



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

OPTIMIZACIÓN DEL INVENTARIO DE VEHÍCULOS EN UNA EMPRESA  
AUTOMOTRIZ, MEDIANTE EL PRONÓSTICO Y ORGANIZACIÓN DEL  
SISTEMA.

AUTOR

JONATHAN ALEJANDRO ROMERO ALDAZ

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

OPTIMIZACIÓN DEL INVENTARIO DE VEHÍCULOS EN UNA EMPRESA  
AUTOMOTRIZ, MEDIANTE EL PRONÓSTICO Y ORGANIZACIÓN DEL  
SISTEMA.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Producción Industrial

Profesor Guía

MSc. Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Autor:

Jonathan Alejandro Romero Aldaz

Año

2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Optimización del inventario de vehículos en una empresa automotriz, mediante el pronóstico y organización del sistema, a través de reuniones periódicas con el estudiante Jonathan Alejandro Romero Aldaz, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"



---

Aníbal Andrés Cevallos Jaramillo

Master en Ingeniería Industrial

CC: 1705310280

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Optimización del inventario de vehículos en una empresa automotriz, mediante el pronóstico y organización del sistema, del estudiante Jonathan Alejandro Romero Aldaz, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación"



---

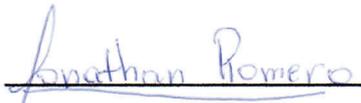
Roque Alejandro Morán Gortaire

Máster Of Science

CC: 1704903317

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

"Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes."

A handwritten signature in blue ink that reads "Jonathan Romero". The signature is written in a cursive style and is underlined.

Jonathan Alejandro Romero Aldaz

CC: 1724347156

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres,  
hermanos y toda mi familia  
por su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

A Myrian, por ser una madre ejemplar y fomentar valores éticos y morales.

A mi hermano Jhober, por su sabiduría, perseverancia, valentía y gran corazón.

Douglas, y mi Madre Dolorosa.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de titulación es una propuesta de mejora en el área de logística de una empresa distribuidora de vehículos, con el objetivo de disminuir los costos que se obtienen del inventario e incrementar los ingresos por medio de la optimización de los procesos.

Se inicia presentando el desempeño del mercado automotriz durante los tres últimos años, junto con la descripción de la empresa y el detalle de todos los productos que cuentan en su inventario. De igual manera, se identifica la problemática por medio del árbol de definición del problema, se encuentran las razones en el diagrama de espina de pescado, y finalmente, se llega a encontrar la causa raíz del problema.

A través del modelo de referencia SCOR se modela la situación actual del sistema, la interacción entre las partes interesadas, al igual que se determina los indicadores, los que se van a analizar y en base a ello se propone el modelo de gestión que promueva eficiencia en los procesos.

Comenzando la propuesta de mejora con herramientas de predicción de la demanda a través de modelos matemáticos, se lleva una comparación para determinar el modelo que se ajuste más a la realidad. Con los datos obtenidos, se realiza un plan maestro de producción en donde se registran el flujo de vehículos a través de modelos de gestión de inventarios.

Finalmente, se desarrolla un análisis económico de la propuesta de mejora que evidencie los beneficios obtenidos si se lleva un cambio en la gestión de inventarios y un seguimiento de los indicadores brindados por el modelo.

## **ABSTRACT**

The following degree work is a proposal for improvement in the logistics area of a vehicle distribution company, with the aim of reducing costs from inventory and increasing income by optimizing processes.

It begins by presenting the performance of the automotive market during the last three years, along with the description of the company and their products that are on the inventory. Likewise, the problem is identified through the problem definition tree, the reasons are found in the fishbone diagram, and finally, the root cause of the problem is found.

Through the supply chain operations reference SCOR, the current situation of the system is explained, the interaction between stakeholders are modeled, as well as the indicators that are to be analyzed, and based on this, a new management model is proposed so that promotes efficiency in the system.

Starting the improvement proposal with forecast tools through mathematical models, a comparison is carried out to determine which model fits the reality. With the data obtained, a master production plan is carried out where the flow of vehicles is recorded through inventory management models.

Finally, an economic analysis of the improvement proposal is developed, showing the benefits obtained if there is a change in inventory management and a follow-up of the indicators provided by the reference model.

# ÍNDICE

1. Introducción .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.1.1. Mercado.....	1
1.1.2. Empresa .....	3
1.1.3. Cartera de productos .....	4
1.2. Alcance .....	5
1.3. Justificación .....	6
1.4. Objetivo General.....	6
1.5. Objetivos Específicos .....	6
2. Marco Teórico.....	7
2.1. Inventarios.....	7
2.2. Gestión de inventarios.....	8
2.2.1. Tipos de inventarios.....	8
2.2.1.1 Ubicación dentro de la cadena de suministros .....	8
2.2.1.2. Papel dentro de la empresa .....	10
2.2.2. Diagrama de Pareto.....	10
2.2.3. Inventarios ABC.....	10
2.3. Costos de inventarios .....	11
2.3.1. Costo de ordenar.....	11
2.3.2. Costo de preparación .....	12

2.3.3.	Servicio al cliente.....	12
2.3.3.1.	Faltante .....	12
2.3.3.2.	Orden atrasada (Back order).....	13
2.3.4.	Costo de mantenimiento.....	13
2.4.	Gestión de compras.....	13
2.4.1.	Planificación de la demanda.....	14
2.4.1.1.	Método Holt.....	14
2.4.1.2.	Método Winters .....	15
2.4.1.3.	Modelo regresión múltiple .....	17
2.4.1.4.	Error del pronóstico .....	18
2.4.2.	Sistemas de reabastecimiento.....	19
2.4.2.1.	Modelo del lote optimo económico .....	19
2.4.2.2.	Sistema de revisión continua.....	20
2.4.2.3.	Sistemas de revisión periódica.....	23
2.5.	Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP).....	24
2.6.	Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro .....	25
3.	Situación Actual.....	28
3.1.	Análisis del mercado y demanda.....	28
3.2.	Análisis del inventario.....	32
3.3.	Análisis ABC .....	33
3.4.	Identificación del problema.....	35
3.4.1.	Árbol de definición del problema.....	36

3.4.1.1.	¿Qué es un problema?.....	36
3.4.1.2.	¿Por qué es un problema?.....	37
3.4.1.3.	¿Dónde es un problema?.....	38
3.4.1.4.	¿Cuándo es un problema?.....	38
3.4.1.5.	¿Cómo es un problema?.....	38
3.4.1.6.	Definición del problema.....	39
3.4.2.	Causa raíz del problema.....	39
3.4.2.1.	Diagrama causa-efecto.....	39
3.4.2.2.	Cinco porqués.....	41
4.	Metodología.....	42
4.1.	Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro SCOR.....	42
4.2.	Predicción de la demanda de los ítems A.....	47
4.3.	Indicadores.....	64
4.3.1.	Rotación de inventario.....	65
4.3.2.	Meses de inventario.....	66
5:	Propuesta de mejora.....	68
5.1.	Modelo de referencia de operaciones 'To-Be'.....	68
5.2.	Propuesta de gestión por el lote óptimo de pedido EOQ.....	70
5.3.	Propuesta de gestión de inventarios con el sistema de revisión continúa.....	75
5.3.1.	Inventario de Seguridad y Punto de Reorden.....	76
5.4.	Plan Agregado de la Producción MRP I.....	85

5.4.1. MRP utilizando el modelo de lote óptimo de pedido EOQ .....	86
5.4.2. MRP utilizando el sistema de revisión continúa.....	90
6. Análisis de resultados y de Mejora .....	95
7. Conclusiones Y Recomendaciones .....	108
7.1. Conclusiones .....	108
7.2. Recomendaciones.....	110
Referencias .....	112
ANEXOS .....	114

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

#### 1.1.1. Mercado

El sector automotriz ejerce un papel importante en el desarrollo socioeconómico del país, aportando con 68 mil puestos de trabajo y alrededor de 1.633 millones de dólares en tributos en el 2018. También tiene influencia dentro de varios sectores claves de la economía, como industrias de acero, aluminio, plástico, caucho, textiles, entre otros.

Durante el periodo 2015-2017, el mercado automotriz sufrió una represión en sus ventas debido a las salvaguardias y cupos de importación impuestas por el Gobierno. En el 2018, al suprimir las medidas, produjo que varias empresas ampliaran su cartera de productos con unidades de origen chino, colombiano, europeo y mexicano; lo que representó que cerraran con 137.615 ventas, 32 538 unidades más que el año anterior. El 2019 representó un año de varios sucesos en donde el porcentaje de riesgo país incrementó y durante el mes de octubre se produjo el paro nacional; a pesar de ello, el sector automotriz cerró con 132.208 unidades vendidas, 5.407 unidades menos que el año 2018. (Aeade, 2020)



Figura 1. Mercado automotriz. Tomado de Aeade, 2020, p.4

El 2020 inició con un parque automotor de 2'259'104 unidades de vehículos livianos representado por automóviles con el 49%, SUV 24% y finalmente las camionetas 27%. Por el otro lado los vehículos comerciales se acumularon a 333.328 unidades en donde los camiones son la mayoría con 71%, Vans 17% y buses 12%.

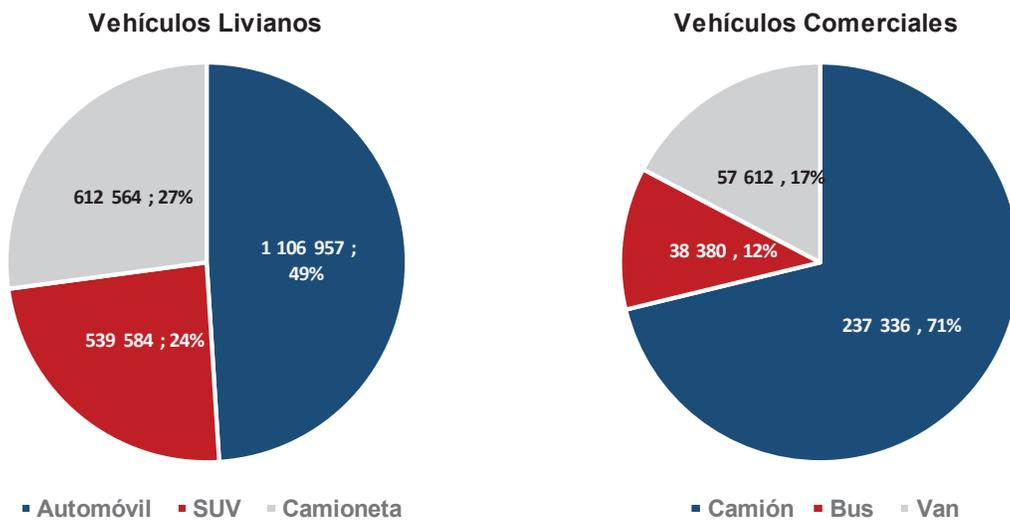


Figura 2. Patio automotriz en el Ecuador

### 1.1.2. Empresa

En el país existen 4 empresas ensambladoras de automotores, 1271 empresas de venta de vehículos nuevos y usados. Dentro de este grupo se encuentra la empresa distribuidora de vehículos con unidades de origen de Estados Unidos, Japón, México, Tailandia y China.

La distribuidora se encarga de la importación, distribución, comercialización, posventa y arrendamiento de vehículos, la matriz se encuentra en la provincia de Pichincha en la ciudad de Quito; de igual manera, cuenta con agencias en Guayaquil, Cuenca, Ambato, Manta, Cayambe, Ibarra, Santo Domingo y Machala.

La empresa lleva más de 42 años de experiencia y cuenta con más de 500 colaboradores. Se enfoca en brindar calidad a sus clientes, además posee una visión hacia la sostenibilidad ya que pone en marcha varias campañas basadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Con ayuda de sus colaboradores, proveedores y clientes generan un impacto positivo hacia el medio ambiente y la comunidad.

La distribuidora cuenta con varios sistemas, entre ellos tiene un ERP, que ayuda en la gestión de diferentes procesos como los pedidos, despachos, facturación, inventarios, contabilidad, entre otros. El sistema ofrece información acerca de las ventas realizadas y el inventario a mano; en cambio, no refleja ningún análisis de demanda o pedido óptimo.

El área de logística junto al comercial realizan los pedidos de producción de acuerdo a la demanda de meses anteriores y experiencia de los directores. Los vehículos poseen un tiempo aproximado de llegada al país dependiendo del origen; donde después son almacenados hasta que se realice la venta para ser liberado del depósito y entregado al cliente. Durante este proceso se presentan varios costos como el de mantenimiento de unidades y pedido de vehículos.

### 1.1.3. Cartera de productos

La empresa se caracteriza por una amplia cartera de productos que permite brindar a sus clientes un alto nivel de servicio. Las unidades en inventario poseen diferentes características que definen a los modelos como:

- Origen: Las fabricas se ubican en Estados Unidos, China, México, Japón y Tailandia
- Cilindraje: normalmente medido en centímetros cúbicos, es una expresión de volumen útil del motor con el que se puede analizar la potencia y torque del vehículo
- Numero de puertas
- Tracción: existen dos tipos; 4x2 cuando solo dos llantas ejercen tracción mientras que al ser 4x4 entran en funcionamiento las cuatro llantas
- Caja de transmisión: la transmisión mecánica y automática, la primera se debe realizar los cambios de marcha manualmente, mientras que la segunda no es necesario ya que en el vehículo viene incorporado el sistema automático.

Tabla 1

*Cartera de productos*

Artículo	Tipo	Origen	Transmisión	Cilindraje (L)	Número de Puertas (P)	Tracción	Descripción	Codificación	Rango PVP (\$)
1	Automóvil	TAILANDIA	TM	1.4	3	4X2	AUTOMOVIL 1.4 3P 4X2 TM	AUT1.4TAI1	20K-25K
2	Automóvil	CHINA	TM	1.5	4	4X2	AUTOMOVIL 1.5 4P 4X2 TM	AUT1.5CHI	0-15K
3	Automóvil	TAILANDIA	TM	1.5	4	4X2	AUTOMOVIL 1.5 4P 4X2 TM	AUT1.5TAI	20K-25K
4	Automóvil	JAPON	TM	2.0	4	4X2	AUTOMOVIL 2.0 4P 4X2 TM	AUT2.0JAP1	25K-30K
5	Automóvil	JAPON	TA	2.5	4	4X2	AUTOMOVIL 2.5 4P 4X2 TA	AUT2.5JAP	30K-40K
6	Automóvil	JAPON	TA	2.0	2	4X2	AUTOMOVIL 2.0 2P 4X2 TA	AUT2.0JAP2	70k-99k
7	Automóvil	TAILANDIA	TM	1.4	2	4X2	AUTOMOVIL 1.4 2P 4X2 TM	AUT1.4TAI2	15-20K
8	Automóvil	CHINA	TM	1.0	5	4X2	AUTOMOVIL 1.0 5P 4X2 TM	AUT1.0CHI	0-15K
9	Camioneta	TAILANDIA	TM	3.2	4	4X4	CAMIONETA 3.2 CD 4X4 TM	CAM3.2TAI	30K-40K
10	Camioneta	MEXICO	TA	3.6	4	4X4	CAMIONETA 3.6 CD 4X4 TA	CAM3.6MEX	70k-99k
11	Camioneta	CHINA	TM	2.4	4	4X2	CAMIONETA 2.4 CD 4X2 TM	CAM2.4CHI	15-20K
12	Mini Van	CHINA	TM	1.5	4	4X2	MINIVAN 1.5 4P 4X2 TM	MIN1.5CHI1	15-20K
13	Mini Van	CHINA	TM	1.5	4	4X2	MINIVAN 1.5 4P 4X2 TM	MIN1.5CHI2	15-20K
14	Mini Van	CHINA	TM	1.2	4	4X2	MINIVAN 1.2 5P 4X2 TM	MIN1.2CHI	15-20K
15	SUV	CHINA	TM	1.6	5	4X2	SUV 1,6 5P 4X2 TM	SUV1,6CHI	15-20K
16	SUV	CHINA	TA	2.0	5	4X2	SUV 2,0 5P 4X2 TA	SUV2,0CHI	20K-25K
17	SUV	USA	TA	2.4	5	4X2	SUV 2.4 5P 4X2 TA	SUV2.4USA1	40K-70K
18	SUV	USA	TA	2.4	5	4X4	SUV 2.4 5P 4X4 TA	SUV2.4USA2	30K-40K
19	SUV	JAPON	TA	2.0	5	4X2	SUV 2.0 5P 4X2 TA	SUV2.0JAP1	25K-30K
20	SUV	MEXICO	TA	2.0	5	4X2	SUV 2.0 5P 4X2 TA	SUV2.0MEX	25K-30K
21	SUV	JAPON	TA	2.0	5	4X2	SUV 2.0 5P 4X2 TA	SUV2.0JAP2	30K-40K
22	SUV	JAPON	TA	2.5	5	4X4	SUV 2.5 5P 4X4 TA	SUV2.5JAP	40K-70K
23	SUV	USA	TA	3.6	5	4X2	SUV 3.6 5P 4X2 TA	SUV3.6USA1	40K-70K
24	SUV	CHINA	TM	1.8	5	4X2	SUV 1.8 5P 4X2 TM	SUV1.8CHI	25K-30K
25	SUV	USA	TA	2.4	5	4X2	SUV 2.4 5P 4X2 TA	SUV2.4USA3	30K-40K
26	SUV	CHINA	TM	1.5	5	4X2	SUV 1.5 5P 4X2 TM	SUV1.5CHI1	15-20K
27	SUV	CHINA	TM	1.6	5	4X2	SUV 1.6 5P 4X2 TM	SUV1.6CHI	15-20K
28	SUV	CHINA	TM	1.5	5	4X2	SUV 1.5 5P 4X2 TM	SUV1.5CHI2	20K-25K
29	SUV	CHINA	TM	1.5	5	4X2	SUV 1.5 5P 4X2 TM	SUV1.5CHI3	20K-25K
30	SUV	CHINA	TM	1.5	5	4X2	SUV 1.5 5P 4X2 TM	SUV1.5CHI4	20K-25K
31	SUV	CHINA	TA	2.0	5	4X2	SUV 2.0 5P 4X2 TA	SUV2.0CHI	25K-30K
32	SUV	USA	TA	3.6	3	4X4	SUV 3.6 3P 4X4 TA	SUV3.6USA2	70k-99k
33	SUV	TAILANDIA	TA	1.4	5	4X2	SUV 1.4 5P 4X2 TA	SUV1.4TAI	25K-30K

**1.2. Alcance**

El presente trabajo de investigación sugiere un modelo de gestión de inventarios por medio de la organización del proceso de abastecimiento de los productos de la distribuidora automotriz, que representan mayor valor del capital de trabajo para obtener una mejor rotación de las unidades almacenadas y menor inversión dentro de las bodegas a través de modelos matemáticos de predicción de la demanda, modelos de aprovisionamiento y sistemas de control de inventarios.

### **1.3. Justificación**

En la industria automotriz se maneja una suma elevada de dinero, siendo los inventarios el principal factor influyente en la toma de decisiones de la alta dirección. Se enfoca en mantener un nivel óptimo de recursos, para ello se decide que es lo que se va a mantener, que se va a remover o lo que más se necesitará. Por lo cual se puede atribuir la necesidad de tener un inventario ajustado a la situación real que atraviesa la empresa, con la data verídica y al alcance de todas las partes interesadas dentro del flujo de información.

El objetivo primordial del ingeniero industrial es optimizar los procesos y reducir costos, en los inventarios se encuentra una gran cantidad de inversión, si esta es utilizada de manera correcta y existe un movimiento de acuerdo al mercado se tiene una alta rentabilidad. Por ello, la clave se encuentra en realizar un estudio del inventario que nos permita sugerir métodos mediante las herramientas aprendidas con el fin de reducir costos de compras y aumentar la precisión de los pronósticos llevando a tener el menor porcentaje de estadía de productos en bodegas y su rápido movimiento finalizando con las ventas al cliente.

### **1.4. Objetivo General**

Optimizar la gestión del inventario mediante el pronóstico de la demanda y control de compras

### **1.5. Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual del inventario.
- Realizar el ajuste de inventarios de vehículos en el sistema de acuerdo a la planificación y compra.
- Desarrollar las propuestas de mejora basados en el pronóstico.
- Optimizar los procesos que se realizan en la gestión de compras.
- Analizar la relación costo – beneficio de la propuesta de mejora.

## **2. Marco Teórico**

La logística es la encargada de gestionar la cadena de abastecimiento, dando inicio desde la compra de la materia prima hasta que el producto se transforma y llega al cliente final. Se incluyen flujos importantes dentro de esta cadena; el de información, al tomar en cuenta la trazabilidad de los productos y la comunicación entre las áreas de la empresa; los materiales, representado por inventarios o “*stock’s*”; y el capital de trabajo, en donde se incluyen los costos. En la cadena se encuentran los proveedores, el aprovisionamiento, la producción o el servicio brindado por la compañía, la distribución y los clientes tanto internos como externos. Su objetivo es tener la cantidad exacta para el cliente correcto en el tiempo preciso y el lugar adecuado (Mora, 2016, pp. 9-10).

### **2.1. Inventarios**

Son todos los materiales que se encuentran almacenados los cuales son útiles en producción de bienes y servicios o para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente (Krajewski, Malhotra, & Ritzman, 2013, p. 309).

## 2.2. Gestión de inventarios

El objetivo de gestionar los inventarios es lograr un balance entre las unidades en mano y los requerimientos; siempre manteniendo una visión hacia la minimización de costos que vienen de varias aristas. Enfocado en mantener un flujo adecuado de bienes con el menor gasto durante toda la cadena, para ello es necesario tener un buen sistema de predicción de la demanda para no incurrir en unidades faltantes o sobrantes, debido a que se tiene datos concretos con lo que permite dar soporte a la toma de decisiones.

### 2.2.1. Tipos de inventarios

Si se procede con un correcto manejo del inventario, este generará ahorros y beneficios al tener el producto disponible en el momento adecuado para el cliente. Primero se debe reconocer el tipo de inventario que se posee. Carreño (2017, pp. 44-48) describe varias maneras de dividir los 'stock's dependiendo del papel que desempeñan dentro de las empresas, se toma dos tipos de clasificación, por la ubicación dentro de la cadena de suministro y por el rol que ejercen en la compañía.

#### 2.2.1.1 Ubicación dentro de la cadena de suministros

Dependiendo del lugar en donde se encuentra el producto dentro de la cadena de suministro toma un diferente nombre.

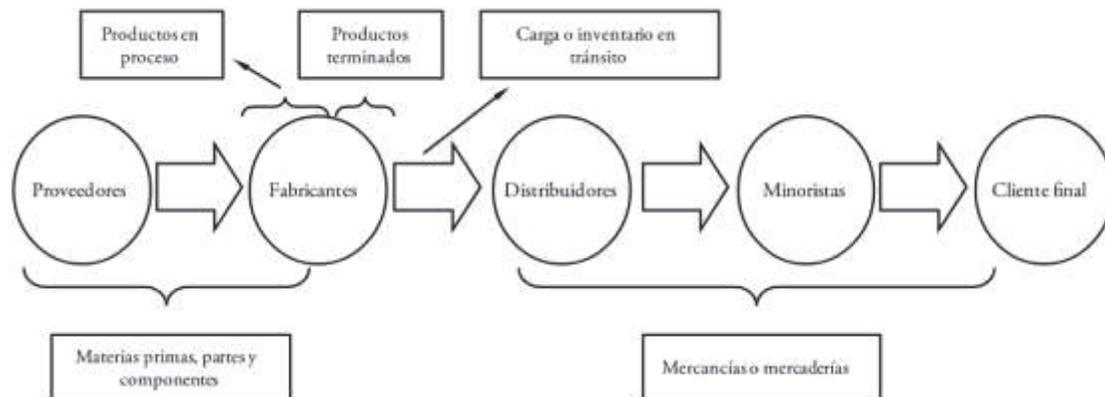


Figura 3. Tipos de Inventario según su ubicación. Tomado de Carreño, 2017, pp.44

- Inventario de materia prima: Se almacena los materiales principales para poder desarrollar los procesos productivos de la empresa. Por ejemplo una empresa textil tiene dentro de los artículos en 'stock' al hilo, que sirve para realizar sus procesos productivos.
- Inventario de producto en proceso: Son productos que pasaron por un tratamiento previo pero que aún no están listos para llegar al cliente final ya que están a la espera de otro proceso o necesitan ser almacenados en un ambiente adecuado; por ejemplo, las empresas productoras de quesos deben almacenar sus artículos en un entorno que permita la continuidad del proceso.
- Inventario de producto terminado: Aquel que ha concluido con todos los procesos productivos de la empresa y está listo para ser despachado hacia el cliente final.
- Inventario en tránsito: Son los productos que se encuentran en algún medio de transporte. Por ejemplo las empresas importadoras de celulares, quienes realizan sus compras y tienen un tiempo de llegada del artículo durante el cual ya lo toman como 'stock'.

#### 2.2.1.2. Papel dentro de la empresa

Otra clasificación se define por su función depende del papel que ejercen dentro de la empresa;

- Inventarios activos: Son aquellos que satisfacen las necesidades de producción.
- Inventarios de seguridad: Son los 'stock's que se posee ante cualquier riesgo ya sea la variación de la demanda o los tiempos de entrega acordados con proveedores. Dependen del sector en el que se enfoquen y el grado en que se la compañía desea tener sus niveles de protección.

#### 2.2.2. Diagrama de Pareto

La ley de Pareto también llamada ley 80-20; se basó en un estudio realizado por Wilfredo Pareto en 1987 que describe la distribución de ingresos y riquezas en Italia, donde un alto porcentaje de ingresos estaba compuesto por un pequeño grupo de población. Verificando que una pequeña porción del estudio contribuía con una gran cantidad de dinero. Este criterio sirve para evaluar los inventarios ya que menciona que *“pocos artículos usualmente (a) concentran la mayor parte de los costos de los inventarios, (b) que son los de mayor consumo o movimiento, o (c) que ocupan la mayor cantidad de espacio de almacenamiento.”* (Carreño, 2017, p. 50)

#### 2.2.3. Inventarios ABC

Una herramienta en la gestión de inventarios es categorizar a los productos que se posee en 'stock' brindando mayor importancia a pocos artículos que dan valor a la

empresa, y una menor valía a la mayoría del inventario. El análisis ABC se divide en tres tipos de categorías en el cual se define distintas políticas de gestión y control para cada segmento, con el objetivo de priorizar a una menor cantidad de artículos. (Mora, 2012, p. 27)

Ítems A: Los artículos críticos, poseen el mayor costo del inventario o son vitales para la continuación del algún proceso. Se aproxima al 80-70% del valor y con el 20% de artículos del inventario. Enfocados a ser el mayor punto de atención en decisiones de compras y ventas, para siempre mantener existencias y poder brindar un alto servicio al cliente. (Mora, 2012, p. 27)

Ítems B: Son artículos con importancia pero no son críticos, siendo solo una tercera parte del inventario con un 15-10% de valor. Se les adjunta estrategias más holgadas para conservar un inventario medio de estos artículos (Mora, 2012, p. 27).

Ítems C: Se caracteriza por alcanzar el 50% de los artículos mientras que corresponde solo al 5% del valor del inventario. Aquellas unidades con alta disponibilidad que no requiere de un seguimiento como los anteriores. Se mantienen en inventario ya sea por variedad de productos y servicio al cliente, pero se debe considerar la depuración de estos ítems. (Mora, 2012, pp. 27-28)

## **2.3. Costos de inventarios**

### **2.3.1. Costo de ordenar.**

Al preparar una orden de compra al proveedor, se incluye al personal administrativo encargado de la gestión, los implementos de oficina y *'softwares'* necesarios para comunicación y rastreo del producto. Todos estos elementos representan un costo para la empresa como los salarios del personal, el alquiler de la oficina y pago de los sistemas informáticos en caso de que se necesite (Jacobs & Chase, 2018, p. 520)

### 2.3.2. Costo de preparación

Al obtener el producto se necesita configurar la maquinaria, espacio de trabajo, material necesario y papeleo requerido antes de realizar el proceso productivo; incurriendo en costos y tiempo de preparación. Existen herramientas como un sistema justo a tiempo que permita disminuir los costos al tener las configuraciones listas para el cambio de producto. (Jacobs & Chase, 2018, p. 520)

### 2.3.3. Servicio al cliente

Un inventario amplio satisface las necesidades del cliente tanto interno como externo, pero incurriendo en altos costos. Por el contrario, al tener pocas cantidades en *'stock'* limita el tiempo de respuesta y entrega de los productos. (Krajewski et al., 2013, p. 310)

#### 2.3.3.1. Faltante

Cuando no se logra cumplir la demanda debido a no tener existencias en inventario se presentan costos que no se toman en cuenta como ganancias pérdidas,

penalizaciones y clientes insatisfechos que pueden causar un efecto negativo en el mercado. (Jacobs & Chase, 2018, p. 520)

#### 2.3.3.2. Orden atrasada (*'Back order'*)

Al no cumplir con la orden del cliente en el tiempo establecido, pero se logra satisfacer el requerimiento tiempo más tarde.

#### 2.3.4. Costo de mantenimiento

Se incluye todos los costos necesarios para poseer *'stock'*, es decir, las instalaciones donde se almacena el producto, la depreciación de los artículos, el transporte interno – externo, seguros en caso de ser necesario, impuestos, desperdicios, danos y el costo de oportunidad del capital. Por ello se enfoca en mantener bajos niveles de inventario para recurrir a un menor gasto. (Jacobs & Chase, 2018, p. 520)

### **2.4. Gestión de compras**

Durante el flujo de materiales se presenta la necesidad de aprovisionar o reemplazar productos o materia prima para la continuación de los procesos de valor de una empresa. Junto a la planeación y pronóstico de la demanda se enfoca en satisfacer los requerimientos de clientes tanto internos como externos de manera óptima.

Las compras forman un papel importante dentro de la cadena de suministro ya que se encargar de administrar los materiales requeridos para el funcionamiento de la compañía. Con la cantidad, calidad y precio adecuado que permita una ganancia

mutua entre los proveedores con la compañía. (Mora, Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento (2a ed.), 2016)

#### 2.4.1. Planificación de la demanda

Los pronósticos son realizados para tener una estimación de costos, planificación estratégica por la alta dirección, presupuesto y objetivo de ventas. El estudio de la demanda permite tener una visión de futuro acerca del funcionamiento de la empresa, se caracteriza por seis componentes: la tendencia, estacionalidad, correlación, estacionalidad, elementos cíclicos y demanda promedio durante un periodo. Algunos modelos de predicción son:

##### 2.4.1.1. Método Holt

El modelo de predicción nombrado por el científico C. C. Holt. Utiliza datos históricos de la demanda para realizar un suavizado exponencial que permita ajustar el pronóstico por la tendecia que presentan los valores reales con un factor de crecimiento o decrecimiento otorgado por parámetros. (Keating, 2019, pp. 105-106)

El modelo presenta dos parametros ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ) cuyos valores van de 0 a 1, y son ajustados de acuerdo al modelo de predicción que se acerque a la realidad, logrando aumentar la veracidad del método. Se presenta tres ecuaciones:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)(F_t + T_t)$$

*Ecuación 1*

$$T_{t+1} = \gamma(F_{t+1} - F_t) + (1 - \gamma)T_t$$

*Ecuación 2*

$$H_{t+m} = F_{t+1} + mT_{t+1}$$

*Ecuación 3*

En donde,

$F_{t+1}$  = Valor suavizado en el periodo  $t+1$

$\alpha$  = Constante de suavización del nivel ( $0 < \alpha < 1$ )

$X_T$  = Valor real en el periodo  $t$

$F_t$  = Valor pronostico en el periodo  $t$

$T_{t+1}$  = Tendencia estimada

$\gamma$  = Constante de suavización de la tendencia estimada ( $0 < \gamma < 1$ )

$m$  = Número de periodos delante de la predicción

$H_{t+m}$  = Valor de la predicción del modelo Holt para el periodo  $t+m$

La primera ecuación permite una suavización de los datos la cual es agregada una tendencia que se verifica en la segunda ecuación y se predice hacia un número de tiempo de predicción ( $m$ ) en la tercera ecuación.

#### 2.4.1.2. Método Winters

Winters, un estudiante de Holt, agrego una modificación al anterior modelo por ello también se lo conoce con el nombre de Holt-Winters. La estacionalidad que presenta la demanda de acuerdo a periodos que presenten características influyentes en el movimiento del mercado, por ejemplo las tiendas de ropa presentan un aumento de ventas al final del año a causa de fechas festivas. (Keating, 2019, p. 111)

Se mantienen las constantes del anterior modelo, y se incluye un parámetro de estacionalidad ( $\beta$ ), presentando las siguientes ecuaciones:

$$F_t = \alpha X_t / S_{t-p} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

*Ecuación 4*

$$S_t = \beta X_t / F_t + (1 - \beta)S_{t-p}$$

*Ecuación 5*

$$T_t = \gamma(F_t - F_{t+1}) + (1 - \gamma)T_{t-1}$$

*Ecuación 6*

$$W_{t+m} = (F_{t+1} + mT_{t+1})S_{t+m-p}$$

*Ecuación 7*

En donde,

$F_t$  = Valor suavizado en el periodo  $t$

$\alpha$  = Constante de suavización del nivel ( $0 < \alpha < 1$ )

$X_t$  = Valor real en el periodo  $t$

$F_{t+1}$  = Promedio de la serie suavizado en el periodo  $t+1$

$T_{t+1}$  = Tendencia estimada

$S_t$  = Estacionalidad estimada

$\beta$  = Constante de estacionalidad ( $0 < \beta < 1$ )

$\gamma$  = Constante de suavización de la tendencia estimada ( $0 < \gamma < 1$ )

$m$  = Número de periodos delante de la predicción

$p$  = Número de periodos en cada estación.

$W_{t+m}$  = Valor de la predicción del modelo Winters para  $m$  periodos en el futuro

A las fórmulas del anterior modelo se las agrega la estacionalidad, en la primera ecuación se ajusta la estacionalidad de los datos, es decir si presenta un periodo de crecimiento se le agrega el factor de incremento; la segunda ecuación permite el

cálculo de la estacionalidad; la tercera se encarga de suavizar la tendencia y la última se utiliza para realizar la predicción necesaria.

#### 2.4.1.3. Modelo regresión múltiple

La regresión múltiple se utiliza cuando existen factores causales que influyen en la demanda, como acciones que pueda tomar la empresa (promociones, publicidad), o cambios externos (leyes, impuestos); con lo cual se ejercen relaciones matemáticas para realizar un pronóstico a largo plazo.

El modelo estadístico muestra a una variable dependiente ( $Y$ ), la demanda; mientras está sujeto a variables independientes ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ); se determina el punto de intercepción mediante la ecuación lineal que rige a las variables; y las pendientes que acompañan el comportamiento de la función con la que se puede realizar un pronóstico (Keating, 2019, p. 221). El modelo se rige por:

$$\begin{aligned} Y &= f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \end{aligned}$$

*Ecuación 8*

En donde,  $\beta_0$  es la variable de intercepción y  $\beta_i$  son las pendientes que acompañan a las variables independientes  $X_i$ , mientras que  $\varepsilon$  es el error que se produce en la diferencia del valor real  $Y$  con la predicción del modelo  $\hat{Y}$ .

El proceso de la regresión múltiple continuacon el uso de una matriz en donde se insertan las variables independientes con el valor de unidad. Luego de obtener los parámetros se obtiene:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k$$

*Ecuación 9*

Donde,  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_k$ ; son los valores estadísticos correspondientes a los parámetros  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ ; con lo que permite realizar el pronóstico  $\hat{Y}$ ; los software de computadora permiten realizar estos pasos de manera ágil y brindando algunos otros criterios como los residuos, el error estándar, coeficiente de variación, entre otros. (Keating, *Forecasting Predictive Analytics*, 2019, p. 221)

#### 2.4.1.4. Error del pronóstico

Se determina el nivel de error de los diferentes métodos para encontrar la exactitud de la predicción, a través de la diferencia entre la cantidad real con el pronóstico. Render & Jay, (2014, pp. 113-114) menciona tres medidas principales con las cuales se calcula el error:

- Desviación absoluta media (MAD)

La primera medida se calcula como la sumatoria de los valores absolutos de los errores de cada pronóstico dividido para el número de periodos de datos.

$$MAD = \frac{\sum |Real - Pronostico|}{n}$$

*Ecuación 10*

- Error cuadrático medio (MSE)

Otra forma de medir el error global de los modelos es mediante el promedio de los errores cuadrados de cada observación.

$$MSE = \frac{\sum (Errores \ de \ pronostico)^2}{n}$$

*Ecuación 11*

- Error porcentual medio (MAPE)

La última medida se la realiza mediante la división entre los promedios de los valores absolutos de los errores expresados como un porcentaje de los valores reales para el número de observaciones realizadas.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n 100|Real_i - Pronostico_i|/Real_i}{n}$$

*Ecuación 12*

## 2.4.2. Sistemas de reabastecimiento

### 2.4.2.1. Modelo del lote optimo económico

El EOQ, por sus siglas en inglés (*'Economic Order Quantity'*); es un modelo que esquematiza el cálculo para compras de materia prima y artículos de una empresa. Mediante el uso de una demanda esperada por la compañía, los costos que se incurren durante la orden de compra y el mantenimiento del inventario se enfocan a la disminución de estos costos al encontrar el nivel óptimo de compra.

Se encuentra este nivel al igualar los costos anuales de preparación y mantenimiento de inventario, como se muestra en la figura. El primer costo incluye el número de órdenes colocadas junto con el costo de cada orden mientras que se toma en consideración el nivel de inventario por el costo de mantener una unidad al año en el segundo costo. (Render & Jay, 2014, pp. 484-485)

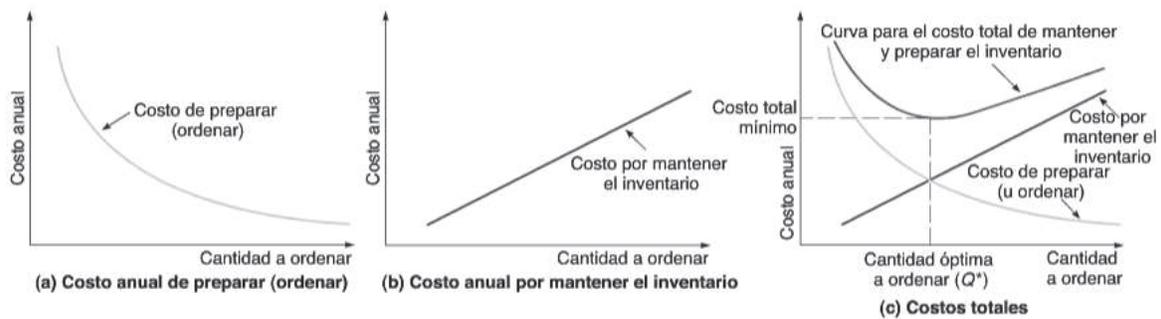


Figura 4. Costos asociados al mantenimiento de inventario y cantidad a ordenar. Tomado de Render & Jay, 2014, pp. 484

Al despejar las anteriores fórmulas obtenemos el modelo del lote óptimo económico:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Ecuación 13

En donde,

$Q^*$ : Cantidad optima a ordenar

$D$ : Demanda anual en unidades del articulo

$S$ : Costo de ordenar

$H$ : Costo de mantener una unidad por año.

#### 2.4.2.2. Sistema de revisión continua

También llamado sistema de punto de reorden, en la cual se llevan un control constante de los inventarios. Se estima un punto en donde se reordenan las cantidades de productos; se toma variables como la demanda, el tiempo de reposición por parte del proveedor, el 'stock' de seguridad y los agotados. Si la

demanda es variable se debe llevar una actualización del punto cada vez que exista una variación. (Mora, 2016, p. 21)

Punto de reorden= Plazo de tiempo en semanas \* Consumo mensual

Este modelo se ajusta a una demanda con fluctuaciones elevadas y tiempos de entrega cambiantes. Mora (2016, pp. 22-26) toma en consideración los siguientes componentes:

- Tiempos de entrega: También llamado *Lead Time* (LT), es el tiempo que se toma el proveedor en entregar el producto en el lugar acordado con la empresa desde que recibió la orden de producción.
- 'stock' requerido: Es el inventario necesario para cubrir la demanda esperada en el tiempo que toman los artículos en llegar a la empresa desde que la orden de compra ha sido realizada al proveedor. Se toma en cuenta la siguiente formula:

$$SLT = D * LT$$

*Ecuación 14*

$$SR = SLT SI$$

*Ecuación 15*

En donde,

$SLT$  = 'stock' para LT usual

$D$  = Demanda promedio

$LT$  = Tiempo de entrega del proveedor

$SR$  = 'stock' requerido

$SI$  = 'stock' actual

- Nivel y factor de servicio: Procura mantener un inventario disponible para satisfacer las necesidades del cliente y que no se recurra en ventas perdidas al no tener 'stock' disponible. Esta variable interactúa con los niveles de inventario y los 'stocks' de seguridad. Se puede diferenciar los niveles de servicio dependiendo el segmento de clientes o productos que se tengan.

Tabla 2

*Nivel y factor de servicio*

<b>Nivel de servicios (%)</b>	<b>Factor de servicio (FC)</b>
75,00	0.70
85,00	1.00
90,00	1.30
95,00	1.70
98,00	2.10
99,00	2.30
99,99	3.10

- Cálculo del 'stock' de seguridad: Se mantiene un 'stock' de seguridad para controlar una demanda variable y evitar ventas pérdidas que afecten el rendimiento de la empresa y la gestión comercial o logística. Aunque se incurra en costos de almacenamiento y mantenimiento se prioriza las necesidades del cliente. En el cálculo se incluyen la desviación estándar de la demanda y tiempos de entrega para realizar un mejor estudio en los cambios que puedan presentarse

$$SS = \sqrt{[LT * (DS)^2] + [(D)^2 * (DS_{LT})^2] * FC}$$

*Ecuación 16*

En donde,

$SS$  = 'stock' de seguridad

$DS$  = Desviación estándar de la demanda

$DSL T$  = Desviación estándar del tiempo de entrega del proveedor

$FC$  = Factor de servicio

- Variables adicionales: Existen variables que se pueden adicionar como las unidades en tránsito, unidades en pedido y las que se encuentran para promoción que utiliza el área de marketing como en ferias o centros comerciales.

Finalmente se obtiene el cálculo total que es el sugerido de compras, se toma en cuenta las anteriores variables y se realiza una sumatoria total de cada resultado para obtener el pedido sugerido a realizar al proveedor.

$$\text{Sugerido de compras} = SR + SS + B M T + E$$

*Ecuación 17*

En donde,

$SR$  = 'stock' requerido

$SS$  = 'stock' de seguridad

$B$  = Unidades comprometidas por ventas

$M$  = Unidades en pedido a proveedor

$T$  = Unidades en tránsito

$E$  = Unidades de marketing

#### 2.4.2.3. Sistemas de revisión periódica

En este sistema se realiza una revisión de inventarios durante tiempos determinados o intervalos fijos. Normalmente se calcula mediante la diferencia del inventario de nivel deseado menos el disponible lo que nos da la cantidad requerida (Mora, 2016, p. 19).

Es útil este modelo cuando se tiene demandas reducidas en una gran cantidad de artículos, donde se los junta y se lanza una orden de pedido en cierto tiempo para llegar al nivel óptimo u objetivo. Con ello se puede negociar con el proveedor por nuevos precios por volumen de pedido (Mora, 2016, p. 19).

Los períodos de revisión se fijan estableciendo las parámetros de la gestión de cada empresa, usualmente se realiza en el intervalo medio de dos pedidos; puede ser semanal, quincenal, mensual, etc.

El nivel objetivo se calcula mediante la suma de la demanda prevista en el tiempo que dura la reposición de un artículo con las unidades previstas durante la etapa de revisión y el 'stock' de seguridad (Mora, 2016, p. 20).

*Nivel objetivo = Demanda durante el lead time + Demanda durante el periodo de revisión + 'stock' de seguridad*

## **2.5. Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)**

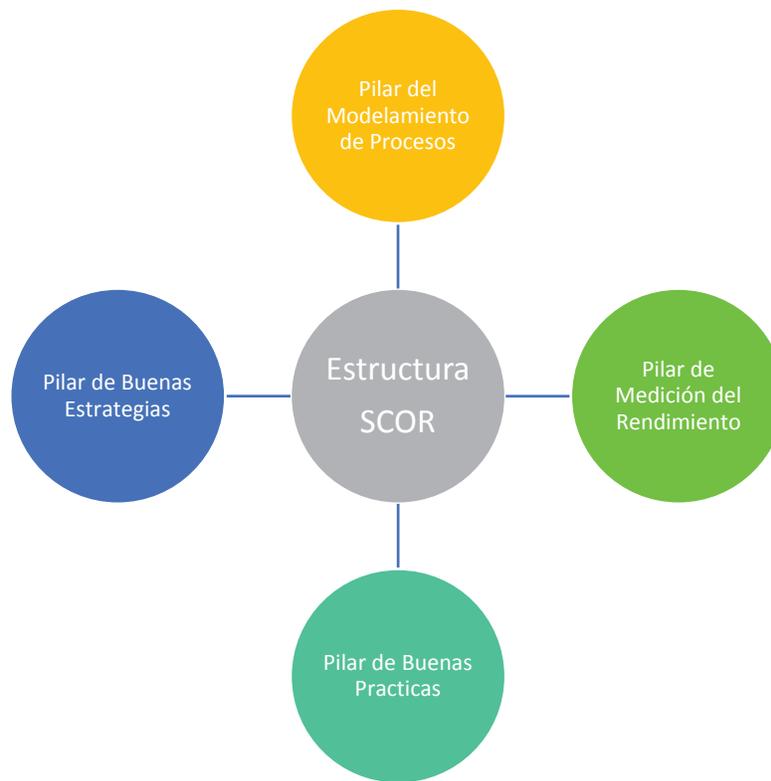
Es una red de programación en donde se encuentra la información vital de la empresa para lograr tener una fundamentación de donde permita planear las actividades que se deben realizar. Se basa en saber qué es lo que se va a producir,

el tiempo que toma en producir, lo que si tiene disponible y la cantidad que se necesita adquirir (Rojas, 2011, p. 87).

Se fundamenta en el cálculo de las necesidades de los artículos y se incluye el factor de tiempos de entrega de compra, para determinar la cantidad de productos que son necesarios en el tiempo que son requeridos por la compañía (Arenal, 2020, p. 22).

## **2.6. Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro**

El modelo de Operaciones Referenciales de la Cadena de Suministro denominado SCOR por sus siglas en inglés, fue desarrollado por el 'Supply Chain Council' (SCC), y su intención es dar un modelo de gestión en la cadena de valor a las empresas en donde se utilicen tecnología, 'benchmarks', mejores prácticas, procesos estandarizados que permitan a la compañía mejorar su rendimiento en la cadena de suministro (Iqbal, Khalid, & Salman, 2013, pp. 1045-1047).



*Figura 5. Estructura modelo SCOR. Adaptado de Iqbal, Khalid, & Salman, 2013, pp. 1046*

Provee métricas que miden el rendimiento de la empresa para cada nivel de la estructura y señala las áreas a las que se pueda realizar mejoras con buenas prácticas de manufactura con el uso de herramientas como ‘*Lean Six Sigma*’, ‘*Balance Scorecard*’, reingeniería, entre otros (Iqbal et al., 2013, pp. 1045-1047).

El modelo muestra una estructura por niveles en donde se mide métricas de rendimiento para evaluar la productividad de la cadena y señala áreas a realizar mejoras. Por medio de sus tres niveles se estudia a la cadena, en el primero se define el alcance y procesos a evaluar, como se medirá su rendimiento y su requerimientos competitivos de la empresa; en el nivel dos se define la estructura de planeación y ejecución de las estrategias durante el flujo de productos; en el

tercer nivel se caracterizan las actividades del proceso. El cuarto nivel no se incluye en el modelo pero se debe tomar siempre en cuenta la mejora continua dentro de la gestión de los procesos (Fontalvo, 2011, p. 31).

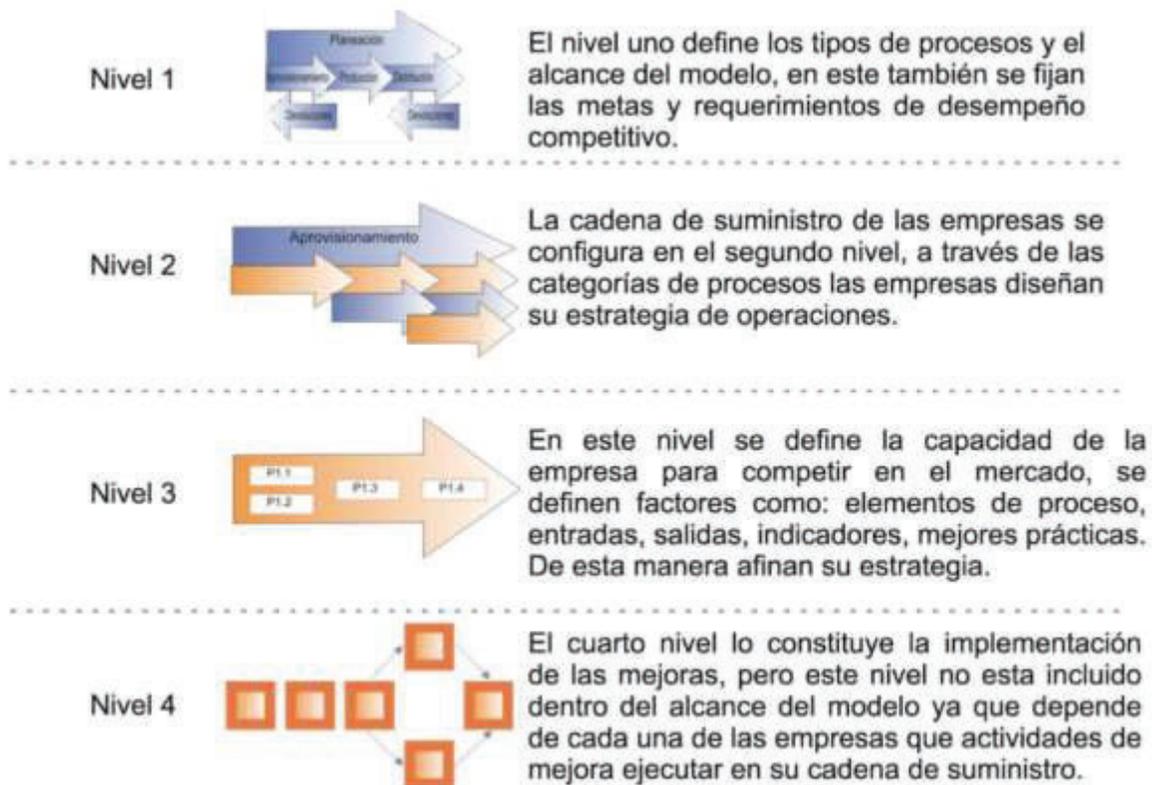


Figura 6. Niveles dentro del modelo SCOR. Tomado de Fontalvo, 2011, p. 31

Las empresas poseen procesos similares aunque con diferentes nombres dentro de su organización, el modelo SCOR facilita la comunicación entre compañías con un lenguaje común, además que se trabaja con actividades y procesos estandarizados con una permanente búsqueda de la mejora al estudiar el rendimiento del modelo con métricas de comparación como los indicadores (Santander, Amaya, & Vilorio, 2014, p. 94).

### **3. Situación Actual**

#### **3.1. Análisis del mercado y demanda**

Durante este año se presentó la pandemia Covid-19, lo cual influenció directamente en la economía del país debido a las medidas tomadas por el gobierno para detener la expansión del virus; implementando restricciones como el toque de queda, lo que impidió que se desarrolle el comercio con normalidad ocasionando pérdidas para el sector automotriz. Además, el precio del petróleo decreció significativamente y la expectativa anual del PIB se proyecta con una disminución del 2%.

El desempeño de la industria automotriz se ve perjudicada al sufrir un decrecimiento significativo, si se realiza la comparación del primer trimestre de dos años atrás con el que cerraban 32.108 unidades vendidas con el actual de 23.204 unidades se puede observar en la figura 7 que el mercado está sufriendo una caída del 28%. Por ello no se tiene un pronóstico positivo de cierre del 2020 comparado con anteriores años.



*Figura 7.* Comparación del primer trimestre de los tres últimos años

La demanda es incierta ya que, se presenta de manera variable con fluctuaciones mayores cuando existen promociones o incentivos en el mercado que capten la atención del cliente y logren cerrar la venta.

Por medio de la recolección y análisis de datos, se elaboró un diagrama de Pareto del promedio de ventas por unidades, en el cual se puede destacar que la mayoría de ventas se presentan en un grupo pequeño de modelos, mientras que las ventas anuales de varios modelos no suman un alto porcentaje dentro de los ingresos de la compañía.

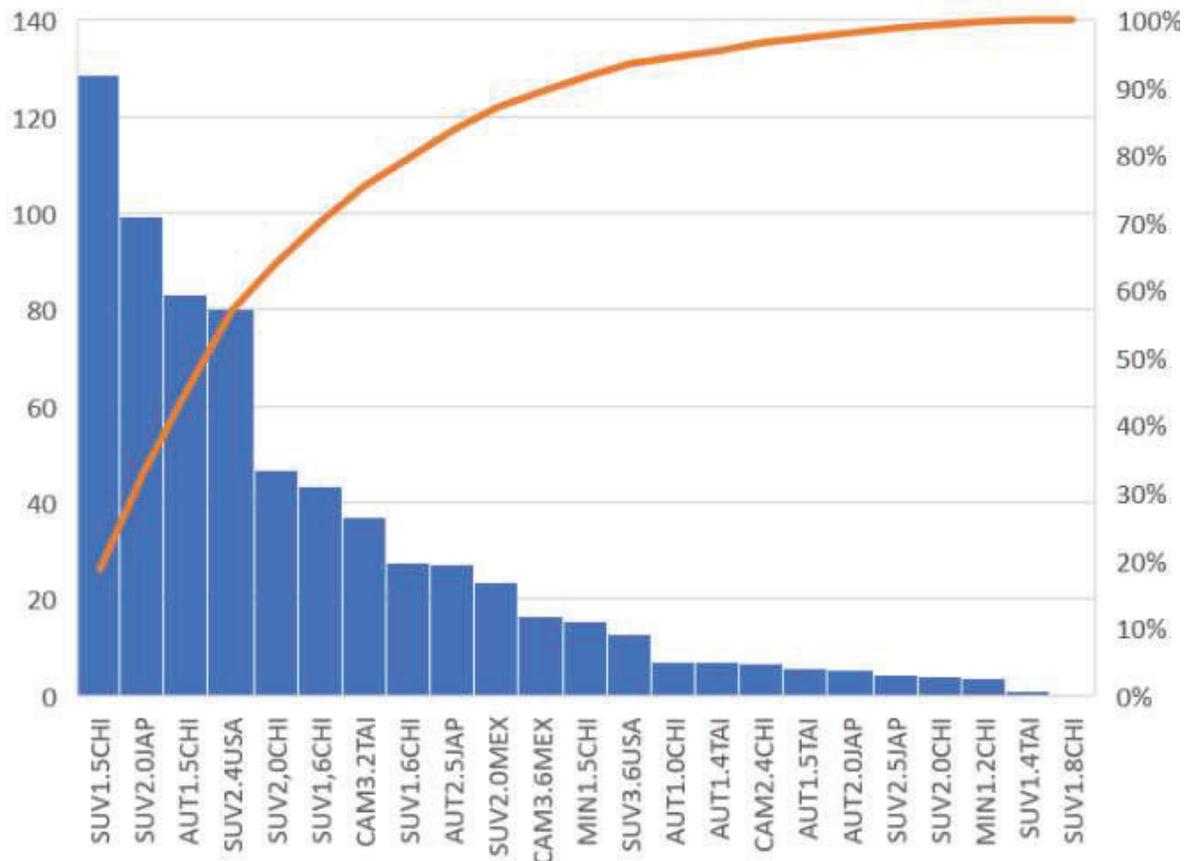
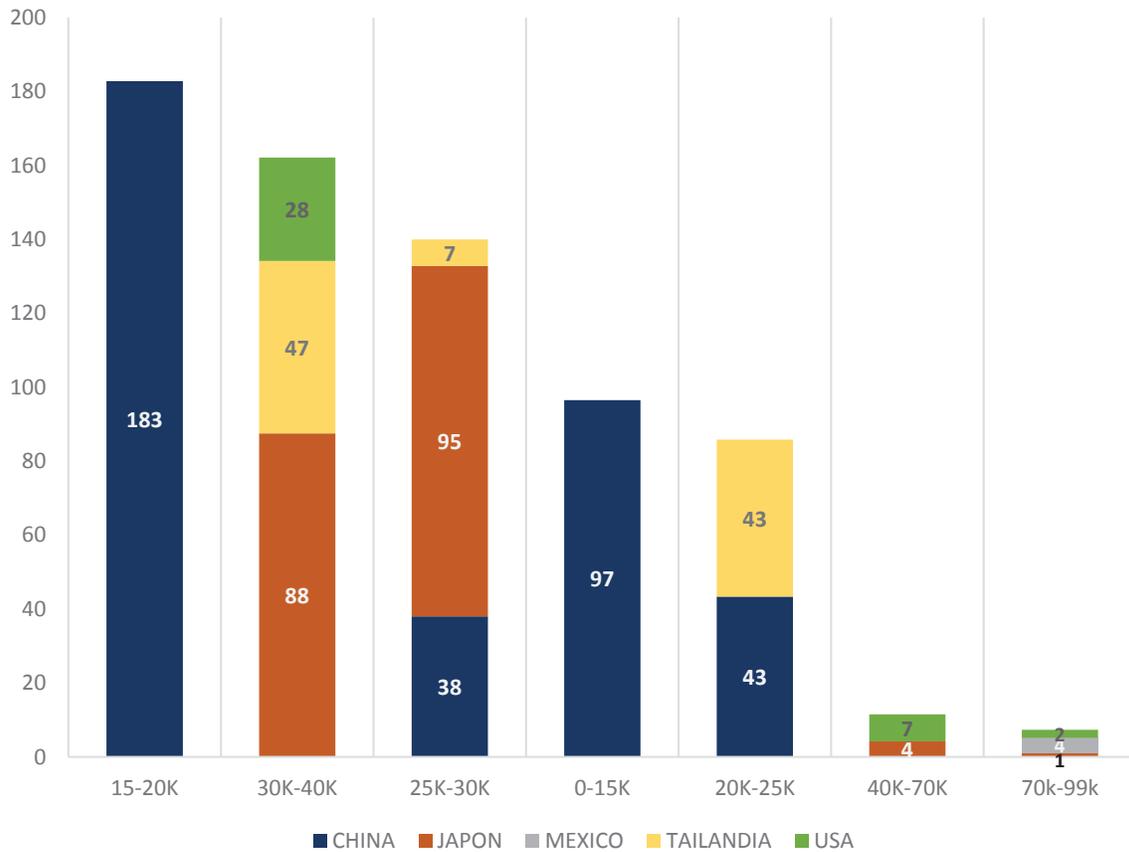


Figura 8. Diagrama Pareto del promedio de ventas

Los modelos SUV resaltan dentro del grupo que tiene una mayor cantidad de ventas promedio, de igual manera existen unidades específicas de automóvil y camioneta que se adjunta una alta demanda.

Debido a las diferentes características que presentan los vehículos, también se realizó un análisis tomando en cuenta los diferentes rangos de precios en los que se encuentran, definiendo la tendencia del mercado hacia los productos con un tipo de precio específico y de un origen determinado.



*Figura 9.* Distribución del promedio de ventas por rango de precios y origen de vehículos

Comprobando que los vehículos de origen chino han tomado gran parte de la demanda de la empresa por características como bajo precio en modelos de gama media y alta. De igual manera las unidades provenientes de Japón, Estados Unidos y Tailandia con un rango de precio entre los 30 mil a 40 mil dólares suman gran parte de los ingresos de la empresa debido a características como seguridad, comodidad y confortabilidad que ofrecen este tipo de vehículos.

Por otro lado, se tienen a unidades de alta gama que sus precios sobrepasan los 40 mil dólares con una demanda limitada por diferentes factores como la competencia y el nicho de mercado, por ello no existe una alta demanda de estos productos.

El origen de los productos representa un factor influyente en la decisión de compra de los clientes, destacando los modelos provenientes de China, Japon y Tailandia como las principales fuentes de ingreso para la empresa.

### **3.2. Análisis del inventario**

La amplia cartera de productos de la empresa permite tener un inventario numeroso, por lo que, al final del mes se verifican las unidades en posesión comparado con las unidades del anterior mes, las ventas realizadas y los arribos de los pedidos realizados. De igual manera, se confirman las unidades en pedido y tránsito.

Dentro del costo de mantenimiento de las unidades se incluye los costos de transporte, almacenaje, tenencia; es decir, todo el capital de trabajo necesario para que las unidades lleguen al cliente final con los mejores estándares de calidad para satisfacer las necesidades del consumidor. Por ello, al tener un inventario numeroso se logra disminuir las unidades faltantes.

De igual manera, se realizó un diagrama Pareto con los costos que posee cada modelo, verificando que la gama alta de unidades representa un alto costo para la compañía siendo solo un grupo pequeño que son los modelos que más gasto se tiene mensualmente ya que el resto de unidades no representan costos altos.

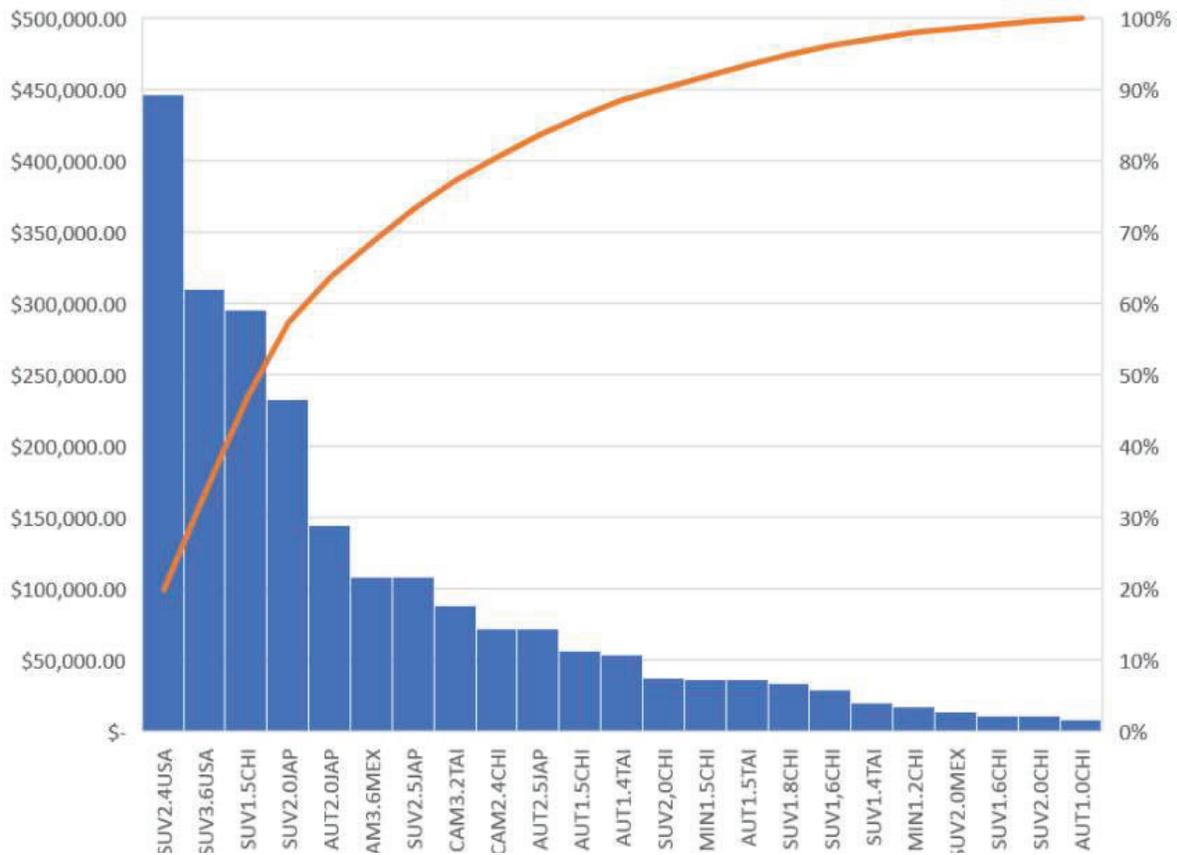


Figura 10. Diagrama Pareto del costo promedio de unidades en inventario

### 3.3. Análisis ABC

Se realizó una priorización de unidades por medio de ponderar la posición en el diagrama de Pareto de ventas y costo de inventario, dando mayor importancia de 70% a las ventas y 30% al costo de inventario. Con lo cual se procedió a realizar el análisis de artículos en donde se obtuvo que el 25% de artículos constituyen el 70% de valor de inventarios en la primera categoría de ítems A, los cuales son productos críticos que deben ser evaluados constantemente, mientras que la siguiente categoría B la componen el 30% del inventario y 20% de valor; los ítems C verifican ser el 50% de productos con solo el 10% del valor de inventario.

Tabla 3

*Clasificación ABC del inventario*

MODELO	Costo Promedio	Inventario	Demanda Promedio	Clasificación
SUV2.0JAP1	\$ 138 072.12	459	78	A
SUV2.0JAP2	\$ 94 618.27	241	82	A
AUT1.5CHI	\$ 56 147.95	229	83	A
SUV1.5CHI1	\$ 39 118.31	634	69	A
CAM3.2TAI	\$ 88 189.14	55	47	A
MIN1.2CHI	\$ 17 502.91	209	43	A
SUV1.5CHI2	\$ 137 799.92	211	24	A
SUV1.8CHI	\$ 33 525.92	197	37	A
SUV2.4USA2	\$ 150 247.56	163	21	B
SUV2.4USA1	\$ 239 121.22	58	5	B
AUT1.5TAI	\$ 36 325.87	43	28	B
MIN1.5CHI2	\$ 22 443.73	147	27	B
AUT2.0JAP1	\$ 87 648.59	101	17	B
SUV3.6USA2	\$ 185 451.97	13	2	B
SUV1.6CHI	\$ 11 435.75	116	24	B
AUT1.4TAI1	\$ 53 456.70	26	15	B
SUV1.5CHI4	\$ 84 038.68	166	9	B
SUV3.6USA1	\$ 125 073.73	37	2	C
CAM3.6MEX	\$ 108 724.13	54	4	C
SUV2.5JAP	\$ 108 050.39	25	4	C
CAM2.4CHI	\$ 72 196.19	114	8	C
AUT2.5JAP	\$ 71 666.77	36	6	C
SUV2.4USA3	\$ 57 008.97	48	7	C
AUT1.0CHI	\$ 8 345.94	95	13	C
SUV2,0CHI	\$ 37 023.25	240	7	C
SUV1,6CHI	\$ 29 300.42	127	8	C
SUV1.4TAI	\$ 20 517.18	0	7	C
AUT2.0JAP2	\$ 57 397.30	8	1	C
SUV1.5CHI3	\$ 34 440.38	113	4	C
MIN1.5CHI1	\$ 14 336.37	38	4	C
SUV2.0CHI	\$ 10 863.09	1	1	C
SUV2.0MEX	\$ 13 707.13	96	0	C

Dentro de la tabla se muestra a cada modelo y su respectiva categoría de acuerdo a los costos asociados y el promedio de ventas que posee cada unidad siendo la categoría A la más representativa en los dos aspectos.

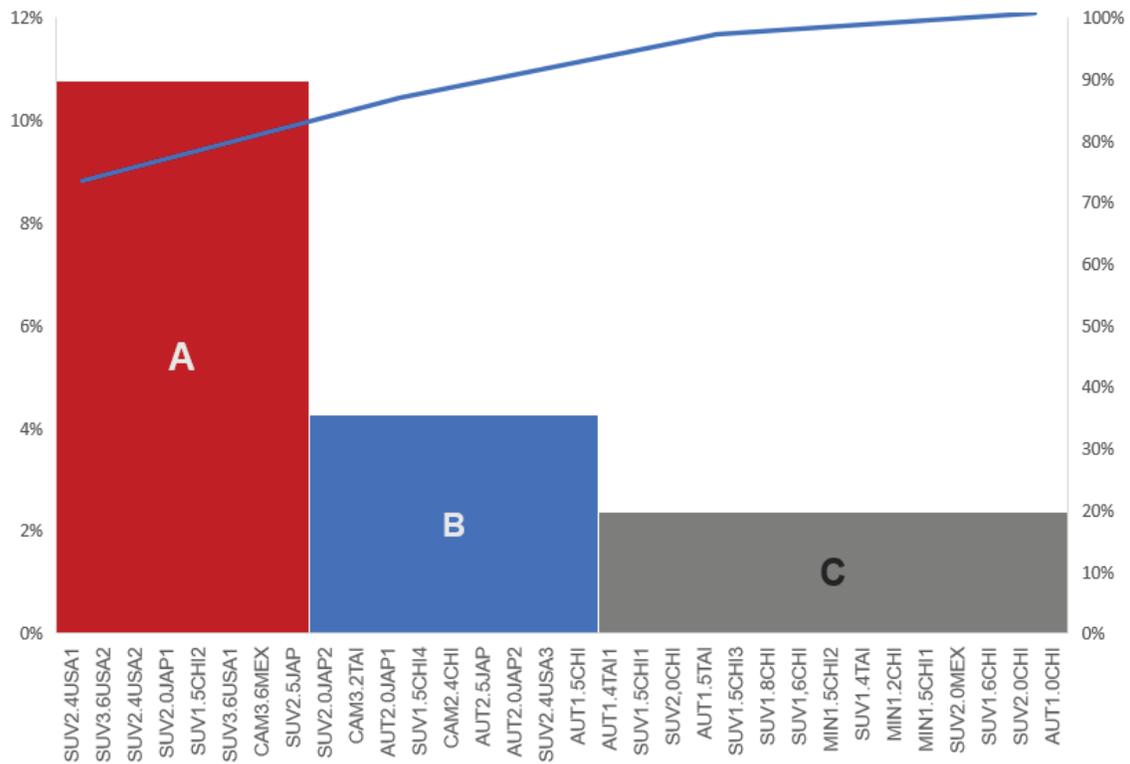


Figura 11. Clasificación ABC del inventario

Por medio de la clasificación ABC, se obtuvo los ítems que representan el mayor valor dentro del inventario de la compañía y su verdadera utilidad dentro del 'stock', por esto se establece el estudio y evaluación de los ítems en la categoría A, para lograr una mejora en el control de los inventarios y poder aumentar la productividad del sistema de gestión.

### 3.4. Identificación del problema

Existe una alta cantidad de unidades en inventario que permanecen almacenados en bodega, se mantienen pedidos constantes que incrementa el 'stock' y la demanda no es proporcional a las entradas, recurriendo en altos costos de

almacenamiento. Mediante herramientas de análisis se busca el problema raíz a cual se necesita realizar una mejora que permita incrementar las ganancias y disminuir costos.

### 3.4.1. Árbol de definición del problema

Se utiliza la herramienta de árbol de definición del problema para identificar el mayor problema que existe dentro de la gestión de inventarios mediante la utilización de las siguientes preguntas:



Figura 12. Árbol definición del problema

#### 3.4.1.1. ¿Qué es un problema?

Al tener una gran cantidad de inventarios se da la oportunidad de tener un buen servicio, pero a la vez, incurriendo en altos costos como el de mantenimiento de las unidades, almacenamiento en las diferentes bodegas y transporte. El nivel de rotación promedio de las unidades es bajo, ejemplificando que existen altos tiempos de estadía de los artículos.

#### 3.4.1.2. ¿Por qué es un problema?

El pedido de compra de las unidades se realiza mediante una reunión con el área de comercial, quienes exponen sus proyecciones de ventas y basados en la experiencia de la empresa en el mercado; se ajusta el pedido a cada uno de los diferentes proveedores después de la aprobación de dirección. La demanda se estima de manera manual con una revisión mensual; pero presenta variaciones elevadas comparadas a lo real.

Se realiza un pago mensual a las bodegas donde se encuentran almacenado los vehículos, la gran cantidad de inventario influye en un alto costo para la empresa y su funcionamiento.

El transporte de las unidades tanto interno como externo representa un costo elevado. Al enviar el pedido de producción se acuerda las fechas estimadas de llegada y junto al área de importaciones quienes se incluyen dentro de los costos de pedir los vehículos. El movimiento interno de las unidades de igual manera suma a los costos totales debido a la gran cantidad de inventario que existe.

Los proveedores exigen una compra elevada por parte de la empresa, para realizar una producción elevada y sus costos de producción disminuyan obteniendo una mayor ganancia para ellos. Por lo cual, se debe tener en claro las unidades que se necesitan al tener tiempos de entrega por parte de los proveedores.

#### 3.4.1.3. ¿Dónde es un problema?

El problema se determinó dentro del área de logística de la empresa distribuidora de vehículos, debido a los amplios costos que se generan mensualmente al pago con proveedores que brindan servicios de almacenamiento, transporte e importaciones.

#### 3.4.1.4. ¿Cuándo es un problema?

El inventario ha presentado un incremento mayor junto a los costos en los últimos meses y lo confirma el análisis realizado. Añadiendo un mercado inestable, se presenta la oportunidad de realizar ajustes en la gestión de inventarios para llevar un control del sistema de aprovisionamiento.

#### 3.4.1.5. ¿Cómo es un problema?

La variabilidad de la demanda permite que el área comercial se enfoque a un desempeño alto con una proyección de ventas elevada, llevando hasta el momento un promedio 1.2 veces de rotación anual de los productos. Al poseer el mayor *Lead Time* de cuatro meses, el indicador tendría como objetivo lograr 4.0 veces de

rotación al año, es decir, que exista un flujo constante de la cadena de abastecimiento.

Las unidades deben permanecer almacenadas en bodegas, las mismas que son rentadas por la empresa y presentan un costo mensual. Actualmente, se lleva un indicador de 7.9 meses de inventario promedio, lo que muestra que se tiene 'stock' para aproximadamente 8 meses, la cantidad optima es de dos meses.

Se realiza el pago a proveedores por tener las unidades almacenadas, se verifica que el costo promedio de las unidades es de \$2'243'795.87 mensuales asegurando la gran inversión que se mantiene mes a mes en el inventario.

#### 3.4.1.6. Definición del problema

En el previo análisis realizado, se obtuvo un alto nivel de inventario con disponibilidad de 7.9 meses y rotación de 1.2 veces anuales. Lo que representa elevados costos de almacenamiento y pedido de unidades dentro del área de logística, la cual es la encargada de cancelar los gastos de almacenaje y contactar a los proveedores para realizar las órdenes producción. El costo promedio mensual es de \$2'243'795.87 dólares, el cual es asumido por el área.

#### 3.4.2. Causa raíz del problema

##### 3.4.2.1. Diagrama causa-efecto

Se determinó todas las causas que llevan a generar altos costos dentro del área mediante el uso del diagrama causa efecto o pescado. Donde se presentan a las 6 M's (Mano de obra, Materiales, Materia Prima, Método, Medio y Money) para ver un enfoque global de la situación que ejerce la problemática.

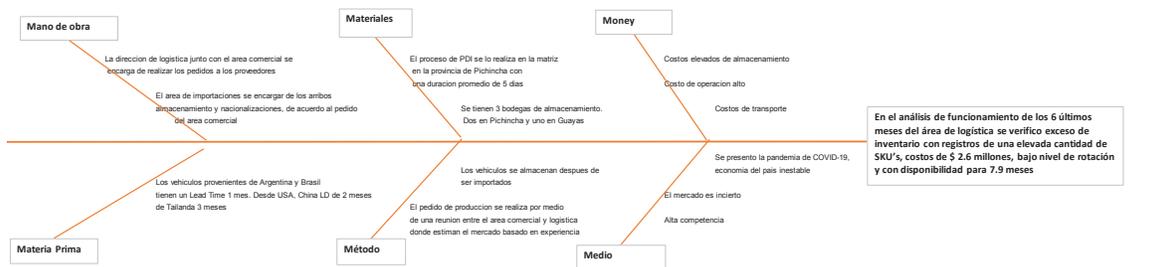


Figura 13. Diagrama de pescado

El área de logística realiza una estimación de la demanda basada en la proyección de ventas del área comercial, durante un acuerdo entre áreas se procede a verificar las unidades a pedir al proveedor, junto a la aprobación de la dirección se realiza la compra de unidades.

Las unidades provenientes de diferentes orígenes poseen tiempos de entrega variable, se identifica que las unidades provenientes de Tailandia poseen 3 meses (LT); Japón, China 2 meses (LT); Estados Unidos y México 1 mes (LT).

Al arribar las unidades son almacenadas en bodegas donde permanecen hasta ser solicitadas por el área comercial, la misma que se encarga de comercializar los artículos hacia los diferentes puntos de venta. Dentro del área de logística se incluye importaciones, quien es la encargada de verificar la llegada de los vehículos y retiro

del almacenamiento; este costo se encuentra contenido en el pedido de las unidades.

Al ser un mercado altamente competitivo existe una gran variación entre la estimación realizada con la demanda real, por ello, existe gran cantidad de unidades en bodegas a la espera del pedido del área comercial.

Las unidades son transportadas del puerto hacia las bodegas; cuando son pedidas se las mueve hacia el centro de 'Pre-Delivery Inspection' (PDI) donde se verifican que se encuentren en excelente estado de acuerdo a las normas de calidad de la empresa para ser entregadas al cliente, el proceso toma un promedio de cinco días laborales. El servicio de transporte y acondicionamiento de las unidades es brindado por proveedores nacionales, por ello se incluyen estos valores dentro del costo de mantener el inventario.

#### 3.4.2.2. Cinco porqués

Con el uso de la herramienta de los cinco porqués, se busca llegar a la raíz del problema donde se efectúa la propuesta de mejora para tener una mejor gestión del inventario que permita aumentar la rentabilidad de la empresa.

5 Por qué?	
¿Por qué?	Elevada cantidad de unidades en inventario que incurrir en altos costos
¿Por qué?	Los pedidos hacia el proveedor se los realiza cada mes con una proyeccion de ventas altas, mientras que la demanda real de unidades no permite un alto movimiento del inventario
¿Por qué?	Las unidades poseen diferentes tiempos de entrega por parte del proveedor, la empresa se enfoca en satisfacer al cliente por ello se requiere tener unidades disponibles para responder a una demanda variable
¿Por qué?	La estimacion de la demanda no se ajusta a la realidad y no permite retirar las unidades de almacenamiento
¿Por qué?	No se tiene una planificacion de la demanda, lo que impide realizar un plan de produccion.

*Figura 14.* Herramienta 5 porqués

La herramienta describe la problemática inicial y se expande hacia la razón inicial del problema; definiendo que no existe un plan de producción basado en la predicción de la demanda con modelos matemáticos que logren acoplarse a la realidad del mercado para realizar pedidos al proveedor acordes con el desarrollo de la empresa enfocándose al objetivo de minimizar los costos y elevar la rentabilidad.

## 4. Metodología

Al tener identificado la problemática, este capítulo se enfocará en aplicar las herramientas expuestas en el marco teórico con el objetivo de sugerir una nueva gestión de inventarios que logre reducir el capital del trabajo y se obtenga una mayor eficiencia en los procesos actuales dentro de la compañía.

### 4.1. Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro SCOR

Como base se aplica el modelo SCOR como un sistema de referencia para la identificación de los procesos actuales y sus recursos, detectando lugares en donde se sugiere realizar mejoras. A través del desglose del modelo SCOR se llega a definir la cadena de abastecimiento actual y sus diferentes actividades, tomando en cuenta que el proceso de aprovisionamiento es aquel que va a ser motivo de estudio y análisis para obtener mayores ingresos de la empresa.

El modelo SCOR se define por tres niveles principales, mostrando desde un nivel macro hacia el detalle del proceso. Por ello se distinguen los tres niveles dentro del estudio. En el primer nivel se revisa los diferentes procesos dentro de la cadena de valor de la empresa; la principal administración se la realiza durante el proceso de aprovisionamiento de unidades al inventario la cual es incluida dentro de la planificación del sistema; los proveedores se encargan de entregar los vehículos a la empresa, quien se encarga de realizar una inspección y acondicionamiento de las unidades esto cabe dentro de la producción; la distribución de vehículos se resalta al ser la principal actividad de valor de la empresa al repartir el producto hacia los diferentes puntos de ventas dentro del país; las devoluciones se las realiza con la ayuda de proveedores quienes están a cargo de transportar las unidades al cliente siempre manteniendo los estándares de calidad.



Figura 15. Nivel 1 del Modelo SCOR

Durante el segundo nivel se verifica a los proveedores identificando que se posee tres, quienes abastecen desde diferentes lugares del mundo. La información se mantiene activa con el área de logística; mientras que los clientes representan una amplia red, quienes mantienen contacto directo con el área comercial.

El flujo de productos define su trayectoria iniciando desde el proveedor hacia el cliente pasando por la empresa. Mientras que el flujo de información va desde proveedores hacia la compañía y finalmente hacia el cliente, de igual manera la información pasa de sentido contrario.

De igual manera, con la ayuda de proveedores se logra realizar los procesos de almacenaje, acondicionamiento y transporte de unidades. Lo cual brinda una ventaja competitiva al disminuir costos.

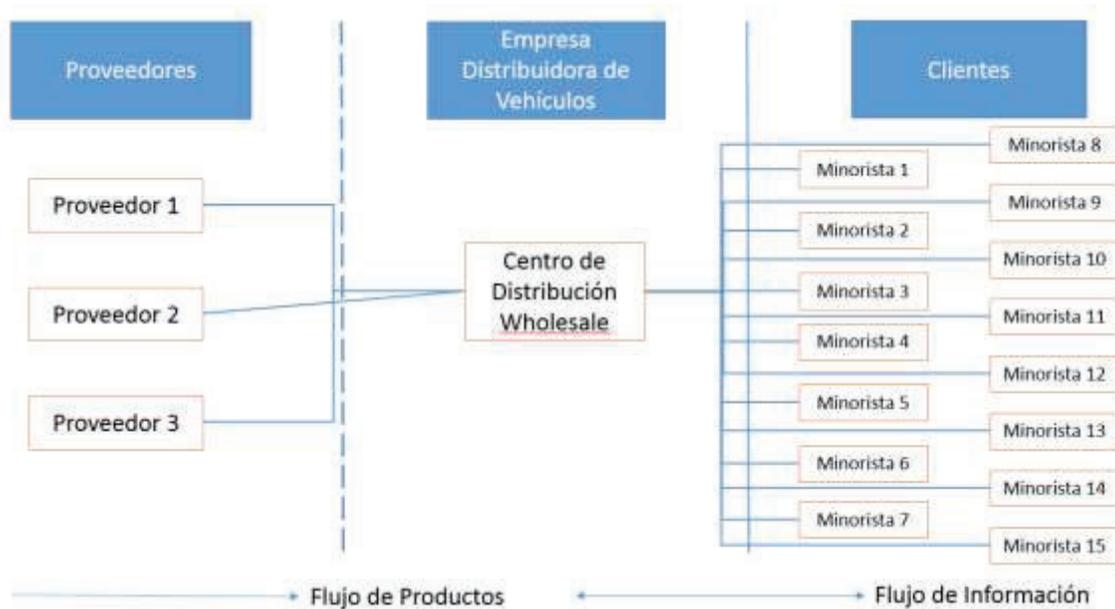


Figura 16. Nivel 2 del Modelo SCOR

El tiempo de aprovisionamiento sucede en diferentes momentos debido a la ubicación de cada proveedor, en donde, el primero posee un tiempo de entrega  $N+2$ , por ejemplo si se realiza un pedido en julio las unidades se reciben en septiembre; es decir, después de dos meses; el segundo proveedor  $N+3$  y el tercero  $N+4$ .

El tener un inventario numeroso permite dar una alta calidad de servicio hacia los diferentes clientes, pero los tiempos de entrega influyen en el flujo de inventario ya que se obtienen inventarios en tránsito y los pedidos son para la demanda futura.

Observando que se posee un inventario 'Push', por las altas cantidades que se posee en mano.

En el tercer nivel del modelo SCOR se utiliza el análisis por procesos durante el aprovisionamiento de unidades, dando inicio desde la necesidad de realizar un pedido para mantener inventario que se ajuste a la proyección de ventas del área comercial, la cual siempre se proyecta para tener un gran impacto en el mercado; luego llegan a un acuerdo en donde el área de logística acepta la planificación y la cantidad de pedido, se procede a unir las unidades por los diferentes proveedores para ser presentado a la dirección de la empresa, quien se encarga de revisar los datos y procede a la aprobación del mismo dando el visto bueno al área de logística; a continuación, en el flujo se contacta con el proveedor y se realiza el acuerdo de pedido de producción; finalmente, al completar el tiempo de entrega se reciben las unidades en los puertos del país para ser transportadas hacia la planta de la empresa.

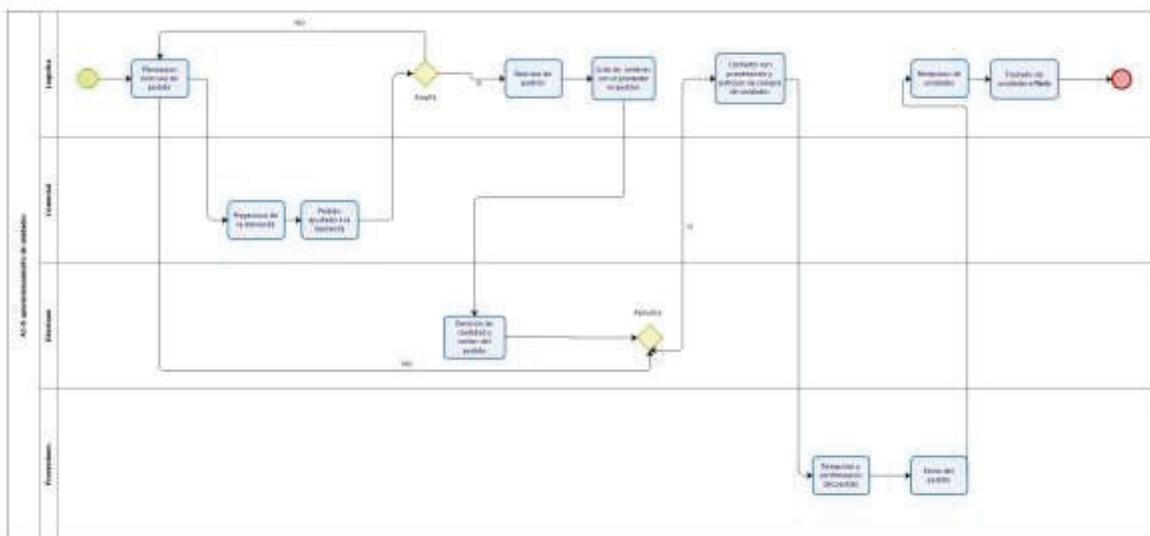


Figura 17. Nivel 3 del modelo SCOR. Proceso actual de aprovisionamiento de vehículos.

#### 4.2. Predicción de la demanda de los ítems A

Con el uso de los métodos de predicción explicados anteriormente (Holts, Winter y Regresión Lineal Múltiple) se procedió a realizar el análisis de la demanda con proyección hacia el final del año. De igual manera se calculó los errores que se produjeron con cada método permitiendo comparar los valores y poder concluir con la mejor predicción que posea el menor error.

A través del cuadro comparativo de errores, se evidencia una clara diferencia entre los métodos realizados concluyendo que el modelo de regresión lineal múltiple es el que posee menor error porcentual.

Tabla 4

*Errores de los modelos de predicción de la demanda*

Modelo	Error	Método		
		Regresión	Holts	Winter
SUV2.0JAP1	MAD	5.1	22.6	45.0
	MSE	77.2	776.9	2453.6
	MAPE	11.1	43.7	78.1
SUV2.0JAP2	MAD	9.4	21.9	76.5
	MSE	270.2	811.4	15419.6
	MAPE	30.8	55.8	122.9
AUT1.5CHI	MAD	8.7	37.4	32.5
	MSE	214.0	2011.9	1412.3
	MAPE	35.6	63.6	52.2
SUV1.5CHI1	MAD	10.1	53.9	43.0
	MSE	301.9	4948.9	2580.1
	MAPE	18.3	76.8	68.8
CAM3.2TAI	MAD	5.2	23.9	70.8
	MSE	75.4	913.1	9454.0
	MAPE	18.7	56.9	182.7

MIN1.2CHI	MAD	6.2	17.9	64.8
	MSE	107.4	442.2	6078.8
	MAPE	21.0	55.8	170.0
SUV1.5CHI2	MAD	2.8	8.7	20.3
	MSE	26.9	125.1	736.4
	MAPE	75.1	231.0	332.4
SUV1.8CHI	MAD	4.1	13.1	15.8
	MSE	62.1	296.6	449.9
	MAPE	116.4	379.1	542.9

Ya que el método de regresión lineal múltiple se ajusta a los cambios de la demanda real, se procede a tomar los datos de predicción obtenidos por el mismo, además, para futuros cálculos se mantiene la demanda predicha por este método.

- Predicción de la demanda para el modelo SUV2.0JAP1

El análisis de la predicción de la demanda realizado para el primer modelo dentro de la categoría A se puede observar dentro de la tabla 5, en donde se muestra la variabilidad de la demanda al tener un decrecimiento en los últimos meses del año y presenta picos de ventas en ciertos meses.

Tabla 5

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV2.0JAP1*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	74	87	-13.3	13.3	177.8	18.02
2	77	83	-5.8	5.8	34.0	7.58
3	101	82	19.2	19.2	367.4	18.98
4	93	93	0.0	0.0	0.0	0.00
5	94	94	0.0	0.0	0.0	0.00

6	110	110	0.0	0.0	0.0	0.00
7	118	118	0.0	0.0	0.0	0.00
8	97	97	0.0	0.0	0.0	0.00
9	82	82	0.0	0.0	0.0	0.00
10	71	71	0.0	0.0	0.0	0.00
11	82	82	0.0	0.0	0.0	0.00
12	91	91	0.0	0.0	0.0	0.00
13	60	47	13.3	13.3	177.8	22.22
14	48	42	5.8	5.8	34.0	12.15
15	22	41	-19.2	19.2	367.4	87.12
1		52				
2		53				
3		69				
4		77				
5		56				
6		41				
7		30				
8		41				
9		50				

Los datos pronosticados son graficados junto a la demanda real para mostrar la interacción entre las dos y su variabilidad, se puede observar en el grafico que existe similitud de las variables debido al método utilizado, por ello se asegura que la demanda de los próximos meses se debe a la causalidad pasada.

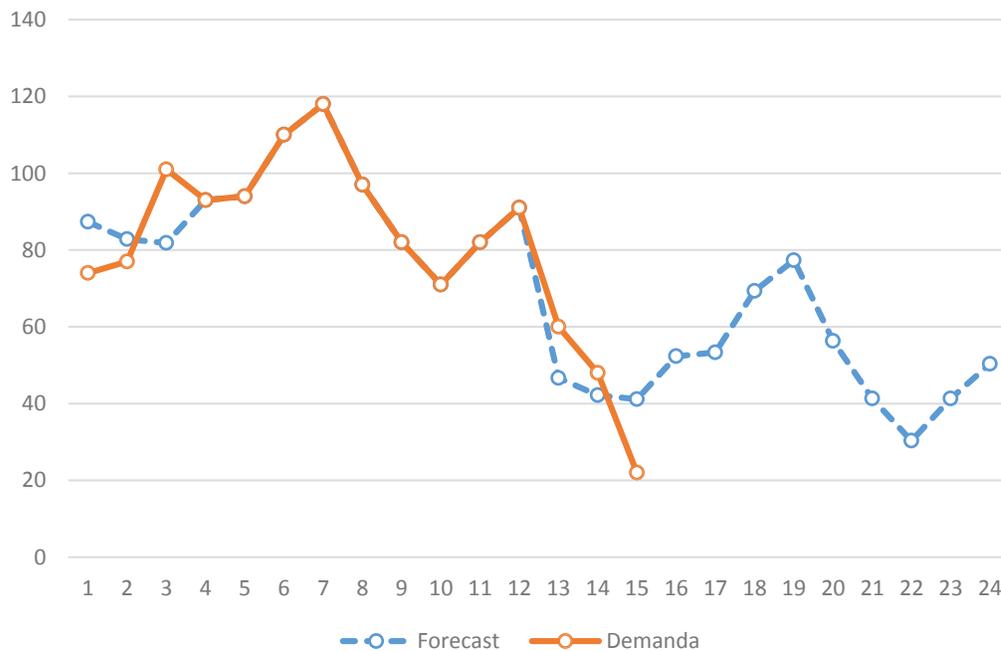


Figura 18. Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV2.0JAP1

- Predicción de la demanda para el modelo SUV2.0JAP2

Para el segundo modelo se realiza el análisis de la demanda de los meses siguientes con el método de regresión lineal múltiple, asegurando que va a existir ocasiones con alta demanda y otras donde va a bajar el consumo por parte de los clientes.

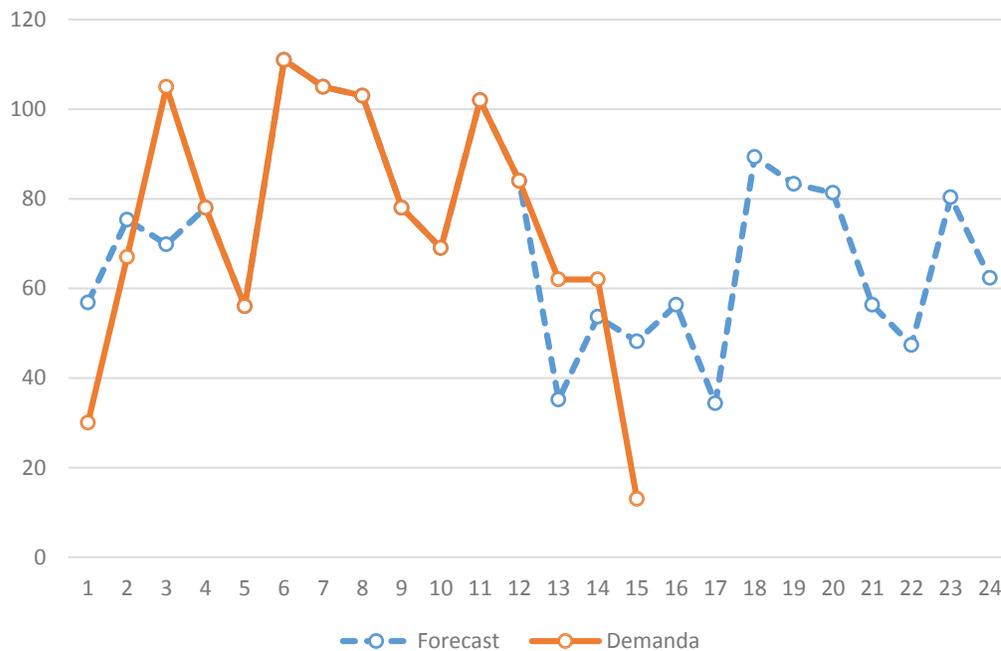
Tabla 6

Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV2.0JAP2

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	30	57	-26.8	26.8	720.0	89.44
2	67	75	-8.3	8.3	69.4	12.44

3	105	70	35.2	35.2	1236.7	33.49
4	78	78	0.0	0.0	0.0	0.00
5	56	56	0.0	0.0	0.0	0.00
6	111	111	0.0	0.0	0.0	0.00
7	105	105	0.0	0.0	0.0	0.00
8	103	103	0.0	0.0	0.0	0.00
9	78	78	0.0	0.0	0.0	0.00
10	69	69	0.0	0.0	0.0	0.00
11	102	102	0.0	0.0	0.0	0.00
12	84	84	0.0	0.0	0.0	0.00
13	62	35	26.8	26.8	720.0	43.28
14	62	54	8.3	8.3	69.4	13.44
15	13	48	-35.2	35.2	1236.7	270.51
1		56				
2		34				
3		89				
4		83				
5		81				
6		56				
7		47				
8		80				
9		62				

Con los datos obtenidos del modelo, se procede a realizar la gráfica comparativa de la demanda real versus la comparativa, reflejando el comportamiento futuro que va a tomar el mercado.



*Figura 19.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV2.0JAP2

- Predicción de la demanda para el modelo AUT1.5CHI

A través de la recolección y análisis de datos del modelo Automóvil de origen chino, se conoce el pronóstico a cual se va a enfrentar la empresa con lo cual se puede realizar una planificación objetiva y tomar decisiones.

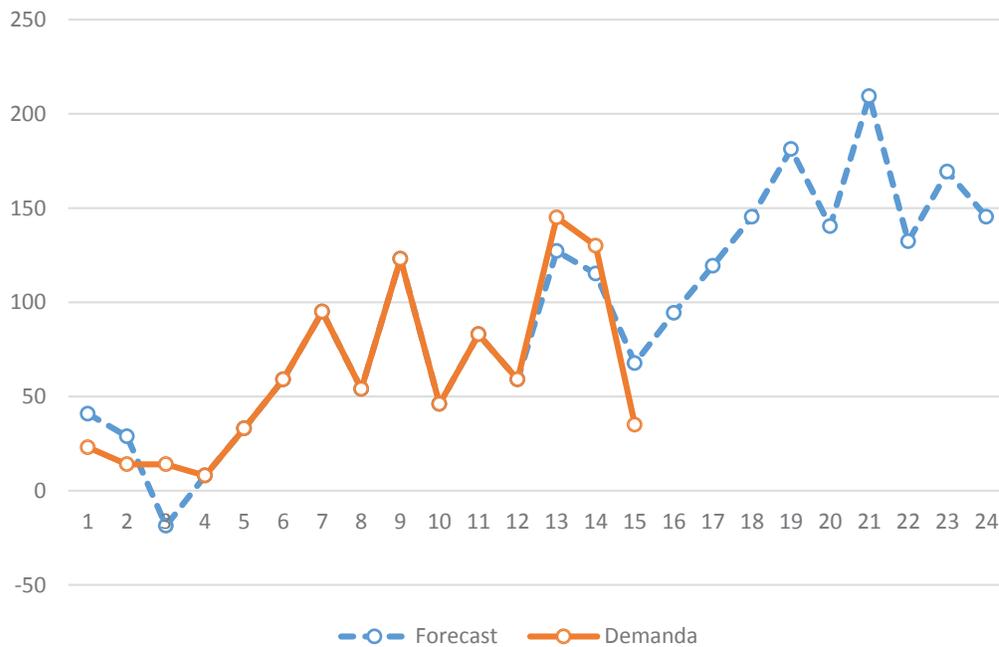
Tabla 7

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo AUT1.5CHI*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	23	41	-17.8	17.8	318.0	77.54
2	14	29	-14.8	14.8	220.0	105.95
3	14	-19	32.7	32.7	1067.1	233.33

4	8	8	0.0	0.0	0.0	0.00
5	33	33	0.0	0.0	0.0	0.00
6	59	59	0.0	0.0	0.0	0.00
7	95	95	0.0	0.0	0.0	0.00
8	54	54	0.0	0.0	0.0	0.00
9	123	123	0.0	0.0	0.0	0.00
10	46	46	0.0	0.0	0.0	0.00
11	83	83	0.0	0.0	0.0	0.00
12	59	59	0.0	0.0	0.0	0.00
13	145	127	17.8	17.8	318.0	12.30
14	130	115	14.8	14.8	220.0	11.41
15	35	68	-32.7	32.7	1067.1	93.33
1		94				
2		119				
3		145				
4		181				
5		140				
6		209				
7		132				
8		169				
9		145				

En la figura 20 se compara los datos obtenidos en a través de la predicción de la demanda, en donde se puede observar que existe un crecimiento de ventas. Por ello es importante llevar un seguimiento del modelo ya que cumple un papel importante dentro de los ingresos de la empresa.



*Figura 20.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo AUT1.5CHI

- Predicción de la demanda para el modelo SUV1.5CHI1

Los datos de la demanda del cuarto modelo dentro de la categoría A, permiten obtener un pronóstico por medio del uso del método de regresión lineal múltiple, para tener un estimado de cómo va a cambiar el rendimiento del mercado y poder planificar el capital de trabajo necesario.

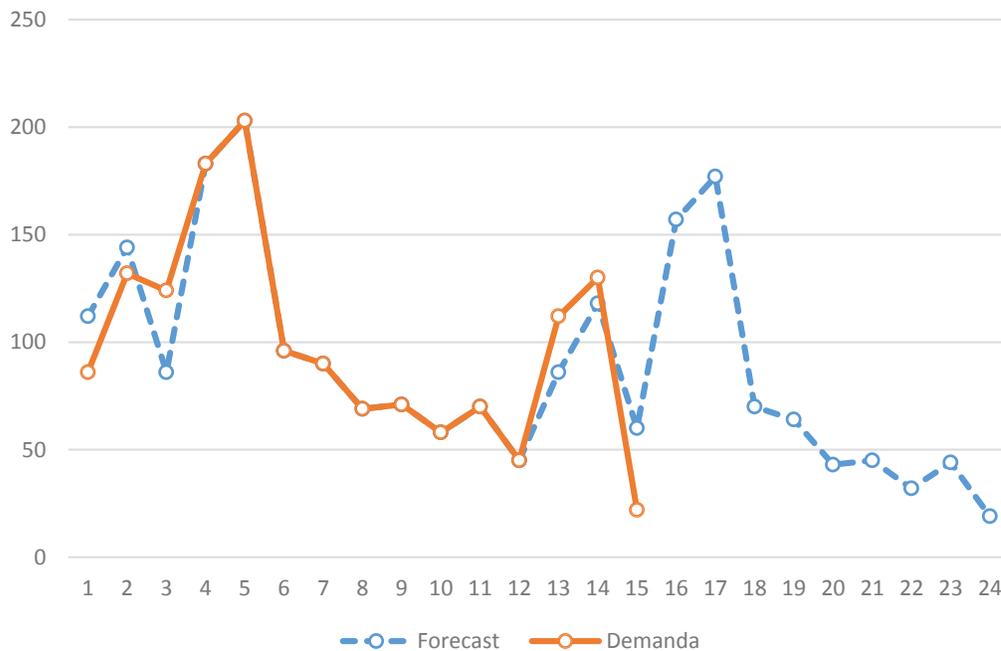
Tabla 8

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.5CHI1*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	86	112	-26.0	26.0	676.0	30.23
2	132	144	-12.0	12.0	144.0	9.09

3	124	86	38.0	38.0	1444.0	30.65
4	183	183	0.0	0.0	0.0	0.00
5	203	203	0.0	0.0	0.0	0.00
6	96	96	0.0	0.0	0.0	0.00
7	90	90	0.0	0.0	0.0	0.00
8	69	69	0.0	0.0	0.0	0.00
9	71	71	0.0	0.0	0.0	0.00
10	58	58	0.0	0.0	0.0	0.00
11	70	70	0.0	0.0	0.0	0.00
12	45	45	0.0	0.0	0.0	0.00
13	112	86	26.0	26.0	676.0	23.21
14	130	118	12.0	12.0	144.0	9.23
15	22	60	-38.0	38.0	1444.0	172.73
1		157				
2		177				
3		70				
4		64				
5		43				
6		45				
7		32				
8		44				
9		19				

Para lograr visualizar los datos obtenidos por la predicción de la demanda, se realiza el gráfico comparativo que muestra a continuación, demostrando la variabilidad que se va a presentar dentro de este modelo en los meses futuros. Brindando la opción de tomar en cuenta la caída de demanda que se predice en meses futuros.



*Figura 21.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.5CHI1

- Predicción de la demanda para el modelo CAM3.2TAI

Los datos obtenidos del modelo Camioneta de Tailandia se pueden analizar a través del método de regresión lineal múltiple para poder obtener la proyección de la demanda hacia el término del año, y continuar con el uso de herramientas que permitan una mejor gestión de inventarios.

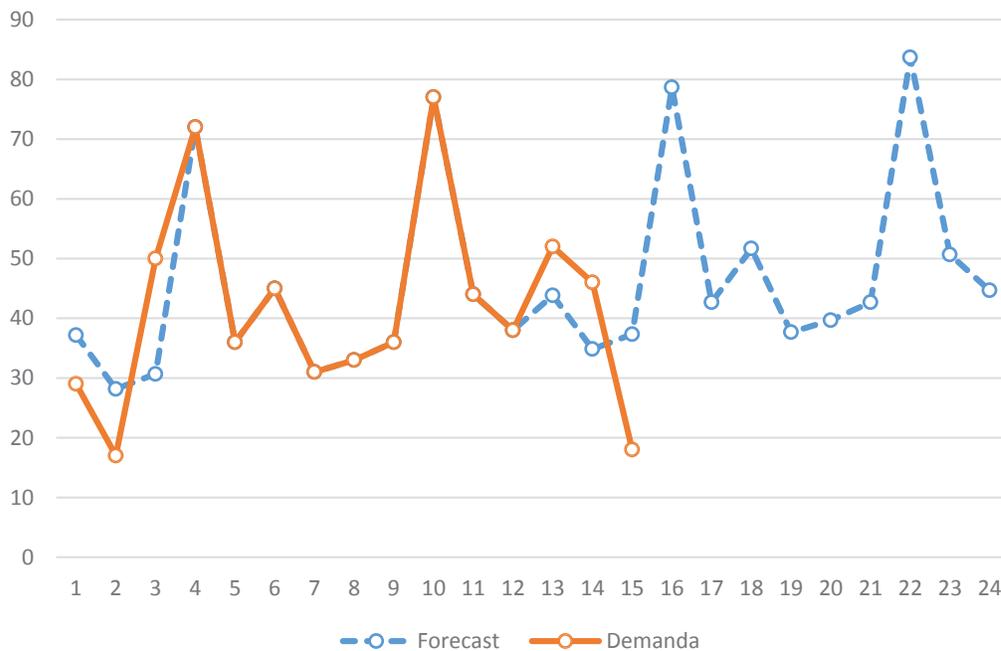
Tabla 9

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo CAM3.2TAI*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	29	37	-8.2	8.2	66.7	28.16
2	17	28	-11.2	11.2	124.7	65.69
3	50	31	19.3	19.3	373.8	38.67
4	72	72	0.0	0.0	0.0	0.00

5	36	36	0.0	0.0	0.0	0.00
6	45	45	0.0	0.0	0.0	0.00
7	31	31	0.0	0.0	0.0	0.00
8	33	33	0.0	0.0	0.0	0.00
9	36	36	0.0	0.0	0.0	0.00
10	77	77	0.0	0.0	0.0	0.00
11	44	44	0.0	0.0	0.0	0.00
12	38	38	0.0	0.0	0.0	0.00
13	52	44	8.2	8.2	66.7	15.71
14	46	35	11.2	11.2	124.7	24.28
15	18	37	-19.3	19.3	373.8	107.41
1		79				
2		43				
3		52				
4		38				
5		40				
6		43				
7		84				
8		51				
9		45				

El gráfico que se presenta a continuación es elaborado por medio de los datos resultantes del pronóstico de la demanda, en donde se enseña los posibles picos de ventas altas durante ciertos meses, lo cual necesitará tener inventario disponible para lograr satisfacer las necesidades del cliente.



*Figura 22.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo CAM3.2TAI

- Predicción de la demanda para el modelo MIN1.2CHI

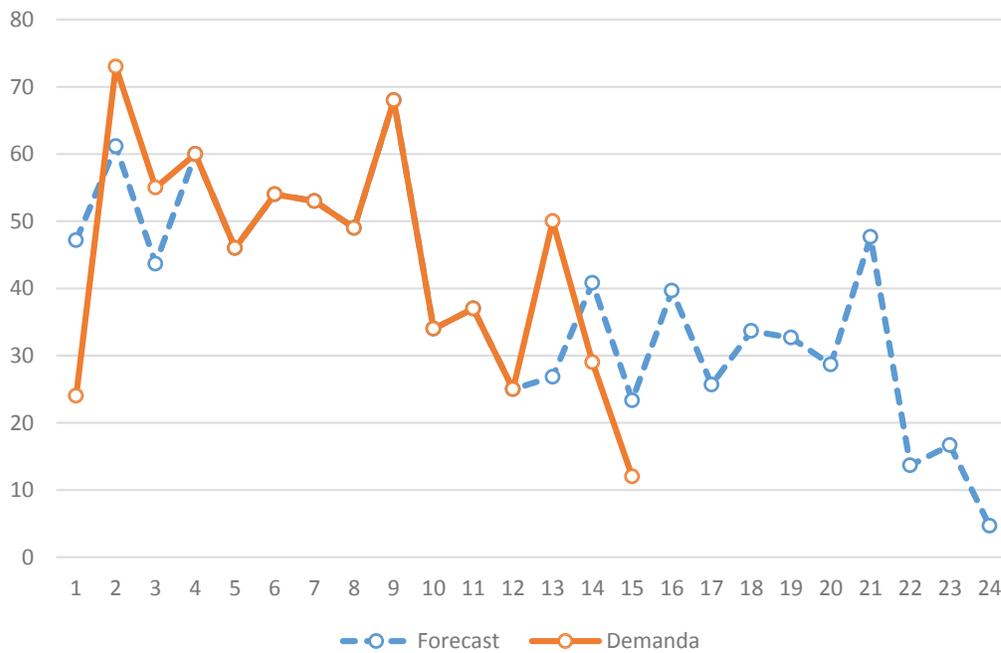
Los datos de la demanda del sexto modelo que se incluye dentro de los ítems A, permiten obtener un pronóstico por medio del método expuesto, con el cual se podría tomar decisiones al momento de la planificación de aprovisionamiento para lograr un inventario solo con unidades necesarias y que no se recurra a costos elevados.

Tabla 10

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo MIN1.2CHI*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	24	47	-23.2	23.2	536.7	96.53
2	73	61	11.8	11.8	140.0	16.21
3	55	44	11.3	11.3	128.4	20.61
4	60	60	0.0	0.0	0.0	0.00
5	46	46	0.0	0.0	0.0	0.00
6	54	54	0.0	0.0	0.0	0.00
7	53	53	0.0	0.0	0.0	0.00
8	49	49	0.0	0.0	0.0	0.00
9	68	68	0.0	0.0	0.0	0.00
10	34	34	0.0	0.0	0.0	0.00
11	37	37	0.0	0.0	0.0	0.00
12	25	25	0.0	0.0	0.0	0.00
13	50	27	23.2	23.2	536.7	46.33
14	29	41	-11.8	11.8	140.0	40.80
15	12	23	-11.3	11.3	128.4	94.44
1		40				
2		26				
3		34				
4		33				
5		29				
6		48				
7		14				
8		17				
9		5				

Al graficar los datos predichos, se pueden visualizar de una manera más efectiva; logrando observar que existe una disminución de la demanda en el futuro que permite mostrar cómo se deberá desempeñar el área en los aspectos de logística para no incurrir en altos niveles de inventario.



*Figura 23.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo MIN1.2CHI

- Predicción de la demanda para el modelo SUV1.5CHI2

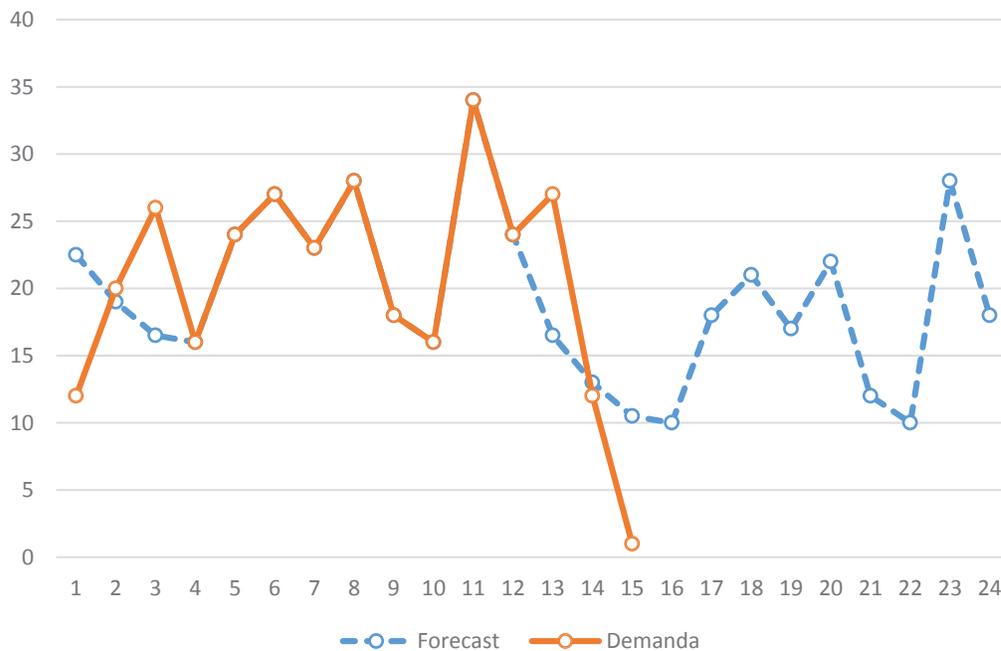
Se procede a realizar el pronóstico de la demanda para el séptimo modelo dentro de la categoría de ítems A; por medio del método de regresión lineal múltiple, en donde se obtiene los datos presentados a continuación.

Tabla 11

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.5CHI2*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	12	23	-10.5	10.5	110.3	87.50
2	20	19	1.0	1.0	1.0	5.00
3	26	17	9.5	9.5	90.3	36.54
4	16	16	0.0	0.0	0.0	0.00
5	24	24	0.0	0.0	0.0	0.00
6	27	27	0.0	0.0	0.0	0.00
7	23	23	0.0	0.0	0.0	0.00
8	28	28	0.0	0.0	0.0	0.00
9	18	18	0.0	0.0	0.0	0.00
10	16	16	0.0	0.0	0.0	0.00
11	34	34	0.0	0.0	0.0	0.00
12	24	24	0.0	0.0	0.0	0.00
13	27	17	10.5	10.5	110.3	38.89
14	12	13	-1.0	1.0	1.0	8.33
15	1	11	-9.5	9.5	90.3	950.00
1		10				
2		18				
3		21				
4		17				
5		22				
6		12				
7		10				
8		28				
9		18				

Las variaciones que presenta la demanda mes a mes influyen en el método de predicción provocando que el pronóstico también sufra cambios durante cada mes. Al comprobar en la gráfica a continuación de la demanda real versus la predicción que existe diferencias en cada mes se lograra determinar el mejor modelo de gestión de inventarios que logre reducir los costos del capital de trabajo.



*Figura 24.* Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.5CHI2

- Predicción de la demanda para el modelo SUV1.8CHI

Para el último modelo de los ítems A se utiliza el método de regresión lineal múltiple, logrando tener una visión clara del futuro mercado y que exista concordancia con la planificación, basada en datos obtenidos a través de modelos matemáticos que se ajusten a la realidad de las ventas que posee esta unidad.

Tabla 12

*Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.8CHI*

Tiempo	Demanda	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	11	27	-15.5	15.5	240.3	140.91
2	22	22	0.5	0.5	0.3	2.27
3	21	6	15.0	15.0	225.0	71.43
4	13	13	0.0	0.0	0.0	0.00
5	14	14	0.0	0.0	0.0	0.00
6	10	10	0.0	0.0	0.0	0.00
7	36	36	0.0	0.0	0.0	0.00
8	36	36	0.0	0.0	0.0	0.00
9	37	37	0.0	0.0	0.0	0.00
10	27	27	0.0	0.0	0.0	0.00
11	42	42	0.0	0.0	0.0	0.00
12	29	29	0.0	0.0	0.0	0.00
13	52	37	15.5	15.5	240.3	29.81
14	31	32	-0.5	0.5	0.3	1.61
15	1	16	-15.0	15.0	225.0	1500.00
1		23				
2		24				
3		20				
4		46				
5		46				
6		47				
7		37				
8		52				
9		39				

El pronóstico del último modelo presenta una demanda baja durante los siguientes meses para incrementar significativamente, lo que permite a dirección llevar un control más seguido para la toma de decisiones de pedidos, esto lo sugiere la gráfica de los datos de la demanda predicha con la real.

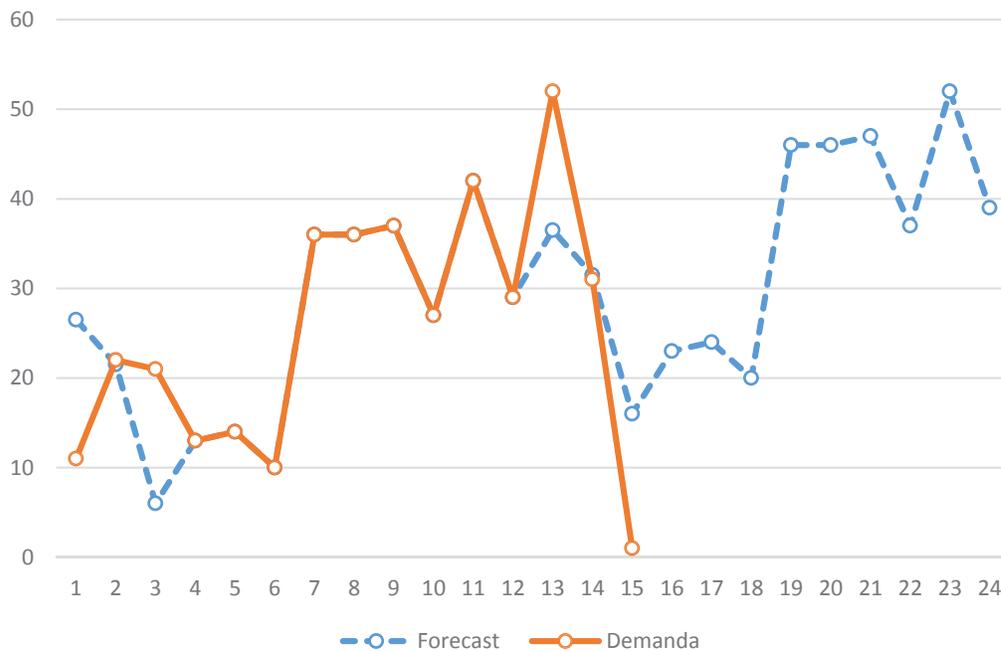


Figura 25. Predicción de la demanda por Regresión Lineal Múltiple del modelo SUV1.8CHI

### 4.3. Indicadores

El modelo SCOR recalca la utilización de indicadores para llevar un control de la gestión realizada dentro de los inventarios, para mantener constante evaluación de los cambios sugeridos y llevar un control del desempeño. Emitiendo alertas al momento que se necesite tomar decisiones de aprovisionamiento a corto o largo plazo.

Dentro de la medición de la gestión de inventarios se identifican dos principales indicadores: rotación de inventarios y meses de inventario. Estos muestran el desempeño que se tiene al momento del análisis.

Se identifica que los indicadores deberán elevar significativamente su desempeño al final del estudio realizado, ya que si existe un aumento de eficiencia de la gestión de inventarios, esta se muestra claramente a través de la medición de los indicadores de gestión.

#### 4.3.1. Rotación de inventario

Este indicador refleja las veces que un artículo circula por el inventario, la administración de este indicador debe reflejar cantidades altas ya que si se tiene un valor bajo muestra que se posee muchos artículos que permanecen almacenados por largo tiempo; en cambio, al poseer una rotación alta, la empresa esta con sus activos en constante movimiento y el flujo de capital de trabajo aumenta.

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Ventas Acumuladas}}{\text{Inventario Promedio}}$$

*Ecuación 18*

En una visión general, el inventario posee un indicador promedio de 1.7 veces de rotación anuales, identificando que existen pocos productos con alta rotación y la gran mayoría de artículos permanecen almacenados alrededor de seis meses hasta ser despachados.

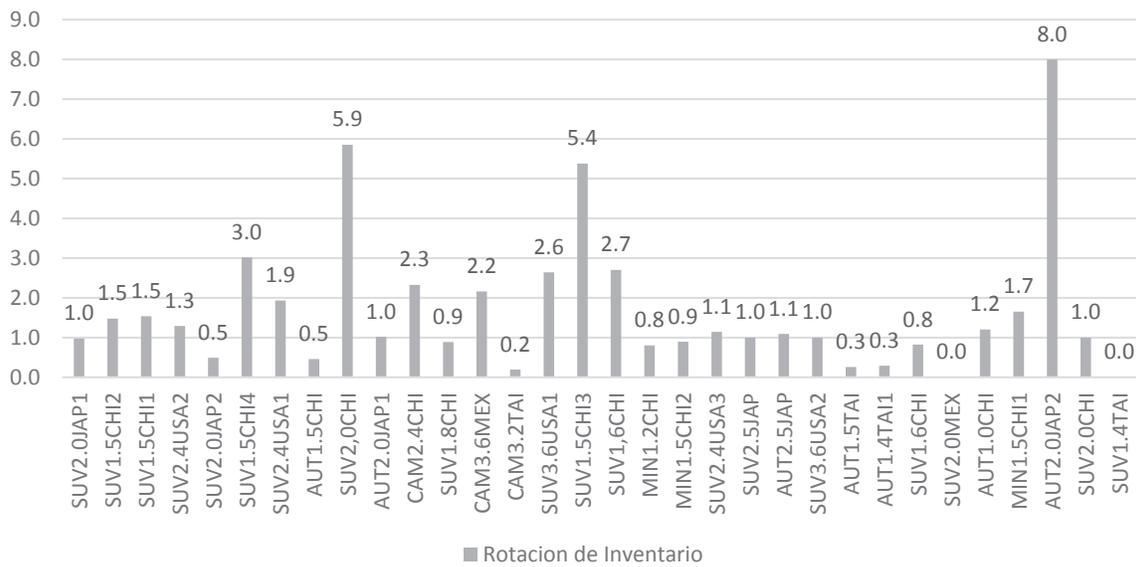


Figura 26. Indicador rotación de inventario

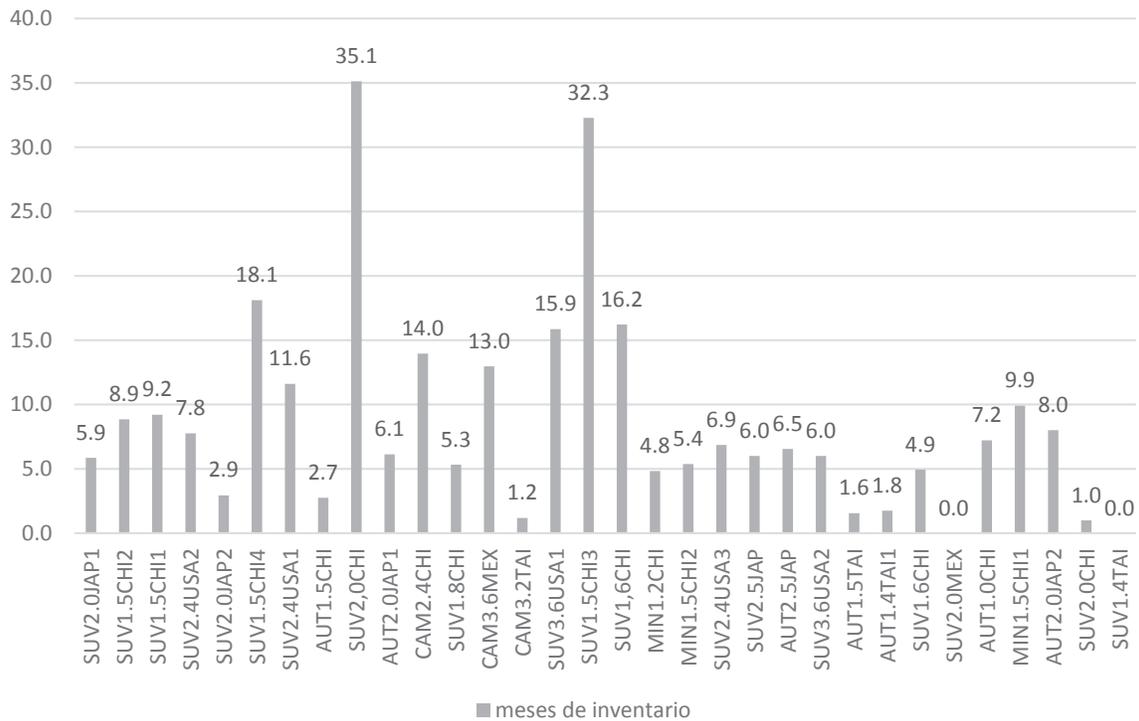
#### 4.3.2. Meses de inventario

Otro indicador clave son los meses disponibles del inventario, donde se refleja el tiempo aproximado de duración de los artículos almacenados; si la cantidad es baja muestra una alta velocidad en el inventario y una eficiente cadena de suministro; se produce lo contrario con niveles altos de inventario.

$$\text{Meses de Inventario} = \frac{\text{Inventario Final}}{\text{Ventas Promedio}}$$

#### Ecuación 19

El indicador actual se encuentra con variaciones pronunciadas dada la demanda real que se tiene y el elevado número de unidades que se encuentran en el inventario. Se observa en la figura, que el inventario actual está disponible para un periodo a largo plazo en varias unidades.



**Figura 27.** Indicador meses de inventario

La disminución de este indicador es clave en el manejo de inventarios al incluir elementos claves como el nivel de servicio que se brinda al cliente para determinar el 'stock' de seguridad y los meses con los cuales la empresa debe tener el producto disponible. El nivel óptimo de meses de inventario se encuentra en el rango de 2 a 2.5 ya que el tiempo de entrega de productos por parte de proveedores se encuentra entre 2 a 4 meses dependiendo del origen.

## 5: Propuesta de mejora

Con el uso de las herramientas descritas en anteriores capítulos, se enfatiza en obtener respuestas a la problemática presentada; por ello, en este capítulo se expone la metodología propuesta a la empresa para obtener una mejor gestión de inventarios provocando mayor ganancia en los activos y reduciendo los gastos que se producen.

Iniciando con el modelo SCOR se propone un manejo diferente del proceso en donde se lleve una evaluación constante del sistema y se establezcan modelos matemáticos que permitan tomar decisiones basadas en datos reales.

Para mantener controlado el inventario se lleva a cabo un plan de producción; en el cual se establece la demanda pronosticada, el inventario disponible, '*stock*' de seguridad y las ordenes en firme; registrando datos en el horizonte de tiempo establecido.

### 5.1. Modelo de referencia de operaciones 'To-Be'

Dentro del modelo SCOR se estudia al proceso para identificar las áreas de mejora y se redefine estableciendo métricas de evaluación con el que se establece metas que son llevadas constante supervisión. Otorgando ganancias en la productividad de la empresa.

Durante el análisis se realiza la mejora en el proceso de aprovisionamiento de vehículos. Se diferencia del actual al unir las diferentes áreas de la empresa

logística, comercial y finanzas para establecer un plan de producción acorde a las necesidades del cliente manteniendo una comunicación activa durante todo el flujo de la cadena.

En la planificación del proceso se gestiona la evaluación de indicadores tanto internos como externos. Los proveedores son valorados acorde al desempeño que poseen; mientras que los internos se mide a los inventarios y el valor de cada producto para obtener el mayor valor de capital.

Junto a la planificación se establece las actividades a realizar que permiten un flujo más rápido; identificando los productos que representan el mayor valor de la empresa para ser estudiados y plantear una predicción que se registra en el plan de producción elaborado por el conjunto de áreas y aprobado por dirección para ser enviado a los proveedores.

El plan de producción permitirá el control de las unidades reduciendo el tiempo que permanecen en bodega y la cantidad de unidades que se posee. Aumentando la rentabilidad de la empresa además que ayuda a sus colaboradores al establecer herramientas de análisis y oportunidades de mejora.

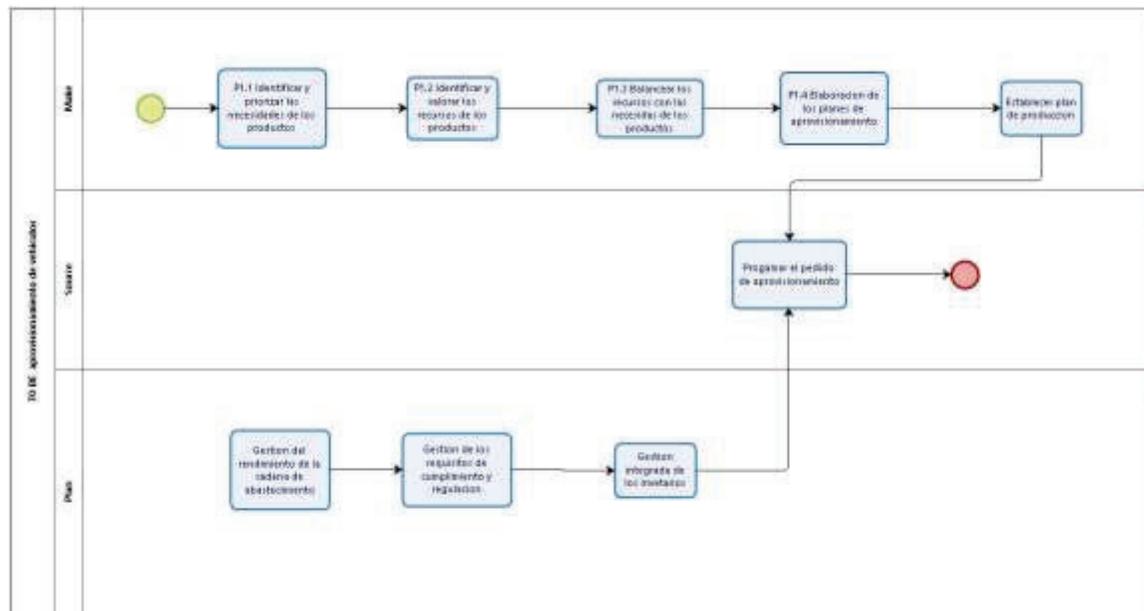


Figura 28. Proceso TO-BE de aprovisionamiento dentro del modelo SCOR

## 5.2. Propuesta de gestión por el lote óptimo de pedido EOQ

El modelo óptimo de pedido realiza un análisis de los costos de pedir y mantener, para tener la cantidad ideal a ser solicitada al proveedor. Para el detalle de cada modelo se sugiere una cantidad diferente de compra, esto va de acuerdo a la predicción de la demanda realizada en los capítulos previos.

La variación entre los costos define si el lote de pedido es alto o bajo; se caracteriza un pedido de compra alto al tener costos elevados al realizar la compra y el gasto de mantenimiento es bajo, lo que permite que la pedidos sean menores y disminuya los egresos. Al contrario, cuando existen altos costos de mantenimiento se procede a realizar pedidos constantes para tener una menor cantidad de artículos en el

inventario. Por ello el inventario es más eficiente cuando se minimiza el mayor costo influyente.

En el análisis de los ítems A del inventario se encontraron las diferentes cantidades de pedido óptimo dependiendo de los costos asociados a cada uno. Al ser el área de logística quien realiza los pedidos a los proveedores se asume el mismo costo para todos los modelos.

- Modelo 'SUV2.0JAP1'

El primer modelo SUV del inventario de origen japonés presenta una demanda aproximada de 602 unidades anuales, con los diferentes costos que se adjuntan a la unidad se obtiene un EOQ de 80 unidades, es decir, cada que se realice una orden de producción hacia el proveedor esa cantidad de vehículos es la óptima en donde los costos son los menores.

*Tabla 13*

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV2.0JAP1*

<b>EOQ</b>	<b>80</b>
Demanda	602
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 2 761.44

- Modelo 'SUV2.0JAP2'

El segundo modelo SUV de Japón posee una demanda alta con un costo de mantener más bajo comparado al de pedir con lo que se permite tener un pedido

óptimo de 117 unidades sugiriendo que se realicen lotes de compra grandes para abastecerse de unidades y tener un nivel de satisfacción alta del cliente.

Tabla 14

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV2.0JAP2*

<b>EOQ</b>	<b>117</b>
Demanda	728
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 1 559.64

- Modelo 'AUT1.5CHI'

El primer automóvil de China posee costos bajos de mantenimiento debido a sus características de influencia en el mercado que otorgan la alta demanda que se tiene por parte de los clientes; motivo por el cual, el lote óptimo de pedido se establece en 344 unidades, caracterizando pedidos con lotes sumamente grandes que faciliten la diversidad de producto y la entrega inmediata a los clientes.

Tabla 15

*Lote económico de pedido EOQ del modelo AUT1.5CHI'*

<b>EOQ</b>	<b>344</b>
Demanda	1647
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 409.09

- Modelo 'SUV1.5CHI1'

El modelo SUV de origen chino se define por una demanda alta conjunto a costos de mantenimiento bajos igual al anterior modelo proveniente del mismo proveedor; con lo que se sugiere un pedido de 229 unidades, es decir, lotes grandes que permita sumar unidades al inventario.

Tabla 16

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV1.5CHI1'*

<b>EOQ</b>	<b>229</b>
Demanda	915
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 513.03

- Modelo 'CAM3.2TAI'

El modelo camioneta proveniente de Tailandia, se predice una demanda media a la que se junta con costos de mantener y pedir para obtener un pedido óptimo de 98 unidades; los lotes se mantienen en cantidades normales con lo que se sugiere realizar pedidos con frecuencia alta para un mejor flujo del inventario.

Tabla 17

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV1.5CHI1*

<b>EOQ</b>	<b>98</b>
Demanda	588
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 1 799.78

- Modelo 'MIN1.2CHI'

El modelo Minivan proveniente de China tiene un costo bajo de mantener, con una demanda media resultando en un pedido de 125 unidades, es decir, lotes grandes que abastezcan a los clientes durante largo tiempo para realizar la menor cantidad de pedidos.

Tabla 18

*Lote económico de pedido EOQ del modelo MIN1.2CHI'*

<b>EOQ</b>	<b>125</b>
Demanda	334
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 628.85

- Modelo 'SUV1.5CHI2'

El modelo SUV al igual de origen chino reflejan una predicción de la demanda bajo con costos de mantenimiento elevados, por ello, los pedidos se los realizan con lotes pequeños, el pedido óptimo es de 26 unidades.

Tabla 19

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV1.5CHI2*

<b>EOQ</b>	<b>26</b>
Demanda	196
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 8 436.73

- Modelo 'SUV1.8CHI'

El modelo SUV de China se diferencia del anterior al tener una demanda más alta y un menor costo de mantenimiento lo que sugiere tener pedidos óptimos de 113 unidades, con lo cual se obtendrá un alto nivel de inventario que logre satisfacer a la demanda del cliente.

Tabla 20

*Lote económico de pedido EOQ del modelo SUV1.8CHI*

EOQ	113
Demanda	418
Costo de pedir	\$ 14 733.33
Costo de mantener	\$ 962.47

### 5.3. Propuesta de gestión de inventarios con el sistema de revisión continúa

El modelo afirma que se debe realizar una constante evaluación del sistema, es decir, permanecer monitoreado a las unidades en la manera que se desempeñan durante el tiempo, por medio de la determinación de niveles de inventario, 'stock' de seguridad, producto en tránsito y pedidos.

De acuerdo a como fluya la demanda se van retirando unidades del inventario, y, simultáneamente se procede a actualizar el punto de reorden del sistema; este tiene en cuenta la demanda durante el tiempo de entrega que toma el proveedor en entregar los productos. El inventario llega al punto donde se sugiere poner la orden de producción.

Al llevar una constante evaluación de las unidades en el inventario se puede plantear el uso de varias estrategias de mercado, logrando que se tenga un sistema pull en donde el nivel de *'stock'* no se eleve demasiado y los productos sean requeridos por la demanda, esto se lo puede llevar con el nivel de satisfacción al cliente; otorgando un nivel bajo el inventario permanece en cantidades mínimas con lo cual se puede disminuir los costos asociados.

### 5.3.1. Inventario de Seguridad y Punto de Reorden

El sistema sugiere una revisión continua de los productos fijando un inventario de seguridad en donde se define el nivel de servicio hacia el cliente, la variación de los tiempos de entrega y la variabilidad de la demanda; mientras que se fija en un punto de pedido basado en la demanda durante el tiempo de entrega.

Con las fórmulas de inventario de seguridad y punto de reorden explicadas anteriormente se realiza el estudio de los ítems A con el objetivo de establecer las métricas en donde se va a realizar la toma de decisiones. El nivel de servicio se establece en un 75% debido a que el propósito del sistema es obtener un inventario pull.

- Modelo 'SUV2.0JAP1'

El primer modelo SUV de origen japonés se caracteriza por una demanda alta siendo uno de los artículos que más valor tienen en el inventario, se necesita un tiempo de entrega de tres meses para tenerla disponible en *'stock'*, tomando en cuenta la desviación estándar del tiempo que toma el proveedor en la entrega y de la demanda, se obtiene un *'stock'* de seguridad de 107 unidades.

El 'stock' de seguridad se mantiene en una cantidad alta al tener un largo período de tránsito de las unidades, cuando el inventario baje de 107 vehículos debe ser suplido inmediatamente.

Tabla 21

*'Stock' de seguridad del modelo SUV2.0JAP1*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>107</b>
LT	3
DS	15
DSL	3
D	50
FC	0.7

De acuerdo a la demanda pronosticada, se estableció el consumo medio que se tiene durante el tiempo de entrega, más el 'stock' de seguridad se obtiene el punto donde se debe realizar el pedido. El análisis resulto en 220 unidades, es decir, que la cantidad de inventario debe ser analizada al llegar a este punto, utilizando el sugerido de compras del sistema.

Tabla 22

*Punto de reorden del modelo SUV2.0JAP1*

Punto de pedido	220
Consumo medio x LT	113
Stock de seguridad	107

- Modelo 'SUV2.0JAP2'

La segunda unidad SUV de Japón con gran influencia dentro del inventario posee un 'stock' de seguridad de 130 unidades, con un tiempo de entrega de tres meses, nivel de servicio hacia el cliente del 75% y una demanda alta. Afirmando que se necesita tener un elevado número de artículos en 'stock' ya que estos son los que más permanecen en constante rotación.

Tabla 23

*'Stock' de seguridad del modelo SUV2.0JAP2*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>130</b>
LT	3
DS	22
DSLTT	3
D	61
FC	0.7

Al tener una demanda totalmente variable, se establece el punto de pedido de acuerdo a los pronósticos de ventas durante el tiempo de entrega del proveedor, junto con el 'stock' de seguridad se establece el primer punto de pedido de 199 unidades. El inventario actual no satisface esa cantidad por lo que el sistema brinda una sugerencia de compras que satisfagan la demanda.

Tabla 24

*Punto de reorden del modelo SUV2.0JAP2*

Punto de pedido	199
Consumo medio x LT	69
Stock de seguridad	130

- Modelo 'AUT1.5CHI'

El primer automóvil de origen chino posee un tiempo de entrega de dos meses con una variabilidad de elevada de la demanda lo muestra la desviación estándar; al igual con un nivel de servicio del 75%, se obtiene que el 'stock' de seguridad es de 105 vehículos.

Tomando en cuenta los anteriores modelos, el 'stock' de seguridad es igual de elevado aunque este modelo se diferencia con un menor tiempo de entrega; es necesario tener alta cantidad de unidades.

Tabla 25

*'Stock' de seguridad del modelo AUT1.5CHI*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>105</b>
LT	2
DS	44
DSL	1
D	137
FC	0.7

La unidad presenta alta demanda en los meses futuros por ello el punto de pedido se eleva a 370 unidades. El inventario actual es menor, lo cual sugiere que se realice el pedido de producción de manera inmediata.

Tabla 26

*Punto de reorden del modelo AUT1.5CHI*

Punto de pedido	370
Consumo medio x LT	265
Stock de seguridad	105

- Modelo 'SUV1.5CHI1'

La unidad SUV de origen chino presenta un 'stock' de seguridad de 76 unidades ya que la demanda es media con alta desviación estándar, además que se tiene solo dos meses de tiempo de entrega y se mantiene el 75% de nivel de servicio. Esta unidad requiere una menor cantidad en el inventario lo que permite optimizar las unidades que se encuentran en él.

Tabla 27

*'Stock' de seguridad del modelo SUV1.5CHI1*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>76</b>
LT	2
DS	54
DSL	1
D	76
FC	0.7

El consumo medio durante el tiempo de entrega sumado al 'stock' de seguridad se obtiene el punto de pedido de 139. En la actualidad el inventario sobrepasa esa cantidad considerablemente, por ello, no se sugiere realizar ningún pedido hasta que se pueda liquidar gran cantidad de artículos; para volver a poner una orden al llegar al punto mencionado

Tabla 28

*Punto de reorden del modelo SUV1.5CHI1*

Punto de pedido	139
Consumo medio x LT	63
Stock de seguridad	76

- Modelo 'CAM3.2TAI'

El modelo camioneta de origen tailandés posee el mayor tiempo de entrega con 4 meses, por ello, se plantea un nivel de servicio del 85% ya que se tiene un período largo de tránsito. La demanda media de la unidad permite que se obtenga un 'stock' de seguridad de 60 unidades, una cantidad no tan representativa en comparación a modelos de origen japonés.

Tabla 29

*'Stock' de seguridad del modelo CAM3.2TAI*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>60</b>
LT	4
DS	18
DSL	1
D	49
FC	1.0

A través del pronóstico de la demanda se obtiene la total de unidades a ser requeridas durante los 4 meses que se demora el proveedor en entregar los productos; aumentado el 'stock' de seguridad resulta el punto de pedido de 232 unidades. Verificando el 'stock' disponible se sugiere realizar la orden de producción debido a que se posee menor cantidad de unidades en inventario que el punto de pedido.

Tabla 30

*Punto de reorden del modelo CAM3.2TAI*

Punto de pedido	232
Consumo medio x LT	172
Stock de seguridad	60

- Modelo 'MIN1.2CHI'

La unidad Minivan proveniente de China tiene una demanda no tan alta por lo que, su 'stock' de seguridad es de 24 unidades con un 75% de nivel de servicio al cliente. Este número sugiere que no se mantenga un elevado inventario de estas unidades ya que el tiempo de entrega no es tan amplio y la demanda no requiere una suma elevada de artículos.

Tabla 31

*'Stock' de seguridad del modelo MIN1.2CHI*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>24</b>
LT	2
DS	14
DSL T	1
D	28
FC	0.7

El punto de pedido del modelo es de 54 unidades siendo un número bajo para poner la nueva orden. El presente inventario no requiere que sea reaprovisionado a corto plazo, porque las unidades aun no alcanzan el punto de pedido.

Tabla 32

*Punto de reorden del modelo MIN1.2CHI*

Punto de pedido	54
Consumo medio x LT	30
Stock de seguridad	24

- Modelo 'SUV1.5CHI2'

La unidad SUV que viene desde China no posee una alta demanda lo caracteriza la baja desviación estándar; por aquello el 'stock' de seguridad es tan solo de 15 artículos.

Tabla 33

*'Stock' de seguridad del modelo SUV1. CHI2*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>15</b>
LT	2
DS	7
DSLTT	1
D	18
FC	0.7

Al poseer una demanda baja el punto de pedido al igual es menor, con 53 unidades; se sugiere que el inventario llegue a ese nivel para volver a reabastecerse, actualmente el inventario sobrepasa considerablemente esa cantidad motivo por el cual no se sugiere realizar ningún pedido hasta liquidar gran parte del inventario en este modelo.

Tabla 34

*Punto de reorden del modelo SUV1. CHI2*

Punto de pedido	53
Consumo medio x LT	38
Stock de seguridad	15

- Modelo 'SUV1.8CHI'

Uno de los modelos SUV de origen chino, posee una demanda mayor al anterior modelo con más variabilidad destacado en la desviación estándar, el tiempo de entrega permanece en dos meses al igual que el nivel de servicio en 75%. Lo que da un 'stock' de seguridad de 29 unidades, un número bajo que se debe mantener en 'stock'.

Tabla 35

*'Stock' de seguridad del modelo SUV1.8CHI*

<b>Stock de seguridad</b>	<b>29</b>
LT	2
DS	16
DSL	1
D	35
FC	0.7

Basado en la demanda pronosticada se tiene el consumo medio en el tiempo de entrega del proveedor para tener el punto de pedido de 113. El inventario disponible aun no baja hasta ese número por lo que se sugiere no realizar ningún pedido de producción.

Tabla 36

*Punto de reorden del modelo SUV1.8CHI*

Punto de pedido	113
Consumo medio x LT	84
Stock de seguridad	29

#### **5.4. Plan Agregado de la Producción MRP I**

Con los dos modelos descritos se procede al análisis del plan de producción notando la varianza de los inventarios al ser restado la demanda predicha, los pedidos de producción y el tiempo de entrega de las órdenes.

El plan de producción permite a la empresa tener una visión más amplia de cómo se desempeña en el tiempo para poder tomar las medidas necesarias que apoyen la ganancia de la compañía. Al tener un plan más acertado, se puede abastecer de cantidades esenciales de productos y materia prima que son necesarios para el acondicionamiento de la unidad.

Durante la elaboración del plan de producción, se une a las diferentes áreas como finanzas, marketing y comercial; manteniendo una comunicación activa, se logra obtener el rendimiento de la empresa reflejado por indicadores y si se necesita realizar alguna gestión en específico se puede llevar una planificación conjunta con las áreas para poder incrementar la rentabilidad de la empresa.

#### 5.4.1. MRP utilizando el modelo de lote óptimo de pedido EOQ

El modelo lote de pedido óptimo sugiere la cantidad en la que se incurre el menor monto de costos, la tabla muestra los datos de los ítems A, en base a ello, se realiza el plan de producción.

Tabla 37

##### *Lote óptimo de pedido EOQ de los ítems A del inventario*

MODELO	COSTO DE PEDIR	COSTO DE MANTENER	EOQ
SUV2.0JAP1	\$ 14 733.33	\$ 2 761.44	80
SUV2.0JAP2	\$ 14 733.33	\$ 1 559.64	117
AUT1.5CHI	\$ 14 733.33	\$ 409.09	344
SUV1.5CHI1	\$ 14 733.33	\$ 513.03	229
CAM3.2TAI	\$ 14 733.33	\$ 1 799.78	98
MIN1.2CHI	\$ 14 733.33	\$ 628.85	125
SUV1.5CHI2	\$ 14 733.33	\$ 8 436.73	26
SUV1.8CHI	\$ 14 733.33	\$ 962.47	113

La orden de pedido se la realiza conforme el inventario va a llegando a niveles del 'stock' de seguridad, se considera el tiempo de entrega por lo que la orden debe ser realizada meses anteriores logrando fluidez del sistema. El plan de producción para cada ítem A se muestra a continuación.

- Modelo 'SUV2.0JAP1'

Con un pedido óptimo de 80 unidades el modelo SUV de origen japonés se plantea realizar el primer pedido en el quinto mes con lo que se obtiene un mejor flujo del inventario manteniendo solo las unidades necesarias para brindar un buen servicio al cliente.

Tabla 38

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo SUV2.0JAP1*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	52	53	69	77	56	41	30	41	50
Recepciones		0	0	0	0	0	0	80	0
Inv Disponible	459	407	353	284	207	150	109	159	117
Inventario final	407	353	284	207	150	109	79	117	67
Lanzamiento de orden					80				
Recepcion de orden planificada				0	0	0	0	80	0
EOQ lote optimo pedido 80									
LT=3									

- Modelo 'SUV2.0JAP2'

El segundo modelo SUV de Japón con pedido óptimo de 117 unidades plantea realizar un pedido de producción al siguiente mes y permanece con los pedidos por tres meses más logrando evitar unos 'stock's grandes que incurran en elevados costos.

Tabla 39

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo SUV2.0JAP2*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	56	34	89	83	81	56	47	80	62
Recepciones		0	0	117	117	0	117	0	117
Inv Disponible	241	185	150	178	212	130	191	144	180
Inventario final	185	150	61	95	130	74	144	63	118
Lanzamiento de orden	117	117		117		117			
Recepcion de orden planificada				117	117	0	117	0	117
EOQ lote optimo pedido 117									
LT=3									

- Modelo 'AUT1.5CHI'

El modelo automóvil de origen chino presenta un lote de 344 unidades con pedido al siguiente mes para abastecerse de suficientes unidades cubriendo la demanda pronosticada, luego realiza un pedido de dos lotes óptimos y finaliza con un pedido en el sexto mes con lo que se asegura 'stock' disponible.

Tabla 40

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo AUT1.5CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	94	119	145	181	140	209	132	169	145
Recepciones		0	344	0	688	0	0	344	0
Inv Disponible	229	135	359	214	721	580	371	583	413
Inventario final	135	15	214	33	580	371	239	413	268
Lanzamiento de orden	344		688			344			
Recepcion de orden planificada			344	0	688	0	0	344	0
EOQ lote optimo pedido 344									
LT=2									

- Modelo 'SUV1.5CHI1'

El modelo SUV de China se sugiere realizar un pedido de lote de 229 unidades con lo que se asegura solo lo necesario en el inventario, enfocándose a la disminución de unidades causantes de altos costos e indicadores de gestión bajos.

Tabla 41

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo SUV1.5CHI1*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	157	177	70	64	43	45	32	44	19
Recepciones		0	0	0	0	0	229	0	0
Inv Disponible	634	477	300	230	166	123	307	275	231
Inventario final	477	300	230	166	123	78	275	231	212
Lanzamiento de orden					229				
Recepcion de orden planificada			0	0	0	0	229	0	0
EOQ lote optimo pedido 229									
LT=2									

- Modelo 'CAM3.2TAI'

El modelo Camioneta de origen tailandés posee un tiempo de entrega de 4 meses por lo que existen pedidos por arribar en los tres primeros meses, además el pedido de lote óptimo es de 98 unidades que se sugiere realizar las ordenes en los dos meses iniciales, después dos veces más, en el cuarto y quinto mes consiguiendo inventarios ajustados a los pedidos de los clientes.

Tabla 42

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo CAM3.2TAI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	79	43	52	38	40	43	84	51	45
Recepciones	45	40	80	0	98	98	0	98	98
Inv Disponible	100	61	99	47	107	166	123	137	185
Inventario final	21	19	47	9	68	123	39	87	140
Lanzamiento de orden	98	98		98	98				
Recepcion de orden planificada	45	40	80		98	98	0	98	98
EOQ lote optimo pedido	98								
LT=4									

- Modelo 'MIN1.2CHI'

El modelo Minivan de origen chino sugiere un pedido óptimo de 125 unidades y solo una orden durante todo el período de estudio mostrando que el inventario va a permanecer abastecido con la cantidad precisa.

Tabla 43

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo MIN1.2CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	40	26	34	33	29	48	14	17	5
Recepciones		0	0	0	125	0	0	0	0
Inv Disponible	209	169	144	110	202	174	126	112	96
Inventario final	169	144	110	77	174	126	112	96	91
Lanzamiento de orden			125						
Recepcion de orden planificada			0	0	125	0	0	0	0
EOQ lote optimo pedido	125								
LT=2									

- Modelo 'SUV1.5CHI2'

EL modelo SUV de China presenta una cantidad elevada de inventario por lo que se sugiere no realizar pedidos iniciales, el lote óptimo de 26 unidades van a ser requeridas en el séptimo mes para lograr liquidar las unidades que representan un elevado costo de almacenamiento; al mismo tiempo, sin incurrir en 'stock' faltante.

Tabla 44

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo SUV1.5CHI2*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	10	18	21	17	22	12	10	28	18
Recepciones		0	0	0	0	0	0	0	26
Inv Disponible	211	201	183	162	145	123	111	101	99
Inventario final	201	183	162	145	123	111	101	73	81
Lanzamiento de orden							26		
Recepcion de orden planificada			0	0	0	0	0	0	26
EOQ lote optimo pedido 26									
LT=2									

- Modelo 'SUV1.8CHI'

El modelo SUV de origen chino posee un pedido óptimo de 113 unidades con dos órdenes, en el tercer y quinto mes obteniendo mayor fluidez de los productos en el inventario aumentando la productividad de la empresa.

Tabla 45

*Plan de producción por el lote óptimo de pedido EOQ del modelo SUV1.8CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	23	24	20	46	46	47	37	52	39
Recepciones		0	0	0	113	0	113	0	0
Inv Disponible	197	174	150	130	197	151	217	180	128
Inventario final	174	150	130	84	151	104	180	128	89
Lanzamiento de orden			113		113				
Recepcion de orden planificada			0	0	113	0	113	0	0
EOQ lote optimo pedido 113									
LT=2									

## 5.4.2. MRP utilizando el sistema de revisión continúa

El sistema de revisión continua toma en cuenta los inventarios de seguridad durante el plan de producción, se realiza la planificación del lote en el punto de pedido, de acuerdo a la sugerencia de pedido que brinda el sistema y el acuerdo entre las áreas involucradas en el proceso.

Tabla 46

*Inventario de Seguridad y Punto de reorden de los ítems A del inventario*

MODELO	Inventario de Seguridad	Punto de Reorden
SUV2.0JAP1	107	220
SUV2.0JAP2	130	199
AUT1.5CHI	105	370
SUV1.5CHI1	76	139
CAM3.2TAI	60	232
MIN1.2CHI	24	54
SUV1.5CHI2	15	53
SUV1.8CHI	29	113

El sugerido de compras presenta en su fórmula las unidades en tránsito, órdenes en firme y unidades brindadas a otras áreas para sus procesos internos como marketing al publicitar unidades; todas las variables son tomadas en cuenta más el inventario de seguridad para brindar un alto servicio al cliente y no tener pérdidas de dinero por falta de producto.

- Modelo 'SUV2.0JAP1'

El modelo de Japón SUV presenta un plan de producción con un único pedido al quinto mes para tener inventarios más ajustado a la demanda pronosticada con lo que se gana un aumento de los indicadores de gestión del área obteniendo en una ganancia representativa para la compañía.

Tabla 47

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo SUV2.0JAP1*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	52	53	69	77	56	41	30	41	50
Recepciones		0	0	0	0	0	0	113	0
Inv Disponible	459	407	353	284	207	150	109	192	150
Inventario final	407	353	284	207	150	109	79	150	100
Lanzamiento de orden					113				
Recepcion de orden planificada				0	0	0	0	113	0

- Modelo 'SUV2.0JAP2'

El segundo modelo SUV japonés tiene un punto de pedido de aproximadamente 200 unidades al poseer un inventario que se acerca al punto, se sugiere un pedido de compras de 71 unidades en el primer mes; en el segundo la cantidad de 56 unidades ya que se considera el anterior pedido; en el tercer un lote de 124 unidades y en los tres meses posteriores continuar con pedidos que suplan la demanda.

Tabla 48

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo SUV2.0JAP2*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	56	34	89	83	81	56	47	80	62
Recepciones		0	0	71	56	124	83	82	56
Inv Disponible	241	185	150	132	105	147	174	209	184
Inventario final	185	150	61	49	23	91	127	128	122
Lanzamiento de orden	71	56	124	83	82	56			
Recepcion de orden planificada				71	56	124	83	82	56

- Modelo 'AUT1.5CHI'

El modelo automóvil de origen chino posee un tiempo de entrega de dos meses por lo que se mantiene pedidos constantes para tener inventarios más eficientes y lograr fluidez en la cadena.

Tabla 49

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo AUT1.5CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	94	119	145	181	140	209	132	169	145
Recepciones		0	151	214	145	181	141	209	132
Inv Disponible	229	135	166	235	199	239	171	248	210
Inventario final	135	15	21	54	58	30	39	78	65
Lanzamiento de orden	151	214	145	181	141	209	132		
Recepcion de orden planificada			151	214	145	181	141	209	132

- Modelo ‘SUV1.5CHI1’

El modelo SUV de China tiene una alta cantidad de unidades en el inventario por lo que toma tiempo en llegar al punto de pedido, en donde se sugiere una orden dos pedidos de 60 y 90 unidades en el quinto y sexto mes respectivamente, asegurando que se mantiene las unidades necesarias para el cliente.

Tabla 50

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo SUV1.5CHI1*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	157	177	70	64	43	45	32	44	19
Recepciones		0	0	0	0	0	60	90	0
Inv Disponible	634	477	300	230	166	123	138	196	152
Inventario final	477	300	230	166	123	78	106	152	133
Lanzamiento de orden					60	90			
Recepcion de orden planificada			0	0	0	0	60	90	0

- Modelo ‘CAM3.2TAI’

La Camioneta de Tailandia presenta unidades en tránsito en los tres primeros meses, son tomadas en cuenta en el primer pedido de producción de 81 unidades para mantener órdenes hasta el quinto mes con un promedio de lote de 50 artículos evitando tener pérdidas por falta de ‘stock’.

Tabla 51

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo CAM3.2TAI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	79	43	52	38	40	43	84	51	45
Recepciones	45	40	80	0	81	76	52	38	39
Inv Disponible	55	100	61	99	47	90	127	136	90
Inventario final	21	19	47	9	51	84	52	40	34
Lanzamiento de orden	81	76	52	38	39				
Recepcion de orden planificada	45	40	80		81	76	52	38	39

- Modelo 'MIN1.2CHI'

El modelo Minivan de China posee un punto de orden de 54 unidades con lo que se sugiere realizar el primer pedido en el quinto mes ya que se tiene demasiadas unidades en inventario que representan costos elevados de mantenimiento; para el sexto y séptimo mes se propone un pedido de 48 y 14 unidades respectivamente manteniendo el nivel óptimo de inventario.

Tabla 52

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo MIN1.2CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	40	26	34	33	29	48	14	17	5
Recepciones		0	0	0	0	0	31	48	14
Inv Disponible	209	169	144	110	77	49	32	66	64
Inventario final	169	144	110	77	49	1	18	50	59
Lanzamiento de orden					31	48	14		
Recepcion de orden planificada			0	0	0	0	31	48	14

- Modelo 'SUV1.5CHI2'

El segundo modelo SUV de China tiene un punto de orden de 53 unidades, por medio de la predicción de la demanda se determinó que el inventario actual disponible es necesario para suplir las necesidades del cliente durante todo el tiempo de análisis.

Tabla 53

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo SUV1.5CHI2*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	10	18	21	17	22	12	10	28	18
Recepciones		0	0	0	0	0	0	0	0
Inv Disponible	211	201	183	162	145	123	111	101	73
Inventario final	201	183	162	145	123	111	101	73	55
Lanzamiento de orden									
Recepcion de orden planificada			0	0	0	0	0	0	0

- Modelo 'SUV1.8CHI'

El último modelo dentro de los ítems A un SUV de China lleva un punto de orden de 113 unidades por lo que al cuarto mes recién sobrepasa el punto por lo cual se sugiere un pedido de producción bajo de 14 unidades para luego mantener tres pedidos seguidos de promedio 45 artículos dejando solo las unidades que son precisas para obtener un inventario pull.

Tabla 54

*Plan de producción por el sistema de revisión continua del modelo SUV1.8CHI*

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DEMANDA	23	24	20	46	46	47	37	52	39
Recepciones		0	0	0	0	14	46	47	37
Inv Disponible	197	174	150	130	84	52	51	61	46
Inventario final	174	150	130	84	38	5	14	9	7
Lanzamiento de orden				14	46	47	37		
Recepcion de orden planificada			0	0	0	14	46	47	37

## 6. Análisis de resultados y de Mejora

En este capítulo se evalúa los métodos utilizados dentro del desarrollo de la propuesta de mejora con la gestión de inventarios por modelos EOQ y sistemas de revisión continua, incluyendo a los costos que se producen durante la cadena de abastecimiento para resaltar al más eficiente.

Los costos totales incluyen los valores de mantenimiento de inventarios y costos de pedir para cada modelo. El modelo de lote óptimo de pedido EOQ se muestra en la tabla 55; y en la tabla 56 se observa los costos por medio del sistema de revisión continua.

Tabla 55

*Costos del modelo lote óptimo de pedido EOQ*

MODELO	EOQ	NUMERO DE PEDIDOS	COSTO TOTAL
SUV2.0JAP1	80	1	\$ 4 910 770.83
SUV2.0JAP2	117	4	\$ 1 649 768.04
AUT1.5CHI	344	3	\$ 972 021.93
SUV1.5CHI1	229	1	\$ 970 502.70
CAM3.2TAI	98	4	\$ 1 054 210.82
MIN1.2CHI	125	1	\$ 627 230.54
SUV1.5CHI2	26	1	\$ 9 970 074.29
SUV1.8CHI	113	2	\$ 957 284.36
			\$21 111 863.51

Tabla 56

*Costos del sistema de revisión continua*

MODELO	PROMEDIO DE PEDIDO	NUMERO DE PEDIDOS	COSTO TOTAL
SUV2.0JAP1	113	1	\$ 5 076 154.63
SUV2.0JAP2	79	6	\$ 1 548 224.79
AUT1.5CHI	168	7	\$ 305 634.15
SUV1.5CHI1	75	2	\$ 934 959.39
CAM3.2TAI	57	5	\$ 716 187.58
MIN1.2CHI	31	3	\$ 469 929.57
SUV1.5CHI2	-	-	\$ 9 735 985.98
SUV1.8CHI	36	2	\$ 647 000.36
			\$19 434 076.45

Por medio del modelo EOQ para cálculo de lotes de inventario, se tiene un total de 17 pedidos durante todo el período de análisis, enfatizando que el número de ordenes son menores pero los lotes de producción son cantidades altas, lo que da un costo total final de \$21'111'863,51 en todo el sistema de gestión.

Mientras que la propuesta de gestión de inventarios aplicando el sistema de Revisión Continua sugiere que se realice pedidos constantes hacia el proveedor, por ello suma un total de 26 órdenes con menor número de unidades en cada lote de producción, llegando a un costo total de \$19'434'076.45; en comparación al modelo EOQ, resulta \$1'677'787.06 menos logrando disminución en los costos finales.

La propuesta de mejora toma en cuenta que el menor costo total de los modelos se presenta para el primer modelo SUV proveniente de Japón se utilice el sistema de gestión por medio del método EOQ y al resto de modelos se sugiere el uso del sistema de revisión continua logrando llegar a un costo de \$19'268'692.65 final durante todo el análisis planificado.

Tabla 57

*Sistema de gestión de inventario por modelo*

MODELO	SISTEMA DE GESTION	COSTO TOTAL
SUV2.0JAP1	Modelo EOQ	\$ 4 910 770.83
SUV2.0JAP2	Sistema de Revision Continua	\$ 1 548 224.79
AUT1.5CHI	Sistema de Revision Continua	\$ 305 634.15
SUV1.5CHI1	Sistema de Revision Continua	\$ 934 959.39
CAM3.2TAI	Sistema de Revision Continua	\$ 716 187.58
MIN1.2CHI	Sistema de Revision Continua	\$ 469 929.57
SUV1.5CHI2	Sistema de Revision Continua	\$ 9 735 985.98
SUV1.8CHI	Sistema de Revision Continua	\$ 647 000.36
		\$ 19 268 692.65

Para lograr una mejora continua durante todo el tiempo de análisis el modelo SCOR hace revisiones periódicas que permiten la evaluación de los indicadores de gestión, para llevar el control de desempeño de los sistemas propuestos y realizar cambios según se necesite.

Considerando que la demanda presenta variaciones en el avance del tiempo, el diseño propuesto se enfoca a un mediano plazo teniendo en cuenta la reacción del mercado a la situación económica del país, con la posibilidad de cambiar la orden de producción de meses posteriores para mantener un sistema en constante evaluación.

Los indicadores estudiados inicialmente señalaron el proceso al cual se adjuntaría las mejoras; uno de ellos es los meses disponibles del inventario, que presenta la cantidad que se tiene en '*stock*' con la demanda promedio real. Durante el análisis se muestra como se desempeña el sistema de gestión en el tiempo de acuerdo al mejor modelo matemático que se acoge con el menor costo.

- Modelo 'SUV2.0JAP1'

Con el primero modelo SUV de Japón se sugiere el uso del modelo EOQ para llevar la gestión de inventarios. Al iniciar el análisis se encontró que el indicador estaba elevado, presentando una cantidad de 7 meses de inventario disponible lo que resulta en una gran inversión en el capital que se tiene, ya que el producto no se encuentra en movimiento. A través de la mejora se obtiene que luego de 4 a 5 meses el indicador se reduce 4 puntos hasta la estabilización y conseguir que el indicador se encuentre en el rango óptimo el cual no debe sobrepasar los 2.5 meses de inventario.



Figura 29. Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo SUV2.0JAP1

El costo total dentro del tiempo de análisis es de \$4'910'770.83, incluyendo el costo del pedido que se realiza en el quinto mes y también el costo de mantener las unidades durante todo el periodo demostrando un incremento en la rentabilidad al tener indicadores altos.

- Modelo 'SUV2.0JAP2'

El segundo modelo SUV de origen japonés, comienza con un inventario alto al implementar un sistema de revisión continua en el manejo de los 'stocks' se logra estabilizar las unidades mediante pedidos constantes hacia los proveedores logrando un permanente movimiento de los artículos que se quedan en bodega.

El indicador de meses de inventario del modelo refleja a mediano plazo, que solo se mantienen las unidades justas para el cliente, y al terminar el análisis se concluye

con un indicador promedio de 2 meses, lo que se encuentra dentro de la cantidad óptima.

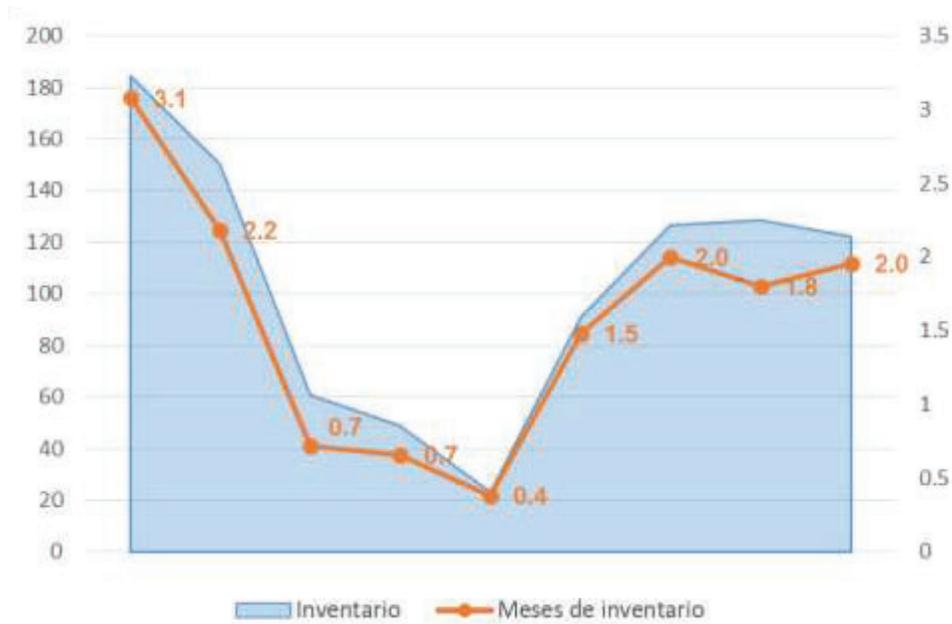


Figura 30. Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo SUV2.0JAP2

A través de constantes pedidos se logra tener un costo total de \$1'548'224.79; se evidencia eficiencia dentro del sistema de revisión continua al mejor el capital de trabajo necesario para la empresa.

- Modelo 'AUT1.5CHI'

El modelo Automóvil de origen chino presenta un inventario normal dentro de la empresa con la nueva gestión de 'stocks' presentado, se optimiza aún más al tener solo las unidades necesarias y los clientes exijan del producto para que la compañía encuentre altos ingresos al vender este artículo. Se muestra este desempeño al

tener un indicador que varía en un promedio de 0.5 meses de inventario y las unidades de 'stock' no llegan a cantidades elevadas



*Figura 31.* Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo AUT1.5CHI

Con el sistema de revisión continua se logra tener un costo final de \$305'634.15; disminuyendo significativamente los costos que se presentan dentro de este modelo mediante pedidos que se ajusten a la demanda predicha, asegurando una alza en los ingresos de la compañía.

- Modelo 'SUV1.5CHI1'

El modelo SUV proveniente de China muestra que existe una gran cantidad de unidades en inventario inicialmente que requiere una mejora para disminuir los

costos anexados a este modelo. El sistema de revisión continua propone realizar pedidos después de una gran liquidación del 'stock', es decir, pedir unidades al proveedor en el quinto y sexto mes para que el flujo de artículos sea eficiente.

El indicador de meses de inventario comienza con 3.5; por medio de la nueva gestión de 'stocks' decrece dentro del rango optimo a mediano plazo, debido a que se realiza pedidos el indicador se vuelve a elevar, por ello, el sistema de revisión continua sugiere estar siempre atento a los cambios que presenta la demanda para ajustar los pedidos cada mes.



*Figura 32.* Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo SUV1.5CHI1

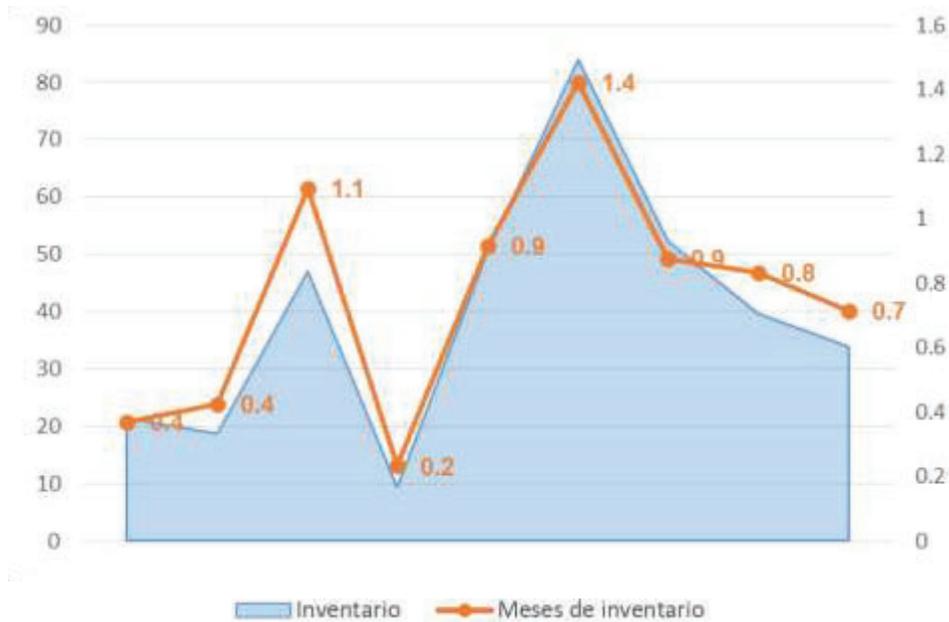
Los costos que se mantienen inicialmente son elevados, pero al utilizar el sistema de gestión de inventarios sugerido se llega a disminuir los gastos. El costo final es

de \$934'959.39 durante todo el período, y con el indicador se verifica una mejor distribución de las unidades que se mantienen almacenadas.

- Modelo 'CAM3.2TAI'

El modelo Camioneta de origen tailandés inicia con el inventario en unidades bajas, debido al tiempo de entrega del proveedor, es necesario la implementación del sistema de gestión de inventarios en donde se realice la predicción de la demanda para tener las unidades que se necesita en el inventario.

El indicador comienza con 0.4 meses de inventario disponible, a través del sistema de revisión continua se logra elevar el indicador para tener más unidades que son útiles para el cliente y tener un mejor control de las unidades.



*Figura 33.* Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo CAM3.2TAI

Con pocas unidades en el inventario durante el período de análisis y con pedidos que abastecen el '*stock*', el costo total final alcanzó a \$716'187.58 un 25% más eficiente que el modelo EOQ.

- Modelo 'MIN1.2CHI'

El modelo Minivan de China posee una gran cantidad de '*stock*' para la demanda mensual que tiene la unidad por ello se sugiere abstenerse de pedidos los primeros 4 meses para comenzar al quinto mes con órdenes de lotes bajos que permitan un inventario ajustado a la demanda.

El indicador inicial muestra un inventario disponible de 5.1 meses, mostrando que se posee alta cantidad de unidades, con el sistema de revisión continua se sugiere la gestión de inventarios por medio del plan de producción y pedido de órdenes de acuerdo a todos las áreas que componen el proceso. Con ello se logra obtener un indicador ajustado al rango óptimo en el cual debería encontrarse el inventario, se comprueba al finalizar con un indicador promedio de 2.



Figura 34. Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo MIN1.2CHI

Al tener pocos pedidos en este modelo, el costo de mantener las unidades en el inventario es el que más representa dentro del costo total de \$469'929.57 al finalizar el análisis, manteniéndose en un costo menor en comparación a los otros modelos.

- Modelo 'SUV1.5CHI2'

El segundo modelo SUV de origen chino representa un elevado valor dentro del inventario al mantener gran cantidad de unidades mientras los clientes no lo demandan. Por ello el indicador comienza con 12.3 meses disponibles de inventario, es decir, con el 'stock' actual es suficiente para todo un año de demanda teniendo grandes costos de capital invertidos en materiales que van a permanecer almacenado en bodegas.

El sistema de revision continua sugiere que no se realice pedidos durante todo el período de análisis para que la demanda retire gran cantidad de unidades en bodega con ello se logra alcanzar al final del período un indicador estable.

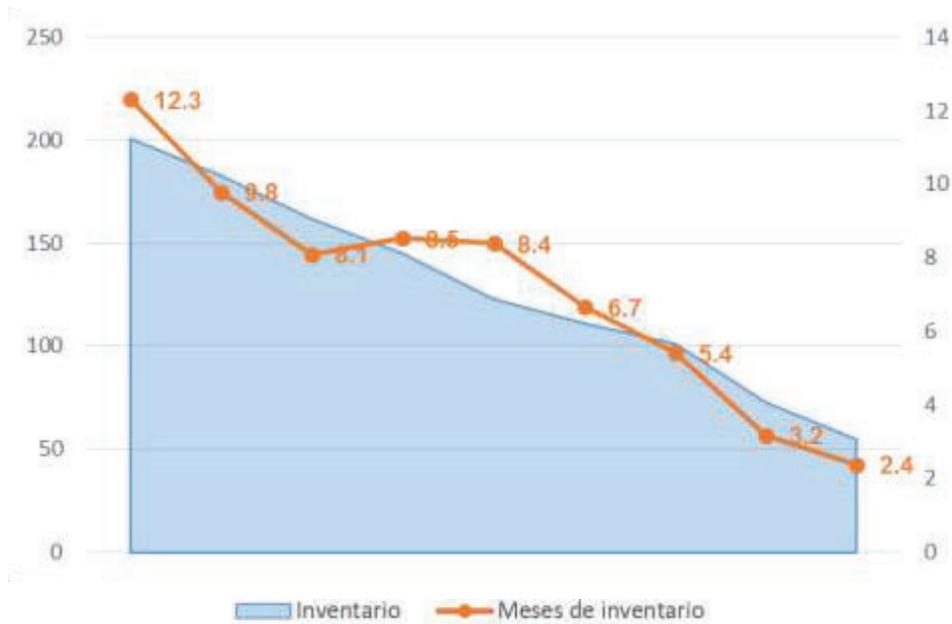


Figura 35. Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo SUV1.5CHI2

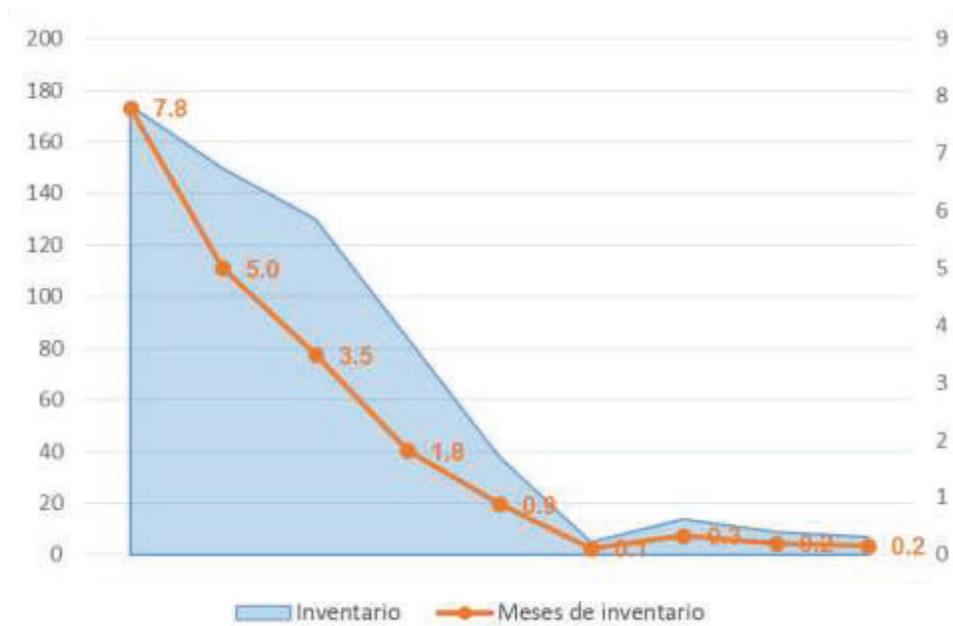
El modelo termina con un costo total final de \$9'735'985.98 siendo el mayor de todas las unidades, al tener una gran cantidad de unidades en 'stock' el costo de mantener los artículos es elevado por lo que se debe ajustar el indicador al rango óptimo, para ello se sugiere no realizar pedidos.

- Modelo 'SUV1.8CHI'

El modelo SUV de China muestra que el inventario con el que se inicia presenta una elevada cantidad de unidades, la propuesta de mejora incluye el uso del sistema de

revisión continua el cual se enfoca en mejorar la gestión de la cadena al lograr que los indicadores lleguen al rango óptimo.

El indicador de meses disponibles de inventario inicia en 7.8; el sistema sugiere que no se realice ningún pedido los primeros meses para lograr que el indicador entre en los rangos objetivos, para que después de la estabilización del inventario se logre tener un indicador promedio de 1 mes; obteniendo eficiencias en el sistema y que el cliente tenga la necesidad de obtener el producto.



*Figura 36.* Evolución del inventario e indicador meses de inventario del modelo SUV1.8CHI

El costo total final del sistema sugerido es de \$647'000.36, logrando disminuir los costos que influyen al modelo cuando se realiza pedidos más ajustados a la demanda predicha.

## 7. Conclusiones Y Recomendaciones

### 7.1. Conclusiones

A través del estudio realizado se pudo comprobar que la empresa distribuidora de vehículos posee actualmente una gran cantidad de unidades en el inventario debido a que, en el proceso de abastecimiento no existe una estandarización y además la toma de decisiones es basada en experiencia del personal; lo que ocasiona que se tengan indicadores con un rendimiento muy bajo, provocando a que los costos se eleven y la productividad del sistema muestre ineficiencias.

Con las herramientas de diagrama causa-efecto, árbol de definición del problema y cinco porqués se encontró la raíz del problema, y junto al modelo referencia de operaciones de la cadena de suministro SCOR, se describió la cadena de suministro así como los actores que influyen dentro de la toma de decisiones: entre estos están los proveedores y clientes. Además, se simplifica el proceso de aprovisionamiento al unir las diferentes áreas para realizar un plan de producción, en donde se toma en cuenta todas las aristas del producto como su demanda, el tiempo de entrega, los costos de mantener las unidades y del lote de pedido.

La clasificación ABC del inventario ayuda a determinar el grado de importancia de los vehículos, y su impacto en los ingresos de la compañía. Aplicando diferentes modelos de gestión para cada categoría, brindando mayor importancia a aquellas unidades que tienen más valor dentro del 'stock' y sugiriendo que se liquiden los productos que no representan altas ganancias.

Se utilizan varios modelos de predicción de la demanda y se sugiere el uso de aquel que más se ajusta a la realidad del mercado, con ello se logra tener una base de datos de demanda basado en modelos matemáticos que permita la realización del plan de producción.

Aplicando modelos de EOQ y de MRP se establecen los tamaños de lotes de pedidos a realizar y se controla el tiempo que toman estos en llegar al inventario.

Se concluye que la empresa distribuidora de vehículos necesita tener un plan de producción mixto, ya que cada SKU tiene una comportamiento de demanda particular que se debe tomar en cuenta con una perspectiva diferente, y utilizar un sistema de gestión de inventarios que se ajuste al menor costo final, llevando una constante evaluación de los indicadores y realizando modificaciones de acuerdo a las necesidades del mercado y la productividad de la compañía.

Para la realización del plan de producción es necesario el aporte de todas las áreas interesadas, por este motivo se reunirá a los departamentos: comercial, finanzas y logística quienes son los encargados de aprobar la planificación inicial de cada mes, logrando tener una clara idea del desarrollo de la empresa en el mercado y cómo van a comportarse los vehículos en ventas; declarando los recursos necesarios para incrementar los indicadores de desempeño y lograr una mejor productividad de la compañía.

Finalmente se concluye que existe un amplio beneficio con la propuesta de mejora, al poseer en la actualidad un indicador de 7.9 meses de inventario disponible y se logra mejorar a 2.5 meses de rotación de inventario al finalizar el análisis. Además se posee un capital promedio mensual de \$2'243'795.87 dólares en el inventario,

con la aplicación de las herramientas sugeridas y el correcto manejo de los artículos se podría reducir el capital requerido a \$1'605'724.38 dólares, logrando una disminución del 28% del costo mensual en el inventario.

## **7.2. Recomendaciones**

Es necesario mantener una capacitación dentro de cada área participante en la elaboración del plan de producción, ya que se necesita entrenar a todo el personal acerca de la planeación sugerida dentro de la propuesta de mejora. Al entender la función que cumple cada colaborador se logra obtener ideas innovadoras que llevan a un mejoramiento continuo del sistema de gestión de inventarios.

Con un enfoque de mejorar la comunicación entre las partes interesadas, se recomienda compartir el plan de producción elaborado hacia los diferentes proveedores, obteniendo sugerencias y comentarios acerca de cómo se va a realizar la producción de vehículos por parte de las fábricas, así todos los involucrados dentro de la cadena de abastecimiento tienen idea de la situación actual y futura del mercado. Con este mecanismo, las fábricas pueden llevar sus propios planes de producción al tener en cuenta la cantidad de SKU's que van a ser requeridos y tomar todas las medidas correspondientes para satisfacer la demanda, que en este caso son los pedidos de la empresa distribuidora de vehículos.

La propuesta de mejora incluye cambios dentro de la gestión de inventarios, por ello se anticipa un rechazo al cambio por parte del personal. Es recomendable motivar a los colaboradores mostrando los beneficios que trae la propuesta y empoderando del nuevo proceso para que se sientan identificados con la empresa.

Al ser una empresa con grandes ingresos económicos se recomienda el análisis de proveedores para la compra de un software dedicado a la predicción de la demanda que tome los datos directamente de los sistemas que se posee y realice el estudio con los métodos explicados, para lograr una automatización del proceso y disminuir los tiempos que toma el estudio de las ventas, logrando que el plan de producción sea más eficiente.

## Referencias

- Álvarez, I. R. (2010). *Propuesta de metodología para el diseño y gestión del inventario de repuestos de sistemas de energía en ETECSA*. La Habana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría CUJAE.
- Arenal, C. (2020). *Gestión de inventarios: UF0476*. Editorial Tutor Formacion .
- Carreño, A. (2017). *Cadena de suministro y logística*. Lima: Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Cruz, A. (2017). *Gestión de inventarios*. . Mala : IC Editorial.
- Fontalvo, T. (2011). *La cadena de suministro: un enfoque práctico para el diseño e implementación del modelo SCOR*. Corporación para la gestión del conocimiento ASD 2000.
- Hernández, C. (2017). *Técnicas operativas en almacén*. Marge Books.
- Hernández, L. (2017). *Técnicas para ahorrar costos logísticos*. Marge Books.
- Iqbal, S., Khalid, R., & Salman, M. (2013). Implementing Supply Chain Operation Reference (SCOR) Model in Manufacturing Firm of a Developing Country. En E. Qi, J. Shen, & D. Runliang, *International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation (IEMI2012) Proceedings*. Springer.
- Jacobs, R., & Chase, R. (2018). *Administración de operaciones*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Keating, B. (2019). *Forecasting Predictive Analytics*. McGraw-Hill Interamericana.
- Keating, B. (2019). *Forecasting Predictive Analytics*. McGraw-Hill Interamericana.
- Krajewski, L., Malhotra, M., & Ritzman, L. (2013). *Administracion de Operaciones*. Mexico: Pearson Education.
- Miguel Rojas, Erica Guisao, José Cano . (2011). *Logística integral*. Bogota: Ediciones de la U.

- Mora, L. (2012). *Modelos de optimización de la gestión logística*. Ecoe Ediciones.
- Mora, L. (2016). *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento (2a ed.)*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Publishing, M. (2010). *Compras e inventarios*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Render, B., & Jay, H. (2014). *Principios de Administración de Operaciones*. Mexico : Pearson Educacion.
- Robert Jacobs, R. C. (2014). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministros (13a. ed.)*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Rojas, M. (2011). *Logística integral: una propuesta práctica para su negocio*. Ediciones de la U.
- Santander, A., Amaya, J., & Vilorio, C. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Torres, L. (2010). *Gestión de procesos I*. Madrid: Editorial Universitaria.

## ANEXOS

# ANEXO 1

## FORECAST MODELO SUV2.0JAP1

Tiempo	Mes	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	Enero	74	74	3.0					
2	Febrero	77	76	2.8	77	0.0	0.0	0.0	0.00
3	Marzo	101	78	2.7	79	22.1	22.1	487.5	21.86
4	Abril	93	87	3.9	81	12.0	12.0	142.8	12.85
5	Mayo	94	92	4.0	91	3.1	3.1	9.4	3.26
6	Junio	110	95	3.9	96	14.4	14.4	207.9	13.11
7	Julio	118	102	4.6	99	19.0	19.0	359.6	16.07
8	Agosto	97	110	5.3	107	-9.9	9.9	98.3	10.22
9	Septiembre	82	110	4.1	115	-33.5	33.5	1121.9	40.85
10	Octubre	71	104	2.2	114	-43.1	43.1	1856.7	60.69
11	Noviembre	82	96	0.1	107	-24.7	24.7	609.2	30.10
12	Diciembre	91	92	-0.8	96	-5.1	5.1	25.6	5.55
13	Enero	60	91	-0.8	91	-31.1	31.1	965.5	51.79
14	Febrero	48	81	-2.6	90	-42.3	42.3	1787.7	88.09
15	Marzo	22	69	-4.4	79	-56.6	56.6	3204.7	257.32
1	Abril				65				
2	Mayo				61				
3	Junio				56				
4	Julio				52				
5	Agosto				47				
6	Septiembre				43				
7	Octubre				38				
8	Noviembre				34				
9	Diciembre				30				

Tiempo	Mes	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	Enero	74			0.86					
2	Febrero	77			0.89					
3	Marzo	101			1.17					
4	Abril	93			1.08					
5	Mayo	94	110	23.3	0.77					
6	Junio	110	131	23.0	0.74	119	-8.6	8.6	74.3	7.84
7	Julio	118	148	21.7	0.93	181	-62.9	62.9	3959.7	53.33
8	Agosto	97	143	16.5	0.86	183	-85.8	85.8	7355.1	88.41
9	Septiembre	82	135	11.5	0.73	123	-40.7	40.7	1653.5	49.59
10	Octubre	71	130	8.2	0.79	108	-37.1	37.1	1377.8	52.28
11	Noviembre	82	130	6.6	0.92	128	-46.3	46.3	2145.7	56.49
12	Diciembre	91	125	4.3	0.82	118	-27.0	27.0	731.0	29.71
13	Enero	60	111	0.7	0.73	95	-34.7	34.7	1207.4	57.91
14	Febrero	48	98	-2.1	0.76	89	-40.8	40.8	1666.9	85.06
15	Marzo	22	76	-6.2	1.00	88	-66.1	66.1	4364.7	300.30
1	Abril					57				
2	Mayo					46				
3	Junio					43				
4	Julio					51				
5	Agosto					36				
6	Septiembre					28				
7	Octubre					24				
8	Noviembre					26				
9	Diciembre					16				

## ANEXO 2

### FORECAST MODELO SUV2.0JAP2

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	30	30	37.0					
2	67	57	26.6	67	0.0	0.0	0.0	0.00
3	105	79	22.1	83	21.7	21.7	471.8	20.69
4	78	102	23.3	101	-22.8	22.8	520.0	29.23
5	56	112	10.0	125	-69.2	69.2	4793.5	123.63
6	111	104	-8.5	122	-11.0	11.0	121.9	9.95
7	105	100	-4.0	95	9.9	9.9	98.2	9.44
8	103	98	-1.4	96	7.5	7.5	55.7	7.24
9	78	99	0.4	97	-18.8	18.8	354.6	24.14
10	69	93	-5.5	99	-29.9	29.9	895.8	43.38
11	102	82	-10.7	88	14.4	14.4	207.9	14.14
12	84	80	-2.2	72	12.3	12.3	151.6	14.66
13	62	80	-0.5	78	-16.0	16.0	255.0	25.76
14	62	74	-5.3	79	-17.1	17.1	293.9	27.65
15	13	67	-7.3	69	-56.0	56.0	3139.1	430.98

1	60
2	52
3	45
4	38
5	31
6	23
7	16
8	9
9	2

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	30			0.43					
2	67			0.96					
3	105			1.50					
4	78			1.11					
5	56	131	60.7	0.25					
6	111	201	70.3	0.41	183	-72.1	72.1	5203.2	64.98
7	105	248	47.3	0.55	407	-302.0	302.0	91180.0	287.58
8	103	263	14.9	0.39	329	-226.3	226.3	51207.5	219.70
9	78	248	-14.8	0.23	70	7.5	7.5	56.7	9.66
10	69	239	-9.3	0.46	95	-26.3	26.3	693.2	38.16
11	102	233	-6.4	0.46	127	-24.9	24.9	618.9	24.39
12	84	216	-17.0	0.47	89	-5.3	5.3	27.7	6.26
13	62	193	-22.9	0.38	45	16.5	16.5	272.9	26.64
14	62	184	-8.5	0.38	78	-15.7	15.7	247.9	25.39
15	13	155	-29.5	0.64	81	-68.5	68.5	4688.0	526.68

1	59
2	37
3	25
4	23
5	3
6	-9
7	-20
8	-52
9	-52

### ANEXO 3

### FORECAST MODELO AUT1.5CHI

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	23	23	-9.0					
2	14	17	-7.2	14	0.0	0.0	0.0	0.00
3	14	12	-6.4	10	3.8	3.8	14.8	27.47
4	8	8	-4.6	5	2.8	2.8	8.0	35.42
5	33	5	-3.8	4	29.2	29.2	852.1	88.46
6	59	13	2.5	2	57.4	57.4	3298.4	97.34
7	95	32	11.2	16	79.2	79.2	6277.1	83.40
8	54	62	21.7	43	10.9	10.9	119.9	20.27
9	123	73	15.6	84	39.0	39.0	1519.6	31.69
10	46	101	22.6	88	-42.5	42.5	1805.0	92.36
11	83	95	6.9	124	-40.9	40.9	1670.9	49.25
12	59	95	3.1	102	-42.8	42.8	1835.0	72.61
13	145	83	-4.7	98	47.0	47.0	2213.4	32.45
14	130	103	8.6	79	51.2	51.2	2625.5	39.42
15	35	119	12.2	112	-77.0	77.0	5926.3	219.95
1				131				
2				143				
3				155				
4				168				
5				180				
6				192				
7				204				
8				216				
9				229				

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	23			1.56					
2	14			0.95					
3	14			0.95					
4	8			0.54					
5	33	21	6.4	1.56					
6	59	28	6.4	0.95	26	32.8	32.8	1077.6	55.64
7	95	39	6.4	0.95	33	62.1	62.1	3859.8	65.40
8	54	46	6.4	0.54	24	29.5	29.5	870.7	54.64
9	123	63	6.4	1.56	82	41.4	41.4	1716.7	33.68
10	46	67	6.4	0.95	66	-20.1	20.1	405.7	43.79
11	83	74	6.4	0.95	70	13.2	13.2	173.4	15.87
12	59	80	6.4	0.54	44	15.1	15.1	229.4	25.67
13	145	97	6.4	1.56	134	10.7	10.7	115.5	7.41
14	130	103	6.4	0.95	99	31.4	31.4	985.1	24.14
15	35	104	6.4	0.95	103	-68.5	68.5	4689.0	195.65
1					60				
2					183				
3					117				
4					124				
5					74				
6					223				
7					142				
8					148				
9					88				

ANEXO 4

FORECAST MODELO SUV1.5CHI1

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	86	86	46.0					
2	132	107	40.9	132	0	0.0	0.0	0.00
3	124	139	39.2	148	-23.6	23.6	554.6	18.99
4	183	148	33.2	178	4.8	4.8	23.2	2.63
5	203	182	33.4	182	21.5	21.5	461.1	10.58
6	96	209	32.0	216	-119.7	119.7	14336.1	124.72
7	90	161	16.0	241	-150.7	150.7	22710.2	167.44
8	69	129	6.4	177	-107.9	107.9	11643.6	156.38
9	71	99	-0.9	135	-64.4	64.4	4147.9	90.71
10	58	83	-3.9	98	-39.9	39.9	1590.9	68.77
11	70	68	-6.2	79	-9.2	9.2	84.7	13.14
12	45	66	-5.2	61	-16.3	16.3	266.1	36.25
13	112	52	-7.0	61	51.1	51.1	2614.3	45.65
14	130	82	0.4	45	84.9	84.9	7202.9	65.28
15	22	109	5.6	82	-60.4	60.4	3649.2	274.59
1				114				
2				120				
3				126				
4				131				
5				137				
6				143				
7				148				
8				154				
9				159				

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	86			0.66					
2	132			1.01					
3	124			0.94					
4	183			1.39					
5	203	133	1.8	0.65					
6	96	138	4.2	0.97	136	-39.5	39.5	1564.0	41.19
7	90	127	-6.9	0.97	135	-44.7	44.7	1993.8	49.61
8	69	106	-16.7	1.60	167	-97.9	97.9	9584.7	141.89
9	71	78	-24.7	1.83	58	13.2	13.2	173.0	18.52
10	58	64	-17.1	1.29	52	6.5	6.5	41.7	11.13
11	70	54	-11.8	1.38	45	24.9	24.9	620.3	35.58
12	45	44	-10.9	1.59	68	-22.7	22.7	517.2	50.54
13	112	44	-3.1	1.70	60	52.0	52.0	2708.2	46.46
14	130	50	3.3	1.21	53	77.1	77.1	5944.1	59.31
15	22	42	-4.3	1.54	74	-51.5	51.5	2654.2	234.18
1					60				
2					57				
3					36				
4					39				
5					33				
6					28				
7					14				
8					12				
9					5				

ANEXO 5

## FORECAST MODELO CAM3.2TAI

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	29	29	-12.0					
2	17	23	-7.2	17	0.0	0.0	0.0	0.00
3	50	16	-6.7	16	34.2	34.2	1169.6	68.40
4	72	30	9.4	10	62.3	62.3	3883.8	86.56
5	36	56	22.5	39	-3.2	3.2	10.5	9.02
6	45	57	5.7	78	-33.1	33.1	1097.8	73.63
7	31	54	-1.4	63	-31.7	31.7	1006.3	102.33
8	33	42	-10.0	52	-19.4	19.4	377.4	58.87
9	36	32	-9.5	32	4.3	4.3	18.4	11.92
10	77	29	-4.2	23	54.1	54.1	2930.4	70.30
11	44	51	16.5	25	18.8	18.8	353.5	42.73
12	38	56	7.1	68	-29.6	29.6	875.3	77.86
13	52	50	-2.9	63	-10.8	10.8	117.6	20.85
14	46	50	-1.1	48	-1.5	1.5	2.4	3.34
15	18	47	-2.2	49	-30.7	30.7	940.5	170.38

1	45
2	43
3	41
4	39
5	36
6	34
7	32
8	30
9	28

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	29			0.69					
2	17			0.40					
3	50			1.19					
4	72			1.71					
5	36	52	10.1	0.61					
6	45	64	11.9	0.32	25	19.8	19.8	391.8	43.98
7	31	76	12.3	0.87	90	-59.3	59.3	3521.8	191.43
8	33	52	-24.2	1.52	152	-118.9	118.9	14135.4	360.28
9	36	24	-28.3	1.15	17	19.0	19.0	361.8	52.84
10	77	74	50.2	0.49	-1	78.5	78.5	6158.9	101.92
11	44	132	57.9	0.49	108	-63.9	63.9	4078.6	145.15
12	38	102	-29.7	0.80	287	-249.5	249.5	62239.5	656.52
13	52	50	-52.6	0.90	84	-31.6	31.6	996.6	60.71
14	46	23	-26.8	2.23	-1	47.5	47.5	2254.5	103.22
15	18	20	-2.5	1.50	-2	20.0	20.0	400.6	111.20

1	14
2	14
3	28
4	15
5	6
6	5
7	6
8	0
9	-2

ANEXO 6

FORECAST MODELO MIN1.2CHI

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	24	24	49.0					
2	73	44	19.7	73	0.0	0.0	0.0	0.00
3	55	69	25.5	63	-8.3	8.3	69.4	15.15
4	60	71	1.8	95	-34.6	34.6	1195.3	57.62
5	46	65	-5.8	73	-26.6	26.6	709.9	57.92
6	54	51	-13.8	59	-5.3	5.3	27.7	9.75
7	53	47	-3.9	38	15.4	15.4	237.9	29.10
8	49	49	1.8	43	5.5	5.5	30.3	11.24
9	68	50	0.6	51	17.0	17.0	290.4	25.06
10	34	61	11.1	50	-16.4	16.4	268.6	48.20
11	37	49	-11.7	72	-35.1	35.1	1230.5	94.81
12	25	37	-12.0	38	-12.6	12.6	159.6	50.53
13	50	25	-12.2	25	24.8	24.8	613.8	49.55
14	29	35	10.0	13	16.1	16.1	258.3	55.42
15	12	35	0.4	45	-33.2	33.2	1099.1	276.27
1				36				
2				36				
3				37				
4				37				
5				37				
6				38				
7				38				
8				38				
9				39				

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	24			0.45					
2	73			1.38					
3	55			1.04					
4	60			1.13					
5	46	102	48.6	0.36					
6	54	132	44.9	1.03	207	-152.8	152.8	23358.0	283.02
7	53	95	28.6	0.85	183	-130.5	130.5	17024.4	246.18
8	49	78	19.5	0.98	140	-90.9	90.9	8256.7	185.44
9	68	76	15.1	0.47	35	32.5	32.5	1057.9	47.83
10	34	93	15.4	0.84	94	-59.6	59.6	3546.9	175.16
11	37	65	6.9	0.83	91	-54.3	54.3	2950.9	146.82
12	25	47	1.9	1.01	71	-45.7	45.7	2084.9	182.64
13	50	50	2.1	0.84	23	27.3	27.3	743.6	54.54
14	29	58	3.3	0.74	44	-15.2	15.2	230.6	52.37
15	12	34	-2.3	0.95	51	-39.2	39.2	1533.9	326.38
1					31				
2					24				
3					20				
4					23				
5					22				
6					17				
7					13				
8					14				
9					13				

## ANEXO 7

### FORECAST MODELO SUV1.5CHI2

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	12	12	8.0					
2	20	15	7.0	20	0.0	0.0	0.0	0.00
3	26	21	6.8	22	3.7	3.7	14.0	14.41
4	16	27	6.6	28	-11.7	11.7	136.3	72.98
5	24	23	4.5	33	-9.2	9.2	85.5	38.52
6	27	25	4.1	27	-0.4	0.4	0.2	1.58
7	23	28	3.8	29	-6.5	6.5	41.9	28.14
8	28	27	2.7	32	-3.8	3.8	14.4	13.55
9	18	29	2.6	29	-11.3	11.3	127.2	62.65
10	16	23	1.0	31	-15.1	15.1	228.2	94.42
11	34	19	0.0	24	9.7	9.7	94.4	28.57
12	24	28	1.8	19	4.6	4.6	21.5	19.34
13	27	26	1.1	30	-2.9	2.9	8.5	10.78
14	12	27	1.0	27	-15.5	15.5	238.7	128.76
15	1	19	-0.9	28	-27.2	27.2	740.2	2720.57
1				18				
2				17				
3				16				
4				15				
5				14				
6				13				
7				12				
8				11				
9				10				

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	12			0.65					
2	20			1.08					
3	26			1.41					
4	16			0.86					
5	24	37	18.5	0.51					
6	27	47	17.0	0.81	60	-33.0	33.0	1089.0	122.22
7	23	39	12.4	1.10	90	-67.4	67.4	4541.4	293.00
8	28	33	9.1	0.71	44	-16.4	16.4	267.8	58.45
9	18	29	6.9	0.64	21	-3.5	3.5	12.0	19.24
10	16	33	6.3	0.81	29	-13.2	13.2	174.8	82.62
11	34	41	6.6	0.87	43	-9.4	9.4	89.1	27.76
12	24	32	3.8	0.77	34	-9.8	9.8	95.4	40.70
13	27	37	4.0	0.57	23	3.8	3.8	14.3	14.03
14	12	28	1.6	0.71	33	-21.5	21.5	462.0	179.11
15	1	13	-1.4	1.61	26	-24.9	24.9	618.3	2486.58
1					9				
2					6				
3					6				
4					12				
5					5				
6					3				
7					2				
8					3				
9					0				

ANEXO 8

## FORECAST MODELO SUV1.8CHI

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	11	11	11.0					
2	22	17	9.6	22	0.0	0.0	0.0	0.00
3	21	25	9.0	27	-5.9	5.9	34.3	27.91
4	13	28	7.4	34	-20.8	20.8	431.1	159.71
5	14	26	4.5	36	-21.6	21.6	468.4	154.59
6	10	23	2.5	30	-20.4	20.4	416.2	204.01
7	36	19	0.5	26	10.2	10.2	104.2	28.36
8	36	27	2.6	19	16.5	16.5	273.7	45.95
9	37	32	3.4	29	7.8	7.8	61.2	21.13
10	27	36	3.6	36	-8.6	8.6	73.3	31.70
11	42	34	2.0	40	2.2	2.2	4.9	5.25
12	29	39	2.7	36	-7.3	7.3	52.8	25.06
13	52	36	1.2	41	10.5	10.5	110.9	20.25
14	31	44	3.0	37	-6.2	6.2	38.9	20.11
15	1	40	1.0	47	-45.6	45.6	2082.0	4562.90

1	41
2	42
3	43
4	44
5	45
6	46
7	47
8	48
9	49

Tiempo	Demanda	F(t)	Tt	St	Forecast	Error (e)	Error abs	Error ^2	Error %
1	11			0.66					
2	22			1.31					
3	21			1.25					
4	13			0.78					
5	14	21	4.6	0.55					
6	10	26	4.6	0.95	34	-24.0	24.0	576.0	240.00
7	36	30	4.6	0.81	38	-2.2	2.2	4.8	6.06
8	36	35	4.6	0.46	27	8.8	8.8	77.8	24.49
9	37	40	4.6	0.40	22	15.3	15.3	235.2	41.45
10	27	44	4.6	0.39	42	-15.1	15.1	226.9	55.79
11	42	49	4.6	0.76	40	2.3	2.3	5.3	5.50
12	29	53	4.6	0.63	25	4.4	4.4	19.7	15.30
13	52	58	4.6	0.59	23	29.1	29.1	844.4	55.88
14	31	62	4.6	0.42	24	6.8	6.8	46.5	22.01
15	1	67	4.6	0.66	51	-49.6	49.6	2462.5	4962.35

1	45
2	45
3	34
4	56
5	56
6	55
7	42
8	68
9	68

## ANEXO 9

### USO DEL INVENTARIO

MODELO	Costo promedio por mes	Inventario	Uso	% Uso	Acumulado
SUV1.5CHI	\$137,799.92	634	\$87,365,147.47	21%	21%
SUV2.0JAP	\$138,072.12	459	\$63,375,104.65	15%	36%
SUV1.5CHI	\$84,038.68	634	\$53,280,521.40	13%	49%
SUV2.0JAP	\$94,618.27	459	\$43,429,787.48	10%	60%
SUV1.5CHI	\$39,118.31	634	\$24,801,009.58	6%	66%
SUV1.5CHI	\$34,440.38	634	\$21,835,199.88	5%	71%
SUV2.4USA	\$239,121.22	58	\$13,869,031.03	3%	74%
AUT1.5CHI	\$56,147.95	229	\$12,857,881.50	3%	78%
SUV2.0CHI	\$37,023.25	240	\$8,885,580.96	2%	80%
AUT2.0JAP	\$87,648.59	101	\$8,852,507.69	2%	82%
SUV2.4USA	\$150,247.56	58	\$8,714,358.30	2%	84%
CAM2.4CHI	\$72,196.19	114	\$8,230,366.14	2%	86%
SUV3.6USA	\$185,451.97	37	\$6,861,722.97	2%	88%
SUV1.8CHI	\$33,525.92	197	\$6,604,605.47	2%	89%
CAM3.6MEX	\$108,724.13	54	\$5,871,103.05	1%	91%
AUT2.0JAP	\$57,397.30	101	\$5,797,126.89	1%	92%
CAM3.2TAI	\$88,189.14	55	\$4,850,402.95	1%	93%
SUV3.6USA	\$125,073.73	37	\$4,627,727.83	1%	94%
SUV1.6CHI	\$29,300.42	127	\$3,721,153.15	1%	95%
MIN1.2CHI	\$17,502.91	209	\$3,658,109.14	1%	96%
SUV2.4USA	\$57,008.97	58	\$3,306,520.44	1%	97%
SUV2.5JAP	\$108,050.39	25	\$2,701,259.83	1%	97%
AUT2.5JAP	\$71,666.77	36	\$2,580,003.82	1%	98%
AUT1.5TAI	\$36,325.87	43	\$1,562,012.21	0%	98%
AUT1.4TAI	\$53,456.70	26	\$1,389,874.12	0%	99%
SUV1.6CHI	\$11,435.75	116	\$1,326,547.12	0%	99%
SUV2.0MEX	\$13,707.13	96	\$1,315,884.64	0%	99%

MIN1.5CHI	\$22,443.73	38	\$852,861.66	0%	100%
AUT1.0CHI	\$8,345.94	95	\$792,863.90	0%	100%
MIN1.5CHI	\$14,336.37	38	\$544,782.20	0%	100%
SUV2.0CHI	\$10,863.09	1	\$10,863.09	0%	100%
SUV1.4TAI	\$20,517.18	0	\$-	0%	100%
TOTAL	\$2,243,795.87	5643	\$413,871,920.55	100.00%	100.00%

