



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE

“Diseño de una política de inventario y viabilidad de expansión en capacidad de almacenamiento para estaciones de combustible de la provincia de El Oro”

**INFORME PROYECTO DE GRADUACIÓN
(Dentro de una materia de la malla)**

Previo a la obtención del título de:

Ingeniero en Logística y Transporte

Presentado por:

Julio Pinto Tinoco
Milton Franco Magallanes

Guayaquil – Ecuador

2014

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a Dios, por haberme brindado todas las bendiciones que tengo, a mi madre por darme todo lo que tengo en la vida, a mi padre por haberme enseñado grandes lecciones de vida que nunca olvidaré, a mi hermano que siempre me ha apoyado en este largo camino, a mis amigos que estuvieron en los buenos y malos momentos conmigo, a mis maestros como el ingeniero Erwin Delgado, ingeniero Xavier Cabezas, ingeniero Víctor Vega y demás profesores de la carrera que han aportado en mi desarrollo.

Milton Alberto Franco Magallanes

En primer lugar, agradezco a Dios. A mi padre por brindarme los recursos necesarios. A mi madre por el cariño y apoyo entregado incondicionalmente. A mis hermanas por la compañía. A mis maestros por brindarme sus conocimientos, los mismos que me han permitido alcanzar la culminación de mi carrera. A mis amigos quienes me ofrecieron su amistad y soporte durante mi trayecto universitario.

Julio César Pinto Tinoco

DEDICATORIAS

Este proyecto se lo dedico a mi familia por darme todo el apoyo y estar conmigo en los buenos y malos momentos, pero en especial a mi padre por haber sido una persona sabia, fuerte y que estuvo a mi lado en todo momento. Gracias, los amo.

Milton Alberto Franco Magallanes

Este proyecto se lo dedico a Dios y a mi familia por haber estado conmigo en todo momento, a mis amigos por apoyarme en los malos momentos, este logro es para ustedes. Gracias.

Julio César Pinto Tinoco

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, le corresponden exclusivamente a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Julio César Pinto Tinoco

Milton Alberto Franco Magallanes

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Guillermo Baquerizo Palma
Director del proyecto de graduación

Ing. Washington Armas
Presidente

RESUMEN

El presente informe del proyecto realiza el análisis y la evaluación del desempeño operativo y financiero de una empresa distribuidora de combustible, mediante la aplicación de un modelo matemático para el diseño de una política de inventario. Por lo que hace énfasis en la necesidad de contar con una política de inventario como estrategia para alcanzar los objetivos y tener éxito en el mercado.

Este sistema fue empleado para analizar la situación actual y futura de la empresa, para planificar de una mejor manera la cadena de abastecimiento para las estaciones.

Palabras clave: política de inventario, cadena de abastecimiento.

ABSTRACT

The present project report does the analysis and evaluation of the operative and financial development in a gas company, through the application of a math model for design in a policy of inventory. So it makes emphasis on the necessity to count with a policy of inventory like as strategy to achieve the goals and succeed in the market

This system was created to analyze the actual and future situation of the company, to plan in a better way the supply chain for stations.

Keywords: policy of inventory, supply chain.

ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	ix
Índice de Figuras	xi
Índice de Tablas	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	3
1.1. Antecedentes	4
1.2. Problemática	4
1.3. Objetivo general	6
1.4. Objetivos específicos	6
1.5. Hipótesis de trabajo	7
1.6. Justificación	7
CAPÍTULO 2	9
2.1. Estado del arte	10
2.2. Marco conceptual	12
2.2.1. Control de inventario	13
2.2.2. Diseño de un sistema de inventario	13
2.2.3. Contenido de un sistema de control de inventario	14
2.2.4. Análisis ABC	16
2.2.5. Modelos de inventario	19
2.2.6. Modelos con demanda determinística	21
2.2.7. Modelos con demanda estocástica	25
2.2.8. Demanda	30

2.2.9. Pronósticos de la demanda	31
2.2.10. Bondad de ajuste	34
CAPÍTULO 3	38
3.1. Diagrama de flujo.....	39
3.2. Calendario de actividades.....	40
3.3. Línea de proceso	41
CAPÍTULO 4	42
4.1. Pronóstico.....	43
4.2. Resultados bondad de ajuste.....	45
4.3. Viabilidad de expansión	48
4.4. Elección de política de inventario.....	51
CAPÍTULO 5	57
5.1. Conclusiones	58
5.2. Recomendaciones	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero (ARCH)

Misión: Garantizar el aprovechamiento óptimo de los recursos hidrocarburíferos, propiciar el racional uso de los biocombustibles, velar por la eficiencia de la inversión pública y de los activos productivos en el sector de los hidrocarburos con el fin de precautelar los intereses de la sociedad, mediante la efectiva regulación y el oportuno control de las operaciones y actividades relacionadas.

Gestión de inventario

A la aleatoriedad de la demanda de tiempos de suministro, políticas de inventario, modelos de gestión.

Hidrocarburo

Es el resultado de la refinación del petróleo o crudo, y se dividen en muchos grupos según sus aplicaciones.

Número correlativo

Este número es un control que impide que las órdenes de compras se pierdan o se emitan sin la respectiva autorización.

- Pronóstico** Es el proceso de estimación en situaciones de incertidumbre. El término predicción es similar, pero más general, y generalmente se refiere a la estimación de series temporales o datos instantáneos.
- Petróleo** El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua.
- VMI** El Inventario manejado por el proveedor (VMI) es una práctica utilizado en la administración y control de los inventarios en la cadena de abastecimiento. En ésta, el inventario es controlado, planificado y administrado por el vendedor a nombre de la organización que lo consume, basándose en la demanda esperada y en los niveles de inventario mínimos y máximos que son previamente pactados.

Índice de Figuras

Figura 2.1 Análisis ABC.....	17
Figura 2.2 Modelos de Inventario.....	19
Figura 2.3 Modelo EOQ con descuento	24
Figura 3.1 Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto.....	39
Figura 3.2 Calendario de actividades del desarrollo del proyecto.....	40
Figura 3.3 Línea de proceso.....	41
Figura 4.1 Pronóstico Diesel Estación las Lajas.....	43
Figura 4.2 Pronóstico Extra Estación las Lajas.....	44

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Valor de z para el nivel de servicio	27
Tabla 2.2 Sistemas de pronóstico según su patrón de demanda	33
Tabla 2.3 Valores críticos para la prueba Anderson – Darling	36
Tabla 2.4 Nivel de significancia prueba Kolmogorov-Smirnov	37
Tabla 4.1 Pronóstico (2013 – 2017) Diesel Estación Las Lajas	44
Tabla 4.2 Pronóstico (2013 – 2017) Extra Estación Las Lajas.....	45
Tabla 4.3 Bondad de ajuste para los errores de pronóstico, estación Las Lajas (2013, 2015 y 2017)	46
Tabla 4.4 Resultados bondad de ajuste 2013.....	47
Tabla 4.5 Resultados bondad de ajuste 2015.....	47
Tabla 4.6 Resultados bondad de ajuste 2017.....	48
Tabla 4.7 Análisis viabilidad de expansión para la estación Las Lajas	49
Tabla 4.8 Resultados viabilidad de expansión 2013 – 2017	50
Tabla 4.9 Resultado Sistemas (S,s) 2013	55
Tabla 4.10 Resultado Sistemas (S,s) 2015.....	56
Tabla 4.11 Resultado Sistemas (S,s) 2017.....	56

INTRODUCCIÓN

Para este proyecto de graduación, se realizará un análisis a las estaciones de combustible de la provincia de El Oro; se utilizarán datos que proporcione la empresa de estudio tales como demanda de las estaciones, infraestructura, capacidad de las estaciones, capacidad de los tanqueros, entre otros.

El proyecto estará basado en tres fases, pronóstico de la demanda, dimensión de capacidad de almacenamiento y elección de política de inventario.

En la primera fase, se realizará la recolección de los datos históricos de los últimos cinco años, los cuales servirán para realizar el pronóstico de la demanda potencial de las estaciones de la provincia de El Oro. Esto se realizará por medio de modelos estadísticos que permitan pronosticar de manera eficiente la demanda de los diferentes productos de las estaciones, se utilizará el software estadístico R. Gracias a este análisis se podrán entender mejor los problemas futuros en cuanto a infraestructura y demanda.

En la segunda fase, en base a la demanda pronosticada de cada producto para cinco años se verá la posibilidad de expandir la capacidad de almacenamiento de las estaciones, esto es, buscar la capacidad requerida

en cinco años para cada estación, tomando en cuenta la capacidad actual y la capacidad a conseguir.

En la tercera fase, se analizará la mejor política de inventario para cada estación, lo cual permitirá una correcta planeación de los recursos de las estaciones y un correcto manejo del inventario; con esto se logrará mejorar el nivel de servicio actual.

Con estas tres fases expuestas anteriormente se logrará una correcta toma de decisiones a lo largo de los años.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Se realiza un análisis de los antecedentes y problemas de la empresa en estudio. Se plantea cumplir el objetivo general mediante la realización de objetivos específicos, se realiza una hipótesis y la respectiva justificación del problema tratado.

1.1. Antecedentes

La empresa objetivo a la cual denominaremos “GLP-XYZ” es una empresa dedicada a la comercialización de diferentes tipos de combustible a nivel nacional, esta empresa se ha visto en la necesidad de mejorar sus procesos, ya que actualmente algunas de sus estaciones le generan pérdidas, esto sea por falta de abastecimiento o gastos en cuanto a transporte.

Actualmente la Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero (ARCH) está encargada de la asignación de cupo mensual para las comercializadoras a nivel nacional, la empresa a analizar tiene problemas en cuanto al manejo de su inventario ya que muchas veces el cupo asignado por la ARCH no le abastece para satisfacer su demanda generando problemas de desabastecimiento en sus estaciones.

1.2. Problemática

Como se conoce, el Ecuador es un país rico en petróleo; los usos y los productos que se pueden obtener del petróleo son tan variados que cada día aumenta su demanda a nivel mundial y al tratarse de un recurso no

renovable, su agotamiento a futuro condiciona las decisiones que se tomen en la actualidad en materia energética. (Broederlijk, 2008)

Dado esto, el país se ha visto en la necesidad de crear organismos reguladores tales como la ARCH para controlar el uso de este recurso natural no renovable, siendo este recurso muy codiciado en otros países, lo que conlleva al contrabando.

En la actualidad a la empresa “GLP-XYZ” se le asigna un cupo con respecto a un promedio de los pedidos realizados anteriormente, pero ésta no es la mejor forma de asignarlo, como consecuencia de esto las estaciones han tenido que realizar pedidos inesperados más allá del cupo que se le asignó a la comercializadora, que aunque es permitido, no siempre llega a tiempo, provocando una deficiencia en el servicio al cliente.

En vista de la falta de control en las estaciones, existe déficit de inventario, obteniendo como resultado realizar pedidos de última hora a la comercializadora “GLP-XYZ”, esto crea un problema ya que la ARCH no puede satisfacer su demanda de manera inmediata, provocando retrasos en los pedidos.

En vista de esta problemática, radica la importancia de realizar un correcto pronóstico de la demanda, y realizar un adecuado control del inventario, esto es saber cuándo y cuánto pedir.

1.3. Objetivo general

Determinar una política de inventario para las estaciones y realizar un análisis futuro de la posibilidad de expansión en la capacidad de las estaciones reduciendo costos de transporte y demanda insatisfecha.

1.4. Objetivos específicos

- Investigar capacidad de almacenamiento e infraestructura de las estaciones de combustible.
- Pronosticar demanda potencial, utilizando datos históricos de las estaciones, para los siguientes 5 años.
- Reducir costos en transporte para el caso de abastecimiento de las estaciones de combustible.
- Reducir nivel de demanda insatisfecha analizando la política de inventario propuesta.
- Analizar posible expansión en la capacidad de las estaciones.

1.5. Hipótesis de trabajo

Analizar la viabilidad de expansión de las estaciones de combustible de la provincia de El Oro, en base a la implementación de correctos modelos de inventario, ayudará a las estaciones a lograr una correcta planificación logística y satisfacción de la demanda.

1.6. Justificación

Para el problema explicado en líneas previas se podrán obtener diferentes beneficios para la empresa “GLP-XYZ” tales como:

- Con un correcto pronóstico de la demanda se podrá identificar de manera eficiente las necesidades del cliente en un futuro.
- Con el pronóstico de la demanda también podremos prever futuros cambios en la infraestructura de las estaciones, como es el caso de las capacidades de almacenamiento.
- Con una correcta planificación de los pedidos se podrá controlar de manera eficiente la cantidad de tanqueros requeridos, sin incurrir en gastos excesivos.
- Se podrán evitar pedidos inesperados de las estaciones a la empresa.

- Se logrará una estandarización en la calidad del servicio en todas las estaciones de la empresa.
- Se podrá tener una respuesta rápida y apropiada hacia las necesidades del cliente.
- Reducción de la demanda insatisfecha.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN

Se muestra el estado del arte, el marco conceptual que es la base teórica que ayudará al entendimiento de la literatura del proyecto, así como los modelos matemáticos a utilizar para el desarrollo del mismo.

2.1. Estado del arte

A continuación se presentan algunos trabajos realizados anteriormente en esta área:

“Propuesta de un modelo de inventario para mejora del ciclo logístico de una empresa del ramo automotriz”, Puerto La Cruz, (2008), realizado por Guillermo Llovera y Ángel Zapata. Este trabajo está enfocado en el análisis del ciclo logístico, determinando los factores causales de la problemática presentes en el desarrollo de todas las actividades que conforman el ciclo logístico, los inventarios directos que utiliza la empresa para la realización de sus actividades.

“Extensión del modelo EOQ aplicados dentro de la cadena de suministro integrada en el inventario gestionado por el vendedor bajo el concepto de logística verde”, (2008) realizado por José Gregorio Martínez Patiño, Adriana Yasmin Yañez Martínez y Oscar Palacios León, En este artículo, se presenta una propuesta al problema que represente el inventario manejado por el vendedor VMI (Vendedor Management Inventory), mediante una serie de extensiones al modelo de la cantidad económica del pedido EOQ con el fin de mostrar una reducción significativa en los costos de inventario.

“Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario colombiano”, (2011) realizado por Martín Darío Arango, Julián Andrés Zapata y Wilson Adarme Jaimes, este artículo presenta la aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor (VMI) en una empresa colombiana de distribución de alimentos, realizando una definición clara de ella y analizando los elementos más relevantes al respecto, como son los beneficios y modelos más importantes encontrados en la literatura científica sobre VMI además, se hace una evaluación comparativa de dos métodos propuestos en la literatura para el cálculo de la cantidad de reabastecimiento con VMI, los cuales se comparan con el procedimiento implementado en la empresa de estudio.

“Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento”, (2008) realizado por Valentina Gutiérrez y Carlos Julio Vidal, en este artículo se hace una revisión de los modelos de gestión para el diseño de políticas de inventarios de productos terminados y de materias primas en cadena de abastecimiento tomando en cuenta la variabilidad de la demanda y los tiempos de suministro.

“Diseño de un sistema de control y gestión de inventario para la materia prima de una empresa del sector textilero” Puerto La Cruz, (2008), Alejandro J. Zambrano y Rafael J. Zabaleta. Esta propuesta consta de un estudio realizado a esta organización y se constituye de un análisis del sistema a través de diversos métodos de recolección de datos para determinar los problemas de ciclo logístico, en la misma se aplica la clasificación de inventario ABC para los productos con el fin de conocer el impacto económico de cada producto en la empresa. Finalmente se propone analizar los modelos de inventario que mejor se adapten a cada artículo.

2.2. Marco conceptual

Este capítulo sirve como ayuda referencial y como fundamento teórico para las bases de esta presentación. Aquí se encuentra todo lo relacionado al ciclo logístico dentro de una estructura, así como el fundamento teórico y matemático, de diseño e implementación de cada uno de los modelos y de las aplicaciones que sirven de herramienta para la solución de problemas como los que enfrenta esta organización.

2.2.1. Control de inventario

Una de las decisiones más difíciles y antiguas enfrentadas por los gerentes de operaciones es la administración eficiente de los inventarios. Esto puede considerarse como una de las funciones administrativas más importantes, dado que requiere una buena parte del capital de la organización y afecta la entrega de los bienes al consumidor final. El control de inventarios tiene un fuerte impacto en las áreas del negocio particularmente en la producción y finanzas.

2.2.2. Diseño de un sistema de inventario ^[7]

- **Ubicación del almacén:** El almacén debe ser ubicado de tal manera que los costos de movimiento de los materiales sean mínimos.
- **Elección de equipos de almacenamiento:** Se refiere al tipo de equipo que se va a utilizar para la colocación de los materiales.
- **Elección de equipos de traslado:** Seleccionar el tipo de equipo que se va a utilizar para el manejo de la mercadería.

- **Diseño del sistema de reposición:** Consistirá en la garantía que las demandas de productos sean cubiertas con oportunidad y con el menor costo posible.

2.2.3. Contenido de un sistema de control de inventario

- **Planeación de compra:** Este es el primer paso del sistema, la gerencia debe estudiar lo siguiente:
 - ✓ Disponibilidad de efectivo para compras al contado.
 - ✓ Los plazos de crédito de los proveedores.
 - ✓ La clase de mercaderías que se piensa distribuir.
 - ✓ La capacidad de bodegas, depósitos y sala de ventas.
 - ✓ La posible rotación de los productos que se piensa vender.
 - ✓ La cantidad de cada producto que se piensa comprar.
 - ✓ La periodicidad con la que se comprará cada producto en el futuro.
 - ✓ Estimar la generación de efectivo para iniciar un nuevo ciclo.
- **Relación con proveedores:** Este punto es muy importante porque se debe mantener buenas relaciones con proveedores locales a fin de negociar los precios más bajos que sean posibles

obtener, los precios siempre guardan relación directa con las cantidades a suministrar y con los plazos de pago.

- **Órdenes de compra:** Las órdenes de compra deben tener como mínimo los siguientes requisitos:
 - ✓ Número correlativo
 - ✓ Fecha
 - ✓ Si es crédito o a contado
 - ✓ Fecha de vencimiento de la orden
 - ✓ Cantidad pedida
 - ✓ Descripción de la mercadería
 - ✓ Cantidad recibida
 - ✓ Precio unitario
 - ✓ Valor total

- **Recepción de mercadería:** Un control de la recepción de mercadería debe tener el siguiente procedimiento:
 - ✓ Mantener un archivo alfabético de órdenes de compra, pendientes de recibir y fecha de vencimiento vigente.
 - ✓ En cada entrega del proveedor el recepcionista deberá comparar entre la orden de compra y factura original cosas

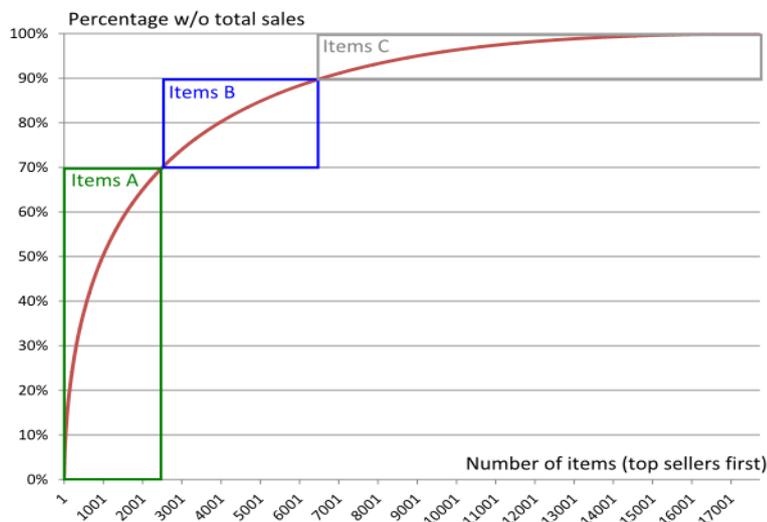
como: cantidades, empaques, marcas, calidad, pesos, unidades, precios.

- **Almacenamiento^[3]**: Implica la identificación, ubicación o disposición así como la custodia de todos los productos del almacén cumpliendo con los requisitos exigibles al material para mantenerlo en condiciones adecuadas hasta el momento que sea retirado para el uso, las condiciones de almacenamiento de los productos varían dependiendo la naturaleza de los productos .

2.2.4. Análisis ABC ^[2]

- **Los artículos A**: Son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado. El principal de 70%-80% del valor del consumo anual de la empresa, generalmente representa solo el 10%-20% de los artículos de inventario totales.
- **Los artículos B**: Son artículos de una clase intermedia con un valor de consumo medio de 15%-25% del valor de consumo anual, generalmente representa el 30% de los artículos de inventario totales.

Figura 2.1 Análisis ABC



Fuente: *Fundamentos de Gestión de inventario*, autor Carlos Julio Vidal

- **Los artículos C:** Son, al contrario, artículos con el menor valor de consumo 5% más bajo del valor de consumo anual generalmente representa el 50% de los artículos de inventario totales.
- **Sistema de revisión de almacén para zonas ABC**

Productos de zona A: A estos productos se les aplica el método de revisión periódica, método basado en la revisión de los materiales en un ciclo regular o de forma periódica; el período de tiempo transcurrido entre una revisión y otra dependerá principalmente de:

 - ✓ La disponibilidad de recursos humanos.
 - ✓ La naturaleza de los productos.

Productos de zona B: Estos productos se les debería hacer un seguimiento de forma periódica por medio de sistemas computarizados. Los lineamientos del modelo de inventario son debatidos con menor frecuencia que el caso de las unidades correspondientes a la zona A.

Productos de zona C: Estos productos se les aplica el método de revisión continua; supone la fijación de un nivel predeterminado de inventario punto de pedido alcanzado el cual se cursa un pedido de tamaño fijo, restituyendo la capacidad máxima del almacén. Supone que en todo momento se conoce el nivel de stock para cada artículo sin necesidad de llevar a cabo un recuento físico.

- **Método de clasificación ABC:** La clasificación ABC se realiza con base en el producto, el cual se expresa su valor por unidad de tiempo por lo general anual, de las ventas de cada ítem i donde:

D_i = Demanda anual del ítem i (unidades /año)

V_i = Valor (costo) unitario del ítem i (unidades monetarias /unidad)

Valor total i = $D_i * V_i$ (unidades monetarias año)

Luego de aplicarse las operaciones para determinar la valorización de cada artículo se procede a determinar el porcentaje de participación de los artículos, según su valorización. Luego se procede a ordenar los artículos de mayor a menor según sus porcentajes, ahora estos porcentajes se acumulan. Por último estos artículos se agrupan teniendo en cuenta el criterio porcentual determinado en el método.

2.2.5. Modelos de inventario

Se centran en la determinación de una política óptima de inventario, esto es, cuando reabastecerse un inventario y en cuanto.

Figura 2.2 Modelos de Inventario



Fuente: *Fundamentos de Gestión de inventario*, autor Carlos Julio Vidal

Son modelos de cantidad fija aquellos en los cuales la cantidad a comprar es la misma cada vez que se realiza un pedido. Estos modelos son también de revisión continua puesto que se actualiza la posición del inventario cada vez que hay un movimiento de éste.

Los modelos de período fijo también se clasifican de acuerdo al comportamiento de la demanda, como lo son, los modelos determinísticos y probabilísticos, los modelos son probabilísticos cuando la demanda sigue una determinada función de probabilidades.

Modelo de período fijo de reorden con demanda probabilística, se verifica el balance de inventario a intervalos fijos de tiempo y se coloca un pedido por la diferencia entre el inventario que se tiene y el punto hasta el que se ordena.

La política requiere ordenar la cantidad y siempre que el inventario alcance el nivel R . Con el caso determinista, el nivel de reorden R es una función del tiempo de entrega, entre colocar y recibir un pedido. Los valores óptimos Q y R , se determinan minimizando el costo esperado por unidad de tiempo que incluye la suma de los costos de preparación, conservación y faltante.

2.2.6. Modelos con demanda determinística

Bajo los siguientes supuestos:

- La demandad conocida y constante
- El tiempo de entrega es constante
- No se permiten faltantes
- La reposición del inventario es instantánea
- El tamaño del pedido Q es fijo
- Existe un costo fijo K , cada vez que se coloca una orden
- Se incurre en un costo de inventario h , por cada unidad que se mantiene en bodega por unidad de tiempo
- El inventario inicial es cero
- Horizonte de planeación es infinito

El modelo básico de pedido EOQ.

Supuestos del modelo EOQ:

- El patrón de la demanda es constante y conocido con certeza.
- No se consideran descuentos en los precios de compra y/o transporte.
- La cantidad de pedido no necesita ser un número entero
- Todos los parámetros de costos son estacionarios, es decir que no varían significativamente.

- Cada ítem se trata de forma independiente.
- Tasa de reposición es infinita o los “lead time” son cero.
- No se consideran órdenes pendientes.

Definición de variables:

- D: Demanda anual
- K: Costo fijo a ordenar
- C: Costo unitario
- Q: Tamaño del lote
- T: Período

El costo total por unidad de tiempos es:

$$CT=K*(D/Q)+H*(Q/2)+C*D$$

Por lo que optimizando la función no lineal se obtiene el Q^*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

$$T^* = \sqrt{\frac{Q}{D}}$$

Modelos EOQ con descuento por cantidades de compra o producción

En este caso se considera la situación en la cual se obtiene descuentos cuando la cantidad de pedido aumenta.

Al existir un aumento de volumen o cantidad de compra se genera un incentivo para pedir lotes de mayor tamaño. Sin embargo esto a la vez aumenta el costo de mantener una unidad en el inventario, por tanto se debe determinar la cantidad óptima a pedir.

Tipos de descuento:

- Sobre todas las unidades.
- Incrementales.

El objetivo del análisis es calcular el mínimo de la curva discontinua de costos, la solución óptima será el EOQ máximo realizable o uno de los puntos límite mayor que ella.

En los modelos de descuento se define el punto de quiebre (Q_b) que representa el tamaño de orden a la cual se le aplicará el descuento.

El costo de compra del producto se define como:

$$C=c, 0 \leq Q \leq Q_b$$

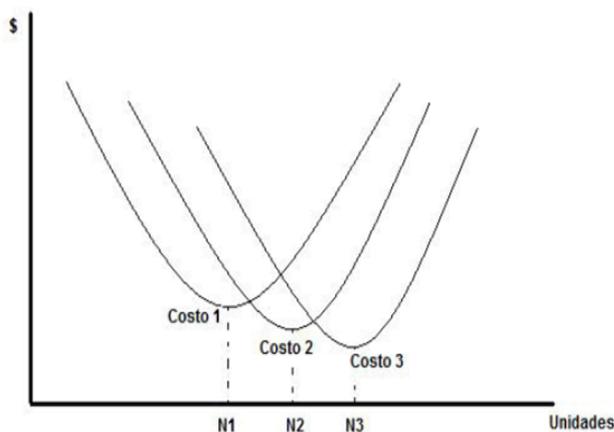
O

$$C=c', Qb \leq Q$$

La función anual promedio está expresada como:

$$C(Q) = DK/Q + i \cdot c_j \cdot Q/2 + D$$

Figura 2.3 Modelo EOQ con descuento



Fuente: *Fundamentos de Gestión de Inventario*, autor Carlos Julio Vidal

Modelos Power of two (potencia de 2)

Es utilizada cuando se posee grandes cantidades de artículos y se realizan pedidos de varios artículos al mismo tiempo.

Supuestos del modelo Power of two:

- Se ordenan varios productos de un mismo proveedor

- Se maneja de manera simultánea el inventario de varios productos en la bodega
- Se redondea el periodo de revisión anteriormente calculado a la potencia de dos más próxima
- El periodo factible es el entero más pequeño tal que:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} T^* \leq 2^n$$

2.2.7. Modelos con demanda estocástica

En este modelo se contempla el EOQ sin faltantes, sus ecuaciones son las mismas.

- La estructura de costos es la misma que en los modelos estudiados.
- El stock de seguridad está considerado.
- Hay penalización por la existencia de desabastecimientos.
- Sistemas (s,Q)
- El estado del inventario siempre es conocido.
- Se toman decisiones sobre el inventario de manera continua.
- (s) el punto de orden.

- (Q) cantidad óptima a ordenar.
- AVG promedio de la demanda.
- STD desviación estándar de la demanda.
- L lead time (tiempo de entrega del producto)

El punto de orden s está dado por:

$$s = L.AVG + z.STD.\sqrt{L}$$

Donde:

Demanda promedio durante el Lead time me asegura que existirá suficiente inventario hasta que llegue la siguiente orden:

$$L.AVG$$

Cantidad de inventario necesaria para protegerse de desviaciones de la demanda promedio durante el lead time, siendo z una constante asociada al nivel de servicio.

$$z.STD.\sqrt{L}$$

Tabla 2.1 Valor de z para el nivel de servicio

Nivel de Servicio	Z
90%	1.29
91%	1.34
92%	1.41
93%	1.48
94%	1.56
95%	1.65
96%	1.75
97%	1.88
98%	2.05
99%	2.33
99.9%	3.08

Fuente: *Probabilidad y Estadística para ingenieros, autor Irwin Miller*

Sistemas (S,s)

Sistema de revisión continua, siempre se conocen las existencias del inventario.

- Se toman decisiones sobre el inventario de forma continua.
- (s) punto de orden.
- (S) cantidad hasta la que se debe ordenar.
- (S-s) cantidad que se ordena.

- AVG promedio de la demanda.
- STD desviación estándar de la demanda.
- L lead time (tiempo de entrega del producto)

El punto de orden s está dado por:

$$s = L.AVG + z.STD.\sqrt{L}$$

La cantidad hasta la que se debe ordenar está dada por:

$$S = \max(Q, L.AVG) + (z.STD.\sqrt{L})$$

Sistemas (R,s)

Se toman decisiones sobre el inventario de forma periódica cada R

- R intervalo de reorden
- S cantidad hasta la que se debe ordenar
- El estado del inventario se conoce de manera periódica
- Se realiza un pedido suficiente para cubrir el tiempo de demora y el intervalo de reorden

El intervalo de reorden R está dado por:

$$R = \frac{Q^*}{D}$$

El nivel al que debe llegar el inventario es:

$$S = AVG(L + R) + (z.STD.\sqrt{L + R})$$

Sistemas (R,S,s)

Se toman decisiones sobre el inventario de forma periódica cada R

- R intervalo de reorden
- S cantidad hasta la que se debe ordenar
- s nivel de reorden
- Si la posición del inventario es menor igual a s se realiza un pedido (S-s)

El punto de reorden R está dado por:

$$s = L.AVG + (z.STD.\sqrt{L + R})$$

El nivel al que debe llegar el inventario es:

$$s = \max(Q, (L + R).AVG) + (z.STD.\sqrt{L + R})$$

Guía para la selección de modelo de inventario

Se ha propuesto tres etapas:

- Realizar una evaluación estratégica de los procesos de manufactura o servicios, para tener una mejor visión de las necesidades de inventario y las áreas críticas.
- Agruparlos de acuerdo a su criticidad y clasificarlos según el sistema ABC.

- Una vez detectadas las necesidades de inventario, acoplar una política que pretenda solucionar el problema.

2.2.8. Demanda ^[7]

La demanda es la relación de bienes y servicios que los consumidores están dispuestos a comprar dependiendo de su poder adquisitivo.

La demanda de un bien no depende solamente de su precio, sino también del ingreso de los consumidores. Existen otros factores que interfieren en la compra de esos bienes: el gusto de los demandantes, tradiciones, costumbres, entre otros.

Tipos de demanda

- **Demanda determinística:** es la demanda de un artículo que se conoce con certeza, esta a su vez puede ser:
 - **Estática:** es aquella donde la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo.
 - **Dinámica:** es aquella en la cual la demanda se conoce con certeza pero varía de un periodo al siguiente.

- **Demanda probabilística:** es cuando la demanda de un artículo está sujeta a incertidumbres, variabilidad y se describe en términos de un función de probabilidad, ésta puede ser:
- **Estacionaria:** en la cual la función de densidad de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambio con el tiempo.
- **No estacionaria:** donde la función de densidad de probabilidad varía con el tiempo.

2.2.9. Pronósticos de la demanda ^[4]

En todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización debe pronosticarse una o más variables de interés. En una empresa que comercializa productos, o sea que compra a un número de proveedores y vende el mismo producto a una población de clientes, se hace fundamental pronosticar la demanda que dichos clientes van a generar.

El sistema de pronóstico es fundamental para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su competitividad.

Importancia de los errores en el pronóstico de la demanda

- Proveen una forma de estimar la variabilidad de la demanda y determinar la cantidad adecuada de inventario de seguridad.
- Permiten determinar la conveniencia del modelo de pronóstico seleccionado o del posible cambio de sus parámetros.
- Ilustran al administrador para su intervención en el pronóstico.

Elementos de tiempo en un sistema de pronóstico

El período del pronóstico, es la unidad básica de tiempo para la cual se realiza el pronóstico y depende de la naturaleza del proceso bajo estudio y de la forma como se registran las transacciones en la organización.

Horizonte de planeación del pronóstico, es el número de períodos en el futuro cubiertos por el pronóstico.

El intervalo del pronóstico, es la frecuencia con la que se efectúan los nuevos pronósticos, a medida que se vaya obteniendo información adicional.

Sistemas de pronóstico

Como una guía, el sistema de pronóstico a escoger depende en gran parte del patrón de demanda observado a través de datos históricos, mostrados a continuación:

Tabla 2.2 *Sistemas de pronóstico según su patrón de demanda*

Patrón de demanda	Sistema de Pronóstico recomendado
Perpetua o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Suavización exponencial doble
Estacional o Periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles autoregresivos
Errática (ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales

Fuente: *Inventory Management And Production Planning and Scheduling*, autor Edwar A. Silver

2.2.10. Bondad de ajuste ^[6]

Nos permite verificar que la población de la cual proviene una muestra tiene una distribución especificada o supuesta.

Sea x : variable aleatoria poblacional

$f_0(x)$: la distribución o densidad de probabilidad especificada o supuesta
para x

Se desea probar la hipótesis:

$$H_0: f(x)=f_0(x)$$

En contraste con la hipótesis alterna:

$$H_a: f(x) \neq f_0(x)$$

Prueba Ji-Cuadrado

Esta prueba es aplicable para variables aleatorias discretas o continuas.

Estadístico para la prueba de bondad de ajuste Ji-Cuadrado:

$$x^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

Distribución Ji-Cuadrado con $v=k-r-1$ grados de libertad, donde:

k : clases (agrupaciones de las observaciones de la muestra)

r : Es la cantidad de parámetros de la distribución que deben estimarse a partir de la muestra.

e_i : Frecuencia esperada (corresponde a los modelos propuesto).

O_i : Frecuencia observada (corresponde a los datos de la muestra).

Es una condición necesaria que para aplicar esta prueba $\forall i, e_i \geq 5$.

Si las frecuencias observadas no difieren significativamente de las frecuencias esperadas calculadas con el modelo propuesto, entonces el valor estadístico de prueba x^2 será cercano a cero, pero si estas diferencias son significativas entonces el valor estadístico estará en la región de rechazo H_0 .

Prueba Anderson Darling

El estadístico de prueba de Anderson-Darling es:

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_n(x) - F(x)]^2}{F(x)[1 - F(x)]} f(x) dx$$

$$A_n^2 = - \sum_{i=1}^N \frac{(2i - 1)}{n} [\ln F(Y_i) + \ln(Y_{n+1-i})] - n$$

donde:

n : es el número de datos

$F(x)$: es la función o distribución de probabilidad teórica

$F_n(x)$: es la función de distribución empírica

Para saber si se rechaza la hipótesis H_0 es necesario comparar el estadístico ajustado con los valores críticos de la tabla de Anderson-Darling.

Tabla 2.3 Valores críticos para la prueba Anderson – Darling

Distribución	Estadístico de prueba ajustado	valores críticos			
		0.1	0.05	0.025	0.001
Parámetros conocidos $n \geq 5$	A_n^2	1.933	2.492	3.070	3.857
Normal	$A_n^2 \left(1 + \frac{4}{n} + \frac{25}{n^2}\right)$	0.632	0.751	0.870	1.029
Exponencial	$A_n^2 \left(1 + \frac{3}{5n}\right)$	1.070	1.326	1.587	1.943
De Weibull	$A_n^2 \left(1 + \frac{1}{5\sqrt{n}}\right)$	0.637	0.757	0.877	1.038
Log-Logística	$A_n^2 \left(1 + \frac{1}{4\sqrt{n}}\right)$	0.563	0.660	0.769	0.906

Fuente: *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, autor Edwar A. Silver

Si A_n^2 es mayor o igual que a_0 , se acepta la hipótesis nula H_a ; siendo a_0 el valor asociado al estadístico de prueba A_n^2

Prueba Kolmogorov-Smirnov

El estadístico de prueba Kolmogorov-Smirnov es:

$$D_n = \text{Max}|P(x) - P_0(x)|$$

$P(x)$: Distribución de probabilidades de la muestra

$P_0(x)$: Distribución de probabilidades teórica escogida

La prueba requiere que el valor D_n calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado D_α para un nivel de significancia requerido.

Tabla 2.4 Nivel de significancia prueba Kolmogorov-Smirnov

<i>n</i>	Test de Kolmogorov-Smirnov sobre Bondad de Ajuste							
	Nivel de significación α							
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
1	0.90000	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500	0.99750	0.99900	0.99950
2	0.68337	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929	0.95000	0.96838	0.97764
3	0.56481	0.63604	0.70760	0.78456	0.82900	0.86428	0.90000	0.92065
4	0.49265	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424	0.77639	0.82217	0.85047
5	0.44698	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853	0.70543	0.75000	0.78137
6	0.41037	0.46799	0.51926	0.57741	0.61661	0.65287	0.69571	0.72479
7	0.38148	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581	0.60975	0.65071	0.67930
8	0.35831	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179	0.57429	0.61368	0.64098
9	0.33910	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332	0.54443	0.58210	0.60846
10	0.32260	0.36866	0.40925	0.45562	0.48893	0.51872	0.55500	0.58042
11	0.30829	0.35242	0.39122	0.43670	0.46770	0.49539	0.53135	0.55588
12	0.29577	0.33815	0.37543	0.41918	0.44905	0.47672	0.51047	0.53422
13	0.28470	0.32549	0.36143	0.40362	0.43247	0.45921	0.49189	0.51490
14	0.27481	0.31417	0.34890	0.38970	0.41762	0.44352	0.47520	0.49753
15	0.26589	0.30397	0.33750	0.37713	0.40420	0.42934	0.45611	0.48182
16	0.25778	0.29472	0.32733	0.36571	0.39201	0.41644	0.44637	0.46750
17	0.25039	0.28627	0.31796	0.35528	0.38086	0.40464	0.43380	0.45540

Fuente: Inventor Management and Production Planning Scheduling. Autor Edwar A. Silver

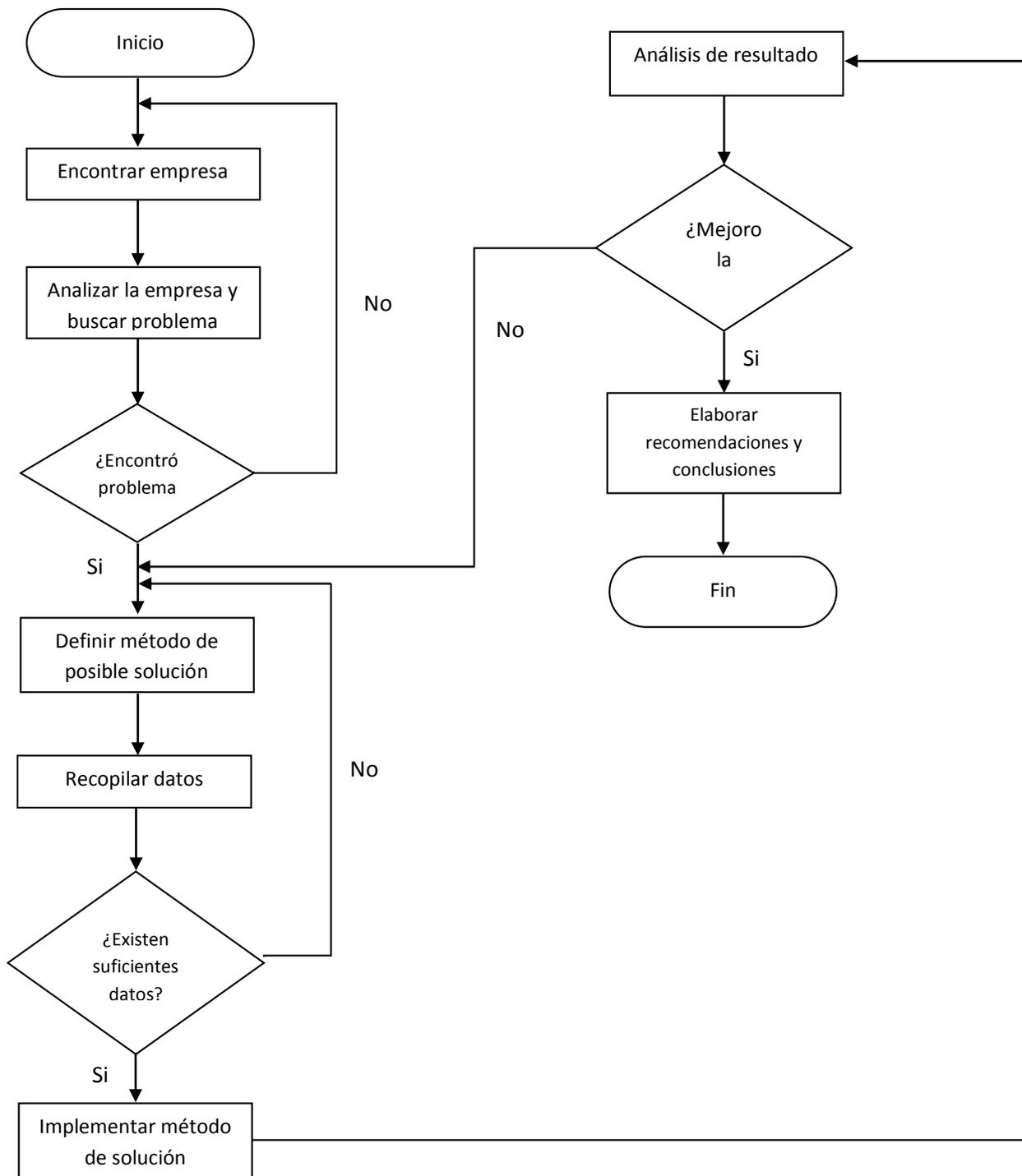
CAPÍTULO 3

INTRODUCCIÓN

Se mostró el desarrollo del proyecto mediante el uso de diagramas de flujo, calendario de actividades, y una breve descripción de las actividades que realiza la empresa a un nivel macro.

3.1. Diagrama de flujo

Figura 3.1 Diagrama de flujo del desarrollo del proyecto



Fuente: Elaborado por los autores

En este diagrama de flujo se explica el procedimiento a seguir para el desarrollo del informe del proyecto de graduación.

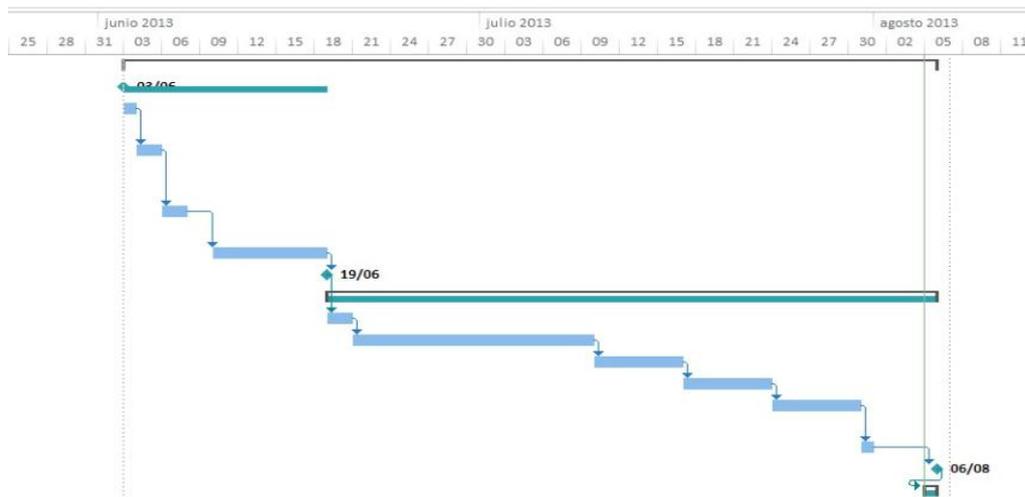
Se evaluaron las opciones de empresas a trabajar, una vez encontrada la empresa se obtuvo una cita con la gerente general con la cual analizamos la situación de la empresa y se encontró la temática del problema. Se analizará las diferentes formas para el desarrollo de la temática encontrada, se visitó el edificio matriz con el fin de recopilar información de esa manera se obtuvo datos suficientes para el desarrollo del tema, se utilizó diferentes software para el desarrollo del tema, se procedió a analizar los resultados obtenidos para comprobar si existió una mejora en la situación de la empresa a estudio.

3.2. Calendario de actividades

A continuación se presenta el calendario estimado de tiempo que se llevara al desarrollo de este proyecto.

Figura 3.2 Calendario de actividades del desarrollo del proyecto

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Construcción de tesis	46 días	lun 03/06/13	mar 06/08/13
Fase 1	0 días	lun 03/06/13	lun 03/06/13
Direccionamiento hacia la empresa a realizar estudio	1 día	lun 03/06/13	lun 03/06/13
entrevista con sub-gerente de negocio para dialogar sobre la situación actual de la empresa	2 días	mar 04/06/13	mié 05/06/13
análisis de la problemática obtenida por la empresa	2 días	jue 06/06/13	vie 07/06/13
Aprobación del tema propuesto	7 días	lun 10/06/13	mar 18/06/13
Fin de fase 1	0 días	mié 19/06/13	mié 19/06/13
Fase 2	34 días	mié 19/06/13	lun 05/08/13
entrevista y recopilación de datos	2 días	mié 19/06/13	jue 20/06/13
Trabajo en datos	13 días	vie 21/06/13	mar 09/07/13
Análisis de cosotos	5 días	mié 10/07/13	mar 16/07/13
Trabajo en el modelo	5 días	mié 17/07/13	mar 23/07/13
Implementación del modelo matemático	5 días	mié 24/07/13	mar 30/07/13
Corrección del modelo matemático	1 día	mié 31/07/13	mié 31/07/13
Fin de fase 2	0 días	mar 06/08/13	mar 06/08/13
Fase 3	1 día	lun 05/08/13	lun 05/08/13
Presentación del último avance	1 día	lun 05/08/13	lun 05/08/13



Fuente: Elaborado por los autores

3.3. Línea de proceso

Figura 3.3 Línea de proceso



Fuente: Elaborado por los autores

El gráfico anterior explica los procesos de la cadena de abastecimiento de una compañía distribuidora de gasolina.

CAPÍTULO 4

INTRODUCCIÓN

Se procedió a pronosticar la demanda de las estaciones. Con los datos pronosticados se realizó un análisis para la viabilidad de expansión de las estaciones y un adecuado sistema de inventario. También se realizó el respectivo contraste entre la situación actual de la empresa y la solución propuesta.

4.1. Pronóstico

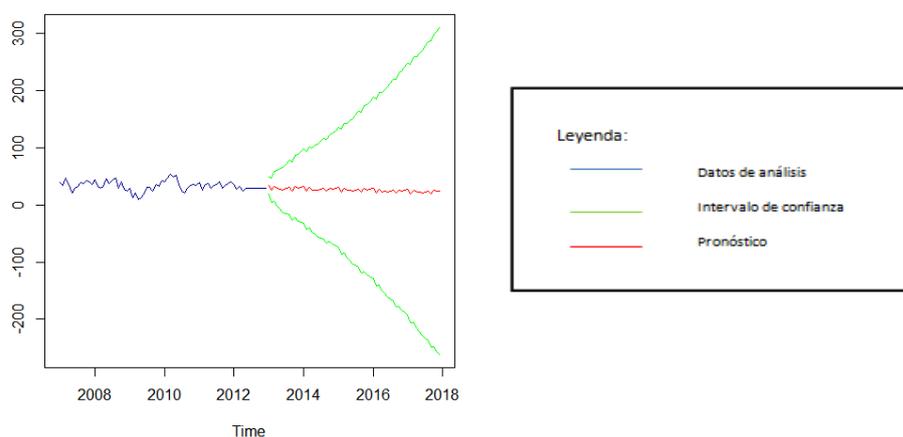
La importancia de realizar una previsión acertada de las ventas ayuda a evitar costos innecesarios y una mejor toma de decisiones.

Se procedió a realizar el pronóstico de las ventas para cinco años (2013-2017), con estos pronósticos se prevé realizar un correcto análisis de viabilidad de expansión, y el diseño de la política de inventario para los tres escenarios planteados (2013,2015,2017).

Estación Las Lajas:

Diésel

Figura 4.1 *Pronóstico Diesel Estación las Lajas*



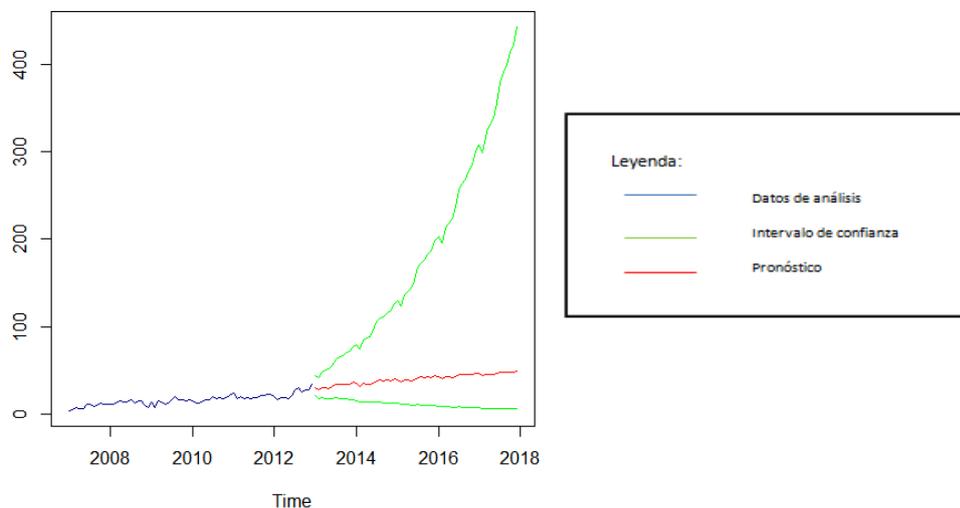
Fuente: *Elaborado por los autores*

Tabla 4.1 Pronóstico (2013 – 2017) Diesel Estación Las Lajas

	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	34,111	32,781	31,310	29,804	28,229
Febrero	25,817	24,598	23,086	21,586	20,002
Marzo	32,771	30,916	29,597	28,030	26,460
Abril	29,256	26,017	25,125	23,417	21,885
Mayo	28,006	26,701	25,197	23,674	22,077
Junio	26,243	25,484	23,801	22,328	20,709
Julio	28,856	27,272	25,842	24,283	22,684
Agosto	30,955	28,709	27,479	25,850	24,266
Septiembre	24,079	23,978	22,070	20,647	18,992
Octubre	32,162	29,522	28,402	26,726	25,144
Noviembre	30,001	28,032	26,695	25,080	23,472
Diciembre	31,307	28,922	27,709	26,048	24,448

Fuente: Elaborado por los autores

Extra

Figura 4.2 Pronóstico Extra Estación las Lajas

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4.2 Pronóstico (2013 – 2017) Extra Estación Las Lajas

	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	30,659	35,118	39,199	42,849	46,052
Febrero	26,923	31,610	35,997	39,991	43,549
Marzo	30,013	34,517	38,655	42,367	45,632
Abril	29,730	34,253	38,415	42,154	45,446
Mayo	29,346	33,895	38,090	41,865	45,194
Junio	31,040	35,470	39,517	43,131	46,297
Julio	33,948	38,139	41,908	45,231	48,115
Agosto	34,189	38,357	42,102	45,401	48,261
Septiembre	33,783	37,988	41,773	45,114	48,014
Octubre	34,364	38,516	42,243	45,524	48,367
Noviembre	34,077	38,256	42,012	45,323	48,193
Diciembre	35,781	39,797	43,378	46,512	49,215

Fuente: Elaborado por los autores

Para el cálculo de los pronósticos se utilizaron modelos estadísticos SARIMA, en este caso para el pronóstico de la estación Las Lajas para gasolina diesel se utilizó un SARIMA(0,2,1)(1,1,1) esto es un MA(1) con dos diferenciaciones en la parte ordinaria y una ARMA(1,1) con una diferenciación estacional, mientras que para gasolina extra se utilizó un ARIMA(0,1,1)(1,1,1) esto es un MA(1) con una diferenciación en la parte ordinaria y una ARMA(1,1) con una diferenciación estacional.

4.2. Resultados bondad de ajuste

La hipótesis inicial es que todos los errores de los pronósticos tengan distribución Normal, para esto se aplicó 3 test de bondad de ajuste, se

tomaron las distribuciones que mejor se adaptarán a los datos, para el caso de que hubiesen distribuciones distintas se tomó la distribución cuyo valor de p sea mayor. Para realizar este análisis se usó un complemento Excel llamado @Risk.

Tabla 4.3 Bondad de ajuste para los errores de pronóstico, estación Las Lajas (2013, 2015 y 2017)

Las Lajas										
Gasolina	Test	2013			2015			2017		
		Media	Desv.Est.	Tipo Distr.	Media	Desv.Est.	Tipo Distr.	Media	Desv.Est.	Tipo Distr.
DIESEL	Chi-Squared Statistic	20.750	8.366	Normal	67.227	8.366	Normal	132.444	11.321	Normal
	Anderson-Darling Statistic	20.750	8.366	Normal	67.227	8.366	Normal	132.444	11.321	Normal
	Kolmogrov-Smirnov Statistic	20.750	8.366	Normal	67.227	8.366	Normal	132.444	11.321	Normal
EXTRA	Chi-Squared Statistic	4.438	1.033	Normal	11.761	1.213	Normal	21.207	1.504	Normal
	Anderson-Darling Statistic	4.438	1.033	Normal	11.761	1.213	Normal	21.207	1.504	Normal
	Kolmogrov-Smirnov Statistic	4.438	1.033	Normal	11.761	1.213	Normal	21.207	1.504	Normal

Fuente: Elaborado por los autores

Para el caso de la estación Las Lajas la hipótesis inicial fue aceptada, entonces para los 3 escenarios propuestos tanto Diesel como Extra siguen una distribución normal con media y desviación estándar mostradas en la tabla.

Tabla 4.4 Resultados bondad de ajuste 2013

Distribuciones año 2013				
Estación	Gasolina	Media	Desv.	Distribución
6 de Octubre	Diesel	7.218	0.690	Normal
	Extra	5.457	1.657	Normal
	Super	3.027	757	Normal
11 de Noviembre	Diesel	60.115	19.048	Normal
	Extra	15.360	2.229	Normal
	Super	114.925	845	Normal
Arenillas	Diesel	22.257	3.257	Normal
	Extra	16.085	1.342	Normal
	Super	3.001	576	Normal
Balsas	Diesel	7.594	789	Normal
	Extra	4.822	708	Normal
	Super	6.963	2.231	Normal
El Oro	Diesel	21.290	3.095	Normal
	Extra	18.023	975	Normal
	Super	6.008	1.152	Normal
La Avanzada	Diesel	34.900	4.166	Normal
	Extra	8.535	2.100	Normal
	Super	3.181	665	Normal
Las Lajas	Diesel	20.750	8.366	Normal
	Extra	4.438	1.033	Normal
	Diesel	19.018	4.687	Normal
Pto. Jelly	Extra	6.179	1.222	Normal
	Diesel	46.846	15.356	Normal
Santa Rosa	Extra	30.410	9.371	Normal
	Super	10.025	560	Normal

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4.5 Resultados bondad de ajuste 2015

Distribuciones año 2015				
Estación	Gasolina	Media	Desv.	Distribución
6 de Octubre	Diesel	7.834	0.005	Normal
	Extra	15.700	1.311	Normal
	Super	12.364	1.953	Normal
11 de Noviembre	Diesel	255.969	41.114	Normal
	Extra	30.294	2.506	Normal
	Super	131.223	878	Normal
Arenillas	Diesel	39.108	2.720	Normal
	Extra	20.582	1.896	Normal
	Super	8.239	1.092	Normal
El Oro	Diesel	41.747	3.260	Normal
	Extra	21.125	451	Normal
	Super	18.112	2.181	Normal
La Avanzada	Diesel	42.241	567	Normal
	Extra	23.148	2.253	Normal
	Super	8.775	978	Normal
Las Lajas	Diesel	67.227	8.366	Normal
	Extra	11.761	1.213	Normal
	Diesel	57.324	6.882	Normal
Pto. Jelly	Extra	14.329	1.337	Normal
	Diesel	146.492	13.920	Normal
Santa Rosa	Extra	90.017	8.672	Normal
	Super	11.207	67	Normal

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4.6 Resultados bondad de ajuste 2017

Distribuciones año 2017				
Estación	Gasolina	Media	Desv.	Distribución
6 de Octubre	Diesel	94.094	0.005	Normal
	Extra	22.868	908	Normal
	Super	26.647	2.494	Normal
11 de Noviembre	Diesel	615.503	67.859	Normal
	Extra	47.481	2.824	Normal
	Super	136.941	841	Normal
Arenillas	Diesel	56.123	2.579	Normal
	Extra	25.903	1.247	Normal
	Super	16.019	1.343	Normal
El Oro	Diesel	63.612	3.437	Normal
	Extra	23.200	389	Normal
	Super	34.587	2.728	Normal
La Avanzada	Diesel	42.241	567	Normal
	Extra	37.738	2.254	Normal
	Super	185.300	1.089	Normal
Las Lajas	Diesel	132.444	11.321	Normal
	Extra	21.207	1.504	Normal
Pto. Jelly	Diesel	104.972	7.887	Normal
	Extra	23.403	1.466	Normal
Santa Rosa	Diesel	231.807	12.107	Normal
	Extra	145.718	8.373	Normal
	Super	11.316	34	Normal

Fuente: *Elaborado por los autores*

Se aplicó este análisis para justificar la utilización de un z perteneciente a la distribución normal no centrada el cual se utilizará para medir el nivel de servicio que se desea obtener, así mismo para el posterior cálculo del inventario de seguridad.

4.3. Viabilidad de expansión

Se realizó un análisis de los datos pronosticados, se tomó el valor máximo para cada uno de los escenarios y se procedió a realizar un promedio diario con estos valores, se comparó con la capacidad de la

estación en caso de que este valor superara la capacidad de la estación se calculará la capacidad requerida para dicho producto de la siguiente forma:

$$\text{Capacidad Requerida (galones)} = \text{Capacidad Necesaria (galones)} - \text{Capacidad en galones}$$

Tabla 4.7 Análisis viabilidad de expansión para la estación Las Lajas

Estación Las Lajas					
2013		2015		2017	
DIESEL	EXTRA	DIESEL	EXTRA	DIESEL	EXTRA
34,111	30,659	31,310	39,199	28,229	46,052
25,817	26,923	23,086	35,997	20,002	43,549
32,771	30,013	29,597	38,655	26,460	45,632
29,256	29,730	25,125	38,415	21,885	45,446
28,006	29,346	25,197	38,090	22,077	45,194
26,243	31,040	23,801	39,517	20,709	46,297
28,856	33,948	25,842	41,908	22,684	48,115
30,955	34,189	27,479	42,102	24,266	48,261
24,079	33,783	22,070	41,773	18,992	48,014
32,162	34,364	28,402	42,243	25,144	48,367
30,001	34,077	26,695	42,012	23,472	48,193
31,307	35,781	27,709	43,378	24,448	49,215

	Diesel	Extra
Capacidad Actual	9,300	5,000

	Demanda promedio diaria		
Gasolina	2013	2015	2017
Diesel	1,092.3	1,043.6	940.6
Extra	1,192.7	1,446	1,640.5

Fuente: Elaborado por los autores

Para este caso no es necesario realizar una expansión dentro de la estación para ninguno de sus productos al menos hasta dentro de 5 años.

Tabla 4.8 Resultados viabilidad de expansión 2013 – 2017

Viabilidad de expansión			
Estación	Gasolina	Capacidad	Expandir
6 de Octubre	Diesel	14,600	NO
	Extra	7,300	NO
	Super	7,300	NO
11 de Noviembre	Diesel	18,600	NO
	Extra	12,400	NO
	Super	4,600	NO
Arenillas	Diesel	18,000	NO
	Extra	5,000	NO
	Super	5,000	NO
El Oro	Diesel	10,000	NO
	Extra	6,000	NO
	Super	4,000	NO
La Avanzada	Diesel	12,000	NO
	Extra	8,000	NO
	Super	4,000	NO
Las Lajas	Diesel	9,300	NO
	Extra	5,000	NO
Pto. Jelly	Diesel	4,600	NO
	Extra	12,200	NO
Santa Rosa	Diesel	21,600	NO
	Extra	14,400	NO
	Super	7,200	NO

Fuente: *Elaborado por los autores*

Como resultado del análisis de viabilidad de expansión no es necesario realizar una expansión en las estaciones al menos hasta el 2017 que fue el último año pronosticado.

4.4. Elección de política de inventario

Para la elección de la política de inventario se tomaron en cuenta los siguientes supuestos:

- La demanda para cada escenario tiene una distribución de probabilidades
- Se conoce el estado del inventario siempre
- Se toman decisiones sobre el inventario de manera continua
- Se utilizó un nivel de servicio del 95%
- Se utilizó un valor z igual a 1.65 perteneciente a la distribución Normal

Basado en los supuestos anteriores se utilizará un modelo de demanda estocástico llamado Sistemas (S,s) donde s es el punto de orden y S es el nivel al que debe llegar el inventario cuando la orden es entregada, la cantidad optima a pedir será $(S-s)$.

MODELO MATEMÁTICO

Conjuntos

i : productos

j : meses

e : escenarios

Escalares

k: costo setup (costo de realizar pedido)

h: costo de almacenamiento

l: lead time

Parámetros

Prom(i,e): media de la gasolina i en el escenario e

valz(i,e): valor z de la gasolina i en el escenario e

desv(i,e): desviación estándar de los errores de pronóstico para la gasolina i

escenario e

demanda(i,j):demanda del producto i en el mes j

Variables positivas

s(i,e): punto de orden de la gasolina i en el escenario e

Sm(i,e): cantidad hasta la que se debe ordenar la gasolina i en el escenario e

q(i,e): cantidad a ordenar de la gasolina i en el escenario e

dem(i,e): demanda promedio

invseg(i,e): inventario de seguridad

Función objetivo:

Minimizar

$$K. \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{e=1}^p (\text{demanda}(i,j)/q(i,e)) + h. \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^p q(i,e)/2$$

$$+ h. \sum_{i=1}^n \sum_{e=1}^p \text{invseg}(i,e)$$

Sujeto a:

$$\text{dem}(i,e) = L * \text{prom}(i,e) \quad \forall(i,e)$$

$$s(i,e) = \text{dem}(i,e) + \text{valz}(i,e). \text{desv}(i,e). \text{sqrt}(l) \quad \forall(i,e)$$

$$Sm(i,e) = e = q(i,e) \quad Sm(i,e) = e = q(i,e) + s(i,e) \quad \forall(i,e)$$

$$\text{Invseg}(i,e) = \text{valz}(i,e). \text{desv}(i,e). \text{sqrt}(l) \quad \forall(i,e)$$

Donde:

$$\text{dem}(i,e) = L * \text{prom}(i,e)$$

Calcula la demanda promedio durante el lead time para cada tipo de gasolina en los escenarios propuestos.

$$\text{Invseg} = \text{valz}(i,e). \text{desv}(i,e). \text{sqrt}(l)$$

Calcula el inventario de seguridad en caso de haber variaciones en la demanda durante el lead time respetando el nivel de servicio propuesto.

$$s(i, e) = dem(i, e) + valz(i, e). desv(i, e). sqrt(l)$$

Calcula el punto de reorden s donde se realizará el pedido en cuanto el nivel de stock sea menor igual a s

$$Sm(i, e) = e = q(i, e)Sm(i, e) = e = q(i, e) + s(i, e)$$

Calcula el stock máximo S

Resultados Sistemas(S,s)

En las tablas 4.9, 4.10 y 4.11 se mostraran los resultados del modelo matemático propuesto, es decir cantidad óptima a pedir (q), punto de reorden (s), nivel de inventario máximo (S) y los costos asociados (Costo) para cada una de las estaciones de gasolina en los escenarios propuestos correspondientes a los años 2013, 2015 y 2017.

Tabla 4.9 Resultado Sistemas (S,s) 2013

Sistemas(S,s) año 2013					
	Gasolina	S(gals)	s(gals)	q(gals)	Costo(\$)
6 de Octubre	Diesel	4,720.7	1,604	3,116.6	2,851.31
	Extra	4,429.5	1,708.7	2,720.7	
	Super	2,045	579.6	1,465.7	
11 de Noviembre	Diesel	7,465.7	6,019.67	1446.05	1,555.37
	Extra	2,757.28	725.49	2,031.79	
	Super	1,247.4	389	858.11	
Arenillas	Diesel	4,116	1,829	2,286.6	2,845.6
	Extra	3,737	1,357	2,379.8	
	Super	2,375	665	1,709.7	
Balsas	Diesel	6,817	2,844	3,973	3,403
	Extra	4,950.7	1,803	3,147	
	Super	2,305.6	972	1,333	
El Oro	Diesel	7,632.7	3,607	4,025	3,748.3
	Extra	4,997	1,936	3,061	
	Super	2,425.8	787	1,634	
La Avanzada	Diesel	6,549	3,185.5	3,363.9	3,207
	Extra	3,563	1,384.9	2,178.6	
	Super	1,38	315	1,065	
Las Lajas	Diesel	4,809	2,392	2,417	2,364
	Extra	4,12	1,433	2,686	
Pto. Jelly	Diesel	6,825	3,395.8	3,429.5	2,553
	Extra	3,162	1,035	2,126.8	
Santa Rosa	Diesel	8,128	6,229	1,899	4,282
	Extra	6,023	4,304	1,718	
	Super	1,299	492	806	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4.10 Resultado Sistemas (S,s) 2015

Sistemas(S,s) año 2015					
Estación	Gasolina	S(gals)	s(gals)	q(gals)	Costo(\$)
6 de Octubre	Diesel	4,367	1,427	2,940	3,249
	Extra	4,960.9	1,914	3,046	
	Super	3,554.6	1,369.6	2,184.9	
11 de Noviembre	Diesel	14,740.24	12,861.8	1,878	1,624
	Extra	3,111.9	1,298	1,813	
	Super	1,257	399	858	
Arenillas	Diesel	3,248	1,383	1,864.7	2,848.5
	Extra	3,664	1,419	2,244.8	
	Super	3,159.8	1,066	2,093	
El Oro	Diesel	7,765	3,704	4,060.8	3,660
	Extra	3,879	1,301	2,578	
	Super	3,095	1,230.6	1,864	
La Avanzada	Diesel	7,435	3,213	4,222	3,124
	Extra	3,756	1,533	2,223	
	Super	1,299	421	877	
Las Lajas	Diesel	5,236	2,949	2,286.5	2,672
	Extra	4,758	1,743	3,014.9	
Pto. Jelly	Diesel	7,15	3,874	3,276	2,778.9
	Extra	3,353	1,131	2,222.5	
Santa Rosa	Diesel	7,546.7	5,754.9	1,791	3,948
	Extra	5,341	3,801.7	1,539	
	Super	1,408	464	944	

Fuente: Elaborado por los autores

Tabla 4.11 Resultado Sistemas (S,s) 2017

Sistemas(S,s) año 2017					
Estación	Gasolina	S(gals)	s(gals)	q(gals)	Costo(\$)
6 de Octubre	Diesel	4,720	1,604	3,116.6	3,519.5
	Extra	4,429.5	1,708	2,720.7	
	Super	2,045	579	1,465.7	
11 de Noviembre	Diesel	24,297	21,503.7	2,793	1,845.9
	Extra	2,821	1,255	1,566	
	Super	1,246	388	858	
Arenillas	Diesel	2,307.6	1,076	1,231.6	2,799.6
	Extra	3,564	1,196	2,367.8	
	Super	4,006.9	1,399.5	2,607	
El Oro	Diesel	7,853	3,777	4,075	3,523.7
	Extra	2,833	824	2,008.6	
	Super	3,537	1,466	2,071.8	
La Avanzada	Diesel	7,586	3,302.5	4,283.8	3,092.6
	Extra	3,828	1,564.7	2,263	
	Super	1,046	397	648.6	
Las Lajas	Diesel	5,292	3,145	2,145	2,818.9
	Extra	5,254	2,001.8	3,252	
Pto. Jelly	Diesel	7,031	3,959	3,072	2,837.5
	Extra	3,447	1,191.8	2,255	
Santa Rosa	Diesel	6,873	5,128	1,745	3,659
	Extra	4,896	3,5	1,396	
	Super	1,434	471	962	

Fuente: Elaborado por los autores

CAPÍTULO 5

INTRODUCCIÓN

Se presentan las conclusiones a las que se llegaron cumpliendo con los objetivos planteados para este proyecto y las recomendaciones adecuadas para un mejor desempeño en las estaciones.

5.1. Conclusiones

- Con los resultados obtenidos del sistema de inventarios se va a tener una cantidad fija de pedido, con esto se logrará controlar de mejor manera la disponibilidad de los recursos de la empresa.
- Se estableció un nivel de servicio del 95% esto ayudará a la empresa a mantener un nivel alto de ventas.
- Con el 95% de nivel de servicio se esperan los siguientes beneficios para la empresa en los distintos escenarios propuestos:
 - ✓ **2013:** \$221,673 (solo en este escenario contamos con la estación Balsas)
 - ✓ **2015:** \$196,645
 - ✓ **2017:** \$206,967
- Aplicando el modelo de inventario se lograra establecer un orden en los pedidos.

5.2. Recomendaciones

- Aplicar el modelo de inventario (S,s) anteriormente propuesto, así se logrará controlar y mejorar los procesos de las estaciones de combustible.
- Establecer un orden de los pedidos para no quedar en stock out, se logrará mejorar el nivel de servicio de las estaciones.
- Capacitar al personal a cargo del inventario para que tomen conciencia de los costos que incurre un mal control del inventario y un nivel de servicio bajo.
- Logrando una planificación de la cantidad de pedidos se podrá negociar con un operador logístico para disminuir costos de transporte, dado que se puede llegar a un consenso por la cantidad de vehículos utilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. **Broederlijk, D. (2008).** "*Territorios y recursos naturales: en saqueo vs en buen vivir*". Obtenido de <http://contrastesinvestigacion.wordpress.com/2009/02/07/situacion-y-perspectivas-del-petroleo-en-el-ecuador/>.
- [2]. **Collington, J., & Vermorel, J. (2012).** "*Análisis ABC (inventario)*". Obtenido de <http://www.lokad.com/es/definicion-analisis-abc-%28inventario%29>.
- [3]. **Darío, M., Zapata, J. A., & Jaimes, W. A. (2011).** "*Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario Colombiano*". Obtenido de <http://revista.eia.edu.co/articulos15/art.%202%20%2821-32%29.pdf>.
- [4]. **Escalante, F. (2008).** "*Diseño de un sistema de control de inventarios para supermercados de San Salvador*". Obtenido de <http://www.wisis.ufg.edu.sv/www.wisis/documentos/TE/658.8-E74ds/658.8-E74ds-CAPITULO%20IV.pdf>.
- [5]. **Gutiérrez, V., & Vidal, C. J. (2008).** "*Modelo de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento*". Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43004313>.
- [6]. **Holguin, C. J. (2006).** "*Fundamentos de Gestión de Inventarios*". Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- [7]. **Llovera, G., & Zapata, Á. (2008).** "*Propuesta de un modelo de inventario para mejora del ciclo logístico de una empresa del ramo automotriz*". Obtenido de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2900/1/16-TEISIS.IS010F30.pdf>.
- [8]. **Mongua, P. J., & Sandoval, H. E. (2009).** "*Propuesta de un modelo de inventario para la mejora del ciclo logístico de una distribuidora de confites ubicada en la ciudad de Barcelona*". Obtenido de

<http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1109/1/Tesis.PROPUUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20INVENTARIO.pdf>.

- [9]. **Naranjo, M. G. (2011).** *"XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil"*. Obtenido de <http://www.slideshare.net/mgarcianaranjo/pruebas-de-bondad-de-ajuste-vfinal>.
- [10]. **Patiño, J. G., Martínez, A. Y., & León, O. P. (2008).** *"Extensión del modelo EOQ aplicados dentro de la cadena de suministros integrada en el inventario gestionado por el vendedor bajo el concepto de logística verde"*. Obtenido de http://www.umng.edu.co/documents/10162/745279/V2N2_7.pdf.
- [11]. **Universidad del Tolima. (2005).** *"Principios de Economía" 4ta edición*. Colombia: Mc. Graw Hill.
- [12]. **Zambrano, A. J., & Zabaleta, R. J. (2008).** *"Diseño de un sistema de control y gestión de inventario para la materia prima de una empresa del sector textilero"*. Obtenido de <http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/1109/1/Tesis.PROPUUESTA%20DE%20UN%20MODELO%20DE%20INVENTARIO.pdf>.