



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Desarrollo de un Modelo de Inventario para Producto Importado de la
Empresa Acero"

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Núñez González Luis Zenen

Villacís Chafla José David

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por guiarnos y protegernos a lo largo de este recorrido, por darnos sabiduría, inteligencia y fuerza para superar las dificultades presentadas durante esta importante etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres, quienes siempre nos han brindado un gran apoyo para poder cumplir las metas propuestas, por acompañarnos por este arduo recorrido, siendo ejemplos referentes de superación para cada uno de nosotros.

Al Msc. Edwin Desintonio León, director de Proyecto, por su ayuda y asesoramiento a la realización del mismo.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Núñez González Luis
Zenen



Villacís Chafla José David



Ing. Edwin Orlando
Desintonio Leon, MSc

RESUMEN

La empresa objeto de estudio tenía un nivel de inventario de 32497 toneladas en las bodegas principales de producto importado (PI), durante el periodo 2014-2015 ya que la cobertura de Planchas Laminadas en Caliente (PLC) fue 44,79 meses cuando el objetivo de abastecimiento de la empresa es de 4 meses. Por lo tanto hubo 5459,33 toneladas de inventario excedente en el periodo analizado.

Este trabajo tiene como objetivo proponer un modelo de reposición de inventario para cinco productos "A" de PLC, con el fin de reducir: 1) los niveles de inventario, 2) el costo de almacenamiento, y, 3) el nivel de cobertura.

La metodología utilizada para resolver el problema puede ser descrito de la siguiente manera:

1. Lluvia de ideas y entrevistas con el personal clave para definir el problema.
2. Recopilación de datos históricos para describir y analizar el comportamiento del consumo de productos PLC.
3. Evaluación y selección del modelo de inventario que se ajuste de mejor manera con el comportamiento de los productos de PLC.
4. Comparación entre situación actual y la propuesta con el modelo ajustando los valores para cumplir con la política y necesidades de la empresa.
5. Evaluación financiera y análisis de costo beneficio para medir los posibles logros financieros si el modelo de inventario fue aplicado.

Los resultados fueron favorables hablando del punto de vista técnico y financiero. El modelo seleccionado fue un sistema Q como política de inventario, reduciendo más de 90% el nivel de inventario y la reducción de la cobertura a un mes.

Palabras Clave: costos, evaluación técnica y financiera, inventario excedente, sistema de revisión continua, Indicadores, Sistema IBS.

ABSTRACT

The company under this study had an inventory level of 32497 tons in a main warehouse of imported product (PI) during the period 2014-2015. The coverage for Hot Rolled Plates (PLC) was 44.79 months when the company's target supply is 4 months. So, there were 5,459.33 tons of surplus inventory in the period analyzed.

This work aims to propose an inventory replenishment model for five "A" PLC products, in order to reduce: 1) inventory levels, 2) holding cost, and, 3) the coverage level.

The methodology used to solve the problem can be describe as follows:

- 1. Brainstorm and interviews with key personnel to define the problem.*
- 2. Collection of historical data to describe and analyze the behavior of the PLC products consumption.*
- 3. Evaluation and selection of the inventory model that adjust the best with the behavior of the PLC products*
- 4. Comparison between current situation and the proposal model, adjusting the values to comply with company policy and needs.*
- 5. Financial evaluation and cost-benefit analysis to measure possible financial achievements if the inventory model were apply.*

At the results were favorable technically and financially speaking. The selected model was a Q system as inventory policy, reducing more than 90% the inventory level and reducing the coverage to a month.

Keywords: *costs, technical and financial evaluation, surplus inventory, review system continues, Indicators, IBS system.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DECLARACION EXPRESA.....	iii
RESUMEN.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.1.3. Marco teórico	3
CAPÍTULO 2.....	12
2. METODOLOGÍA	12
2.1 Definición.	13
2.1.1 Lluvia de ideas	13
2.1.2 Entrevista	13
2.1.3 Diagrama de árbol	14
2.1.4 SIPOC.....	15
2.2 Medición.....	17
2.2.1 Recolección de data histórica	17
2.2.2 Pronostico de la demanda	17
2.2.3 Señal de seguimiento (TS):.....	19
2.2.4 Clasificación de productos importados en familias	20
2.2.5 Clasificación ABC	21
2.2.6 Clasificación A	21
2.3 Análisis.....	22

2.3.1	Análisis de las características de productos y demanda para la selección de un modelo de solución.....	22
2.3.2	Distribución de la demanda.....	22
2.3.3	Tipo de movimiento de los productos	24
2.3.4	Tipo de Demanda de los productos.	25
2.3.5	Evaluación de Alternativas de solución.....	26
2.3.6	Selección de mejor alternativa.	27
2.4	Implementación.....	27
2.4.1	Evaluación técnica del modelo Q.....	27
2.4.2	Evaluación Financiera [13].....	29
CAPÍTULO 3.....		32
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	32
3.1	Evaluación técnica del Sistema Q.....	32
3.1.1	Lote económico de pedido y punto de reorden	32
3.1.2	Recalculo de punto de reorden para alcanzar política de la empresa.	32
3.1.3	Cobertura, Nivel de Stock y Valor de Inventario de productos A	33
3.2	Evaluación financiera del Sistema Q.....	33
3	33	
3.3	Comparación de situación actual vs situación con el sistema Q implementado	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		35
BIBLIOGRAFÍA.....		36
APÉNDICE A.....		37
APÉNDICE B.....		41
APÉNDICE C.....		42
APÉNDICE D.....		44
APÉNDICE E.....		46

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EOQ	Economic Order Quantity
PI	Producto Importado
SIPOC	Suppliers, inputs, process, outputs, customers
PLC	Planchas Laminadas en caliente
CTC	Costo Total de Compra
CO	Costo de Ordenar
CPI	Costo de Posesión de Inventario
CP	Costo de Producto
TON	Toneladas

SIMBOLOGÍA

q	Cantidad de pedido
$q / 2$	Cantidad media de pedido
D	Demanda
A	Costo de emisión de órdenes de compra
i	Costo anual de posesión de inventario
C	Costo unitario del producto
$A0J$	Producto perteneciente a la familia A
J	Número de producto perteneciente a la familia A
q^*	Lote económico de compra
R	Punto de reorden
μ	Demanda promedio
Lt	Lead time
m	Media de consumo durante el tiempo de entrega
SS	Stock de seguridad
z	Factor de seguridad dado por el nivel de servicio
$s(lt)$	Desviación estándar durante el tiempo de entrega
T	Tiempo de revisión
M	Nivel máximo de inventario
TS	Señal de seguimiento

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Perfil de los inventarios bajo los supuestos del modelo EOQ.	6
Figura 1.2: Representación del costo total de compra.	7
Figura 1.3: Sistema Q	8
Figura 1.4: Distribución normal de la demanda durante el tiempo de entrega	9
Figura 1.5: Sistema P	10
Figura 2.1: Lluvia de ideas del personal involucrado.....	13
Figura 2.2: Cuadro de observaciones del personal involucrado.....	14
Figura 2.3: Diagrama de árbol.....	14
Figura 2.4: Diagrama SIPOC.....	16
Figura 2.5: Comparación de la demanda para diferentes periodos.....	17
Figura 2.6: Pronóstico de la demanda- Ajuste exponencial vs. Media Móvil.....	18
Figura 2.7: Señal de seguimiento.....	19
Figura 2.8: Nivel de Inventario expresado en porcentaje de familias de PI.....	20
Figura 2.9: Pareto basado en el valor de inventario.....	21
Figura 2.10: Prueba de normalidad para producto A010.....	22
Figura 2.11: Prueba de normalidad para producto A051.....	22
Figura 2.12: Prueba de normalidad para producto A015.....	23
Figura 2.13: Prueba de normalidad para producto A003.....	23
Figura 2.14: Prueba de normalidad para producto A044.....	23
Figura 2.15: ventajas y desventajas de modelos propuestos.....	26
Figura 2.16 : Comparacion de modelos de reposicion	27
Figura 3.1: Comparación de coberturas; real, deseada por la empresa y la del Sistema Q.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodología DMAIC	12
Tabla 2: Datos de la Demanda Real, Demanda proyectada y Error de los modelos de pronóstico para los diferentes periodos	18
Tabla 3: Cálculo de DAM, CSEP y TS a partir del pronóstico y los datos reales.....	19
Tabla 4: Segmentación de familias.....	20
Tabla 5: Resumen de la prueba de normalidad.....	24
Tabla 6: Cálculo del valor del criterio.....	25
Tabla 7: Calculo del Coeficiente de Variación	25
Tabla 8: Calculo de q del producto A010.....	28
Tabla 9: Calculo de R del producto A010	28
Tabla 10: Calculo de la cobertura del producto A010.....	28
Tabla 11: Calculo de valor de inventario y nuevo R del producto A010	29
Tabla 12: VF al invertir en un banco del producto A010.....	29
Tabla 13: valor de mantener inventario del producto A010	29
Tabla 14: VF al invertir en un banco del producto A015.....	30
Tabla 15: valor de mantener inventario del producto A015	30
Tabla 16: VF al invertir en un banco del producto A044.....	30
Tabla 17: valor de mantener inventario del producto A044	30
Tabla 18: VF al invertir en un banco del producto A003.....	31
Tabla 19: valor de mantener inventario del producto A003	31
Tabla 20: Resultados de q^* , R y cobertura	32
Tabla 21: Nuevos resultados de q^* , R y cobertura	32
Tabla 22: resultados de Cobertura, Nivel de stock y valor de inventario	33
Tabla 23: Resultados de análisis de inversión.....	33

INTRODUCCIÓN

El inventario es un pilar fundamental para el funcionamiento de cualquier organización, por su gran impacto económico y el aporte que brinda a los procesos productivos; debido a su gran importancia este debe tener un control adecuado el cual permita minimizar los costos involucrados en su almacenamiento. [1]

El presente proyecto surge de la necesidad de desarrollar un modelo de inventario para las planchas laminadas en caliente de la empresa ACERO y se encuentra compuesto por tres capítulos los cuales se presentan a continuación.

En el Capítulo 1 se presenta la definición del problema, las variables de respuesta que se midieron, se detalla el objetivo general y los objetivos específicos, finalmente se muestra el marco teórico sobre herramientas genéricas de Six-Sigma y de mejoramiento continuo utilizadas para la resolución del problema. Adicional se revisa la segmentación de los productos importados en familias y la clasificación ABC de productos perteneciente a la familia con mayor nivel de inventario, así como también los modelos más comunes utilizados en el manejo de inventario.

En el Capítulo 2 se describe la metodología que se utilizó para la resolución del problema detallando el modelo conceptual utilizado, también se hace énfasis en las diferentes alternativas de solución, se realiza la descripción, análisis y evaluación de cada una de dichas alternativas, para de esa manera decidir por la mejor solución.

En el Capítulo 3 se presentan los resultados obtenidos una vez realizada la evaluación del modelo seleccionado para la resolución del problema, adicional se muestran los análisis técnicos y financieros efectuados para poder dar mejores alternativas de inversión del dinero que posee invertido la empresa en excedente de inventario para así poder presentar resultados que cumplan con los objetivos planteados.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La empresa “ACERO” tiene exceso de inventario en las bodegas principales de producto importado, durante el periodo de Octubre 2014- Septiembre 2015. Dado que la cobertura actual para Producto Importado (PI) es de 44,79 meses cuando el objetivo de abastecimiento de la empresa es de 4 meses. Esto quiere decir que se tiene 5459,33 toneladas de inventario excedente en el periodo analizado.

Como variables de éxito del proyecto se presentan las siguientes variables a medir.

Variables de Respuesta

- Cobertura (meses de stock).
- Costo de oportunidad.

Alcance

Como alcance del proyecto se espera reducir la cobertura actual a 6 meses

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Proponer un modelo de reposición de inventario para cinco productos de clasificación A los cuales pertenecen a planchas laminadas en caliente (PLC), para reducir los niveles de inventario, obteniendo una reducción de costos y ajustando el nivel de cobertura actual a la política de la empresa.

1.1.2. Objetivos específicos

1. Analizar el comportamiento de la demanda de cada uno de los cinco productos A seleccionados, para desarrollar un modelo de pronóstico de demanda.
2. Comparar los resultados del modelo propuesto con la situación actual de la empresa para identificar mejoras en el nivel de inventario.
3. Analizar la característica de productos y demanda para definir un modelo de reposición de inventario.

1.1.3. Marco teórico

Herramientas Six-Sigma y de mejora continua para recopilación de información y resolución de problemas.

Desde hace varios años se utilizan herramientas Six-Sigma para análisis en programas de mejora de calidad. Entre las principales herramientas encontramos: gráficas de Pareto, diagramas de flujo, gráficas de corridas, hojas de verificación, diagramas de causa y efecto, entre otras. [2]

Gráficas de Pareto: las gráficas Pareto están entre las técnicas graficas de uso más común. La gente suele hablar de “aplicar Pareto”, o dice: “Paretémoslo”. Este diagrama se usa para determinar las prioridades. El Pareto se describe a veces como una forma de separar los “puntos vitales” de los “muchos triviales”. Estas graficas se basan en el hallazgo empírico común de que un gran porcentaje de los problemas se debe a un pequeño porcentaje de las causas. [3]

Diagrama SIPOC: Siglas en ingles de Suppliers, Inputs, Process, Outputs y Customers. Este es uno de los varios diagramas de flujo existentes, donde se ve involucrado al proveedor o suministro, insumo, proceso, obra, cliente, y sirve para definir las etapas de un proyecto. [2]

Una de las herramientas que define la situación actual de proceso es el diagrama SIPOC, identificando los requerimientos del proveedor, luego identifica los requerimientos del cliente para los productos o servicios. [4]

Hojas de Verificación: Son formatos para el acopio de datos, sirven para la creación de herramientas graficas como los histogramas. [2]

Gráficas de corridas: Estas gráficas representan la tendencia de datos con el paso del tiempo, generalmente grafican la mediana de un proceso. [2]

Diagrama causas y efectos: Este diagrama también es conocido como diagrama Ishikawa o diagrama espina de pescado, muestran las relaciones propuestas entre las causas y problema que se estudia, la finalidad de este diagrama es averiguar cuál de las causas potenciales contribuía al problema. [2]

Brainstorming (lluvia o tormenta de ideas): Herramienta que ayuda al descubrimiento de nuevas ideas sobre un problema o tema determinado fomentando el trabajo en equipo. [5]

Segmentación de productos:

Ley de Pareto: La ley De Pareto fue enunciada por Wilfrido Pareto en Italia, en el año de 1987, tras un estudio sobre la distribución de los ingresos y riquezas en su país. En él, se observó que un gran porcentaje de ingresos totales estaba concentrado en las manos de un pequeño porcentaje de la población, en una relación aproximada de 80-20 o clasificación ABC. La clasificación ABC identifica artículos que: a) usualmente concentran su mayor parte de los costos de inventarios, b) son los de mayor consumo o movimiento; o c) ocupan mayor cantidad de espacio de almacenamiento y permite establecer criterios apropiados de gestión. [1]

Inventario y Modelos de Inventarios:

Inventario: Se refiere a la acumulación de partes, materias primas, productos en proceso o productos terminados, que se mantienen en la cadena de suministro, cuyo mantenimiento generalmente genera costos y en algunas ocasiones genera beneficios. [1]

Clasificación de Inventarios: Los inventarios se clasifican, por la naturaleza de la demanda, por el papel que desempeñan, por el tipo de actividad de la empresa y por su valor e importancia. [1]

Inventarios por la naturaleza de la demanda: Pueden ser Inventarios con demanda independiente o inventarios con demanda dependiente, si nos enfrentamos a una demanda independiente, la renovación de los stocks se realizara conforme el mercado vaya demandando los productos, si la demanda por el contrario es dependiente las partes se renovaran según planes de la empresa. [1]

Inventarios por el papel que desempeñan: Pueden ser Inventario normal o activo, inventario de reserva o inventario promedio. [1]

- **Inventario normal o activo:** Es el que se necesita para afrontar la demanda de procesos comerciales o productivos de la cadena de suministro. [1]
- **Inventario de reserva:** Es la cantidad de productos que deben existir, la cual permite afrontar cualquier demora en la parte del proveedor, así como también imprevisto con la demanda de los clientes. [1]
- **Inventario promedio:** Es la cantidad de stock medio que se ha tenido en un determinado periodo de tiempo, corresponde a la mitad del nivel de stock si la empresa

no tiene stock de seguridad y a la mitad del stock normal más el stock de seguridad si la empresa maneja stocks de seguridad. [1]

Inventario por el valor o importancia: También conocido como ley de Pareto, ya descrita anteriormente. [1]

Rotación y Cobertura: Es la que indica el número de veces que se ha despachado el inventario promedio en un periodo de tiempo específico. [1]

Reducción de Inventario

El inventario ocupa espacio, prolonga el tiempo de espera de la producción, genera necesidades de transporte y de almacenamiento y absorbe los activos financieros. Los productos y el trabajo en proceso que ocupan espacio en el área de fábrica o en la bodega no generan ningún valor agregado. Por el contrario se desmejoran en cuanto a calidad e incluso pueden volverse obsoletos de la noche a la mañana cuando el mercado cambia o cuando los competidores introducen un nuevo producto. [6]

Costos que suponen las existencias: Para determinar una política adecuada de renovación de stocks requerimos conocer los costos asociados a las existencias, los cuales son:

- **Costos de emisión de pedidos:** Se refiere a todos los costos que incurre el departamento de compras que derivan de emitir pedidos a los proveedores y que no varían con la cantidad pedida.
Pueden estar constituidos por los rubros de: costos de tramitación, costos de seguimiento y costos varios. [1]
- **Costos de compra:** se entiende por tal al precio del artículo que se compra multiplicado por el número de unidades compradas. [1]
- **Costos de posesión de inventarios:** Son aquellos en los que se incurren para mantener inventarios en un periodo de tiempo dado. Están divididos en las siguientes categorías: financieros, de almacenamiento riesgos del inventario y seguros. [1]
- **Costos de roturas de stocks:** Se relacionan con la falta de existencias cuando estas se necesitan. [1]

Sistemas de reposición de Inventarios:

Los sistemas de renovación de inventarios nos permiten determinar cuánto y cuando renovar. Existen tres sistemas básicos de renovación de stocks para productos de demanda independiente: el lote económico de compra, el sistema P y el sistema El lote económico de compra aplica a situaciones de demanda constante y conocida, mientras que los sistemas P y Q se aplican en situaciones de demanda aleatoria con distribución normal. [1]

Lote económico de compra

La teoría del lote económico de compra o EOQ (del inglés *Economic Order Quantity*) la desarrolló F. W. Harris en 1915 y resuelve dos preguntas básicas de los problemas de renovación de stocks para productos con demanda independiente: cuánto pedir y cuándo pedir.

Su aplicación se limita a escenarios en los que se cumplen las siguientes premisas:

- La demanda y el tiempo de entrega del proveedor son conocidos y constantes.
- No existen descuentos por volúmenes de compra por parte del proveedor.
- La entrega es del lote completo de productos pedidos (q), no existen entregas parciales.

Como consecuencia de los supuestos anteriores, se puede inducir fácilmente que la necesidad de stocks de seguridad es nula, pues el inventario promedio corresponde a la mitad del lote de productos pedidos ($q/2$) y el perfil de los niveles de inventario a lo largo del tiempo siguen este patrón como se puede observar en la Figura 1.1 [1]



Figura 1.1: Perfil de los inventarios bajo los supuestos del modelo EOQ. [7]

Cuando se cumplen dichas premisas, es posible utilizar la teoría de EOQ para determinar la cantidad a comprar y el mejor momento de compra, minimizando los costos de ordenar y los costos de posesión de inventarios de la siguiente manera:

$$CTC = CP + CO + CPI$$

(1.1)

Dónde:

CTC: costo total de compra.

CP: costo de producto.

CO: costo de ordenar.

CPI: costo de posesión de inventario.

Si consideramos las siguientes variables.

D: demanda total anual.

A: costo de emisión de órdenes de compra.

i: costo anual de posesión de inventario.

C: costo unitario del producto.

q: cantidad pedida.

El costo total de compra puede también quedar expresado de la siguiente manera:

$$CTC = C * D + \frac{D}{q} * A + i * C * \frac{q}{2}$$

(1.2)

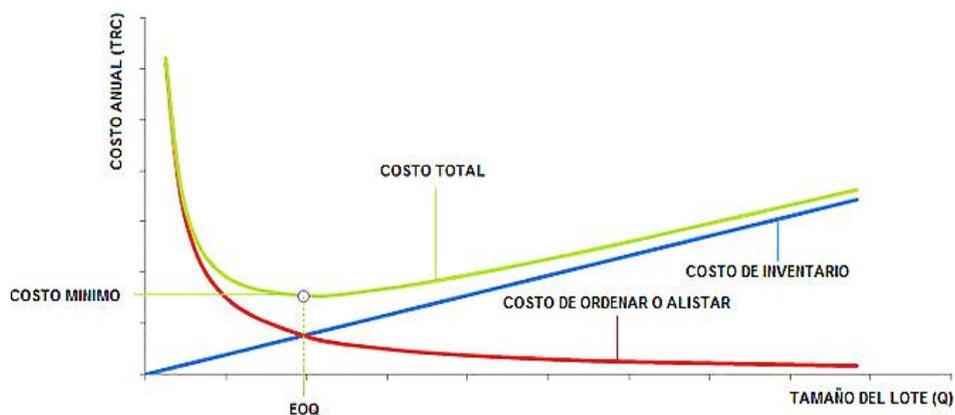


Figura 1.2: Representación del costo total de compra. [7]

En la Figura 1.2 se observa que el costo total de compra toma el menor valor cuando

$$\frac{d(CT)}{d(q)} = 0$$

(1.3)

Al calcular la derivada del costo total e igualar a cero, se obtiene que el lote económico de compra (q^*) es igual a: [1]

$$q^* = \sqrt{\frac{2 * A * D}{i * C}} \quad (1.4)$$

Donde el valor de q^* indica aquella cantidad que hace mínimos los costos de ordenar y poseer. Por otro lado el modelo sugiere que el mejor momento para pedir es cuando el nivel de stock sea igual al punto de reorden (R), definido como: [1]

$$R = \mu * Lt \quad (1.5)$$

Donde:

μ : Demanda promedio.

Lt : *Lead time* o tiempo de entrega del proveedor.

Sistemas de revisión continua – Sistema Q

El sistema de revisión continua levanta una de las limitaciones del modelo EOQ; concretamente, la referida a la demanda constante. En este modelo la demanda no es conocida ni constante; por el contrario, se asume que es aleatoria y tiene características de una distribución normal con media μ y desviación estándar conocidas. [1]

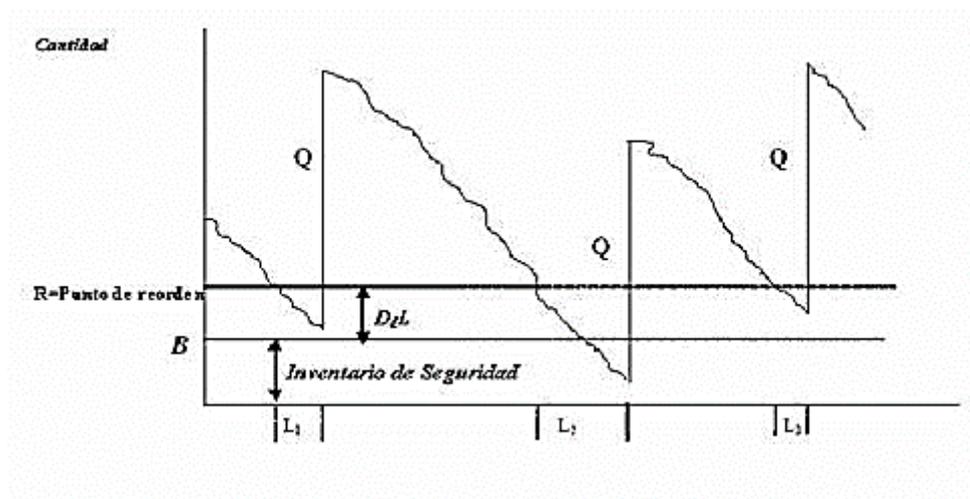


Figura 1.3: Sistema Q [7]

La posibilidad de inexistencia de stocks en el sistema Q se da durante el tiempo de entrega del proveedor (Lt) como se observa en la Figura 1.3. Por ello, es necesario conocer la distribución de la demanda durante un tiempo de entrega.



Figura 1.4: Distribución normal de la demanda durante el tiempo de entrega [7]

El punto de reorden se hace igual a la demanda promedio durante el tiempo de entrega, más un número específico de desviación estándar, que depende del nivel de servicio para protegerse contra las variaciones de la demanda. Un valor grande de z resultara un punto de pedido alto y en un nivel de servicio elevado. Por lo tanto la fórmula del punto de pedido es:

$$R = m + SS = m * Lt + SS = m * Lt + z * s(Lt) \quad (1.6)$$

Donde:

m : Media del consumo durante el tiempo de entrega.

SS : Stock de seguridad.

Lt : Tiempo de entrega.

z : Factor de seguridad dado por el nivel de servicio.

$s(Lt)$: Desviación estándar durante el tiempo de entrega.

Sistema de revisión Periódica – Sistema P

En este modelo, a diferencia del Q, la revisión de los inventarios se realiza de manera periódica. Nuevamente todas las suposiciones del modelo EOQ siguen siendo válidas, excepto la demanda constante y la no existencia de roturas de stocks.

Los niveles de inventario se revisan a intervalos de tiempo fijo T (tiempo de revisión) y se lanzan pedidos por la diferencia entre un máximo M y la cantidad q en stock al momento de la revisión. [1]

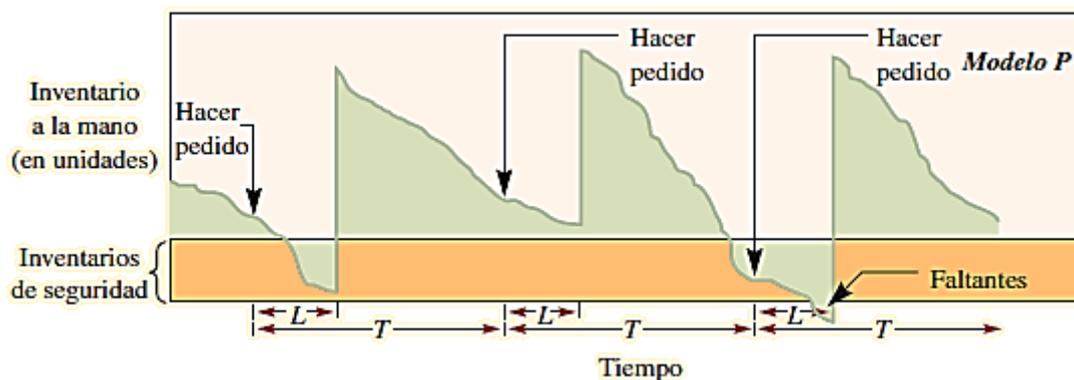


Figura 1.5: Sistema P [8]

El sistema P está determinado por las variables T y M . Para su cálculo se apoya nuevamente en el modelo EOQ. El T se halla partiendo, el periodo analizado, por lo general anual, entre el número de pedidos a realizar en ese periodo. Para hallar este número de pedidos se divide la demanda total anual entre la cantidad q^* del modelo EOQ.

El nivel máximo (M) debe cubrir la demanda promedio durante el tiempo de revisión (T) y de abastecimiento (Lt) y, del mismo modo, sus variaciones a un determinado nivel de servicio (stock de seguridad). [1]

$$M = m + SS \quad (1.7)$$

Donde:

m : Demanda promedio en el tiempo $T + Lt$.

SS : Stock de seguridad.

$SS = z * s(T + Lt)$.

$s(T + Lt)$: Desviación estándar de la demanda en el tiempo $T + Lt$.

z : Factor de seguridad en función del nivel de inventario.

Proyección de la demanda

Los cambios futuros no solo de la demanda sino también de la oferta y de los precios se conocen con cierta exactitud si se usan las técnicas estadísticas adecuadas para analizar el presente. Para ello se usan las llamadas series de tiempo, pues lo que se desea observar es el comportamiento de un fenómeno respecto del tiempo.

Existen cuatro patrones básicos de tendencia del mismo: la tendencia secular surge cuando el fenómeno tiene poca variación en varios periodos y puede representarse por una línea recta o

una curva suave; la variación estacional, que surge por los hábitos o tradiciones de la gente o por condiciones climatológicas; da fluctuaciones cíclicas que surgen principalmente por razones de tipo económico, y los movimientos irregulares, que surgen por cualquier causa aleatoria que afecta al fenómeno.

Entre los métodos de proyección de la demanda se encuentran: Método de las medias móviles, Método de mínimos cuadrados, Método de Ajuste Exponencial. [9]

Datos Estadísticos

Los datos estadísticos se obtienen mediante un proceso que comprende la observación o medición de conceptos, como ingresos anuales de una comunidad, calificación de exámenes, etc. Tales conceptos reciben el nombre de variables ya que producen valores que tienden a mostrar cierto grado de variabilidad, al efectuarse mediciones sucesivas. [10]

Tipos de datos

Casi siempre, seleccionar el procedimiento que se habrá de utilizar para analizar o para describir datos estadísticos depende de qué tipo sea. Se debe aprender a identificar y a manejar cuatro tipos de datos: continuos, discretos, nominales y jerarquizados.

Las variables que pueden asumir virtualmente cualquier valor en determinado intervalo de valores, se conocen como continuos.

Las variables discretas adquieren valores enteros. Los datos discretos son resultado de contar un número de conceptos y objetos.

Los datos nominales se obtienen cuando se definen las categorías y se cuenta el número de observaciones que queda en cada una.

Los datos jerarquizados constan de valores relativos asignados para denotar orden: primero, segundo, tercero y así sucesivamente. [10]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto fue la DMAIC donde sus siglas definen, medición, análisis, implementación y Control. La cual se describe en la Tabla 1. [11]

Tabla 1: Metodología DMAIC

	Actividades
1. Definir	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar lluvia de ideas. • Realizar entrevistas. • Elaborar diagrama de árbol. • Elaborar diagrama SIPOC.
2. Medir	<ul style="list-style-type: none"> • Recolectar data histórica. • Elaborar pronóstico de la demanda. • Calcular la señal de seguimiento (TS). • Realizar la segmentación de PI en familias. • Elaborar clasificación ABC de productos a base de la demanda y al valor de inventario de PLC. • Elaborar clasificación A de productos.
3. Analizar	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar las características de productos y demanda para la selección de un modelo de solución. • Analizar la distribución de demanda de productos A. • Identificar el tipo de demanda de productos A. • Identificar el tipo de movimiento de productos A. • Listar alternativas de solución y evaluación de las mismas. • Seleccionar la mejor alternativa.
4. Implementar	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar evaluación técnica del Sistema Q. • Realizar evaluación financiera del sistema Q.
5. Controlar	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la revisión del sistema de nivel de inventario venta a venta, para tener bajo control el punto de reorden. • Realizar selección de los proveedores para controlar el tiempo de entrega de los pedidos.

En las siguientes secciones, se presenta el detalle de la metodología utilizada en este proyecto.

2.1 Definición.

Para la definición del problema se utilizan herramientas como:

- Lluvia de ideas
- Entrevistas
- Diagrama de árbol
- SIPOC

A continuación se detalla cada una de las herramientas utilizadas:

2.1.1 Lluvia de ideas

Para realizar la lluvia de ideas se contó con el apoyo del personal de mandos medios, los cuales aportaron con su punto de vista de por qué existe el problema que se analiza en este proyecto.



Figura 2.1: Lluvia de ideas del personal involucrado.

En la Figura 2.1 se aprecia las ideas del personal involucrado que se repitieron con mayor frecuencia, para definir de manera eficiente y eficaz el problema.

2.1.2 Entrevista

Se realiza entrevistas a las jefaturas involucradas con la adquisición, almacenamiento, distribución y venta de los productos importados con el fin de obtener posibles causas que originan el problema mencionado en el Capítulo 1.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2.2 los cuales sirven para elaborar el diagrama de árbol que se muestra en la Figura 2.3.

	Jefe de Locales	Jefe de Distribución	Coordinador Exportaciones	Supervisor líneas de producción
Observaciones	Falta de información referente a costos	Se pierde tiempo en el despacho despejando los materiales	no hay seguimiento de la programación (falta de compromiso, se deja de producir	Muchos retrasos en la materia prima y por ende en las programaciones
	Se pierde ventas por falta de información	El stock no está de acuerdo con la demanda	los vendedores no dan seguimiento (falta de capacitación técnica)	Se pierde tiempo sacando una bobina determinada
	Mala distribución del stock	No hay stock objetivos	mal asignación del stock de los locales.	Daño de las bobinas por el tipo de almacenamiento
	No hay un buen sistema post venta	Secuencia de producción no adecuada	malas proyecciones de ventas	Condiciones inseguras de almacenamiento
	Procesos administrativos muy lentos en las ventas	No se mide la venta perdida	falta de información por parte de producción (no tenemos claros	
	No hay formación técnica en los vendedores	Caemos muchas veces en stockout	problemas logísticos (largos tiempos de espera para los	
	No hay un buen servicio al cliente interno	Condiciones inseguras en las bodegas		
	Problemas de falta de material			
	No stock de PT o PI			
	No stock de seguridad			
	Mala distribución de stock en PI			
	No flexibilidad en las líneas(mucho tiempo de			

Figura 2.2: Cuadro de observaciones del personal involucrado.

2.1.3 Diagrama de árbol

En la Figura 2.3 se nota las causas, problemas y efectos que son el resultado del análisis de la lluvia de ideas y las entrevistas realizadas al personal de mandos medios y gerenciales.

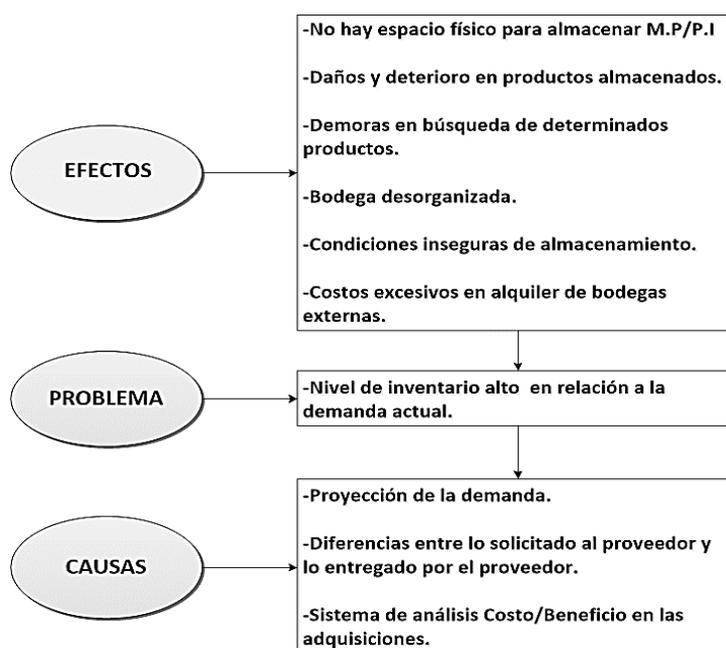


Figura 2.3: Diagrama de árbol.

Entre los diferentes criterios emitidos se obtiene un evento común que es el caso del exceso de inventario, y demás problemas relacionados a este mismo caso tales como inseguridad en las bodegas, atrasos en las órdenes de producción y por ende mala distribución en los locales.

2.1.4 SIPOC

Luego, de que se realiza varias entrevistas, reuniones grupales, se procede a la elaboración de un diagrama *SIPOC*, para poder visualizar el proceso de manera más sencilla, identificando las partes involucradas en la adquisición de los productos a analizar.

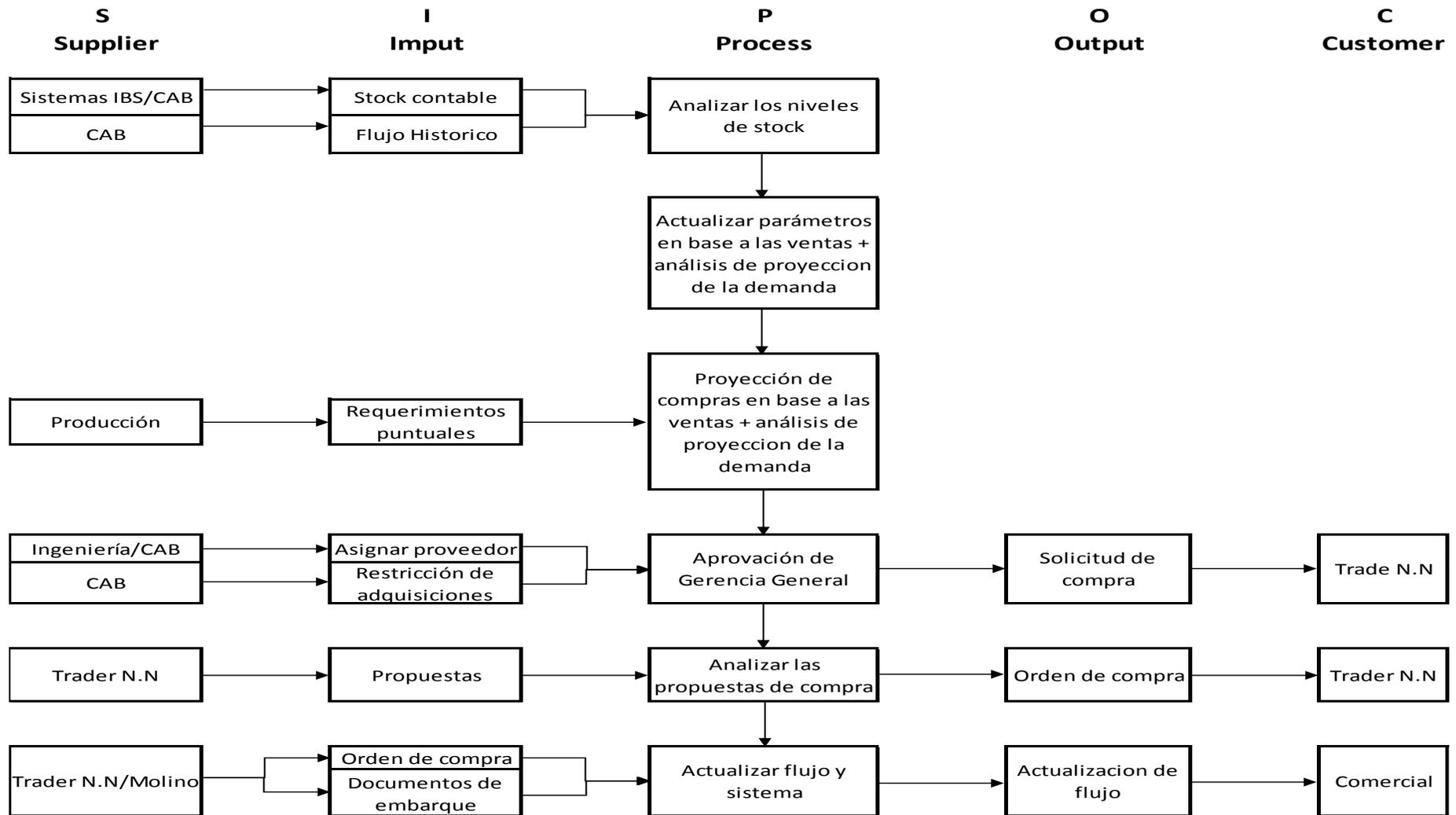


Figura 2.4: Diagrama SIPOC.

En la Figura 2.4 se observa la situación inicial del proceso de compra del producto importado de la empresa "ACERO

2.2 Medición

En el proceso de medición se recolecta la data histórica del sistema IBS que posee la empresa para analizar la situación actual de la demanda y el nivel de stock. Luego se realiza el pronóstico de la demanda, evaluando dos métodos de pronóstico y analizar si este es adecuado con la ayuda de la señal de seguimiento (TS). Finalmente, se realiza la clasificación ABC de productos para conocer los productos más importantes a analizar.

2.2.1 Recolección de data histórica

Los datos con los cuales se trabaja son recopilados del sistema IBS de la empresa, tomando información sobre la demanda de productos importados (PI) y el nivel de stock de los mismos de dos periodos 2013-2014 y 2014-2015.

2.2.2 Pronostico de la demanda

Basado en datos históricos se realiza un análisis para seleccionar el mejor método de pronóstico de demanda, con el fin de evaluar los modelos de pronósticos presentados se calculó el error de muestreo medio. Los modelos propuestos son el de Ajuste Exponencial y Medias Móviles.

Para la utilización de los modelos de pronóstico de demanda propuestos, la demanda debe ser aleatoria, no presentar estacionalidad ni ciclos, por esta razón se analiza gráficamente la demanda de PI para los periodos analizados.

Análisis de la demanda

Se analiza la demanda de aproximadamente 2000 sku's, para de manera general poder ver su comportamiento durante los periodos 2013-2014 y 2014-2015.

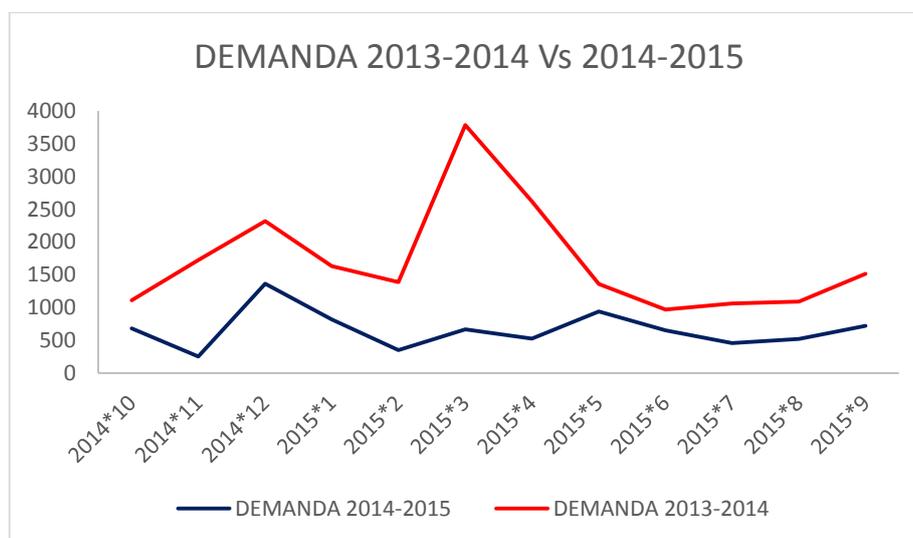


Figura 2.5: Comparación de la demanda para diferentes periodos.

En la Figura 2.5 se observa que la demanda no tiene estacionalidad, ni comportamiento cíclico definido por lo que se puede utilizar los modelos de ajuste exponencial y medias móviles.

Evaluación de modelos de pronóstico de demanda

Se realiza una evaluación de ambos modelos de pronóstico, para identificar el que tenga menor porcentaje de error y se ajuste de mejor manera

Tabla 2: Datos de la Demanda Real, Demanda proyectada y Error de los modelos de pronóstico para los diferentes periodos

periodo	Demanda real		Demanda proyectada para 2014_2015		Error	
	2013-2014	2014-2015	ajuste exponencial	media movil	ajuste exponencial	media movil
1	1108	788	1298	0	510	
2	1722	450	716	1415	266	965
3	2317	1181	446	2020	735	839
4	1631	876	1030	1974	154	1098
5	1387	423	787	1509	364	1086
6	3785	982	424	2586	558	1604
7	2621	728	871	3203	144	2476
8	1357	1357	668	1989	689	632
9	967	910	1171	1162	261	252
10	1059	609	814	1013	205	404
11	1091	649	573	1075	76	426
12	1515	850	605	1303	245	453
promedio	1713	817	784	1604	0,43	1,14

En la Tabla 2 se observa los resultados del cálculo del error, utilizando los métodos de proyección de la demanda antes mencionados, de los cuales se puede deducir que el método con menor error es el método de ajuste exponencial.

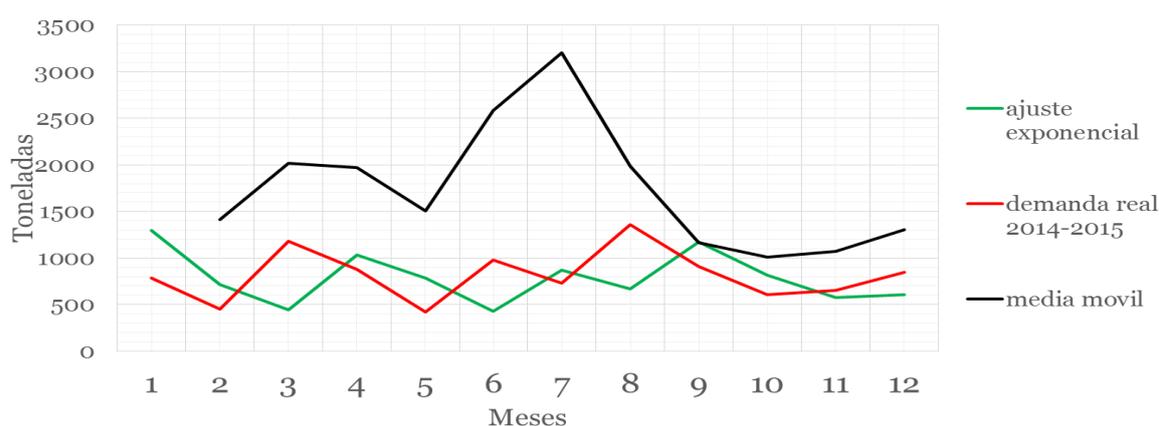


Figura 2.6: Pronóstico de la demanda- Ajuste exponencial vs. Media Móvil.

En la Figura 2.6 se puede apreciar la diferencia que existe entre los dos métodos de proyección la demanda anteriormente mencionados.

Para medir la desviación del pronóstico respecto a variaciones en la demanda se procede a encontrar la señal de seguimiento (TS)

2.2.3 Señal de seguimiento (TS):

EL cálculo de este indicador permite conocer si el promedio pronosticado sigue el paso de cualquier cambio ascendente o descendente de la demanda. [2]

Tabla 3: Cálculo de DAM, CSEP y TS a partir del pronóstico y los datos reales

mes	pronostico	demand a real	desviación	SECP	DESV. ABSOLUTA	SUMA DE DESV. ABSOLUTA	DAM	TS=SCE P/DAM
1	1545	788	-757	-757	757	757	757	-1,00
2	927	450	-477	-1234	477	1234	617	-2,00
3	640	1181	541	-692	541	1775	592	-0,08
4	1261	876	-384	-1077	384	2159	540	-0,47
5	1002	423	-579	-1655	579	2738	548	-1,38
6	617	982	365	-1290	365	3103	517	0,00
7	1092	728	-364	-1654	364	3468	495	-0,37
8	875	1357	482	-1173	482	3949	494	1,28
9	1411	910	-500	-1673	500	4450	494	0,70
10	1031	609	-422	-2095	422	4871	487	0,20
11	775	649	-125	-2220	125	4997	454	0,43
12	809	850	41	-2179	41	5038	420	1,14

En la Tabla 3 se muestran los resultados del pronóstico de la demanda para un periodo de un año (2015-2016) junto con la señal de seguimiento que es 1,14 la cual se encuentra dentro de los rangos permitidos (-4,4) que indica que el modelo de pronóstico es adecuado.

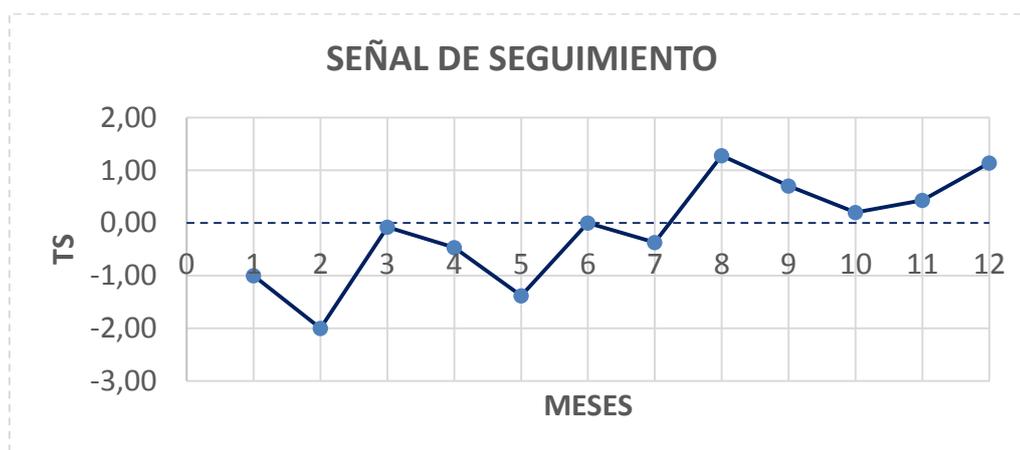


Figura 2.7: Señal de seguimiento.

Los puntos que se encuentran debajo de la línea segmentada del gráfico anterior, nos indican que la demanda real ha sido menor que lo pronosticado, y los que se encuentran en la parte superior indican que la demanda real supera lo pronosticado. [2]

2.2.4 Clasificación de productos importados en familias

Debido a que existen productos de diferentes características dentro del grupo de productos importados se procede a realizar la clasificación por familias para observar que familia de PI tiene mayor tonelaje de nivel de inventario.

Tabla 4: Segmentación de familias

CLASIFICACIÓN	PI
Etiquetas de fila	Suma de TON IMPORTADAS
Angulos	3138
PLC	21343
Vigas	3843
P INOX	518
Sheets	2328
P ZINC	1328
Total general	32497

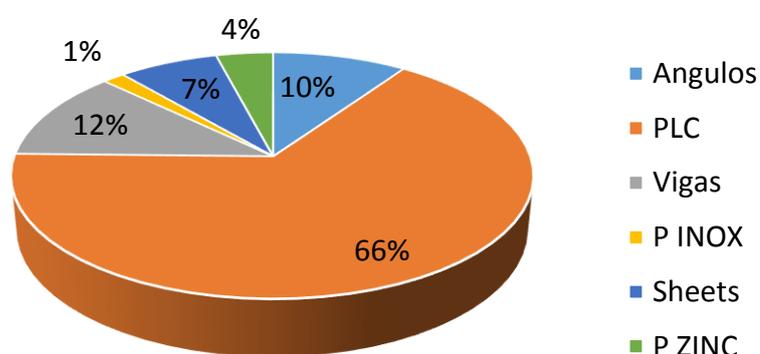


Figura 2.8: Nivel de Inventario expresado en porcentaje de familias de PI.

Como se observa en la Tabla 4 y Figura 2.8 la familia con mayor nivel de inventario es la de Planchas Laminadas en Caliente (PLC), por lo cual se selecciona dicha familia para realizar la clasificación ABC que se muestra en la sección 2.2.5 del presente capítulo y elegir los productos más representativos por su valor de inventario.

2.2.5 Clasificación ABC

Debido a la alta gama de productos de PLC se realiza la clasificación ABC en función del valor de inventario con su respectivo gráfico Pareto para seleccionar los productos que causan mayor impacto con respecto al problema que se analiza.

Clasificación ABC en función del valor de inventario.

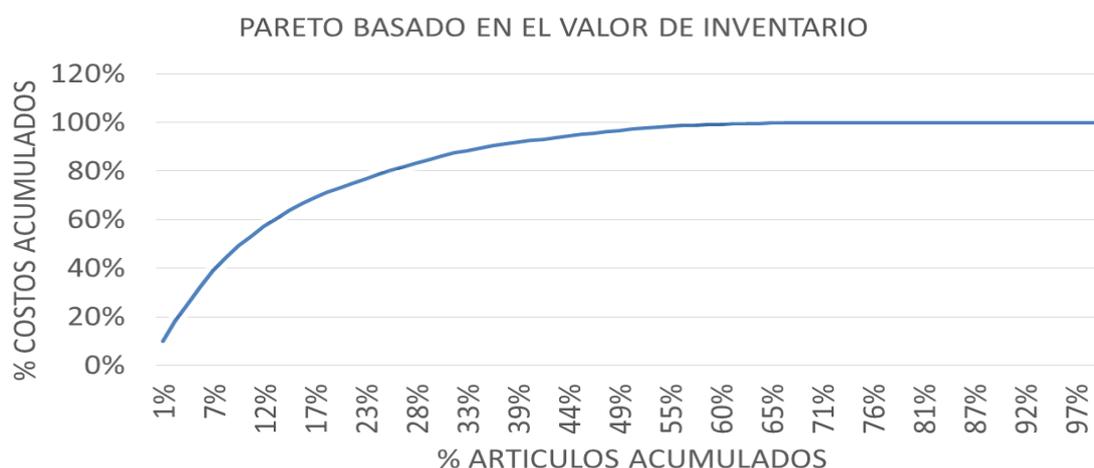


Figura 2.9: Pareto basado en el valor de inventario.

En la Figura 2.9 se observa el Pareto en función del Valor del inventario.

De la clasificación ABC a base al valor de inventario se obtiene los siguientes resultados.

-CATEGORIA A

EL 24% de los productos representan la categoría A (18 sku's) que tiene el 78,57% de los costos de inventario.

-CATEGORIA B

Formada por el 26,67% de los productos (20 sku's) que tiene el 18,62% de los costos de inventario.

-CATEGORIA C

Formada por el 49,39% de los productos (37 sku's) que tiene el 2,81% de los costos de inventario.

2.2.6 Clasificación A

Los Sku's que se selecciona de la clasificación elegida son los productos A010, A051, A015, A003 y A044, ya que por motivos de limitación de tiempo y sugerencias realizadas, seleccionamos los cinco Sku's más representativos para su respectivo análisis.

2.3 Análisis

2.3.1 Análisis de las características de productos y demanda para la selección de un modelo de solución.

Para seleccionar un modelo de reposición de inventario, se debe de conocer ciertas características de los productos y su demanda, para esto es necesario realizar lo siguiente:

- Determinar que distribución sigue la demanda.
- Determinar si la demanda es cambiante o aproximadamente constante con el tiempo.
- Determinar si los productos son de rápido o lento movimiento.

2.3.2 Distribución de la demanda

Se necesita conocer si la demanda de los productos; A010, A051, A015, A003, A044, sigue una distribución normal con (μ, σ) . Para esto, se utiliza una prueba de normalidad de Anderson Darling con $\alpha = 0,05$, para cada uno de los diferentes productos.

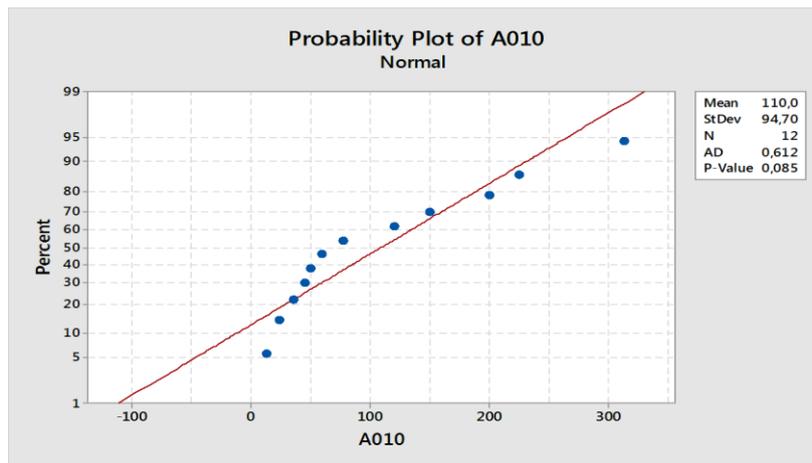


Figura 2.10: Prueba de normalidad para producto A010.

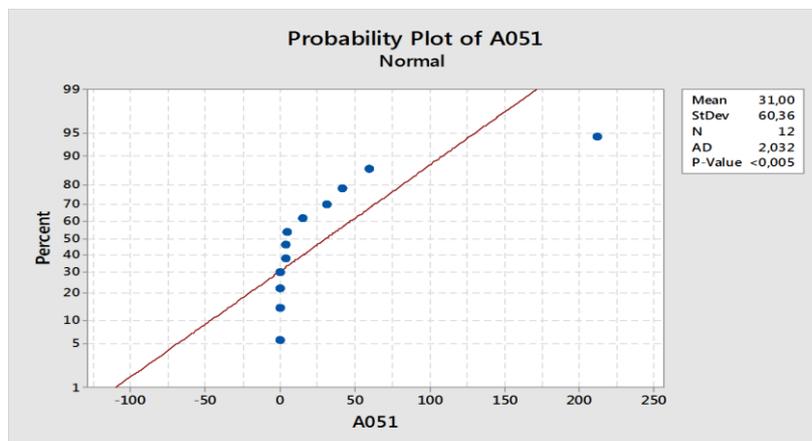


Figura 2.11: Prueba de normalidad para producto A051.

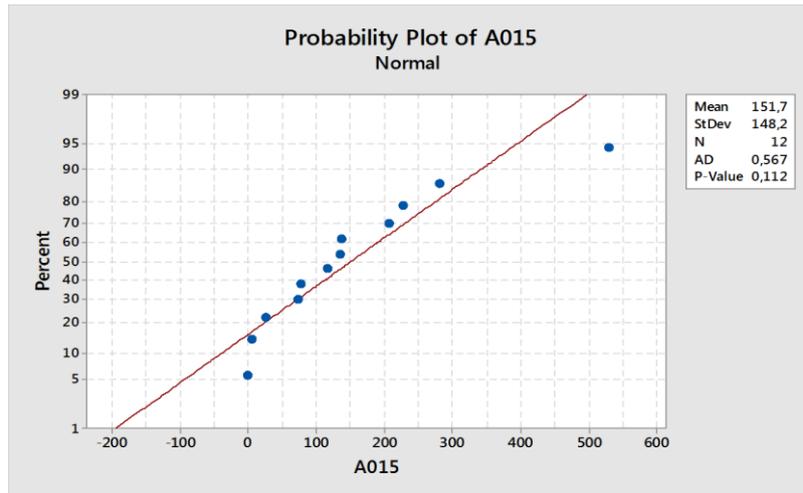


Figura 2.12: Prueba de normalidad para producto A015.

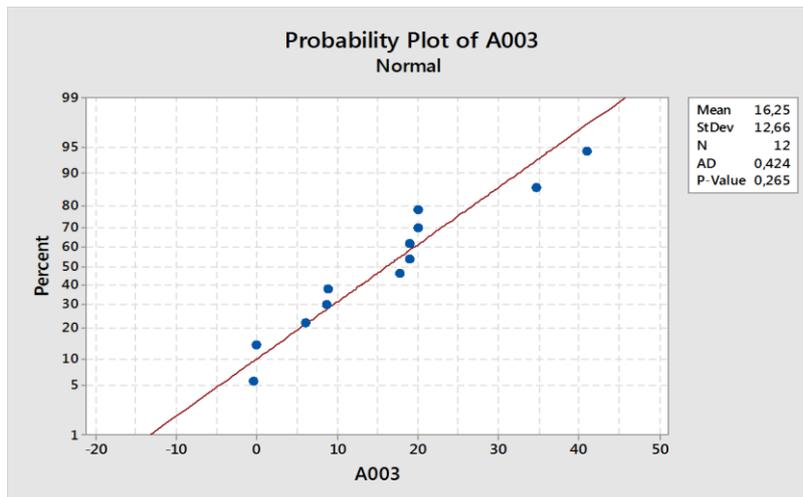


Figura 2.13: Prueba de normalidad para producto A003.

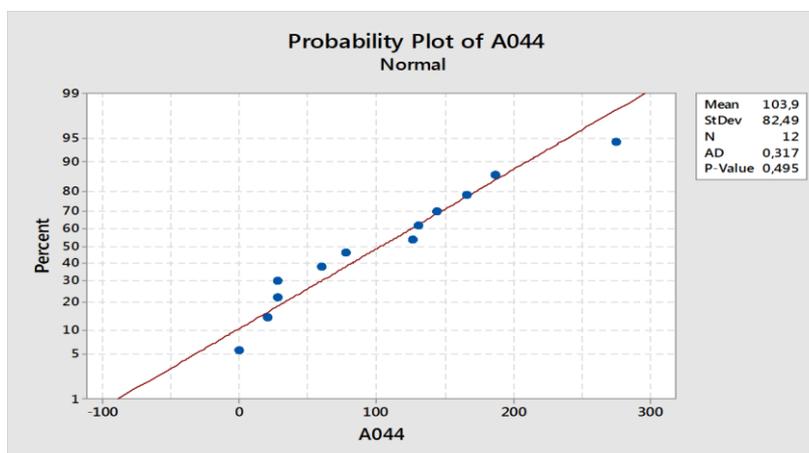


Figura 2.14: Prueba de normalidad para producto A044.

Desde la Figura 2.10 hasta la Figura 2.14 se muestra los resultados gráficos de la prueba de normalidad de Anderson Darling, que nos dice si los datos se aproximan a la línea roja se asume que siguen una distribución normal. Para comprobar estos supuestos se analiza el valor p para cada producto. [12]

Tabla 5: Resumen de la prueba de normalidad

Producto	Valor p
A010	0,085
A051	< 0,005
A015	0,112
A003	0,265
A044	0,495

En la Tabla 5 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de la prueba de normalidad donde se observa que los productos A010, A015, A003, A044 con Valor p > $\alpha=0,05$, sigue una distribución normal con (μ, σ) conocidas.

El producto A051 no sigue una distribución normal, por lo que se analiza la naturaleza de este producto.

Naturaleza del producto A051.

Luego de que se realiza el análisis con los departamentos involucrados en la compra de este producto, se conoce que fue adquirido bajo pedido para una empresa X. Por motivos ajenos a la empresa ACERO el producto A051 se queda en stock y su demanda no sigue una distribución normal; por esta razón se decide sacarlo del análisis ya que su demanda no se distribuirá normalmente durante el periodo de tiempo en análisis.

2.3.3 Tipo de movimiento de los productos

Para conocer si los productos A analizados son de rápido o lento movimiento se considera el siguiente criterio:

Si la demanda promedio durante el tiempo de reposición del proveedor es:

- $\geq a$ 10; Rápido movimiento.
- $< a$ 10; Lento movimiento.

Tabla 6: Cálculo del valor del criterio

Criterio de rápido o lento movimiento						
Producto	Lead time:3 meses				Valor del criterio	Conclusion
A010	43,49	18,05	15,66	10,47	21,92	Rap. Mov
A015	2,47	34,81	42,48	5,74	21,38	Rap. Mov
A003	8,70	15,98	25,95	14,36	16,25	Rap. Mov
A044	25,91	83,56	90,67	32,97	58,27	Rap. Mov

En la Tabla 6 se observa que los productos analizados son considerados de rápido movimiento.

2.3.4 Tipo de Demanda de los productos.

Los productos pueden seguir el siguiente tipo de demanda.

- Cambiante con el tiempo.
- Aproximadamente constante.

Para determinar el tipo de demanda que tienen los productos vamos a calcular el coeficiente de variación empleando la siguiente formula:

$$CV = \text{desviación estándar} / \text{demanda Promedio}$$

Criterio:

Si $CV < 0,25$; Aproximadamente constante

Si $CV > 0,25$; Cambiante con el tiempo

Tabla 7: Calculo del Coeficiente de Variación

Criterio para conocer tipo de demanda			
Producto	coeficiente de variacion	coef. Cuadratico de variacion	tipo de demanda
A010	1,02	1,05	cam. Tiempo
A015	1,21	1,46	cam. Tiempo
A003	0,78	0,61	cam. Tiempo
A044	0,70	0,50	cam. Tiempo

Dado que el $CV > 0,25$ como se observa en la Tabla 7, se considera y verifica que la demanda es: Cambiante con el tiempo para los productos A analizados.

Luego de analizar las características de los productos A010, A051, A015, A003, A044 y su demanda se concluye que es necesario utilizar un modelo de inventario de demanda **cambiante con el tiempo** de tipo **estocástico** para ítems clasificados A por su valor monetario de **rápido movimiento** sin descuentos por cantidad ordenada al proveedor, ejecutado mediante un sistema de control de **Revisión continua** que contemple **venta perdida** y **distribución de probabilidad Normal** y los parámetros de costo y servicio indicadas por la administración.

2.3.5 Evaluación de Alternativas de solución

Una vez realizado el análisis de los productos se continua con la formulación de diferentes alternativas de solución para el problema, como ya se mencionó en el capítulo 1 los principales modelos para un manejo de inventario, en esta sección se procede a analizar, evaluar y seleccionar la mejor alternativa.

MODELO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EOQ	<ul style="list-style-type: none"> Minimiza los costos de ordenar y de poseer inventarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Se aplica solo cuando el tiempo de entrega de proveedor y la demanda son constantes y conocidas. Entrega de lote completo por parte del proveedor.
SISTEMA Q	<ul style="list-style-type: none"> Levanta la limitación de demanda constante y asume demanda aleatoria. Costos bajos de posesión de inventarios. 	<ul style="list-style-type: none"> Se necesita una revisión continua o después de cada orden para su control.
SISTEMA P	<ul style="list-style-type: none"> Planifica revisiones de varios productos. Descuentos por volúmenes de compra. 	<ul style="list-style-type: none"> Costos de posesión de inventarios altos.

Figura 2.15: ventajas y desventajas de modelos propuestos.

Se evalúan las ventajas y desventajas que tiene cada modelo lo cual permite descartar el Sistema EOQ ya que no se amolda a la realidad del problema, este sistema supone que la demanda es constante y el tiempo de entrega del proveedor también, que es lo contrario al caso real de demanda aleatoria y el tiempo de entrega por parte del proveedor aleatorio.

2.3.6 Selección de mejor alternativa.

El sistema Q Y P cumple con las características de demanda y tiempo de entrega de proveedores aleatorio, por lo que se realiza un análisis comparativo entre los modelos para seleccionar el mejor.

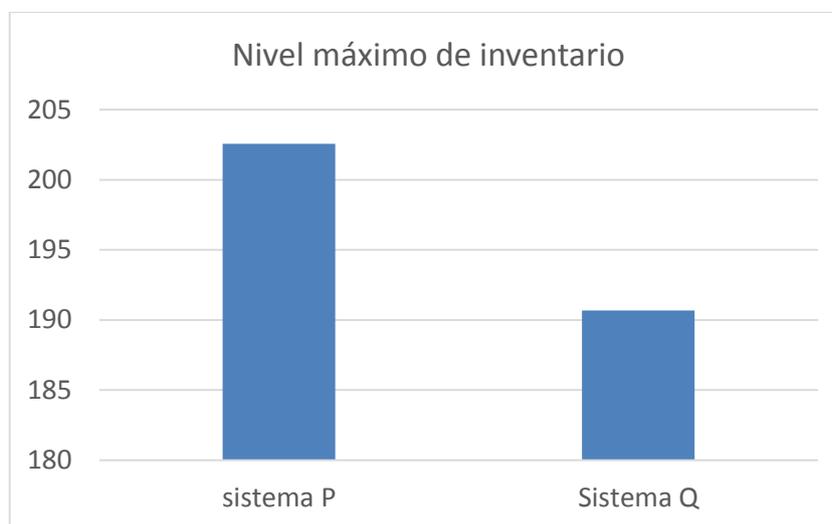


Figura 2.16 : Comparacion de modelos de reposicion

Dado que el sistema Q tiene menor nivel de inventario se selecciona este modelo para reducir al mínimo los costos de ordenar y de poseer inventario.

Los cálculos que se realizaron para este análisis se presentan en el Apéndice D.

2.4 Implementación

En esta sección se realiza la evaluación técnica del modelo Q calculando la cantidad económica de pedido, punto de reorden, stock de seguridad y cobertura de los productos analizados.

Se realiza también una evaluación financiera de dos casos en donde se tiene que tomar una decisión de qué hacer con el valor de inventario excedente; invertir en un banco ganando una tasa de interés anual o comprar PLC para almacenar en las bodegas.

2.4.1 Evaluación técnica del modelo Q

Se realiza el cálculo de la cantidad económica de pedido, punto de reorden y Stock de seguridad, cobertura y valor de inventario para los productos: A010, A015, A044, A003.

Producto A010

Cantidad Económica de Pedido

Tabla 8: Calculo de q del producto A010

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	263.01
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q* (ton)	10

En la Tabla 8 se muestra la cantidad económica de pedido para el producto A010.

Punto de Reorden R y Stock de Seguridad

Tabla 9: Calculo de R del producto A010

Calculo de R y SS	
$m = \text{demand prom} * L_t$ (ton)	5.48
$s(L_t) = s * \text{raiz}(L_t)$ (ton)	11.21
SS = z * s(Lt) (ton)	18.49
R = m + SS (ton)	23.97

En la Tabla 9 se muestra el valor de R y el stock de seguridad para el producto A010.

Cobertura

Tabla 10: Calculo de la cobertura del producto A010

cobertura	meses de stock
cobertura de empresa	4
cobertura planteada en alcance	6
cobertura con el modelo	1.53
cobertura real con el problema	76.97

En la Tabla 10 se muestra el valor de las diferentes coberturas para el producto A010.

Valor de inventario

Tabla 11: Calculo de valor de inventario y nuevo R del producto A010

Stock esperado (ton)	Valor de inventario	Ahorro con los modelos	Valor de R (ton)
87.7	\$ 51,029.76	\$ 930,941.11	78.17
131.52	\$ 76,544.64	\$ 905,426.23	122.01
33.5	\$ 19,482.52	\$ 962,488.35	23.97
1687.2	\$ 981,970.87		

En la Tabla 11 se muestra el nivel de stock esperado, el valor del inventario y el valor de R en base a las diferentes coberturas que se muestran en la Tabla 16.

El cálculo para los productos A restantes se muestra en el Apéndice E.

2.4.2 Evaluación Financiera [13]

Se analizan dos casos para conocer cuál de los dos es más beneficioso para la empresa ACERO.

1. Realizar un depósito de ahorro en un banco ganando un interés de 7,77%.
2. Mantener exceso de inventario en bodegas.

Se calcula el valor que tendremos al transcurrir un año si deseamos invertir el dinero que se tiene en excedente de inventario para los dos casos antes mencionados.

Producto A010

Tabla 12: VF al invertir en un banco del producto A010

caso deposito en el banco	
año	1
valor presente	\$ 930,941.11
valor futuro	\$ 1,003,275.24
i (%) = 7,77%	0.0777

Tabla 13: valor de mantener inventario del producto A010

caso mantener exceso de inventario	
año	1
valor excedente de inventario	\$ 930,941.11
costo de mantener inventario	\$ 139,641.17
valor futuro	\$ 791,299.95

Producto A015

Tabla 14: VF al invertir en un banco del producto A015

caso deposito en el banco	
año	1
valor presente	\$ 1,036,531.09
valor futuro	\$ 1,117,069.55
i (%)= 7,77%	0.0777

Tabla 15: valor de mantener inventario del producto A015

caso mantener exceso de inventario	
año	1
valor excedente de inventario	\$ 1,036,531.09
costo de mantener inventario	\$ 155,479.66
valor futuro	\$ 881,051.42

Producto A044

Tabla 16: VF al invertir en un banco del producto A044

caso deposito en el banco	
año	1
valor presente	\$ 654,232.02
valor futuro	\$ 705,065.85
i (%)= 7,77%	0.0777

Tabla 17: valor de mantener inventario del producto A044

caso mantener exceso de inventario	
año	1
valor excedente de inventario	\$ 654,232.02
costo de mantener inventario	\$ 98,134.80
valor futuro	\$ 556,097.22

Producto A003

Tabla 18: VF al invertir en un banco del producto A003

caso deposito en el banco	
año	1
valor presente	\$ 466,566.12
valor futuro	\$ 502,818.31
i (%) = 7,77%	0.0777

Tabla 19: valor de mantener inventario del producto A003

caso mantener exceso de inventario	
año	1
valor excedente de inventario	\$ 466,566.12
costo de mantener inventario	\$ 69,984.92
valor futuro	\$ 396,581.20

En el Capítulo 3 se presenta el cálculo de los valores mencionados y se procede a mostrar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para el análisis de los resultados se realiza la evaluación técnica donde, se muestra los resultados obtenidos del cálculo de la cantidad económica de pedido, el punto de reorden y la cobertura para cada producto analizado. Se calcula nuevamente el punto de reorden para alcanzar una cobertura de 4 meses cumpliendo así con la política de la empresa.

En la Figura 3.1 se muestra la comparación de coberturas de la situación actual, la deseada por la empresa y la obtenida con el sistema Q.

Se realiza también la evaluación financiera donde se muestra un resumen de los resultados del valor de inventario excedente y los valores que se obtienen al invertir el dinero en un banco o mantenerlo en inventario.

3.1 Evaluación técnica del Sistema Q

Se realiza la evaluación técnica del sistema Q calculando la cantidad económica de pedido, el punto de reorden y la cobertura, para de esta manera conocer si se puede alcanzar la política de la empresa que es tener 4 meses de cobertura para los productos analizados.

3.1.1 Lote económico de pedido y punto de reorden

Tabla 20: Resultados de q^* , R y cobertura

Producto	q^* (ton)	R (ton)	COBERTURA DEL MODELO (MESES)
A010	9,51	23,97	1,53
A015	9,39	26,63	1,68
A003	8,19	14,51	1,40
A044	15,50	48,42	1,10

Dado que la cobertura no cumple con la política de la empresa, se calcula un nuevo punto de reorden para cada producto que cumpla con la cobertura ≤ 4 meses de stock.

3.1.2 Recalculo de punto de reorden para alcanzar política de la empresa.

Tabla 21: Nuevos resultados de q^* , R y cobertura

Producto	q^* (ton)	Nuevo R (ton)	COBERTURA OBJETIVO (MESES)
A010	9,51	78,17	≤ 4
A015	9,39	76,13	≤ 4
A003	8,19	56,81	≤ 4
A044	15,50	217,58	≤ 4

Con los nuevos puntos de reorden se cumple con la política de la empresa de tener 4 meses de cobertura, manteniendo el mismo lote económico de pedido q^* .

3.1.3 Cobertura, Nivel de Stock y Valor de Inventario de productos A

Tabla 22: resultados de Cobertura, Nivel de stock y valor de inventario

PRODUCTO	COBERTURA (MESES)		NIVEL DE STOCK (TON)		VALOR DE INVENTARIO (DOLARES)		OPORTUNIDAD DE AHORRO
	REAL	ESPERADO	REAL	ESPERADO	REAL	ESPERADO	
A010	76,97	≤4	1687,24	87,68	\$ 981.970,87	\$ 51.029,76	\$ 930.941,11
A015	87,30	≤4	1866,50	85,52	\$ 1.086.303,73	\$ 49.772,64	\$ 1.036.531,09
A003	73,18	≤4	1189,11	65,00	\$ 692.062,02	\$ 37.830,00	\$ 654.232,02
A044	17,76	≤4	1034,74	233,08	\$ 602.218,68	\$ 135.652,56	\$ 466.566,12
TOTAL							\$ 3.088.270,34

Se muestra en la Tabla 22 la comparación de la situación actual (real) vs la situación esperada utilizando el modelo cumpliendo con tener 4 meses de cobertura. Se evidencia la mejora y se compara los valores monetarios de los mismos obteniendo una oportunidad de ahorro.

3.2 Evaluación financiera del Sistema Q

Tabla 23: Resultados de análisis de inversión

Producto	Valor excedente de inventario	CASO			
		BANCO		MANTENER EN INVENTARIO	
		VALOR FINAL	CANT. G/P	VALOR FINAL	CANT. G/P
A010	\$ 930.941,11	\$ 1.003.275,24	\$ 72.334,12	\$ 791.299,95	-\$ 139.641,17
A015	\$ 1.036.531,09	\$ 1.117.069,55	\$ 80.538,47	\$ 881.051,42	-\$ 155.479,66
A003	\$ 654.232,02	\$ 705.065,85	\$ 50.833,83	\$ 556.097,22	-\$ 98.134,80
A044	\$ 466.566,12	\$ 502.818,31	\$ 36.252,19	\$ 396.581,20	-\$ 69.984,92

En la Tabla 23 se observa los dos posibles escenarios para invertir a un año el dinero que se tiene en excedente de inventario actualmente. Se observa que la mejor opción es invertir en un banco ganando intereses.

3.3 Comparación de situación actual vs situación con el sistema Q implementado

Para apreciar la mejora al implementar el sistema Q se realiza una comparación de la variable de respuesta de cobertura definida en el Capítulo 1.

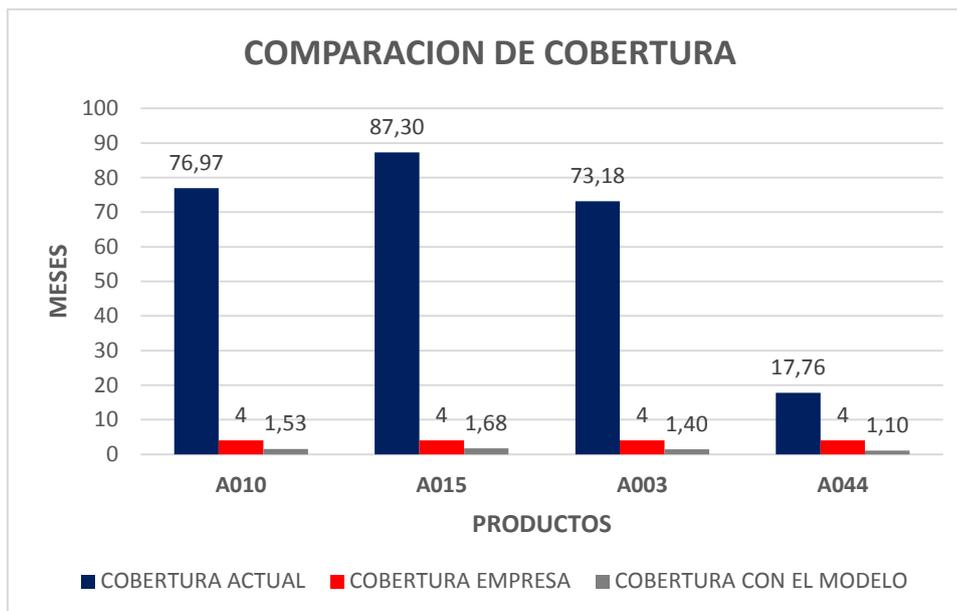


Figura 3.1: Comparación de coberturas; real, deseada por la empresa y la del Sistema Q
 Como se observa en la Figura 3.1 se puede apreciar la mejora al implementar el Sistema Q reduciendo el nivel de inventario y a su vez la cobertura de los productos A analizados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

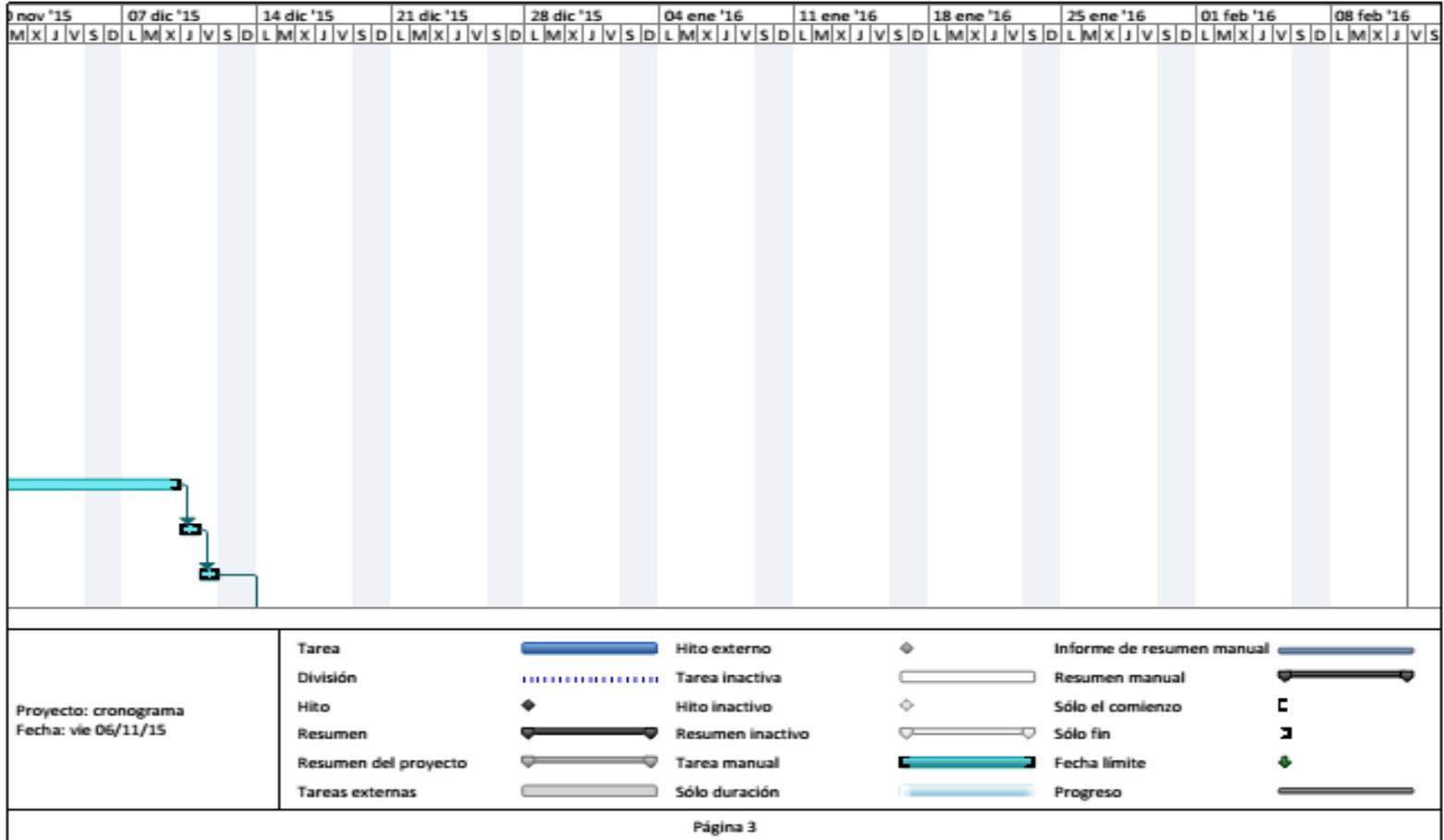
1. Se analizó la demanda de los productos A para encontrar un método de pronóstico evaluando dos opciones, dando como resultado la elección del método de Ajuste Exponencial dado que tuvo un menor error con respecto a la otra opción.
2. Se desarrolló y evaluó un modelo de inventario para que se pueda reducir el nivel del mismo, existente en los productos A pertenecientes a las Planchas Laminadas en Caliente de la familia de Productos Importados (PI), planificando los niveles de inventario futuros de una mejor manera con una reducción de costos de posesión y de ordenamiento de los mismos, como también ajustar el nivel de cobertura actual a la política de la empresa, con la ayuda del análisis de las características de productos y su demanda.
3. Se comparó los resultados del modelo propuesto con el comportamiento actual de la empresa para que se pueda evidenciar la mejora.
4. Se propuso la utilización del modelo Q de revisión continua en el área de producto importado de la empresa, específicamente en las planchas de laminado en caliente para que se lleve un mejor manejo de dichos productos y reducir el nivel de inventario.
5. Se concluyó que al utilizar el sistema de revisión continua Q se puede llegar a reducir al menos un 90% el nivel de stock actual para cada uno de los productos analizados en este proyecto.

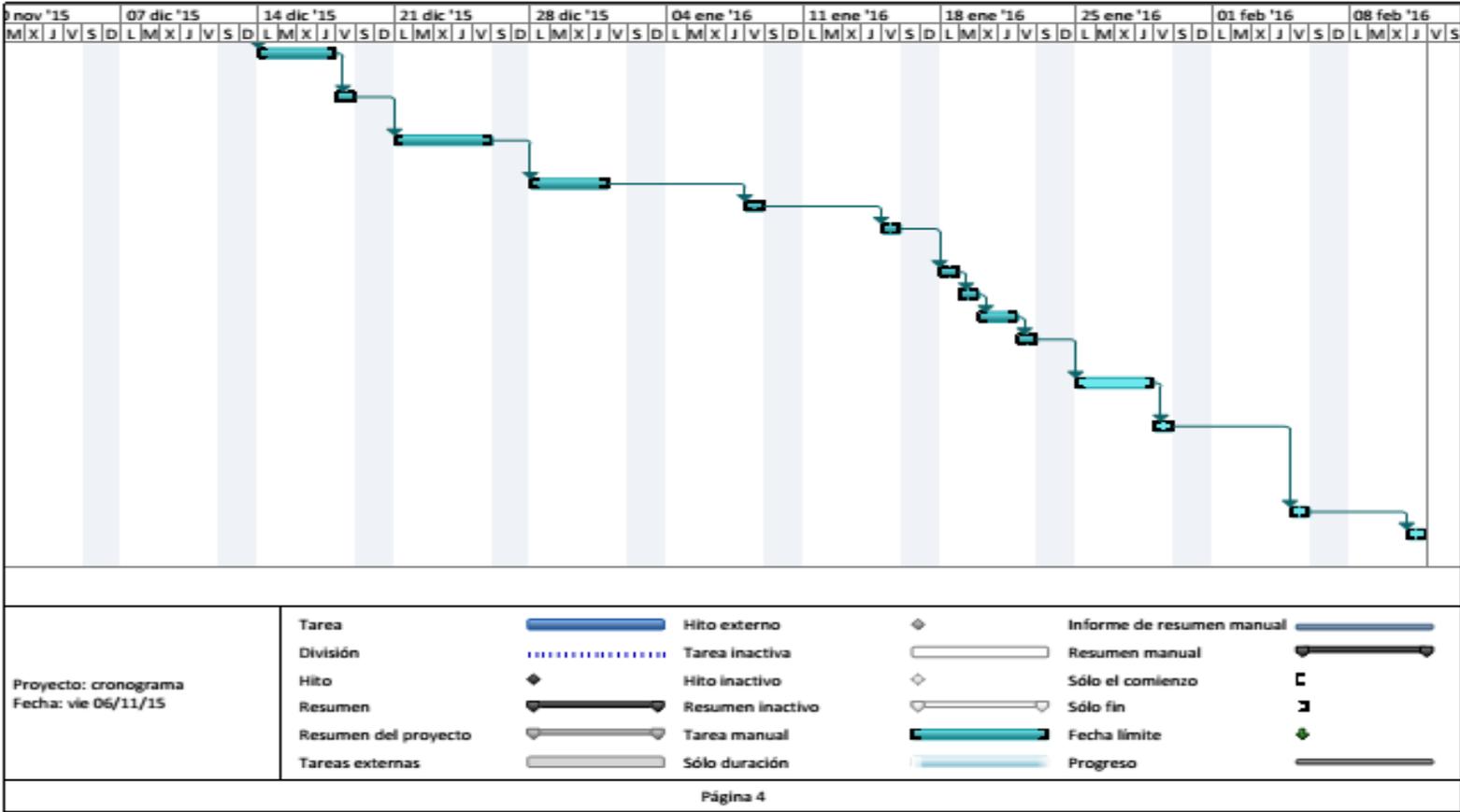
Recomendaciones

1. Se recomienda la implementación de un sistema de revisión continua, Sistema Q en los productos importados.
2. Elaborar un instructivo de selección de proveedor de producto, porque en la actualidad se presentan inconvenientes con los tiempos de entrega, calidad y cantidad solicitada, para así poder brindar un buen nivel de servicio a los clientes.
3. Considerar los niveles de producto importado que poseen las empresas que conforman el grupo a nivel regional, con el fin de reducir el lead time cuando se tenga un requerimiento que no se pueda abastecer por la empresa dentro de la región.
4. Extender el análisis a las demás familias de producto importado, ya que a pesar de representar menor porcentaje de nivel de inventario con respecto a la familia de PLC, estos se encuentran por encima de la cobertura de 4 meses de stock.

BIBLIOGRAFÍA

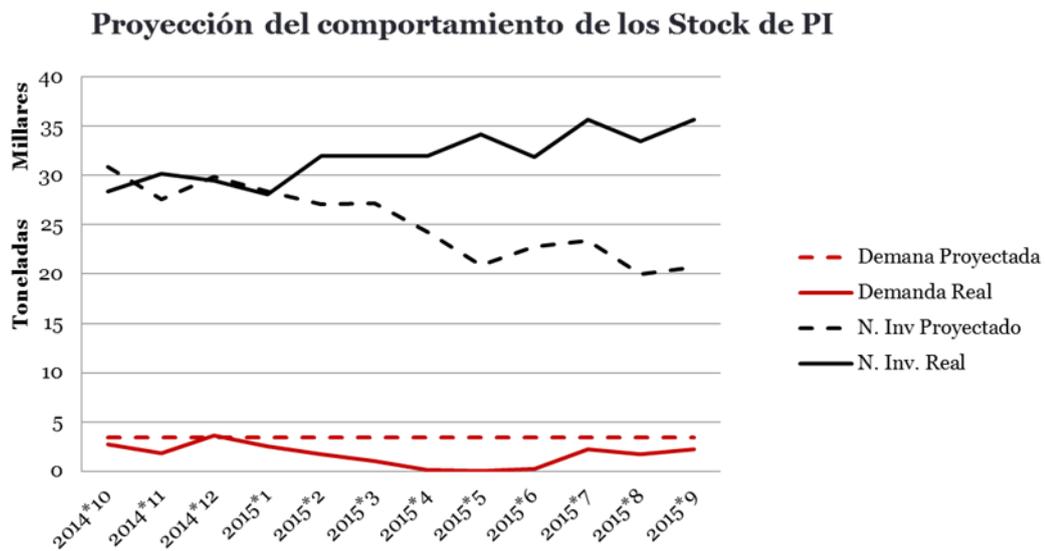
- [1] A. Carreño Solís, Logística de la A a la Z, Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011, pp. 36-76.
- [2] R. B. Chase y F. R. Jacobs, Administración de Operaciones Producción y Cadena de Suministros, México D.F, Santa Fe: McGraw-Hill/interamericana de editores, S.A de C.V, 2014,2009, p. 288 hasta 292.
- [3] M. Walton, Como Administrar con el Metodo Deming, Primera ed., Washington: Grupo Editorial Norma, 1986, p. 115.
- [4] A. Jay, Lean Six Sigma for hospitals, Primera ed., New York: Mc Graw Hill, 2011, pp. 228-229.
- [5] U. d. Champagne, 11 Octubre 2002. [En línea]. Available: www.gestiopolis.com. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [6] I. Masaki, Como implementar KAIZEN en el sitio de trabajo, L. Solano Arevalo, Ed., Bogota: Mc Graw Hill, 1998.
- [7] V. Salazar, «Logística y Abastecimiento,» [En línea]. Available: www.logisticayabastecimiento.jimdo.com. [Último acceso: Noviembre 2016].
- [8] 9 Enero 2016. [En línea]. Available: www.gestiondeoperaciones.net.
- [9] G. Vaca Urbina, Evaluación de Proyectos, Quinta ed., Santa Fe: Mc Graw Hill, 2001,2006, p. 20.
- [10] J. S. William, Estadística para Administración y Economía, Primera ed., New York: Harla SA, 1981, p. 15.
- [11] H. Gutierrez Pulido, Calidad Total y Productividad, Tercera ed., Santa Fe: Mc Graw Hill, 2010, pp. 290-293.
- [12] G. Zurita Herrera, Probabilidad y Estadística Fundamentos y Aplicaciones, Primera ed., Guayaquil, Guayas: Centro de Difusión y Publicaciones-ESPOL, 2008, pp. 59-69.
- [13] G. Vaca Urbina, Fundamentos en Ingeniería Económica, Cuarta ed., Santa Fe: Mc Graw Hill, 2007.





APÉNDICE B

PROYECCION DEL COMPORTAMIENTO DEL STOCK DE PRODUCTO IMPORTADO



APÉNDICE C

clasificacion ABC en funcion del valor de inventario										
NUM	CODIGO	UNIDAD	COSTO UNITARIO USD/UNIDAD	DEMANDA PROMEDIO ANUAL	PROMEDIO STOCK (TON)	COSTO DEL STOCK PROMEDIO (USD)	COSTO ACUMULADO	% COSTO ACUMULADO	%ART ACUM	CLASIFICACION
1	A010	TON	582	22	1511,34	879601,12	879601,12	9,85%	1,33%	A
2	A051	TON	582	16	1261,54	734217,44	1613818,57	18,07%	2,67%	
3	A015	TON	582	21	1148,97	668702,52	2282521,09	25,55%	4,00%	
4	A003	TON	582	16	1042,22	606572,98	2889094,07	32,34%	5,33%	
5	A044	TON	582	58	1030,84	599949,97	3489044,04	39,06%	6,67%	
6	A038	TON	582	12	866,10	504068,96	3993113,00	44,70%	8,00%	
7	A029	TON	582	12	720,12	419108,55	4412221,55	49,39%	9,33%	
8	A004	TON	582	51	614,28	357512,20	4769733,75	53,39%	10,67%	
9	A021	TON	582	17	606,18	352795,01	5122528,76	57,34%	12,00%	
10	A008	TON	582	3	506,58	294831,45	5417360,21	60,64%	13,33%	
11	A039	TON	582	29	496,04	288696,61	5706056,82	63,87%	14,67%	
12	A066	TON	582	28	446,13	259649,99	5965706,80	66,78%	16,00%	
13	A020	TON	582	22	351,79	204743,59	6170450,39	69,07%	17,33%	
14	A058	TON	582	1	326,06	189764,74	6360215,13	71,20%	18,67%	
15	A072	TON	582	16	308,05	179285,30	6539500,43	73,20%	20,00%	
16	A057	TON	582	9	276,71	161046,68	6700547,10	75,01%	21,33%	
17	A059	TON	582	51	274,29	159639,35	6860186,45	76,79%	22,67%	
18	A070	TON	582	14	272,45	158564,47	7018750,92	78,57%	24,00%	
19	A030	TON	582	39	255,51	148707,79	7167458,71	80,23%	25,33%	
20	A009	TON	582	8	252,38	146883,95	7314342,66	81,88%	26,67%	
21	A016	TON	582	2	232,85	135519,06	7449861,72	83,39%	28,00%	
22	A027	TON	582	21	215,11	125196,87	7575058,59	84,80%	29,33%	
23	A011	TON	582	16	209,60	121984,29	7697042,88	86,16%	30,67%	
24	A018	TON	582	5	194,32	113096,67	7810139,55	87,43%	32,00%	
25	A073	TON	582	4	149,23	86851,22	7896990,77	88,40%	33,33%	
26	A028	TON	582	3	147,43	85806,51	7982797,27	89,36%	34,67%	
27	A069	TON	582	26	140,83	81962,48	8064759,75	90,28%	36,00%	
28	A067	TON	582	14	133,16	77498,14	8142257,89	91,14%	37,33%	
29	A068	TON	582	13	104,97	61093,56	8203351,45	91,83%	38,67%	
30	A062	TON	582	21	102,53	59672,94	8263024,39	92,50%	40,00%	
31	A012	TON	582	17	101,70	59189,10	8322213,49	93,16%	41,33%	
32	A037	TON	582	1	98,76	57478,29	8379691,78	93,80%	42,67%	
33	A019	TON	582	14	98,67	57428,07	8437119,85	94,45%	44,00%	
34	A049	TON	582	1	89,48	52074,64	8489194,50	95,03%	45,33%	
35	A026	TON	582	2	86,18	50156,10	8539350,60	95,59%	46,67%	
36	A006	TON	582	0	84,78	49341,96	8588692,56	96,14%	48,00%	
37	A022	TON	582	3	82,94	48272,88	8636965,44	96,68%	49,33%	
38	A060	TON	582	3	77,72	45233,04	8682198,48	97,19%	50,67%	
39	A071	TON	582	0	75,36	43859,52	8726058,00	97,68%	52,00%	
40	A031	TON	582	6	52,46	30530,34	8756588,34	98,02%	53,33%	
41	A035	TON	582	0	45,76	26630,38	8783218,72	98,32%	54,67%	
42	A025	TON	582	0	44,01	25612,10	8808830,81	98,61%	56,00%	
43	A017	TON	582	1	42,14	24527,07	8833357,88	98,88%	57,33%	
44	A045	TON	582	3	31,13	18117,75	8851475,64	99,08%	58,67%	
45	A050	TON	582	2	28,26	16447,32	8867922,96	99,27%	60,00%	
46	A040	TON	582	3	21,73	12649,59	8880572,54	99,41%	61,33%	
47	A061	TON	582	12	20,93	12182,83	8892755,38	99,55%	62,67%	
48	A043	TON	582	3	17,96	10452,38	8903207,76	99,66%	64,00%	
49	A001	TON	582	16	13,36	7777,76	8910985,52	99,75%	65,33%	
50	A063	TON	582	0	12,25	7127,17	8918112,69	99,83%	66,67%	
51	A033	TON	582	1	10,32	6005,56	8924118,24	99,90%	68,00%	
52	A075	TON	582	0	7,76	4515,09	8928633,33	99,95%	69,33%	
53	A053	TON	582	0	5,15	2996,49	8931629,81	99,98%	70,67%	
54	A046	TON	582	0	2,87	1672,14	8933301,96	100,00%	72,00%	
55	A002	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	73,33%	
56	A005	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	74,67%	
57	A007	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	76,00%	
58	A013	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	77,33%	
59	A014	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	78,67%	
60	A023	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	80,00%	
61	A024	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	81,33%	
62	A032	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	82,67%	
63	A034	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	84,00%	
64	A036	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	85,33%	
65	A041	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	86,67%	
66	A042	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	88,00%	
67	A047	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	89,33%	
68	A048	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	90,67%	
69	A052	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	92,00%	
70	A054	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	93,33%	
71	A055	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	94,67%	
72	A056	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	96,00%	
73	A064	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	97,33%	
74	A065	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	98,67%	
75	A074	TON	582	0	0,00	0,00	8933301,96	100,00%	100,00%	

APÉNDICE D

Sistema P

Calculo de cantidad de pedido, periodo de revisión y nivel máximo de inventario.

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q^*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	1606.05
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q^* (ton)	23

CALCULO DEL PERIODO DE REVISION T	
VARIABLES	
q^*	23
demanda promedio	26.77
T(MESES)	0.88
T(dias)	26

CALCULO DEL NIVEL MAXIMO M	
variables	
m: demanda promedio en (T+Lt)	103.80
s(T+Lt): desv estand en y meses	59.86
nivel de servicio	95%
z: valor de la tabla normal	1.65
Lt: lead time(meses)	3
desv, estand. (T+Lt)	3.88
$M=m+z*s(t+Lt)$ (toneladas)	202.58

Sistema Q

Calculo de cantidad de pedido, punto de reorden

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	1606.05
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q* (ton)	23

calculo de R	
m=demand prom*Lt (toneladas)	80.31
s(Lt)= s*raiz(Lt) (toneladas)	52.65
SS=z*s(lt) (toneladas)	86.88
R=m+SS	167.19

Valor de Inventario

Valor de inventario máximo con modelo P

valor de inventario maximo= precio unitario*nivel maximo de inv	
valor de inv max	\$ 117,898.99
cobertura de empresa (meses de stock)	4
cobertura con el modelo (meses de stock)	7.57
cobertura real con el problema	44.79

Valor de inventario máximo con modelo Q

valor de inventario maximo= precio unitario*nivel maximo de inv	
valor de inv max	\$ 110,977.14
cobertura de empresa (meses de stock)	4
cobertura con el modelo (meses de stock)	7.12
cobertura real con el problema	44.79

APÉNDICE E

Producto A015

Cantidad Económica de Pedido

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q^*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	256.52
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q^* (ton)	9.39

Punto de Reorden R y Stock de Seguridad

Calculo de R	
$m = \text{demand prom} * Lt$ (ton)	5.35
$s(Lt) = s * \text{raiz}(Lt)$ (ton)	12.90
$SS = z * s(Lt)$ (ton)	21.29
$R = m + SS$ (ton)	26.63

Cobertura

cobertura	meses de stock
cobertura de empresa	4
cobertura planteada en alcance	6
cobertura con el modelo	1.68
cobertura real con el problema	87.30

Valor de inventario

Stock esperado (ton)	Valor de inventario	Ahorro con los modelos	Valor de R (ton)
85.52	\$ 49,772.64	\$ 1,036,531.09	76.13
128.28	\$ 74,658.96	\$ 1,011,644.77	118.89
36.02	\$ 20,962.99	\$ 1,065,340.74	26.63
1866.50	\$ 1,086,303.73		

Producto A044

Cantidad Económica de Pedido

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q^*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	194.97
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q^* (ton)	8.19

Punto de Reorden R y Stock de Seguridad

Calculo de R	
$m = \text{demand prom} * L_t$ (ton)	4.06
$s(L_t) = s * \text{raiz}(L_t)$ (ton)	6.33
$SS = z * s(L_t)$ (ton)	10.44
$R = m + SS$ (ton)	14.51

Cobertura

cobertura	meses de stock
cobertura de empresa	4
cobertura planteada en alcance	6
cobertura con el modelo	1.40
cobertura real con el problema	73.176

Valor de inventario

Stock esperado (ton)	Valor de inventario	Ahorro con los modelos	Valor de R (ton)
65.0	\$ 37,830.00	\$ 654,232.02	56.81
97.5	\$ 56,745.00	\$ 635,317.02	89.31
22.7	\$ 13,206.95	\$ 678,855.07	14.51
1189.1	\$ 692,062.02		

Producto A003

Cantidad Económica de Pedido

CALCULO DE CANTIDAD DE PEDIDO q^*	
variables	
D: demanda total anual (ton)	699.29
A: costo de emision de ordenes de compra(dolares)	35
i: costo anual de posesion de inventario(%)	0.35
C: costo unitario del producto (dolares/ton)	582
q^* (ton)	15.50

Punto de Reorden R y Stock de Seguridad

calculo de R	
$m = \text{demand prom} * Lt$ (ton)	14.5675
$s(Lt) = s * \text{raiz}(Lt)$ (ton)	20.52
$SS = z * s(Lt)$ (ton)	33.85
$R = m + SS$ (ton)	48.42

Cobertura

cobertura	meses de stock
cobertura de empresa	4
cobertura planteada en alcance	6
cobertura con el modelo	1.10
cobertura real con el problema	17.76

Valor de inventario

stock esperado (ton)	valor de inventario	ahorro con los modelos	nuevo valor de r (ton)
233.1	\$ 135,652.56	\$ 466,566.12	217.58
349.62	\$ 203,478.84	\$ 398,739.84	334.12
63.9	\$ 37,200.89	\$ 565,017.79	48.42
1034.7	\$ 602,218.68		