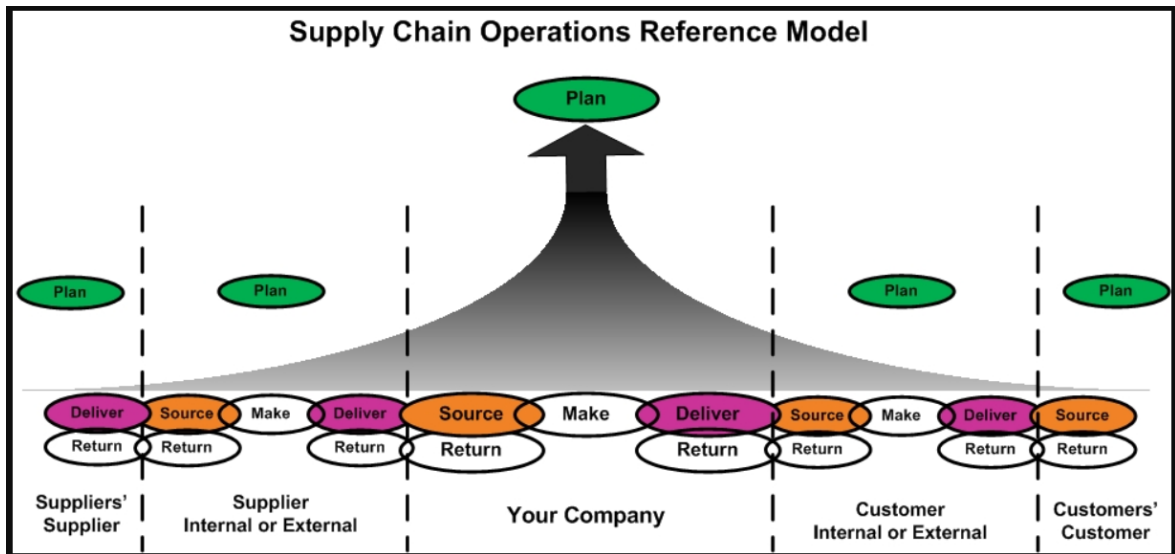
2.3.2 Modelo de Referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro SCOR.

El modelo SCOR (Supply Chain Operational Reference) por sus siglas en inglés, “es una es una herramienta estratégica que presenta ventajas como terminología unificada, procesos estandarizados, indicadores de desempeño asociados a cada proceso y flexibilidad para adaptarse a cada organización (Spina, y otros, 2016)” y es de gran ayuda para las PYMES, por ende, deberían contar siempre con un modelo como este.

Se define también como “un modelo desarrollado para describir todas las actividades que una empresa ejecuta mediante fases para satisfacer la demanda de los clientes. El modelo se organiza teniendo en cuenta los cinco procesos básicos que se llevan a cabo en la empresa: planeación, aprovisionamiento, producción, distribución y devoluciones. Se concluye que el modelo es una herramienta de representación, análisis y configuración de cadenas de suministro que proporciona un marco único que relaciona los procesos de la empresa, los indicadores de gestión, las mejores prácticas y la reingeniería en una red unificada para facilitar la comunicación entre las diferentes organizaciones y procesos que conforman la cadena” (Herrera & Herrera, 2016)

“El modelo contiene diversas secciones organizadas en torno a los cinco procesos primarios que son: Planificación (Plan), Abastecimiento (Source), Producción (Make), Distribución (Deliver) y Devoluciones (Return)”. (Supply Chain Council, 2010). Sin embargo, a partir del año 2012 se añade un nuevo proceso que es el Soporte (enable).

Figura 2.1 Modelo SCOR



2.3.2.1 Planificación (Plan).

Es la primera parte del proceso que incluye la planificación de suministros, la demanda y la administración, este proceso busca establecer una comunicación en todos los eslabones de la cadena para hacerlo más eficiente.

2.3.2.2 Abastecimiento (Source).

Esta parte se dedica a medir de manera específica el abastecimiento y adquisición de materias primas o materiales, para manejar de mejor forma la relación que existe tanto con los proveedores como con el inventario y qué tipo de manejo realizar para estos pagos.

2.3.2.3 Producción (Make).

Es el tercer paso dentro del modelo SCOR, este proceso se trata de la producción y manufactura en cuanto a qué proceso de manufactura usar, ya sea made to order, assemble to order u otro de estos tipos de procesos.

2.3.2.4 Distribución (Deliver).

Esta parte del proceso habla sobre la logística o suministro que involucra el manejo de almacenaje, pedidos y transporte, al igual que la recepción de pedidos de clientes y facturación del producto terminado al ser recibido. Este proceso también incluye los requerimientos que pueden ser de importación y exportación, así como el ciclo de vida del producto.

2.3.2.5 Devoluciones (Return).

Dentro de la devolución se incluye, la administración de las reglas de devolución en inventario de cambio y el transporte de requisitos reglamentarios, es decir que se brindan servicios tanto al cliente como a los proveedores para atender cualquier tipo de devolución y retirada de mercancías que se tenga.

2.3.2.6 Soporte (Enable).

Finalmente está el Soporte, es la parte más actual pero igual de importante, esta busca establecer y manejar las reglas, asesorar el desempeño, manejar la información y muchas otras partes que en realidad es lo que reúne todo el modelo SCOR y lo vuelve un proceso tan eficiente y tan recorrido

CAPÍTULO 3

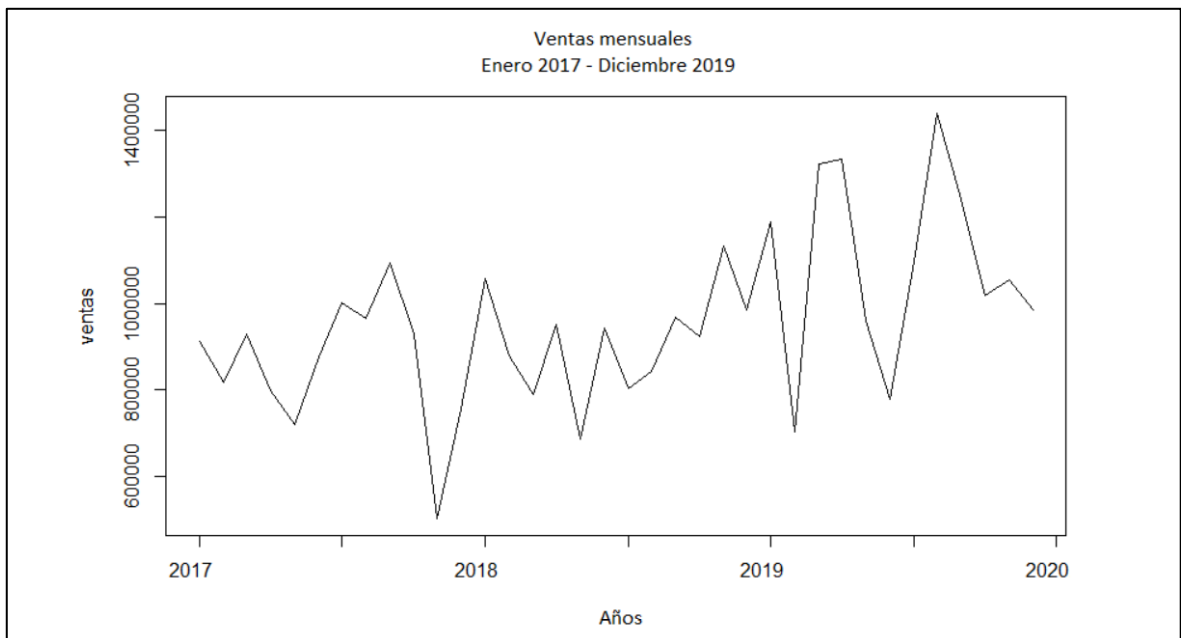
3. MODELOS DE PRONOSTICOS DE DEMANDA Y DISEÑOS DE POLITICAS DE INVENTARIO.

3.1. Pronósticos de Demanda.

En este capítulo se plantea y desarrolla el problema a resolver.

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la demanda de este caso de estudio es probabilística, por lo tanto, se van a probar varios modelos para pronosticar demandas, basadas en una data de ventas mensuales de 3 años solamente para productos A y B de una clasificación de inventario realizada previa iniciar con el desarrollo de este problema.

Figura 3.1 Serie de Tiempo de Ventas



La gráfica contiene una serie de tiempo con la información correspondiente a las ventas mensuales de la empresa caso de estudio, desde enero de 2017 a diciembre de 2019.

Partiendo de estos datos y mediante el software RStudio, se realizan varios modelos de pronóstico que arrojan la siguiente información:

Holtwinters Aditivo:

Coefficiente de Nivel: $\alpha = 0.1366737$

Coefficiente de Tendencia: $\beta = 0.05835548$

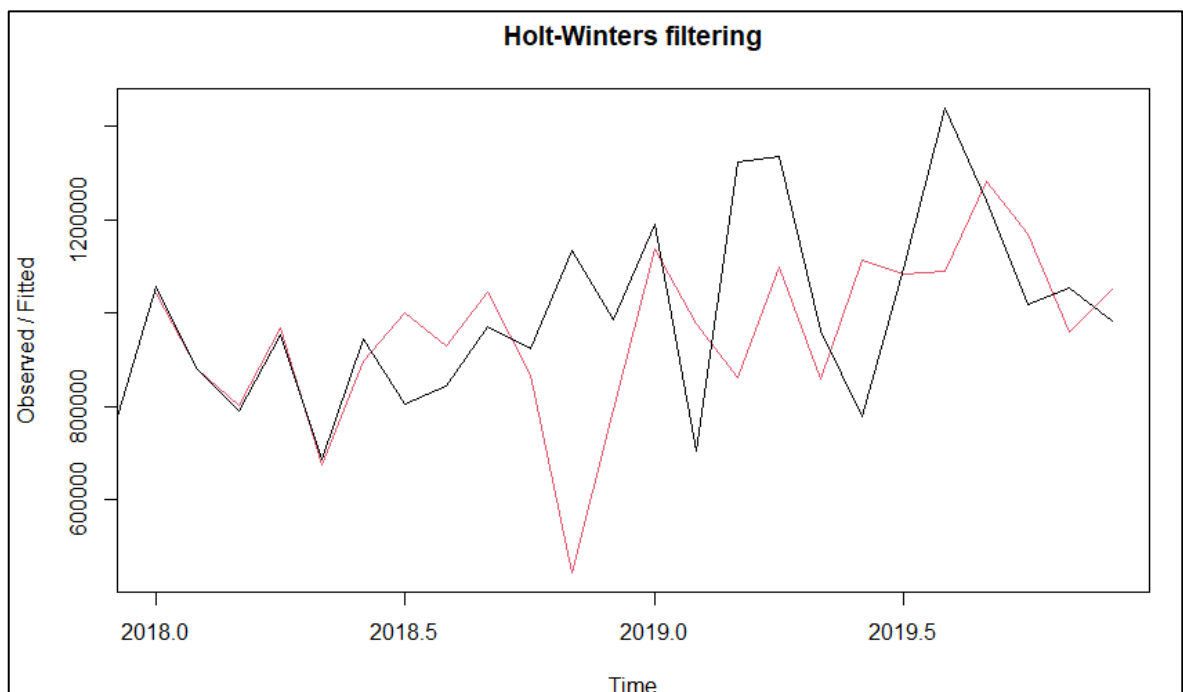
Coefficiente del componente estacional: $\gamma = 0.427284$

Nivel de último período: $a_n = 1101725.67$

Tendencia de último período: $b_n = 8603.23$

Suma cuadrática de errores: $1.29727e+12$

Figura 3.2 Modelo Holt-Winters Aditivo Ajustado

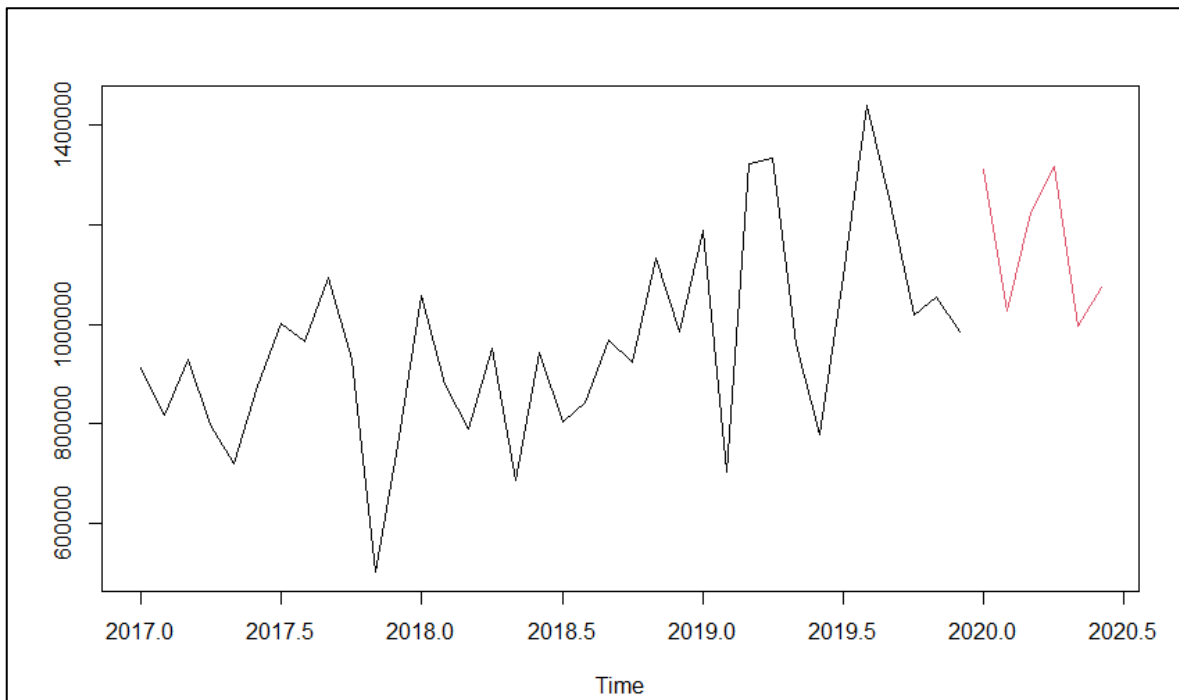


Mientras más periodos se pretende pronosticar, la probabilidad de error incrementa, por tal motivo se ha realizado un pronóstico para los próximos 6 meses del siguiente año, utilizando el modelo de Holtwinters Aditivo.

Tabla 1 Pronóstico Holtwinters Aditivo

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2020	1309904.5	1026879.9	1224376.1	1316496.1	994898.2	1074190.8

Figura 3.3 Pronóstico con Holtwinters Aditivo



Holtwinters Multiplicativo:

Coeficiente de Nivel: $\alpha = 0.0897021$

Coeficiente de Tendencia: $\beta = 0.0731706$

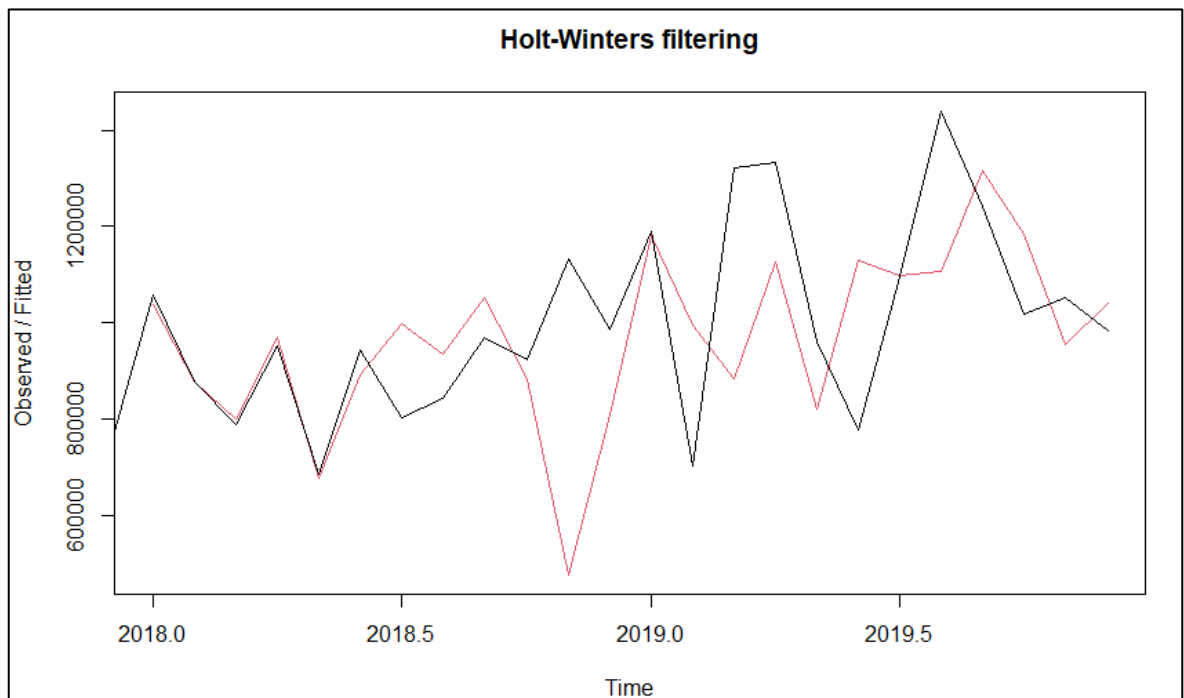
Coeficiente del componente estacional: $\gamma = 0.4779864$

Nivel de último período: $a_n = 1.114802e + 06$

Tendencia de último período: $b_n = 9.953174e + 03$

Suma cuadrática de errores: $1.227967e+12$

Figura 3.4 Modelo Holt-Winters Multiplicativo Ajustado

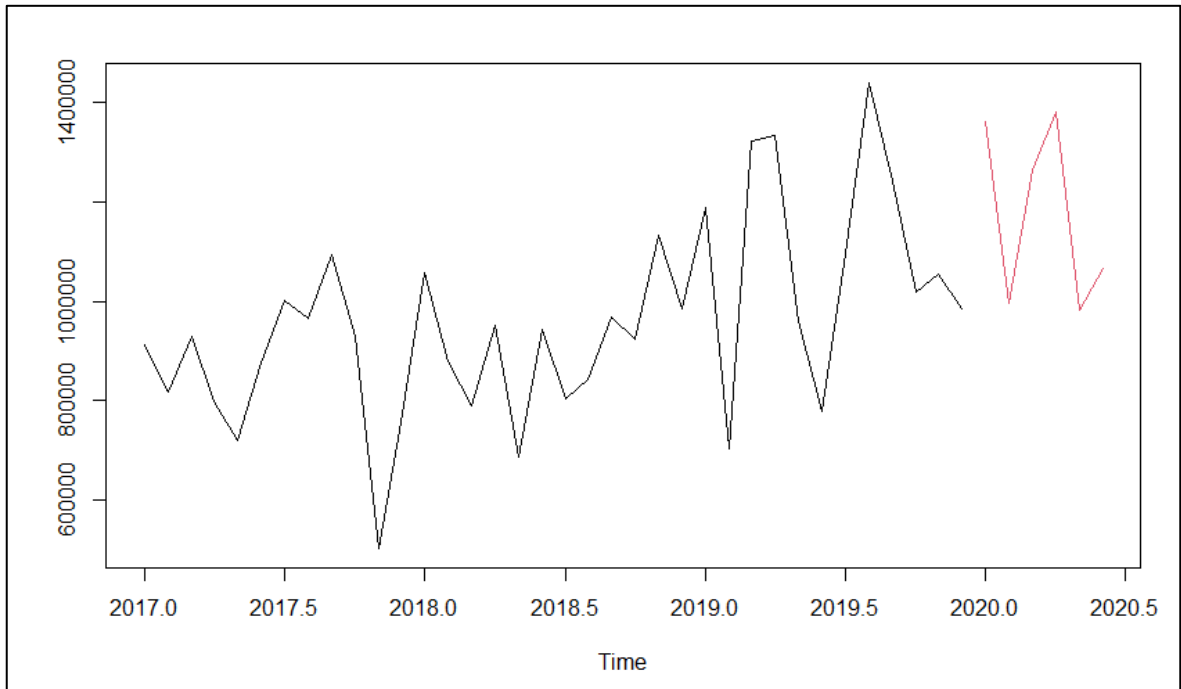


Al igual que en el modelo anterior, se realiza un pronóstico de ventas solamente para los próximos 6 meses del siguiente año, así mismo usando el modelo de Holtwinters Multiplicativo.

Tabla 2 Pronóstico Holtwinters Multiplicativo

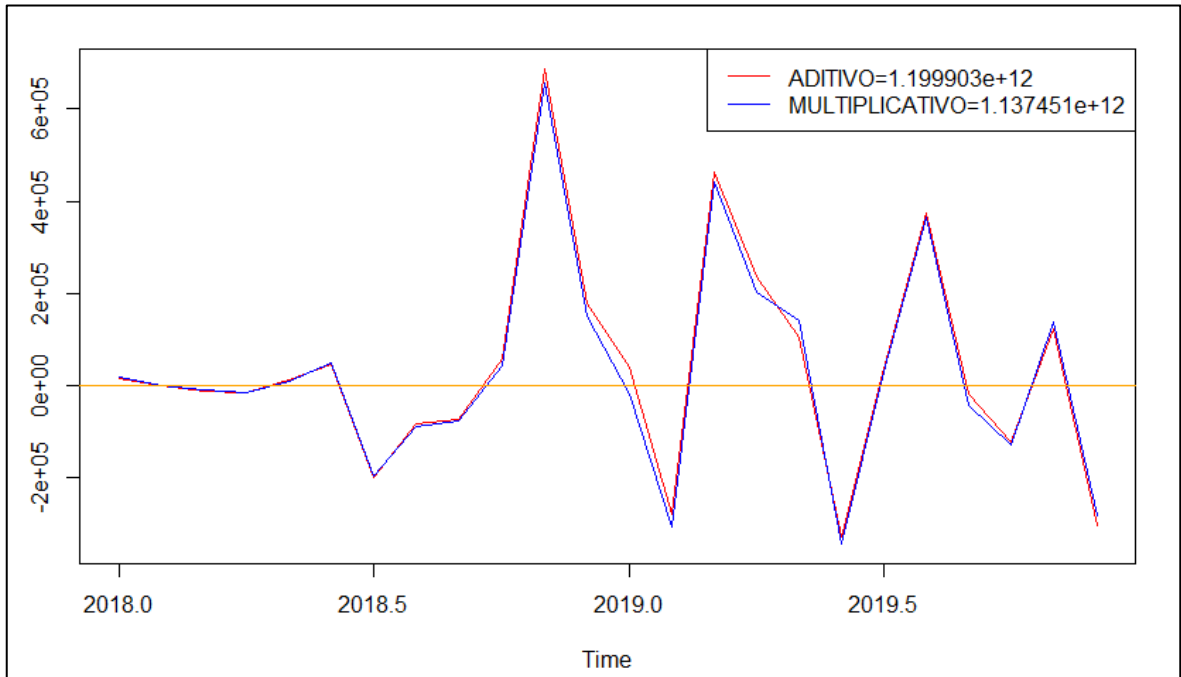
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
2020	1361238.6	995948.0	1263459.8	1378956.7	981846.7	1065295.2

Figura 3.4 Pronóstico con Holtwinters Multiplicativo



En la siguiente gráfica se puede ver desde otra perspectiva la suma cuadrática de los errores entre ambos modelos, tanto el aditivo como el multiplicativo, misma que nos permite evidenciar la mínima diferencia de pronóstico que existen entre los dos primeros modelos.

Figura 3.5 Comparación de Suma Cuadrática de Errores



Modelos ARIMA

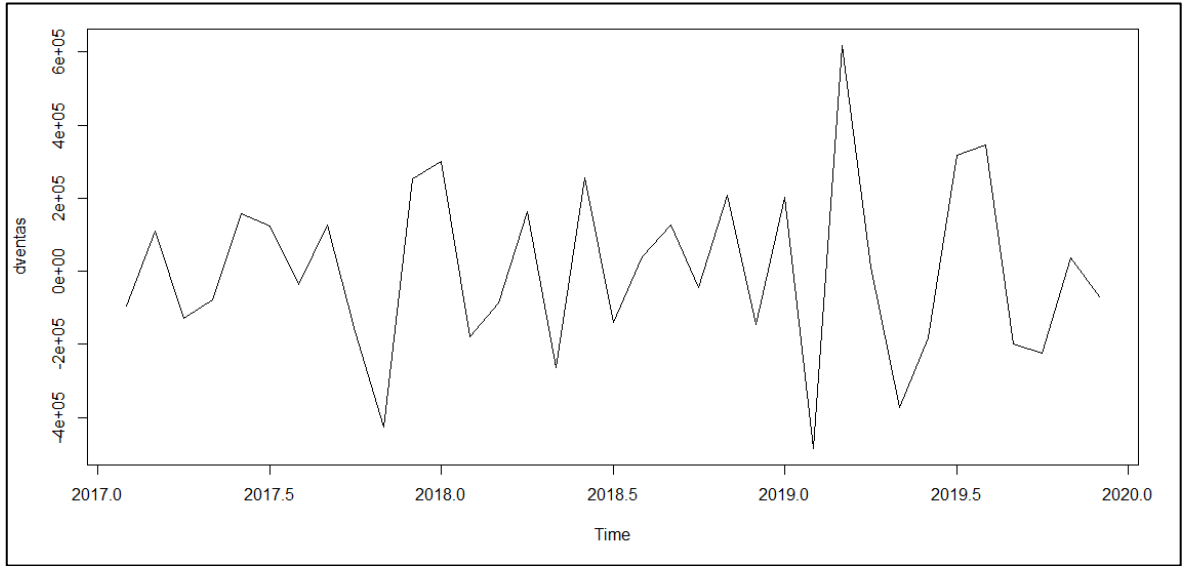
Adicional a los modelos antes utilizados, también vamos a usar un modelo ARIMA, ya que a simple vista y análisis superficial, esta serie de tiempo presenta estacionariedad.

Se ha diferenciado una vez la serie de tiempo, ya que el tanto el test KPSS como el ADF así nos lo indican, adicionalmente que el p-value del test ADF es 0.01, mismo que es menor a 0.05.

Tabla 3 Test Dickey-Fuller

Augmented Dickey-Fuller Test
data: (dventas)
Dickey-Fuller = -5.0881, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

Figura 3.6 Seria de Tiempo Diferenciada



Posterior a esto graficamos las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial para elegir el modelo que más se ajuste a la serie de tiempo objeto de estudio.

Figura 3.7 Función de autocorrelación (ACF)

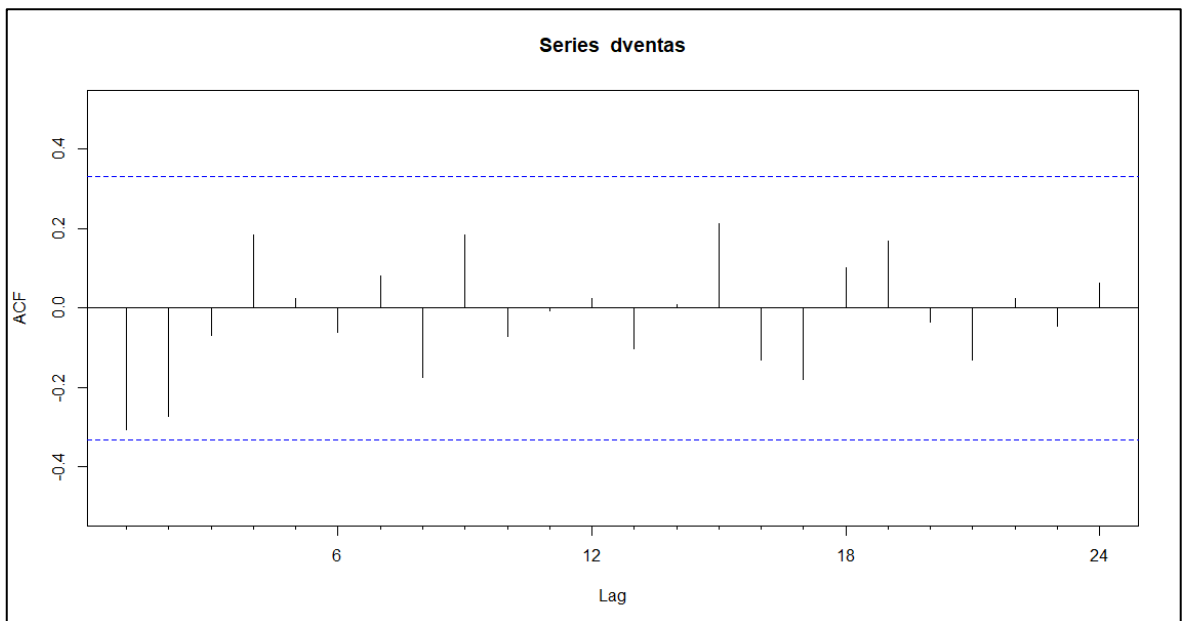
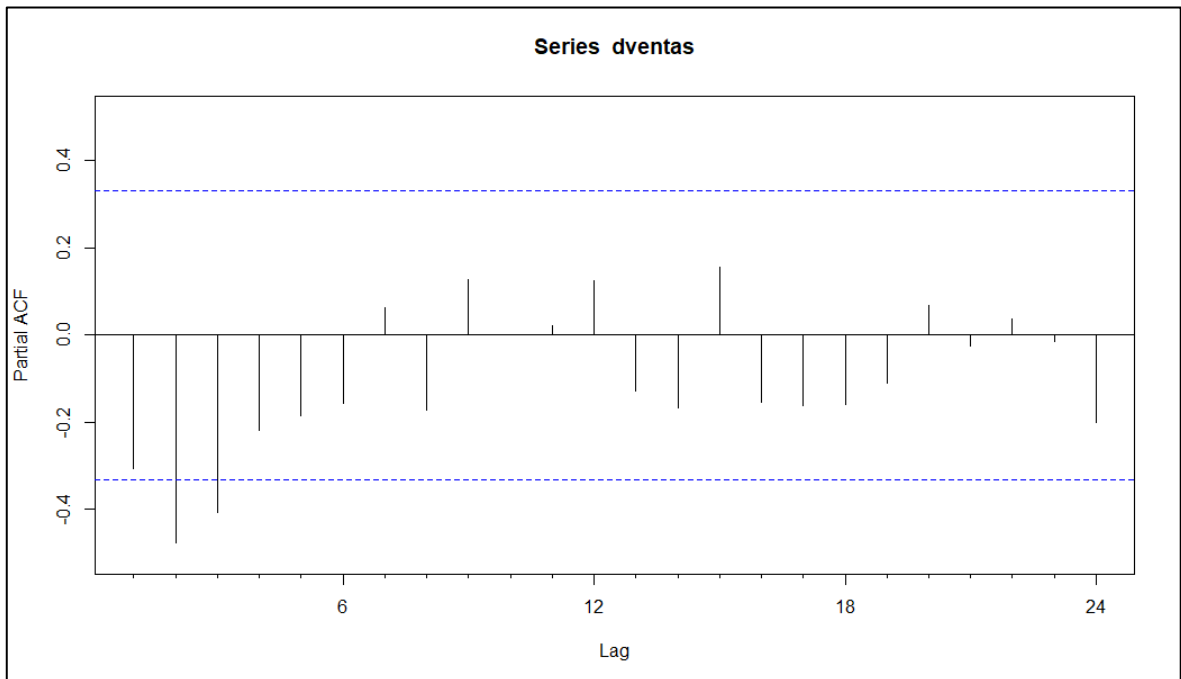


Figura 3.8 Función de autocorrelación parcial (Partial ACF)



En base a estas dos gráficas, se puede decidir entre dos posibles modelos que son:

- ARIMA(1,1,0)
- ARIMA(2,1,0)

Para esto se van comparar dos modelos para poder elegir el óptimo entre ambos, mediante ciertos criterios de información que el propio software nos los da.

Tabla 4 ARIMA(1,1,0)

```
arima(x = ventas, order = c(1, 1, 0))  
  
Coefficients:  
    ar1  
    -0.2986  
s.e.    0.1589  
  
sigma^2 estimated as 4.961e+10: log likelihood = -480.69, aic = 965.38
```

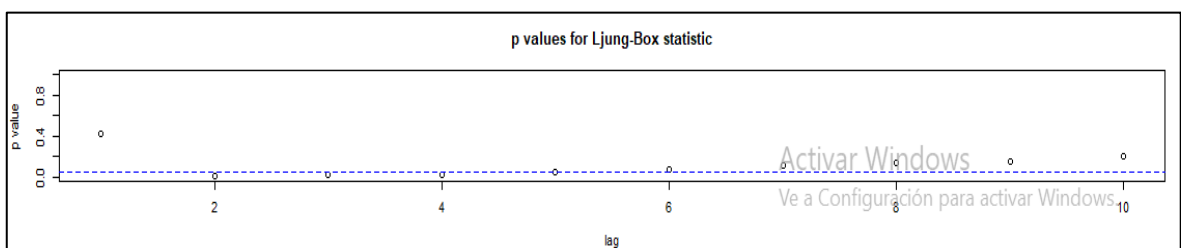


Tabla 5 Test de Box-Ljung para ARIMA (1,1,0)

```
Box-Ljung test
data: residuals(modelo1)
X-squared = 1.163619, df = 1, p-value = 0.4251
```

Tabla 6 ARIMA(2,1,0)

```
arima(x = ventas, order = c(2, 1, 0))
Coefficients:
      ar1      ar2
 -0.4173  -0.3841
s.e.    0.1537   0.1501
sigma^2 estimated as 4.155e+10: log likelihood = -477.75, aic = 961.5
```

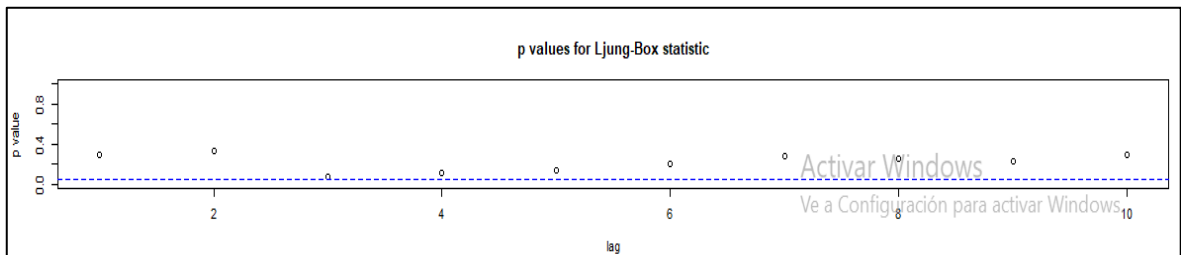


Tabla 7 Test de Box-Ljung para ARIMA (2,1,0)

```
Box-Ljung test
data: residuals(modelo2)
X-squared = 1.1252, df = 1, p-value = 0.2888
```

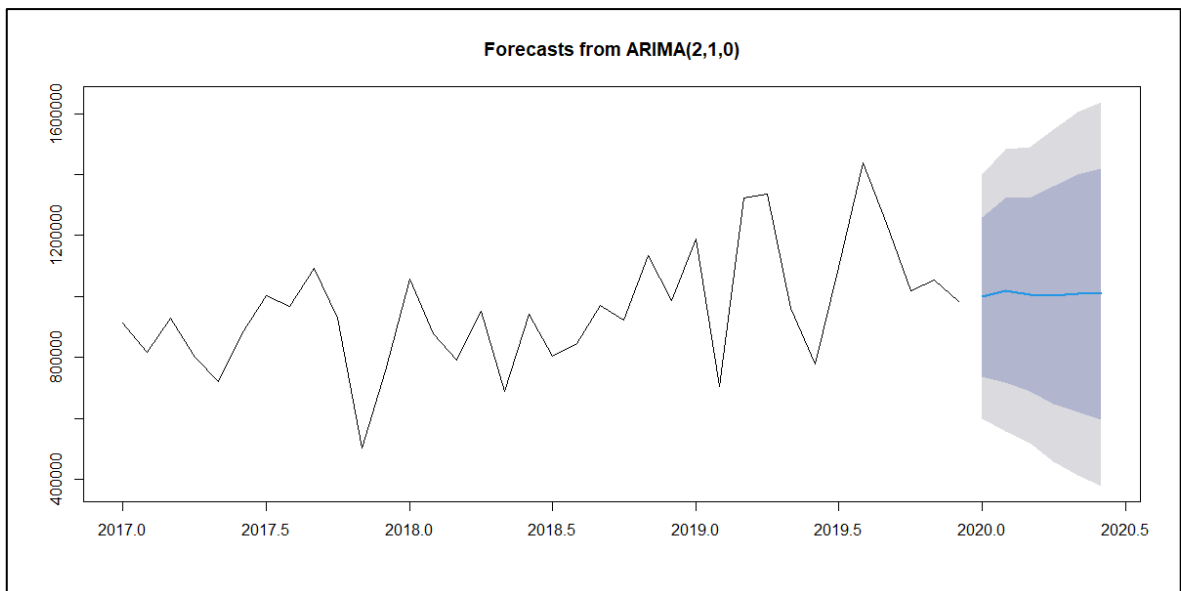
Debido a que la muestra es pequeña, el valor AIC sirve como criterio de información, además de este, se evalúa el p-value y el logaritmo de verosimilitud, mismos que nos proporcionan una evidencia suficiente para elegir el modelo ARIMA(2,1,0), con el cuál procedemos a realizar nuestro pronóstico.

En los siguientes dos gráficos se observa al pronóstico para los 6 próximos meses realizado con el modelo antes seleccionado.

Tabla 8 Pronóstico ARIMA(2,1,0)

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Jan 2020	999062.7	737836.1	1260289	599551.1	1398574
Feb 2020	1019310.3	716964.2	1321656	556911.8	1481709
Mar 2020	1004984.8	687345.2	1322624	519196.9	1490773
Apr 2020	1003185.3	646561.9	1359809	457777.0	1548594
May 2020	1009438.4	620116.1	1398761	414021.3	1604856
Jun 2020	1007520.5	595851.3	1419190	377926.7	1637114

Figura 3.9 Pronóstico con modelo ARIMA

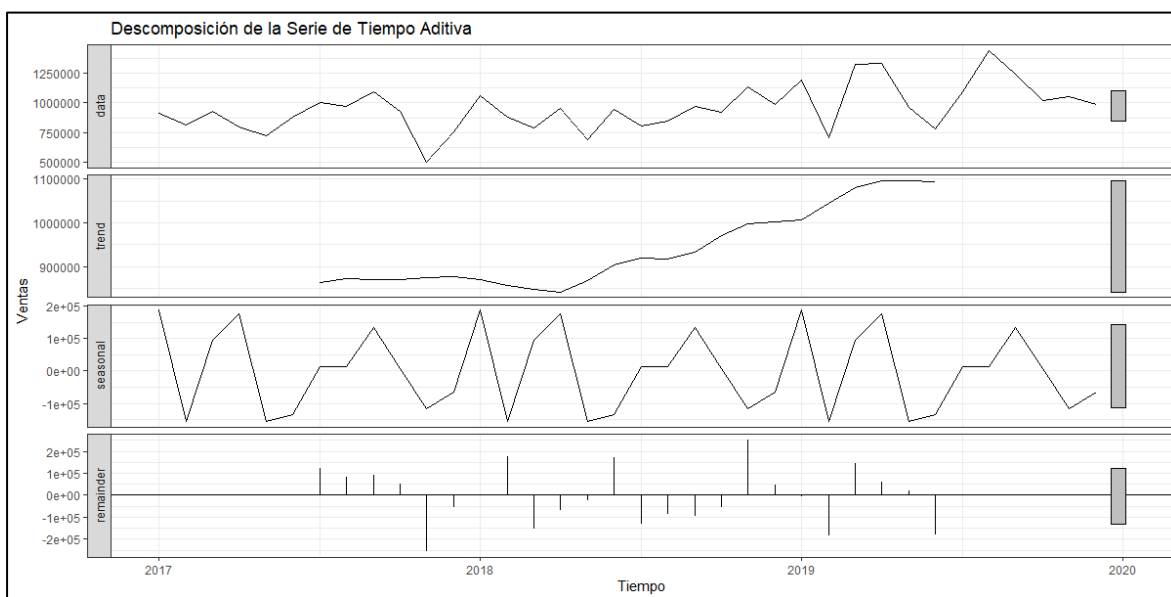


Descomposición de una Serie de Tiempo.

Para encontrar patrones de una serie de tiempo, existen dos formas de realizarlo y posteriormente realizar pronósticos. A continuación, veremos las dos formas de hacerlo:

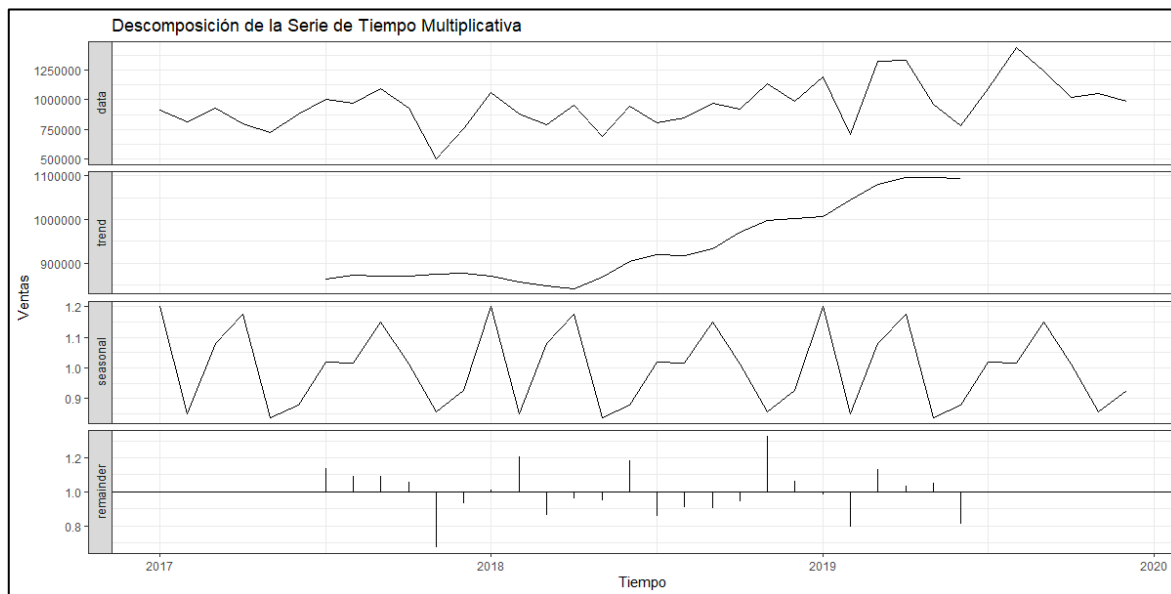
Método de Descomposición Aditivo

Figura 3.10 Descomposición de la Serie de Tiempo Aditivo



Método de Descomposición Multiplicativo

Figura 3.11 Descomposición de la Serie de Tiempo Multiplicativo

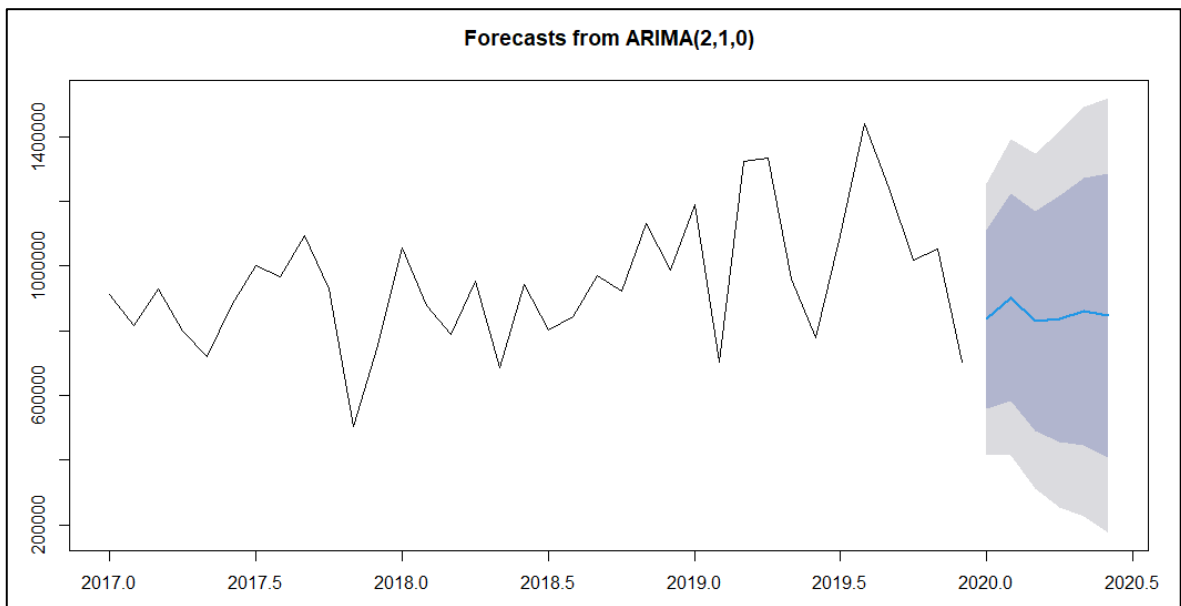


A continuación, se ha realizado un pronóstico para los 6 próximos meses, utilizando como ejemplo el mismo modelo ARIMA (2,1,0) con el que se trabajó en el apartado anterior, partiendo obviamente de una previa descomposición de la serie de tiempo.

Tabla 9 Pronóstico ARIMA (2,1,0)

	Point Forecast	Lo 80	Hí 80	Lo 95	Hí 95
Jan 2020	835065.2	560071.2	1110059	414498.1	1255632
Feb 2020	903266.3	584173.1	1222359	415255.4	1391277
Mar 2020	829269.8	491027.4	1167512	311972.6	1346567
Apr 2020	835851.3	456294.2	1215408	255368.8	1416334
May 2020	859032.2	445204.0	1272860	226136.6	1491928
Jun 2020	847192.9	408062.7	1286323	175601.2	1518785

Figura 3.12 Pronóstico con modelo ARIMA(2,1,0)



En la tabla 9 se puede observar un pronóstico realizado para 6 períodos usando el método antes mencionado y partiendo de una descomposición de una serie de tiempo, con sus respectivos intervalos de tolerancia usando un margen de error tanto del 20% y 5%, mismos que también se pueden evidenciar de forma gráfica en la figura 3.11 donde se resaltan de color gris y gris oscuro.

A partir de los pronósticos realizados, se procede a realizar un seleccionar el método óptimo para continuar con el estudio de cada tipo de producto.

Esta selección se ha realizado mediante un sencillo análisis que es la suma cuadrática de los errores, como se puede observar en la siguiente tabla:

	HOLTWINTERS ADITIVO	HOLTWINTERS MULTIPLICATIVO	ARIMA (1,1,0)	ARIMA (2,1,0)	DECOMPOSE [ARIMA(2,1,0)]
SUMA CUADRÁTICA DE ERRORES	1,29727E+12	1,22797E+12	1,163619	1,12521	1,18851

Por lo tanto, procedemos a realizar pronósticos de demanda con el mejor modelo evaluado para cada una de los 7 primeros tipos de producto que fueron resultado de la clasificación ABC.

A continuación, se puede observar las siguientes tablas donde se aprecia de manera numérica lo antes mencionado para cada tipo de producto tipos A y B.

Tabla 10 Pronóstico Tipo de Producto 1: Llantas

Pronóstico	
ene-20	1160 und
feb-20	1000 und
mar-20	960 und
abr-20	1060 und
may-20	1200 und
jun-20	980 und
jul-20	1100 und
ago-20	940 und
sep-20	1240 und
oct-20	1180 und
nov-20	1140 und
dic-20	1380 und

Tabla 11 Pronóstico Tipo de Producto 2: Bujías

Pronóstico	
ene-20	31725 und
feb-20	34061 und
mar-20	24975 und
abr-20	29025 und
may-20	30173 und
jun-20	25988 und
jul-20	25691 und
ago-20	30510 und
sep-20	32198 und
oct-20	32913 und
nov-20	31253 und
dic-20	32265 und

Tabla 12 Pronóstico Tipo de Producto 3: Amortiguadores

Pronóstico	
ene-20	3060 und
feb-20	3450 und
mar-20	4050 und
abr-20	3150 und
may-20	2940 und
jun-20	3300 und
jul-20	2880 und
ago-20	3510 und
sep-20	3240 und
oct-20	2670 und
nov-20	3420 und
dic-20	3540 und

Tabla 13 Pronóstico Tipo de Producto 4: Pastillas de Freno

Pronóstico	
ene-20	7500 und
feb-20	8070 und
mar-20	7140 und
abr-20	7410 und
may-20	6480 und
jun-20	7650 und
jul-20	7080 und
ago-20	7830 und
sep-20	7740 und
oct-20	7470 und
nov-20	7920 und
dic-20	8160 und

Tabla 14 Pronóstico Tipo de Producto 5: Bandas de Transmisión

Pronóstico	
ene-20	3570 und
feb-20	4080 und
mar-20	3450 und
abr-20	3600 und
may-20	3330 und
jun-20	3930 und
jul-20	3750 und
ago-20	3150 und
sep-20	3390 und
oct-20	3840 und
nov-20	3960 und
dic-20	4170 und

Tabla 15 Pronóstico Tipo de Producto 6: Filtros (Aceite, Aire y Combustible)

Pronóstico	
ene-20	55650 und
feb-20	57690 und
mar-20	56850 und
abr-20	56280 und
may-20	57450 und
jun-20	57090 und
jul-20	56460 und
ago-20	58890 und
sep-20	56970 und
oct-20	58590 und
nov-20	57240 und
dic-20	58980 und

Tabla 16 Pronóstico Tipo de Producto 7: Discos de Freno

Pronóstico	
ene-20	2940 und
feb-20	3300 und
mar-20	3750 und
abr-20	3360 und
may-20	2850 und
jun-20	3510 und
jul-20	3630 und
ago-20	3240 und
sep-20	3450 und
oct-20	3180 und
nov-20	3600 und
dic-20	4050 und

3.2 Implementación de un Modelo DDMRP.

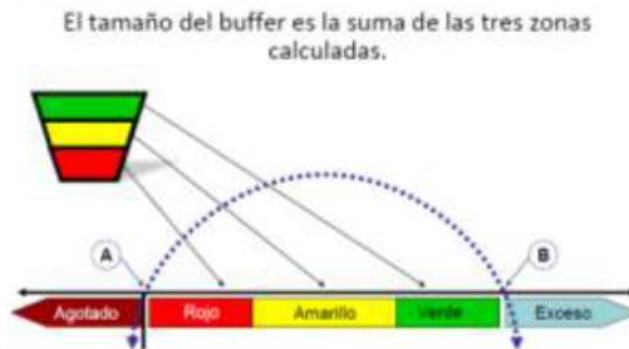
Este modelo se lo va aplicar a los 7 principales tipos de producto que de acuerdo a la clasificación ABC, representan un 75% de las ventas de la empresa.

En esta parte se realizarán cálculos de buffer, y para ello es necesario conocer el Lead Time desacoplado de cada uno de los Ítems y la cantidad mínima de pedido o (Minimum Order Quantity) por sus siglas en inglés, sin embargo la compañía actualmente no usa este método para sus requerimientos sino en base a un promedio de los 6 últimos meses, motivo por el cual para obtener estas cantidades nos basamos en información histórica de la empresa, además de información proporcionada por cada proveedor, donde finalmente tenemos la siguiente tabla detallada para cada producto:

Productos	Lead Time (días)	MOQ (und)
P1	20	950
P2	80	70000
P3	90	4200
P4	135	14500
P5	30	3600
P6	135	114500
P7	135	3000

Se debe mencionar que las zonas del buffer están compuestas en 3 partes: Zona Roja (misma que contiene rojo base y rojo de seguridad), Zona Amarilla y Zona Verde, como se puede apreciar en la figura 3.12 y se considera que toda cantidad ubicada por fuera de la Zona verde es un exceso de inventario, por lo tanto para la implementación se utilizaran los buffer por reposición ya que estos son estratégicos y dinámicos.

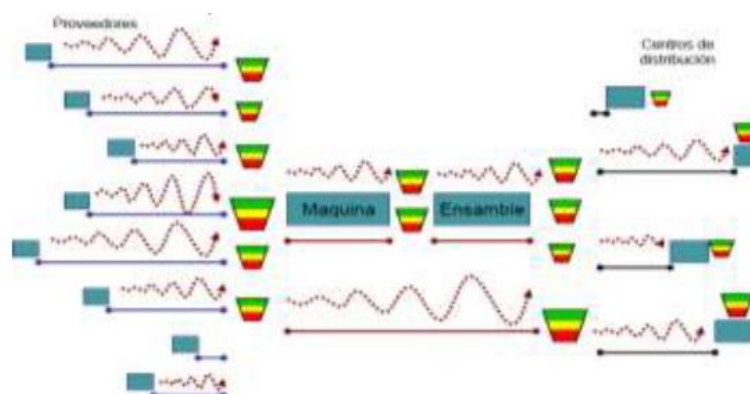
Figura 3.13 Zonas del Buffer



Fuente: (DDI, 2018)

En la siguiente figura se demuestra una manera generalizada de cómo establecer los Buffer, cuando se trata de productos distribuidos, se considera que cada uno de los productos comprados representa 1 buffer, cuando en el tipo de proceso o el tipo de actividades se agrega producción o mejoramiento, puede existir un buffer entre las operaciones de máquina y ensamblé y dicho producto al finalizar se convierte en un buffer, es por esto que en la siguiente figura se aprecia la posición de los buffers de los productos distribuidos.

Figura 3.14 Buffer de productos distribuidos



Fuente: (DDI, 2018)

Para poder implementar una metodología DDMRP en la empresa, se tomaron datos históricos y se realizaron pronósticos de demanda de cada tipo de producto con los que hemos trabajado anteriormente, la implementación detallada a continuación tiene la intención de manejar un inventario bajo la metodología DDMRP.

Se conoce que la Zona Verde sirve para determinar la frecuencia y el tamaño de la orden de reposición y para ello existen 3 maneras de calcularlo:

1. Mediante el MOQ
2. Frecuencia de orden (# de días X CPD)
3. Calculado o con Factor de Lead Time (DLT x CPD x %LT)

Para efectos de nuestro proyecto, se utilizarán las opciones A y C y se elegirá al mayor de ambos, por otra parte, no se va a considerar la frecuencia de orden debido a que es indeterminado por cada cuanto se generan las nuevas órdenes de compra, por ello en esta empresa no es aplicable.

La Zona Amarilla la calculamos con los siguientes factores, CPD x DLT y se afirma que es el foco de los buffers, ya que es aquí donde siempre debe fluctuar el inventario físico.

La Zona Roja se conforma por el Rojo de Seguridad, mismo que se determina por $DLT \times CPD \times \%LT$ y el Rojo Base que se determina por el Rojo de Seguridad x % Variabilidad.

Basados en el Demand Drive Institute, lo más aconsejable es usar los siguientes parámetros detallados en el gráfico a continuación, mismos que nos ayudan a definir los porcentajes de variabilidad.

Categoría de variabilidad	Rango factor de variabilidad
Variabilidad alta	61% a 100%
Variabilidad media	41% a 60%
Variabilidad baja	0% a 40%

Fuente: (DDI, 2018)

Adicionalmente se tiene al factor del Lead Time, mismo que se aplica a la demanda promedio de un Ítem con la finalidad de proporcionar las cantidades utilizadas para establecer la zona verde y la zona roja; así mismo existen unos parámetros sugeridos por el Demand Driven Institute, mismos que se detallan en la siguiente tabla:

Categoría de lead time	% de lead time
Largo	20% - 40%
Medio	41% - 60%
Corto	61% - 100%

Fuente: (DDI, 2018)

El ajuste dinámico de los buffers consigue de la variación que existe en cada uno de los Ítems en CDP en el periodo a analizar.

De manera siguiente, se aplica todo lo antes mencionado para los 7 tipos de productos que se analizarán.

CDP y Zona Verde con LT para P1

P1	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	58	754
Febrero	50	650
Marzo	48	624
Abril	53	689
Mayo	60	780
Junio	49	637
Julio	55	715
Agosto	47	611
Septiembre	62	806
Octubre	59	767
Noviembre	57	741
Diciembre	69	897

Para determinar la Zona Verde se compara el MOQ versus la Zona Verde con factor de Lead Time y se escoge el mayor considerando la presentación de venta.

Para el cálculo de la Zona Verde según la fórmula ya antes mencionada, se lo realiza con un valor de 65% establecido como Factor de Lead Time.

MOQ de P1 = 950 unds.

Zona Verde con factor de Lead Time para Enero = 754 unds (20 días x 58 /día x 65%).

Como resultado tenemos que para el mes de enero del producto P1 detallado en la Tabla anterior, la zona verde con factor de Lead Time es de 754 unds y de manera consecutiva repetimos la misma fórmula para los meses que restan.

Se puede observar que para P1 el mayor número es el MOQ, por lo tanto, esta cantidad se establece como la Zona Verde.

Ahora se continua con el cálculo de Zona Amarilla, que en el caso de P1 es de 1160 unds, de acuerdo a la fórmula es 58 unds x 20 días; de igual forma que en la zona anterior, se repite el cálculo para los siguientes meses.

Finalmente, en el caso de la Zona Roja, si aplicamos las fórmulas para P1 en el mes de enero, se obtienen los siguientes resultados:

Zona Roja Base = 58 unds / día x 20 días x 0.65 = 754 unds.

Zona Roja de Seguridad = 754 unds x 0.20 = 151 unds.

Zona Roja = 754 unds + 151 unds = 905 unds.

Se debe tomar en cuenta que para los siguientes meses es muy probable que se deban realizar algunos ajustes correspondientes conforme a la planeación que está basada en la demanda, misma que esta variable.

Buffer para P1

P1	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	950	1160	754	151	905
Febrero	950	1000	650	130	780
Marzo	950	960	624	125	749
Abril	950	1060	689	138	827
Mayo	950	1200	780	156	936
Junio	950	980	637	127	764
Julio	950	1100	715	143	858
Agosto	950	940	611	122	733
Septiembre	950	1240	806	161	967
Octubre	950	1180	767	153	920
Noviembre	950	1140	741	148	889
Diciembre	950	1380	897	179	1076

En la siguiente tabla se podrá apreciar los respectivos topes de inventario para P1 en cada zona:

Tope Zona Roja = Zona Roja

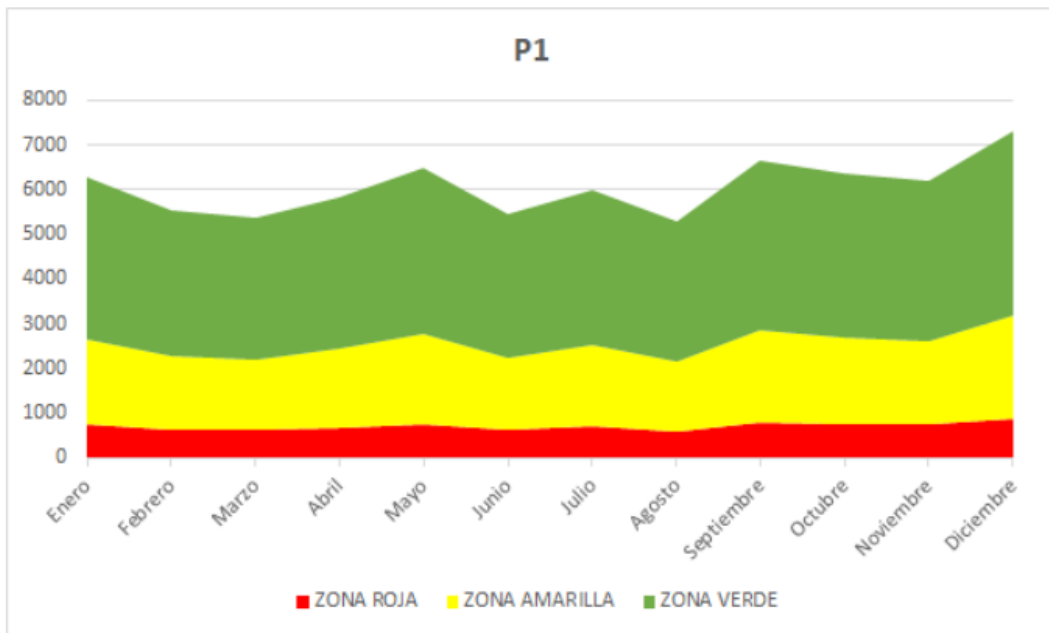
Tope Zona Amarilla = Zona Roja + Zona Amarilla

Tope Zona Verde = Zona Roja + Zona Amarilla + Zona Verde

P1	TOPE ZONA ROJA	TOPE ZONA AMARILLA	TOPE ZONA VERDE
Enero	754	1914	3618
Febrero	650	1650	3250
Marzo	624	1584	3158
Abril	689	1749	3388
Mayo	780	1980	3710
Junio	637	1617	3204
Julio	715	1815	3480
Agosto	611	1551	3112
Septiembre	806	2046	3802
Octubre	767	1947	3664
Noviembre	741	1881	3572
Diciembre	897	2277	4124

En el siguiente gráfico se evidencia cómo evoluciona el perfil de cada buffer.

Figura 3.15 Buffer de P1



Con la explicación y descripción de cálculos para el P1, a continuación, se muestra la creación de los buffers y sus ajustes respectivos para los productos P2, P3, P4, P5, P6 y P7.

CDP y Zona Verde con LT para P2

P2	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	2350	84600
Febrero	2523	90828
Marzo	1850	66600
Abril	2150	77400
Mayo	2235	80460
Junio	1925	69300
Julio	1903	68508
Agosto	2260	81360
Septiembre	2385	85860
Octubre	2438	87768
Noviembre	2315	83340
Diciembre	2390	86040

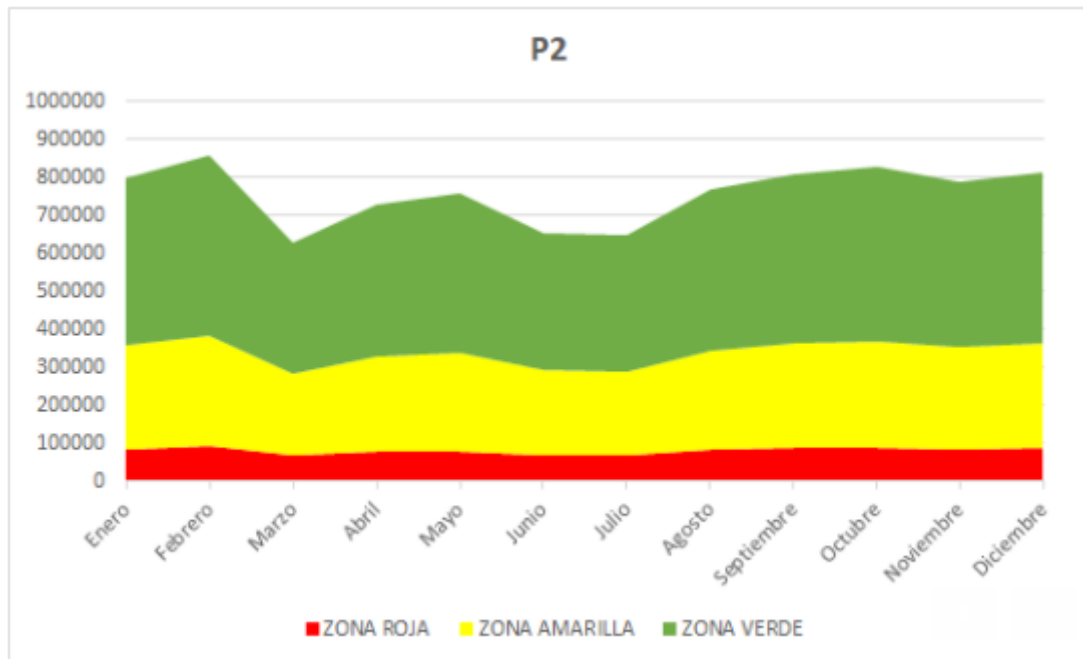
Buffer para P2

P2	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	84600	188000	84600	54990	139590
Febrero	90828	201840	90828	59038	149866
Marzo	66600	148000	66600	43290	109890
Abril	77400	172000	77400	50310	127710
Mayo	80460	178800	80460	52299	132759
Junio	69300	154000	69300	45045	114345
Julio	68508	152240	68508	44530	113038
Agosto	81360	180800	81360	52884	134244
Septiembre	85860	190800	85860	55809	141669
Octubre	87768	195040	87768	57049	144817
Noviembre	83340	185200	83340	54171	137511
Diciembre	86040	191200	86040	55926	141966

Zonas de Tope de Buffers para P2

P2	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	84600	272600	441800
Febrero	90828	292668	474324
Marzo	66600	214600	347800
Abril	77400	249400	404200
Mayo	80460	259260	420180
Junio	69300	223300	361900
Julio	68508	220748	357764
Agosto	81360	262160	424880
Septiembre	85860	276660	448380
Octubre	87768	282808	458344
Noviembre	83340	268540	435220
Diciembre	86040	277240	449320

Figura 3.16 Buffer de P2



CDP y Zona Verde con LT para P3

P3	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	102	3672
Febrero	115	4140
Marzo	135	4860
Abril	105	3780
Mayo	98	3528
Junio	110	3960
Julio	96	3456
Agosto	117	4212
Septiembre	108	3888
Octubre	89	3204
Noviembre	114	4104
Diciembre	118	4248

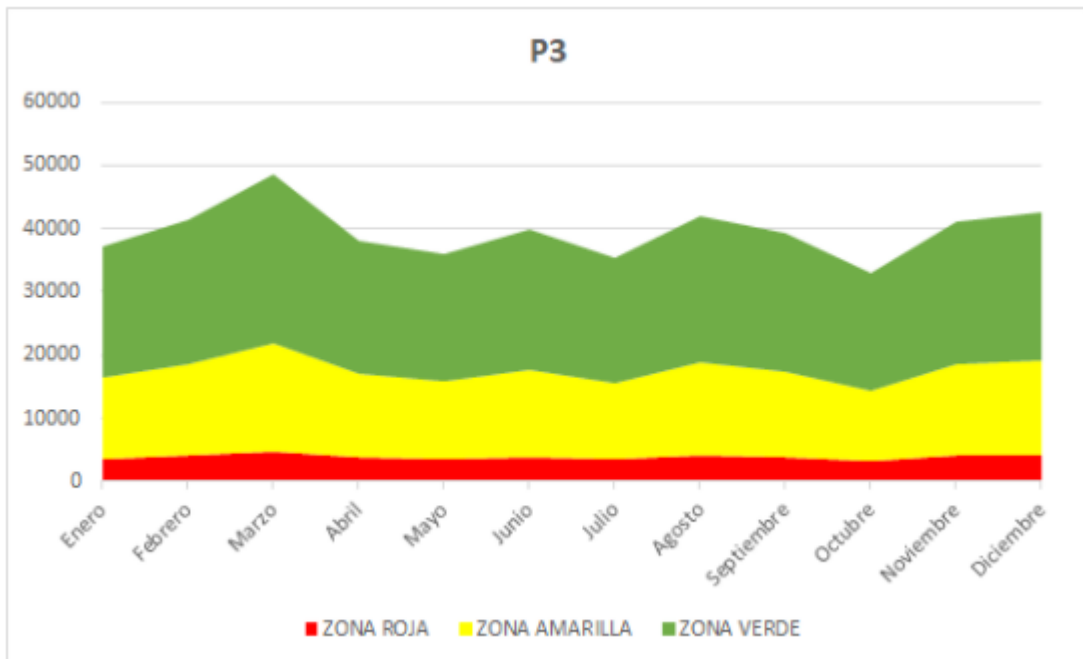
Buffer para P3

P3	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	4200	9180	3672	918	4590
Febrero	4200	10350	4140	1035	5175
Marzo	4860	12150	4860	1215	6075
Abril	4200	9450	3780	945	4725
Mayo	4200	8820	3528	882	4410
Junio	4200	9900	3960	990	4950
Julio	4200	8640	3456	864	4320
Agosto	4212	10530	4212	1053	5265
Septiembre	4200	9720	3888	972	4860
Octubre	4200	8010	3204	801	4005
Noviembre	4200	10260	4104	1026	5130
Diciembre	4248	10620	4248	1062	5310

Zonas de Tope de Buffers para P3

P3	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	3672	12852	20724
Febrero	4140	14490	22830
Marzo	4860	17010	26730
Abril	3780	13230	21210
Mayo	3528	12348	20076
Junio	3960	13860	22020
Julio	3456	12096	19752
Agosto	4212	14742	23166
Septiembre	3888	13608	21696
Octubre	3204	11214	18618
Noviembre	4104	14364	22668
Diciembre	4248	14868	23364

Figura 3.17 Buffer de P3



CDP y Zona Verde con LT para P4

P4	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	250	8438
Febrero	269	9079
Marzo	238	8033
Abril	247	8336
Mayo	216	7290
Junio	255	8606
Julio	236	7965
Agosto	261	8809
Septiembre	258	8708
Octubre	249	8404
Noviembre	264	8910
Diciembre	272	9180

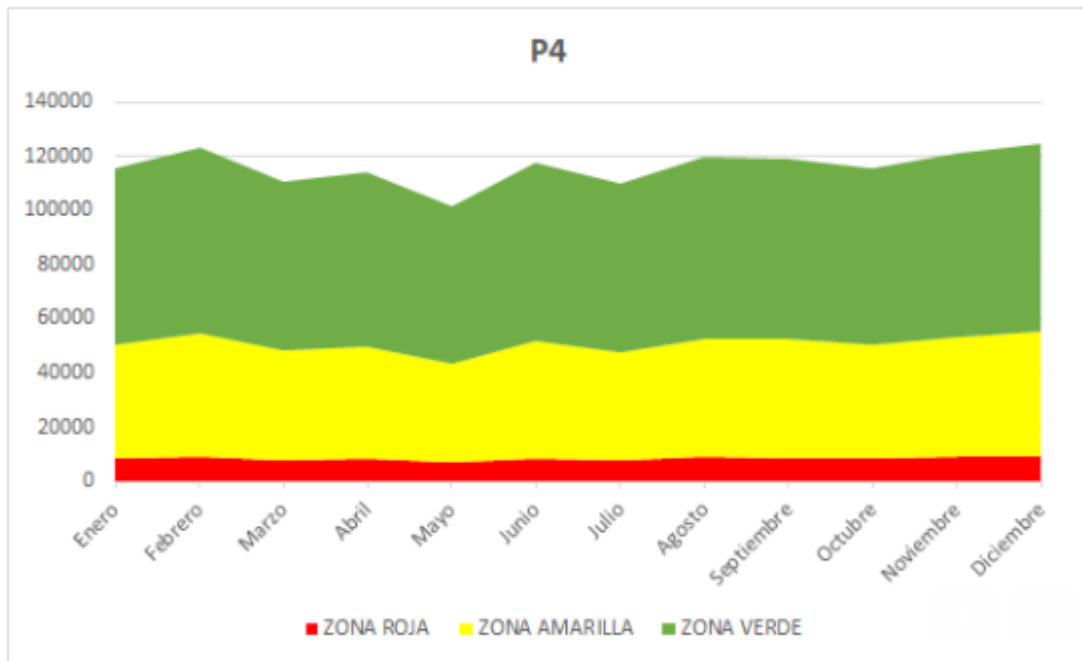
Buffer para P4

P4	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	14500	33750	8438	3797	12234
Febrero	14500	36315	9079	4085	13164
Marzo	14500	32130	8033	3615	11647
Abril	14500	33345	8336	3751	12088
Mayo	14500	29160	7290	3281	10571
Junio	14500	34425	8606	3873	12479
Julio	14500	31860	7965	3584	11549
Agosto	14500	35235	8809	3964	12773
Septiembre	14500	34830	8708	3918	12626
Octubre	14500	33615	8404	3782	12185
Noviembre	14500	35640	8910	4010	12920
Diciembre	14500	36720	9180	4131	13311

Zonas de Tope de Buffers para P4

P4	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	8438	42188	65125
Febrero	9079	45394	68973
Marzo	8033	40163	62695
Abril	8336	41681	64518
Mayo	7290	36450	58240
Junio	8606	43031	66138
Julio	7965	39825	62290
Agosto	8809	44044	67353
Septiembre	8708	43538	66745
Octubre	8404	42019	64923
Noviembre	8910	44550	67960
Diciembre	9180	45900	69580

Figura 3.18 Buffer de P4



CDP y Zona Verde con LT para P5

P5	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	119	1964
Febrero	136	2244
Marzo	115	1898
Abril	120	1980
Mayo	111	1832
Junio	131	2162
Julio	125	2063
Agosto	105	1733
Septiembre	113	1865
Octubre	128	2112
Noviembre	132	2178
Diciembre	139	2294

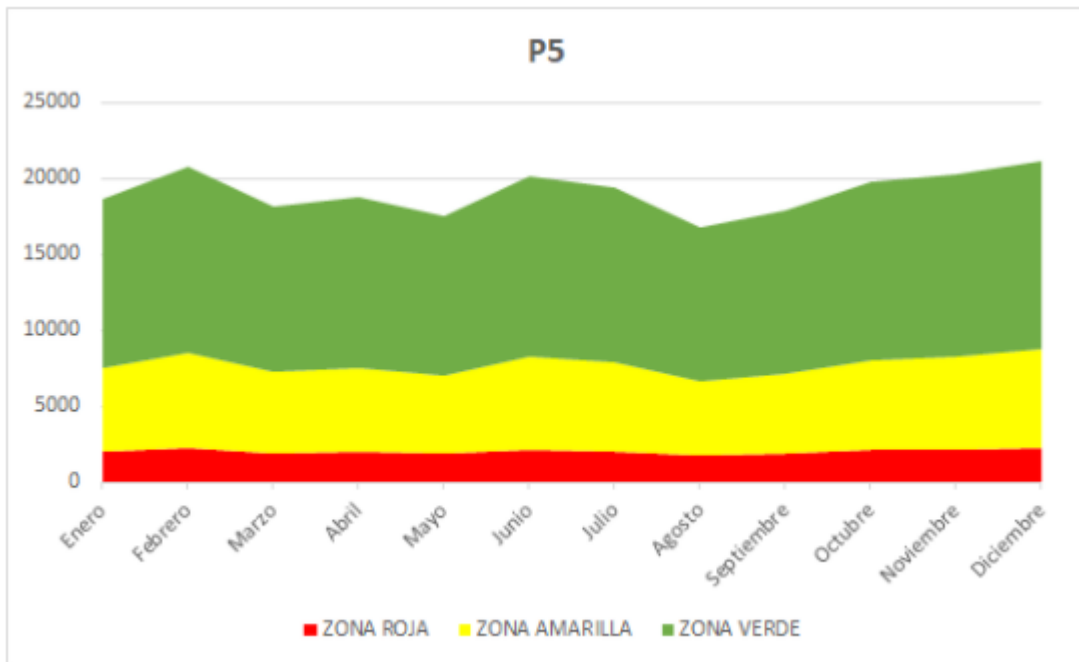
Buffer para P5

P5	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	3600	3570	1964	687	2651
Febrero	3600	4080	2244	785	3029
Marzo	3600	3450	1898	664	2562
Abril	3600	3600	1980	693	2673
Mayo	3600	3330	1832	641	2473
Junio	3600	3930	2162	757	2918
Julio	3600	3750	2063	722	2784
Agosto	3600	3150	1733	606	2339
Septiembre	3600	3390	1865	653	2517
Octubre	3600	3840	2112	739	2851
Noviembre	3600	3960	2178	762	2940
Diciembre	3600	4170	2294	803	3096

Zonas de Tope de Buffers para P5

P5	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	1964	5534	11097
Febrero	2244	6324	12168
Marzo	1898	5348	10845
Abril	1980	5580	11160
Mayo	1832	5162	10593
Junio	2162	6092	11853
Julio	2063	5813	11475
Agosto	1733	4883	10215
Septiembre	1865	5255	10719
Octubre	2112	5952	11664
Noviembre	2178	6138	11916
Diciembre	2294	6464	12357

Figura 3.19 Buffer de P5



CDP y Zona Verde con LT para P6

P6	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	1855	62606
Febrero	1923	64901
Marzo	1895	63956
Abril	1876	63315
Mayo	1915	64631
Junio	1903	64226
Julio	1882	63518
Agosto	1963	66251
Septiembre	1899	64091
Octubre	1953	65914
Noviembre	1908	64395
Diciembre	1966	66353

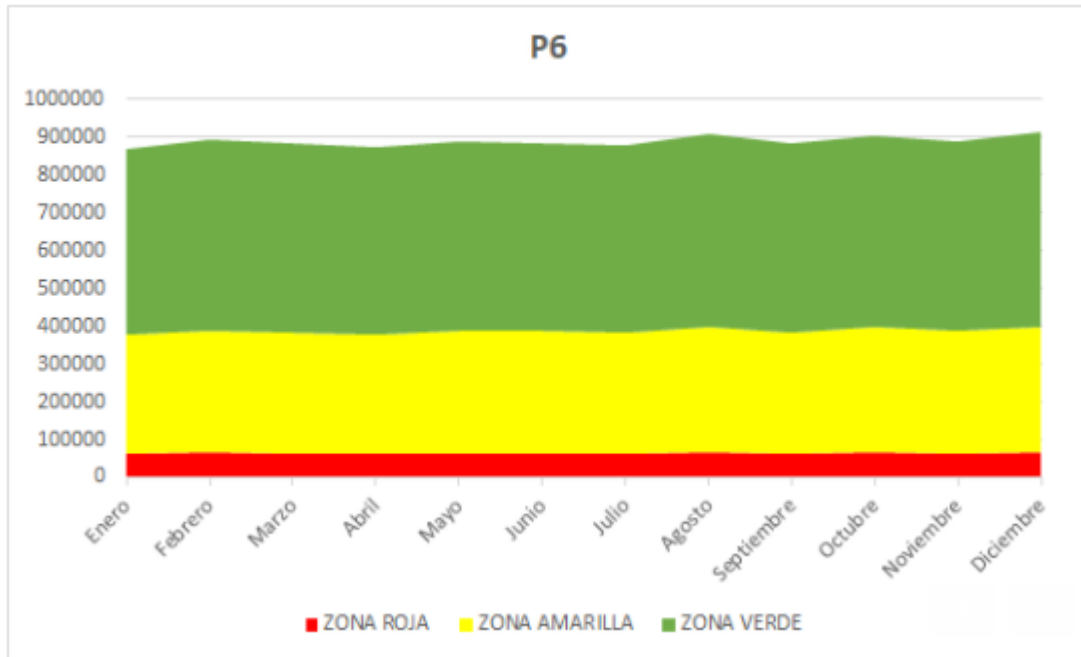
Buffer para P6

P6	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	114500	250425	62606	28173	90779
Febrero	114500	259605	64901	29206	94107
Marzo	114500	255825	63956	28780	92737
Abril	114500	253260	63315	28492	91807
Mayo	114500	258525	64631	29084	93715
Junio	114500	256905	64226	28902	93128
Julio	114500	254070	63518	28583	92100
Agosto	114500	265005	66251	29813	96064
Septiembre	114500	256365	64091	28841	92932
Octubre	114500	263655	65914	29661	95575
Noviembre	114500	257580	64395	28978	93373
Diciembre	114500	265410	66353	29859	96211

Zonas de Tope de Buffers para P6

P6	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	62606	313031	490138
Febrero	64901	324506	503908
Marzo	63956	319781	498238
Abril	63315	316575	494390
Mayo	64631	323156	502288
Junio	64226	321131	499858
Julio	63518	317588	495605
Agosto	66251	331256	512008
Septiembre	64091	320456	499048
Octubre	65914	329569	509983
Noviembre	64395	321975	500870
Diciembre	66353	331763	512615

Figura 3.20 Buffer de P6



CDP y Zona Verde con LT para P7

P7	Consumo Promedio Diario (CPD)	Zona verde con factor de Lead Time
Enero	98	3308
Febrero	110	3713
Marzo	125	4219
Abril	112	3780
Mayo	95	3206
Junio	117	3949
Julio	121	4084
Agosto	108	3645
Septiembre	115	3881
Octubre	106	3578
Noviembre	120	4050
Diciembre	135	4556

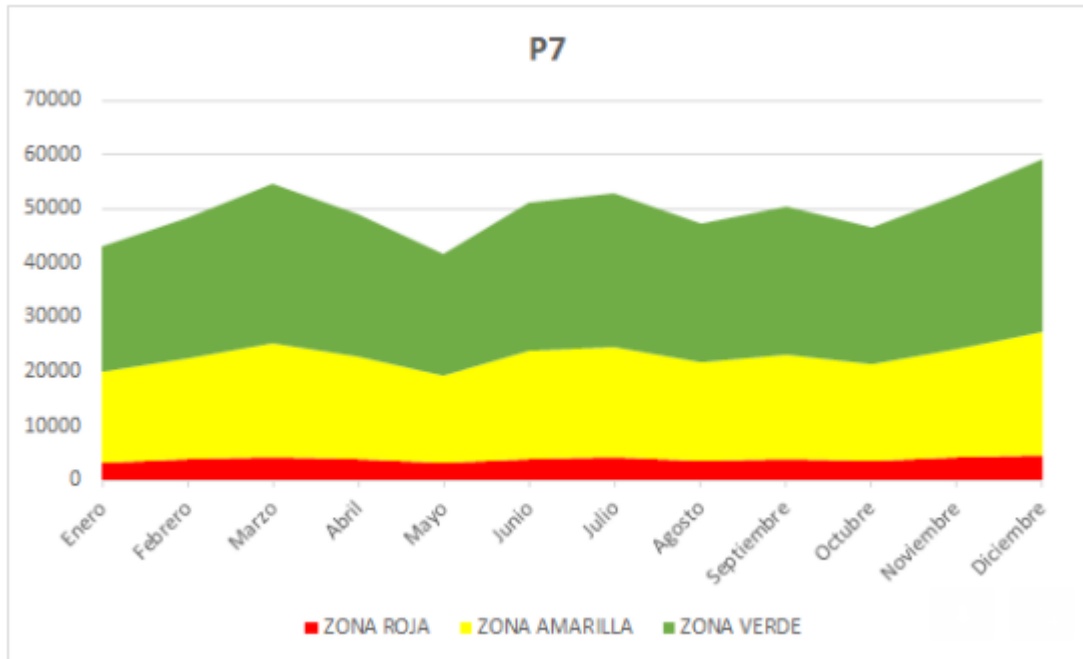
Buffer para P7

P7	ZONA VERDE	ZONA AMARILLA	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA DE SEGURIDAD	ZONA ROJA
Enero	3308	13230	3308	1488	4796
Febrero	3713	14850	3713	1671	5383
Marzo	4219	16875	4219	1898	6117
Abril	3780	15120	3780	1701	5481
Mayo	3206	12825	3206	1443	4649
Junio	3949	15795	3949	1777	5726
Julio	4084	16335	4084	1838	5921
Agosto	3645	14580	3645	1640	5285
Septiembre	3881	15525	3881	1747	5628
Octubre	3578	14310	3578	1610	5187
Noviembre	4050	16200	4050	1823	5873
Diciembre	4556	18225	4556	2050	6607

Zonas de Tope de Buffers para P7

P7	ZONA ROJA	ZONA AMARILLA	ZONA VERDE
Enero	3308	16538	23153
Febrero	3713	18563	25988
Marzo	4219	21094	29531
Abril	3780	18900	26460
Mayo	3206	16031	22444
Junio	3949	19744	27641
Julio	4084	20419	28586
Agosto	3645	18225	25515
Septiembre	3881	19406	27169
Octubre	3578	17888	25043
Noviembre	4050	20250	28350
Diciembre	4556	22781	31894

Figura 3.21 Buffer de P7



Un componente a considerar es Jalar, mismo que significa que la planeación basada en la demanda que ya fue considerado en los CDP, y esta se debe tomar en cuenta al momento de la generación de las órdenes de reposición, y estas se las realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo Neto} = \text{Inventario Físico} + \text{Inventario en Tránsito} - \text{Demanda Calificada}$$

Las ordenes de reposición se generan al momento que la ecuación del flujo neto se ubique por debajo de la zona verde, es decir en la zona amarilla y la cantidad debe ser siempre solicitada hasta el máximo de la zona verde, para generar la reposición se toma en consideración lo determinado en el perfil del buffer es decir el MOQ.

A continuación, podemos observar las siguientes tablas donde se refleja la ecuación de flujo neto para cada tipo de producto, en este flujo la demanda a considerar es la pronosticada para el 2020.

Flujo de P1

P1	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	3260	3050	3000	2040	980	730	700	550	560	270	40	800
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	950	0	0	950	950	950	950	950	950	1900	950	950
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	950	950	0	0	950	950	950	950	950	950	1900	950
Demanda Pronósticada	1160	1000	960	1060	1200	980	1100	940	1240	1180	1140	1380
FLUJO NETO	4000	3000	2040	1930	1680	1650	1500	1510	1220	1940	1750	1320
INVENTARIO FISICO FINAL	3050	3000	2040	980	730	700	550	560	270	40	800	370

Flujo de P2

P2	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	45200	83475	49415	94440	135415	175242	219255	263564	303054	270857	237944	276691
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	70000	70000	70000	70000	70000	70000	0	0	70000	70000	0	0
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	70000	0	70000	70000	70000	70000	70000	70000	0	0	70000	70000
Demanda Pronósticada	31725	34061	24975	29025	30173	25988	25691	30510	32198	32913	31253	32265
FLUJO NETO	153475	119415	164440	205415	245242	289255	263564	303054	340857	307944	276691	314426
INVENTARIO FISICO FINAL	83475	49415	94440	135415	175242	219255	263564	303054	270857	237944	276691	314426

Flujo de P3

P3	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	4200	5340	1890	2040	3090	4350	5250	6570	3060	4020	1350	2130
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	4200	4200	4200	4200	0	4200	0	4200	4200	4200	4200	4200
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	4200	0	4200	4200	4200	4200	4200	0	4200	0	4200	4200
Demanda Pronósticada	3060	3450	4050	3150	2940	3300	2880	3510	3240	2670	3420	3540
FLUJO NETO	9540	6090	6240	7290	4350	9450	6570	7260	8220	5550	6330	6990
INVENTARIO FISICO FINAL	5340	1890	2040	3090	4350	5250	6570	3060	4020	1350	2130	2790

Flujo de P4

P4	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	8438	15438	7368	228	7318	29838	51188	87608	123278	130038	122568	114648
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	29000	29000	43500	43500	14500	0	0	0	0	0	0	0
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	14500	0	0	14500	29000	29000	43500	43500	14500	0	0	0
Demanda Pronósticada	7500	8070	7140	7410	6480	7650	7080	7830	7740	7470	7920	8160
FLUJO NETO	44438	36368	43728	50818	44338	51188	87608	123278	130038	122568	114648	106488
INVENTARIO FISICO FINAL	15438	7368	228	7318	29838	51188	87608	123278	130038	122568	114648	106488

Flujo de P5

P5	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	4500	4530	450	600	600	870	540	390	840	1050	810	450
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)		3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	7200	3600
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	3600	0	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	7200
Demanda Pronósticada	3570	4080	3450	3600	3330	3930	3750	3150	3390	3840	3960	4170
FLUJO NETO	4530	4050	4200	4200	4470	4140	3990	4440	4650	4410	7650	7080
INVENTARIO FISICO FINAL	4530	450	600	600	870	540	390	840	1050	810	450	3480

Flujo de P6

P6	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	62300	121150	63460	6610	179330	465380	751790	924330	865440	808470	749880	692640
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	229000	343500	343500	229000	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	114500	0	0	229000	343500	343500	229000	0	0	0	0	0
Demanda Pronósticada	55650	57690	56850	56280	57450	57090	56460	58890	56970	58590	57240	58980
FLUJO NETO	350150	406960	350110	408330	465380	751790	924330	865440	808470	749880	692640	633660
INVENTARIO FISICO FINAL	121150	63460	6610	179330	465380	751790	924330	865440	808470	749880	692640	633660

Flujo de P7

P7	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	dic-20
Inventario Físico Inicial	3600	3660	360	2610	14250	26400	40890	43260	40020	36570	33390	29790
Inventario en Tránsito (órdenes emitidas)	15000	15000	18000	6000	0	0	0	0	0	0	0	3000
Inventario en Tránsito (órdenes recibidas)	3000	0	6000	15000	15000	18000	6000	0	0	0	0	0
Demanda Pronósticada	2940	3300	3750	3360	2850	3510	3630	3240	3450	3180	3600	4050
FLUJO NETO	18660	15360	20610	20250	26400	40890	43260	40020	36570	33390	29790	28740
INVENTARIO FISICO FINAL	3660	360	2610	14250	26400	40890	43260	40020	36570	33390	29790	25740

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La conclusión de este caso de estudio para la empresa comercializadora de repuestos automotrices fue realizada en base a un análisis y comprobación de los resultados que se obtuvieron y se los expresa en los siguientes numerales:

4.1 Conclusiones

- Mediante el análisis realizado al inventario actual y las ventas de los 3 últimos años, se evidenció que no existe una tendencia definida en la misma, por lo tanto, los pronósticos realizados ayudan a tener una visión de ventas hacia un corto plazo.
- La implementación del DDMRP es de gran ayuda como una política de inventario para llevar un mejor control del abastecimiento y el stock que se debe mantener en bodega, de esta manera se puede satisfacer la demanda pronosticada.
- Se puede además definir un incremento del 5% en cada pedido a realizar como stock de seguridad, ya que es de gran ayuda para atender a cualquier incremento de demanda que se tenga durante el año.
- Con una buena planificación de pedidos, ayuda a siempre tener en stock productos de alta rotación, lo que puede ayudar a generar pedidos con mayor frecuencia de mayor volumen por un posible crecimiento de la demanda.
- Es planificación puede aplicarse paulatinamente tanto a los productos tipo C y D, con la intención de convertirlos en A o B.

4.2 Recomendaciones

- No realizar nuevos pedidos cuando las ventas de los meses anteriores no se están cumpliendo acorde a la pronóstico realizado, ya que puede existir un alto stock de productos, generando elevados costos de almacenamiento.
- Realizar de manera periódicas nuevos pronósticos de demanda con las ventas reales que se están dando, de esta manera se pueden realizar ajustes en los pedidos para los próximos meses.
- Analizar la forma de poder realizar pedidos abiertos para productos tipo A, de esta manera se puede destinar ese tiempo a desarrollar estrategias de abastecimiento para los otros tipos de productos, considerando además una reducción de costos de ordenar y mantener inventario.
- Proyectar a futuro un diseño de bodega para el crecimiento de inventario que se va a almacenar, ya que la bodega actual no está adecuada para soportar un crecimiento de inventario, lo cual podría convertirse en un cuello de botella para toda la cadena de abastecimiento.

5. REFERENCIAS

- Aguayo, C. (2019). *Evaluación de Estructuras para Almacenamiento tipo Racks sometidas a Acciones Sísmicas*. Santiago de Chile.
- Barahona, J. (2018). Pronósticos del consumo y demanda de potencia máxima de energía eléctrica en la ciudad de Riobamba para el período 2017-2020, mediante modelos ARIMA. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chulin, E. (21 de ABRIL de 2013). *SLIDESHARE*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/simplementeEMM/descomposicion-deseriesdetiempo>
- Debitoor. (mayo de 2018). *Debitoor by Sumup*. Obtenido de <https://debitoor.es/glosario/definicion-gestion-de-inventarios>
- Doung, L., Wood, L., & Wang, W. (2018). A Review and Reflection on Inventory Management of Perishable Products in a Single-echelon Model. *International Journal of Operational Research*, 3.
- Elmunim, N., Abdullah, M., Hasbi, A., & Bahari, S. (2015). Comparision of statistical Holt-Winter models for forecasting the ionospheric delay using GPS observations. *Indian Journal of Radio & Space Physics*, 29-30.
- Garrido Bayas, I. Y., & Cejas Martinez, M. (2017). La Gestión de Inventario como Factor Estratégico en la Administración de Empresas. *Revista Científica Electrónica de Ciencias Gerenciales*, 120.
- Herrera, G., & Herrera, J. C. (2016). Modelo de referencia operacional aplicado a una empresa de servicios de mantenimiento. *Revista Venezolana de Gerencia*, 553.
- Juárez, A., Zuñiga, C., Flores, J., & Partida, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Estudios Gerenciales*, 387.
- Kortabarría, A., Apaolaza, U., & Lizarralde, A. (2018). Demand Driven MRP - Nuevo método para la gestión de la Cadena de Suministro: un estudio de caso. *Dirección y Organización* (67), 23.
- Márquez, D., Quiroga, M., & Gómez, M. (2018). Material de apoyo para los métodos de control de inventarios. *Universidad&Ciencia*, 159-160.
- Montel Inc. (diciembre de 2020). *Montel Inc*. Obtenido de <https://www.montel.com/es/aplicaciones/sistemas-de-estanterias-moviles-de-neumaticos>

- Montes, E., Calvete , F., & Duarte, C. (2016). Aplicación de series de tiempo en la realización de pronósticos de producción. *El Reventón Energico*, 81-82.
- Montoya, J. (2017). *Mejoramiento de la gestión de gestión de materiales y almacenamiento*. Empresa Elitek S.A.S. Medellín.
- Nieves, P. (2019). Análisis del comportamiento del mercado bursátil mediante modelos ARIMA.
- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *Planificación de requisitos de materiales basada en la demanda (DDMRP)*. Connecticut: Industrial Press Inc.
- Rojas, P., & Noguera, R. (2018). Propuesta de Mejora para Disminuir los Tiempos de Recepción, Almacenamiento y Despacho del Almacén Principal de la Empresa Hydraulic & Technology en Lima. Lima, Perú.
- Spina, M., Rohvein, C., Urrutia, S., Roark, G., Diana, P., & Corres, G. (2016). Aplicación del modelo SCOR en Pymes metalmecánicas de Olavarría. *Inge Cuc*, 12(2), 51.
- Sunol, H. (2018). *Cyzerg*. Obtenido de e <https://articles.cyzerg.com/lean-warehousemanagement-and-why-you-need-it>
- Supply Chain Council. (2010). *Supply Chain Operations Reference Model(SCOR) 10.0*. Obtenido de <http://www.supply-chain.org>
- Valencia, M., Diaz, F., & Correa, J. (2015). Planeación de inventarios con demanda dinámica. Una revisión del estado del arte. *DYNA*, 185.
- Villavicencio, J. (2016). *Introducción a Series de Tiempo (en línea)*.