



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

**POLÍTICA DE INVENTARIO PARA UNA EMPRESA DE VENTAS DE
COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

Presentado por:

Pedro González

Ricardo Cedeño

Año 2019

GUAYAQUIL – ECUADOR

DEDICATORIA

A Dios, mis padres y familia quienes, con su paciencia, amor, ayuda económica me han apoyado durante todo el tiempo de mis estudios, a mis maestros por sus enseñanzas técnicas y profesionales que brindaron para mi educación y formación, A mis amigos que me apoyaron con conocimientos en esta etapa como estudiante.

Ricardo.

El presente trabajo quiero dedicarlo a Dios, a mi hermana y mi mamá por todo el cariño, apoyo y paciencia brindada en todo este largo camino.

Pedro.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme su ayuda y amor, por darme fuerzas para seguir adelante durante cada etapa de mi vida, a mi tía Lourdes por su amor, ayuda espiritual y económica en toda mi etapa de vida universitaria, a mi madre María por su amor y por haber cuidado e inculcado valores desde mi infancia, a mis hermanos Ignacio, José y Carlos por su apoyo incondicional, a mi hermana Angelita por brindarme sus conocimientos y por tenerme, a mis primos Gustavo, David y Carlos que me han brindado sus ánimos y apoyo y a mis tutores M.Sc. Guillermo Baquerizo y M.Sc. José Vera por su paciencia y guía en el proyecto de materia integradora.

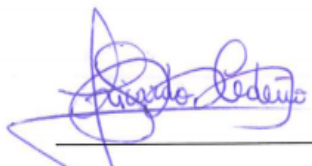
Ricardo.

Gracias a Dios por mantener en el camino correcto para seguir luchando cada día, a mi madre por haber inculcado valores solidos que me han servido mucho al momento de entrar en la vida laboral, a mi hermana quien con su ejemplo me enseñado a seguir sus pasos para convertir en un profesional igual que ella. Finalmente, a mi padre que con su carácter forzó a que siempre sea una persona perseverante.

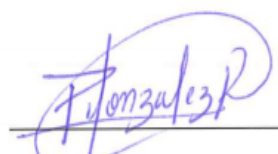
Pedro.

DECLARACION EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Ricardo André Cedeño Peralta y Pedro Paúl González Ramos 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”



Ricardo André Cedeño Peralta




Pedro Paúl González Ramos

EVALUADORES



M.Sc. Guillermo Baquerizo
PROFESOR DE LA MATERIA



M.Sc. José Manuel Vera Aray
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Una adecuada gestión en la planificación del abastecimiento es un proceso clave y de suma importancia para las empresas. Poseer un reabastecimiento aproximado o incluso el óptimo puede generar ahorros significativos de los costos inmersos en el inventario.

La empresa comercializadora de lubricantes y combustibles en la cual se realizará el proyecto no dispone de una correcta planificación de abastecimiento lo que provoca quiebres de stock, cuellos de botella en el acondicionamiento de productos y aumento de costos en el manejo de inventarios.

El presente proyecto, tiene como finalidad analizar, explorar, determinar y brindar un óptimo plan de abastecimiento lo que permitirá a la empresa reducir costos significativos en el manejo de inventarios, tener una visión amplia de cuanto pedir y cuando reabastecerse.

Se realizó una categorización ABC en base a las ventas desde el año 2017 y 2018, se procedió con el estudio de la distribución que tenían sus ventas lo cual indicaba que el modelo aplicar era un modelo de inventario con demanda estocástica y periódica, luego se realizaron pronósticos de la demanda para el año 2019 y este procedimiento permitió realizar el cálculo del coeficiente de variabilidad, el resultado de este coeficiente señalaba que se debía aplicar una heurística, por lo que se consideró trabajar con la heurística Silver Meal la cual realiza un balanceo de costos de almacenamiento y de pedido. También se aplicó un modelo de inventario de forma agregada para un subconjunto seleccionado de productos cuyo procedimiento es identificar primero el producto “más frecuentemente” solicitado que se incluye en cada pedido.

Los procedimientos realizados permitieron determinar las cantidades óptimas a comprar, el stock de seguridad y su punto de reorden lo cual permitirá tener un mejor control de su inventario, minimizar tiempos de acondicionamiento y una reducción del 5% de sus costos totales anuales.

ABSTRACT

An appropriate management of the supply planning is a key process and of vital importance for businesses. Having an optimal replenishment or even an approximate to the optimal replenishment could generate significant savings of costs inside the inventory.

The gas and lubricants seller where the project was developed, doesn't have a correct supply planning. This had caused stock breaks, bottlenecks in product conditioning and an increase of costs in the inventory management.

This project analyzed, explored, determined and gave an optimal supply planning that will reduce significant costs in the inventory management, which with the support of an app will give more certainty at the time to take the decision to resupply.

It had been made an ABC categorization based on the sales between 2017 and 2018, then with the coefficient of variation help it proceeded with probability study that have their sales. This study shown that was necessary an inventory model with stochastic and periodic demand. We forecasted of the demand for 2019 of the top six SKU's in category A. Based on the forecasts we analyzed the variability coefficient. The results indicated that was also necessary to implement a heuristic, for this we considered to use Silver Meal heuristic. As an additional method we applied an aggregated inventory for a selected subset of products.

The procedures allowed to determine the optimum quantity to buy, the security stock and the re-order point that allows to have a better inventory control, minimize de conditioning time and yields a 12% reduction of annual total costs.

Contenido

1. CAPITULO 1	18
1.1. Introducción	18
1.2. Descripción del problema	18
1.3. Antecedentes	20
1.4. Situación actual de la empresa	21
1.5. Diagrama de la Problemática	23
1.6. Justificación del Proyecto	24
1.7. Objetivos	25
1.7.1. Objetivos Generales	25
1.7.2. Objetivos Específicos	25
1.8. Marco Teórico	25
1.8.1. Revisión de la literatura	25
1.8.1.1. Sistema de gestión logística para reducir los costos de almacenamiento en fn lubricantes y repuestos scrl, chepén.....	25
1.8.1.2. Propuesta de un modelo de gestión logística de abastecimiento para las microempresas de comercialización de lubricantes en el Distrito Metropolitano de Quito.	26
1.8.1.3. Diseño de un sistema de gestión de almacenes en la empresa Factoría Industrial S.A.C. Cajamarca para disminuir los costos de los inventarios	27
1.9. Marco Conceptual.	28

1.9.1. Índice de rotación	28
1.9.2. Días de Inventario	28
1.9.3. Modelo general de inventario.....	28
1.9.4. Inventarios en función de la demanda.....	30
1.9.4.1. Inventarios con demanda dependiente.....	30
1.9.4.2. Inventarios con demanda independiente.	30
1.9.4.2.1. Modelos con demanda determinística	30
1.9.4.2.2. Modelos con demanda estocástica.....	31
1.9.5. Modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido).	32
1.9.5.1. Costos fijos.....	32
1.9.5.2. Cálculo de costos.....	33
1.9.6. Modelo de inventario de forma agregada para un subconjunto seleccionado de productos. 34	
1.9.7. Stock de seguridad.	35
1.9.8. Diagrama de Pareto.	35
1.9.9. Clasificación ABC de inventarios.	35
1.9.10. Modelo estadístico.....	36
1.9.11. Modelos de pronóstico.....	36
1.9.12. Heurística Silver Meal	36
1.9.13. Coeficiente de variabilidad.....	36

2. CAPÍTULO 2.....	38
2.1. METODOLOGIA DEL TRABAJO	38
2.1.1. Introducción	38
2.1.2. Flujograma de actividades.....	38
2.1.3. Cronograma de actividades	40
2.2. Técnicas de investigación	40
2.2.1. Entrevistas	40
2.2.2. Documental	41
2.2.3. Observación directa.....	41
2.3. Software utilizado	41
2.4. Análisis ABC	42
2.5. Análisis de las ventas	43
2.6. Proyecciones de la demanda	47
2.7. Elección de modelo de gestión	47
2.8. Modelo de inventario	48
2.9. Cálculo del stock de seguridad.	48
2.10. Elección de la heurística	49
2.11. Heurística Silver Meal	49
2.12. Procedimiento del modelo de inventario de forma agregada para un subconjunto seleccionado de productos.	50

2. CAPITULO 3	53
2.1. RESULTADOS Y ANALISIS.....	53
2.2. Clasificación ABC de los productos.	53
2.2.1. Clasificación A.....	54
2.2.2. Clasificación B.....	54
2.2.3. Clasificación C.....	55
2.3. Cálculo del coeficiente de variación.	55
2.4. Análisis y pronóstico de la demanda.....	59
2.5. Modelo EOQ con demanda estocástica.....	73
2.6. Aplicación de la heurística Silver Meal	74
2.7. EOQ de lotes de forma agregada	76
2.8. Comparativo de costos	79
3. CAPÍTULO 4.....	81
3.1. Conclusiones	81
3.2. Recomendaciones.....	82
Bibliografía	83

ABREVIATURAS

B2B	Business-to-Business Negocio a Negocio
B2C	Business-to-customer Negocio a Clientes
CED1	Centro de Distribución
EOQ	Economic Order quantity Cantidad Económica de Pedido
ERI	Exactitud de Registro de Inventario
GMROI	Gross Margin Return on Inventory Margen Bruto en la Inversión en Inventario
LI	Logística Inversa
LT	Lead Time Tiempo de Entrega o Reposición
OC	Orden de Compra
ROI	Return On Investment Rendimiento Sobre la Inversión
SKU	Stock-Keeping Unit Unidad de Almacenamiento
OPL	Operador Logístico
TEUS	Twenty-foot Equivalent Unit Unidad Equivalente a Veinte Pies

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tabla de Clasificación ABC	53
Tabla 2.2: Clasificación A.....	54
Tabla 2.3: Clasificación B.....	54
Tabla 2.4: Clasificación C.....	55
Tabla 2.5: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 1	56
Tabla 2.6: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 2	56
Tabla 2.7: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 3	57
Tabla 2.8: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 4	57
Tabla 2.9: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 5	58
Tabla 2.10: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 6	58
Tabla 2.11: Histórico de Ventas Sku1.....	59
Tabla 2.12: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 1	61
Tabla 2.13: Histórico de Ventas Sku 2.....	62
Tabla 2.14: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 2.....	63
Tabla 2.15: Histórico de Ventas Sku 3.....	64
Tabla 2.16: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 3.....	66
Tabla 2.17: Histórico de Ventas Sku 4.....	66
Tabla 2.18: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 4.....	68
Tabla 2.19: Histórico de Ventas Sku 5.....	68
Tabla 2.20: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 5.....	70
Tabla 2.21: Histórico de Ventas Sku 6.....	71
Tabla 2.22: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 6.....	73

Tabla 2.23: Resultado del EOQ con demanda estocástica	73
Tabla 2.24: Costo total de Inventario con el modelo EOQ	74
Tabla 2.25: Silver Meal - planificación sku 1	74
Tabla 2.26: Silver Meal - planificación sku 2	75
Tabla 2.27: Silver Meal - planificación sku 3	75
Tabla 2.28: Silver Meal - planificación sku 4	75
Tabla 2.29: Silver Meal - planificación sku 5	75
Tabla 2.30: Silver Meal - planificación sku 6	75
Tabla 2.31: Costo total de Inventario con heurística Silver Meal	76
Tabla 2.32: EOQ de lote de forma agregada	76
Tabla 2.33: Frecuencia y cantidad optima	77
Tabla 2.34: EOQ con lotes agregados - sku 1	77
Tabla 2.35: EOQ con lotes agregados - sku 2	77
Tabla 2.36: EOQ con lotes agregados - sku 3	77
Tabla 2.37: EOQ con lotes agregados - sku 4	78
Tabla 2.38: EOQ con lotes agregados - sku 5	78
Tabla 2.39: EOQ con lotes agregados - sku 6	78
Tabla 2.40: Costo total de inventario con EOQ con lotes agregados.....	78

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1: Número de Importaciones en el 2018.....	19
Figura 1.1.2: Importaciones recibidas en el primer cuatrimestre del año	20
Figura 1.3: Rotación y Días de Inventario -2018.....	21
Figura 1.4: Bultos Despachados – 2018.....	22
Figura 1.5: ERI y Total SKU's – 2018	22
Figura 1.6: Flujo de la problemática	23
Figura 1.7: Flujo de Compra	24
Figura 1.8: Diagrama de Costo de Inventario	29
Figura 1.9:“PUNTO DE REORDEN” MODELO PROBABILÍSTICO	31
Figura 2.1: Flujograma de Actividades	39
Figura 2.2: Cronograma de Actividades	40
Figura 2.3: Clasificación ABC.....	42
Figura 2.1: Coeficiente de Variación – SKU1	55
Figura 2.2: Serie de Tiempo SKU 1.....	60
Figura 2.3: Pronostico de SKU 1	61
Figura 2.4: Serie de Tiempo SKU 2.....	62
Figura 2.5: Pronostico de SKU 2	63
Figura 2.6: Serie de Tiempo SKU 3.....	65
Figura 2.7: Pronostico de SKU 3	65
Figura 2.8: Serie de Tiempo SKU 4.....	67
Figura 2.9: Pronostico de SKU 4	67
Figura 2.10: Serie de Tiempo SKU 5.....	69

Figura 2.11: Pronostico de SKU 5	69
Figura 2.12: Serie de Tiempo SKU 6.....	72
Figura 2.13: Pronostico de SKU 6	72

1. CAPITULO 1

1.1. Introducción

El presente proyecto busca realizar una planificación óptima en el abastecimiento, donde se emplearán modelos de política de inventario y un análisis heurístico para determinar, analizar y brindar una mejor respuesta a su cronograma de reabastecimiento.

Tener un reabastecimiento en un punto más cercano al óptimo o incluso el óptimo puede brindar un ahorro significativo en todos los costos inmersos en el inventario, para esto es necesario tener una visión amplia de este eslabón de la cadena de suministros. Esto ayudará a no solo mejorar el nivel de servicio de su cliente final, también podrá mejorar los cuellos de botellas que se generan por reacondicionamiento de mercadería. Este último es necesario para poder ser distribuido a nivel nacional.

La empresa que por motivos de confidencialidad la denominaremos Petroquil S.A, sus oficinas centrales se encuentran ubicada en Av. de Las Américas, la misma se dedica a la venta de lubricantes y combustibles. La totalidad de sus productos son importados y son distribuidos desde sus CED1, desde la ciudad de Guayaquil y Quito, siendo este su único proveedor logístico responsable de almacenar y distribuir sus productos.

1.2. Descripción del problema

Su cronograma actual de abastecimiento de inventario no tiene el desempeño necesario para la compañía, debido a que, constantemente tienen quiebres de stock que son ocasionados por la demora en el tiempo de entrega por parte del proveedor y los procesos de nacionalización de la importación. De acuerdo a entrevistas con el Coordinador de Logística, el principal problema

radica en la entrega de un back-order mensual, con la cantidad de 40 a 48 contenedores promedio mes, lo que provoca problemas de embarque.

En el estado actual, Petroquil S.A. envía Back Order que a escala mundial son pequeñas para su proveedor en Houston, esto causa que la reposición tenga un Leadtime de 3 meses como el pico más alto, este tiempo también considera todo el proceso de acondicionamiento en su OPL.

Una vez llegada la mercadería a su CED1 en Guayaquil pasa por un proceso de acondicionamiento. En este proceso implica etiquetar cada unidad importada para que sea habilitada para la venta. Debido a la gran cantidad de SKU'S este proceso tarda de 2 a 5 días.

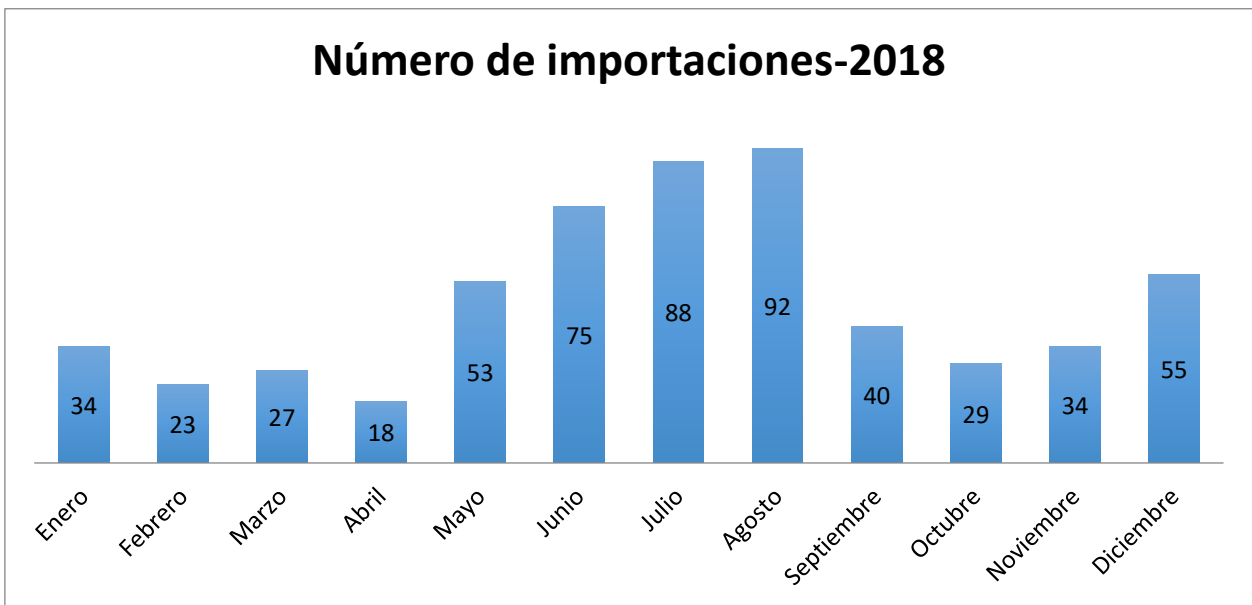


Figura 1.1.1: Número de Importaciones en el 2018
Fuente: Elaborados por los autores

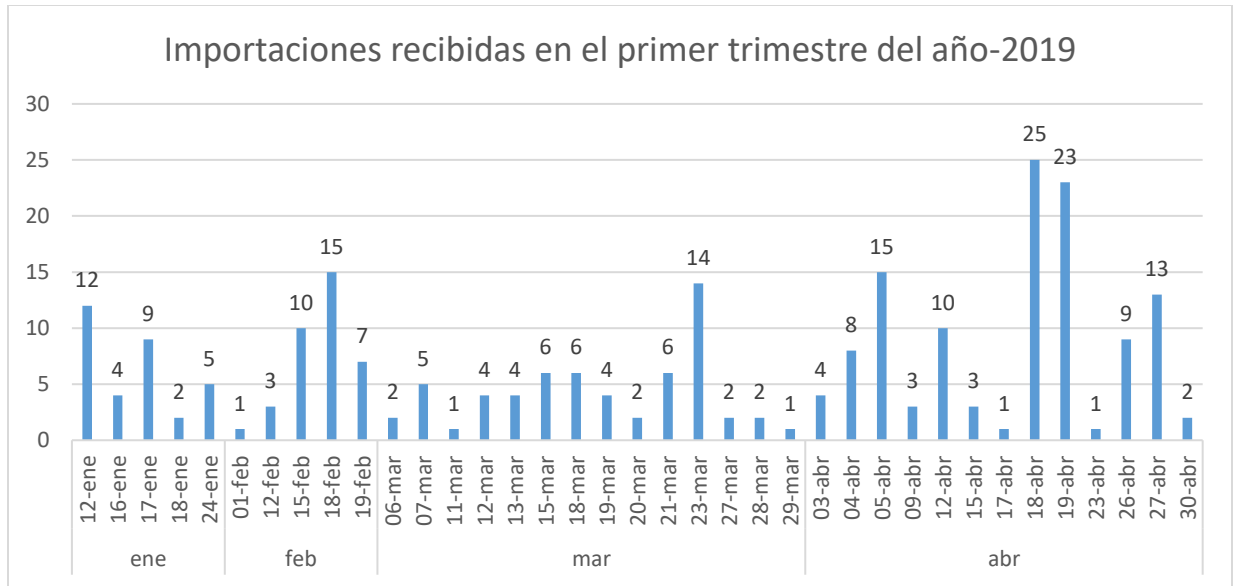


Figura 1.1.2: Importaciones recibidas en el primer cuatrimestre del año

Fuente: Elaborado por los autores

1.3. Antecedentes

La empresa donde se realizará el proyecto tiene presencia en el mercado por un poco más de 11 años, desde su última renovación de dueños e imagen. Su mayor negocio se centraliza en la comercialización de derivados del petróleo. Actualmente busca expandir su cartera de negocio en la venta de repuestos automotrices, este trabajo se centrará en lubricantes y combustibles. Siendo la mayor parte de sus productos importados, la empresa Petroquil S.A concentra dos días en recibir sus contenedores en su OPL de Guayaquil y Quito capacitado para brindar soporte a sus operaciones. La distribución de sus productos, las lideran sus dos formas de negocios B2B y B2C, en donde el primero se concentra en la venta de lubricantes y combustibles a industrias, y el segundo en clientes minoristas.

1.4. Situación actual de la empresa

La empresa Petroquil S.A cuenta aproximadamente con más de 271 SKU'S. El mayor centro de sus operaciones logísticas se encuentra en la ciudad de Guayaquil donde distribuye cerca del 60% de sus ventas y el restante desde la ciudad de Quito. Sus operaciones son de lunes a sábados, su horario de inicio es desde las 8:30 hasta las 17:30, en casos de generación de pedidos fuera de este horario sus OPL en cualquier de las ciudades extienden sus jornadas para poder cumplir con sus clientes finales. En el 2018 la empresa manejaba un promedio de 90 días de inventario, sus picos estacionarios de ventas que se generan la compañía son en los meses de julio y agosto, para esta época sus recepciones en TEUS aumenta un mes previo a sus picos de ventas.

En los picos estacionarios de ventas despacha un promedio de 150 mil galones por mes, en base a sus datos históricos. Su operatividad más baja en despachos se centra en los dos últimos meses del año. En el 2018 manejaba un ERI promedio del 98% entre ambas ciudades, este resultado en el inventario ha permitido un mayor flujo en su operatividad. Su canal de LI tiene muy poco flujo operativo, esto se refleja al tener un promedio fill-rate-OPL del 99%.

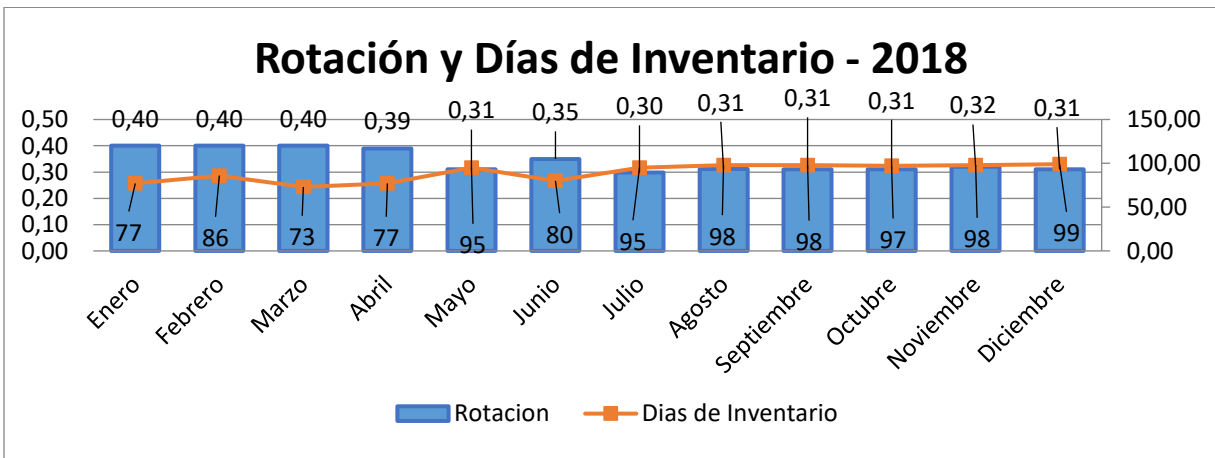


Figura 1.3: Rotación y Días de Inventario -2018
Fuente: Elaborado por los autores

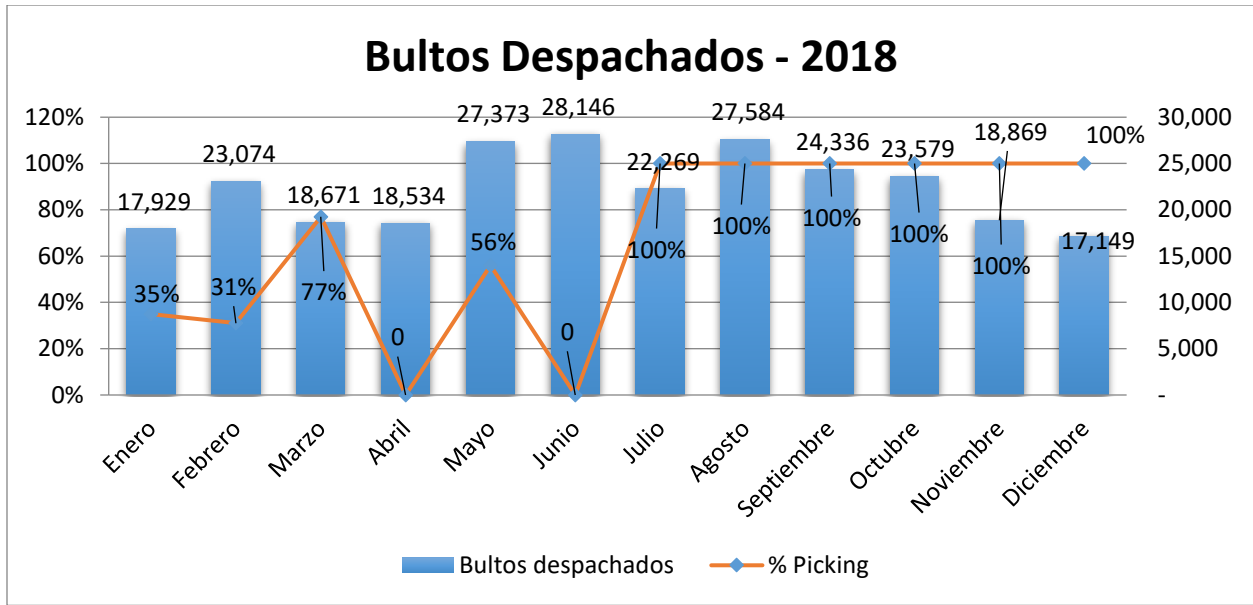


Figura 1.4: Bultos Despachados – 2018
Fuente: Elaborado por los autores

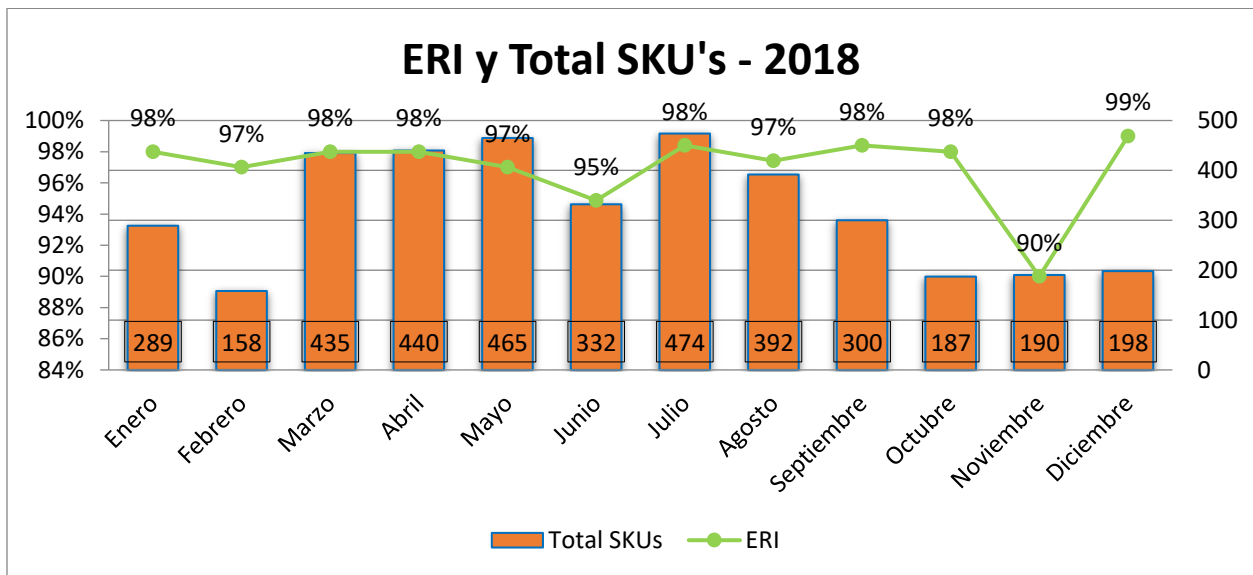


Figura 1.5: ERI y Total SKU's – 2018
Fuente: Elaborado por los autores

Ahora en la figura 1.5 mostramos el flujo de sku en el año 2018 y su exactitud de registro de inventario, en el grafico existen unos picos en sus números SKU esto obedece al incremento de sus otros negocios.

1.5. Diagrama de la Problemática

Dentro de la cadena de suministro nos enfocaremos en el eslabón de planeación, con el objetivo de buscar el mejor cronograma de importaciones de tal manera que elimine los cuellos de botellas generado por el acondicionamiento de sus productos.

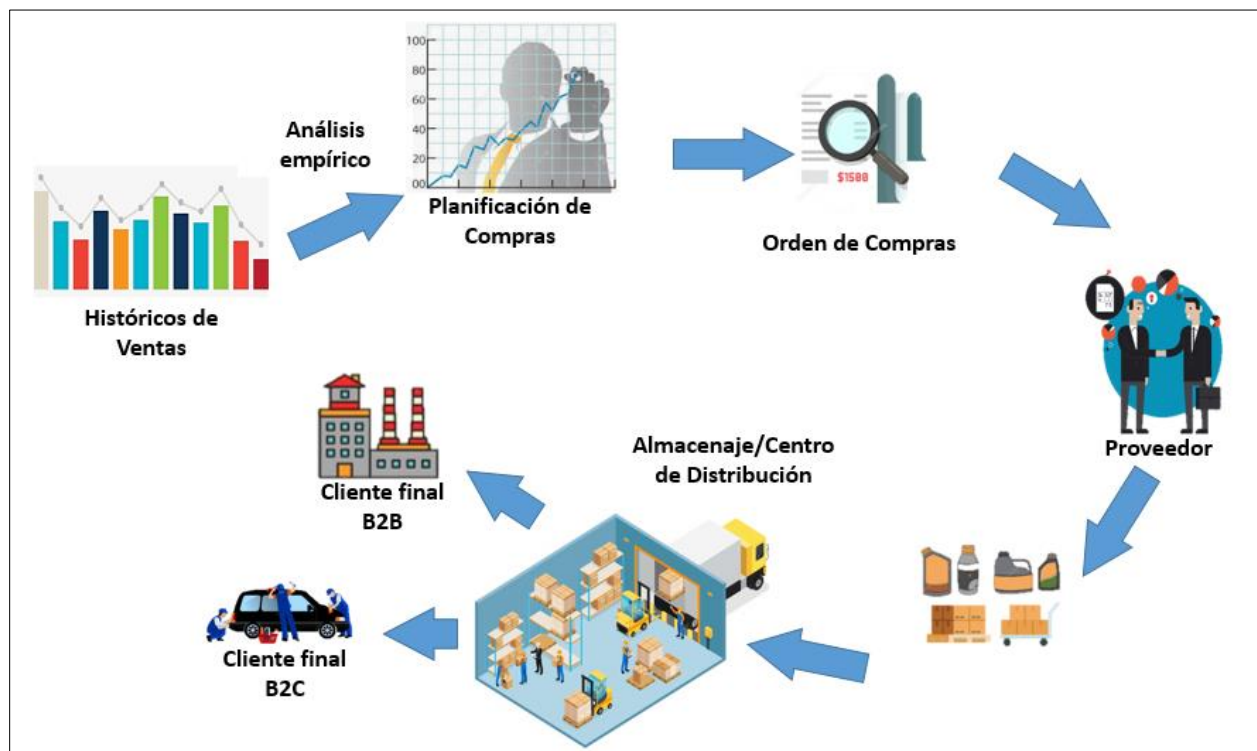


Figura 1.6: Flujo de la problemática

Fuente: Elaborado por los autores

A continuación, se detalla el flujo macro de la llegada de los contenedores al CED1 de Guayaquil, este inicia en fábricas en Houston, este producto es entregado a un 4-OPL, este tiene como misión llevar el pedido a las aduanas en país extranjero y luego que sea entregado en su agente aduanero en la ciudad de Guayaquil.

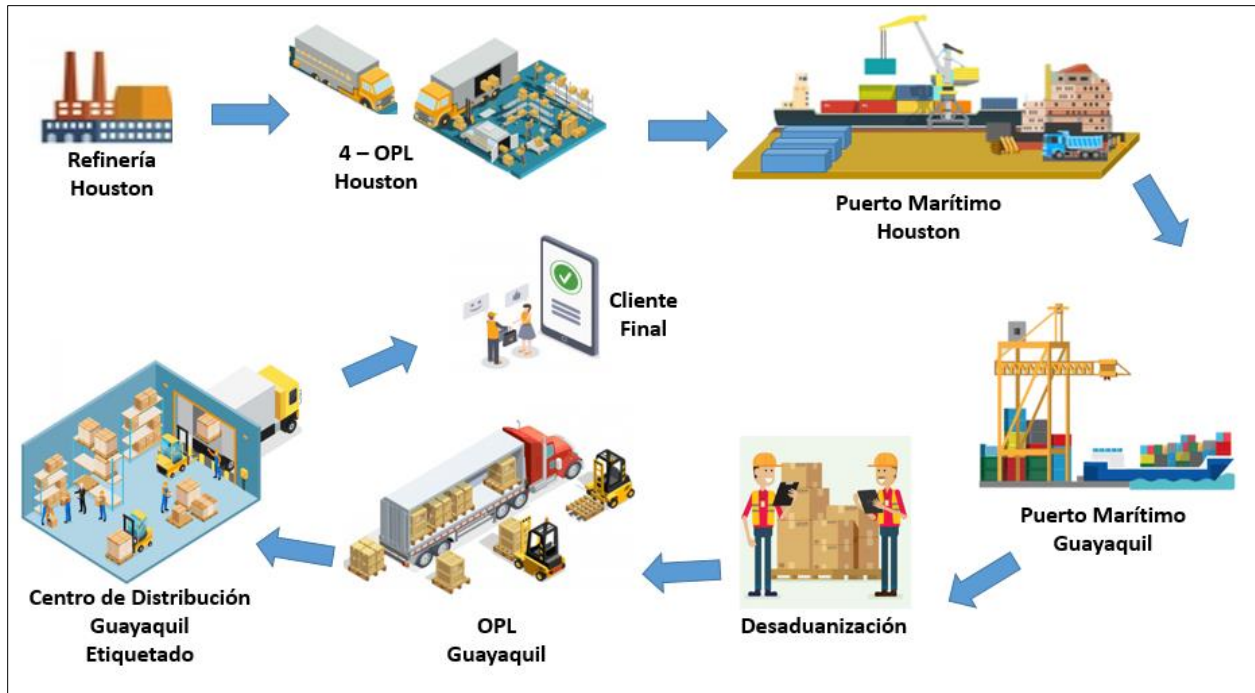


Figura 1.7: Flujo de Compra

Fuente: Elaborado por los autores

1.6. Justificación del Proyecto

Establecer una política de inventario óptima, es la clave para el mejoramiento de la rentabilidad en una compañía. Determinar las cantidades a pedir y cuando pedir son preguntas claves para un coordinador logístico esta necesidad de estabilizar el flujo de contenedores recibidos nos condujo a elaborar un modelo EOQ, que conteste las preguntas cuanto y cuando pedir.

La empresa Guayaquil S.A en la actualidad tiene sus importaciones dispersas en el mes, aproximadamente entre 40 a 48 contenedores promedio mes. Se busca que mediante la implementación de un modelo EOQ y una heurística se logre responder no solo, ¿Cuándo y Cuánto Comprar? sino determinar una planificación que elimine cuellos de botellas operativos reduciendo sus costos de inventario y ofertando una respuesta más efectiva a su demanda.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivos Generales

Elaborar una política de inventarios que estime las cantidades óptimas de pedido por SKU, para eliminar picos mensuales de tiempo de procesos de abastecimiento, reducir costos de almacenamiento y mejoramiento el nivel operativo de su OPL a través de un modelo EOQ que contemple escenarios dinámicos.

1.7.2. Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar un análisis ABC, que permita categorizar los productos que comercializa la empresa.
- ✓ Determinar un modelo estadístico que pronostique su demanda en base a sus históricos de ventas.
- ✓ Elaborar un plan de compras en base al diseño de política de inventario.
- ✓ Analizar sus comportamiento de compras y ventas de su producto estrella vs la política de abastecimiento propuesta

1.8. Marco Teórico

1.8.1. Revisión de la literatura

1.8.1.1. Sistema de gestión logística para reducir los costos de almacenamiento en fn lubricantes y repuestos scrl, chepén.

- Autor: Uriol Cerquin, Ely Francisco
- Origen: Perú
- Año de Publicación: 2017

- Fuente: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1421_IN.pdf

La investigación presente fue ejecutada en la empresa FN lubricantes y Repuestos SCRL., el objetivo principal es proponer mejoras en la gestión logística para reducir costos, que permitirá identificar y controlar las principales problemáticas dentro de la empresa, en el área de logística, permitiendo que la empresa FN lubricantes y Repuestos SCRL, realice todos sus procesos de manera sistematizada, logrando disminuir la deficiencia en control de inventarios, mala selección de proveedores, falta de capacitación, falta de productos, generando costos innecesarios por lo cual vamos establecer un control en las áreas comprometidas.

1.8.1.2. Propuesta de un modelo de gestión logística de abastecimiento para las microempresas de comercialización de lubricantes en el Distrito Metropolitano de Quito.

- Autor: Giovanni Daniel Tavico Estrada
- Origen: Ecuador.
- Año de Publicación: 2017
- Fuente: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12641>

El presente proyecto se desarrolló en base a la problemática actual de los microempresarios de lubricantes en cuanto al manejo del abastecimiento y la planificación del inventario, la "Propuesta de un modelo de gestión logística", surge del manejo empírico de los procesos de abastecimiento lo que conlleva a que los proveedores puedan fijar condiciones y montos de compra, incidiendo directamente en la frecuencia de rotación de la mercadería, el sobre abastecimiento y su afectación a la liquidez de los negocios.

1.8.1.3. Diseño de un sistema de gestión de almacenes en la empresa Factoría Industrial S.A.C. Cajamarca para disminuir los costos de los inventarios

- Autores: Díaz Arcila Alexander, Huaman Quispe Wilson.
- Origen: Ecuador.
- Año de Publicación: 2018
- Fuente: <http://hdl.handle.net/11537/14569>

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar un sistema de gestión de almacenes en la empresa Factoría Industrial S.A.C. a fin de disminuir los costos de los inventarios, para ello se realizó un diagnóstico descriptivo inicial en los almacenes de la empresa utilizando algunos de los indicadores logísticos más importantes y con el diagrama de Ishikawa encontrar la fuente de los problemas; siendo los más relevantes los sobrecostos generados por los tamaños de lote de compra por ser demasiado pequeños y sin una adecuada planificación; también se identificó la falta de un control actualizado de los inventarios, la falta de etiquetado de sus anaqueles y un deficiente orden de almacenaje. Se mejoró la distribución en el almacén con la aplicación de la metodología ABC, consiguiendo pasar de un 37% de exactitud a un 96% en los inventarios. Además, se planteó la implementación del punto de reorden y stock de seguridad para que la empresa tenga un indicador de cuando realizar una nueva compra y para que maneje un stock de emergencia ante cualquier demora de sus proveedores. Con el uso del lote económico de compra se consigue reducir los costos de pedido y de transporte, disminuyendo este último la suma de S/ 60 120,00 de sus ventas anuales, esto gracias a la disminución de la frecuencia de veces requeridas para transportar los productos de Trujillo - Cajamarca - Mina.

1.9. Marco Conceptual.

1.9.1. Índice de rotación

La medición de cuantas veces rota la mercadería en un inventario es vital para la toma de decisiones, por un lado, puede alertar cuales SKU's merecen un mayor enfoque en el control de inventarios. Para fines del trabajo mediremos índice de rotación a nivel de SKU para tener un mejor enfoque en los códigos de mayor rotación, como:

$$\text{índice de rotación} = \frac{\text{total de ventas}}{\text{stock promedio}}$$

1.9.2. Días de Inventario

El número de días que en promedio los sku permanecieron almacenados mide la eficiencia del inventario, por lo general mercadería que poca venta tiene o no se mueve suele ser los causales de un costo elevado de mantener el inventarió. La fórmula para el cálculo es:

$$\text{Dias de inventario} = \frac{\text{Dias de medicion (30 días mes)}}{\text{rotacion}}$$

1.9.3. Modelo general de inventario

Los inventarios predominan en el mundo de los negocios. El mantener equiparados estos niveles de stock en los CED1 son de vital importancia para poder tener una correcta gestión de abastecimiento debido a que pueden ocurrir posibles escenarios como quedarse sin stock la cual puede ocasionar pérdidas de ventas, suspender la producción y pérdidas de clientes otro escenario que puede acontecer es tener excedente de stock lo cual ocasiona el aumento del costo del capital y almacenamiento. El objetivo es hallar un nivel apropiado de stock que pueda equilibrar estos

escenarios que minimice la función adecuada de costo. El diseño de un modelo de inventario tiene como finalidad responder a estas interrogantes:

¿Cuánto pedir?

¿Cuándo realizar el pedido?

La base del modelo de inventario es la función de costos general indicada en la figura 1.8.

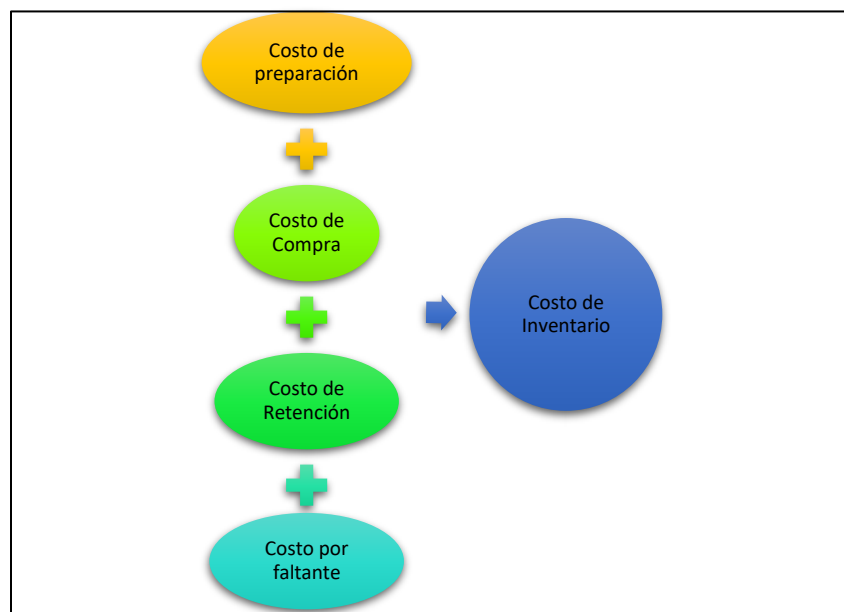


Figura 1.8: Diagrama de Costo de Inventario

Fuente: Elaborado por los autores

Los modelos EOQ se diferencian en el tipo de demanda de las ventas, ya sean estas deterministas o probabilísticas.

El patrón de la demanda en un modelo de inventario puede asumir uno de cuatro tipos:

- ✓ Determinístico y constante (estático) con el tiempo.
- ✓ Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo.

- ✓ Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo.
- ✓ Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo.

1.9.4. Inventarios en función de la demanda

Una prerrogativa en el manejo de inventario es si la demanda es independiente o dependiente. Los productos que se encuentran claudicados a una demanda dependiente o independiente indican tendencias de demanda diferentes.

1.9.4.1. Inventarios con demanda dependiente.

Su demanda se encuentra sujeta a las decisiones internas de empresa la cual conlleva a determinar el tiempo y cuántos productos elaborar.

Esta demanda se encuentra relacionada con otros productos, es decir cuando se elaboran productos finales a partir de otros elementos, las demandas de estos elementos dependen de la demanda del producto final.

1.9.4.2. Inventarios con demanda independiente.

Al contrario de la demanda dependiente, ésta se encuentra en fuentes externas a la empresa, entre los inventarios con demanda independiente se encuentran productos terminados que se encuentra en calidad de condiciones para su distribución.

Los problemas de inventarios con demanda independiente se pueden resolver con los siguientes modelos:

1.9.4.2.1. Modelos con demanda determinística

Un modelo de inventario determinístico trabaja con demandas que son conocidas, sin embargo, estas pueden ser constantes en el transcurso del tiempo como pueden variar en cada periodo.

Usualmente se suele trabajar con modelos EOQ para inventarios con demanda independiente para la realización de pedidos, en este modelo los costos siempre son constantes y las cantidades a producir tienen limitaciones.

1.9.4.2.2. Modelos con demanda estocástica

Un modelo de inventario probabilístico presenta variaciones aleatorias en la demanda o de otra variable desconocida, de tal manera que no se tendrá conocimiento certero, pero sí podrán pronosticarse para medir los riesgos en la toma de decisiones.

Partiendo de esto, se han creado diversos modelos de inventario probabilísticos multi periodos clasificados según la forma en que se revisa el inventario, modelos en los cuales la variación se debe a la incertidumbre y no a causas predecibles.

Se presentan 4 casos para inventarios con demanda estocástica:

- ✓ Demanda estocástica y lead time constante.
- ✓ Demanda constante y lead time variable.
- ✓ Demanda variable y lead time variable.
- ✓ Demanda constante y lead time constante.

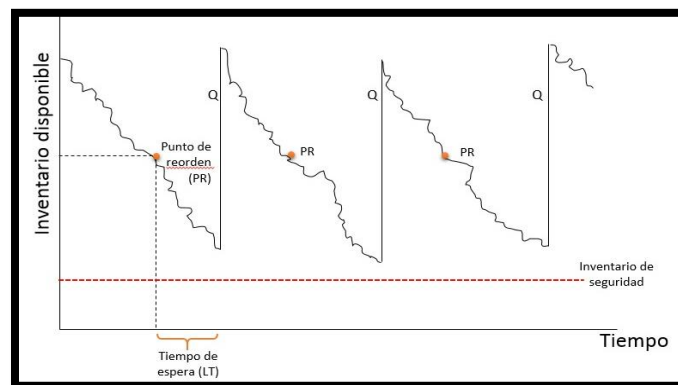


Figura 1.9: "PUNTO DE REORDEN" MODELO PROBABILÍSTICO

Fuente: Investigación de Operaciones Hamdy A. Taha (7ma Edición)

1.9.5. Modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido).

El modelo de cantidad óptima de pedido es primordial para el control de inventarios, el cual permite reducir costos de almacenamiento, en donde trabaja con una demanda constante y conocida, en base a esto, el modelo trata de encontrar mediante el coste de mantenimiento de inventario y el costo de ordenar el pedido, la cantidad óptima a pedir.

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{h}}$$

$$n = \frac{D}{Q} = \sqrt{\frac{DhC}{2S}}$$

Q : Cantidad óptima de pedido

D : Demanda

S : Costo de pedido

h : Costo de mantener inventario.

1.9.5.1. Costos fijos.

Los costos de los pedidos pueden ser divididos en 3 partes según (Heizer,2008):

Costos de almacenamiento: es el costo de mantener un inventario en bodega por un tiempo considerable por lo que estos costos incluyen a su vez los costos por obsolescencia de los materiales y los costos relacionados al almacenamiento como seguros, personal extra, control, pago de intereses.

Costos de lanzamiento de pedido: Son todos aquellos costos relacionados a impresiones, procesamiento del pedido, soporte administrativo.

Costos de preparación de pedido: Son los costos relacionados a la preparación de máquinas o el proceso que conlleva realizar el pedido, esto implica el tiempo también el tiempo del trabajo para limpiar y cambiar herramientas.

1.9.5.2. Cálculo de costos.

Coste de preparación anual de pedido, el número de pedidos realizados por año por el coste de preparación o lanzamiento por pedido

$$= \left(\frac{D}{Q}\right) * S$$

Costo de almacenamiento anual, el Nivel de inventario medio por el coste almacenamiento por unidad y año

$$= \left(\frac{Q}{2}\right) * H$$

Número esperado de pedidos durante el año (N)

$$= \left(\frac{D}{Q^*}\right)$$

Tiempo estimado entre pedidos (T)

$$= \frac{\text{Número de días laborables por año}}{N}$$

Costo Total

$$CT = \frac{Q}{2} * H + S * \frac{D}{Q} + Hz\sigma$$

CT: Costo total anual.

D: Demanda anual.

Q: Cantidad solicitada por pedido.

H: Costo anual y mantenimiento de inventario.

S: Costo de pedido.

Z_σ : Desviación Estándar.

n : Frecuencia óptima de pedido.

1.9.6. Modelo de inventario de forma agregada para un subconjunto seleccionado de productos.

Este modelo es un procedimiento más selectivo en la combinación de productos ordenados de manera agrupada. (S. Chopra y P. Meindl)

Este modelo no brinda necesariamente una solución óptima a pedir. No obstante, genera una política de pedidos cuyo costo se aproxima al óptimo. El método del procedimiento es identificar primero el producto “más frecuentemente” solicitado que se incluye en cada pedido. Entonces el costo fijo básico S se asigna íntegramente a este producto. Para cada uno de los productos i solicitados “menos frecuentemente”, la frecuencia de pedido se determina utilizando sólo el costo de pedido específico del producto s_i (*Costo fijo de pedir el producto i*). Las frecuencias se ajustan entonces de manera que cada producto i está incluido en cada una de las m_i órdenes, donde m_i es un número entero, en donde:

$$m_i = \frac{\bar{n}}{\bar{n}_i}$$

1.9.7. Stock de seguridad.

El stock de seguridad se podría definir como un pequeño colchón que protege del quiebre de inventario, debido a retrasos en la entrega del producto, variabilidad de la demanda y paralización de la producción por parte del proveedor.

1.9.8. Diagrama de Pareto.

Es una gráfica que permite ordenar datos de forma descendente el cual permite fijar un orden de prioridades. Este principio muestra que en la mayoría de las situaciones el 80% de los problemas se debe al 20% de las causas, lo cual permite identificar puntos de mejora y fijar que actividades o acciones deben ser atacadas primero de acuerdo con las prioridades.

1.9.9. Clasificación ABC de inventarios.

Esta clasificación se basa en un procedimiento de organización de inventario que consiste en la segmentación de los productos en tres categorías A, B y C de acuerdo a pautas preestablecidas, en donde esta categorización señala lo siguiente:

Productos Categoría A: se encuentran los productos que significan el 20% de la cantidad total de los productos y representan 80% del valor total del stock.

Productos Categoría B: son el 30% de la cantidad total de los productos que representan el 15% del valor total del stock.

Productos Categoría C: se localiza el 50% de la cantidad de los productos que solo representan el 5% del valor total del stock.

1.9.10. Modelo estadístico

Un modelo estadístico es la representación de un modelo matemático, que permite representar un problema real aumentado que permite su comprensión, predicción y control. Debido a que hace uso de supuestos estadísticos propios de la técnica estadística implementada, brindando así confiabilidad a las estimaciones dadas.

1.9.11. Modelos de pronóstico

Un pronóstico es un procedimiento que se basa en la utilización de métodos cualitativos y/o cuantitativos, para estimaciones de ventas o consumos de bienes o servicios en un futuro. Estas estimaciones pueden realizarse para un día, una semana, un trimestre, un año o varios años, y en base a esto la empresa puede planificar su producción, compras, inventarios y recursos humanos, con el objetivo de igualar a su demanda de forma óptima, y así poder satisfacer la demanda de los clientes.

Los pronósticos poseen dos clases: cualitativos y cuantitativos. El cualitativo se basa en el juicio de los individuos, mientras que el cuantitativo utiliza cantidades significativas de datos.

1.9.12. Heurística Silver Meal

Esta heurística se aplica cuando los costos de producción son constantes para cada período, por esto motivo esta heurística balancea los costos de preparación y de mantenimiento vinculados por período.

1.9.13. Coeficiente de variabilidad.

El coeficiente de variabilidad permite determinar si es factible encontrar una solución mediante un modelo EOQ o si implica emplear algún método heurístico que pueda encontrar una mejor solución. Para

ello determinado si la relación entre la desviación estándar y la media de la demanda, si esta es menor al 20 % es recomendable emplear un EOQ caso contrario debería emplearse otros métodos matemáticos, para este estudio emplearemos una heurística.

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

C_v : *Coficiente de variación*

σ : *desviación estándar.*

\bar{x} : *Media de la demanda.*

2. CAPÍTULO 2

2.1. METODOLOGIA DEL TRABAJO

2.1.1. Introducción

En este capítulo se detalla todos los procedimientos realizados para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto.

2.1.2. Flujograma de actividades

Se presenta un flujograma con las actividades realizadas secuencialmente para la elaboración de este proyecto, y la información que fue brindada por la empresa para su posterior análisis.

Dentro de la información brindada están:

Ventas realizadas desde el mes de Enero del año 2015 hasta Diciembre del año 2018 de los productos distribuidos en Ecuador, lead time de cada producto, costos de pedido para cada uno de los sku's y costo de almacenamiento por producto.

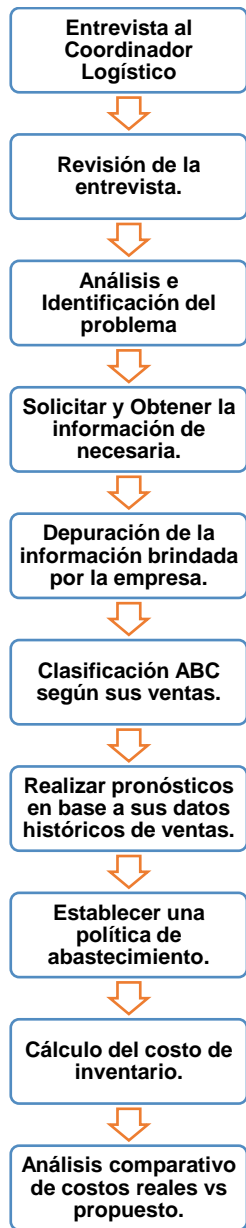


Figura 2.1: Flujograma de Actividades
Fuente: Elaborado por los autores

2.1.3. Cronograma de actividades

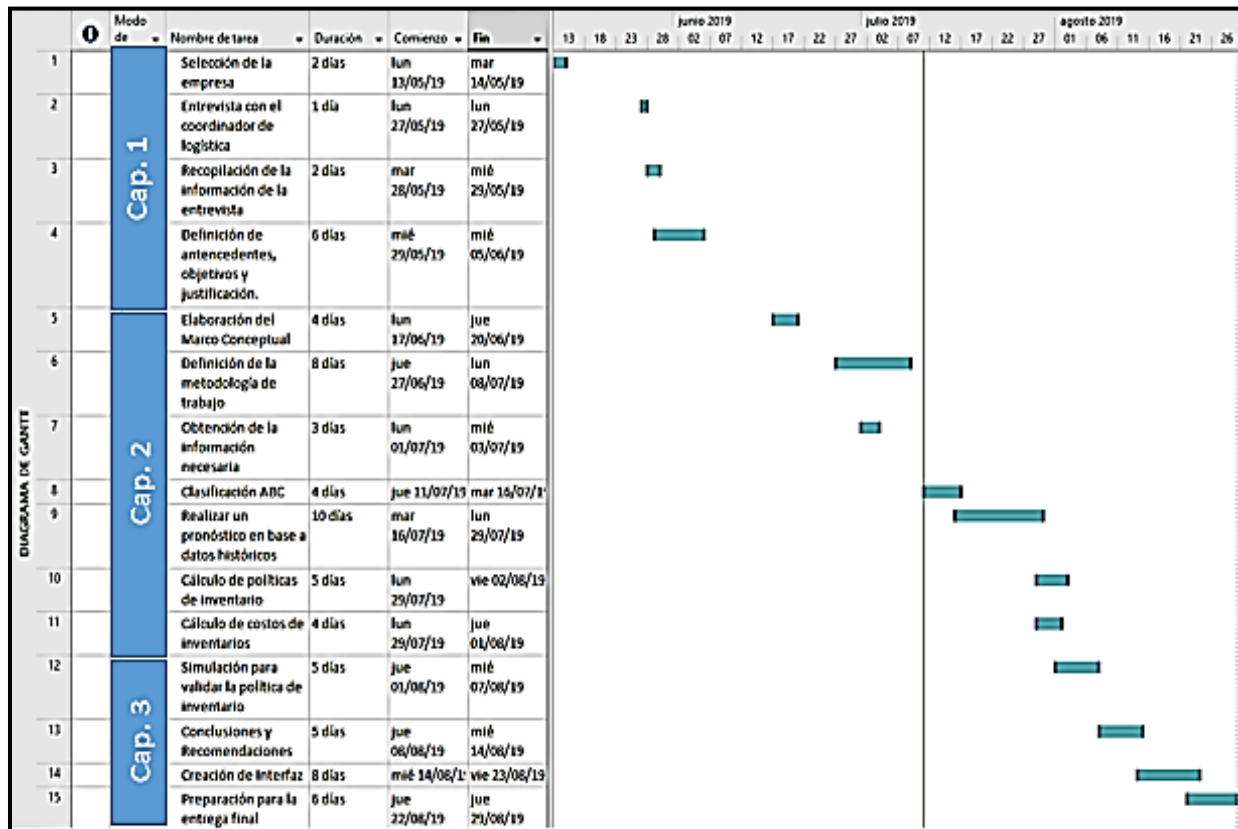


Figura 2.2: Cronograma de Actividades

Fuente: Elaborado por los autores

2.2. Técnicas de investigación

2.2.1. Entrevistas

Para el presente proyecto se realizaron entrevistas, en donde se conoció a nivel macro y micro las actividades inherentes con su flujo de importaciones. Además de conocer los departamentos involucrados en la toma de decisiones final de la compra, saber de primera mano sus tiempos y proveedores externos e internos que aportan a esta actividad.

2.2.2. Documental

Análisis de archivos y documentos sobre ventas, costos de embarque, costos de almacenamiento, costo de pedido, fechas de órdenes de pedidos.

2.2.3. Observación directa

Se realizan visitas al centro de distribución y almacenamiento de la empresa, en donde se conocerá el flujo de la operación.

2.3. Software utilizado

Para la realización de este proyecto se utilizó:

Microsoft Excel: Es un programa informático, en el cual se pueden realizar cálculos aritméticos, trabajar con datos numéricos, aplicar funciones matemáticas, permite elaborar los cronogramas de actividades y generar plantillas con todos los respectivos cálculos para obtener las políticas de control de inventarios.

Visual Studio: Esta aplicación permite realizar una interfaz que se conecta con las plantillas realizadas en Excel para una mayor interacción y facilidad al momento de ejecutar el programa.

R: Es un software estadístico que nos permitirá aplicar diferentes modelos de pronósticos para de esta manera tener un soporte estadístico acerca de la demanda mensual que requerirá la empresa para abastecer su inventario.

Minitab: Es un programa que permite ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas, es de vital ayuda para análisis de control de calidad, prueba de hipótesis, modelos de pronósticos, etc., lo cual permitió elegir un modelo de pronóstico que se ajustaba mejor a la demanda.

2.4. Análisis ABC

En base a los datos facilitados por la empresa de las unidades vendidas diariamente desde enero del 2015 hasta diciembre del 2018 para el análisis ABC, solo se consideró 271 sku hasta el año 2018; esto debido a que ciertos productos están descontinuados. Luego se procedió a realizar la suma mensual de unidades vendidas y con este proceso se ordenaron los productos en forma descendente para la realización del análisis, en donde 29 productos, que se los clasificó como categoría A, representan el 80% del total de sus ventas, 40 productos representan el 15% y 202 representan el 5% que se los clasificaron como categoría B y C respectivamente. (Figura 2.3)

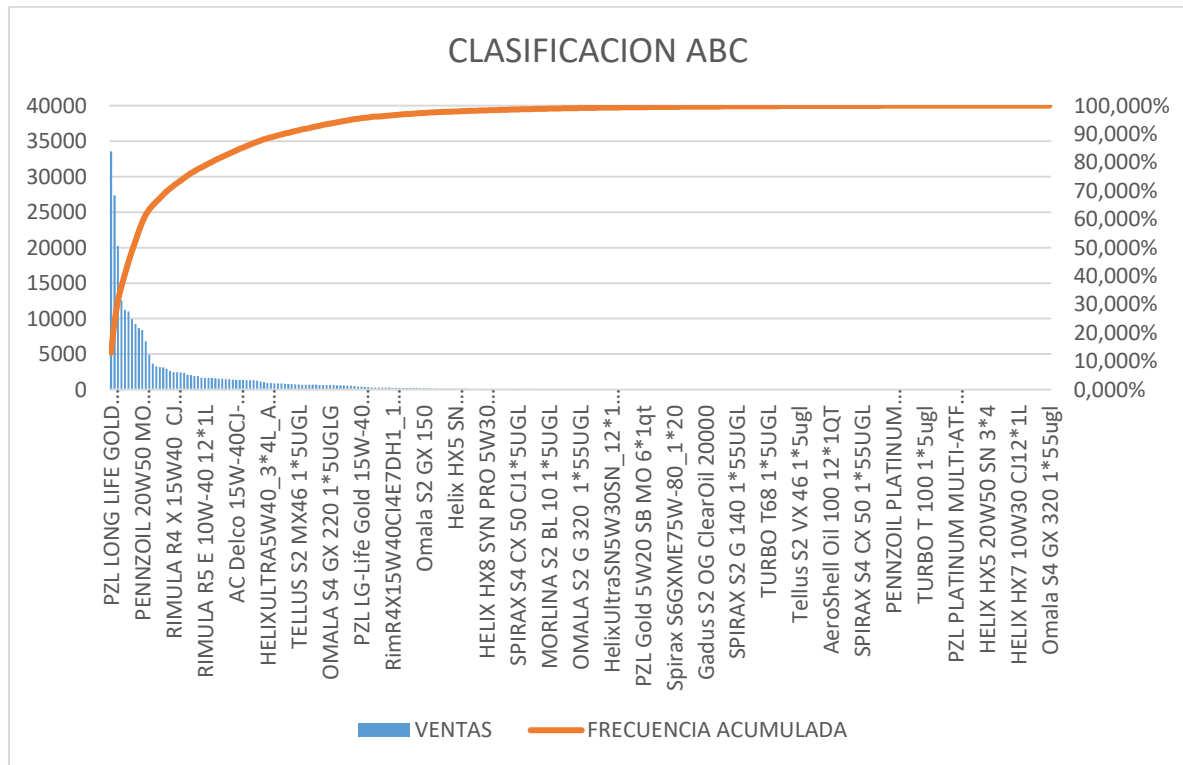


Figura 2.3: Clasificación ABC

Fuente: Elaborada por los autores

2.5. Análisis de las ventas

Realizado el análisis ABC se procedió a analizar la distribución de las ventas del top 6 productos de la categoría A.

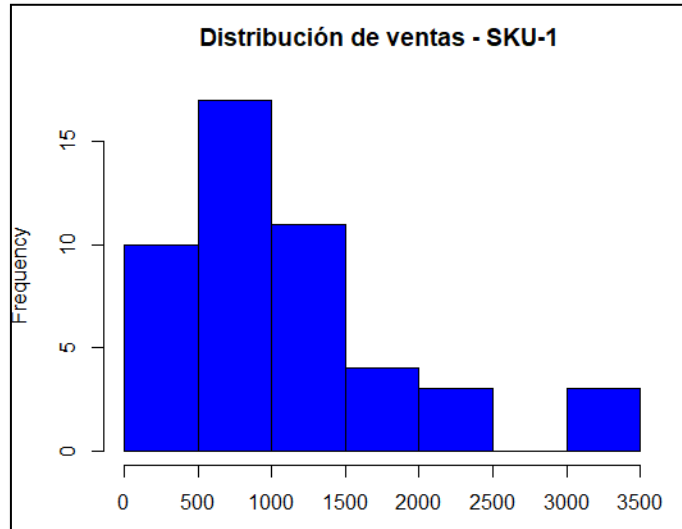


Figura 2.5: Histograma – SKU1
Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.5*, podemos observar que la frecuencia de las ventas mensuales del SKU1 entre el año 2015 al 2018, no se asemejan a una distribución normal y que, además existen valores altos de ventas mensuales con baja frecuencia.

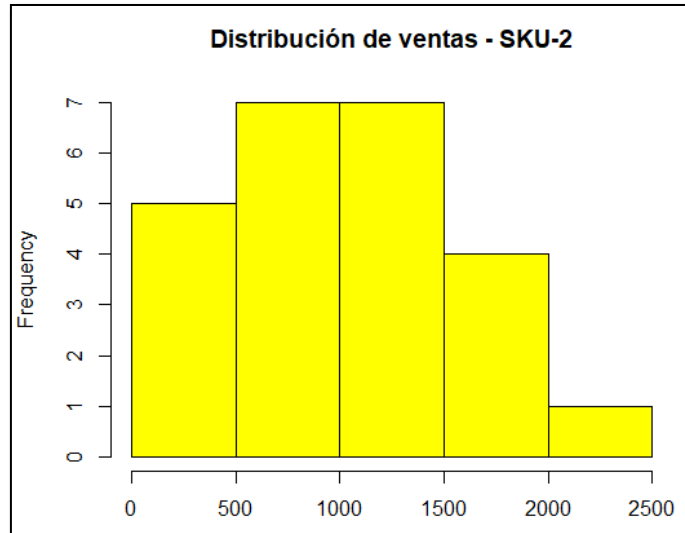


Figura 2.6: Histograma – SKU2
 Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.6*, podemos observar que la frecuencia de las ventas mensuales del SKU2 entre el año 2015 al 2018, se asemejan a una distribución normal y que existe mensualmente se está vendiendo de 500 a 1500 unidades de SKU2.

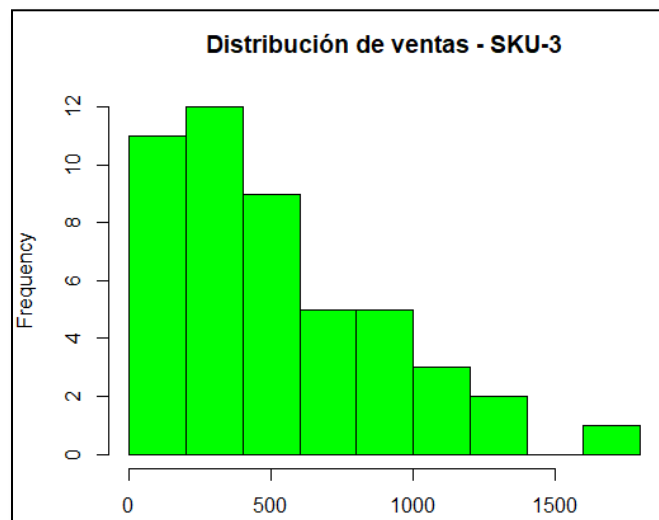


Figura 2.7: Histograma – SKU3
 Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.7*, se observa que las ventas mensuales del SKU3 entre el año 2015 al 2018 a pesar de mostrar una venta mensual que supera las 1500 unidades de SKU3, éste con frecuencia no supera las 600 unidades mensuales.

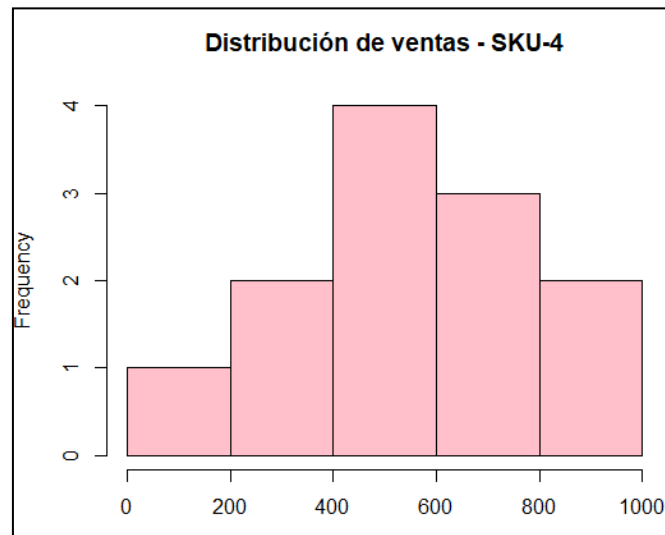


Figura 2.8: Histograma – SKU4
Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.8*, las ventas mensuales del SKU4 del año 2015 al 2018 se asemejan a una distribución normal, y que con mayor frecuencia la demanda de éste está entre 400 y 600 unidades, a pesar de que sus ventas no superen las 1000 unidades, SKU4 parece tener una demanda más estable.

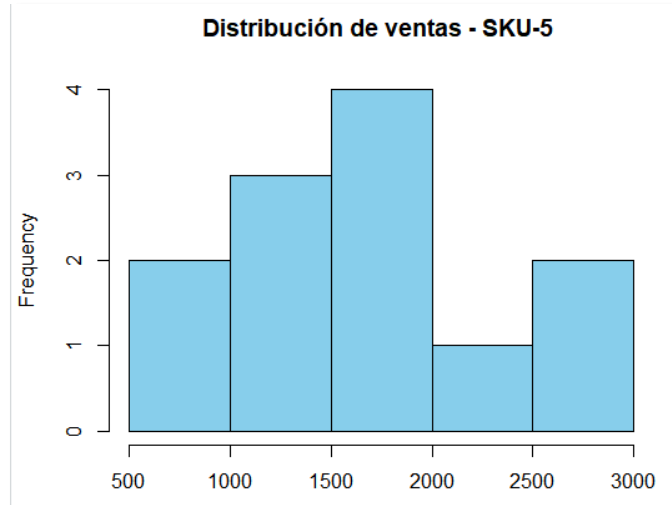


Figura 2.9: Histograma – SKU5
Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.9*, del SKU5 se observa que las ventas entre el año 2015 al 2018 no superan las 3000 unidades y que con mayor frecuencia se venden de 1500 a 2000 unidades mensuales.

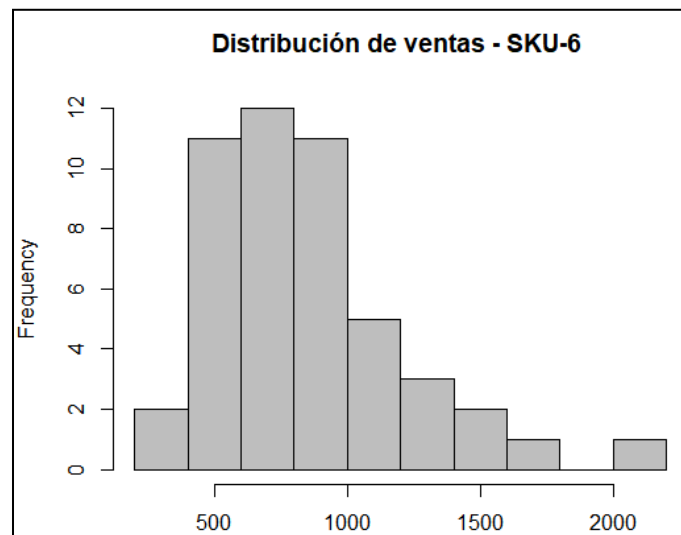


Figura 2.10: Histograma – SKU6
Fuente: Elaborada por los autores

En la *Figura 2.10*, muestra que el SKU6 a pesar de haber alcanzado una demanda mensual superior a las 2000 unidades, con frecuencia la demanda de éste, se encuentra entre las 400 y 1000 unidades mensuales.

2.6. Proyecciones de la demanda

En este proyecto se consideró 6 productos, los cuales son los más representativos para la empresa. Estos contaban con todos sus históricos de ventas desde enero del año 2015 hasta mayo del año 2019. En este proceso no se tomaron en cuenta los datos del 2019, debido a que nuestras proyecciones serán validadas con estos datos.

2.7. Elección de modelo de gestión

Para estimar la tendencia de la demanda, se realizó el estudio y análisis del coeficiente de variación en donde se toma en consideración el promedio de la demanda mensual y la desviación estándar durante una etapa de análisis.

$$V = \frac{\textit{Desviación estándar}}{\textit{Media}} \times 100$$

En donde el cálculo del coeficiente de variación (V) nos indicará el tipo de modelo a seguir:

- ✓ Modelo de demanda determinística y continua: Si V es menor a 20% y la demanda promedio mensual es aproximadamente constante.
- ✓ Modelo de demanda determinística y periódica: Si V es menor a 20% y la demanda mensual promedio varía.
- ✓ Modelo de demanda estocástica y continua: Si V es mayor a 20% y la media de la demanda es aproximadamente constante.

- ✓ Modelo de demanda estocástica y periódica: Si V es mayor a 20% y la demanda mensual promedio varían apreciablemente mes a mes.

2.8. Modelo de inventario

Según el cálculo del coeficiente de variación los datos tenían una demanda estocástica y periódica debido a que los datos poseían una probabilidad mayor al 20% (coeficiente de variación >20%), lo que provocaba que sus ventas sean variables con el tiempo, en este suceso característico se trabajará con un modelo de demanda variable y periódica.

2.9. Cálculo del stock de seguridad.

Para el cálculo del stock de seguridad se asumió que la demanda seguía una distribución normal.

$$\alpha = P(D \leq R)$$

$$P(D \leq R) = P\left(\frac{D - u}{\sigma} \leq \frac{R - u}{\sigma}\right) = P(Z \leq z) = \Phi(z) = \alpha$$

$$Z = \frac{D - u}{\sigma}; \text{Variable Gaussiana de la demanda}$$

$$z = \frac{R - u}{\sigma}; \text{Variable Gaussiana Punto de reorden}$$

$$SS = z \times \sigma_D \times \sqrt{LT}$$

α : Nivel de Servicio

D : Demanda promedio anual

R : Punto de reorden

σ_D : Desviación estandar de la demanda

SS : Stock de Seguridad

u : Media de la demanda

2.10. Elección de la heurística

Los cálculos del coeficiente de variabilidad indican que para este proyecto es necesario aplicar una heurística que permita una mejor optimización de costos, en este caso se utilizará la heurística Silver Meal, la cual trabaja de manera que permite un balanceo en los costos de inventario.

2.11. Heurística Silver Meal

Definimos $CT(i, t)$ como los costos de preparación y de almacenamiento asociados para los mismos periodos.

En donde:

K_i : Costo de pedir en el período i

D_i : Demanda del período i

$$CT(i, t) = \begin{cases} K_i, & t = i \\ K_i + h_i D_{i+1} + (h_i + h_{i+1}) D_{i+2} + \dots + \left(\sum_{k=i}^{t-1} h_k \right) D_t & t > i \end{cases}$$

Definimos $CTP(i, t)$ como el costo por periodo asociado; es decir:

$$CTP(i, t) = \frac{CT(i, t)}{t - i + 1}$$

Dado un periodo actual i , la heurística determina i^* que minimiza el $CTP(i, t)$.

La función $CT(i, t)$ se calcula recursivamente como

$$CT(i, i) = K_i$$
$$CT(i, t) = TC(i, t - 1) + \left(\sum_{k=i}^{t-1} h_k \right) D_t, \quad t = i + 1, i + 2, \dots, n$$

Paso 0. Establezca $t = 1$

Paso 1. Determinamos el mínimo local t^* que satisfaga las dos condiciones siguientes:

$$CTP(i, t^* - 1) \geq CTP(i, t^*)$$

$$CTP(i, t^* + 1) \geq CTP(i, t^*)$$

La heurística determina que se pida la cantidad $(D_i + D_{i+1} + \dots + D_{i^*})$ en el periodo i para los periodos $i, i + 1, \dots, y t^*$.

Paso 2. Establezca $i = t^* + 1$. Si $i > n$, deténgase; ya se ha cubierto todo el horizonte de planeación. De lo contrario, vaya al paso 1.

2.12. Procedimiento del modelo de inventario de forma agregada para un subconjunto seleccionado de productos.

El procedimiento resulta en una agregación adaptada, con los productos de mayor demanda ordenados con más frecuencia y los productos de menor demanda pedidos con menos frecuencia.

Paso 1: Identifique el producto más frecuentemente ordenado, suponiendo que cada producto se pide de forma independiente. En este caso se asigna un costo fijo de $S + s_i$ a cada producto. Evalúe la frecuencia de pedido para cada producto i .

$$\bar{n}_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t hC_i D_i}{2(S + s_i)}}$$

Paso 2: Para todos los productos $i = i^*$, evalúe la frecuencia de pedido:

$$\bar{n}_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t hC_i m_i D_i}{2(s_i)}}$$

Donde \bar{n}_i representa la frecuencia de pedido deseada si el producto i incurre en el costo fijo específico del producto i incurre en el costo fijo específico del producto s_i , sólo cada vez que éste se ordena.

Paso 3: El objetivo es incluir cada producto $i \neq i^*$ con el producto más frecuentemente ordenado i^* después de un número entero de pedidos. Para todo $i \neq i^*$, evalúe la frecuencia del producto i en relación con el producto más frecuente ordenado i^* como m_i , donde:

$$m_i = \frac{\bar{n}}{\bar{n}_i}$$

En este caso, $\lceil \cdot \rceil$ (función entero mayor) es la operación que redondea una fracción hasta el número entero mayor más cercano. El producto i se incluirá con el producto más frecuentemente ordenado i^* cada m_i pedidos.

Dado que el producto más frecuentemente ordenado i^* se incluye en todas las órdenes,

$$m_{i^*} = 1$$

Paso 4: Después de haber decidido la frecuencia de pedido para cada producto i , vuelva a calcular la frecuencia de pedido del producto más frecuentemente pedido i^* como n , donde:

$$n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t hC_i m_i D_i}{2(S + \sum_{i=1}^t s_i t m_i)}}$$

Observe que n es una mejor frecuencia de pedido para el producto que se ordena con más frecuencia i^* que \bar{n} , porque toma en cuenta el hecho de que cada uno de los otros productos i se incluye con m_i cada pedido.

Paso 5: Para cada producto, evalúe una frecuencia de pedido de $n_i = \frac{n}{m_i}$ y el costo total de esta política pedidos. El costo total anual está dado por:

$$TC = nS + \sum_{i=1}^t n_i s_i + \sum_{i=1}^t \left(\frac{D_i}{2n_i} \right) hC_i$$

2. CAPITULO 3

2.1. RESULTADOS Y ANALISIS

En esta sección se mostrará el análisis de los resultados obtenidos en el modelo de abastecimiento de Materia Prima.

Con los datos entregados por la empresa los cuales son las ventas realizadas desde diciembre del 2013 hasta octubre del 2018 se determinaron los procesos de pedido de la materia prima y su fabricación, además se observó la frecuencia de las entradas y salidas de los productos permitiéndonos realizar la clasificación ABC en base a sus ventas por volumen, así como las fórmulas para realizar cada una de las recetas.

2.2. Clasificación ABC de los productos.

En base los datos proporcionados por Petroquil S.A, se realizó el análisis ABC por unidades vendidas.

Tabla 2.1 Tabla de Clasificación ABC
Fuente: Elaborado por los autores

CATEGORÍA	UNIDADES	CANT.	%
	VENDIDAS	Prod.	Participación
A	205342	29	11%
B	39372	40	15%
C	13354	202	75%

Conforme a la categorización ABC realizada de los 271 productos, 29 productos representan a la categoría A, 40 productos de categoría B y 202 productos de categoría C, de los cuales los de

categoría A representan el 80% de unidades vendidas, los de categoría B y C, representan el 15% y el 5% respectivamente.

2.2.1. Clasificación A

En la clasificación A de los productos importados, los resultados mostraron un total de 29 sku's dada la naturaleza de sus productos estos se desglosan entre tanque, baldes y cajas, en el siguiente cuadro se detalla los resultados objetivos.

Tabla 2.2: Clasificación A
Fuente: Elaborado por los autores

GRUPO	T. VENTAS.	%
BA	51.8 K	20.08%
CJ	150.4 K	58.27%
TA	3.1 K	1.22%
Total general	205.3 K	79.57%

2.2.2. Clasificación B

En la clasificación B de los productos importados, los resultados mostraron un total de 40 sku's dada la naturaleza de sus productos estos se desglosan entre tanque, baldes, cajas y unidades en el siguiente cuadro se detalla los resultados objetivos.

Tabla 2.3: Clasificación B
Fuente: Elaborado por los autores

GRUPO	T. VENTAS.	%
BA	6.7 K	2.58%
CJ	21.9 K	8.49%
TA	10.1 K	3.92%
UN	678.0	0.26%
Total general	39.4 K	15.26%

2.2.3. Clasificación C

En la clasificación C de los productos importados, los resultados mostraron un total de 202 sku's dada la naturaleza de sus productos estos se desglosan entre tanque, baldes, cajas y unidades en el siguiente cuadro se detalla los resultados objetivos.

GRUPO	T. VENTAS.	%
BA	2.2 K	0.84%
CJ	5.0 K	1.93%
TA	3.0 K	1.16%
UN	510.0	0.20%
Total general	10.6 K	4.12%

Tabla 2.4: Clasificación C
Fuente: Elaborada por el autor

2.3. Cálculo del coeficiente de variación.

El análisis y los cálculos se realizaron a 6 productos los cuales son los más representativos por la compañía.

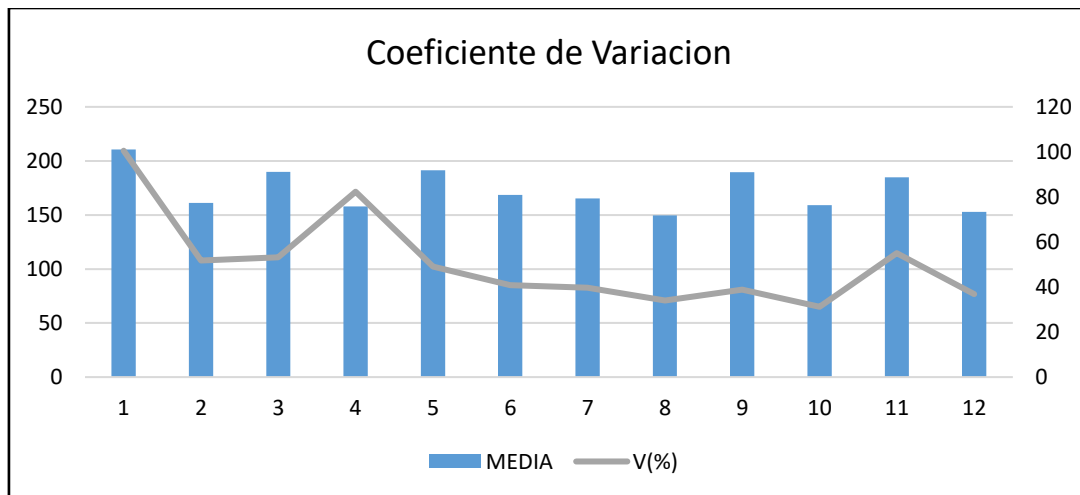


Figura 2.1: Coeficiente de Variación – SKU1
Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 2.5: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 1
Fuente: Elaborado por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2015	612	340	1500	732	787	556	901	660	785	1421	668	557
2016	686	372	754	1038	292	529	118	239	837	1526	62	952
2017	343	995	655	1306	2124	1318	71	2267	1406	1143	1376	435
2018	1141	3059	1688	400	3429	1309	1586	1568	3107	1372	2014	864
Total.	2782	4766	4597	3476	6632	3712	2676	4734	6135	5462	4120	2808
MEDIA	696	1192	1149	869	1658	928	669	1184	1534	1366	1030	702
DES. EST	332	1281	521	391	1412	445	720	911	1086	162	848	246
V(%)	47.7	108	45.3	45	85.1	48	108	76.9	70.8	11.8	82.3	35

En el primer Sku, como vemos en la tabla 3.5 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

Tabla 2.6: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 2
Fuente: Elaborada por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2017		60	304	695	1389	768	1403	1163	990	210	885	2238
2018	1268	87	1620	1376	1158	623	1442	1556	1541	997	1540	659
Total.	1268	147	1924	2071	2547	1391	2845	2719	2531	1207	2425	2897
MEDIA	1268	98	1283	1381	1698	927	1897	1813	1687	805	1617	1931
DES. EST	0	44.5	861	688	744	408	822	809	781	526	773	1150
V(%)	0	45.4	67.1	49.8	43.8	44	43.3	44.6	46.3	65.3	47.8	59.5

En el segundo Sku, como vemos en la tabla 3.6 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

Tabla 2.7: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 3

Fuente: Elaborado por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2015	22	175	455	237	43	90	278	177	636	469	563	323
2016	322	619	409	115	92	445	459	1033	228	886	216	717
2017	834	213	385	864	242	73	460	1266	364	481	1010	391
2018	1625	995	1386	182	90	187	948	720	548	688	1123	311
Total.	2803	2002	2635	1398	467	795	2145	3196	1776	2524	2912	1742
MEDIA	701	501	659	350	117	199	536	799	444	631	728	436
DES. EST	701	386	486	347	86.5	172	288	471	183	197	418	191
V(%)	100	77.1	73.7	99.2	74.1	86.4	53.6	59	41.3	31.3	57.5	43.8

En el tercer Sku, como vemos en la tabla 3.7 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

Tabla 2.8: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 4

Fuente: Elaborado por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2017		611	338	478	872	876	151	325	150	444	206	289
2018	648	396	398	447	196	667	574	673	487	814	997	429
Total.	648	1007	736	925	1068	1543	725	998	637	1258	1203	718
MEDIA	648	671	491	617	712	1029	483	665	425	839	802	479
DES. EST	0	310	215	267	457	458	298	337	249	408	526	219
V(%)	0	46.2	43.7	43.4	64.3	44.5	61.6	50.6	58.7	48.6	65.6	45.7

En el cuarto Sku, como vemos en la Tabla 3.8 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

Tabla 2.9: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 5

Fuente: Elaborado por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2017				2887	2972	1127	176	1368	1424	1286	826	819
2018	2856	2708	1015	745	1373	1951	1127	2394	718	1924	1993	1592
Total.	2856	2708	1015	3632	4345	3078	1303	3762	2142	3210	2819	2411
MEDIA	2856	2708	1015	2421	2897	2052	869	2508	1428	2140	1879	1607
DES. EST	0	0	0	1499	1487	979	606	1201	712	980	1001	796
V(%)	0	0	0	61.9	51.3	47.7	69.8	47.9	49.9	45.8	53.3	49.5

En el quinto Sku, como vemos en la Tabla 3.9 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

Tabla 2.10: Cálculo del Coeficiente de Variación SKU 6

Fuente: Elaborado por los autores

año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2015	829	986	1177	873	1025	722	910	696	1426	757	930	643
2016	682	487	692	713	429	685	734	1059	553	405	917	364
2017	512	717	927	965	392	1461	569	1125	523	699	634	427
2018	2045	914	1740	447	838	1210	948	1001	502	1214	1307	440
Total.	4068	3104	4536	2998	2684	4078	3161	3881	3004	3075	3788	1874
MEDIA	1017	776	1134	750	671	1020	790	970	751	769	947	469
DES. EST	697	224	450	227	311	379	174	190	450	334	276	121
V(%)	68.6	28.8	39.7	30.3	46.3	37.2	22.1	19.6	60	43.5	29.2	25.8

En el sexto Sku, como vemos en la Tabla 3.10 podemos notar que el coeficiente supera el 20% y la media de la demanda no es estable, con esta premisa podemos concluir que nos enfrentamos con una demanda probabilista no estacionaria a lo largo del tiempo.

2.4. Análisis y pronóstico de la demanda

Para el cálculo de la demanda hemos tomado como herramienta de análisis Minitab, Como primer paso se analizó la serie de tiempo de la venta, como segundo paso se corrió diferentes modelos estadísticos y se tomó en cuenta el error generado por cada pronóstico, adicional se comparó con la venta real del primer trimestre del 2019 para determinar el error absoluto generado.

Tabla 2.11: Histórico de Ventas Sku1

Fuente: Elaborado por autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2015	ene	612	2017	ene	1221
2015	feb	340	2017	feb	1707
2015	mar	1500	2017	mar	1692
2015	abr	732	2017	abr	2617
2015	may	787	2017	may	2546
2015	jun	556	2017	jun	2415
2015	jul	901	2017	jul	812
2015	ago	660	2017	ago	3308
2015	sep	785	2017	sep	2347
2015	oct	1421	2017	oct	1822
2015	nov	1026	2017	nov	2412
2015	dic	1452	2017	dic	1244
2016	ene	910	2018	ene	2183
2016	feb	1302	2018	feb	4253
2016	mar	1517	2018	mar	2750
2016	abr	1684	2018	abr	437
2016	may	973	2018	may	5219
2016	jun	1214	2018	jun	2741
2016	jul	733	2018	jul	2401
2016	ago	599	2018	ago	2884
2016	sep	1810	2018	sep	4516
2016	oct	2363	2018	oct	2715
2016	nov	645	2018	nov	2255
2016	dic	1443	2018	dic	1935

En el cuadro vemos 3.11 vemos el histórico desde el 2015 hasta el 2018 de ventas del primer sku.

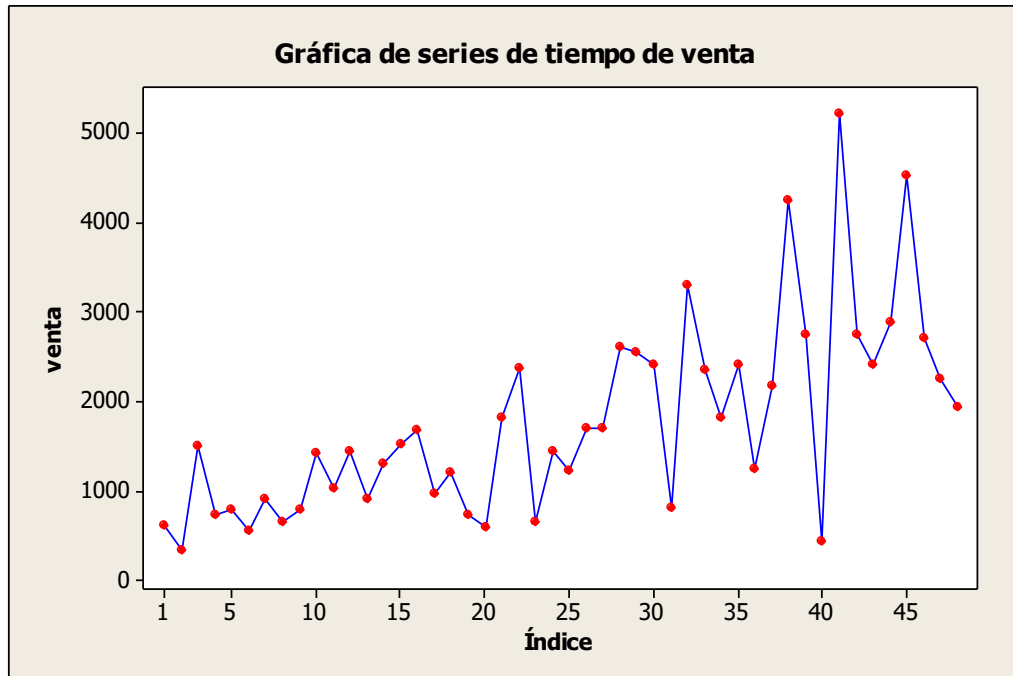


Figura 2.2: Serie de Tiempo SKU 1
 Fuente: Elaborado por los autores

La serie de tiempo mostrada en la Figura 3.2 muestra un crecimiento de ventas en el último año, se podría decir que muestra una pendiente positiva.

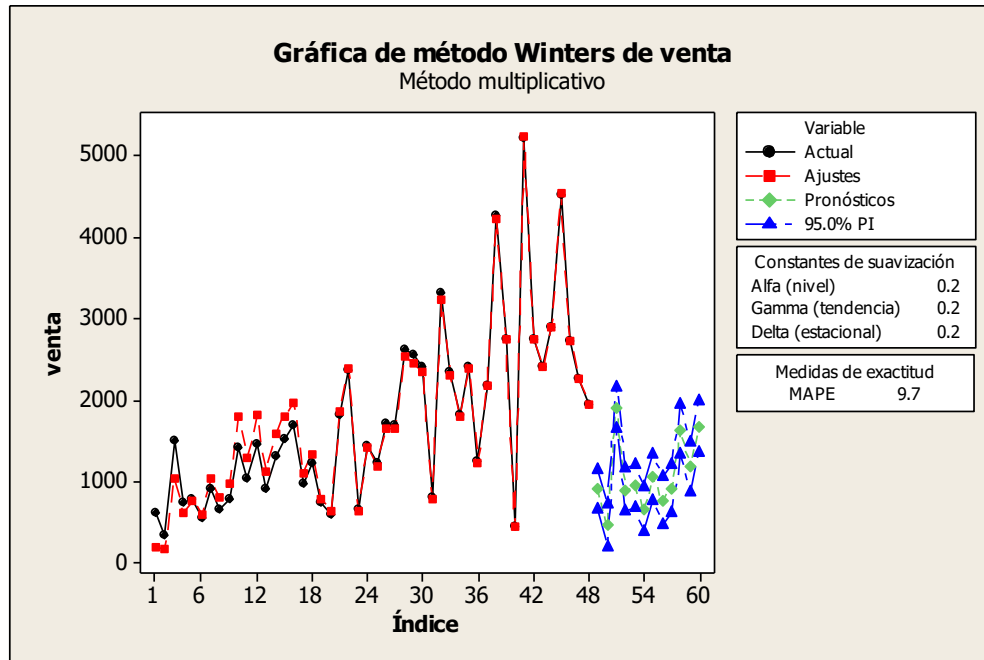


Figura 2.3: Pronostico de SKU 1
Fuente: Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 9.7% de error por cada pronostico generado.

Tabla 2.12: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 1
Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
49	897.18	644.73	1149.63
50	454.43	198.02	710.83
51	1898.4	1637.58	2159.21
52	894.67	629.01	1160.32
53	939.73	668.82	1210.63
54	653.43	376.89	929.98
55	1047.5	764.96	1330.04
56	761.84	472.95	1050.72
57	902.12	606.58	1197.66
58	1629.21	1326.72	1931.71
59	1175.55	865.82	1485.28
60	1664.71	1347.49	1981.93

Tabla 2.13: Histórico de Ventas Sku 2

Fuente: Elaborado por los autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2017	ene	200	2018	ene	1268
2017	feb	60	2018	feb	800
2017	mar	304	2018	mar	1620
2017	abr	695	2018	abr	1376
2017	may	1389	2018	may	1158
2017	jun	768	2018	jun	623
2017	jul	1403	2018	jul	1442
2017	ago	1163	2018	ago	1556
2017	sep	990	2018	sep	1541
2017	oct	210	2018	oct	997
2017	nov	885	2018	nov	1540
2017	dic	2238	2018	dic	659

La Tabla 3.13 muestra el histórico de ventas del segundo sku desde el 2017 al 2018.

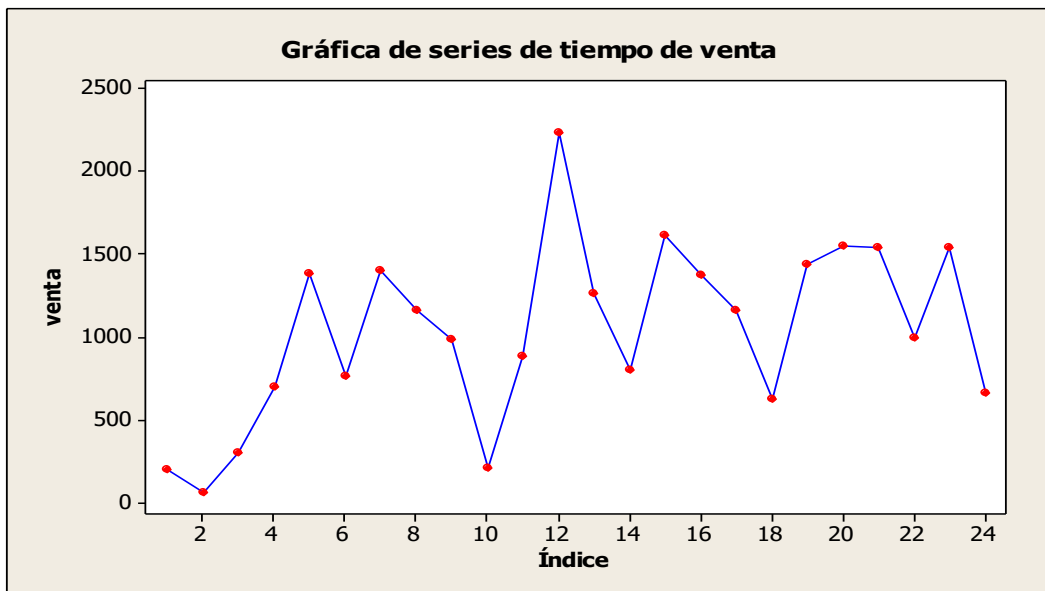


Figura 2.4: Serie de Tiempo SKU 2

Fuente: Elaborado por los autores

La figura 3.4 muestra la serie de tiempo del histórico de los datos de ventas, como inicialmente se concluyó no existe estacionalidad de datos.

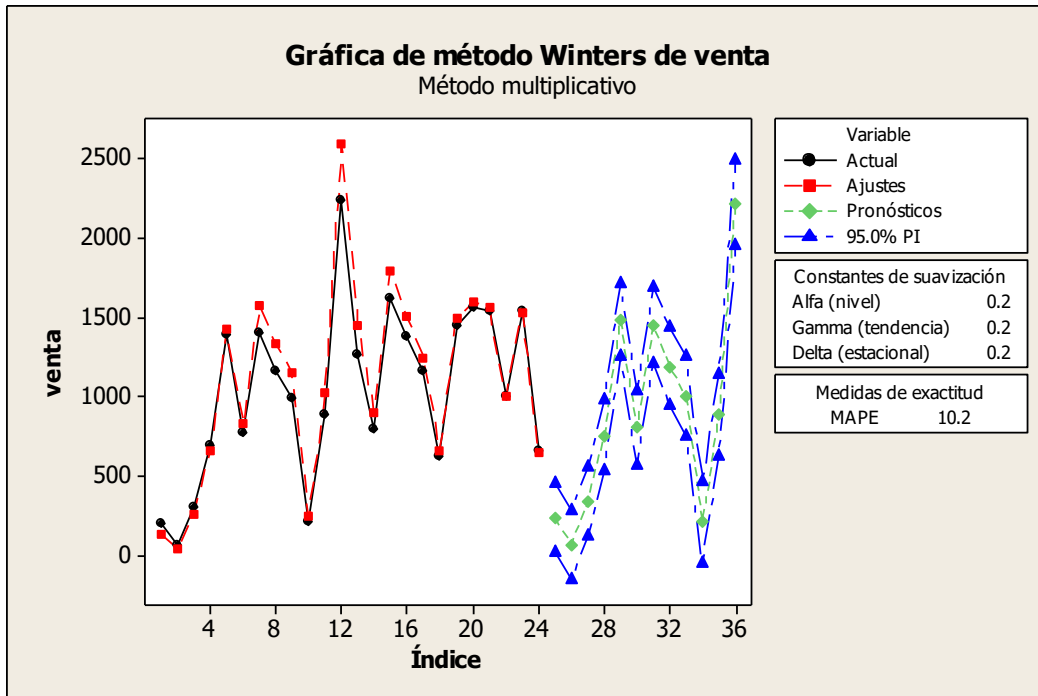


Figura 2.5: Pronostico de SKU 2
 Figura: Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 10.2% de error por cada pronostico generado.

Tabla 2.14: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 2
 Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
25	236.8	24.38	449.23
26	68.44	-147.31	284.2
27	336.87	117.41	556.34
28	752.54	529.01	976.08
29	1475.97	1248.02	1703.93
30	803.5	570.8	1036.2
31	1448.88	1211.13	1686.63
32	1187.88	944.79	1430.96
33	1001.7	753.01	1250.39
34	210.76	-43.78	465.3
35	881.92	621.29	1142.54
36	2216.22	1949.29	2483.14

La Tabla 3.14 muestra el pronóstico de ventas del 2019 del sku 2

Tabla 2.15: Histórico de Ventas Sku 3
 Fuente: Elaborado por los autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2015	ene	22	2017	ene	911
2015	feb	175	2017	feb	260
2015	mar	455	2017	mar	463
2015	abr	237	2017	abr	996
2015	may	43	2017	may	332
2015	jun	90	2017	jun	107
2015	jul	278	2017	jul	534
2015	ago	177	2017	ago	1332
2015	sep	636	2017	sep	502
2015	oct	469	2017	oct	648
2015	nov	570	2017	nov	1164
2015	dic	346	2017	dic	507
2016	ene	349	2018	ene	1887
2016	feb	736	2018	feb	1053
2016	mar	609	2018	mar	1453
2016	abr	172	2018	abr	376
2016	may	174	2018	may	522
2016	jun	488	2018	jun	273
2016	jul	626	2018	jul	1066
2016	ago	1452	2018	ago	1003
2016	sep	376	2018	sep	783
2016	oct	1085	2018	oct	931
2016	nov	372	2018	nov	1155
2016	dic	792	2018	dic	339

En el cuadro vemos 3.15 vemos el histórico desde el 2015 hasta el 2018 de ventas del tercer sku.

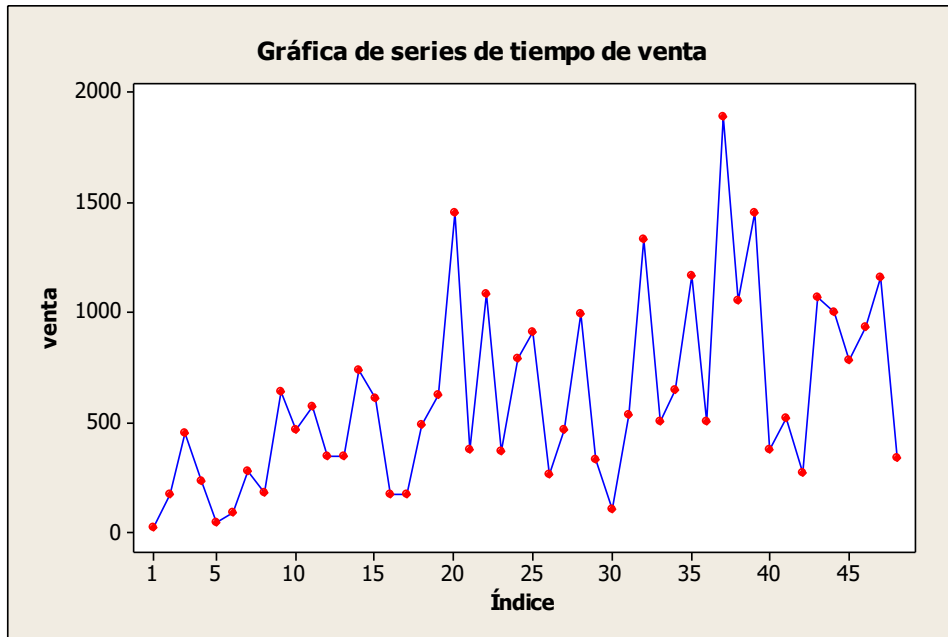


Figura 2.6: Serie de Tiempo SKU 3
Fuente: Elaborado por los autores

La figura 3.6 muestra la serie de tiempo del histórico de los datos de ventas.

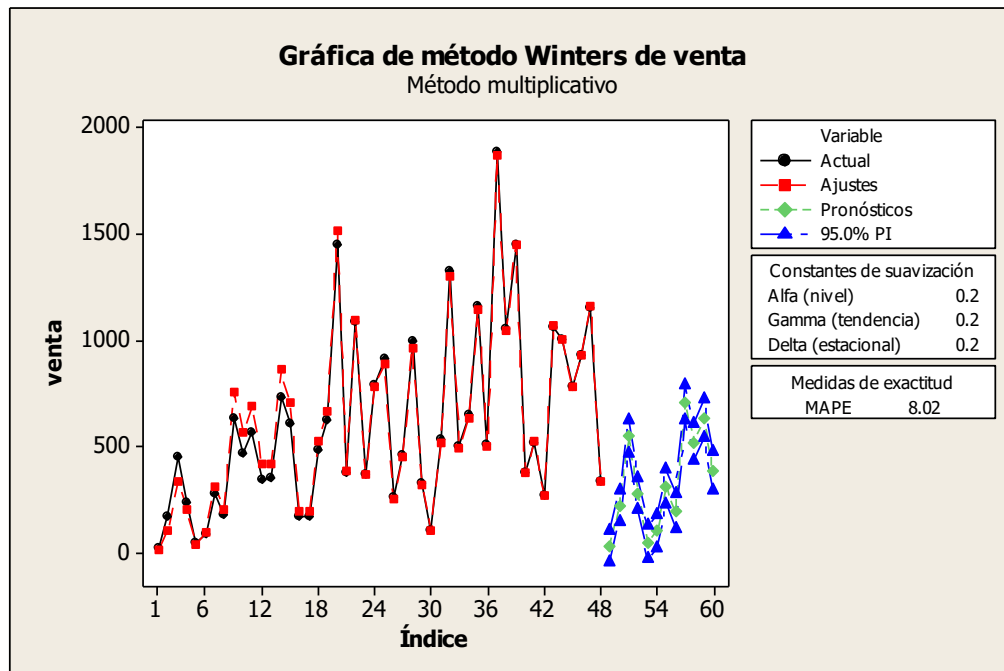


Figura 2.7: Pronostico de SKU 3
Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 8.2% de error por cada pronostico generado

Tabla 2.16: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 3
Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
49	29.163	-43.888	102.214
50	218.739	144.543	292.934
51	547.13	471.658	622.601
52	277.534	200.661	354.407
53	49.43	-28.962	127.823
54	102.122	22.098	182.145
55	312.611	230.851	394.371
56	197.841	114.247	281.435
57	708.246	622.725	793.766
58	521.279	433.745	608.812
59	633.239	543.613	722.865
60	384.647	292.853	476.44

La tabla 3.16 muestra los valores pronosticados para el año 2019 para el tercer sku.

Tabla 2.17: Histórico de Ventas Sku 4
Fuente: Elaborado por los autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2017	ene	787	2018	ene	1629
2017	feb	715	2018	feb	774
2017	mar	697	2018	mar	784
2017	abr	877	2018	abr	1033
2017	may	1048	2018	may	785
2017	jun	1182	2018	jun	1167
2017	jul	324	2018	jul	1062
2017	ago	689	2018	ago	1277
2017	sep	378	2018	sep	957
2017	oct	730	2018	oct	1279
2017	nov	605	2018	nov	1153
2017	dic	603	2018	dic	764

La Tabla 3.17 muestra el histórico de ventas del segundo sku desde el 2017 al 2018.

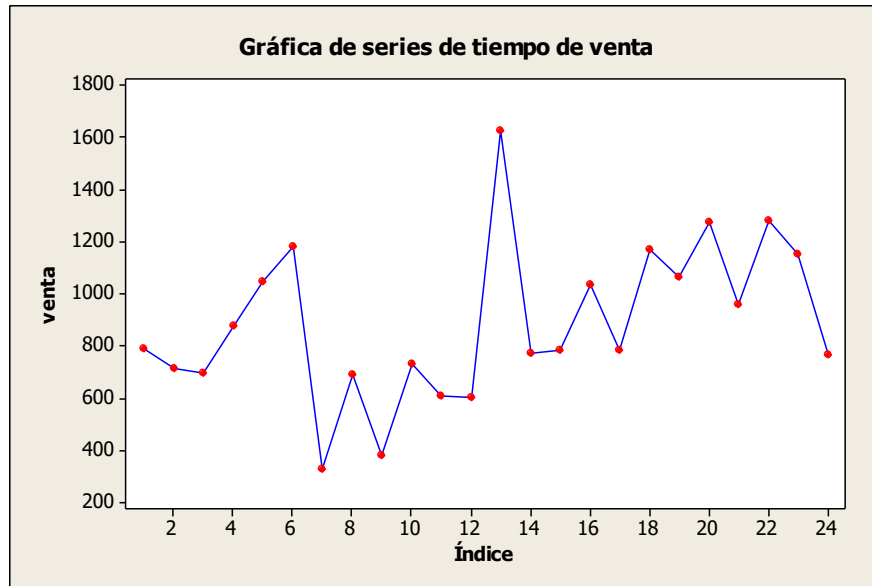


Figura 2.8: Serie de Tiempo SKU 4
 Figura: Elaborado por los autores

La figura 3.8 muestra la serie de tiempo del histórico de los datos de ventas.

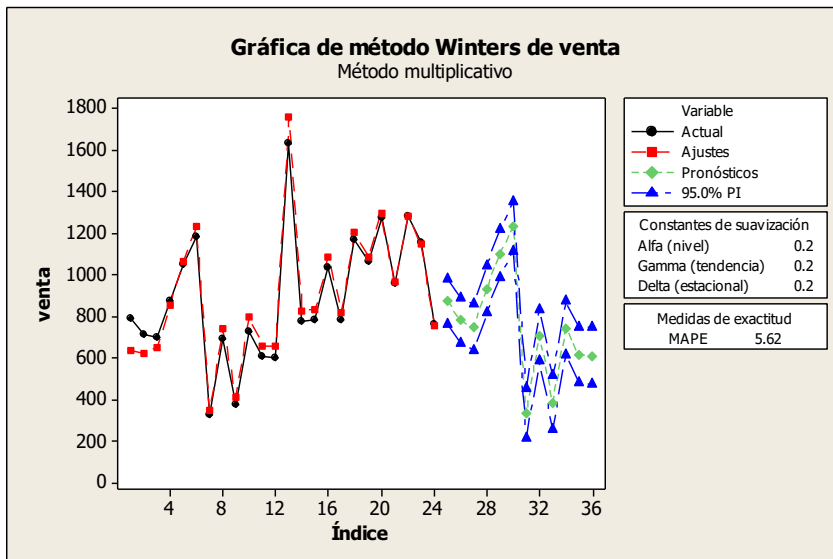


Figura 2.9: Pronostico de SKU 4
 Fuente: Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 5.62% de error por cada pronostico generado.

Tabla 2.18: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 4
Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
25	872.76	764.59	980.93
26	779.53	669.67	889.39
27	749.02	637.27	860.78
28	931.03	817.2	1044.85
29	1101.13	985.05	1217.21
30	1231.12	1112.63	1349.61
31	334.98	213.91	456.04
32	707.88	584.1	831.66
33	386.29	259.66	512.92
34	742.61	613	872.22
35	613.03	480.31	745.74
36	608.89	472.97	744.81

La Tabla 3.18 muestra los datos pronosticados para el 2019 del sku 4

Tabla 2.19: Histórico de Ventas Sku 5
Fuente: Elaborado por los autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2017	ene	1232	2018	ene	5535
2017	feb	1700	2018	feb	3356
2017	mar	1298	2018	mar	1984
2017	abr	2922	2018	abr	1793
2017	may	3322	2018	may	2995
2017	jun	1344	2018	jun	2640
2017	jul	698	2018	jul	2121
2017	ago	2219	2018	ago	4239
2017	sep	1979	2018	sep	1501
2017	oct	2292	2018	oct	3153
2017	nov	2262	2018	nov	2263
2017	dic	2984	2018	dic	2096

El Tabla 3.19 muestra el histórico de ventas del quinto sku a estudiar datos desde el 2017 al 2018.

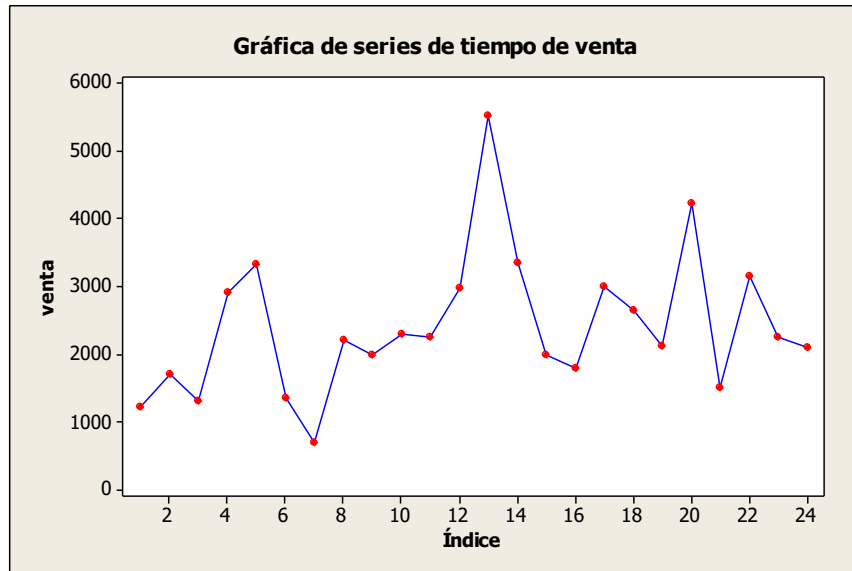


Figura 2.10: Serie de Tiempo SKU 5

Fuente: Elaborado por los autores

La figura 3.10 muestra el comportamiento del histórico de los datos del quinto SKU.

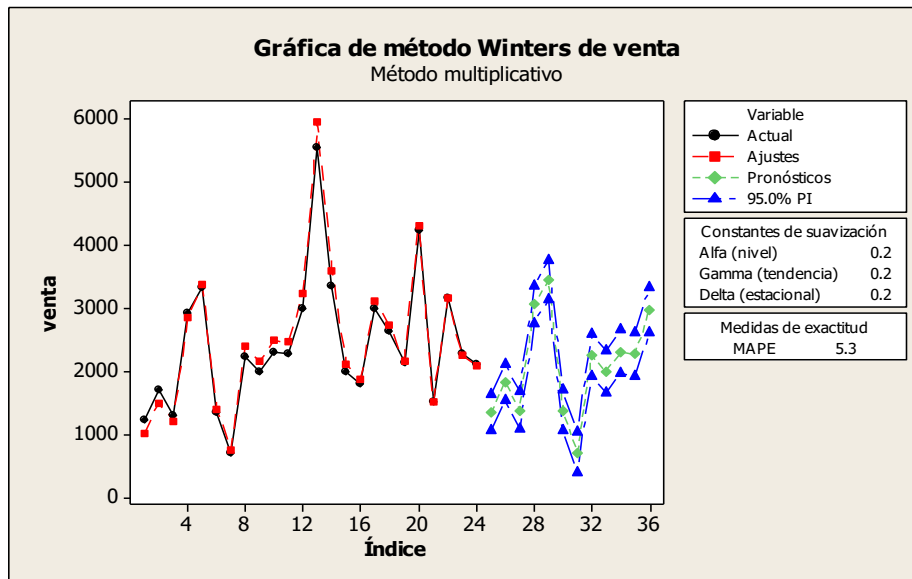


Figura 2.11: Pronostico de SKU 5

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 5.3% de error por cada pronóstico generado.

Tabla 2.20: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 5
Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
25	1339.41	1052.62	1626.2
26	1819.5	1528.22	2110.79
27	1370.81	1074.52	1667.11
28	3051.04	2749.24	3352.83
29	3435.38	3127.62	3743.14
30	1378.53	1064.36	1692.69
31	710.97	389.99	1031.95
32	2246.91	1918.73	2575.1
33	1993.83	1658.09	2329.58
34	2299.25	1955.6	2642.89
35	2260.72	1908.86	2612.58
36	2972.61	2612.24	3332.98

La tabla 3.20 nos muestra el pronóstico para el 2019 del quinto sku.

Tabla 2.21: Histórico de Ventas Sku 6
Fuente: Elaborado por los autores

AÑO	MES	VENTA	AÑO	MES	VENTA
2015	ene	829	2017	ene	725
2015	feb	986	2017	feb	804
2015	mar	1177	2017	mar	1063
2015	abr	873	2017	abr	1098
2015	may	1025	2017	may	474
2015	jun	722	2017	jun	1743
2015	jul	910	2017	jul	802
2015	ago	696	2017	ago	1238
2015	sep	1426	2017	sep	708
2015	oct	767	2017	oct	810
2015	nov	1011	2017	nov	736
2015	dic	881	2017	dic	508
2016	ene	807	2018	ene	2357
2016	feb	598	2018	feb	1015
2016	mar	872	2018	mar	1868
2016	abr	872	2018	abr	717
2016	may	621	2018	may	1005
2016	jun	737	2018	jun	1334
2016	jul	910	2018	jul	1105
2016	ago	1735	2018	ago	1221
2016	sep	627	2018	sep	863
2016	oct	556	2018	oct	1753
2016	nov	1010	2018	nov	1653
2016	dic	491	2018	dic	481

El Tabla 3.21 muestra el histórico de ventas del quinto sku a estudiar datos desde el 2015 al 2018.

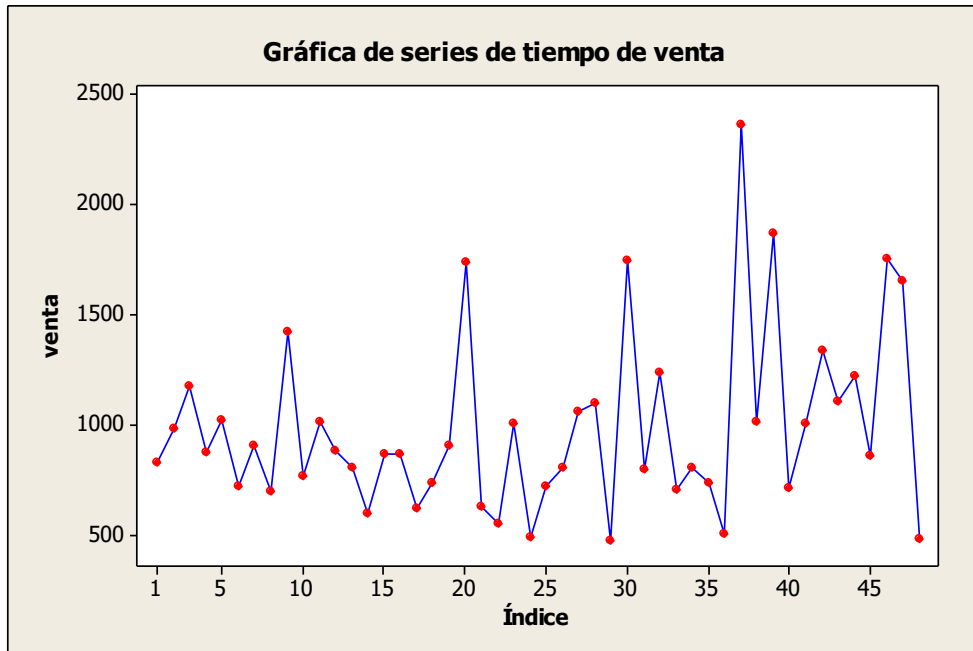


Figura 2.12: Serie de Tiempo SKU 6

Fuente: Elaborado por los autores

La figura 3.12 muestra el comportamiento del histórico de los datos del último SKU a estudiar.

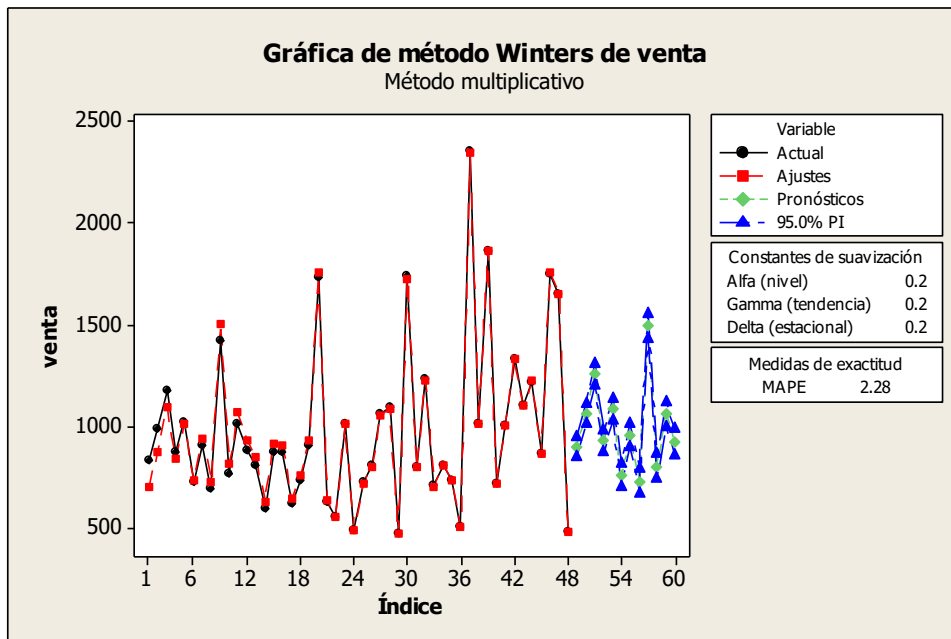


Figura 2.13: Pronostico de SKU 6

Fuente: Elaborado por los autores

Luego de analizar los modelos estadísticos se escogió el mejor resultado en base al error porcentual absoluto medio el cual fue un 2.28% de error por cada pronostico generado.

Tabla 2.22: Tabla de valores pronosticados para el 2019 Sku 6
Fuente: Elaborado por los autores

Período	Pronóstico	Inferior	Superior
49	899.91	849	950.83
50	1061.24	1009.53	1112.96
51	1257.75	1205.15	1310.35
52	927.4	873.82	980.98
53	1083.74	1029.1	1138.37
54	760.58	704.8	816.35
55	956	899.02	1012.98
56	729.78	671.52	788.04
57	1493.39	1433.78	1552.99
58	802.74	741.74	863.75
59	1057.97	995.51	1120.44
60	922.18	858.2	986.16

La tabla 3.22 muestra los datos pronosticados del último sku a estudiar.

2.5. Modelo EOQ con demanda estocástica

Una vez obtenidas las demandas anuales se procedió a ejecutar el EOQ por los 6 sku's que estudiamos, para ello hemos considerado un nivel de servicio del 90% y lead time de 3 meses.

Los datos arrojados por el modelo sirvieron para la planificación anual del 2019.

Tabla 2.23: Resultado del EOQ con demanda estocástica.
Fuente: Elaborado por los autores

CODIGO	Pro. Demanda	h	k	c	L	Q*	S	ROP	t*
SKU 1	1076.56417	\$ 2.00	3000	\$ 68.50	3	3112.73	103.68	3333.37	3.10
SKU 2	885.123333	\$ 1.29	3000	\$ 47.35	3	3069.24	124.56	2779.93	3.14
SKU 3	331.83175	\$ 2.00	3000	\$ 58.06	3	1728.15	74.87	1070.37	3.23
SKU 4	754.855833	\$ 1.05	3000	\$ 41.49	3	2973.65	79.94	2344.51	3.11
SKU 5	2073.24667	\$ 1.05	3000	\$ 35.00	3	4928.14	140.69	6360.43	3.07
SKU 6	996.056667	\$ 1.05	3000	\$ 51.60	3	3415.86	140.69	3128.86	3.14

La tabla 3.23 muestra los valores después de ejecutar el modelo EOQ bajo los parámetros iniciales ya calculados.

Tabla 2.24: Costo total de Inventario con el modelo EOQ

Fuente: Elaborado por los autores

CODIGO	COSTO EOQ
SKU 1	\$ 939,451.91
SKU 2	\$ 550,443.77
SKU 3	\$ 264,122.30
SKU 4	\$ 401,045.22
SKU 6	\$ 921,476.52
SKU 7	\$ 646,724.72

La tabla 3.24 muestra los valores totales anuales de inventario.

2.6. Aplicación de la heurística Silver Meal

La heurística ejecuta paca cada periodo pedir uno, dos o más periodos, deteniéndose al momento que el costo promedio del siguiente se incremente, estableciendo entonces hacer un pedido en el periodo para el cual el costo promedio haya sido menor. En las siguientes tablas mostramos la planificación de los 6 sku's en los cuales se aplicaron esta heurística.

Tabla 2.25: Silver Meal - planificación sku 1

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	455	0	895	0	654	0	762	0	0	1176	0
Reab.	1352		2793		1593		1809		902	2805		1665
Demanda	897	454	1898	895	940	653	1048	762	902	1629	1176	1665
Inv. Final	455	0	895	0	654	0	762	0	0	1176	0	1

Tabla 2.26: Silver Meal - planificación sku 2

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	Oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	405	337	0	2279	804	0	2400	1212	211	3098	2216
Reab.	642			3032			3849			3098		
Demanda	237	68	337	753	1476	804	1449	1188	1002	211	882	2216
Inv. Final	405	337	0	2279	804	0	2400	1212	211	3098	2216	0

Tabla 2.27: Silver Meal - planificación sku 3

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	1195	976	429	152	102	0	198	0	522	0	385
Reab.	1224						510		1230		1017	
Demanda	29	219	547	278	49	102	313	198	708	521	633	385
Inv. Final	1195	976	429	152	102	0	198	0	522	0	385	0

Tabla 2.28: Silver Meal - planificación sku 4

Fuente: Elaborado por autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	Jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	1529	749	0	2667	1566	335	0	1129	743	0	609
Reab.	2401			3598				1837			1222	
Demanda	873	780	749	931	1101	1231	335	708	386	743	613	609
Inv. Final	1529	749	0	2667	1566	335	0	1129	743	0	609	0

Tabla 2.29: Silver Meal - planificación sku 5

Fuente: Elaborado por autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	1820	0	0	5525	2090	711	0	1994	1	2261	1
Reab.	3159		1371	8576				4241		4560		2972
Demanda	1339	1820	1371	3051	3435	1379	711	2247	1994	2299	2261	2973
Inv. Final	1820	0	0	5525	2090	711	0	1994	1	2261	1	0

Tabla 2.30: Silver Meal - planificación sku 6

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	1061	0	927	0	761	0	730	0	803	0	922
Reab.	1961		2185		1844		1686		2296		1980	
Demanda	900	1061	1258	927	1084	761	956	730	1493	803	1058	922
Inv. Final	1061	0	927	0	761	0	730	0	803	0	922	0

Tabla 2.31: Costo total de Inventario con heurística Silver Meal
Fuente: Elaborado por autores

CODIGO	COSTO SILVER MEAL
SKU 1	\$ 913,857.39
SKU 2	\$ 531,678.50
SKU 3	\$ 251,111.14
SKU 4	\$ 397,620.91
SKU 5	\$ 903,887.63
SKU 6	\$ 640,223.06

La tabla 3.31 detalla los costos totales de inventario de los 6 sku's.

2.7. EOQ de lotes de forma agregada

Este último algoritmo empleado evalúa las frecuencias de pedido anual, continuando con el estudio de los 6 sku's empleamos EOQ con lotes de forma agregada.

Tabla 2.32: EOQ de lote de forma agregada
Fuente: Elaborado por los autores

CODIGO	Demanda	h	k	c	L	s	Paso 1	Paso 2	Paso 3	n
SKU 1	12918.77	2.92%	3000	\$ 68.50	3	5000	1.27076601	2.0751522	0.61574489	1
SKU 2	10621.48	2.73%	3000	\$ 47.35	3	5000	0.92622285	1.51251558	0.84479418	1
SKU 3	3981.981	3.44%	3000	\$ 58.06	3	5000	0.70551231	1.15209678	1.10907727	2
SKU 4	9058.27	2.53%	3000	\$ 41.49	3	5000	0.77100517	1.25904617	1.01486696	2
SKU 5	24878.96	3.00%	3000	\$ 35.00	3	5000	1.27776436		1	1
SKU 6	11952.68	2.03%	3000	\$ 51.60	3	5000	0.88566056	1.44627764	0.88348483	1

La tabla 3.32 muestra los pasos del algoritmo empleados en los sku estudiados.

Tabla 2.33: Frecuencia y cantidad optima

Fuente: Elaborado por los autores

CODIGO	fq	Q*
SKU 1	1.68216582	7679.84338
SKU 2	1.68216582	6314.16945
SKU 3	0.84108291	4734.35016
SKU 4	0.84108291	10769.7706
SKU 5	1.68216582	14789.8381
SKU 6	1.68216582	7105.5302

La tabla 3.33 muestra la frecuencia anual (fq) y cantidad optima a comprar, como último punto y usando los datos calculados se ejecutó la planificación anual de los sku's estudiados.

Tabla 2.34: EOQ con lotes agregados - sku 1

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	6783	6328	4430	3535	2595	1942	895	133	4469	2840	1665
Reab.	7680								5239			
Demanda	897	454	1898	895	940	653	1048	762	902	1629	1176	1665
Inv. Final	6783	6328	4430	3535	2595	1942	895	133	4469	2840	1665	0

Tabla 2.35: EOQ con lotes agregados - sku 2

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	6077	6009	5672	4920	3444	2640	1191	3	3309	3098	2216
Reab.	6314								4307			
Demanda	237	68	337	753	1476	804	1449	1188	1002	211	882	2216
Inv. Final	6077	6009	5672	4920	3444	2640	1191	3	3309	3098	2216	0

Tabla 2.36: EOQ con lotes agregados - sku 3

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	3953	3734	3187	2909	2860	2758	2445	2247	1539	1018	385
Reab.	3982											
Demanda	29	219	547	278	49	102	313	198	708	521	633	385
Inv. Final	3953	3734	3187	2909	2860	2758	2445	2247	1539	1018	385	0

Tabla 2.37: EOQ con lotes agregados - sku 4
Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	8186	7406	6657	5726	4625	3394	3059	2351	1965	1222	609
Reab.	9058											
Demanda	873	780	749	931	1101	1231	335	708	386	743	613	609
Inv. Final	8186	7406	6657	5726	4625	3394	3059	2351	1965	1222	609	0

Tabla 2.38: EOQ con lotes agregados - sku 5
Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	23540	21720	20349	17298	13863	12484	11773	9526	7533	5233	2973
Reab.	24879											
Demanda	1339	1820	1371	3051	3435	1379	711	2247	1994	2299	2261	2973
Inv. Final	23540	21720	20349	17298	13863	12484	11773	9526	7533	5233	2973	0

Tabla 2.39: EOQ con lotes agregados - sku 6
Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	0	6206	5144	3887	2959	1875	1115	159	4276	2783	1980	922
Reab.	7106							4847				
Demanda	900	1061	1258	927	1084	761	956	730	1493	803	1058	922
Inv. Final	6206	5144	3887	2959	1875	1115	159	4276	2783	1980	922	0

Tabla 2.40: Costo total de inventario con EOQ con lotes agregados
Fuente: Elaborado por los autores

CODIGO	EOQ AGREGADO
SKU 1	\$ 891,975.60
SKU 2	\$ 509,980.01
SKU 3	\$ 235,125.11
SKU 4	\$ 379,971.45
SKU 5	\$ 878,152.37
SKU 6	\$ 623,395.34

2.8. Comparativo de costos

Como último punto hemos analizado el comportamiento de pedido y venta del Sku 1 del año 2018, se enfocó el análisis en cómo se pidió y su flujo de venta frente a los tres modelos ya estudiados:

Tabla 2.41: Planificación real – 2018

Fuente: Elaborado por los autores

Costo Anual 2018 – SKU 1				
	Real	Eoq	Silver Meal	Eoq agregado
Costo de pedir	\$ 11,226,356.00	\$ 10,466,179.59	\$ 8,527,637.50	\$ 9,143,795.00
Costo de inventario	\$ 292,714.00	\$ 265,979.77	\$ 209,380.00	\$ 227,370.00
Costo Total	\$ 11,519,070.00	\$ 10,732,159.36	\$ 8,737,017.50	\$ 9,371,165.00

El mejor ahorro que se pudo obtener frente al comportamiento real fue de 24% con la heurística Silver Meal,

Tabla 2.42: Planificación real – 2018

Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	19801	17618	16725	14395	13958	13149	18136	16575	13691	9175	6460	4205
Reab.		3360	420		4410	7728	840					
Demanda	2183	4253	2750	437	5219	2741	2401	2884	4516	2715	2255	1935
Inv. Final	17618	16725	14395	13958	13149	18136	16575	13691	9175	6460	4205	2270

En la tabla 3.42 se muestra la tabla de reabastecimiento real de la compañía en el 2018, realiza 5 reabastecimiento en todo el año, con la particularidad que tiene frecuencias internas a nivel mensual, es decir, en el mes de febrero recibe 4 importaciones, marzo 1 importación, mayo 2

importaciones, junio 6 importación y finalmente en julio 1 recepción. Para fines prácticos se consolidó de manera mensual el total de unidades reabastecidas.

Tabla 2.43: Planificación con Heurística Silver Meal
Fuente: Elaborado por los autores

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Inv. Inicial	19801	20685	16432	13682	13245	8026	5285	2884	11421	6905	4190	1935
Reab.	3067							11421				
Demanda	2183	4253	2750	437	5219	2741	2401	2884	4516	2715	2255	1935
Inv. Final	20685	16432	13682	13245	8026	5285	2884	11421	6905	4190	1935	0

La tabla 3.43 muestra la planificación anual, el cual solo tiene dos reabastecimientos en todo el año tiene un ahorro anual de 2.7M en tan solo un Sku.

3. CAPÍTULO 4

3.1. Conclusiones

La categorización ABC permitió determinar que el 11% de los productos son los más representativos en base a las unidades vendidas.

Las características que poseen las demandas de cada producto es un punto crítico al gestionar las políticas de inventario debido a que por su variabilidad se debió utilizar un modelo probabilístico, produciendo de esta manera inseguridad en las ventas futuras.

Con la utilización de un modelo EOQ, se pudo constatar que hay ahorros de un 5% anual de los costos totales reales.

Se evidenció que los costos totales reales se pueden reducir significativamente al aplicar una heurística para modelos de inventario la cual se basa en equilibrar los costos de almacenamiento y de realizar el pedido.

Al aplicar un modelo de inventario con productos agregados permitió tener un mayor ahorro que los dos modelos anteriores aplicados.

El análisis y comparativo de costos totales reales vs los costos totales propuesto, en donde la heurística Silver Meal presentaba mayor ahorro el cual representaba de un 15% a un 25% en costos totales.

3.2. Recomendaciones

Establecer un plan que realice un proceso de control acerca de cada uno de los productos incluyendo los que se encuentran en los grupos B y C según la clasificación que se realizó en este proyecto.

Se recomienda enfocar el análisis con los modelos planteados en al menos su top 10 de códigos de categoría A, ya que como se ha demostrado, puede tener ahorros significativos para la empresa y tener una calendarización de reabastecimiento eliminaría sus tiempos de acondicionamiento de mercadería.

Como complemento al desarrollo final, se debe pensar en un complemento que permita pronosticar la demanda de una manera más ágil y pensando en la facilidad del usuario.

Debido a la variabilidad de la demanda se deben realizar reajuste cada 3 o 6 meses de los cálculos pronosticados esto brindara una mayor confiabilidad al momento de tomar decisiones de reabastecimiento.

Bibliografía

Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson.

Daniel, R. (2018). *Tamaño de Pedido: Demanda Variable en el tiempo*. Colombia: UAC.

Holguín, V. (2005). *Fundamentos de Gestión de Inventarios*. Santiago de Cali: Artes Gráficas de la Facultad de Ingeniería - Universidad del Valle.