



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Desarrollo de un modelo de manejo de inventarios para la materia prima  
de la empresa ACERO”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentado por:

Gary Bryan Santamaría Heredia

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar esta meta y ser el pilar de mi vida.

A mi madre por guiarme y educarme, por mostrarme que mediante el esfuerzo los sueños pueden ser alcanzados.

A mis tres hijos en los cuales encuentro fortaleza para continuar.

A mi tutor y profesores por sus enseñanzas y apoyo en el desarrollo de esta profesión.

A mis amigos por sus palabras de aliento.

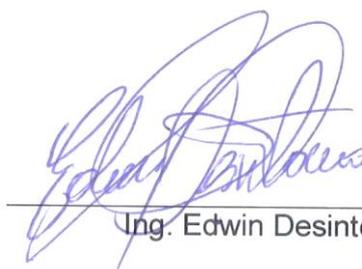
## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi 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"



---

Gary Bryan Santamaría Heredia



---

Ing. Edwin Desintonio

# RESUMEN

El presente trabajo fue realizado con el fin de desarrollar un modelo de manejo de inventarios para disminuir el nivel de stocks de materia prima en una empresa comercializadora de acero, la empresa objeto de estudio tiene una cobertura de 6.43 meses de stock cuando el objetivo de la misma es de 2.5 meses, durante el periodo de octubre 2014 a septiembre 2015.

Se utilizó la metodología DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar) para elaborar un proceso de mejora en la gestión de inventarios; en la fase de definición se utilizó herramientas como flujo de procesos Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente (SIPOC por sus siglas en inglés) [1], lluvia de ideas, entrevistas, visitas a las bodegas y diagrama del árbol. Con estas herramientas se logró definir el problema, el alcance del proyecto y el indicador de éxito.

En la segunda fase, medir, se usó un diagrama causa-efecto para determinar las causas raíces del problema; luego se usó la información histórica, la cual es considerada fuente secundaria, y se elaboró gráficos de frecuencia, diagramas de corrido y gráfico de la tubería de producción. Con la información recolectada se midió el impacto de las causas en el nivel de inventario.

En la tercera fase, analizar, se elaboró un diagrama de procesos para examinar de forma organizada el proceso de manejo de inventarios integrando las actividades de proyección de demanda, planificación de producción y plan de abastecimiento. Para la proyección de la demanda, se evaluó el modelo actual con los modelos de series de tiempo: medias móviles y ajuste exponencial; y usando el error de pronóstico se seleccionó el modelo que se ajusta al comportamiento de la demanda. Con el modelo seleccionado se elaboró la proyección correspondiente al siguiente periodo.

Adicional, se evaluó las diferentes estrategias de planificación de la producción, considerando las capacidades y restricciones del centro productivo respectivo; de igual manera se creó el plan maestro de producción y los requerimientos de materiales; finalmente se evaluó los modelos de inventario cantidad de orden periódica (POQ), algoritmo Silver-Meal (SM) y el modelo Wagner-Within (WW), además se estableció políticas de inventario como stocks de seguridad (SS) entre otras. Como resultado del análisis expuesto, se logró una reducción del 40% de la cobertura actual.

**Palabras Clave:** cobertura, costo de excedentes de inventario, pronóstico de demanda, plan agregado, plan maestro, centro productivo, modelos de inventario, stocks de seguridad.

# ABSTRACT

*This project was done in order to design an inventory model for reducing stock levels of raw materials in a steel processing company. From October 2014 to September 2015, the company had 6.43 months of stock coverage when the Company Board had been established 2.5 months as a stock coverage target.*

*DMAIC (Define - Measure - Analyze - Improve - Control) methodology was used as a framework to improve inventory management process; in the definition stage, tools such as: process flow SIPOC (Supplier, Input, Process, Output and Customer) [1], brainstorming, interviews, planned visits to warehouses and a structure tree, were used to define the problem, the project scope and control variables.*

*In the measuring stage, a cause-effect diagram was made to determine the root causes of the problem; then by collecting historical data, frequency graphs, charts, and a production tubing analysis, the impact of the root causes on inventory levels was measured.*

*In the third stage, analyze, a process diagram was prepared to examine the inventory management process, integrating activities such as demand forecasting, production planning, and procurement. For the demand forecasting, the current model was evaluated using time series forecasting models such as: moving averages and exponential smoothing; thus, by using forecast error indicators a better model was selected. With the selected model the corresponding projection to the next period was developed.*

*Furthermore, different strategies for production planning were evaluated, considering the capabilities and constraints. In addition, a master production schedule and material requirements plan was deployed. Finally, with the net requirements for raw materials, three inventory models were evaluated -Periodic Order Quantity (POQ), Silver- Meal (SM), and Wagner-Within (WW)-, and also safety stocks (SS) were established. As a result, a 40% reduction in stock coverage was obtained.*

**Keywords:** *stock coverage, cost of surplus inventory, demand forecasting, aggregate plan, detailed plan, production center, inventory models, safety stocks*

# ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DECLARACIÓN 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.....	3
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2 Objetivos.....	3
<b>1.2.1 Objetivo general</b> .....	3
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	3
1.3 Marco teórico.....	4
CAPÍTULO 2.....	12
2. METODOLOGÍA.....	12
2.1 Definir.....	13
2.2 Medir.....	18
2.3 Analizar.....	21
2.4 Implementación.....	24
Prueba de la solución.....	32

2.5 Control y seguimiento .....	32
CAPÍTULO 3.....	33
3. ANÁLIS DE RESULTADOS.....	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	41
Apéndice A .....	43
Apéndice B .....	44
Apéndice C .....	45
Apéndice D .....	46
Apéndice E .....	47
Apéndice F .....	48
Apéndice G.....	49
Apéndice H.....	51
Apéndice I.....	53
Apéndice J.....	55

# ABREVIATURAS

EOQ	Cantidad económica de pedido
WW	Wagner Within
SS	Stock de seguridad
RLC	Rollos laminados en caliente
LC	Laminado en caliente
MP	Materia prima
PT	Producto terminado
SKU	Productos diferentes
RMI	Raw material inventory
CAB	Cadena de Abastecimiento

# SIMBOLOGÍA

USD	Dólares Americanos
TOM	Toneladas métricas

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1: Costos asociados a la gestión de compras [10] .....	10
Figura 2.1.1: Lluvia de ideas .....	13
Figura 2.1.2: Encuestas a grupos focales .....	14
Figura 2.1.3: Diagrama del Árbol .....	15
Figura 2.1.4: Importaciones de M.P. (TOM) 2014-/10 a 2015/9 .....	16
Figura 2.1.5: Niveles de stock promedios de MP por familia de productos.....	16
Figura 2.1.6: Clasificación ABC de MP de la familia de perfiles .....	17
Figura 2.2.1: Niveles de Inventario Vs Ventas .....	18
Figura 2.2.2: Tubería de Producción.....	19
Figura 2.3.1: Histograma de tiempos de entrega del proveedor .....	22
Figura 2.3.2: Histograma de frecuencia de la cantidad entregada por el proveedor	22
Figura 2.3.3: Nivel de inventario .....	23
Figura 2.3.4: Análisis de niveles de inventario .....	23
Figura 2.4.1: Análisis de ventas para cada periodo.....	25
Figura 2.4.2: Análisis de tendencia de la demanda.....	25
Figura 2.4.3: Capacidad de producción vs. ventas históricas.....	29
Figura 3.1: Análisis de pronósticos .....	34
Figura 3.2: Niveles de inventarios bajo modelo propuesto .....	39

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ciclo DMAIC y Herramientas Utilizadas. ....	12
Tabla 2: Tasa de producción .....	28
Tabla 3 : Evaluación del pronóstico .....	33
Tabla 4: Error en el pronóstico.....	34
Tabla 5: Proyección de Ventas .....	35
Tabla 6: Plan agregado de producción .....	35
Tabla 7: Plan de requerimiento de materia prima.....	36
Tabla 8: Comparación de modelos de inventarios .....	37
Tabla 9: Stocks de seguridad.....	38

# INTRODUCCIÓN

La empresa objeto de estudio tiene su centro productivo ubicado en la ciudad de Guayaquil, maneja alrededor de 28.500 SKU's y cuenta con varios locales distribuidos en las principales ciudades del país; además, posee en su portafolio clientes internacionales ubicados en la costa de sur américa. La materia prima con la cual la empresa trabaja es importada, y por ello su control es necesario ya que es la clave para garantizar un buen servicio al cliente. Por lo antes expuesto, se propuso realizar una revisión al sistema de control de inventarios, para establecer e implementar mejoras que permitan mantener un nivel de servicio del 95%, y disminuir los costos del inventario.

En el Capítulo uno, se encontrará la definición del problema encontrado en la empresa, así como también, se define el alcance de este proyecto y el indicador de éxito con el que se medirá el resultado alcanzado en el proyecto. Además, se elaboró una breve descripción de los diferentes conceptos claves y técnicas utilizados para resolver el problema.

El Capítulo dos, describe la metodología con la cual se trabajó para la resolución de problema, estableciendo así un orden para el análisis del mismo: medición de la situación actual, análisis de causa raíz, diseño de las soluciones y, control y seguimiento. Se utilizó diferentes herramientas seis-sigma en la fase de recolección de datos; se inició el estudio recorriendo la bodega para evidenciar la situación actual y medir visualmente el impacto del problema, posteriormente se desarrolló una lluvia de ideas con un grupo focal y entrevistas a otro grupo. Con ambas técnicas se obtuvo datos acerca de los efectos que se percibe del problema, sin embargo, la lluvia de ideas y las encuestas no podían dar información más profunda del problema, por lo que se utilizó el diagrama del árbol; y en una reunión en conjunto con ambos grupos focales se indagó en las causas reales de los problemas mencionados en la fase inicial.

Considerando que el proyecto debió ser difundido para que cumpla su propósito de implementación, se planificó una reunión en la cual se utilizó el diagrama causa-efecto o espina de pescado para definir la causa raíz del problema. Además, se determinó el tipo de fuente de información y la confiabilidad de la misma. Seguido, se realizó un inspección visual en las bodegas con el fin de recolectar información más concreta respecto a la causa raíz, en esta inspección se determinó que el inventario tiene mucha variedad, por ello se usó técnicas de segmentación como gráficos de frecuencia circular y diagrama de Pareto para definir un segmento objetivo y realizar el análisis respectivo.

Continuando con el estudio, se procedió a utilizar herramientas estadísticas que identifiquen el comportamiento de los datos recolectados; tales como gráficas, cálculos, entre otros. Con ello,

se obtuvo información de tendencias, ciclos y estacionalidad. Además, se analizó el sistema de producción que utiliza la empresa para los ítems seleccionados, así como también las capacidades del centro productivo, restricciones y recursos requeridos. Considerando lo anterior, se procede a establecer la estrategia para realizar la planificación agregada, cabe recalcar en este punto, que la proyección obtenida de la demanda será cubierta por el plan agregado de producción incluyendo su variación.

Luego de obtener la programación, incluyendo el desperdicio de ese centro productivo, se procedió a congelar un periodo de la proyección; con lo cual, se busca que la planificación sea estable y por consiguiente se pueda definir de mejor forma los requerimientos de materia prima. En cuanto al requerimiento de materia prima, este incluye el desperdicio del centro productivo respectivo; además, se consideró otras variables de impacto como el tiempo de entrega por parte del proveedor. Así, se definió un stock de seguridad que cubre las variaciones de los tiempos de entrega por parte del proveedor

Definido el requerimiento de materia prima se procede a diseñar un modelo de inventarios que permita establecer las políticas del mismo con el menor costo posible, para lo cual se analizarán tres métodos propuestos en el marco teórico.

En el Capítulo tres se elaboró las comparaciones entre las herramientas utilizadas para identificar la mejor opción para cada caso. Adicional, se realizó una simulación con el modelo escogido para evaluar el comportamiento de la variable de respuesta, y obtener el resultado del modelo. Finalmente se obtiene que el método propuesto logra una reducción del 40% de la cobertura concluyendo, que se puede alcanzar una reducción en los niveles de stock manteniendo el nivel de servicio del 95% con una mejora en el manejo de inventarios.

# CAPÍTULO 1

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa ACERO ha mantenido una cobertura promedio de 6.43 meses de stock de materia prima de los ítems tipo A para la familia de perfiles LC en las bodegas principales, durante el periodo de Octubre 2014 a Septiembre 2015; cuando el objetivo de la empresa es de 2.5 meses.

El nivel de inventarios en las bodegas es medido por cobertura, el cual indica cuánto tipo puede cubrir un material las necesidades hasta su nueva reposición y es un indicador que se utiliza para evaluar la gestión del inventario [2]. Esta variable será usada como el indicador de éxito para el proyecto y también se escogerá el costo de tener un excedente de inventarios para la empresa.

- Cobertura (meses)

En el Capítulo 2 se detalla cómo se llegó a la definición usando diferentes herramientas seis-sigma, así como el alcance del proyecto.

## 1.2 Objetivos.

### 1.2.1 Objetivo general

Reducir el nivel de inventario existente de la materia prima para los productos tipo A de la familia de perfiles estándar LC, manteniendo el nivel de servicio de 95%.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Seleccionar un modelo de pronóstico que permita establecer un adecuado plan de producción.
- Evaluar técnicas de planificación de la producción, obteniendo los requerimientos de materiales de perfiles estándar A tipo LC.
- Diseñar políticas de inventario que permitan mantener un nivel de servicio del 95% en función de los costos de mantener inventario y realizar una orden de compra.
- Elaborar un procedimiento de control y actualización del sistema de manejo de inventarios desarrollado para garantizar el funcionamiento del mismo a largo plazo.

### 1.3 Marco teórico

A continuación, se realizará una pequeña definición a las diferentes técnicas usadas en las diferentes fases del desarrollo del proyecto.

#### **Método de recolección de datos para una investigación**

La calidad del resultado obtenido por un estudio depende de la veracidad de la información procesada en dicho análisis, es por ello que la fase de recolección de datos debe obedecer a una planificación en base a objetivos claros en cuanto a nivel y profundidad de la información a recolectar. El tipo de fuente que se usa para recolectar la información depende de su origen, y se clasifican en primarias y secundarias. [3]

#### **Fuentes primarias**

Corresponde a los datos obtenidos por el investigador mediante un método de observación a la población o a una muestra determinada. Se clasifica en observación directa si los datos son obtenidos directamente de la población e indirecta si los datos son obtenidos mediante encuestas, investigadores u otro tipo de recolección de datos.

#### **Fuentes secundarias**

Corresponde a información ya procesada, datos históricos y estadísticos de fuentes primarias.

#### **Confiabilidad de la fuente**

Se debe considerar que la correcta toma de datos concurre con un correcto análisis y posterior mejora, por lo cual una actividad principal es verificar la información obtenida por la toma de datos dependiendo de la fuente, en el caso de las fuentes primarias su confiabilidad va relacionada con los tamaños de muestras y el instrumento de investigación; mientras en la fuente secundaria depende del origen de los datos y confiabilidad de los registros recolectados. [3]

## **Metodología Seis-Sigma**

Consiste en una filosofía y metodología para eliminar defectos mediante la mejora los procesos basándose en análisis estadísticos para identificar y corregir la causa raíz de un determinado problema. Esta metodología hacer referencia al ciclo DMAIC: Definición, medición, análisis, implementación y control. [4]

### **Definición**

Cumple con el objetivo de establecer las condiciones actuales del proceso y determinar el alcance del proyecto; así como también sesgar, de ser necesario, la dimensión de trabajo propuesto.

### **Medición**

Cumple con el objetivo de establecer los parámetros con los que se mide el proceso, identificar el sistema de medición y los errores de medición propios del sistema

### **Análisis**

Revisión del comportamiento de las variables claves y como impactan en el objetivo propuesto

### **Implementación**

Proceso en el cual se identifica y valida las posibles mejorar, en cuanto a las variables de interés se debe observar su comportamiento por un tiempo que permita observar el comportamiento de la misma

### **Control**

La clave para el funcionamiento de los proyectos radica en el control establecido de mejora continua, lo cual implica en una actualización constante por parte de los usuarios directos del proyecto de mejora. [4]

## **Herramientas Six-Sigma y de mejora continua**

Se identifican por dar información para poder observar y seleccionar el problema y su causa raíz, con ello se incrementa el grado de acierto en la resolución del mismo [5], las más importantes son:

### **Diagrama de Pareto**

Histograma de frecuencia ordenado de mayor a menor con el fin de determinar una relación entre las acciones y las reacciones, teniendo como premisa que el 20% de las acciones provocan el 80% de las consecuencias. Con ello se busca el enfoque en aquel grupo de acciones que logrará impactar en la mayoría de las consecuencias.

### **Gráficas de corridas**

Muestra el comportamiento de los datos en un horizonte de tiempo, con ello contribuye a entender la magnitud de un problema y es usado en la etapa de definición del problema.

### **Diagrama de flujo SIPOC**

Bosqueja de forma ordenada el proceso que se va a analizar, estableciendo las interacciones que ocurren para lograr dicho proceso y los resultados del mismo, Este diagrama sigue un formato en la que se debe definir para cada proceso su entrada y proveedor, así como también lo que entrega dicho proceso y el cliente.

### **Hojas de verificación**

Refiere a formatos básicos usados para determinar una valoración de los procesos analizados.

### **Lluvia de ideas**

Herramienta que es utilizada para obtener información respecto a un determinado problema directamente del usuario final o de un grupo focal, esto con el fin de observar desde la perspectiva del usuario el impacto y las posibles causas de los problemas. Es una de las herramientas más usadas debido a que promueve el trabajo en grupo y crea relación de pertenencia respecto al proceso de mejora y por ende menor resistencia en la implementación.

### **Diagrama de causa y efecto**

Conocido como espina de pescado, es un método que busca establecer las causas potenciales de un problema organizadas por fuentes determinadas. Se debe indagar en cada causa para verificar si esta no se repite en varias fuentes.

Se busca que todas las herramientas mencionadas sean trabajadas con los entes directamente involucrados con el fin de difundir el análisis, crear sentimiento de pertenencia y disminuir la resistencia al cambio, recordando que el objetivo es la mejora del proceso. [5]

### **Sistemas de Control de la Producción**

Considerando que el desarrollo del estudio se da en una fábrica se debe entender los procesos y metodologías con las cuales se planifica la producción. Dado a la naturaleza del producto, el proceso productivo se puede clasificar como un sistema de empuje o sistema PUSH

#### **Sistemas Push**

Conocido como sistema de empuje el cual tiene como filosofía empujar los sistemas de producción para cumplir un nivel de inventarios con el cual se espera satisfacer una demanda en base a proyecciones. [6]

Un sistema push conlleva en tener niveles de inventario mayores y generalmente se da cuando la capacidad de respuesta para los requerimientos no es la óptima.

#### **Sistema de planeación MRP**

Un sistema de planeación MRP busca establecer el tamaño de los lotes como parte del proceso de explosión de necesidades de materiales, basándose en las necesidades netas y en una técnica de tamaño del lote especificado previamente, por lo que los tamaños de lote son fijos, la decisión se efectúa de manera centralizada y no por parte de una estación en particular y la información que se utiliza es tanto de tipo global como local, la decisión se basa en el intento de alcanzar un equilibrio entre los costos.[7]

#### **Tubería de producción**

Para acelerar el flujo del material a través de la tubería, las obstrucciones deben ser identificadas y eliminadas. A medida que cada obstrucción es eliminada, el flujo se acelera, pero solo hasta lo permitido por otras obstrucciones en la tubería. Identificando

la localización de las obstrucciones, entendiéndolas, y encontrando las formas de eliminarlas son los propósitos de mejora continua. [8]

### **Inventarios, indicadores y costos asociados:**

**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.

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

**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.

**Costos de compra:** se entiende por tal al precio del artículo que se compra multiplicado por el número de unidades compradas.

**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.

**Costos de roturas de stocks:** Se relacionan con la falta de existencias cuando estas se necesitan. [9]

### **Pronóstico de demanda**

Proporciona los datos de entrada para la planeación de todas las áreas funcionales, y dependen del tipo de demanda. [10]

### **Métodos de pronósticos**

Existen varios métodos de pronóstico estandarizados definidos en tres grupos: cualitativos, de proyecciones históricas y causales.

**Métodos cualitativos**

La información relacionada es no cuantitativa, intangible y subjetiva; usada principalmente para pronósticos de mediano a largo plazo.

**Métodos de proyecciones históricas**

Cuando se dispone de una cantidad razonable de información histórica, llamados también métodos de series de tiempo y se usan principalmente en pronósticos de corto plazo

**Método de la media móvil**

Deduca la demanda del periodo futuro utilizando una media aritmética de las últimas  $n$  observaciones, siendo  $n$  el periodo establecido por el analista

**Método de ajuste exponencial**

Es una derivación del método de la media móvil con la diferencia que los valores pasados no reciben la misma ponderación, dando como resultado una proyección más estable.

**Métodos causales**

Se utiliza cuando el nivel de la variable a analizar se deriva del nivel de las otras variables relacionadas

**Error de pronóstico**

Tiene el propósito de medir la cercanía de un pronóstico del nivel de demanda real.[10]

**Plan Agregado de producción**

Utilizado para análisis a largo plazo es un proceso por el cual una empresa define los niveles de capacidad, inventarios, requerimientos de materiales, requerimiento de recursos

**Estrategias de plan agregado de producción**

Existen tres estrategias principales para la elaboración del plan agregado las cuales dependen de la variable de interés de la empresa [11] y son:

### Estrategia de Inventario

Mantiene los niveles de capacidad y fuerza laboral estable lo cual ocasiona grandes niveles de inventario para suplir cualquier variación en la demanda

### Estrategia de Chase

La tasa de producción se puede sincronizar con la demanda variando la capacidad del centro de producción, lo cual ocasiona niveles de inventarios bajos y se utiliza especialmente cuando los costos de mantenimiento de inventario son superiores a los incurridos en los cambios de capacidad.

### Estrategia de Flexibilidad

Se utiliza en caso que exista un exceso de capacidad del centro productivo y varia el número de horas dedicadas en dicho centro, es similar a la estrategia Chase pero no garantiza que los inventarios sean bajos pues varía en función de las corridas realizadas para amortizar las paras de producción. [11]

### Modelos de administración de inventario

Grupo de métodos que tienen como finalidad establecer las políticas de inventarios y compras de materiales tales como cantidad a pedir, punto de re orden, niveles de inventario mínimos, máximos y de seguridad, por enunciar los más relevantes; con la el objetivo de obtener el menor costo de compra. [12]

### Costo total de compra

Representa la sumatoria de todos los costos asociados a la decisión de compra, tales como: costo de ordenar y costo de mantener inventario, ambos costos forman una curva en la cual su punto mínimo representa el óptimo de la gestión de compra.

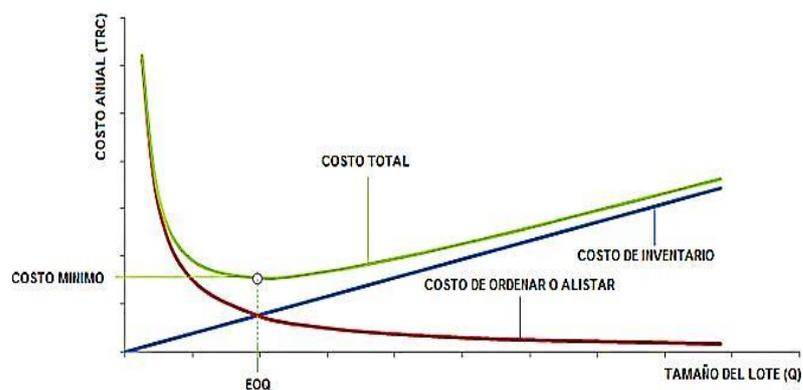


Figura 1.3.1: Costos asociados a la gestión de compras [12]

**Modelo de lote económico de compra (EOQ)**

Resuelve dos preguntas básicas de los problemas de renovación de stocks para productos con demanda independiente: cuánto pedir y cuándo pedir.

**Modelo de cantidad de orden periódica (POQ)**

Parte de la premisa que existe un periodo fijo en la que se establece una orden de compra, y busca calcular el periodo óptimo para realizar la compra usando el método EOQ.

**Algoritmo Silver Meal**

Método heurístico que define el tiempo y cantidad de pedido en función del costo promedio del periodo. Inicia calculando el costo de primer periodo y prosigue con los periodos siguientes hasta que el costo promedio del último periodo sea superior al inmediato anterior, lo cual indica que el costo del penúltimo analizado es el mínimo.

**Algoritmo Wagner Whitin**

Utiliza programación dinámica para llegar a la opción de menor costo de inventario, se descompone el problema en etapas luego se busca todas las opciones posibles en cada etapa, evaluando el costo de colocar un nuevo pedido, sumado al costo de la mejor posibilidad del periodo anterior. [12]

**Stock de seguridad**

Permite satisfacer la demanda que excedente de la cantidad proyectada para un periodo de tiempo, teniendo en cuenta que la variabilidad en la demanda conlleva a minimizar las posibilidades de excedentes o faltantes de stocks y está definido en función del nivel de servicio que desee tener la empresa. [13]

**Simulación Montecarlo**

El método Montecarlo es un método numérico que permite resolver mediante la simulación de variables aleatorias un escenario propuesto. [14]

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología seis-sigma conocida como DMAIC, la cual integra diferentes herramientas de análisis y control. DMAIC, como se indicó en el marco teórico, es un modelo que sigue un formato estructurado que consiste en 5 fases conectadas de manera lógica entre sí: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. En cada fase se usaron diferentes herramientas como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1: Ciclo DMAIC y Herramientas Utilizadas.**

<b>Definir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual</li> <li>• Elaboración de Lluvia de ideas</li> <li>• Encuestas a grupos focales</li> <li>• Desarrollo de Diagrama SIPOC</li> <li>• Elaboración de Diagrama del Árbol</li> <li>• Análisis mediante Gráficos de frecuencias circulares</li> <li>• Clasificación ABC</li> <li>• Elaboración de Diagrama Causa-Efecto</li> </ul>
<b>Medir</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis mediante Gráficas de corrido</li> <li>• Empleo de la herramienta "Tubería de producción"</li> <li>• Evaluación del proceso</li> </ul>
<b>Analizar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis mediante Histogramas de frecuencia</li> <li>• Análisis mediante Gráficas de corrido</li> </ul>
<b>Implementar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de Modelos de pronósticos de series de tiempo</li> <li>• Análisis de Estrategias de planificación y control de producción</li> <li>• Comparación de Modelos determinísticos para políticas de inventario</li> <li>• Desarrollo de Simulación del Modelo (Montecarlo)</li> </ul>
<b>Control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de Diagrama de proceso</li> </ul>

## 2.1 Definir

En esta sección se utilizó las herramientas inspección visual, lluvia de ideas, encuestas a grupos focales y diagrama del árbol para establecer los problemas y posibles causas; además, se utilizó herramientas como diagrama de SIPOC, gráficos de frecuencia circulares, clasificación ABC y diagrama causa-efecto para establecer alcance del proyecto.

### Inspección visual.

Se realizó una inspección visual en la planta y bodegas, tanto de producto terminado como de materias primas, con lo cual se pudo apreciar el impacto visual que tiene el actual nivel de inventario en las bodegas; y se propone realizar una reunión con un grupo seleccionado que son los usuarios de dichas bodegas.

Al término de la visita a las bodegas, se constató que existe un elevado nivel de inventario el cual conlleva a efectos negativos como daño y deterioro en los productos almacenados, condiciones inseguras de almacenamiento y demoras operativas por excedentes en el inventario.

### Elaboración de Lluvia de ideas.

Luego de realizar la inspección visual, se reúne a los principales usuarios de dichas bodegas: supervisores de bodegas, ayudantes de bodegas, supervisores de producción, operadores de máquina y operadores de montacargas. Con este grupo se procede a utilizar la herramienta lluvia de ideas para recolectar sus percepciones acerca del estado de las bodegas, tal como se aprecia en la Figura 2.1.1.



**Figura 2.1.1: Lluvia de ideas**

### Encuestas a grupos focales.

Después de realizar la lluvia de ideas con el primer grupo, usuarios directos, se realizó una entrevista a diferentes personas que participan de manera activa en la coordinación de las mismas, la cual se puede apreciar en la Figura 2.1.2. Esto con el fin de eliminar el efecto obtenido por los sentimientos en la exposición de sus ideas. Entre los diferentes criterios emitidos en la lluvia de ideas y las entrevistas, se obtiene un evento común que es el control de los niveles de inventarios; y esto debido a que pese a existir una cantidad importante de inventario de materia prima se presentan casos de escasos en ciertos ítems.

	C. Fernandez (Jefe de Locales)	F. Torres (Jefe de Distribución)	F. Espinoza (Coordinador Exportaciones)	U. Monar (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 por tonterías)	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 de los 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 los tiempos de recepción)	
	No hay formación técnica en los vendedores	Caemos muchas veces en stockout	problemas logísticos (largos tiempos de espera para los clientes que viene a la planta)	
	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 reacción)			

**Figura 2.1.2: Encuestas a grupos focales**

### Desarrollo de Diagrama SIPOC.

Continuando con la metodología, se realizó un análisis al proceso actual de manejo de inventarios, utilizando la herramienta SIPOC para conocer las interrelaciones ocurridas en el proceso y las delimitaciones del mismo, ver Apéndice A.

## Elaboración de Diagrama del Árbol.

Para unificar los criterios emitidos en ambas reuniones se utilizó la herramienta diagrama de árbol, la cual será revisado junto con ambos grupos para comparar sus diferentes percepciones y adicional promover la identificación con el proyecto, dicho diagrama se observa en la Figura 2.1.3.

### Efectos

- No hay espacio físico para almacenar toda la materia prima adquirida
- Daños y deterioros en la materia prima almacenada
- Demoras por buscar materia prima al momento de producir
- Condiciones inseguras en la bodega de materia prima
- Gasto de alquiler por falta de capacidad
- Falta de control en los niveles de stock

### Problema

- Nivel de inventario de materia prima no guarda relacion con la demana en el periodo analizado

### Causas

- La materia prima recibida no está acorde en cantidades y tiempos solicitados
- La royeccion de la demanda tiene mucha descrepancia cnon el comportamiento de las ventas en el período analizado

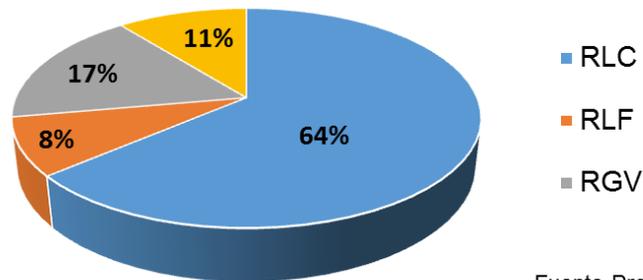
**Figura 2.1.3: Diagrama del Árbol**

## Análisis mediante Gráficos de frecuencias circulares.

Luego de las reuniones que se han mantenido se ejecuta una segunda visita a las bodega con el objetivo de enfocar las actividades de un día de labor normal, con lo cual se determina que el nivel de inventario no solo impacta a los costos de mantenimiento y condiciones del material, sino también en la productividad de las áreas que dependen de estos inventarios, en el caso de producción y despacho traducidos en demoras en sus actividades diarias.

Además, se observó que existen diferentes tipos de materia prima por lo cual se efectúa una segmentación del inventario mediante gráficas de frecuencias tipo circulares para realizar el análisis en el grupo de mayor interés e impacto en las bodegas.

### Importaciones de M.P. (TOM) Oct.2014 - Sept.2015

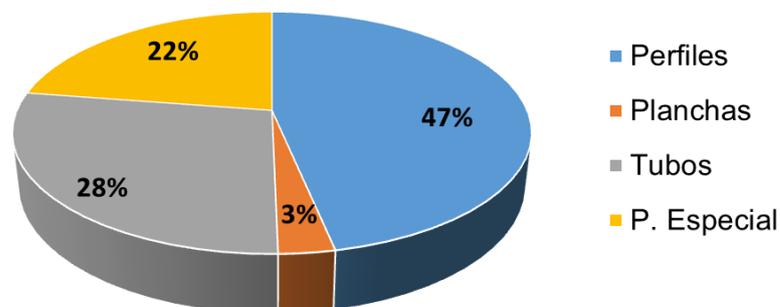


Fuente Propia

**Figura 2.1.4: Importaciones de M.P. (TOM) 2014-/10 a 2015/9**

Como se muestra en la Figura 2.1.4, el mayor volumen del inventario de materias primas en el último año se concentra en las bobinas RLC, las cuales tienen el 64% de impacto en la bodega de materia prima. Sin embargo, este grupo puede ser clasificado en función del uso para el cual fue adquirido: perfiles, planchas, tubos o perfiles especiales; motivo por el cual se vuelve a usar un gráfico de frecuencia circular para segmentar las bobinas RLC.

### Niveles de Stock Promedios de MP por familia de productos (TOM) Oct.2014 - Sept.2015



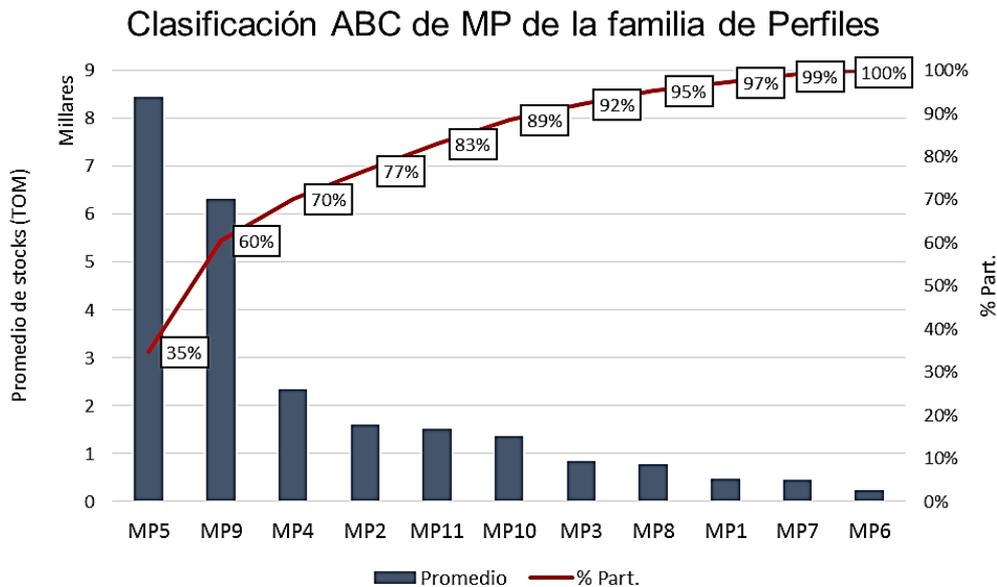
Fuente Propia

**Figura 2.1.5: Niveles de stock promedios de MP por familia de productos**

Como se observa en la Figura 2.1.5 los niveles de inventario de materia prima RLC con mayor impacto corresponden a los destinados a la fabricación de perfiles estándar con un 47% lo cual va acorde a la inspección visual realizada al inicio donde se observa un gran volumen de bobinas LC en la planta destinada a la elaboración de perfiles estándar.

## Clasificación ABC

Se debe considerar que las materias primas correspondientes a la elaboración de perfiles estándar tipo LC se pueden definir en once tipos diferentes; por lo cual, deben ser analizadas mediante la herramienta de Pareto, para definir aquellas de mayor impacto en la bodega en función de su inventario promedio anual (TOM)



**Figura 2.1.6: Clasificación ABC de MP de la familia de perfiles**

Luego de realizar el Pareto, se obtiene como resultado la identificación de 3 tipos de materias primas: MP5, MP4 y MP9; con un acumulado de 70% de participación, tal como se muestra en la Figura 2.1.6.

## Elaboración de Diagrama Causa – Efecto

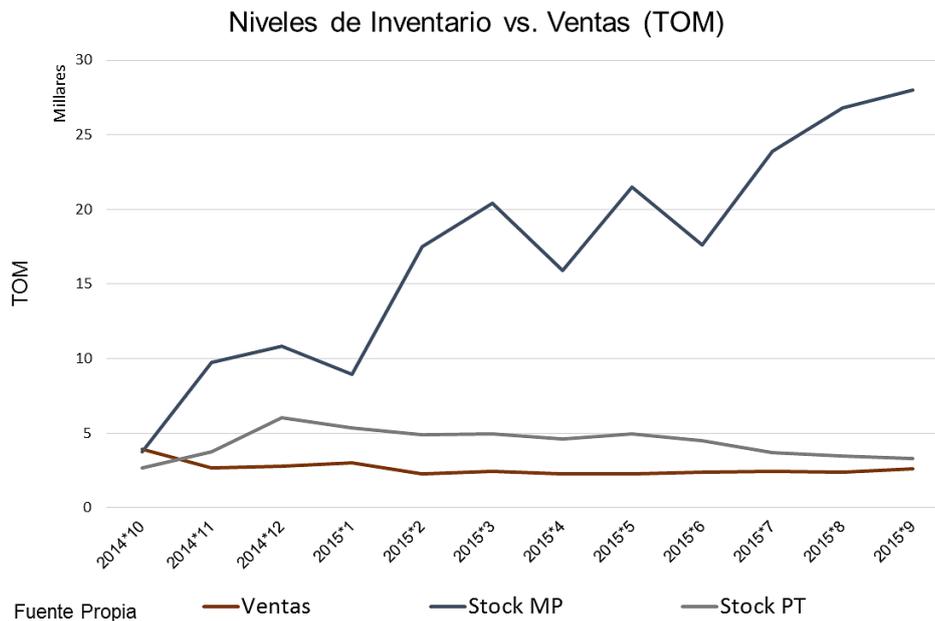
Posteriormente, se organizó una reunión entre los dos grupos focales para proceder a la elaboración del diagrama Causa – Efecto. La reunión se inició con una explicación de la herramienta y con ejemplos prácticos, luego se trabajó en parejas para la elaboración del diagrama; finalmente se discutió las diferentes propuestas de solución de cada grupo. Este trabajo se puede apreciar en el Apéndice B.

## 2.2 Medir

En esta sección se usarán las herramientas de gráficos de corridos, tubería de la producción y se calculará la cobertura con el fin de determinar la situación actual del inventario de la materia prima y definir el indicador de éxito del proyecto; y además, se elaborará una tabla para la evaluación del proceso de manejo de inventario para establecer los puntos de mejora del proceso.

### Análisis mediante Gráficos de Corrido.

Se realizó una segunda visita a las bodegas, y se evidenció los eventos detectados en las reuniones de trabajo; y al igual que en la primera visita se mantiene el estado de la bodega; por lo cual, se debe definir si las condiciones de almacenamiento que se tiene de estas bobinas es ocasionado por la falta de capacidad de almacenamiento de las bodegas, o por que la cantidad mantenida en inventario es más alta de lo que se necesita para satisfacer la demanda de dichos productos. Para ello se elabora una gráfica de corridas con la data de las ventas y niveles de inventario en el último periodo con el fin de evidenciar su comportamiento



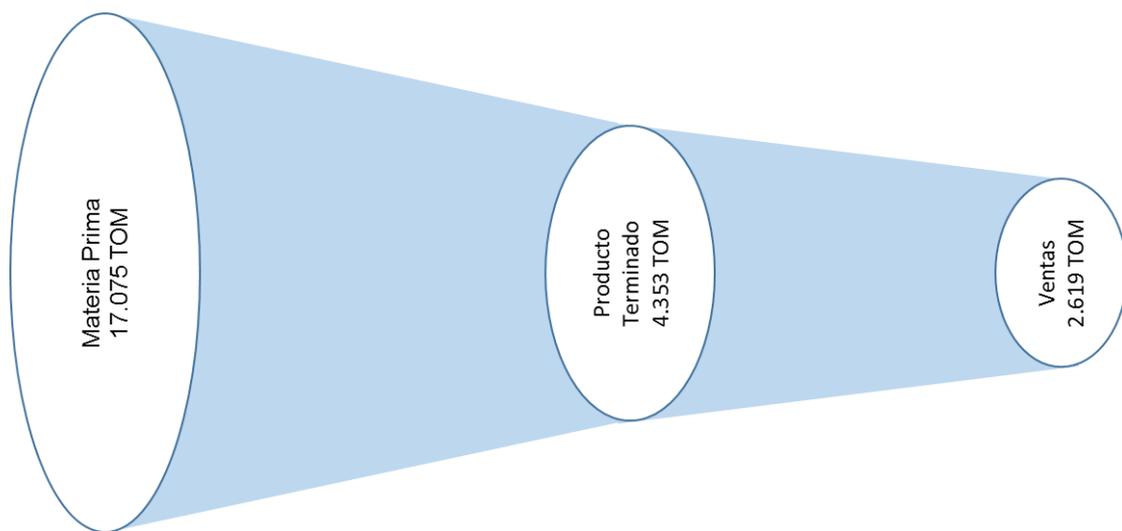
**Figura 2.2.1: Niveles de Inventario Vs Ventas**

En la Figura 2.2.1, se aprecia que el inventario de producto terminado tiene cierta relación con la venta; y por el contrario, en el caso del inventario de materia prima se observa una diferencia mayor a la que mantiene el producto terminado.

### Empleo de la herramienta “Tubería de producción”

Se procede a realizar una entrevista a la jefatura de cadena de abastecimiento, en la cual, se recolecta información respecto a la situación de la bodega y las políticas de mantenimiento de inventario; además, se determina que la cobertura objetivo para el producto terminado de la familia perfil estándar es de 1.5 meses de stock, dado a que su capacidad de producción de las máquinas es mucho mayor que la venta general; por otro lado, la cobertura objetivo para la materia prima de la familia perfil estándar es de 2.5 meses de stock, esto debido a que la misma es importada y puede existir atrasos, variaciones en la demanda y en los tiempos de entrega por parte del proveedor, los cuales serían muy difíciles de cubrir.

Considerando la información recopilada de la reunión, y con los datos recolectados de ventas y niveles de inventarios, se procede a medir la cobertura actual. La cobertura actual es contrastada con la cobertura objetivo de la empresa, para ello se utilizó la herramienta tubería de producción, la cual muestra el comportamiento del flujo en función de una salida, en este caso la venta.



**Figura 2.2.2: Tubería de Producción**

Se realizaron los cálculos de cobertura tanto para los productos terminados como para la materia prima en función de los datos de la tubería de producción que se observa en la Figura 2.2.2:

$$Cobertura = \frac{Entrada}{Salida} \quad (2.1)$$

Materia Prima:

$$\frac{17.075}{2.619} = 6.51 \text{ meses}$$

Producto Terminado:

$$\frac{4.353}{2.619} = 1.66 \text{ meses}$$

Tanto en el cálculo de cobertura de producto terminado y de materia prima, se observó que existe una diferencia entre las coberturas reales y las coberturas objetivo, teniendo una diferencia de 1.66 meses vs 1.50 meses en el caso del producto terminado; y 6.51 meses vs 2.50 meses en el caso de la materia prima, donde se observa una diferencia mayor.

La diferencia existente impacta directamente en los niveles de inventario de la bodega de materia prima, dado a que se entiende que existe más stock del requerido; por lo cual, se calculará el excedente de ese inventario.

$$E.I. = (C_{Real} - C_{Obj}) * S_{Prom} \quad (2.2)$$

En donde:

E: Excedente

C: Coberturas

S: Ventas reales

Dando como resultado un excedente de 10.502 TM de materia prima tipo A de la familia de perfiles LC.

Adicional, se debe considerar que el requerimiento de materia prima es realizado considerando los promedios de consumo de los últimos tres meses, y el promedio de consumo del último año; estos promedios son utilizados debido a que no existe una proyección de ventas para un horizonte de tiempo acorde al requerido para realizar la compra.

En cuanto a la planificación de la producción, esta se realiza en función del requerimiento mensual más un porcentaje de seguridad del 15% establecido como política, el cual sirve para cubrir la variación de la demanda. Además, se debe considerar que la materia prima por ser importada puede sufrir atrasos por temas de transporte, propios del sistema de transporte marítimo.

## **Evaluación del proceso**

Se realizó una entrevista a las jefaturas de las áreas involucradas en el proceso de planificación y adquisición de materia prima, esto con el fin de observar la condición actual de dicho proceso usando una herramienta de control.

El grupo entrevistado se forma por: jefatura de cadena de abastecimiento, jefatura de programación de producción, jefatura de ingeniería y procesos, coordinador de exportaciones, coordinador de información comercial, ver Apéndice C.

### **2.3 Analizar**

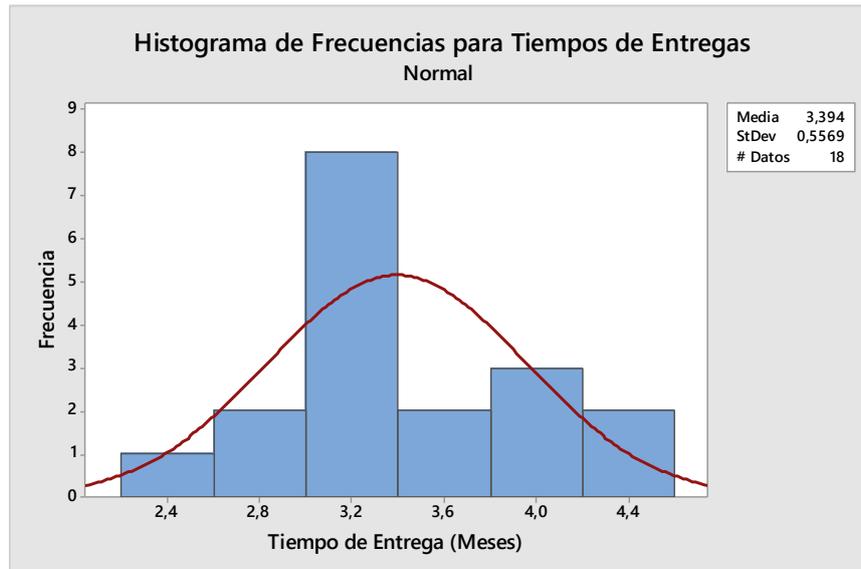
En esta sección se usarán histogramas de frecuencia, gráficas de corrido y gráficas de control, con las cuales se logrará evaluar las causas raíces obtenidas con las herramientas diagrama del árbol y diagrama causa – efecto, las mismas que se detallan a continuación:

- La materia prima recibida no está acorde en cantidades y tiempos solicitados
- La proyección de la demanda tiene mucha discrepancia con el comportamiento de las ventas en el periodo analizado

#### **Análisis mediante Histogramas de Frecuencia.**

Entre los datos más relevantes obtenidos de la evaluación del proceso, se observa que no existe una evaluación formal y registrada para el proveedor, porque a pesar de que se guarda registros del comportamiento de la materia prima esto se limita solo a sus características de medidas, dejando a un lado parámetros como tiempos de entrega, condiciones de entrega, confiabilidad de cantidades entregadas por citar las más importantes.

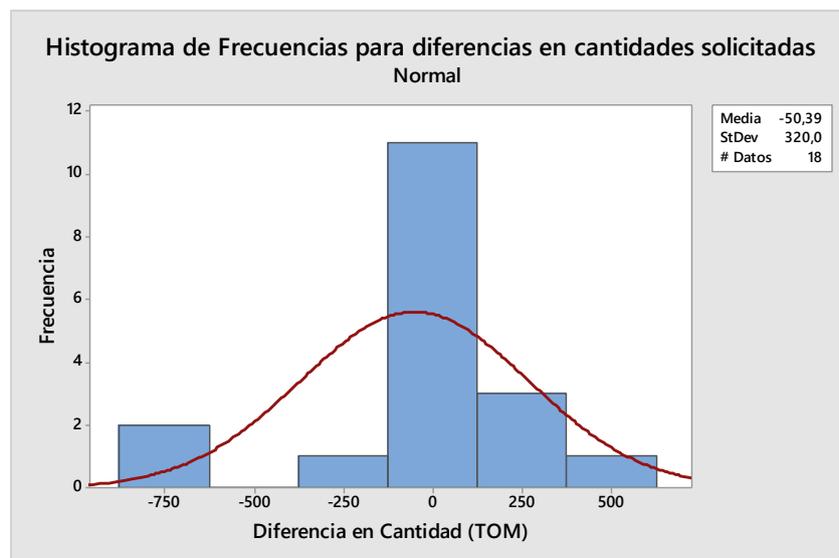
Para tomar los datos respectivos se usará la data central histórica de la empresa, la misma que se usa para todos los informes y proyecciones de la empresa; por lo cual se concluye que la fuente informativa es secundaria y valedera para el análisis propuesto. Se procede a recopilar la data de las compras correspondiente a los ítems tipo A de la familia perfiles LC recibidos en el periodo de octubre 2014 a septiembre del 2015, con esta información se analizará el comportamiento del tiempo de entrega de los proveedores mediante un histograma de frecuencias.



**Figura 2.3.1: Histograma de tiempos de entrega del proveedor**

Como se puede observar en la Figura 2.3.1, el tiempo de reposición desde que se firma la orden de compra es de 3.39 meses promedio, lo cual significa que en general los pedidos se atrasan 11 días respecto al tiempo esperado por la empresa que es 3 meses; considerando que el objetivo de la empresa es de una cobertura de 2.50 meses, este atraso no es representativo para la empresa.

Además, se analiza las diferencias en cantidades importadas entre lo solicitado y lo recibido para lo cual se realiza un histograma de frecuencias de diferencias de toneladas recibidas.



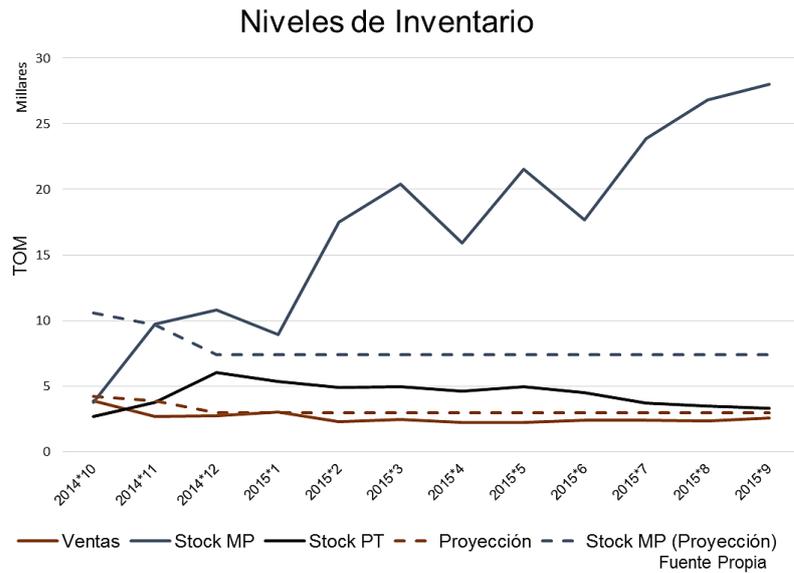
**Figura 2.3.2: Histograma de frecuencia de la cantidad entregada por el proveedor**

Tal como se muestra en la Figura 2.3.2, en promedio se recibe 50 toneladas menos a lo solicitado, siendo materia prima tipo A este valor no es representativo ya que los consumos y

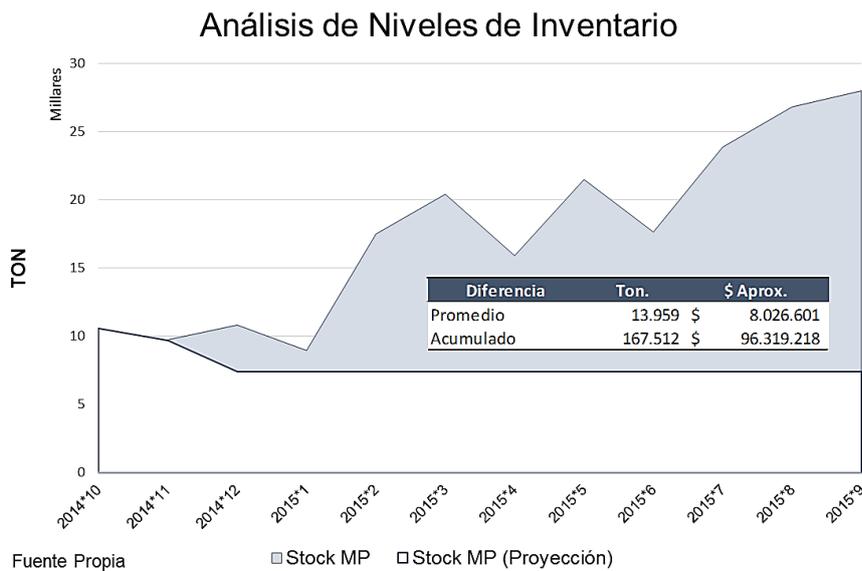
sus requerimientos generalmente son altos. En conclusión, se puede indicar que el comportamiento del proveedor no influye en los niveles de inventarios de materia prima en las bodegas.

**Análisis mediante Gráficas de corrido.**

Posteriormente, se procede a determinar el comportamiento de la demanda y los niveles de inventario en el periodo de análisis con una gráfica de corrido para el periodo analizado.



**Figura 2.3.3: Nivel de inventario**



**Figura 2.3.4: Análisis de niveles de inventario**

En las Figuras 2.3.3 y 2.3.4 se puede observar que existe una diferencia de 13.933 TOM entre los niveles de inventarios de materia prima y la proyección de requerimiento dando como resultado un elevado inventario de materias primas, lo cual muestra que existe un problema en los niveles de inventario de materia prima para perfiles LC tipo A.

Con lo cual se determina que una de las principales causas del excedente del nivel de inventarios es que no se cuenta con una proyección de ventas adecuada, por tal motivo el plan de producción es muy variable, y no se puede definir un requerimiento de materia prima esperado para la satisfacción de dicho plan. Adicional, la orden de compra de la materia prima debe realizarse con 3 meses de anticipación debido al tiempo de entrega del proveedor.

## 2.4 Implementación

Considerando que la gestión de abastecimiento impacta directamente en el de nivel de inventarios de materia prima, se propone una solución basada en el mejoramiento de la gestión de abastecimiento considerando que la misma consta de tres partes: pronóstico de demanda, planeación de la producción y planeación de compras, adicional se realizará una comprobación de la solución propuesta.

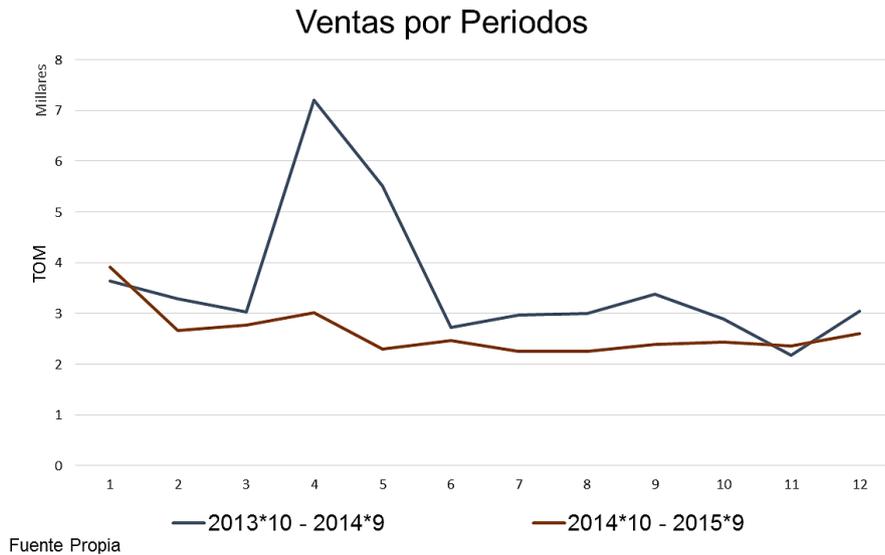
En esta sección se usarán gráficas de corrido y gráficas de control, además herramientas propias de cada parte del modelo de inventarios como: modelos de pronósticos de series de tiempos, estrategias de planificación y control de la producción, modelos determinísticos para políticas de inventarios y comprobación del modelo propuesto usando simulación de Montecarlo.



Fuente Propia

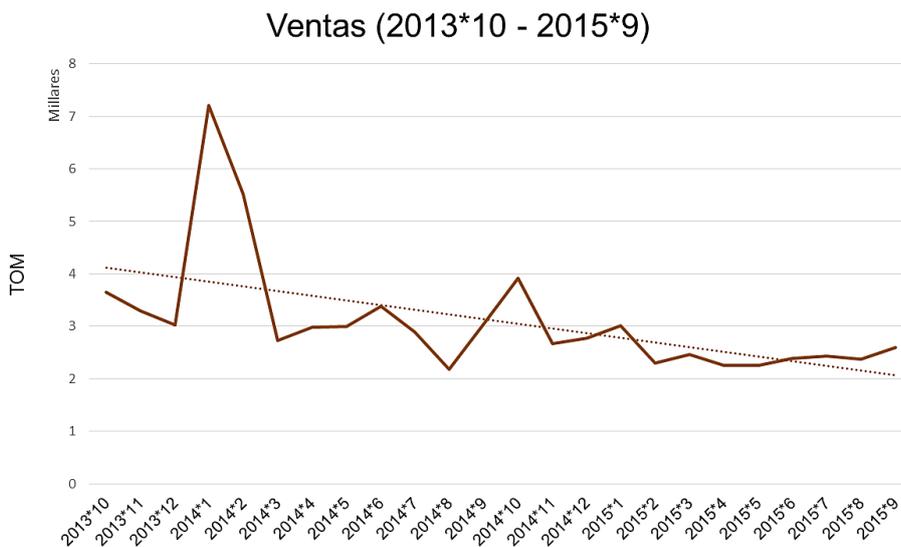
**Pronóstico de Demanda**

Con la información obtenida por parte de la jefatura de cadena de abastecimiento, se amplía el horizonte de análisis de los niveles de stock a dos años y se elaboran gráficas de corridas, esto con el fin de identificar tendencia, estacionalidad y comportamiento de demanda para conocer el comportamiento de la demanda. [15]



**Figura 2.4.1: Análisis de ventas para cada periodo**

Tal como se muestra en la Figura 2.4.1 no existe un comportamiento equivalente entre las demandas de ambos periodos ni estacionalidad, por lo cual se prosigue a evaluar la demanda unificada de ambos periodos para identificar si existen tendencias en las demandas.



**Figura 2.4.2: Análisis de tendencia de la demanda**

En la Figura 2.4.2 se observa una demanda con tendencia decreciente, sin embargo en los últimos meses existe un comportamiento diferente a la tendencia establecida, esto se debe a que el precio del acero en el año anterior tuvo una caída en el mercado internacional con lo cual los costos de la materia prima que tenía la empresa ACERO estuvieron más altos que los del mercado; actualmente el precio del acero se ha mantenido estable, con lo que se ha logrado aumentar proporcionalmente las ventas. Esto muestra que en el proceso de proyectar la demanda se debe considerar que la tendencia no es fija, y que la misma debe ser analizada constantemente. Lo cual sugiere usar uno de los modelos de pronóstico de series de tiempo citados en el marco teórico: empírico, medias móviles y ajuste exponencial.

### **Evaluación de Modelos de Pronóstico de series de tiempos**

#### **Empírico:**

Se usa la información de la proyección propuesta por el departamento comercial para los periodos: septiembre, octubre y noviembre; considerando únicamente los perfiles LC tipo A.

#### **Medias Móviles:**

Utilizando la venta histórica desde octubre 2013 hasta septiembre 2015, se procedió a realizar el cálculo de la proyección que hubiera resultado de la aplicación del método medias móviles, siguiendo la siguiente fórmula:

$$dF_{t+1} = \frac{\sum_{t-n+1}^t A}{n} \quad (2.3)$$

En donde:

t: periodo de tiempo presente

n: número de datos a considerar

A: venta

F: pronóstico

### Ajuste Exponencial:

De igual modo se usó la venta histórica del plazo definido en el método anterior para calcular el pronóstico usando el método de ajuste exponencial, siguiendo la siguiente formula:

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t \quad (2.4)$$

En donde:

t: periodo de tiempo presente

$\alpha$ : constante de ajuste exponencial

A: venta

F: pronóstico

Considerando que los pronósticos de la demanda futura tienen cierto grado de error se busca realizar una proyección con un método que permita asegurar que la demanda este dentro del rango proyectado [14]. Para evaluar el método acorde se realizó el cálculo del error de pronóstico generado en cada método expuesto usando la siguiente fórmula:

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_t (A_t - F_t)^2}{n-1}} \quad (2.5)$$

En donde:

$S_F$ : error estándar del pronóstico

n: número de periodos de pronóstico t

A: venta

F: pronóstico

## Plan de producción

### Análisis de Estrategias de planificación y control de producción

Después de definir la proyección de ventas, se evaluó la estrategia adecuada para elaborar el plan agregado de producción según las condiciones de centro de producción respectivo. Existen tres estrategias para la elaboración del plan agregado de producción las cuales fueron citadas en el marco teórico: estrategia de nivel, estrategia Chase y estrategia de capacidad.

Se realizó un levantamiento de información de la capacidad de respuesta del centro productivo, y se obtuvo que el centro productivo en mención obedece a un esquema de producción de empuje (PUSH); adicional se observa, que el centro productivo está conformado por un conjunto de tres máquinas, y los grupos de operadores para dicho centro, pese a estar definidos, son usados también en otros centros productivos, es decir que el recurso de la fuerza laboral es variable y va en función de los requerimientos que se presenten en el plan de producción.

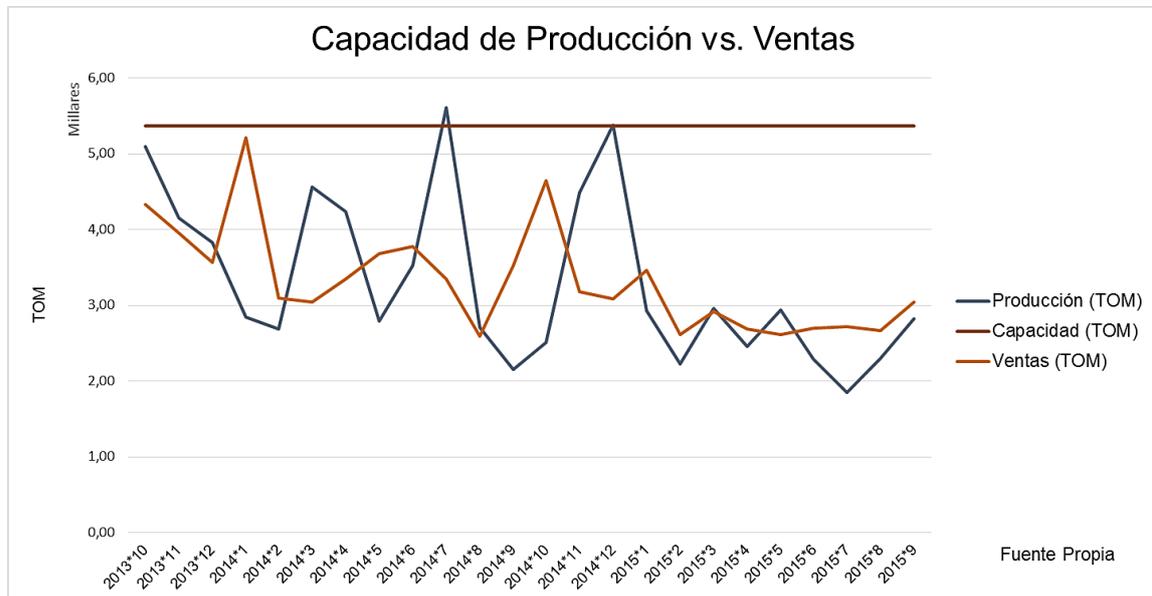
Posteriormente se realizó una evaluación de la capacidad del centro productivo partiendo del supuesto que existen requerimientos constantes y jornadas laborables normales de 22 días al mes, 2 turnos de 10 horas cada día; respecto a las tasas de producción se toman los valores promedios mensuales del último término con lo cual dicho valor incluye los tiempos de armado, espera y productividad de la fuerza laboral.

**Tabla 2: Tasa de producción**

Tasa de Producción	
Máquina 1	4,8 ton/hora
Máquina 2	2,7 ton/hora
Máquina 3	4,7 ton/hora
C. Productivo	12,2 ton/hora
Horas x mes	440 horas
<b>Tasa de producción</b>	<b>5.368 ton</b>

Como resultado, se concluye que la tasa de producción puede ser sincronizada con la demanda mediante la variación de la fuerza laboral, y dicha variación consiste en reasignación a otros centros productivos; esta decisión no genera un costo asociado a la variación de capacidad. Por lo antes expuesto, se define que los niveles de inventario de producto terminado deben ser bajos y contribuye a disminuir los costos de mantenimiento de inventario

de producto terminado. Se procede a comparar dicha tasa con la data histórica de demanda de los últimos dos años.



**Figura 2.4.3: Capacidad de Producción vs. Ventas históricas**

En la Figura 2.4.3 se puede apreciar que la demanda ha sido inferior a la capacidad de producción del centro, a excepción de dos puntos Julio 2014 y Diciembre 2014. Se procede a evaluar ambos periodos y se determinó que corresponden a dos eventos puntuales, el traslado del centro productivo a una instalación nueva ejecutado en Septiembre 2014 y Febrero 2015, es por esto que la empresa decidió aumentar las cantidades fabricadas para cumplir con la demanda de los meses que el centro iba a estar inhabilitado.

Por otro lado, se debe considerar que el plan de producción agregado cumple el requerimiento de producción más un inventario de seguridad el cual bajo política de la empresa es igual a 15% adicional al requerimiento otorgado, esto debido a la experiencia con la variación de la demanda. Adicional un 5% por merma propio del proceso productivo, dato obtenido de los indicadores anuales.

Debido a que los datos históricos son mensuales y que los tiempos de reposición de un pedido de materias primas es de 3.33 meses no se posee información suficiente para establecer mediante métodos estadísticos la variación de la demanda, por tal motivo se pondrá a prueba el porcentaje asignado mediante simulación por lo pronto se asumirá dicho valor como verdadero. Sin embargo, se debe considerar que el tiempo de reposición es una variable de interés en el proceso de abastecimiento, motivo por el cual se debe definir un inventario de seguridad que cubra las variaciones que se dan por los tiempos de reposición

## Plan de compras de MP

Acorde con el requerimiento de materia prima para el periodo proyectado, se evalúa los diferentes modelos de inventario considerando que la demanda de la materia prima es determinística con incertidumbre, ya que el requerimiento se obtiene del plan agregado el cual incluye un stock de seguridad para la variación de la demanda de producto terminado; y que el requerimiento de cada materia prima es independiente.

Los modelos determinísticos valorados en este estudio son cantidad de orden periódica (POQ), algoritmo Silver-Meal (SM) y algoritmo Wagner-Whitin (WW) dando un resultado la política de compra en base a los costos de mantenimiento de inventario y cantidades por periodo.

## Comparación de Modelos determinísticos para políticas de inventario

### Cantidad de orden periódica (POQ)

Considerando que el periodo de revisión del pedido es mensual usaremos el método POQ con el fin de establecer la política de compra

$$q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (2.6)$$

En donde:

K: Costo de colocar un pedido

D: Demanda

h: Costo de mantenimiento de inventario

### Algoritmo Silver-Meal (SM)

Adicional se procede a evaluar el método de algoritmo SM para seleccionar la política de inventarios evaluando los costos de ordenar y mantener el inventario con la siguiente fórmula:

$$Cn = \frac{(k+(hd_2)+(2hd_3)+\dots+(n-1)hd_n)}{n} \quad (2.7)$$

En donde:

Cn: Costo promedio de ordenar y mantener inventario en el periodo n

k: Costo de ordenar

dn: Requerimiento en el periodo n

### Algoritmo Wagner Within

Continuando con el estudio se procede a evaluar el método de algoritmo WW para seleccionar la política de inventarios mediante una evaluación de los costos mínimos obtenidos de la reposición de inventario con la siguiente fórmula:

$$C_{n,i} = C_i^* + k + C_a + (d_n + d_{n-1} + \dots + d_{i+1}) + C_a k \sum_{x=i+1}^n (x - i - 1) d_x \quad (2.8)$$

En donde:

$C_{n,i}$ : Costo para el periodo m con la mejor opción del periodo i

$C_i^*$ : Costo mínimo del periodo i

k: Costo de ordenar

$d_n$ : Demanda en el periodo n

### Stock de seguridad

Considerando que la demanda y los tiempos de entrega son aleatorios se debe establecer un nivel de inventario tal que cubra dichas variaciones, lo cual podemos determinar con la siguiente formula:

$$\partial_L = \sqrt{L\partial_D + D^2\partial_L^2} \quad (2.9)$$

$$S.S. = F_s^{-1}(CSL)\partial_L \quad (2.10)$$

En donde:

L: Tiempo de entrega

$\partial_L$ : Variación del tiempo de entrega

D: Demanda

$\partial_D$ : Variación de la demanda

CSL: Nivel de confianza

S.S.: Stock de seguridad

### Política de Inventario

Luego de obtener el requerimiento de materia prima por parte del plan agregado de producción y que el mismo es fijado durante el periodo a evaluar se define que se debe realizar órdenes de compras mensuales, la cantidad a comprar será lo necesario para cumplir el requerimiento del periodo y mantener el stock de seguridad

## **Prueba de la solución**

Para realizar la prueba del modelo se va a utilizar la simulación Montecarlo la cual fue citada en el marco teórico. Con los resultados de dicha simulación se evaluará el comportamiento de la variable de interés luego de implementar la nueva metodología y políticas de abastecimiento.

## **2.5 Control y seguimiento**

El sistema de gestión de compras, como cualquier otro sistema, es aplicable bajo ciertas condiciones, las mismas que en ciertos momentos pueden variar; por tal motivo, la retroalimentación del sistema es una parte crucial para el funcionamiento del proceso a largo plazo. [16] Por tal motivo se establecerá un procedimiento de control y seguimiento que asegure que el sistema de gestión de compras sea constantemente actualizado.

### **Elaboración de Diagrama de Proceso**

Este proceso consta de cuatro fases para cada una de las partes que conforman el proceso de compra; la primera fase es la actualización de las variables críticas del modelo, la venta en el caso del pronóstico de la demanda, el consumo y niveles de stock de MP en la etapa de planificación de la producción, y los arribos de MP por órdenes de compra en la etapa del plan de abastecimiento. Seguido, se realizará una evaluación de los datos recolectados en la primera fase y del comportamiento esperado para cada una de los procesos.

Posteriormente, ambos datos serán comparados entre sí con las diferentes herramientas de control: seguimiento de la demanda proyectada, control de ingresos de PT a bodegas y Flujo de materiales. Finalmente, se debe realizar reuniones con las áreas respectivas para cada proceso, esto con el fin de garantizar que la información recolectada no sean datos esporádicos y que la actualización del modelo sea correcta. Este proceso se puede observar en el Apéndice D.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

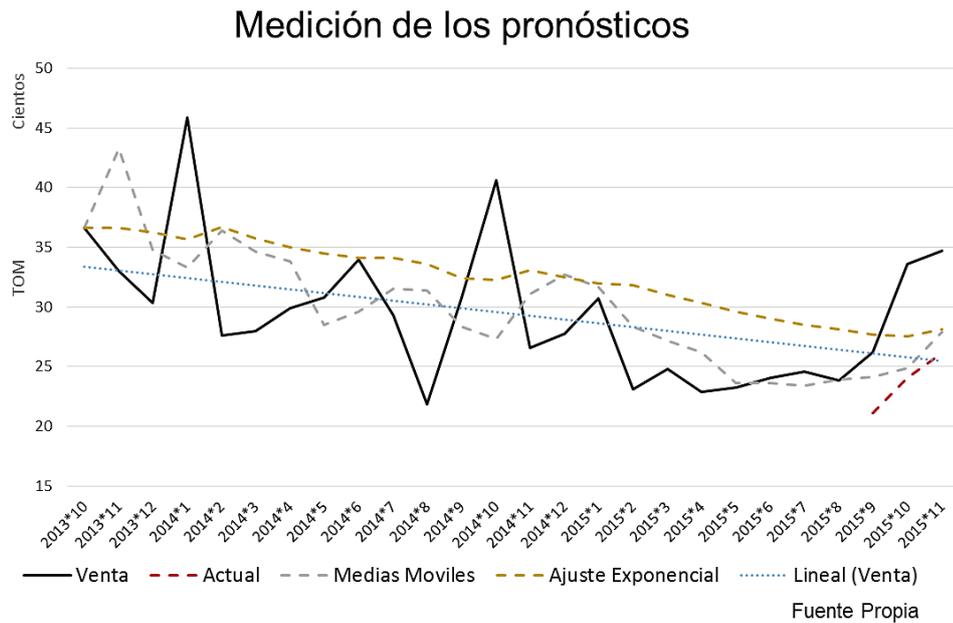
Este Capítulo contiene los análisis de los resultados que se obtuvieron en los diferentes modelos propuestos en el Capítulo dos para cada proceso de la gestión de abastecimiento. Para ello se utilizaron herramientas propias de cada uno de los modelos, en el caso de la proyección de la demanda se usó una gráfica de corrido y la medición del error de pronóstico; y en el caso del plan de abastecimiento se comparó los costos obtenidos con cada método.

### Pronóstico de demanda

Debido a que el nuevo método de proyección de venta para productos terminados se ha realizado desde el mes de septiembre, se procedió a evaluar los tres métodos sugeridos en los tres últimos periodos, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3 : Evaluación del pronóstico**

Periodo	#	Demanda	Proyección			Error de Pronóstico		
			Empírica	Medias Móviles	Ajuste Exponencial	Empírico	Medias Móviles	Ajuste Exponencial
2013*10	1	3.660		3.660	3.660		0	0
2013*11	2	3.299		4.331	3.660		1.032	361
2013*12	3	3.035		3.479	3.624		794	488
2014*1	4	4.586		3.331	3.565		972	712
2014*2	5	2.764		3.640	3.667		949	764
2014*3	6	2.798		3.462	3.577		899	767
2014*4	7	2.994		3.383	3.499		836	730
2014*5	8	3.082		2.852	3.448		779	690
2014*6	9	3.394		2.958	3.412		745	645
2014*7	10	2.931		3.157	3.410		706	629
2014*8	11	2.183		3.136	3.362		735	704
2014*9	12	3.081		2.836	3.244		704	673
2014*10	13	4.063		2.732	3.228		776	688
2014*11	14	2.660		3.109	3.311		756	685
2014*12	15	2.780		3.268	3.246		740	672
2015*1	16	3.070		3.168	3.200		715	650
2015*2	17	2.312		2.837	3.187		705	666
2015*3	18	2.483		2.720	3.099		686	663
2015*4	19	2.291		2.622	3.038		672	668
2015*5	20	2.322		2.362	2.963		654	667
2015*6	21	2.409		2.365	2.899		637	659
2015*7	22	2.456		2.341	2.850		622	649
2015*8	23	2.386		2.396	2.811		608	640
2015*9	24	2.623	2.110	2.417	2.768	513	596	627
2015*10	25	3.364	2.407	2.488	2.754	1.086	610	626
2015*11	26	3.470	2.615	2.791	2.815	1.382	613	627



**Figura 3.1: Análisis de pronósticos**

Como se puede observar en la Figura 3.1, el método de ajuste exponencial es más estable que el método de medias móviles. De la misma manera se procedió a evaluar el error de pronóstico según la metodología planteada, teniendo como resultado la Tabla 4.

**Tabla 4: Error en el pronóstico**

Error Estandar del Pronóstico	
Empírico	994
Medias Móviles	713
Ajuste exponencial	629

Evaluando el error estándar del pronóstico de cada método se puede concluir que el método de ajuste exponencial posee el menor error de pronóstico por lo cual se debe utilizar dicho método para realizar la proyección del próximo periodo.

En relación con lo antes expuesto se establece un pronóstico para un periodo de doce meses detallado en la Tabla 5:

**Tabla 5: Proyección de Ventas**

Proyección de Ventas	
Perfiles ALC (TOM)	
2015*10	2.727
2015*11	4.096
2015*12	4.093
2016*1	4.089
2016*2	4.085
2016*3	4.082
2016*4	4.079
2016*5	4.077
2016*6	4.074
2016*7	4.072
2016*8	4.070
2016*9	4.068

**Plan de producción**

En consecuencia a las condiciones del centro productivo, se define la estratégica de planificación agregada como estrategia Chase usando la capacidad como variable de control, la capacidad del centro está sincronizada con la demanda variando la fuerza laboral, o la activación de las máquinas que conforman dicho centro. [17]

**Tabla 6: Plan agregado de producción**

Perfiles ALC (TOM)		
Periodo	Proyección de Ventas	Plan Agregado
2015*10	2.727	3.272
2015*11	4.096	4.915
2015*12	4.093	4.911
2016*1	4.089	4.907
2016*2	4.085	4.903
2016*3	4.082	4.899
2016*4	4.079	4.895
2016*5	4.077	4.892
2016*6	4.074	4.889
2016*7	4.072	4.886
2016*8	4.070	4.884
2016*9	4.068	4.882

Definido el plan agregado de producción, el cual se muestra en la Tabla 6, se elaboró el plan detallado o maestro, ver Apéndice F; posteriormente se estimó la venta esperada para los diferentes ítems tipo A de perfiles LC, esto con el objetivo de establecer el requerimiento de materia prima para dichos ítems, cuyos resultados se muestran en la Tabla 7:

**Tabla 7: Plan de requerimiento de materia prima**

Requerimiento MP (TOM)				
Periodo	MP4	MP5	MP9	TOTAL
2015*10	321	1.967	1.311	3.599
2015*11	685	2.693	2.030	5.407
2015*12	684	2.689	2.029	5.402
2016*1	684	2.685	2.028	5.397
2016*2	684	2.681	2.028	5.393
2016*3	684	2.678	2.027	5.389
2016*4	684	2.674	2.027	5.385
2016*5	683	2.672	2.026	5.381
2016*6	683	2.669	2.026	5.378
2016*7	683	2.667	2.025	5.375
2016*8	683	2.665	2.025	5.372
2016*9	683	2.663	2.024	5.370
<b>Total</b>	7.842	31.402	23.605	62.848
<b>Promedio mes</b>	653	2.617	1.967	5.237

### Plan de compras de MP

Continuando el análisis, y considerando que los tiempos de llegada de la materia prima mayor a 3 meses, se procedió a fijar el plan de producción agregado con lo cual el requerimiento de materia prima será determinístico con incertidumbre

Se realizó una evaluación de los métodos de compras citados en el capítulo dos; los cuales se muestran en los Apéndices G, H e I.

**Tabla 8: Comparación de modelos de inventarios**

Requerimiento MP (TOM)				
Periodo	#	MP4	MP5	MP9
2015*10	1	321	1.967	1.311
2015*11	2	685	2.693	2.030
2015*12	3	684	2.689	2.029
2016*1	4	684	2.685	2.028
2016*2	5	684	2.681	2.028
2016*3	6	684	2.678	2.027
2016*4	7	684	2.674	2.027
2016*5	8	683	2.672	2.026
2016*6	9	683	2.669	2.026
2016*7	10	683	2.667	2.025
2016*8	11	683	2.665	2.025
2016*9	12	683	2.663	2.024
<b>Total</b>		7.842	31.402	23.605

**EOQ**

<b>No. Pedidos</b>	12	12	12	
<b>Costo Total</b>	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 11.700,00

**SS**

<b>No. Pedidos</b>	12	12	12	
<b>Costo Total</b>	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 11.700,00

**WW**

<b>No. Pedidos</b>	12	12	12	
<b>Costo Total</b>	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 3.900,00	\$ 11.700,00

Evaluando los costos incurridos en el manejo de inventarios, no se obtuvo una diferencia entre los modelos y esto ocurre debido al costo de mantenimiento de inventario es más alto el ahorro obtenido por el costo de ordenar un pedido, lo cual se muestra en la Tabla 8.

Adicional, se debe establecer un stock de seguridad que permita sostener los requerimientos sin caer en quiebres de stock

**Stock de seguridad**

En el caso de estudio, la demanda pese a que puede presentar variación, está cubierta con un porcentaje establecido previamente en el momento de definir el plan agregado de producción; con ello el requerimiento de materias primas pasa a ser fijo, dejando así la demanda promedio y la desviación del tiempo de entrega del proveedor como variables efectivas para el cálculo del inventario de seguridad, adicional se consideró que el nivel de cobertura deseado es del 95% dándonos como resultado un stock de seguridad de 3635 Ton, como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9: Stocks de seguridad**

<b>Demanda Proyectada (TOM)</b>				
<b>Periodo</b>	<b>#</b>	<b>MP4</b>	<b>MP5</b>	<b>MP9</b>
2015*10	1	243	1.490	993
2015*11	2	519	2.040	1.538
2015*12	3	519	2.037	1.537
2016*1	4	518	2.034	1.537
2016*2	5	518	2.031	1.536
2016*3	6	518	2.028	1.536
2016*4	7	518	2.026	1.535
2016*5	8	518	2.024	1.535
2016*6	9	518	2.022	1.535
2016*7	10	517	2.020	1.534
2016*8	11	517	2.019	1.534
2016*9	12	517	2.018	1.533
<b>Total</b>		<b>5.941</b>	<b>23.789</b>	<b>17.883</b>

Demanda por periodo (TOM/mes)	495	1.982	1.490
Desviacion del tiempo de entrega (mes)	0,557	0,557	0,557
SIG	276	1.104	830
NC (95%)	1,645	1,645	1,645

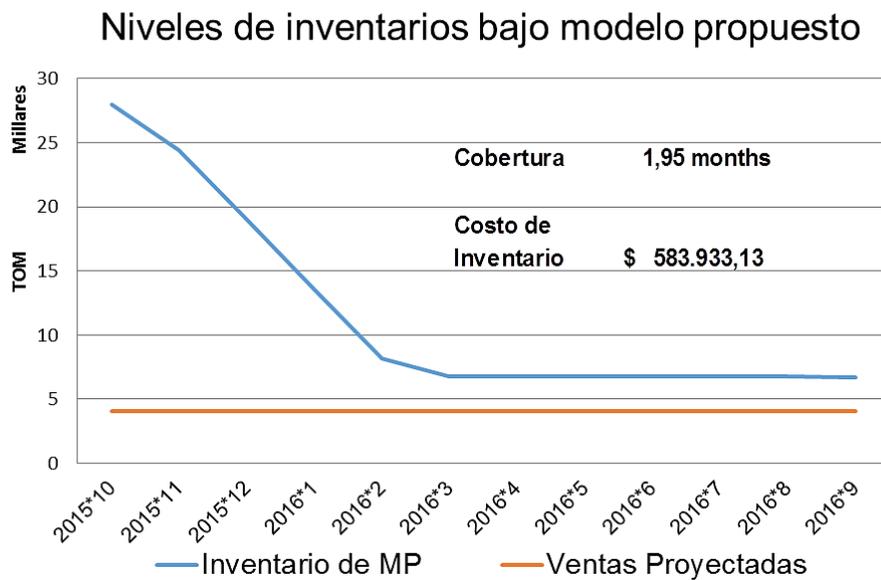
<b>Inventario de Seguridad (TOM)</b>	<b>454</b>	<b>1.816</b>	<b>1.365</b>
--------------------------------------	------------	--------------	--------------

**Política de Inventario**

Finalmente, con la información obtenida del análisis se mostró que se debe realizar órdenes de compra mensuales en cantidades que permitan satisfacer el requerimiento de dicho periodo y mantener el inventario de seguridad definido en la sección anterior.

### Prueba de la solución

Después de determinar el modelo de manejo de inventarios que mejor se ajustó al comportamiento de la empresa de estudio, se procedió a evaluar dicho modelo utilizando una simulación tipo Montecarlo. En la simulación se observó el comportamiento del indicador de éxito del proyecto dando como resultado una reducción en los niveles de inventario de materia prima, como se muestra en la Figura 3.2.



**Figura 3.2: Niveles de inventarios bajo modelo propuesto**

En los cálculos realizados del indicador de éxito, ver Apéndice J, la cobertura descendió a 1.95 meses, lo cual es inferior al objetivo de la empresa; adicional se evaluó el porcentaje de seguridad establecido en el plan agregado de producción, y se obtuvo como resultado que puede bajar en un 5%; sin embargo amerita realizar un cálculo para establecer un valor en nominal.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. Utilizando el nuevo modelo de abastecimiento de materia prima se redujo el nivel de inventario existente llegando a una cobertura de 1.95 meses para los productos tipo A de la familia de perfiles estándar LC, manteniendo el nivel de servicio del 95%.
2. Se determinó que el método de ajuste exponencial es el más adecuado para la proyección de demanda, ya que tuvo un error de pronóstico menor al método de medias móviles y al método actual de la empresa objeto de estudio.
3. Se evidencio que la estrategia de planificación de la producción es de tipo Chase, debido a la capacidad del centro productivo para alinear su capacidad de producción con la demanda.
4. Debido al alto costo de mantenimiento de inventario los modelos de abastecimiento tienden a realizar compras mensuales por lo cual no se observa diferencia entre los modelos analizados.
5. El modelo debe ser actualizado constantemente por lo cual se definió un procedimiento de control que se puede observar en el capítulo dos.

### Recomendaciones

1. Expandir el análisis al resto de las familias de materia prima para obtener una estrategia integral y de mayor impacto en las bodegas.
2. Desarrollar un plan de trabajo con el proveedor que permita reducir el tiempo de entrega y la variación del mismo, lo cual contribuirá a la reducción de los stocks de seguridad
3. Elaborar un estudio de capacidad de las bodegas en función de la demanda que maneja la empresa, con el fin de realizar una reingeniería que permita aprovechar los espacios de dichas bodegas con otros materiales.

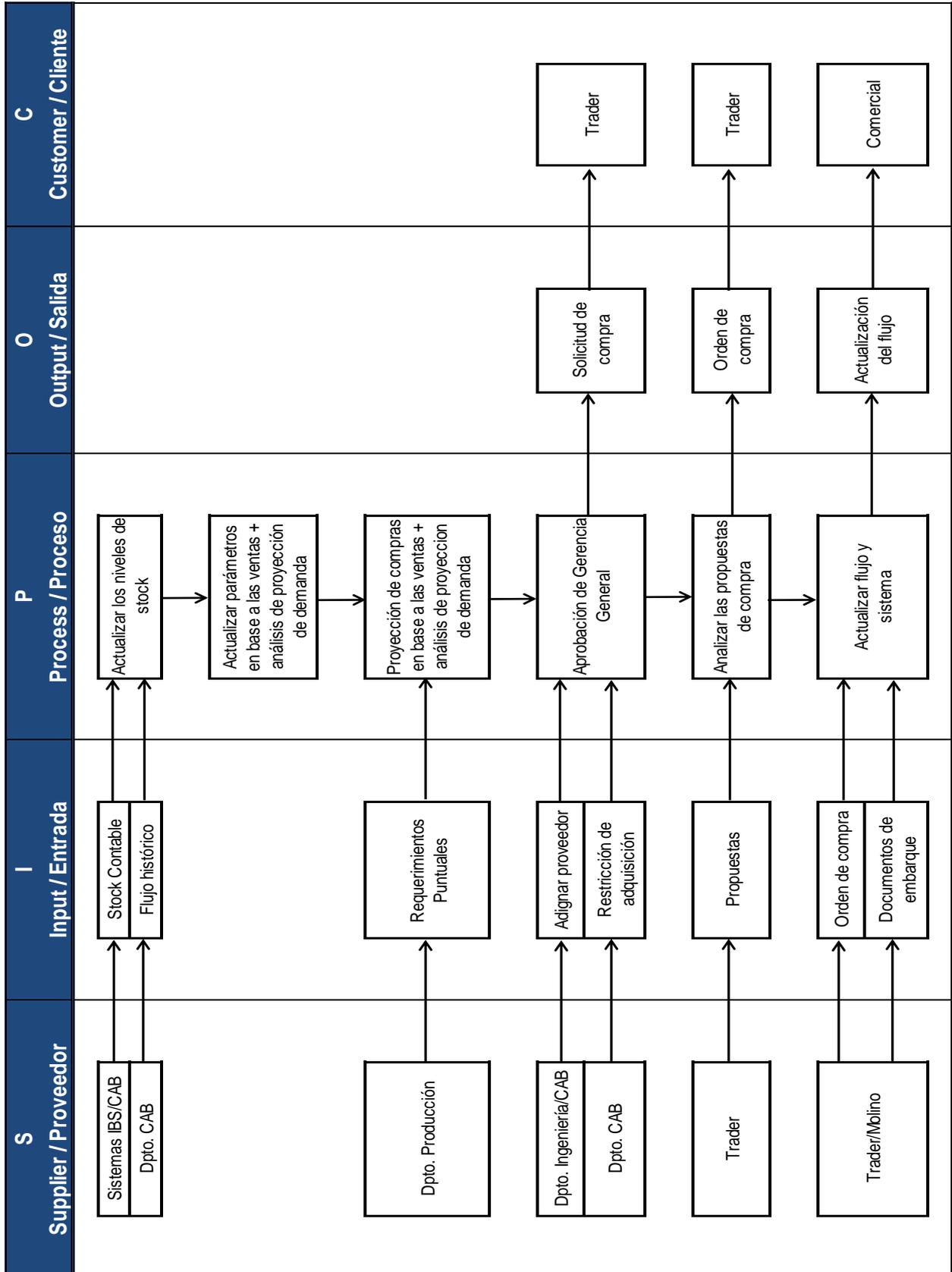
# BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Tovar y A. Mota, "Procesos" en CPIMC: Un modelo de administración por procesos, primera edición, Editorial Panorama, 2007, pp. 38 – 41.
- [2] M. Torres, "Stock, Teoría" en Gestión de Stock, segunda edición, Ediciones Díaz de Santos S.A., 2008, pp. 9
- [3] M. Torres, (2006, octubre). Métodos de recolección de datos para una investigación [online]. Disponible en: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_03_BAS01.pdf)
- [4] J. Ocampo y A. Pavón, (2012, Julio). Integrando la metodología DMAIC de seis sigma con la simulación de eventos discretos en Flexsim [online]. Disponible en: <http://www.laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>
- [5] R. B. Chase y F. R. Jacobs, "Calidad Six-Sigma" en Administración de operaciones, décimo tercera edición, McGraw Hill, 2009, pp. 288 – 292.
- [6] L. Cuatrecasas, "Planificación de la producción y gestión de materiales" en Organización de la producción y dirección de operaciones, segunda edición, Ediciones Díaz de Santos SA, 2012, pp. 390 – 392
- [7] T. Crespo y J. García, (1996). Sistemas de planificación y control de la fabricación: Análisis comparativo [online]. Disponible en: <http://www.aedem-virtual.com/articulos/iedee/v02/021101.pdf>
- [8] J. Nicholas, "Elements of Lean Production" en Competitive manufacturing management, primera edición, McGraw Hill, 1998, pp. 270 – 271.
- [9] A. Carreño, "Inventarios" en Logística de la A a la Z, primera edición, Fondo editorial pontificia Universidad Católica del Perú, 2011, pp. 36 – 61.
- [10] R. H. Ballou, "Pronóstico de los requerimientos de la cadena de suministros" en Administración de la cadena de suministros, quinta edición, Pearson Education, 2004, pp. 291–302
- [11] K. Lee, "Planificación agregada" en Administración de operaciones, estrategias y análisis, quinta edición, Pearson Education, 2000, pp. 596 – 604
- [12] J. Izar y H. Méndez, (2013, septiembre). Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo [online]. Disponible en: [http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT\\_13\\_16.pdf](http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_16.pdf)

- [13] J.J. Anaya, "Cálculo de capacidad de almacenamiento requerida" en Almacenes: Análisis, diseño y organización, primera edición, Editorial ESIC, 2008 pp. 169 – 170.
- [14] H. Taha, "Modelado de simulación" en Investigación de operaciones, séptima edición, Pearson Education, 2004, pp. 639 – 640.
- [15] B. Render, "Pronóstico" en Métodos cuantitativos para los negocios, novena edición, Pearson Education, 2004, pp. 156 – 157.
- [16] R. Lester, "La retroalimentación para mejorar la producción: procedimientos básicos" en Control de Calidad y beneficio empresarial, segunda edición, Ediciones Díaz de Santos S.A., 2000, pp. 101
- [17] L. Krajewski y L. Ritzman, "Decisiones de operación" en Administración de operaciones: estrategia y análisis, quinta edición, Pearson Education, 2000, pp. 518 – 519.

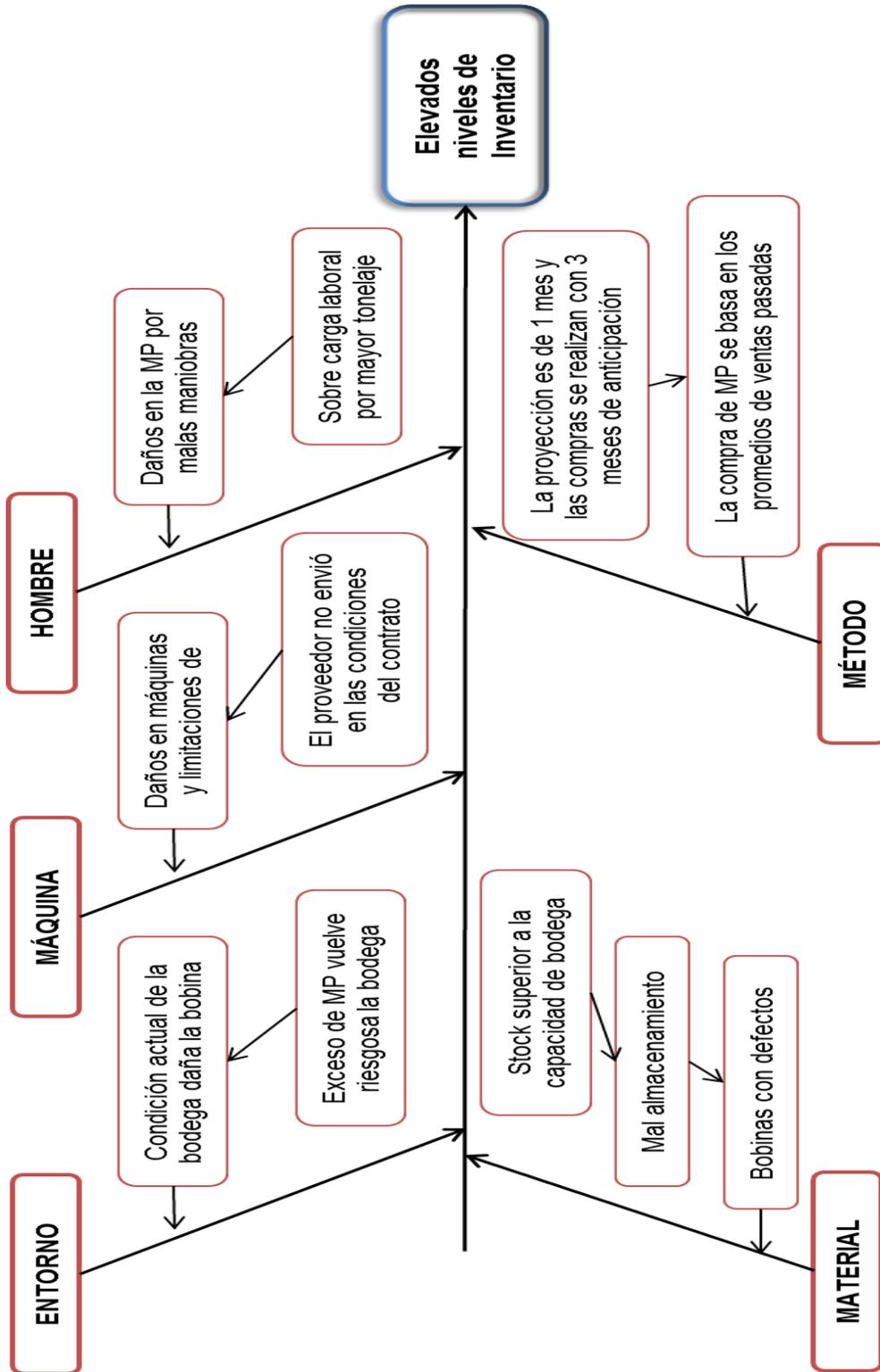
# APÉNDICE A

## DIAGRAMA SIPOC



## APÉNDICE B

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO



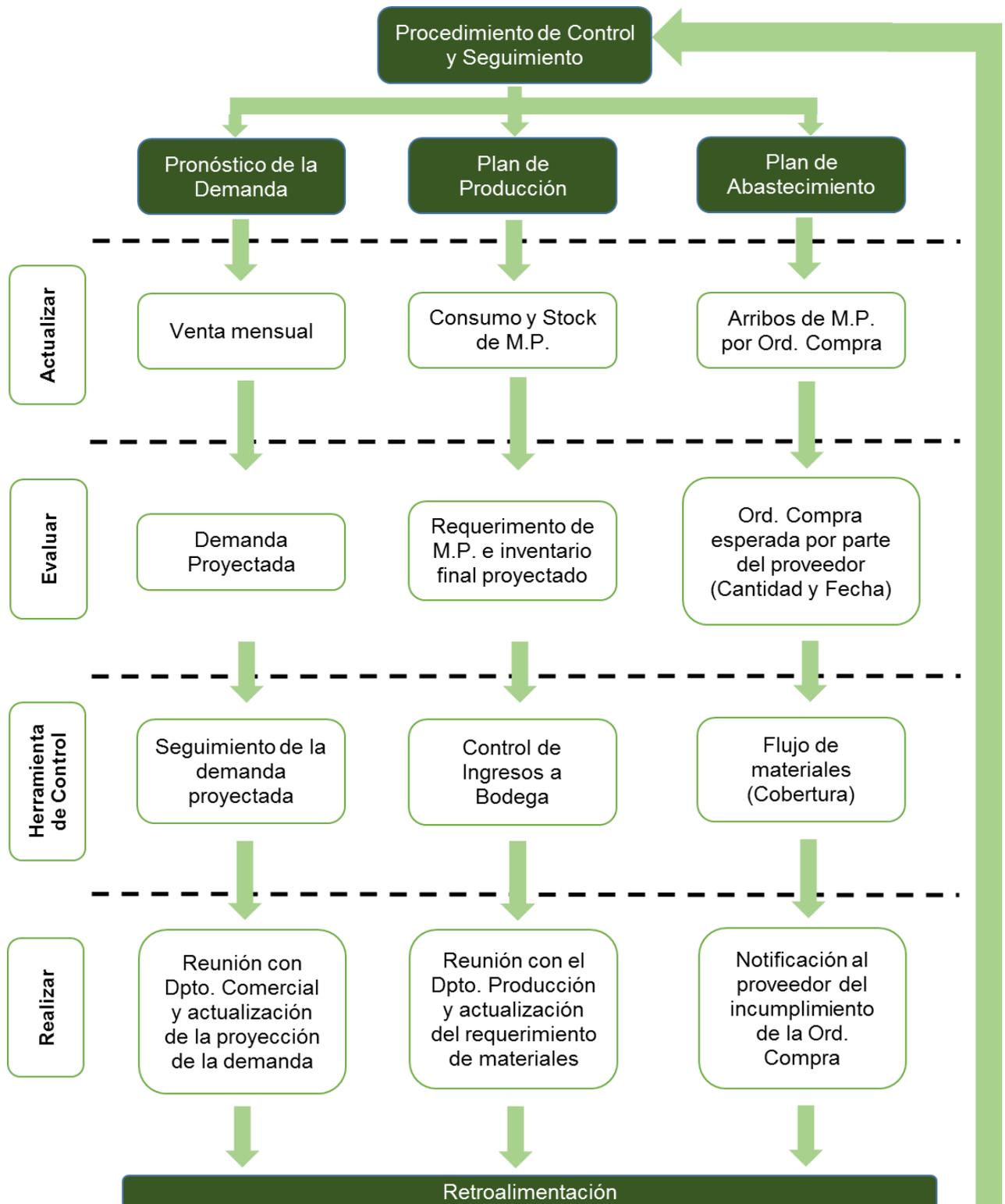
## APÉNDICE C

### VALIDACIÓN DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE MP

Descripción	Si	No	Valor	Observación
Recolección de Información de la demanda actual	x		10	
Validación y corrección de los datos atípicos	x		8	Existe una recolección de información del sistema, pero no se evalúa ni se registra los quiebres de stock
Definición del horizonte de planeación	x		2	El horizonte actual para la proyección es de 1 mes, sin embargo mi tiempo de reposición de la MP es de 4 meses
Reunión de comité de S&OP	x		7	Desde hace varios meses se ha comenzado a establecer reuniones entre comercial, producción y cadena de suministros para revisar el requerimiento proyectado y plan de acción, pero muchas veces las reuniones solo participan dos áreas
Evaluación de Capacidades de Producción	x		10	La proyección es analizada por PRODUCCIÓN y se establece los tiempos y cantidades de reposición del stock para la demanda proyectada
Evaluación de Capacidades de Almacén		x	0	No existe una comunicación del plan de acción hacia los encargados de bodega, esto ocasiona desorden en las bodegas y condiciones inseguras
Elaboración de la Proyección de Demanda	x		2	Esta proyección se está manejando desde el mes de septiembre, anterior a esto se estableció una proyección lineal la cual no guarda relación con el comportamiento de la demanda.
Identificar las excepciones de la proyección por capacidades	x		6	Existe una retroalimentación del plan por parte de producción a comercial, sin embargo no se da el caso en la parte de Almacén y Distribución por la falta de comunicación del plan
Publicación de la proyección	x		2	La proyección es compartida únicamente con el Dpto. PRODUCCIÓN
Elaboración del Plan Agregado de Producción	x		8	El plan de producción no es comunicado al Dpto. Planeación debido a que la filosofía de la empresa ha sido que la MP siempre debe estar disponible
Elaboración del Plan Desagregado de Producción	x		8	El plan de producción no es comunicado al Dpto. Planeación debido a que la filosofía de la empresa ha sido que la MP siempre debe estar disponible
Planificación de los requerimientos de Insumos y MP	x		7	Debido al sesgo de comunicación la planificación del abastecimiento se realiza en base a los consumos históricos (P 3 meses, P 12 meses) sin embargo esto provoca un error debido a que una materia prima puede ser usada en una aplicación para la cual no fue comprada

## APÉNDICE D

### PROCEDIMIENTO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO



## APÉNDICE E

### NIVELES DE INVENTARIO Y PRONÓSTICOS

Periodo	Ventas	Stock MP	Stock PT	Pronóstico	Stock MP (Pronóstico)
2013*10	3.644		4.427		
2013*11	3.292		4.483		
2013*12	3.027		2.700		
2014*1	7.204		6.463		
2014*2	5.511		9.816		
2014*3	2.730		3.777		
2014*4	2.976		4.543		
2014*5	3.000		3.747		
2014*6	3.375		3.449		
2014*7	2.891		5.498		
2014*8	2.176		5.636		
2014*9	3.045		4.342		
2014*10	3.913	3.751	2.669	4.227	10.568
2014*11	2.669	9.734	3.763	3.874	9.685
2014*12	2.767	10.817	6.039	2.960	7.400
2015*1	3.016	8.943	5.337	2.960	7.400
2015*2	2.295	17.495	4.896	2.960	7.400
2015*3	2.461	20.417	4.939	2.960	7.400
2015*4	2.261	15.905	4.633	2.960	7.400
2015*5	2.260	21.499	4.938	2.960	7.400
2015*6	2.385	17.641	4.525	2.960	7.400
2015*7	2.439	23.876	3.725	2.960	7.400
2015*8	2.367	26.822	3.463	2.960	7.400
2015*9	2.596	28.000	3.312	2.960	7.400
<b>Promedio P12</b>	2.619	17.075	4.353	3.142	7.854

# APÉNDICE F

## PLAN DE PRODUCCIÓN Y REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Proyeccion de Ventas		2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
Perfiles AA LC (Toneladas)		2.727	4.096	4.093	4.089	4.085	4.082	4.079	4.077	4.074	4.072	4.070	4.068
Plan Agregado		3.272	4.915	4.911	4.907	4.903	4.899	4.895	4.892	4.889	4.886	4.884	4.882
Plan Maestro		2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
M.P.	P.T.												
MP4	B2	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3
MP4	B30	12	17	17	17	17	17	16	16	16	16	16	15
MP4	B40	4	11	11	12	12	13	13	13	14	14	15	15
MP4	D31	79	195	195	194	194	194	194	194	194	194	194	194
MP4	D38	152	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
MP4	D4	39	84	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83
MP5	A11	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3
MP5	A18	28	27	27	27	27	26	26	26	26	25	25	25
MP5	A2	5	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
MP5	A21	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP5	A27	32	33	33	33	32	32	32	32	32	32	32	32
MP5	A33	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP5	A6	8	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1
MP5	B11	14	5	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0
MP5	B15	24	19	19	18	18	18	17	17	16	16	15	15
MP5	B23	15	16	15	15	15	15	14	14	14	14	13	13
MP5	B27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP5	B3	60	107	107	106	106	106	106	105	105	105	105	105
MP5	B31	28	43	43	43	43	42	42	42	42	41	41	41
MP5	B41	29	50	50	49	49	48	48	48	47	47	46	46
MP5	C2	12	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
MP5	D14	105	144	144	144	144	143	143	143	143	143	143	143
MP5	D18	126	182	182	182	182	181	181	181	181	181	181	181
MP5	D25	52	72	72	71	71	71	71	71	70	70	70	70
MP5	D32	261	343	343	343	343	342	342	342	342	342	342	342
MP5	D39	569	802	802	802	802	802	802	802	802	802	802	802
MP5	D5	337	496	496	496	496	496	495	495	495	495	495	495
MP5	E2	66	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
MP9	A13	18	21	21	21	21	20	20	20	20	20	19	19
MP9	A29	23	17	17	17	16	16	15	15	15	14	14	13
MP9	A35	16	20	20	19	19	19	19	19	18	18	18	18
MP9	A8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP9	B13	29	51	51	51	51	50	50	50	49	49	49	49
MP9	B17	96	165	165	165	165	165	165	164	164	164	164	164
MP9	B25	59	90	90	90	90	90	89	89	89	89	89	88
MP9	B33	10	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4
MP9	B43	20	37	37	37	37	36	36	36	35	35	35	34
MP9	B5	77	125	125	125	125	125	125	125	125	124	124	124
MP9	D15	97	144	144	144	144	143	143	143	143	143	143	143
MP9	D20	258	387	387	387	387	387	387	387	387	387	387	387
MP9	D27	165	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237
MP9	D34	6	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60
MP9	D41	105	139	139	139	138	138	138	138	138	138	138	138
MP9	D7	204	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352	352
MP9	E4	3	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
		3.272	4.915	4.911	4.907	4.903	4.899	4.895	4.892	4.889	4.886	4.884	4.882
Requerimiento MP		2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
MP4		321	685	684	684	684	684	684	683	683	683	683	683
MP5		1.967	2.693	2.689	2.685	2.681	2.678	2.674	2.672	2.669	2.667	2.665	2.663
MP9		1.311	2.030	2.029	2.028	2.028	2.027	2.027	2.026	2.026	2.025	2.025	2.024
		3.599	5.407	5.402	5.397	5.393	5.389	5.385	5.381	5.378	5.375	5.372	5.370

## APÉNDICE G

### MODELO DETERMINISTICO POQ PARA POLÍTICAS DE INVENTARIO

POQ - MP4							
Periodo	#	Requerimiento Proyectado	Orden de Pedido	Inventario Final	Costos de Orden	Costos de Mantener Inv.	Costos Totales
2015*10	1	321	321	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*11	2	685	685	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*12	3	684	684	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*1	4	684	684	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*2	5	684	684	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*3	6	684	684	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*4	7	684	684	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*5	8	683	683	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*6	9	683	683	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*7	10	683	683	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*8	11	683	683	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*9	12	683	683	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
<b>Total</b>							<b>\$ 3.900,00</b>

Precio Unitario		500
costo de orden	K	325
demanda acumulada	D	7841,64522
Costo financiero por año (15%)	h	75
Q*		261
T		0,03328383
T*		0,39940598
T**		0

POQ - MP5							
Periodo	#	Requerimiento Proyectado	Orden de Pedido	Inventario Final	Costos de Orden	Costos de Mantener Inv.	Costos Totales
2015*10	1	1967	1967	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*11	2	2693	2693	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*12	3	2689	2689	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*1	4	2685	2685	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*2	5	2681	2681	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*3	6	2678	2678	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*4	7	2674	2674	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*5	8	2672	2672	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*6	9	2669	2669	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*7	10	2667	2667	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*8	11	2665	2665	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*9	12	2663	2663	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
<b>Total</b>							<b>\$ 3.900,00</b>

Precio Unitario		500
costo de orden	K	325
demanda acumulada	D	31401,505
Costo financiero por año (15%)	h	75
Q*		522
T		0,01662341
T*		0,19948088
T**		0

POQ - MP9							
Periodo	#	Requerimiento Proyectado	Orden de Pedido	Inventario Final	Costos de Orden	Costos de Mantener Inv.	Costos Totales
2015*10	1	1311	1311	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*11	2	2030	2030	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2015*12	3	2029	2029	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*1	4	2028	2028	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*2	5	2028	2028	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*3	6	2027	2027	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*4	7	2027	2027	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*5	8	2026	2026	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*6	9	2026	2026	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*7	10	2025	2025	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*8	11	2025	2025	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
2016*9	12	2024	2024	0	\$ 325,00	\$ -	\$ 325,00
<b>Total</b>							<b>\$ 3.900,00</b>

Precio Unitario		500
costo de orden	K	325
demanda acumulada	D	23605,1512
Costo financiero por año (15%)	h	75
Q*		453
T		0,01919073
T*		0,23028872
T**		0



S-M MPF9														
Periodo	#	Demanda	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015*10	1	1311	\$ 325,00											
2015*11	2	2030	\$ 76.269,01	\$ 325,00										
2015*12	3	2029		\$ 76.269,01	\$ 325,00									
2016*1	4	2028			\$ 76.269,01	\$ 325,00								
2016*2	5	2028				\$ 76.269,01	\$ 325,00							
2016*3	6	2027					\$ 76.269,01	\$ 325,00						
2016*4	7	2027						\$ 76.269,01	\$ 325,00					
2016*5	8	2026							\$ 76.269,01	\$ 325,00				
2016*6	9	2026								\$ 76.269,01	\$ 325,00			
2016*7	10	2025									\$ 76.269,01	\$ 325,00		
2016*8	11	2025										\$ 76.269,01	\$ 325,00	
2016*9	12	2024											\$ 76.269,01	\$ 325,00
<b>Total</b>		23605	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00	\$ 325,00
														<b>\$ 3.900,00</b>

# APÉNDICE I

## MODELO DETERMINISTICO ALGORITMO W-W PARA POLÍTICAS DE INVENTARIO

WW - IMP4												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	\$ 325,00	\$ 4.604,33	\$ 13.160,51	\$ 25.991,02	\$ 43.093,39	\$ 64.465,11	\$ 90.103,69	\$ 120.006,64	\$ 154.171,46	\$ 192.595,66	\$ 235.276,74	\$ 282.212,20
2		\$ 650,00	\$ 4.928,09	\$ 13.481,76	\$ 26.308,54	\$ 43.405,91	\$ 64.771,40	\$ 90.402,50	\$ 120.296,72	\$ 154.451,56	\$ 192.864,53	\$ 235.533,14
3			\$ 975,00	\$ 5.251,84	\$ 13.803,02	\$ 26.625,05	\$ 43.718,44	\$ 65.077,69	\$ 90.701,31	\$ 120.586,79	\$ 154.731,66	\$ 193.133,40
4				\$ 1.300,00	\$ 5.575,59	\$ 14.124,28	\$ 26.943,57	\$ 44.030,97	\$ 65.383,98	\$ 91.000,11	\$ 120.876,87	\$ 155.011,76
5					\$ 1.625,00	\$ 5.899,34	\$ 14.445,54	\$ 27.261,09	\$ 44.343,50	\$ 65.690,27	\$ 91.298,92	\$ 121.166,95
6						\$ 1.950,00	\$ 6.223,10	\$ 14.766,80	\$ 27.578,60	\$ 44.656,02	\$ 65.996,56	\$ 91.597,73
7							\$ 2.275,00	\$ 6.546,85	\$ 15.088,05	\$ 27.896,12	\$ 44.968,55	\$ 66.302,86
8								\$ 2.600,00	\$ 6.870,60	\$ 15.409,31	\$ 28.213,64	\$ 45.281,08
9									\$ 2.925,00	\$ 7.194,36	\$ 15.730,57	\$ 28.531,15
10										\$ 3.250,00	\$ 7.518,11	\$ 16.051,83
11											\$ 3.575,00	\$ 7.841,86
12												\$ 3.900,00
<b>Costo Mínimo</b>	\$ 325,00	\$ 650,00	\$ 975,00	\$ 1.300,00	\$ 1.625,00	\$ 1.950,00	\$ 2.275,00	\$ 2.600,00	\$ 2.925,00	\$ 3.250,00	\$ 3.575,00	\$ 3.900,00
<b># de Orden</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Cantidad (TOM)</b>	321	685	684	684	684	684	684	683	683	683	683	683

WW - MP5												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	\$ 325,00	\$ 17.155,03	\$ 50.763,85	\$ 101.100,22	\$ 168.121,60	\$ 251.795,38	\$ 352.080,37	\$ 468.961,88	\$ 602.407,47	\$ 752.414,56	\$ 918.974,02	\$ 1.102.062,85
2		\$ 650,00	\$ 17.454,41	\$ 51.011,99	\$ 101.278,03	\$ 168.217,05	\$ 251.767,88	\$ 351.972,03	\$ 468.736,91	\$ 602.076,55	\$ 751.980,07	\$ 918.424,46
3			\$ 975,00	\$ 17.753,79	\$ 51.264,48	\$ 101.468,75	\$ 168.325,41	\$ 251.812,20	\$ 351.896,39	\$ 468.568,57	\$ 601.816,15	\$ 751.616,09
4				\$ 1.300,00	\$ 18.055,35	\$ 51.524,66	\$ 101.667,35	\$ 168.456,79	\$ 251.860,28	\$ 351.865,00	\$ 468.456,63	\$ 601.612,14
5					\$ 1.625,00	\$ 18.359,76	\$ 51.788,09	\$ 101.880,16	\$ 168.602,95	\$ 251.940,23	\$ 351.875,91	\$ 468.386,98
6						\$ 1.950,00	\$ 18.664,17	\$ 52.068,88	\$ 102.100,98	\$ 168.770,79	\$ 252.050,53	\$ 351.917,16
7							\$ 2.275,00	\$ 18.972,36	\$ 52.333,75	\$ 102.336,12	\$ 168.959,90	\$ 252.182,10
8								\$ 2.600,00	\$ 19.280,70	\$ 52.615,61	\$ 102.583,45	\$ 169.161,20
9									\$ 2.925,00	\$ 19.592,45	\$ 52.904,35	\$ 102.837,66
10										\$ 3.250,00	\$ 19.905,95	\$ 53.194,82
11											\$ 3.575,00	\$ 20.219,44
12												\$ 3.900,00
<b>Costo Mínimo</b>	\$ 325,00	\$ 650,00	\$ 975,00	\$ 1.300,00	\$ 1.625,00	\$ 1.950,00	\$ 2.275,00	\$ 2.600,00	\$ 2.925,00	\$ 3.250,00	\$ 3.575,00	\$ 3.900,00
<b># de Orden</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Cantidad (TOM)</b>	1967	2693	2689	2685	2681	2678	2674	2672	2669	2667	2665	2663

WW - MP9												
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	\$ 325,00	\$ 13.009,42	\$ 38.371,36	\$ 76.403,91	\$ 127.100,19	\$ 190.453,28	\$ 266.456,30	\$ 355.102,33	\$ 456.384,48	\$ 570.295,85	\$ 696.829,54	\$ 835.978,64
2	\$ 650,00	\$ 13.330,97	\$ 38.686,01	\$ 76.708,21	\$ 127.390,69	\$ 190.726,53	\$ 266.708,85	\$ 355.330,73	\$ 456.585,28	\$ 570.465,60	\$ 696.964,79	\$ 835.978,64
3	\$ 975,00	\$ 13.652,52	\$ 39.000,66	\$ 77.012,51	\$ 127.681,19	\$ 190.999,78	\$ 266.961,40	\$ 355.559,13	\$ 456.786,08	\$ 570.635,35	\$ 696.964,79	\$ 835.978,64
4	\$ 1.300,00	\$ 13.974,07	\$ 39.315,31	\$ 77.316,81	\$ 127.971,69	\$ 191.273,03	\$ 267.213,95	\$ 355.787,53	\$ 456.986,88	\$ 570.819,05	\$ 697.119,05	\$ 836.119,05
5	\$ 1.625,00	\$ 14.295,62	\$ 39.629,96	\$ 77.621,11	\$ 128.262,19	\$ 191.546,28	\$ 267.466,50	\$ 356.015,93	\$ 457.119,05	\$ 570.295,85	\$ 696.829,54	\$ 835.978,64
6	\$ 1.950,00	\$ 14.617,17	\$ 39.944,61	\$ 77.925,41	\$ 128.552,69	\$ 191.819,53	\$ 267.719,05	\$ 356.270,98	\$ 457.370,98	\$ 570.519,05	\$ 697.119,05	\$ 836.119,05
7	\$ 2.275,00	\$ 14.938,72	\$ 40.259,26	\$ 78.229,71	\$ 128.843,19	\$ 192.092,78	\$ 268.015,93	\$ 356.521,92	\$ 457.571,92	\$ 570.719,05	\$ 697.370,98	\$ 836.370,98
8	\$ 2.600,00	\$ 15.260,27	\$ 40.573,91	\$ 78.534,01	\$ 129.133,69	\$ 192.370,98	\$ 268.270,98	\$ 356.771,92	\$ 457.771,92	\$ 570.919,05	\$ 697.571,92	\$ 836.571,92
9	\$ 2.925,00	\$ 15.581,82	\$ 40.888,56	\$ 78.843,19	\$ 129.465,28	\$ 192.657,19	\$ 268.521,92	\$ 357.021,92	\$ 458.021,92	\$ 571.119,05	\$ 697.771,92	\$ 836.771,92
10	\$ 3.250,00	\$ 15.903,37	\$ 41.203,21	\$ 79.152,69	\$ 129.752,69	\$ 192.942,70	\$ 268.771,92	\$ 357.271,92	\$ 458.271,92	\$ 571.319,05	\$ 697.971,92	\$ 836.971,92
11	\$ 3.575,00	\$ 16.224,92	\$ 41.524,70	\$ 79.442,70	\$ 130.038,19	\$ 193.228,69	\$ 269.021,92	\$ 357.521,92	\$ 458.521,92	\$ 571.519,05	\$ 698.171,92	\$ 837.171,92
12	\$ 3.900,00	\$ 16.546,47	\$ 41.846,19	\$ 79.732,19	\$ 130.323,69	\$ 193.513,69	\$ 269.271,92	\$ 357.771,92	\$ 458.771,92	\$ 571.719,05	\$ 698.371,92	\$ 837.371,92
<b>Costo Minimo</b>	\$ 325,00	\$ 650,00	\$ 975,00	\$ 1.300,00	\$ 1.625,00	\$ 1.950,00	\$ 2.275,00	\$ 2.600,00	\$ 2.925,00	\$ 3.250,00	\$ 3.575,00	\$ 3.900,00
<b># de Orden</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Cantidad (TOM)</b>	1311	2030	2029	2028	2028	2027	2027	2026	2026	2025	2025	2024

# APÉNDICE J

## SIMULACIÓN MONTECARLO

<b>MP4</b>	2015*9	2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
Venta Aleatoria		517	518	518	518	518	518	518	518	518	518	518	519
Demanda Proyectada		243	519	519	518	518	518	518	518	518	517	517	517
M.P. Procesada		321	685	684	684	684	684	684	683	683	683	683	683
Inventario M.P.	<b>4159</b>	3.838	3.153	2.469	1.784	1.100	454	454	454	454	454	454	454
Inventario de Seguridad	<b>454</b>	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454	454
Orden de Compra					37	684	683	683	683	683	683		
Costo de Mantenimiento de Inventario MP		\$ 287.836	\$ 236.484	\$ 185.147	\$ 133.825	\$ 82.517	\$ 34.017	\$ 34.017	\$ 34.017	\$ 34.017	\$ 34.017	\$ 34.017	\$ 34.017

**Promedio de Ventas (Aleatorio) 518 TOM**  
**Promedio de Inventarios MP 1.293 TOM**  
**Cobertura esperada 2,50 meses**

**Costos Promedio de Mantenimiento de Inventario \$ 96.993,89**

<b>MP5</b>	2015*9	2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
Venta Aleatoria		2.028	1.490	2.020	2.024	2.028	2.018	2.024	2.019	2.024	2.034	2.019	2.022
Demanda Proyectada		1.490	2.040	2.037	2.034	2.031	2.028	2.026	2.024	2.022	2.020	2.019	2.018
M.P. Procesada		1.967	2.693	2.689	2.685	2.681	2.678	2.674	2.672	2.669	2.667	2.665	2.663
Inventario M.P.	<b>12840</b>	10.873	8.180	5.491	2.807	126	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816
Inventario de Seguridad	<b>1816</b>	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816	1.816
Orden de Compra					4.368	2.674	2.672	2.669	2.667	2.665	2.663		
Costo de Mantenimiento de Inventario MP		\$ 815.475	\$ 613.515	\$ 411.862	\$ 210.517	\$ 9.453	\$ 136.219	\$ 136.219	\$ 136.219	\$ 136.219	\$ 136.219	\$ 136.219	\$ 136.219

**Promedio de Ventas (Aleatorio) 1.979 TOM**  
**Promedio de Inventarios MP 3.349 TOM**  
**Cobertura esperada 1,69 meses**

**Costos Promedio de Mantenimiento de Inventario \$ 251.196,48**

<b>MP9</b>	2015*9	2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
Venta Aleatoria		1.538	1.537	1.536	1.535	1.533	1.536	1.536	993	1.536	1.535	1.536	1.534
Demanda Proyectada		993	1.538	1.537	1.537	1.536	1.536	1.535	1.535	1.535	1.534	1.534	1.533
M.P. Procesada		1.311	2.030	2.029	2.028	2.028	2.027	2.027	2.026	2.026	2.025	2.025	2.024
Inventario M.P.	<b>11001</b>	9.690	7.661	5.632	3.603	1.576	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365
Inventario de Seguridad	<b>1365</b>	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365	1.365
Orden de Compra					1.817	2.027	2.026	2.026	2.025	2.025	2.024		
Costo de Mantenimiento de Inventario MP		\$ 726.767	\$ 574.554	\$ 422.383	\$ 270.253	\$ 118.164	\$ 102.399	\$ 102.399	\$ 102.399	\$ 102.399	\$ 102.399	\$ 102.399	\$ 102.399

**Promedio de Ventas (Aleatorio) 1.490 TOM**  
**Promedio de Inventarios MP 3.143 TOM**  
**Cobertura esperada 2,11 meses**

**Costos Promedio de Mantenimiento de Inventario \$ 235.742,76**

<b>M.P.</b>	2015*9	2015*10	2015*11	2015*12	2016*1	2016*2	2016*3	2016*4	2016*5	2016*6	2016*7	2016*8	2016*9
Ventas		4.083	3.545	4.074	4.076	4.079	4.071	4.077	3.530	4.077	4.086	4.072	4.074
Inventario de MP	<b>28000</b>	24.401	18.994	13.592	8.195	2.802	3.635	3.635	3.635	3.635	3.635	3.635	3.635
Costo de Mantenimiento de Inventario MP		\$ 1.830.078	\$ 1.424.553	\$ 1.019.392	\$ 614.594	\$ 210.134	\$ 272.635	\$ 272.635	\$ 272.635	\$ 272.635	\$ 272.635	\$ 272.635	\$ 272.635

**Ventas promedio 3.987 TOM**  
**Inventario Promedio 7.786 TOM**  
**Cobertura esperada 1,95 months**

**Costos Promedio de Mantenimiento de Inventario \$ 583.933,13**