



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO**



FACULTAD DE ECONOMIA

**“Optimización y análisis estadístico para procesos de suministro
en empresas de Manufactura en México 2017”**

Tesis:

Que para obtener el Título de Licenciado en Actuaría

Presenta:

Joel Delfino Gallegos Valderrabano

Asesor:

M. en E. Juan José Lechuga Arizmendi

Revisores:

M. en C.I. Oswaldo Tapia Reynoso

Dra. En C. Ed. María del Carmen Gómez Chagoya

Agradecimientos.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por darme la valiosa oportunidad de formarme profesionalmente y por ser mi hogar durante 8 maravillosos años.

A todos los maestros que durante mi formación profesional pusieron su granito de arena, dotándome de conocimientos y habilidades para poder poner en alto a la UAEM.

Especialmente a mi familia que gracias a su apoyo y dedicación veo culminado un proyecto de vida.

Dedicatoria

A mi madre, que en todo momento supo inspirarme y fortalecerme, dedico esta tesis a ella que con trabajo y sacrificio, se cumplió el sueño de toda una vida, a ella que siempre supo que decir y como decirlo, a ella que más que con palabras, me enseñó con su ejemplo los valores más importantes de este mundo. Son tan pocas estas líneas y tantas las cosas que agradecer, su gran corazón, su capacidad de entrega pero sobre todo por su ejemplo inquebrantable te amo mama con todo cariño para ti.

A mi padre, que siempre estuvo a mi lado, que me apoyo en los momentos más difíciles, dándome aliento y fuerzas para continuar en cada momento difícil, a el que con tantas frases, abrazos y enojos siempre supo enderezar el camino, a ti padre que vez este logro como uno de los más importantes en nuestras vidas.

A mi familia entera que siempre estuvo conmigo y con mis padres que les alegra tanto como a mi haber cumplido una de mis más importantes metas, a ti Diego y a ti Viridiana que son los siguientes que tienen que marcarse un camino, luchar y conseguirlo.

A todos mis amigos que han estado en las buenas y en las malas a ustedes que a aquí estarán disfrutando junto conmigo este evento.

INDICE.

Introducción.....	6
Capítulo 1 Marco de referencia de la Empresa Manufacturera de envases metálicos	10
1.1 Análisis del Proceso productivo en el sector industrial.....	10
1.2 Historia de la Empresa Manufacturera de envases metálicos.....	11
Misión	12
Visión.....	12
Valores.....	13
1.3 Plantas de Producción	13
Capítulo 2 Análisis de la empresa manufacturera de envases metálicos y planeación del modelo de optimización.....	14
2.1 Planteamiento del Problema	16
2.2 Análisis de Almacenes.....	18
2.2.1 Almacén de Refacciones	19
2.2.2 Almacén de Materia Prima.....	21
2.2.3 Almacén de Producto Terminado	24
Capítulo 3 Desarrollo Teórico del Modelo de optimización en la empresa manufacturera de envases metálicos.....	28
3.1 Marco Teórico.....	28
3.2 Clasificación de Materiales.....	32
3.2.1 Sistema de Clasificación ABC de los inventarios.....	33
3.2.2 Clasificación 1, 2, 3.....	35
3.2.3 Clasificación Alfa, Beta y Gamma.....	35
3.3 Costos de Inventarios.	36
3.4 Costo por Ordenar.	38
3.5 Costo de Almacenamiento	39
3.6 Análisis de Demandas	42

3.7	Análisis de Demanda con ARENA	43
3.8	Modelo del Lote Económico	43
3.9	Calculo de Stocks de Seguridad	47
3.10	MODELO ESTOCÁSTICO DE REVISIÓN CONTINÚA.....	50
3.10.1	DEMANDA CON DISTRIBUCIÓN NORMAL	52
3.10.2	DEMANDA CON DISTRIBUCIÓN GAMMA	53
Capítulo 4 Aplicación del Modelo en la Empresa Manufacturera de envases metálicos.....		54
4.1	Clasificación de Materiales.....	54
4.1.1	Clasificación de materiales en el almacén de Refacciones	54
4.1.2	Clasificación de materiales en el almacén de Materia Prima	59
4.1.3	Clasificación de materiales en el almacén de Producto Terminado.	63
4.2	Análisis de las Demandas	67
4.2.1	Análisis de Demandas del Almacén de Materia Prima.....	67
4.2.2	Análisis de Demandas del Almacén de Producto Terminado.....	69
4.2.3	Análisis de Demandas del Almacén de Refacciones	73
4.3	Análisis de los diferentes costos de la Planta.....	74
4.3.1	Costo por ordenar	74
4.3.2	Costo de Almacenamiento	76
4.3.3	Costo por Déficit	80
4.4	Aplicación del Modelo	80
4.4.1	Almacén de Materia Prima.....	81
4.4.2	Almacén de Producto Terminado.....	84
4.4.3	Almacén de Refacciones	87
Conclusiones		93
Bibliografía.....		95

Introducción

Una empresa o una industria suele tener un inventario razonable de bienes para asegurar el funcionamiento continuo. En forma tradicional se considera a los inventarios como un mal necesario: si son muy pocos, causan costosas interrupciones; si son demasiados equivalen a tener un capital ocioso. El problema del inventario determina la cantidad que equilibra los dos casos extremos.

Toda empresa tiene como principal objetivo obtener ganancias, estas dependen de 3 cosas: los precios de sus productos, el volumen de ventas y la disminución de costos en su proceso productivo.

Actualmente la competencia en todos los ámbitos es bastante fuerte por lo que un incremento en los precios de los productos podría generar pérdida de clientes que a su vez esta generaría disminuciones muy fuertes en los volúmenes de ventas. Por otra parte la disminución de costos en un proceso productivo beneficia de manera directa las ganancias de la empresa, ya que al obtener un menor costo de fabricación de productos, la empresa podría reducir los precios de los productos generando así mayor competitividad y más atracción de clientes mejorando así el volumen de ventas, o viceversa mantener volúmenes de venta constante y precios constantes pero con mayor ganancia ya que la brecha entre el precio de venta y el costo de fabricar dicho producto es mayor.

Uno de los rubros más importantes para la disminución de Costo de una empresa son los inventarios, esto se debe a que el mantener refacciones, materias primas, producto terminado, etc. Implica un costo muy elevado para la empresa tanto en almacenamiento, en espacio donde poder ubicar todos los objetos y lo más importante se tiene mucho dinero parado el cual no genera más ingresos para la planta afectando directamente el flujo de efectivo de una empresa, disminuyendo inversiones y aumentando el capital de trabajo de la misma.

Todas las empresas requieren disminuir estos costos, en especial las empresas de manufactura ya que estas cuentan con una gran cantidad de dinero en activo fijo como

lo es maquinaria, equipos de cómputo, edificio, etc. , aparte de esto cuentan con diferentes almacenes para el cuidado de sus procesos, elaboración de productos y satisfacción de demandas, y lo que se busca es que tenga lo menos invertido en esos almacenes para poder generar mayores ingresos beneficiando el flujo de efectivo en la empresa.

En este trabajo de investigación se pretende realizar un análisis de costos, cantidades y tiempos en los que se tienen que realizar ciertas actividades, o pedir cantidades que no pongan en riesgo la demanda de la empresa y minimicen de la mejor manera los costos de inventarios.

Se requiere analizar la importancia de todos y cada uno de los materiales ya sean: herramientas, materias primas (aluminio, barnices, tintas) y todos los diversos productos que la empresa manufacturera elabora para vender. Al hablar de importancia se tomara en cuenta no solo el valor económico de un artículo o producto, también se tomara en cuenta la trascendencia que tenga dicho material en el proceso productivo, esto se refiere a que tanto afectaría a la planta en el proceso si este material no estuviera o estuviera limitado en su cantidad, al igual con el producto terminado se pretende tener lo menos posible en inventario disminución así los costos del mismo pero sin afectar la demanda, esto se realizara clasificando cada material de acuerdo a su costo e importancia en el proceso. Esta clasificación nos permitirá tomar mejores decisiones al momento de desarrollar el modelo.

Después de la clasificación seguiremos con un análisis de la demanda de todos los materiales tanto de refacciones, materia prima y Producto terminado esto para poder saber su movilidad dentro de la planta en caso de las refacciones y materias primas y fuera de ella en el caso del producto terminado, como podremos ver esto es complicado ya que se debe tomar en cuenta historiales de la planta sobre los consumos de cada material y sobre las demandas de los mismos.

El objetivo de esta tesis es definir los puntos de re-orden y de pedido esto responderá a la pregunta de: ¿cuánto comprar? y ¿cuándo comprar? Sin que se sature de objetos nuestros almacenes pero sin afectar la demanda.

La Información será proporcionada por un histórico que da la empresa manufacturera por lo tanto es bastante confiable los datos a manejar, por otro lado el modelo se validara con modelos matemáticos de Programación no Lineal explicados con claridad en el avance de la tesis, estos tienen como base el que no deben de ocurrir faltantes por lo que la demanda será siempre la base para nuestro estudio.

Todo lo comentado es un reto, debido al número de áreas involucradas en el proceso: ingeniería, cadena de suministro, costos, maquilado, etc., este trabajo se vuelve multidisciplinario y no solo cuenta con el fin de generar ahorros y mejorar el proceso de suministro, también busca que al ser multidisciplinaria cada proceso se pueda nutrir de actividades y experiencias diferentes.

El objetivo general de la tesis es desarrollar una política de Inventarios que se ajuste de la mejor manera a la planta, lo cual conseguirá disminuir los costos en el proceso, dando prioridad a la demanda de cada material, logrando así la implementación y mejora de metodologías para obtener los puntos de reorden y los puntos de pedido.

De este objetivo se desprende la siguiente hipótesis:

Por medio de la Programación no lineal es posible desarrollar una política de Inventarios en la Empresa Manufacturera de envases metálicos que mejore el cálculo de los puntos de reorden, así como los tiempos de pedido de cada material, disminuyendo los costos implicados en el proceso productivo, sin afectar la demanda.

Para lo cual la presente tesis se divide en 4 capítulos, en el capítulo número uno hablamos sobre la empresa manufacturera de envases metálicos a la cual llamaremos “la planta”, un marco de referencia para poner en contexto el tema a desarrollar, hablando así de la historia de la empresa, su estructura, su proceso productivo, los lugares donde producen en el país.

En el segundo capítulo se analiza la situación de la empresa, se estudia su problemática así como los recursos con los que se cuentan para el desarrollo del modelo, todo esto desde cada uno de los almacenes que requieren optimización en el proceso de suministro.

En el tercer capítulo se revisan todas las herramientas analíticas que nos ayudaran a optimizar todo el proceso de suministro, la estadística y la optimización como principales herramientas para entender y explicar todo el proceso, sin dejar de lado el sentido de negocio, la parte fundamental de todo el análisis.

Por último en el cuarto capítulo se aplica el modelo que se planifico y desarrollo en los capítulos anteriores, se miden impactos y se observa la generación de ahorros en cada uno de los almacenes.

Capítulo 1 Marco de referencia de la Empresa

Manufacturera de envases metálicos

1.1 Análisis del Proceso productivo en el sector industrial

El sector industrial es una pieza fundamental para el crecimiento económico del país, por diferentes situaciones: generación de empleo, contribución al PIB, explotación de recursos, etc., por lo que el presente trabajo ayuda a la optimización de costos y procesos de suministro.

El proceso productivo permite transformar los insumos utilizados en productos o servicios, para satisfacer las necesidades de los clientes; por lo que se hace necesario hacer un estudio holístico de los elementos que integran la cadena de valor y demás factores que influyen en el proceso tanto a nivel interno como antes y después de él, hasta la cristalización del bien o servicio, de acuerdo a las especificaciones establecidas, y su posterior venta para llenar las expectativas de los clientes. El proceso productivo debe estar en sintonía con la estructura organizacional y tomar en cuenta tanto su ámbito interno como su entorno. En este marco de referencia, se hace énfasis en la investigación sobre variables fundamentales para el establecimiento de las estrategias de modernización referidas a la planificación de la capacidad, la ubicación y distribución de las instalaciones, la planeación de la producción, diseño del producto y de los procesos, **la gestión de inventarios**, de los recursos humanos y la de los sistemas de información.

En todo proceso productivo el recurso humano juega un papel preponderante como elemento del costo del producto o servicio, y ante el proceso de globalización existe una concepción dinámica del proceso de cambio, en donde la productividad y competitividad dependen en gran medida de la formación y educación del recurso humano

Los constantes cambios en las tecnologías de información han ocasionado gran impacto en las empresas industriales, tanto que han llegado a determinar la ventaja competitiva de muchas, adoptando estrategias soportadas en los sistemas de

información, para afrontar el exigente entorno de la globalización. Es evidente que el avanzado grado de automatización alcanzado, hace que el sistema de información inherente al proceso productivo, represente una herramienta inductora de eficiencia y, por ende, de productividad.

Un sistema de información se refiere a un conjunto de componentes interrelacionados que capturan, almacenan, procesan y distribuyen la información para apoyar la toma de decisiones, el control, el análisis y visión en una institución.

El inventario es la existencia de bienes que se conservan en un lugar y en un momento determinado, por lo tanto la planeación y el control del inventario son variables fundamentales en la gestión del mismo, para elaborar productos de calidad a precios razonables, convirtiéndose en un arma de la competitividad

1.2 Historia de la Empresa Manufacturera de envases metálicos.

En la Empresa Manufacturera se producen envases metálicos y cierres herméticos de diversos tipos, está orientada a desarrollar y abastecer a sus clientes con productos de excelente calidad, mediante un servicio técnico diferenciado, cumpliendo con las regulaciones ecológicas y a un precio competitivo a nivel internacional.

Los productos se dividen en 2 unidades de negocio:

Lata Bebidas

Lata de Aluminio

Tapa de Aluminio (ecológica)

Cierres Herméticos

Hermetapa

Casquillo de Aluminio

Esta Empresa inicia su historia en el año de 1920, cuando un grupo de visionarios sentaron las bases de lo que más tarde sería una empresa de gran tamaño e influencia.

Específicamente, el 30 de marzo de 1920 el trabajo se convierte en actividad regular al ser instalada una línea de fabricación de corcholata para abastecer al departamento de embotellado de una Cervecera.

Fueron 26 personas las que establecieron la piedra angular de aquella incipiente línea de producción que iniciaba operaciones con una troqueladora, en un pequeño espacio no mayor a treinta metros cuadrados.

En el año de 1921 se instituyó ya como empresa independiente.

Gracias a Toluca actualmente es la empresa líder en el mercado de latas de aluminio para bebidas.

Cuenta con un equipo totalmente computarizado para controlar los procesos y cumplir los más estrictos niveles de calidad permitiendo garantizar la hermeticidad del envase.

- **Capacidad anual: 4,900 Millones**

Aceptación del cliente: 99.99%

Misión

Proveer latas y cierres herméticos a la industria de bebidas, generándole ventajas competitivas y agregando valor a nuestros accionistas.

Visión

Ser la empresa líder en el mercado en el que participamos con un crecimiento sostenido.

Obtener la preferencia de los clientes mediante precio competitivo y productos diferenciados a través de la calidad y servicio para el desarrollo y mejoramiento de nuestros productos.

Contar con tecnología de punta, gente altamente competitiva e innovadora y actuar de manera socialmente responsable.

Valores

- Llevar diversión a la vida
- Pasión por la calidad
- Respeto por el individuo, la sociedad y el medio ambiente

1.3 Plantas de Producción

En la actualidad FAMOSA está conformada por 3 plantas productoras:

Planta Monterrey

FAMOSA Planta Monterrey, nuestra oficina matriz, inició sus operaciones en 1921. Está celebrando sus 85 años.

Actualmente en Planta Monterrey se producen los siguientes productos:

- Hermetapa
 - Capacidad anual: 18,000 Millones
 - Aceptación del cliente: 99.95%
- Casquillo de Aluminio
 - Capacidad anual: más de 600 Millones
 - Aceptación del cliente: 100%
- Tapa de Aluminio (ecológica)

- Capacidad anual: más de 4,200 Millones
- Aceptación del cliente: 99.98%

Planta Ensenada y Toluca

La tecnología con la que contamos es resultado de una alianza entre Ball Corporation y Famosa la cual se inició en el año de 1974. Orgullosamente podemos decir que contamos con los más altos indicadores en la industria de envases metálicos:

- Capacidad anual de más de 3,600 Millones
- Aceptación del cliente: 99.7%

Capítulo 2 Análisis de la empresa manufacturera de envases metálicos y planeación del modelo de optimización

Para desarrollar un modelo es necesario, considerar pasos importantes en la ejecución y planeación del mismo:

Planeación del proyecto:

Esta primera fase del modelo se contempla el reconocimiento de las necesidades y los recursos del proyecto a desarrollar. En esta fase se pretende establecer las características del entorno del sistema, así como la definición de ciertos criterios generales que se usarán durante todo el desarrollo del proyecto:

Análisis de factibilidad

El proyecto a desarrollar debe establecer un grado de confiabilidad respecto a la viabilidad operacional y económica sobre su elaboración. De acuerdo a la naturaleza del modelo de software crítico, el análisis de factibilidad permite medir si existen las condiciones para que se pueda desarrollar un sistema que cumpla con los requerimientos del modelo. Como criterios para evaluar la factibilidad del proyecto.

Factibilidad técnica

Estudia si el trabajo para el proyecto puede desarrollarse con el software y el personal existente, o en caso de necesitar nueva tecnología, cuales son las posibilidades de desarrollarla o adquirirla. En el marco del modelo se debe establecer los criterios y restricciones de la definición de sistema crítico para el proyecto.

Factibilidad económica

Investiga si los costos se justifican con los beneficios que se obtienen, o si se ha invertido demasiado, como para no desarrollar el sistema si se considera necesario. También es posible evaluar, hasta que nivel funcional y con qué nivel de confiabilidad se puede desarrollar el sistema, de acuerdo a los recursos disponibles.

Factibilidad operacional

La factibilidad operacional investiga si será utilizado el sistema, si los usuarios usaran el sistema y si éste podrá satisfacer las necesidades reales. Realizar este análisis parece una tarea no muy productiva, ya que se asume existe un problema o falencia. Sin embargo, pueden no existir las condiciones para que el sistema pueda operar en conjunto con los usuarios u otros sistemas como se espera. Si bien esta factibilidad es difícil de detectar en las primeras etapas del proyecto, es aconsejable realizarla.

Recursos y actividades

Se debe realizar una identificación de recursos disponibles para el proyecto, según:
Tiempo: asociado a la elaboración de un cronograma, indica los plazos y metas a alcanzar en periodos de tiempo establecidos.

Personal

Tanto en disponibilidad física y motivación del recurso humano, así como la capacidad técnica para elaborar el producto.

Información

Disponibilidad de acceso a la información y procesos asociados al sistema. Incluye formatos, protocolos, estándares internos, entre otros.

Tecnología

Disponibilidad de equipos, software y comunicaciones, de acuerdo a las posibilidades económicas del proyecto.

Economía

Como valor nominal para indicar costos del proyecto. No es un criterio de interés para el modelo.

2.1 Planteamiento del Problema

Uno de los rubros más importantes para la disminución de costo de una empresa son los inventarios, esto se debe a que el mantener refacciones, materias primas, producto terminado, etc. Implica un costo muy elevado tan solo el inventario de refacciones en la Empresa Manufacturera implica alrededor de un 23% del capital de trabajo que se encuentra en la planta, alrededor de 32 millones de pesos que se encuentran en este almacén, materias primas y aluminio en la planta tienen un aproximado de 7 días de inventario de materia prima y 9 días de inventario de producto terminado, esta información es obtenida de las cuentas de capital de trabajo de la planta la cual se revisara de manera más formal en la tesis, esto es un gran costo para la empresa tanto en almacenamiento, en espacio donde poder ubicar todos los objetos y lo más importante se tiene mucho dinero parado el cual no genera más ingresos para la planta afectando directamente el flujo de efectivo de la empresa, disminuyendo inversiones.

El estudio se realizará en una empresa dedicada a la producción de latas de aluminio para bebidas en diferentes presentaciones, la cual cuenta con diversas áreas de producción, como lo son: decorado, paletizadores, formación, briqueteadoras, entre otras, a la vez cuenta con 3 almacenes para toda la planta: el almacén de refacciones el cual se encuentra para dar herramientas, maquinaria y accesorios para las líneas de producción, este almacén se usa para poder dar mantenimientos tanto preventivos como correctivos, solo que el uso de estos almacenes y el cambio de herramental y el

desarrollo de nuevas estrategias de producción han ido incrementando de manera gradual el inventario de refacciones, por otra parte se encuentra el almacén de materia prima, este es una compilación de toda la materia prima utilizada en el proceso y se requiere el almacén ya que los proveedores dan cierta cantidad de materia prima o por negociaciones se pueden conseguir cantidades altas a un menor precio como es el caso del aluminio, barnices y tintas, los cuales son materias primas sumamente importantes en el proceso, por último se tiene el inventario de producto terminado, este almacena todas las latas ya aprobadas y listas para embarcarse a los distintos puntos del país o del continente, los trailers llegan en diferentes horarios y para diferentes clientes, el principal factor por el cual ha crecido este almacén es por la producción excesiva de cierto tipo de producto es decir, existen productos de alto movimiento que los clientes piden con mucha frecuencia pero como están sujetos a cambio de diseño o a nuevos requerimientos del cliente muchas veces se genera inventario que ya no se vende o que tarde en venderse.

En el almacén de refacciones el encargado de determinar las cantidades de pedido son los ingenieros que ocupan cada máquina o material en ese almacén, toman un historial de la demanda de refacciones y en base a ella y a su criterio definen que cantidad debe haber en existencia, de la misma forma ocurre con las materias primas. En producto terminado se determina en base a la demanda, es decir a lo que pide el cliente, cada semana se habla con los clientes con los que ya se tiene contrato y piden cierta cantidad de producto el encargado de la producción determina en base a la capacidad de las líneas y en base a su historial de demanda lo que se va a producir determinando también los días y montos de inventario.

En base a lo anterior el estudio se realizara en los tres almacenes con información tanto de ellos como del área de costos teniendo información tanto de las demandas de los materiales y de los costos implicados tanto en el proceso productivo como en el costo de almacenaje.

El problema surge porque se considera que la empresa tiene montos muy elevados en los inventarios, es decir se tiene mucho dinero parado lo cual afecta directamente al flujo de efectivo de la empresa.

El problema se encuentra en que no hay un modelo o análisis a fondo para determinar los puntos de reorden ni las fechas en que se pedirán los materiales, basado en lo anterior se tiene la sospecha de que los niveles de inventario pueden disminuir ya que el proceso actual no considera ningún tipo de costo, y no se sigue un análisis más detallado de las demandas, para poder calcular los puntos de reorden.

A continuación se ejemplificara como se está calculando los puntos de reorden en cada almacén, que metodología utilizan y como se ha comportado los costos y existencias de los materiales en los últimos periodos.

2.2 Análisis de Almacenes

La Gestión de Almacenes e Inventarios adquieren una gran importancia dentro de la red logística ya que constituyen decisiones claves que definen en gran medida la estructura de los costos-servicio del sistema logístico de una empresa.

Es una herramienta que sirve para mejorar la coordinación demanda-suministro, la reducción de los costos de almacenamiento redundará de inmediato en un aumento de los beneficios de la empresa y del consumidor final.

¿Por qué es tan pertinente el proceso de almacenamientos en los almacenes?:

Permiten una mejor organización en la distribución de las mercancías, posibilitan una correcta conservación de los productos, posibilitan una utilización racional de la técnica (con la concentración de los almacenes), en algunos casos son parte del proceso productivo (para el añejamiento de bebidas), existen aspectos fundamentales por las que una compañía realiza actividades de almacenamiento:

Reducción de los costos de transporte-producción: Se compensa con la disminución de los proceso de producción y distribución (transporte), coordinación entre el suministro y

la demanda: Coordinar de forma precisa la demanda y el suministro en el uso de almacenes.

La investigación se desarrollara en 3 lugares principales de la planta, el almacén de refacciones, materia prima y producto terminado, se analizara los materiales de cada almacén así como la demanda de cada uno de los mismos esto con las técnicas ya mencionadas en el capítulo anterior.

Se mencionara de manera rápida la forma en la que funciona la política de inventarios actual, para tener un punto de partida, así como otras características importantes en cada almacén (monto total de almacén, número de materiales, etc.)

Se obtendrán los costos más importantes ya sea en el proceso de pedir una orden o de producción, esto es para obtener un costo por ordenar o producir, y se integrara el costo por almacenar en cada uno de los almacenes.

Por último se desarrollara un modelo para cada almacén que nos ayude a tener la mejor política de inventarios.

Toda la información necesaria referente a los costos de ordenar, producción, obsolescencia, gastos administrativos, demandas, etc. Se obtendrán de SAP el cual es el ERP (Planificación de Recursos de la Empresa).

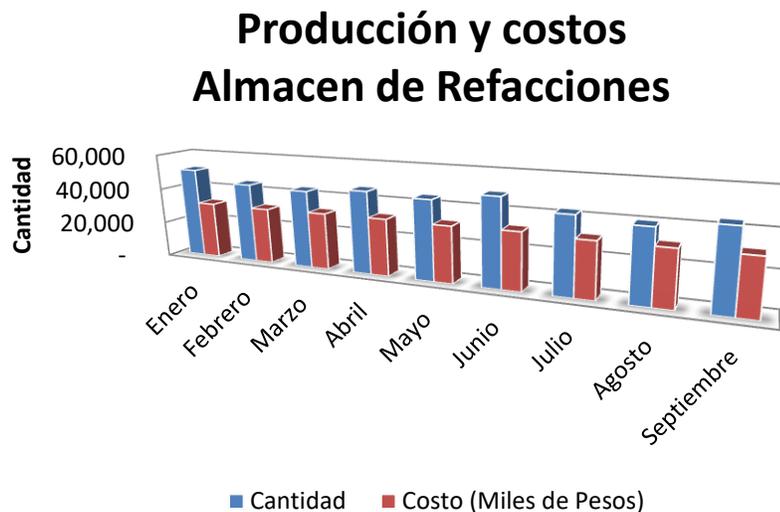
Aparte de esto se realizara un trabajo multidisciplinario, ya que se contara con la participación de varias áreas de la empresa para poder definir: importancia de materiales, costos involucrados en el proceso y análisis de demandas.

2.2.1 Almacén de Refacciones

Este será el primer almacén a estudiar, haciendo análisis de algunos datos del mismo almacén en donde nos muestre como se ha comportado el monto tanto en materiales como en pesos de este almacén, así como la política de inventarios en la que se basan en este momento.

El almacén de refacciones cuenta actualmente con \$30, 648,894.24 solo en refacciones como podemos ver es un monto gigantesco, todo esto está integrado por un número altísimo de materiales, 43573 piezas exactamente. A continuación se mostrara una gráfica de como se ha movido tanto el número de materiales, tanto el dinero que se tiene en el almacén de refacciones en miles de pesos.

Grafica 2.1: Producción y Costo del Almacén de refacciones en la empresa Manufacturera de envases metálicos



Fuente: Elaboración Propia con base a datos obtenidos de la empresa

En esta grafica podemos ver el comportamiento a lo largo de todo el año, tanto de la cantidad de piezas en existencia como del costo (en miles de pesos) del valor del almacén, esto nos proporciona un excelente punto de partido ya que podemos ver como la cantidad de materiales se ha comportado al igual que el monto en almacén.

El área de refacciones para obtener los puntos de reorden se basa en el histórico de la demanda de un año atrás es decir para calcular el histórico de la demanda del 2013 y como se va a comportar los puntos de reorden del 2013, analizan las demandas del 2012, tomando el mínimo y el máximo mensual, en base a estos dos datos, el ingeniero que utiliza o que tiene control sobre la refacción o material en cuestión define el punto de reorden en base a su criterio.

Como podemos notar no se tienen contemplados costos y un análisis un poco más amplio de la demanda, por lo cual es necesario realizar un estudio sobre ambos aspectos en subcapítulos posteriores.

La dirección de finanzas de la planta, considera que este almacén debe bajar de una manera considerable todo el dinero que tiene parado en el almacén, lo cual ayudaría bastante al flujo de efectivo de la empresa.

En el año 2012 el inventario de Refacciones mantenía en promedio de dinero invertido 32.3 millones de pesos lo cual es 1. 6 millones de pesos más que en este año a pesar de esa disminución se siguen considerando como muy alto.

Al no tener un control de la demanda de varios años, ni la necesidad de la planta en base a estos materiales no se tiene un aproximado de los días de inventario que tiene este almacén, a diferencia de los otros dos que si se tiene un exacto de los días de inventarios.

El espacio con el que cuenta la planta para este almacén es suficiente y no es necesario reducirlo, por lo que no cuenta con ningún tipo de restricción en cuestión de capacidad de almacén, de la misma forma tampoco existiría alguna restricción de producción o demanda todo el análisis giraría en base a los análisis de costos y demandas para poder saber qué modelo aplicar.

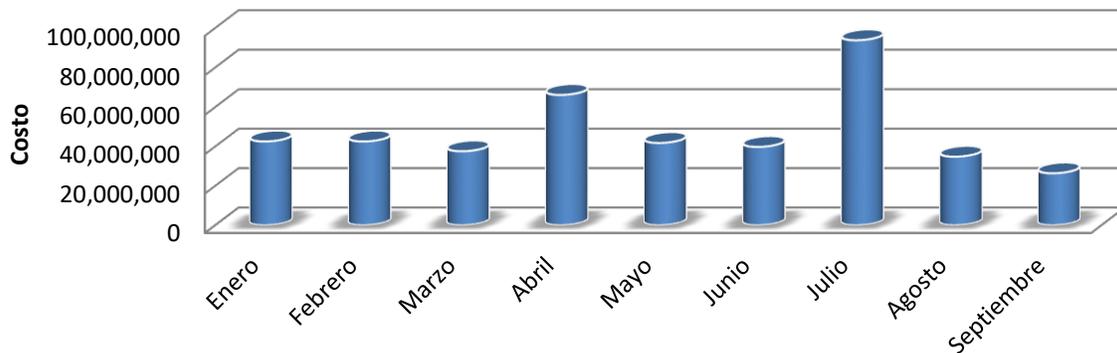
2.2.2 Almacén de Materia Prima

El almacén de materia prima, resguarda todos aquellos materiales que intervienen en la creación del producto o que son parte de él, mientras que el almacén de refacciones tiene todas las herramientas necesarias para poder dar mantenimiento tanto correctivo como preventivo a las máquinas para su buen funcionamiento, el almacén de materia prima tiene el aluminio para poder fabricar las latas el barniz que usa el proceso, las tintas que necesita cada lata, etc.

El almacén de materia prima cuenta en promedio en este año con \$47,317,407.57 invertidos en materia prima cantidad muy alta, se habló de un promedio ya que el almacén de materia prima es muy variable en su costo, esto podría ser a causa de dos cosas una demanda muy variable o la otra que quizás sea la más probable una mala administración de inventarios, a continuación se verá una pequeña grafica de cómo se comporta el valor de este almacén a lo largo del 2013, cabe decir que no se hablara al menos por el momento de cantidades ya que son muchas las materias primas y a diferencia del almacén de refacciones que una gran mayoría se miden en piezas, en el almacén de materia prima, esto es muy variable ya que pueden ser libras, litros, metros cúbicos, etc.

Grafica 2.2: Costo del Almacén de Materia Prima en la empresa Manufacturera de envases metálicos

Costo del Almacén de Materia Prima en la empresa manufacturera



Fuente: Elaboración Propia con base a datos obtenidos de la empresa

Como podemos ver la cantidad en dinero del almacén de materia prima es bastante variable, los picos en julio y abril, nos indican una mala administración de la política de inventarios, ya que una buena administración nos indica el traspasar los costos de almacenamiento a los proveedores lo más posible para que la empresa tenga más flujo hasta que se ocupe el material.

El cálculo de los puntos de reorden es un poco diferente al de refacciones, de la misma manera se toma un historial de lo que se consume en un mes de cualquier materia prima y aquí se toma el mínimo como el punto de reorden solo que en base a como se

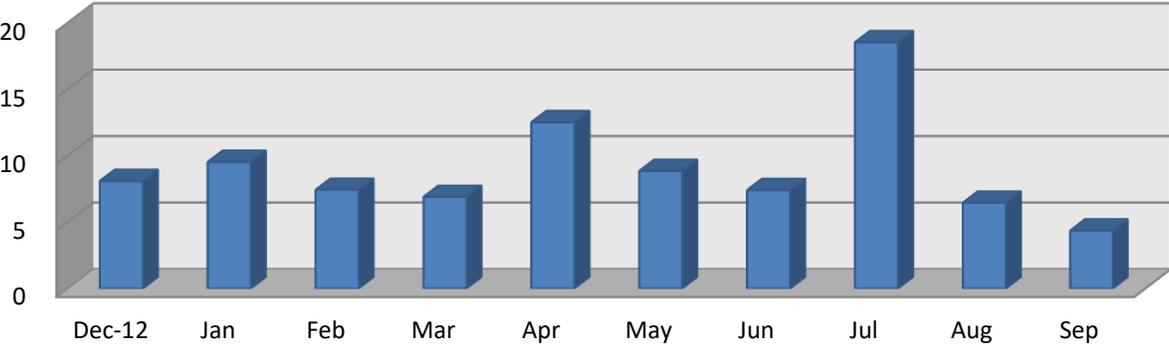
vayan dando las demandas el jefe del almacén puede pedir o dejar más materia prima en el almacén, ya que no se puede quedar en ceros ningún material.

En el año 2012 se mantuvo en promedio alrededor de 46.6 millones de pesos invertidos en este almacén, si comparamos el año 2012 con lo que se lleva en promedio en este año la diferencia es de 2.5 millones, es una cifra buena pero al igual que en el área de refacciones se requiere disminuir aún más esta cifra.

Lo que se tiene en inventario, en este momento son alrededor de 4 días pero en el mes de agosto se llevó a tener 19 días de inventario, a continuación se presenta una gráfica la cual indica cómo se han comportado los días de inventario en la planta en este almacén.

Grafica 2.3: Días de Inventario en el Almacén de Materia Prima en la empresa Manufacturera de envases metálicos

Días de Inventario en el almacen de Materia Prima de la empresa manufacturera



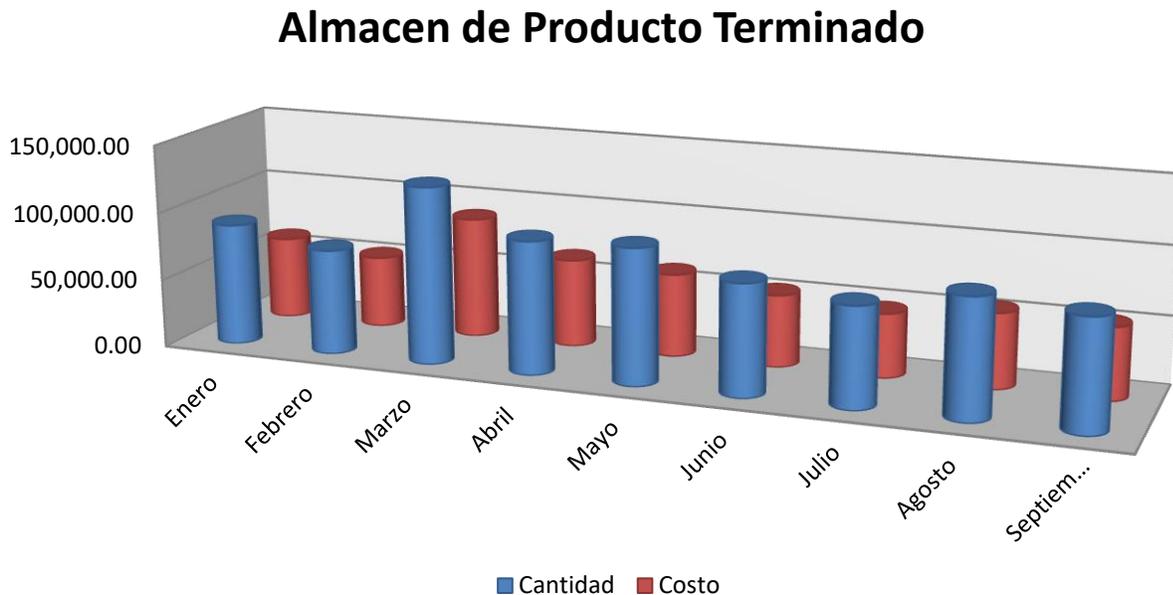
Fuente: Elaboración Propia con base a datos obtenidos de la empresa

Al igual que el inventario de Refacciones el lugar con el que cuenta la planta es suficiente así que no tendríamos ninguna restricción de espacio, de la misma forma por los contratos que se tienen con los proveedores, el tiempo de caducidad de cada producto no es un factor que implique restricción ya que en caso de caducidad en el producto (lo cual por ser herramientas no ocurre con frecuencia) el proveedor se hace cargo para cambio de producto por uno igual.

2.2.3 Almacén de Producto Terminado

Como lo dice su nombre este almacén esta para guardar todos los productos que ya han salido del proceso, que ya están listos para irse al cliente, a lo largo del proceso de la fabricación de la lata se acomodan en camas de 389 latas cada cama que a su vez se acomodan en pallets desde 16 hasta 22 camas dependiendo las necesidades del cliente, todo es producto está clasificado primero por su diseño como ya comentamos en la tesis, son dos diseños 12 y 16 oz, después de esta clasificación, se acomodan de acuerdo a la marca de cada lata.

Grafica 2.4: Producción y costos en el Almacén de Producto terminado en la empresa Manufacturera de envases metálicos



Fuente: Elaboración Propia con base a datos obtenidos de la empresa

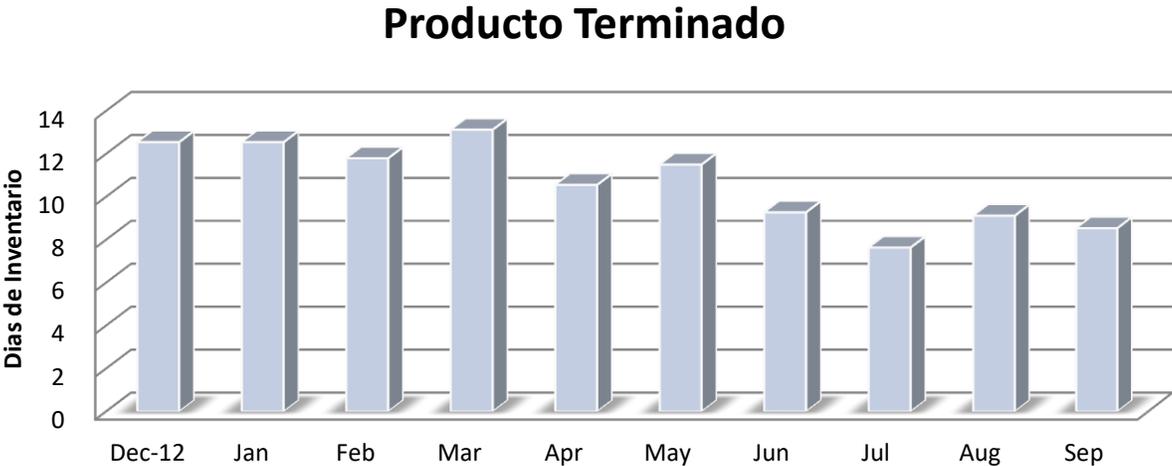
Esto grafica la cantidad a producir en miles de latas y el valor del almacén en miles de pesos, como podemos ver este almacén cuenta también con cambios drásticos entre las cantidades y los costos, esto derivado de la demanda de cada material que se comporta de manera dinámica.

Durante el 2012 el promedio de valor del almacén de producto terminado fue de 63.3 millones de pesos 4.3 millones de pesos menos que este año, esto debido a una

reducción en la demanda de la planta de 46.4 millones de latas aproximadamente, así que el monto del valor del almacén de producto terminado sigue siendo muy alto.

Al igual que en el inventario de materias primas se tienen los datos de los días de inventario que se tienen en este almacén, a continuación se presenta una gráfica que nos proporciona información sobre los días de inventario y su comportamiento a lo largo de este año.

Grafica 2.5: Días de inventario en el Almacén de Producto terminado en la empresa Manufacturera de envases metálicos



Fuente: Elaboración Propia con base a datos obtenidos de la empresa

La grafica anterior describe el número de días de inventario por mes para abastecer toda la demanda de producto terminado

La forma de obtener las cantidades a producir suelen ser un poco más compleja que la de los almacenes anteriores debido a la naturaleza de la demanda, esta es dinámica, y se tienen que tomar en cuenta restricciones propias de la línea es decir los costos en los que se incurre cada que se programa un nuevo diseño, es decir un nuevo producto, o cada que se realiza un cambio de tamaño del producto de 12 a 16 oz se incurren en costos, por lo que se tiene que cuidar que toda la demanda sea cubierta y que se programen los menores cambios de línea cubiertos, y a su vez mantener un inventario bajo.

Platicando con el área de planeación de la empresa manufacturera el procedimiento para saber cuándo y que producir:

1.-El cliente se contacta con el planeador de la empresa semana con semana para decirle la cantidad de latas que requiere, el cliente especifica: diseño, tamaño, lugar donde se recibirá y hora a la que debe llegar el producto.

2.-El planeador, en base al control del inventario que se tiene en el almacén de Producto terminado en base a este stock decide que cantidad produce.

3.-En base a las demandas que le solicitan y el stock que se encuentra en el inventario el decide cuanto se va a producir.

4.-Se tiene que considerar capacidades de línea, mantenimientos, cambios entre diseño y tamaño, hora de llegada de los remolques, estabilidad en las líneas, horas de transporte con el producto entre otros.

5.-Tambien el planeador cuenta con una serie de pronósticos también de sus clientes de sus posibles requerimientos. Por lo que si la demanda es muy alta para algún mes del año se tiene que producir ese remanente en un mes anterior para poder cubrirla sin faltantes.

6.- Aparte de todo esto se tiene que decir que todo lo que entra como aluminio no se vuelve producto, ya que por parte del proceso, pruebas, calidad entre otras se tienen que tomar en cuenta: el desperdicio generado por el proceso debido a los cortes de los rollos de aluminio y el desguace (que son las inspecciones de calidad sobre ciertos productos donde se separa producto bueno del malo)

7.-Apartir de eso el planeador hace un cálculo bastante sencillo sobre la cantidad a producir, que es:

Cantidad a producir=demanda - cantidad en inventario + excedente para meses posteriores + excedente por desperdicio.

Dicho de otra forma esto es que lo que se va a producir es lo que te pide el cliente menos lo que ya tienes en inventario más lo nuevo que piensas dejar en inventario más

un pequeño excedente por lo que se cree no va a llegar a producirse por el desperdicio y desguace.

Todo esto se especifica según las capacidades de línea, las eficiencias y los tiempos de entre una corrida y otra.

Capítulo 3 Desarrollo Teórico del Modelo de optimización en la empresa manufacturera de envases metálicos

3.1 Marco Teórico

Para la siguiente investigación se necesitara de muchas herramientas tanto del área de Matemáticas como de Investigación de Operaciones, realizaremos una pequeña compilación de algunos conceptos que serán usados de manera frecuente en la tesis para su mayor comprensión:

Inventario.-Son los objetos que la empresa dispone para la venta ya sea para producir bienes o para comercializarlos posteriormente. (Arreola Risa, 2003)

El *costo de compra* se basa en el precio por unidad del artículo. Puede ser constante, o puede ofrecerse con descuentos. (Shamblin, J. E., & Stevens, G. T., 1998)

El *costo de preparación* representa el costo fijo incurrido cuando se coloca un pedido, es independiente de la cantidad pedida. (Sasieni, M. W., Friedman, L., & Yaspan, A., 1970)

El *costo de almacenamiento* o de posesión representa el costo de mantener una existencia de inventario, comprende el interés sobre el capital y el costo de almacenamiento, mantenimiento y manejo. (Phillips, D. T., Ravindran, A., & Solberg, J., 1976)

El *costo de faltante* es la penalización en que se incurre cuando se terminan las existencias.

Incluye la pérdida potencial de ingresos y el costo, más subjetivo, de pérdida de la buena voluntad del cliente. (TAHA, 2004)

Costo de Compra Unitario es el costo variable asociado con la compra de una sola unidad, por lo común el costo de unitario incluye el costo de mano de obra variable, el

costo fijo variable y el costo de materia prima asociado con la compra o producción de una sola unidad. Si los costos se piden a una fuente externa el costo de compra unitario debe incluir el costo de envío. (Winston, 2005).

Tiempo de Entrega.-Es el tiempo que tarda en llegar un artículo después de que se puso la orden de compra. (Winston, 2005)

Un sistema de inventario se puede basar en la revisión periódica (por ejemplo, pedir cada semana o cada mes), cuando se reciben nuevos pedidos al iniciar cada periodo. En forma alternativa, el sistema se puede basar en una revisión continua, cuando se colocan los nuevos pedidos y la cantidad de inventario baja hasta cierto nivel, que se llama punto de re-orden. (TAHA, 2004)

Los modelos de inventario abarcan dos clases de modelos deterministas: estáticos y dinámicos. Los modelos estáticos tienen una demanda constante en función del tiempo. En los modelos dinámicos, la demanda cambia en función del tiempo. (Winston, 2005)

Modelos dinámicos de cantidad económica de pedido.-en estos modelos el nivel de inventario se revisa en forma periódica durante una cantidad finita de periodos iguales, y la demanda por periodo, aunque es determinista, es dinámica en el sentido que puede variar de un periodo al siguiente. (Phillips, D. T., Ravindran, A., & Solberg, J., 1976)

EOQ (Economic Order Quantity). - Modelo Del Lote Económico (EOQ) calcula la cantidad que debe pedirse o producirse minimizando los costos de colocación del pedido para el inventario y los costos de manejo de inventarios.

La demanda de un producto en inventario es el número de unidades que será necesario extraer del inventario para algún uso (como venta) durante un periodo específico. (Hillier-Lieberman, 2003)

Valor de recuperación o salvamento de un producto es el valor de un artículo sobrante cuando no se requiere más del inventario .El valor de recuperación representa el valor

de desecho para dicha empresa quizá a través de una venta con descuento, el negativo del valor de recuperación se llama costo de recuperación. (Hillier-Lieberman, 2003)

Costo total de mantener un Inventario.-este es la suma de los costos del inventario como los son bodegas, depreciación, daños, seguros, impuestos más el inventario en sí y el costo de capital, que sería el costo de tenerlo parado sin ser invertido. (Timme, The Real Cost of Holding, 2003)

Costo de capital.-es el costo de oportunidad de invertir en algún instrumento financiero por tener el dinero en inventario. (Timme, The real cost of holding, 2003)

Costo ponderado del capital.-Esto es invertir en instrumentos financieros de diferente riesgo. (Timme, The real cost of holding, 2003)

Clasificación de Inventarios

El inventario puede clasificarse por su forma o función:

Clasificación de inventarios por su forma

El inventario se mantiene de tres formas distintas:

- Inventario de materia prima (MP), constituyen los insumos y materiales básicos que ingresan al proceso.
- Inventario de producto en proceso (PP), son materiales en proceso de producción.
- Inventario de producto terminado (PT), que representan materiales que han pasado por los procesos productivos correspondientes y que serán destinados a su comercialización o entrega. (Hillier-Lieberman, 2003)

Características de la Demanda

Las principales características de la demanda son:

- Continua o Discreta: La unidad de medida de la demanda puede variar según el entorno y la presentación del artículo concreto (unidades, centenas, litros, kilogramos, etc.)
- Determinística o Probabilística: Hay casos en que la demanda futura se supone perfectamente conocida; otras veces se supone que los valores de la demanda son aleatorios.
- Dependiente o Independiente: La demanda de componentes dependerá de la demanda de productos finales, mientras que la de estos últimos se considerará independiente.
- Homogénea o Heterogénea: La demanda es homogénea si su valor es constante en el tiempo.

WACC (the weighted average cost of capital). - El costo medio ponderado del capital, es el costo de oportunidad de una compañía para poder invertir en activos de diferente riesgo.

- Diferida o Perdida: Si no se satisface la demanda (ruptura de inventario), a veces será posible diferir la entrega. (7 Juan, A., García R., Gestión de Stocks: Modelos deterministas, www.uoc.edu)

En este capítulo explicaremos todas las características teóricas así como el desarrollo del modelo desde las bases de la Programación No lineal, empezaremos analizando los materiales y sus demandas esto para poder ver qué modelo se acopla a los mismos.

Desarrollaremos un poco el modo de la obtención de los costos que ya son proporcionados por la Empresa Manufacturera, por ultimo haremos la construcción de los modelos que mejor se adecuen a las demandas de los materiales de cada almacén, estos ya pueden ser determinísticos o dinámicos.

3.2 Clasificación de Materiales

La clasificación es una de las mejores medidas de control interno de inventarios, dado que de aplicarse correctamente puede permitir mantener el mínimo de capital invertido en stock, entre muchos otros beneficios.

Vilfredo Pareto fue un sociólogo y economista italiano quien en 1897, afirmó que el 20% de las personas ostentaban el 80% del poder político y la abundancia económica, mientras que el 80% restante de la población (denominada "masas") se repartía el 20% restante de la riqueza y de la influencia política. Este principio es susceptible de aplicarse a muchos entornos, dentro de los cuales cabe destacar el control de calidad, la logística (de distribución), y la administración de inventarios. En el control interno de stock, este principio significa que unas pocas unidades de inventario representan la mayor parte del valor de uso de los mismos.

En toda organización se hace necesaria una discriminación de artículos con el objetivo de determinar aquellos que por sus características precisan un control más riguroso.

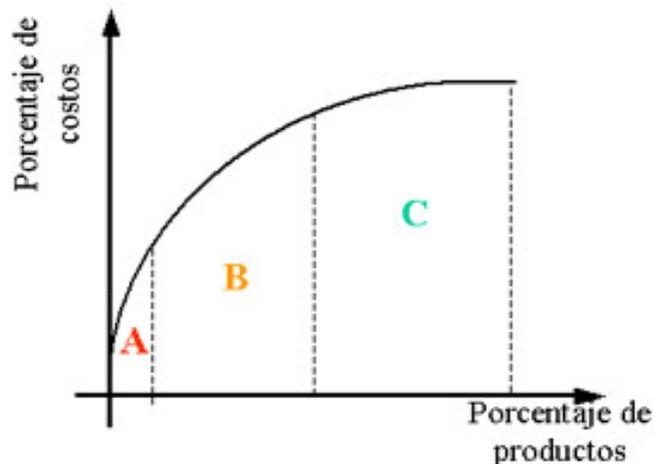
La Clasificación ABC es una metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos (indicadores de importancia, tales como el "costo unitario" y el "volumen anual demandado"). El criterio en el cual se basan la mayoría de expertos en la materia es el valor de los inventarios y los porcentajes de clasificación son relativamente arbitrarios.

En la Empresa de Manufactura se manejan una cantidad muy alta de materiales en todos los almacenes, ya sea refacciones, producto terminado y materias primas, por lo que es necesario realizar una clasificación un poco más detallada de la importancia tanto en el proceso como en el costo de mantener un inventario.

3.2.1 Sistema de Clasificación ABC de los inventarios

Muchas veces las compañías no están en posibilidad de plantear estrategias de inventario para sus cientos o miles de artículos. Un análisis ABC diseñado por General Electric durante los años 50 del siglo pasado, permite a las organizaciones separar sus artículos de inventario en tres clases: A, B, C. La clasificación ABC explica que un pequeño porcentaje del total de productos representan un gran porcentaje del valor en dólares de la inversión. Los productos "A", muy importantes, concentran la máxima inversión. El grupo "B", moderadamente importantes, está formado por los artículos que siguen a los "A" en cuanto a la magnitud de la inversión. Al grupo "C", menos importantes, lo componen una gran cantidad de productos que solo requieren de una pequeña inversión. Esta clasificación se puede apreciar en la siguiente gráfica.

Grafica 3.1: Clasificación de Materiales ABC



Fuente: (Hillier-Lieberman, 2003)

Este método tiene como objetivo determinar cuáles de los materiales tienen un alto valor económico en la empresa.

Los materiales clasificados como A, son aquellos cuyo valor económico total representa de un 75 a 80% del valor total del inventario, y representan de un 15 a 20% del total de materiales en existencia

Los materiales clasificados como B, representan en valor económico alrededor del 15% del valor económico del inventario y entre un 30 y 40% del número de materiales del inventario.

Los materiales clasificados como C son de muy poco valor económico y de un alto número de materiales. (Marcos Javier Moya Navarro (1999), Investigación de Operaciones).

Procedimiento para determinar la clasificación de los materiales.

1.-Determinar el valor total de cada material.

$$\text{Valor total} = \text{Consumo} * \text{Precio Unitario.} \quad (1)$$

2.-Determinar el porcentaje que representa el valor de cada producto, con respecto al valor total invertido.

$$\% \text{ Valor} = \frac{\text{Valor}}{\text{Inversion Total}} \quad (2)$$

3.-Ordenar los datos de forma descendente con respecto al valor del inventario expresado en porcentaje.

Ahora los materiales cuyo valor acumulado porcentual es menor o igual a 80% se clasifican como A.

Los materiales cuyo valor acumulado porcentual es mayor a 80% pero menor al 95% se clasifican como B

Los restantes tienen clasificación C. (Marcos Javier Moya Navarro (1999), Investigación de Operaciones)

3.2.2 Clasificación 1, 2, 3

Como podemos ver la clasificación anterior nos da una excelente clasificación en cuestión del valor monetario que tienen los almacenes. La pregunta es si, para una empresa de tipo de manufactura con un proceso ya establecido y con demandas es necesaria solo esta clasificación para poder realizar un análisis posterior.

Al intentar contestar la pregunta anterior, nos daríamos cuenta de que a pesar de que un material sea de poco valor monetario, estos tienen su grado de importancia dentro del proceso.

Clasificaremos como 1 a todos los materiales que su prioridad sea Alta en el proceso, es decir la ausencia de este material pueda provocar paro de planta en caso de hacer falta.

Para poder ejemplificar esto, suponemos que la maquina compresora se descompone y que el herramental que se necesita es de suma importancia para que vuelva a funcionar y así poder continuar con el proceso productivo, el hecho de no tener este material podría ocasionar perdidas a la empresa ya que no funcionaría esa máquina y no podría funcionar la planta, por lo que se requiere de ese material en almacén.

Clasificaremos como 2 a todos los materiales de importancia media en el proceso es decir que solo paren una maquina no tan fundamental en el proceso.

Por último la clasificación 3 son para todos los materiales de criticidad baja en el proceso.

3.2.3 Clasificación Alfa, Beta y Gamma

Las clasificaciones ya antes mencionadas nos ayudan a poder clasificar de mejor manera, pero por si solas no nos ayudan demasiado, ya que o descuidan por completo

el proceso productivo, o no toman en cuenta el valor económico en los costos de inventario.

Por esto se integra una nueva clasificación basada en la unión de ambas que nos ayudara a validar que ambos criterios sean tomados en cuenta.

Tabla 3.1: Matriz de clasificación α , β , γ

	A	B	C
1	α	α	α
2	α	β	β
3	α	β	γ

Fuente: (Winston, 2005)

Con este Criterio deben controlarse todos los materiales clasificados como alfa, ya que son de importancia en el proceso y/o de un valor económico alto en los niveles de inventario.

3.3 Costos de Inventarios.

Como ya comentamos en el marco teórico, para el desarrollo del modelo necesitamos tener muy en claro algunos costos inmiscuidos en el proceso o en el almacenaje de materiales, a continuación daremos una breve explicación de la forma en la que se pretenderá obtener estos costos, dando por entendido que la información que se maneja después en la investigación es información exclusiva de la Empresa de Manufactura, por lo que se requieren estudios igual de detallados en caso de requerir aplicar en otra empresa.

Uno de los aspectos más importantes de las empresas es el buen manejo de la contabilidad de los costes. Es imprescindible que las empresas, independientemente de la magnitud que tengan, deban conocer todas las características y pasos de la

elaboración de su bien o servicio para el buen control de los costos aplicables en todo su proceso de producción.

Es, sin ninguna duda, una parte importante dentro de la contabilidad analítica de la empresa para obtener un bien o servicio de calidad, gastando la menor cantidad de dinero posible. De esta forma, conseguirá ofrecer a sus clientes precios razonables y asequibles y obtener así una mayor rentabilidad e ingresos posibles.

¿Por qué es importante la gestión de los costes dentro de una organización? La contabilidad de los costes se relaciona con la adquisición de información muy útil para la gerencia interna de la empresa así como para la toma de decisiones. Esta información se puede encontrar en el conjunto de operaciones diarias, expresada de una forma clara en la contabilidad de costos, de la cual es la gestión administrativa y gerencial convirtiéndose en una herramienta fundamental para la consolidación de las empresas.

La contabilidad de costos se divide en tres tipos, de los cuales la primera es la contabilidad de costos directos que se refiere a la suma de los mismos, relacionados con la mano de obra directa y la materia prima que se emplean para la fabricación del producto que será comercializado por la empresa; por otra parte tenemos la contabilidad de costos de inventario que precisamente se trata de la materia prima y la mano de obra que se emplea en una empresa industrial. La tercera clasificación de la contabilidad de costos es la de costos de inversión, y en este aspecto se refiere a aquellos que se dedican a la transformación de la materia prima en el producto final, mediante la mano de obra directa.

Pero es de buen grado conocer, cómo en épocas de crisis las empresas se enfrentan a diversas presiones reduciendo sus costes. Por eso, es importante que las empresas busquen diferentes formas de operar los costes teniendo en cuenta todos sus recursos para lograr sus objetivos estratégicos.

Por eso, según un estudio realizado por la empresa Deloitte, destacamos las lecciones más importantes para reducir los costos y generar más valor a la empresa:

1. La reducción estratégica de costos debe ser una iniciativa competitiva de toda la organización
2. El objetivo de la reducción de costos empresariales es la creación de valor para el accionista.
3. Muchas oportunidades de reducción de costos tienen consecuencias operativas y financieras de gran alcance, deseadas o no, que podrían afectar al área fiscal, inmobiliaria y contable.
4. reducir la complejidad, estandarizar los procesos de negocio y eliminar actividades redundantes.
5. A medida que aumenta el número de productos, servicios, clientes y zonas geográficas, también crece la complejidad.
6. la relación entre economías de escala y grado de reacción del mercado. Mantenga una predisposición a centralizar procesos como finanzas y tecnología.
7. Aumente el control y elimine las actividades que generan poco valor.
8. Desarrolle una cultura de concienciación sobre los costos.
9. Los líderes deben apoyar las actividades de mejora a través del ciclo de vida del proyecto.
10. Convertir su empresa en una organización más simple y más sencilla de gestionar.
11. Utilizar un enfoque disciplinado y sistemático para la implementación, lo que se traduce en menores medidas drásticas de reducción.
12. Crear un modelo de costes flexibles.

3.4 Costo por Ordenar.

Todos los materiales que se utilizan en un proceso de producción, son fabricados o comprados por ese mismo proceso.

Si el Inventario es comprado, el costo de hacer un pedido de compra, se calcula como el promedio de todos los gastos anuales en que se incurre, debido al abastecimiento de los materiales.

Estos gastos se originan porque se debe confeccionar órdenes de compra, así como las requisiciones de los materiales. Una vez que el pedido se recibe, también debe de inspeccionarse. . (Marcos Javier Moya Navarro (1999), Investigación de Operaciones)

Así es como integraríamos los costos de Ordenar sería básicamente el promedio de los gastos administrativos para poder poner un pedido, agregando otro factor bastante importante que serían los fletes de cada material que serían las requisiciones de los materiales.

Estos costos específicamente tendrían sentido para los almacenes de refacciones y de materias primas, que es donde se piden materiales para su almacenamiento y uso en la Empresa Manufacturera.

Si el inventario se produce entonces el costo de ordenar la producción se calcula como el promedio de todos los gastos en los que se incurre debido a la programación que hay que hacer para arrancar la producción. Esta programación incluye la asignación de recursos humanos y de maquinaria para producir estos inventarios.

Estos costos más específicamente podrían ser los cambios de tamaño en las líneas, los cambios de diseño, estos costos son solo del almacén de producto terminado, ya que es el que resguarda todo el producto que está listo para ser enviado a cliente.

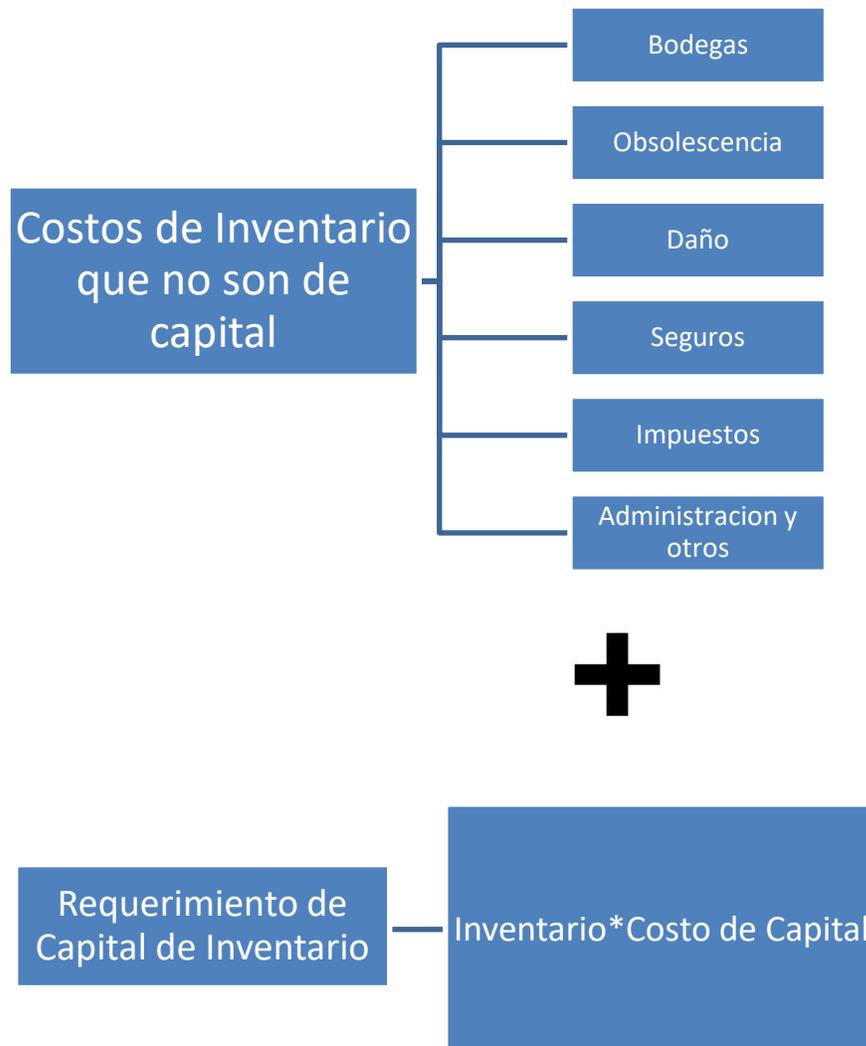
3.5 Costo de Almacenamiento

Los elementos que hacen el costo total de almacenamiento son los costos de inventario que no son de capital estos serían: bodegas, obsolescencia, material dañado, seguros, impuestos, administración entre otros, aparte de estos se requiere del requerimiento de capital de inventario. (Timme, The real cost of holding, 2003)

Los costos que no son de capital hacen referencia a aquellos que no dependen del inventario haciendo referencia a los costos fijos, por otro lado los costos de capital de inventario están totalmente relacionados con la cantidad de productos que tengas en inventario.

Para poder tenerlo un poco más claro, mostraremos un pequeño grafico para ejemplificar más los elementos que integran el costo de almacenamiento.

Grafica 3.2: Costos de Inventarios



Fuente: (Hillier-Lieberman, 2003)

Como podemos ver algunos de estos elementos son fijos y algunos otros son variables, es decir si quisiéramos reducir el monto de inventario, habría algunos que disminuirían de manera proporcional como sería la obsolescencia, el material dañado, los impuestos, los seguros, pero algunos otros como los gastos administrativos que siguen costando a pesar de una baja en el inventario o alguna bodega, ya que se requiere de una

disminución muy fuerte en los inventarios para lograr desaparecer una bodega estos gastos seguirían estando a pesar de que se redujera los materiales en almacén.

Por otro lado tenemos el requerimiento de capital de inventario, este como se muestra en el grafico no es más que la multiplicación del monto de capital invertido en inventario por el costo de oportunidad es decir, lo que se está perdiendo en ganancias por tener el dinero parado en inventarios.

Como podemos ver lo que buscan los inversionistas de una empresa es tener el menor dinero parado, para poder invertir en activos de diferente riesgo es decir utilizar el dinero para generar más dinero.

Para poder obtener este costo de oportunidad las empresas usan una tasa llamada WACC (the weighted average cost of capital) esta es el costo medio ponderado del capital, es el costo de oportunidad que una compañía obtiene para poder obtener estos costos de oportunidad.

La WACC está compuesta por el costo de capital y el costo de la deuda, el costo de capital es el costo de proporcionar a los accionistas una rentabilidad competitiva en su dinero invertido, y el costo de la deuda es la tasa de interés global de la deuda tomada para financiar el proyecto, la WACC es un promedio ponderado por la proporción de la deuda y el capital. (Timme, The real cost of holding, 2003)

$$WACC = \% \text{ Capital} \times \text{Costo de Capital} + \% \text{ Deuda} \times \text{Costo de la Deuda} \quad (3)$$

Ahora después de esto solo hace falta consolidar los datos y sumas la WACC con los costos de inventario que no son de capital.

3.6 Análisis de Demandas

Aparte de los costos ya antes mencionados para poder decidir qué modelo desarrollar es necesario el estudio de las demandas, es decir con qué frecuencia y cuantos materiales se piden por un cierto periodo de tiempo.

Para determinar si el supuesto de demanda es constante se observan las demandas d_1, d_2, \dots, d_n en n periodos y se procede a realizar los siguientes cálculos propuestos por Peterson y Silver. (Hillier-Lieberman, 2003)

Primero se obtiene la demanda promedio por periodo.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (4)$$

Con esto realizamos una estimación de la Varianza de la demanda D de la siguiente manera:

$$Var(D) = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \bar{d}^2}{n} \quad (5)$$

Por ultimo determinaremos el coeficiente de Variabilidad, que es una estimación de la variabilidad relativa de demanda de la siguiente manera:

$$Coeficiente\ de\ Variacion = \frac{Var(D)}{\bar{d}^2} \quad (6)$$

Si las d_i son iguales, la estimación de la Varianza de D será igual a cero, lo que hará que el coeficiente de variabilidad sea también cero, es decir que no tiene cambio en sus demandas, dicho de otra manera su demanda es constante. Para un CV pequeño es decir $<.20$ es razonable asumir que la demanda es constante y por lo tanto es viable emplear modelos EOQ.

3.7 Análisis de Demanda con ARENA

Después de realizar el análisis de los coeficientes de variación, si estos son menores a .2, procederemos a realizar un análisis en ARENA.

Arena es un software de simulación, tiene muchas aplicaciones entre ellas creación de procesos, teoría de colas, tiempos de llegadas, etc., para nuestro análisis utilizaremos un módulo llamado input analizar, este módulo lo que hace es hacer un análisis de los datos proporcionando distribuciones a las demandas de los materiales es decir realiza pruebas de bondad de ajuste, con las cuales se determina que distribución aplicar a cada demanda.

Este software nos proporciona entre otros datos un histograma de la demanda analizada la distribución, parámetros de la misma, media y varianza de la distribución, esto es de mucha ayuda para la aplicación de diferentes modelos o para la creación de intervalos de confianza.

A partir de datos en Excel se crean archivos de texto que pueden ser manejados en ARENA para poder trabajar con los mismos.

3.8 Modelo del Lote Económico

El **Modelo del Lote Económico (EOQ)** calcula la cantidad que debe pedirse o producirse minimizando los costos de colocación del pedido para el inventario y los costos de manejo de inventarios.

El Modelo del Lote Económico se basa en las siguientes hipótesis simplificadas:

- La tasa de demanda del artículo es constante ahora y en el futuro. La demanda de un producto no influye en la demanda de otro.

- El artículo se produce o se compra por lotes. No existen limitaciones al tamaño de los lotes y el lote pedido se recibe en seguida.
- No existe incertidumbre en la demanda, la oferta ni el tiempo de entrega. No se presenta agotamiento de las existencias.
- Existen sólo dos costos importantes: el costo de mantener el inventario y el costo de colocación del pedido (u organización del proceso), que no varían con la cantidad mantenida.

Digamos que

y = Cantidad del pedido (número de unidades).

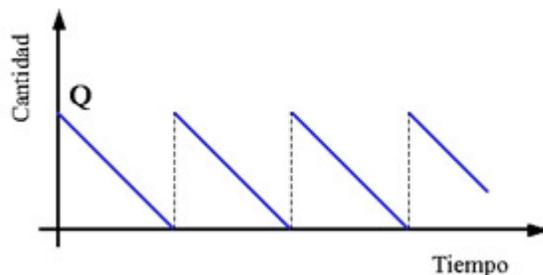
D = Índice de la demanda (unidades por tiempo de unidad).

t = Duración del ciclo de pedidos (unidades de tiempo).

Utilizando estas definiciones, el nivel del inventario sigue el patrón representado en la figura siguiente. Se hace un pedido de un volumen de y unidades y se recibe al instante cuando el nivel de inventario es 0. De esta manera, las existencias se agotan de manera uniforme según la demanda constante D . El ciclo de pedidos para este patrón es:

$$t = \frac{y}{D} \text{ [Unidades de tiempo]} \quad (7)$$

Grafica 3.3: Ciclo del pedido



Fuente: (Winston, 2005)

El nivel resultante del inventario promedio se da como:

$$\text{Nivel del inventario promedio} = \frac{y}{2} \text{ [unidades]}$$

El modelo de costo requiere dos parámetros de costo:

K = Costo de preparación asociado con la colocación de un pedido [dólares por pedido]

h = Costo de almacenamiento [dólares por unidad del inventario por tiempo de unidad]

Por consiguiente, el costo total por *tiempo de unidad* (CTU) se calcula como:

CTU (y) = Costo de preparación por tiempo de unidad + Costo de almacenamiento por tiempo de unidad

$$\frac{\text{(Costo de preparación + Costo de almacenamiento por ciclo } t\text{)}}{t} \quad (8)$$

$$= \frac{[K + h (y/2) t]}{t} \quad (9)$$

Sustituyendo (7)

$$= \frac{k \cdot D}{y} + \frac{h \cdot y}{2} \quad (10)$$

El valor óptimo de la cantidad y y del pedido se determina minimizando CTU (y) respecto a y . Suponiendo que y es continua, una condición necesaria para encontrar el valor óptimo de y es:

$$\frac{dCTU(y)}{dy} = \frac{-kD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0 \quad (11)$$

La condición también es suficiente debido a que CTU (y) es convexa. La solución de la ecuación nos da el EOQ y^* como:

$$y^* = \sqrt{\frac{2kD}{h}} \quad (12)$$

La política del inventario óptimo para el modelo propuesto se resume como:

Pedido $y^* = \sqrt{\frac{2kD}{h}}$ unidades de cada $t = y / D$ unidades de tiempo

De hecho, no es necesario recibir un pedido en el instante en el que se coloca, puede ocurrir un tiempo de entrega positivo, L entre el momento en que se hace un pedido y el momento en el que se recibe. En este caso, el punto de reorden ocurre cuando el nivel del inventario desciende a LD unidades.

Se supone que el tiempo de entrega L es menos que la duración del ciclo t^* , lo que por general, no es el caso. Para explicar la situación, definimos el tiempo de entrega *efectivo* como:

$$Le = L - nt^* \quad (13)$$

Cuando n es el entero más grande no excediendo L/nt^* . Este resultado se justifica debido a que después de n ciclos de t^* cada uno, la situación del inventario actúa como si el intervalo entre hacer un pedido y recibir otro es Le . Por consiguiente, el punto del nuevo pedido ocurre en LeD unidades y la política del inventario se puede volver a expresar como:

Ordene la cantidad y^* cuando el nivel del inventario desciende a LeD unidades.

Como podemos ver el modelo se construye a partir de costos implicados en el proceso de almacenamiento o de producción, sea el caso o el almacén en el que se requiera, a su vez la forma de solucionar el modelo está basado en Programación No lineal.

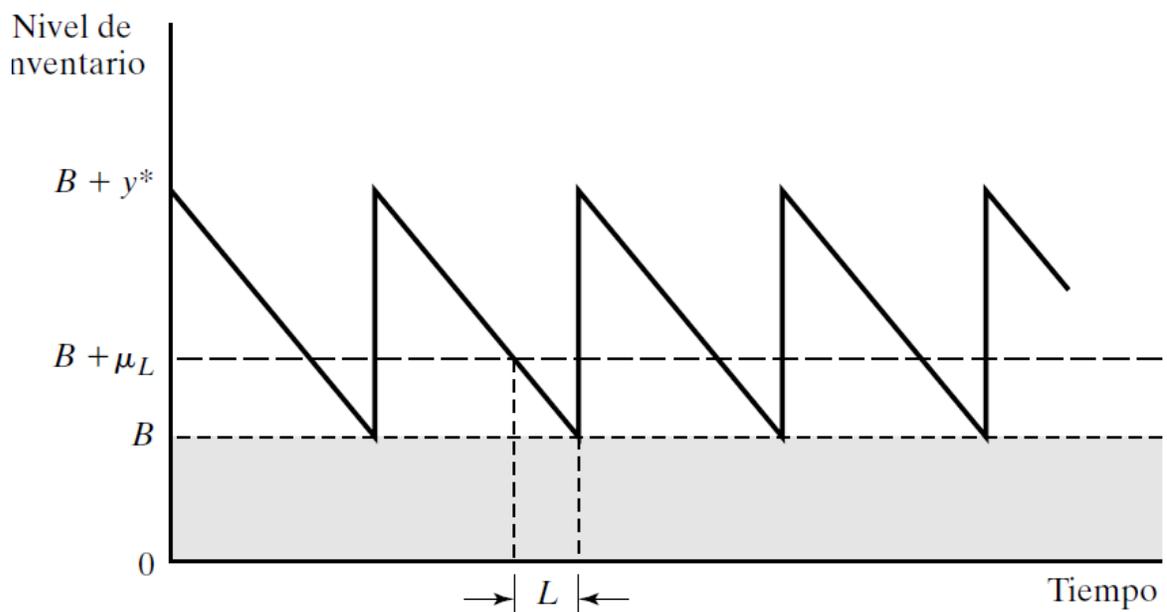
3.9 Calculo de Stocks de Seguridad

El Stock de Seguridad supone una garantía frente a posibles aumentos repentinos de la demanda, es decir en caso de que la demanda sea dinámica el Stock de seguridad da cierto nivel de reserva para poder hacer frente a esas variaciones.

Algunos profesionistas han tratado de adaptar el modelo determinístico de cantidad económica de pedido para que refleje la naturaleza probabilista de la demanda, usando una aproximación que sobrepone una existencia constante de reserva sobre el nivel del inventario en todo el horizonte de planeación. El tamaño de la reserva se determina de tal modo que la probabilidad de que se agote la existencia *durante el tiempo de entrega* (el periodo entre la colocación y la recepción de un pedido) no sea mayor que un valor especificado.

A continuación presentaremos una gráfica que ilustra cómo se comporta el stock de seguridad.

Grafica 3.4: Nivel de Inventario



Fuente: (Winston, 2005)

Sean:

L : Tiempo de entrega entre la colocación y la recepción de un pedido

x : Variable aleatoria que representa la demanda durante el tiempo de entrega

μ : Demanda promedio durante el tiempo de entrega

σ : Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

B : Tamaño de la existencia de reserva

α : Probabilidad máxima admisible de que se agote la existencia durante el tiempo de entrega

La formulación de la probabilidad que se usa para determinar B se puede escribir como sigue:

$$P\{X \leq B + \mu\} \leq \alpha$$

Cabe destacar que la formula enunciada puede aplicarse a la distribución que sea.

Ahora al particularizar el modelo diciendo que x se distribuye de manera normal con media μ y desviación estándar σ .

Al tener una distribución normal podemos estandarizar de la siguiente forma.

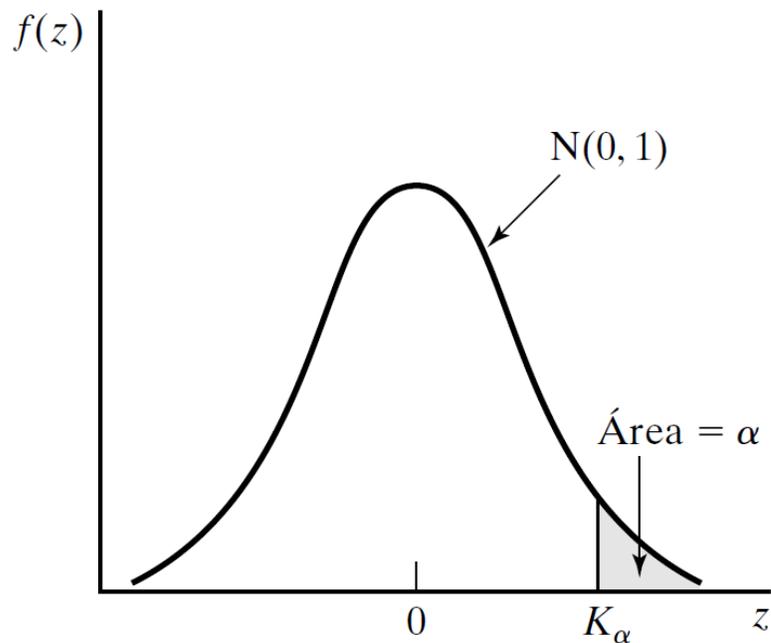
$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Entonces:

$$P\left\{z \geq \frac{B}{\sigma}\right\} \leq \alpha$$

A continuación presentaremos una gráfica normal la cual explica como se ve la probabilidad de que se agote la existencia.

Grafica 3.5: Distribución Normal



Fuente: (Winston, 2005)

Esta figura define a K_α , que se determina con las tablas de la normal estándar de tal modo que:

$$P\{z \geq K_\alpha\} = \alpha$$

En consecuencia el tamaño de la reserva debe satisfacer:

$$B \geq \sigma K_\alpha$$

Aterrizando un poco más este modelo a nuestro problema donde la demanda es mensual lo que nosotros deseáramos saber es que tan grande debería ser nuestro inventario a principio de cada mes para que la probabilidad de que se agote sea menos a α .

Sea X la demanda mensual, entonces $X \sim N(\mu, \sigma)$, lo que se desea obtener es el valor del cuantil $x_{1-\alpha}$ para el nivel de inventario a principio de cada mes.

Lo único que tenemos que encontrar es el valor del cuantil $x_{1-\alpha}$ esto es lo podemos realizar estandarizando nuestra función normal y buscando el valor del cuantil en tablas de la normal estándar.

3.10 MODELO ESTOCÁSTICO DE REVISIÓN CONTINÚA

Estos modelos se caracterizan por lo siguiente:

La demanda no se conoce con certeza, se estima una distribución de probabilidad que describe su comportamiento.

El tiempo de entrega L es distinto de cero.

Por otro lado, la probabilidad de que la demanda durante el tiempo de entrega L esté entre a y b es:

$$\int_a^b f_L(u) du \quad (19)$$

La probabilidad de que la demanda durante el tiempo de entrega no exceda a la cantidad γ es la distribución acumulada:

$$F_L(\gamma) = \int_0^\gamma f_L(u) du \quad (20)$$

La demanda promedio por unidad de tiempo d , entonces la demanda promedio durante el tiempo de entrega es:

$$d = dL = \int_0^{\infty} u f_L(u) du$$

(21)

Si s es el punto de reorden, entonces el nivel de inventario cuando se recibe la orden es de $s - dL$, tomando en cuenta la aleatoriedad de la demanda el nivel esperado de inventario al recibir la orden es de:

$$y(s) = \int_0^s (s - u) f_L(u) du$$

$$\bar{y}_d(s) = \int_s^{\infty} (u - s) f_L(u) du$$

$$\bar{y}(s) = s - \bar{d}L + \bar{y}_d(s)$$

(22)

Si se usa la política de inventario que consiste en llevar el inventario hasta s cada vez que se presenta una demanda. El valor de s que minimiza el costo de inventario se obtiene a partir de:

$$CT(s) = h\bar{y}(s) + p\bar{y}_d(s) \frac{\bar{d}}{q} = h \int_0^s (s - u) f_L(u) du + p \frac{\bar{d}}{q} \int_s^{\infty} (u - s) f_L(u) du \quad (23)$$

Dónde:

h : es el costo de almacenamiento

p : Costo por déficit

\bar{d} = la demanda promedio.

q =tamaño del lote

Para obtener un el menor costo total realizamos la derivada parcial con respecto de s e igualamos con cero, se iguala a cero la primera derivada y se obtiene:

$$F_L(s) = \int_0^s f_L(U)du = \frac{p\bar{d}}{h+p\bar{d}} \quad (24)$$

Esta fórmula para nos sirve para obtener el punto de reorden cuando se utiliza la política de inventario que consiste en llevar el inventario hasta s cada vez que se presenta una demanda

Ahora para obtener la cantidad s que sería nuestro punto de reorden debemos hacer el estudio de algunas distribuciones en particular para el mejor manejo de la información en capítulos posteriores.

3.10.1 DEMANDA CON DISTRIBUCIÓN NORMAL

Sea D una variable aleatoria continua distribuida normal con 2 parámetros μ y σ , que representa la demanda, entonces su punto de reorden con el que se minimiza el costo de inventario, estará dado por:

$$s = \sigma\phi^{-1}\left(\frac{p\bar{d}}{qh+p\bar{d}} + \phi\left(-\frac{\mu}{\sigma}\right)\right) + \mu \quad (25)$$

3.10.2 DEMANDA CON DISTRIBUCIÓN GAMMA

Sea D una variable aleatoria continua distribuida tipo gamma con parámetros (α, λ) , $\alpha > 0$ y $\lambda > 0$ que representa la demanda, entonces su punto de reorden que minimiza el costo de inventario sin costo por ordenar, estará dado por:

$$s = F_T^{-1}\left(\frac{p\bar{d}}{qh+p\bar{d}}\right) \quad (26)$$

Capítulo 4 Aplicación del Modelo en la Empresa

Manufacturera de envases metálicos

4.1 Clasificación de Materiales

Para este modelo la clasificación de los materiales es imprescindible ya que se cuenta con un gran número de materiales por almacén.

Solo en el almacén de Refacciones se cuentan con 5605 materiales, el de Materia Prima cuenta con 81 materiales y el Almacén de Producto Terminado son 114 productos.

Como podemos ver son una cantidad grande de materiales como para llevar un control exhaustivo de cada uno de los materiales, porque para empezar algunos son de poco valor económico o de fácil adquisición, o simplemente no representan un papel importante en el proceso productivo.

Como ya se comentó en el capítulo anterior, una clasificación que se enfoque solamente a los ámbitos económicos del valor del almacén no siempre es correcta ya que deja aspectos tan importantes, como la criticidad del material en el proceso. Por lo tanto se realizara una clasificación de tipo α , β , γ para cada almacén.

4.1.1 Clasificación de materiales en el almacén de Refacciones

Lo primero que se recopiló fue la información de todos los materiales en el almacén de refacciones. Para mayor control cada material tiene un número designado con el cual se ponen las órdenes de compra y se identifican los materiales en SAP, aunado a esto se les agrego una descripción de material.

Después de tener esto se analiza el stock que hay de cada material, su unidad de medida y el valor de cada material es decir su valor unitario, después procedemos a

obtener su Valor Total, esto nos Servirá para obtener la Clasificación ABC que ya fue descrita en capítulos anteriores.

Después de obtener esta clasificación, se realiza una consulta material por material para saber su criticidad en la planta, es decir se realiza clasificación de la importancia de los materiales en la planta:

ALTA.-son todos aquellos materiales que tienen gran importancia en la planta es decir a falta de este material, el proceso puede detenerse se puede parar planta, o parar línea de fabricación por lo que es muy importante que se tenga en la planta, a estos materiales se les asignara la clasificación 1 de la Clasificación 1,2,3.

MEDIA.-Son todos aquellos materiales de importancia media en el proceso, son aquellos que al hacer falta pueden ocasionar un paro en una maquina o en un formador, etc. Pero el proceso continúa a pesar de esto, a estos materiales se les asignara la clasificación 2

BAJA.-por último los materiales, de poca importancia en el proceso, materiales de fácil posibilidad de adquisición o que son fáciles de reemplazar a estos se les asignara la clasificación 3.

Como ya sabremos en una planta la cantidad de refacciones y/o refacciones es muy grande, en la Empresa Manufacturera se manejan 5605 materiales, de todos estos es necesario realizar una clasificación.

A continuación se presentan los primeros 100 materiales del almacén de refacciones

Tabla 4.1: Clasificación de los materiales en el almacén de Refacciones

Clasificación de Materiales en el Almacén de Refacciones								
Material	Stock		%		Valor		ABC 1,2,3	αβγ
	Total	Valor Unitario	Valor total	Valor	Acumulado			
50032101	1	361,842.19	361,842.19	1.16%	1.157%	A	1	A
50013474	2	162,083.49	324,166.98	1.04%	2.193%	A	1	A
50035512	220	1,303.54	286,778.69	0.92%	3.110%	A	1	A
50013618	1	187,777.78	187,777.78	0.60%	3.710%	A	2	A

50035089	1	174,391.52	174,391.52	0.56%	4.267%	A	3	A
50013576	1	171,092.79	171,092.79	0.55%	4.814%	A	2	A
50032829	2	85,259.43	170,518.85	0.55%	5.359%	A	2	A
50032768	1	166,555.80	166,555.80	0.53%	5.892%	A	2	A
50032857	3	54,442.15	163,326.46	0.52%	6.414%	A	1	A
50034118	2	72,112.50	144,224.99	0.46%	6.875%	A	1	A
50033759	1	144,065.74	144,065.74	0.46%	7.335%	A	1	A
50033224	1	138,030.42	138,030.42	0.44%	7.777%	A	1	A
50020262	11	12,393.22	136,325.37	0.44%	8.212%	A	2	A
50029800	29	4,508.36	130,742.41	0.42%	8.630%	A	1	A
50031796	15	8,682.24	130,233.60	0.42%	9.047%	A	2	A
50011745	1	119,144.32	119,144.32	0.38%	9.428%	A	2	A
50000305	2	54,208.85	108,417.69	0.35%	9.774%	A	1	A
50013594	2	53,559.16	107,118.32	0.34%	10.117%	B	2	B
50013490	3	34,970.13	104,910.39	0.34%	10.452%	A	2	A
50033137	18	5,706.89	102,724.05	0.33%	10.780%	A	1	A
50033164	143.43	710.60	101,921.46	0.33%	11.106%	A	1	A
50032552	2	50,266.21	100,532.42	0.32%	11.427%	A	2	A
50034990	2	50,254.86	100,509.71	0.32%	11.749%	A	2	A
50011753	5	20,026.92	100,134.62	0.32%	12.069%	A	3	A
50011726	1	99,940.58	99,940.58	0.32%	12.388%	B	2	B
50013571	2	49,651.57	99,303.14	0.32%	12.706%	A	2	A
50032260	4	24,642.35	98,569.40	0.32%	13.021%	A	2	A
50034851	192	512.73	98,443.69	0.31%	13.336%	A	1	A
50011814	1	96,928.74	96,928.74	0.31%	13.645%	A	2	A
50034569	1	96,815.47	96,815.47	0.31%	13.955%	A	1	A
50012845	2	47,123.80	94,247.60	0.30%	14.256%	A	1	A
50033017	2	46,988.90	93,977.79	0.30%	14.557%	A	1	A
50034597	1	93,764.87	93,764.87	0.30%	14.856%	A	1	A
50011916	3	31,199.81	93,599.42	0.30%	15.155%	A	1	A
50012938	3	31,164.35	93,493.06	0.30%	15.454%	A	1	A
50013750	2	44,095.38	88,190.76	0.28%	15.736%	A	2	A

50032162	10	8,682.08	86,820.82	0.28%	16.014% A	1 A
50036123	1	84,905.31	84,905.31	0.27%	16.285% A	1 A
50036647	1	83,855.02	83,855.02	0.27%	16.553% A	2 A
60000176	8	10,396.69	83,173.54	0.27%	16.819% A	1 A
50033756	1	82,919.21	82,919.21	0.27%	17.084% A	1 A
50032425	1	82,374.21	82,374.21	0.26%	17.348% A	1 A
50034581	1	81,383.37	81,383.37	0.26%	17.608% A	1 A
50034989	65.8	1,233.08	81,136.36	0.26%	17.867% A	1 A
50033230	1	78,264.32	78,264.32	0.25%	18.117% A	1 A
50032825	1	77,324.54	77,324.54	0.25%	18.364% A	2 A
50033702	2	38,568.85	77,137.69	0.25%	18.611% A	1 A
50033207	12	6,384.34	76,612.12	0.24%	18.856% A	2 A
50034510	25	2,986.92	74,672.90	0.24%	19.095% A	2 A
50013781	1	72,647.45	72,647.45	0.23%	19.327% A	1 A
50033130	8	9,074.22	72,593.73	0.23%	19.559% A	1 A
50011807	1	72,587.47	72,587.47	0.23%	19.791% A	2 A
50033941	4	18,057.27	72,229.08	0.23%	20.022% A	1 A
50032488	1	71,350.70	71,350.70	0.23%	20.250% A	2 A
50035207	1	70,404.35	70,404.35	0.23%	20.475% A	2 A
50007998	2	33,274.88	66,549.75	0.21%	20.688% A	2 A
50011918	2	32,970.76	65,941.52	0.21%	20.898% A	1 A
50034549	2	32,456.09	64,912.18	0.21%	21.106% A	1 A
50032177	35.9	1,792.82	64,362.28	0.21%	21.312% A	1 A
50013774	1	63,593.05	63,593.05	0.20%	21.515% B	2 B
50013510	2	31,694.48	63,388.95	0.20%	21.718% A	2 A
50012043	2	31,690.54	63,381.07	0.20%	21.920% A	2 A
50019066	30.2	2,089.32	63,097.60	0.20%	22.122% A	1 A
50033703	1	62,862.00	62,862.00	0.20%	22.323% A	1 A
50034153	100	626.00	62,600.30	0.20%	22.523% A	3 A
50033143	2	31,272.96	62,545.91	0.20%	22.723% A	1 A
50012608	9	6,831.81	61,486.31	0.20%	22.919% A	1 A
50035680	1	61,266.83	61,266.83	0.20%	23.115% A	1 A
50035996	1	59,911.25	59,911.25	0.19%	23.307% A	3 A

50000426	1	59,224.23	59,224.23	0.19%	23.496%	A	1 A
50012078	3	19,554.23	58,662.68	0.19%	23.684%	A	1 A
50034138	1	57,653.52	57,653.52	0.18%	23.868%	A	1 A
50034137	183	314.64	57,579.47	0.18%	24.052%	A	1 A
50033018	2	28,702.84	57,405.68	0.18%	24.236%	A	1 A
50036421	2	28,621.91	57,243.82	0.18%	24.419%	A	1 A
50033416	1	57,227.00	57,227.00	0.18%	24.601%	A	1 A
50035716	4	14,198.69	56,794.76	0.18%	24.783%	A	3 A
50013708	2	27,327.30	54,654.60	0.17%	24.958%	A	2 A
50034015	100	546.39	54,639.09	0.17%	25.132%	A	3 A
50012164	2	27,149.92	54,299.84	0.17%	25.306%	B	1 A
50011679	3	18,080.10	54,240.29	0.17%	25.479%	A	2 A
50012749	2	27,059.65	54,119.29	0.17%	25.652%	A	3 A
50013419	24	2,237.64	53,703.36	0.17%	25.824%	A	2 A
50020264	1	53,567.79	53,567.79	0.17%	25.995%	A	2 A
50013521	2	26,773.88	53,547.75	0.17%	26.166%	A	2 A
50011861	2	26,712.70	53,425.40	0.17%	26.337%	A	2 A
50036165	1	53,319.15	53,319.15	0.17%	26.508%	A	1 A
50012790	1	53,251.21	53,251.21	0.17%	26.678%	A	3 A
50034509	18	2,950.30	53,105.44	0.17%	26.848%	A	2 A
50033062	1	53,000.00	53,000.00	0.17%	27.017%	A	1 A
50035708	1	52,795.93	52,795.93	0.17%	27.186%	A	2 A
50013739	1	52,522.35	52,522.35	0.17%	27.354%	B	2 B
50013052	1	51,889.32	51,889.32	0.17%	27.520%	A	2 A
50013740	2	25,837.75	51,675.49	0.17%	27.685%	A	2 A
50033905	2	25,788.44	51,576.87	0.16%	27.850%	A	1 A
50011445	2	25,629.31	51,258.61	0.16%	28.013%	A	2 A
50032889	1	50,479.32	50,479.32	0.16%	28.175%	A	2 A
50013610	3	16,786.01	50,358.03	0.16%	28.336%	A	2 A

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Estos son los 100 primeros materiales de la clasificación la cual nos brinda una visión más detallada de los materiales importantes tanto en el proceso como económicamente.

4.1.2 Clasificación de materiales en el almacén de Materia Prima

El proceso fue un poco diferente en el Almacén de Materia Prima, lo primero que se hizo fue bajar todos los materiales clasificados en Planta como Materia Prima, ya que este Almacén tiene diferentes ubicaciones en la planta, es decir mientras que los aceites se encuentran en un lugar a temperatura ambiente, las tintas se encuentran dentro de proceso y el aluminio tiene por si solo un lugar donde se almacena. Después de descargar todos los materiales con esta clasificación al igual que en refacciones obtenemos el stock que se tiene, su unidad de medida que es bastante importante ya que mientras en el Almacén de refacciones todo se mide por piezas, en el Almacén de materia primas, el aluminio se mide en libras, el barniz en litros, algunos compuestos químicos en kilos, etc. Después de tener esto se analiza el stock que hay de cada material y el valor de cada material es decir su valor unitario, después procedemos a obtener su Valor Total, esto nos Servirá para obtener la Clasificación ABC.

En la clasificación 1 2 3 se realizara de manera similar al de Refacciones se toma en cuenta la importancia de los materiales en base al proceso.

En el Almacén de Materia Prima se tiene un número menor comparado con el almacén de refacciones, el total de materiales es de 81.

Tabla 4.2: Clasificación de materiales en el almacén de Materia Prima

Clasificación de Materiales del Almacén de Materia Prima								
Material	Stock total	UM B	Valor Unitario	Valor total	% Valor Acumulado	AB C	1,2,3	αβγ
30003280	623,676	LB	16.97	10,582,197	31.0%	A	1	α
30003277	395,682	LB	19.68	7,785,459	53.9%	A	1	α
30003279	292,561	LB	20.07	5,872,342	71.1%	A	1	α

30003204	332,386	LB	17.48	5,808,564	88.1% A	1 α
30000525	57,588	L	17.29	995,949	91.1% B	1 α
30000839	11	LB	2,960.26	33,333	91.2% C	1 α
30003193	71	LB	244.02	17,433	91.2% C	1 α
30000526	0	L	20.00	0	91.2% C	3 γ
30001033	29,981	LB	17.08	512,072	92.7% B	3 β
30001910	5,200	L	65.56	340,888	93.7% B	2 β
30002981	19,213	LB	16.58	318,552	94.6% B	3 β
30000619	3,800	KG	64.54	245,259	95.4% B	2 β
30003192	1,517	L	104.19	158,076	95.8% B	2 β
30000661	2,600	L	52.39	136,215	96.2% C	2 β
30002895	1,575	PZA	82.59	130,081	96.6% C	2 β
30000603	2,400	PZA	53.95	129,486	97.0% C	2 β
30003038	416	L	207.51	86,407	97.2% C	2 β
30003160	480	KG	158.00	75,840	97.5% C	2 β
30000649	1,800	L	36.24	65,226	97.7% C	2 β
30000616	13,511	KG	4.70	63,502	97.8% C	2 β
30003053	1,248	L	33.43	41,725	98.0% C	2 β
30000667	95	KG	440.00	41,580	98.1% C	2 β
30002689	320	KG	113.92	36,455	98.2% C	2 β
30000614	8,233	KG	4.20	34,547	98.3% C	2 β
30003412	400	PZA	83.41	33,364	98.4% C	2 β
30000618	7	KG	4,564.27	29,668	98.5% C	2 β
30003049	8	PZA	3,335.88	26,687	98.6% C	2 β
30003409	300	PZA	83.17	24,951	98.6% C	2 β

30000651	10	KG	2,445.84	24,458	98.7% C	2 β
30002892	416	L	56.68	23,580	98.8% C	2 β
30003043	7	PZA	3,101.08	21,708	98.8% C	2 β
30003108	624	L	33.61	20,971	98.9% C	2 β
30000615	6,392	KG	3.14	20,071	99.0% C	2 β
30000669	624	L	31.48	19,641	99.0% C	2 β
30002602	544	KG	35.00	19,040	99.1% C	2 β
30000639	200	KG	89.00	17,800	99.1% C	2 β
30003158	277	KG	58.70	16,260	99.2% C	2 β
30000670	48	KG	323.59	15,532	99.2% C	2 β
30000604	150	KG	94.79	14,218	99.3% C	2 β
30002863	416	L	33.02	13,735	99.3% C	2 β
30000662	180	KG	72.27	13,009	99.3% C	2 β
30002866	180	KG	52.53	9,456	99.4% C	2 β
30000641	3,000	PZA	2.97	8,899	99.4% C	2 β
30000668	165	KG	48.93	8,073	99.4% C	2 β
30000659	208	L	30.11	6,262	99.4% C	2 β
30000626	3	KG	2,446.61	6,117	99.4% C	2 β
30002607	50	KG	105.99	5,299	99.5% C	2 β
30003044	7	PZA	649.12	4,544	99.5% C	2 β
30000644	5	PZA	897.92	4,490	99.5% C	2 β
30000643	5	PZA	818.57	4,093	99.5% C	2 β
30000627	2	TO	1,930.00	3,860	99.5% C	2 β
30000654	13	L	267.55	3,344	99.5% C	2 β
30003093	3	PZA	786.55	2,360	99.5% C	2 β

30000617	560	KG	3.78	2,114	99.5% C	2 β
30003042	4	PZA	525.93	2,104	99.5% C	2 β
30000653	38	L	38.58	1,466	99.5% C	2 β
30000647	10	PZA	137.53	1,375	99.5% C	2 β
30000625	27	L	47.60	1,285	99.6% C	2 β
30000645	6	PZA	183.49	1,101	99.6% C	2 β
30000655	7	L	135.80	883	99.6% C	2 β
30000605	300	KG	2.92	876	99.6% C	2 β
30000630	6	L	65.00	390	99.6% C	2 β
30000624	5	L	71.92	360	99.6% C	2 β
30003000	1	L	269.00	269	99.6% C	2 β
30000623	3	L	48.02	144	99.6% C	2 β
30002887	1,600	L	23.84	38,149	99.7% C	3 γ
30003319	14	LB	2,288.30	32,906	99.8% C	3 γ
30000663	624	L	24.31	15,172	99.8% C	3 γ
30003434	59	LB	236.09	13,924	99.9% C	3 γ
30003432	50	LB	234.93	11,639	99.9% C	3 γ
30002961	3	JGO	3,766.33	11,299	99.9% C	3 γ
30000664	456	L	18.07	8,240	99.9% C	3 γ
30002959	2	JGO	3,398.34	6,797	100.0% C	3 γ
30002865	2	CUB	2,823.55	5,647	100.0% C	3 γ
30002864	2	CUB	751.08	1,502	100.0% C	3 γ
30002960	2	JGO	726.31	1,453	100.0% C	3 γ
30002949	1	L	1,400.00	1,400	100.0% C	3 γ
30002946	1	L	187.00	187	100.0% C	3 γ

30000646	4 L	42.70	171	100.0% C	3 Y
30002953	2 L	49.27	99	100.0% C	3 Y
30000657	4 KG	14.67	59	100.0% C	3 Y

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Esta es la clasificación de los materiales que se encuentran en el Almacén de Materia Prima, para análisis de demandas se utilizara todos aquellos que tengan clasificación alfa.

4.1.3 Clasificación de materiales en el almacén de Producto Terminado.

Por último el Almacén de Producto Terminado, este Almacén cuenta con muchos productos o diseños que se tienen que tomar en cuenta, por motivos de confidencialidad de la Empresa Manufacturera no se pondrán los Textos de material como en las refacciones y materias primas solo se usara el número de material para poder diferenciar un producto de otro.

En base al criterio de la Empresa Manufacturera de brindar el mejor servicio a los clientes, solo se tomara en cuenta la clasificación ABC, es decir no se hará distinciones por producir ciertos productos para el cliente.

La clasificación se hará de la misma manera que se hizo para refacciones y materia prima obteniendo los datos del sistema de la Empresa Manufacturera.

Tabla 4.3: Clasificación de materiales en el almacén de Materia Prima

Clasificación de Materiales del Almacén de Producto Terminado						
Material	Stock total	UMB	Valor total	%Valor	%Valor Acumulado	Clasificación ABC
10013048	10,415.48	TS	5,901,511	11.3%	11.3%	A
10009287	7,387.11	TS	4,185,606	8.0%	19.3%	A
10013098	5,007.21	TS	3,355,779	6.4%	25.7%	A
10014183	4,291.84	TS	2,876,349	5.5%	31.2%	A

10013377	3,942.52	TS	2,642,233	5.0%	36.2%	A
10009286	4,461.83	TS	2,528,115	4.8%	41.0%	A
10013047	3,337.23	TS	1,890,909	3.6%	44.7%	A
10013484	2,820.25	TS	1,890,103	3.6%	48.3%	A
10012449	3,242.70	TS	1,837,932	3.5%	51.8%	A
10009288	3,048.98	TS	1,727,582	3.3%	55.1%	A
10013097	2,060.14	TS	1,380,688	2.6%	57.7%	A
10011484	2,375.23	TS	1,345,830	2.6%	60.3%	A
10013631	2,183.46	TS	1,237,168	2.4%	62.6%	A
10009289	1,786.29	TS	1,012,128	1.9%	64.6%	A
10013002	1,427.63	TS	808,910	1.5%	66.1%	A
10013019	1,246.49	TS	706,272	1.3%	67.5%	A
10014121	1,051.86	TS	704,944	1.3%	68.8%	A
10013761	1,191.90	TS	675,340	1.3%	70.1%	A
10014184	928.543	TS	622,301	1.2%	71.3%	A
10013628	1,089.98	TS	617,593	1.2%	72.5%	A
10014291	1,061.97	TS	601,723	1.1%	73.6%	A
10013471	1,061.19	TS	601,282	1.1%	74.8%	A
10014362	943.325	TS	534,497	1.0%	75.8%	A
10014215	904.814	TS	512,677	1.0%	76.8%	A
10014061	878.362	TS	497,689	1.0%	77.7%	A
10014310	748.925	TS	462,656	0.9%	78.6%	A
10014059	804.452	TS	455,811	0.9%	79.5%	A
10011295	654.687	TS	438,765	0.8%	80.3%	B
10013794	543.822	TS	364,464	0.7%	81.0%	B
10013001	627.258	TS	355,411	0.7%	81.7%	B
10012849	626.29	TS	354,862	0.7%	82.4%	B
10014122	502.199	TS	336,569	0.6%	83.0%	B
10013174	588.946	TS	333,703	0.6%	83.6%	B
10012314	582.333	TS	329,956	0.6%	84.3%	B
10013968	467.189	TS	313,106	0.6%	84.9%	B
10013000	539.154	TS	305,490	0.6%	85.5%	B
10013501	428.678	TS	287,296	0.5%	86.0%	B
10014256	398.336	TS	266,961	0.5%	86.5%	B
10014255	454.352	TS	257,440	0.5%	87.0%	B
10013556	438.014	TS	248,183	0.5%	87.5%	B
10013026	435.87	TS	246,968	0.5%	87.9%	B
10012991	429.845	TS	243,555	0.5%	88.4%	B
10013121	357.102	TS	239,326	0.5%	88.9%	B

10014033	348.933	TS	233,852	0.4%	89.3%	B
10013113	348.544	TS	233,591	0.4%	89.8%	B
10014244	405.338	TS	229,669	0.4%	90.2%	B
10013598	335.707	TS	224,988	0.4%	90.6%	B
10013024	367.605	TS	208,289	0.4%	91.0%	B
10014332	252.072	TS	187,451	0.4%	91.4%	B
10012949	266.076	TS	178,321	0.3%	91.7%	B
10014333	264.131	TS	177,018	0.3%	92.1%	B
10013796	308.477	TS	174,786	0.3%	92.4%	B
10014334	252.072	TS	168,936	0.3%	92.7%	B
10013025	286.105	TS	162,110	0.3%	93.0%	B
10013818	277.746	TS	157,374	0.3%	93.3%	B
10012741	248.96	TS	141,063	0.3%	93.6%	B
10013159	238.846	TS	135,333	0.3%	93.9%	B
10014068	225.331	TS	127,675	0.2%	94.1%	B
10013112	183.997	TS	123,313	0.2%	94.3%	B
10013114	180.107	TS	120,706	0.2%	94.6%	B
10014186	180.107	TS	120,706	0.2%	94.8%	B
10013095	205.003	TS	116,157	0.2%	95.0%	C
10012297	203.836	TS	115,496	0.2%	95.2%	C
10013863	195.378	TS	110,703	0.2%	95.5%	C
10014295	178.551	TS	110,298	0.2%	95.7%	C
10014339	189.483	TS	107,363	0.2%	95.9%	C
10014345	185.942	TS	105,355	0.2%	96.1%	C
10012929	176.995	TS	100,287	0.2%	96.3%	C
10013662	175.439	TS	99,405	0.2%	96.5%	C
10013018	169.215	TS	95,879	0.2%	96.6%	C
10013644	159.879	TS	90,589	0.2%	96.8%	C
10013607	157.934	TS	89,487	0.2%	97.0%	C
10014261	149.765	TS	84,858	0.2%	97.1%	C
10012850	143.152	TS	81,111	0.2%	97.3%	C
10013147	137.706	TS	78,026	0.1%	97.4%	C
10014190	109.698	TS	73,518	0.1%	97.6%	C
10007764	128.759	TS	72,956	0.1%	97.7%	C
10013424	124.091	TS	70,311	0.1%	97.9%	C
10013768	117.478	TS	66,564	0.1%	98.0%	C
10014041	116.311	TS	65,903	0.1%	98.1%	C
10012795	114.566	TS	64,914	0.1%	98.2%	C
10013636	112.421	TS	63,699	0.1%	98.4%	C

10014069	111.643	TS	63,258	0.1%	98.5% C
10013480	111.254	TS	63,038	0.1%	98.6% C
10013479	96.861	TS	54,882	0.1%	98.7% C
10014251	92.582	TS	52,458	0.1%	98.8% C
10014228	89.47	TS	50,695	0.1%	98.9% C
10014257	73.521	TS	49,273	0.1%	99.0% C
10013557	84.024	TS	47,609	0.1%	99.1% C
10013843	83.246	TS	47,168	0.1%	99.2% C
10014035	75.077	TS	42,539	0.1%	99.3% C
10014243	74.688	TS	42,319	0.1%	99.3% C
10013324	72.743	TS	41,217	0.1%	99.4% C
10013476	63.018	TS	35,707	0.1%	99.5% C
10008041	59.128	TS	33,503	0.1%	99.5% C
10012817	43.568	TS	29,199	0.1%	99.6% C
10012704	37.344	TS	25,028	0.0%	99.7% C
10013029	42.012	TS	23,804	0.0%	99.7% C
10012719	38.122	TS	21,600	0.0%	99.7% C
10001028	32.676	TS	18,515	0.0%	99.8% C
10014123	26.841	TS	17,989	0.0%	99.8% C
10014250	29.564	TS	16,751	0.0%	99.8% C
10013663	29.175	TS	16,531	0.0%	99.9% C
10012844	23.729	TS	15,903	0.0%	99.9% C
10014323	20.617	TS	12,763	0.0%	99.9% C
10013653	18.283	TS	12,253	0.0%	100.0% C
10013063	7.78	TS	4,408	0.0%	100.0% C
10002850	8.169	TS	4,335	0.0%	100.0% C
10009704	6.224	TS	4,171	0.0%	100.0% C
10010168	7.002	TS	3,967	0.0%	100.0% C
10012818	5.446	TS	3,650	0.0%	100.0% C
10014306	2.723	TS	2,139	0.0%	100.0% C
10013559	2.723	TS	1,543	0.0%	100.0% C
10012846	1.945	TS	1,304	0.0%	100.0% C

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Esta es la clasificación de producto terminado aquí se tomara todos los materiales con clasificación A es decir con gran valor económico para la planta.

4.2 Análisis de las Demandas

Como una de las partes más importantes del análisis son las demandas y/o consumos de cada material para poder determinar qué modelo aplicar y como aplicarlo este análisis se realizara con los materiales que tengan clasificación alfa estos se pueden consultar en los anexos donde vienen todas las clasificaciones.

Los consumos de cada uno de los materiales se obtuvieron del sistema del historial que guarda la planta sobre, los consumos de materiales, materias primas y las demandas de productos que genera la empresa.

El análisis de las demandas se hará con los desarrollos ya vistos en capítulos anteriores, a partir de nuestros datos se obtendrán medias, varianzas, a partir de esto se obtendrá el coeficiente de variación con la formula ya descrita en el capítulo 2.

El coeficiente de Variación es en gran medida nuestro dato más importante del análisis de las demandas, como ya lo mencionamos este análisis de demandas nos permitirá definir qué modelo aplicar a cada almacén.

4.2.1 Análisis de Demandas del Almacén de Materia Prima.

En el almacén de Materia Prima la demanda se comporta de manera diferente. La demanda es determinística debido a que se pactan ciertos volúmenes de compra para un periodo es decir la demanda está dada por los contratos que decide el grupo al que pertenece la empresa por lo cual es determinística. Se realizó el análisis de las demandas de esta empresa sacando el coeficiente de variación de cada material que se quedó con la clasificación alfa.

A continuación presentamos los materiales que tuvieron la clasificación alfa así como sus demandas y el coeficiente de variación.

Tabla 4.4: Coeficientes de variación de materiales en el almacén de Materia Prima

Análisis de Demandas del Almacén de Materia Prima							
Material	30000525	30000839	30003193	30003204	30003277	30003279	30003280
Mes/Unidad de Medida	L	LB	LB	LB	LB	LB	LB
feb-10	114707.6	24.123					
mar-10	189384.5	25.123					
abr-10	176307.4	26.712					
may-10	163395.3	21.346					
jun-10	198950	28.78					
jul-10	217244.5	24.458					
ago-10	154760.3	23.558					
sep-10	183416.4	33.604					
oct-10	145041.4	20.943					
nov-10	158701.2	39.7					
dic-10	133413.2	29.78	25.234	698112.1	546949.6	1778395	3053221
ene-11	153221.2	23.543	26.943	700123.1	600124.2	2002401	3025012
feb-11	154011.2	21.6	21.65	815913.9	549076.6	1935122	3015126
mar-11	148874.2	19.7	19.123	755913.1	771241.1	1899151	2999513
abr-11	164777.8	20.12	28.12	717292.2	591201.1	1862750	3091825
may-11	173774.1	29.12	23.123	781144	555151.3	1812592	3995912
jun-11	166496.9	18.58	26.144	555791	600151.4	1871252	2995125
jul-11	176400.6	21.93	8.223	764104	666151.6	1951812	3001513
ago-11	157627	22.94	21.35	777028	555151.1	1591252	3114513
sep-11	162997.9	24.72	21.284	939444	634763.4	1820412	3053221
oct-11	169549.1	25.12	22	510780	562970	1773407	3000878
nov-11	156957	14.116	27.628	800124.9	430112.1	1888124	2555864
dic-11	134291.9	12.88	27.628	555173.1	564904.9	1771057	1439075
ene-12	150363.2	25.912	21.5	779096	552505.3	1773256	2672039
feb-12	151896.6	26.792	26.133	683912	591051.1	1682504	2793495
mar-12	154019.8	25.482	28.912	594590	576488.1	1818486	2920473
abr-12	154318.9	25.012	33.24	669777	578260.8	3162800	1439075
may-12	158690.3	27.987	35.12	908383	435491	2119666	3117960

jun-12	164391.9	21.396	31.93	813124.1	600124.2	1998630	4208752
jul-12	178977.5	23.123	28.63	999241.1	566159.7	1899552	3325538
ago-12	162132.6	27.94	27.94	1112074	694867	1880370	4062263
sep-12	151104.4	21.12	26.628	609741	362625	1827861	4144025
oct-12	159220.8	26.123	29.873	472716	574233.3	2246460	2768412
nov-12	178710.7	22.123	31.16	862484	948031	1056000	3162796
dic-12	139523.5	21.47	27.512	793241.2	596902.1	1931350	2562637
ene-13	153893	25.12	26.531	749174	558006.4	2179910	4024526
feb-13	135049.6	27.123	33.491	794370	398869	1768330	2954971
mar-13	161019.9	22.987	27.25	828863	785266	2507952	2858595
abr-13	154886.7	26.322	30.158	971486	565773.3	1408045	3786819
may-13	164518.9	23.766	31.039	979680	574561.5	1067509	3211170
jun-13	144372.5	24.72	35.7	545560	491135	1873613	3245068
jul-13	157860.5	26.322	32.931	766740.6	634763.4	1889738	3095322
Promedio	160220.3	24.36514	27.004	759537.4	584783.2	1876555	3084210
Desviación Estándar	17872.11	4.46734	5.381313	148130.7	108772.4	358759.4	615270.6
Coefficiente de Variación	0.111547	0.18335	0.199278	0.195027	0.186005	0.19118	0.19949

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Como podemos ver el coeficiente de variación en todos los materiales es menor a 0.2 como ya se comentó en el capítulo anterior al cumplir con este requisito la demanda se considera constante y por lo ya comentado es determinística, entonces la demanda del almacén de Materia Prima de Determinística y constante por lo que se puede utilizar el modelo EOQ para este almacén.

4.2.2 Análisis de Demandas del Almacén de Producto Terminado.

Por último el almacén de Producto Terminado este almacén concentra toda la lata ya fabricada de cada diseño y tamaño (12 y 16 oz), cada mes el área de planeación de la planta recibe las demandas que quieren los clientes estas se pactan por medio de un

contrato, es decir al principio de cada periodo ya se sabe de cuanto es la demanda, esta es determinística, el análisis de las demandas se realizó en base al coeficiente de variación de cada producto, cabe mencionar que se analizaran solo los materiales de clasificación A, los de mayor valor económico en la producción.

En este trabajo para ejemplificar como se realizó el análisis se presentaran algunos materiales, todos los materiales y su respectivo análisis vienen incluidos en la parte de Anexos.

La demanda está dada en miles de latas, por motivos de confidencialidad solo se mostraran los numero de material como productos sin que aparezca la descripción de cada material.

Tabla 4.5: Coeficientes de variación de materiales en el almacén de Producto Terminado

Análisis de Demandas del Almacén de Producto Terminado								
Material	10009286	10009287	10009288	10009289	10011484	10012449	10013002	10013019
feb-08	1,005.18	96.083	2,818.31	922.319	0	0	0	0
mar-08	998.174	238.068	5.446	338.041	0	0	0	0
abr-08	744.546	164.158	5.446	323.259	0	0	0	0
may-08	522.816	248.96	5.446	145.875	0	0	0	0
jun-08	374.996	1,165.83	5.446	162.213	0	0	0	0
jul-08	354.379	484.305	5.446	193.333	0	0	0	0
ago-08	506.867	537.209	71.965	47.458	0	0	0	0
sep-08	61.073	192.555	380.053	109.698	0	0	0	0
oct-08	63.796	175.439	235.345	262.575	0	0	0	0
nov-08	51.737	7.78	8.558	19.839	0	0	0	0
dic-08	51.737	5.446	3.112	22.173	0	0	0	0
ene-09	8.558	6.613	3.112	7.391	0	0	0	0
feb-09	41.234	0	51.737	32.676	0	0	0	0
mar-09	41.234	14.782	62.24	66.519	0	0	0	0
abr-09	41.234	14.782	108.142	70.798	0	0	0	0
may-09	85.58	116.311	1,688.26	1,531.88	0	0	0	0
jun-09	47.069	659.744	2,010.35	1,787.84	0	0	0	0
jul-09	14.782	51.348	33.065	91.804	0	0	0	0

ago-09	0	7.002	18.283	17.894	0	0	0	0
sep-09	43.568	264.52	18.283	17.894	0	0	0	0
oct-09	860.079	4,392.98	25.674	1,316.38	0	0	0	0
nov-09	14.004	96.861	9.725	42.012	1.556	0	0	0
dic-09	5.446	10.114	9.725	38.511	6.224	0	0	0
ene-10	2,342.17	4,158.80	59.128	112.81	19.45	0	0	0
feb-10	7.391	1,623.69	73.91	13.226	17.116	0	0	0
mar-10	1,706.15	232.233	4,194.59	805.619	2,213.80	0	0	0
abr-10	19.45	89.859	2,027.08	1,336.22	959.663	0	0	0
may-10	37.344	304.587	40.456	2.723	298.363	0	0	0
jun-10	5.057	15.949	11.281	99.584	0	0	0	0
jul-10	5.446	10.503	7.391	34.232	6.613	0	0	0
ago-10	28.397	29.564	413.896	17.505	6.613	0	0	0
sep-10	207.726	671.025	26.841	24.896	76.244	0	0	0
oct-10	30.731	91.026	41.623	18.283	23.729	0	0	0
nov-10	3.501	58.35	315.868	46.291	90.248	0	0	0
dic-10	8.947	7.002	1,111.37	7.391	2,010.35	980.28	0	0
ene-11	22.951	5,799.21	573.775	236.512	1,558.72	392.112	0	0
feb-11	827.014	29.175	17.116	17.894	128.37	1,740.00	0	0
mar-11	1,275.53	412.729	272.3	882.641	462.521	1,315.21	0	0
abr-11	3,991.14	4,215.59	120.59	24.896	18.672	825.069	0	0
may-11	2,564.29	240.402	1,109.43	105.808	1,326.88	245.07	0	0
jun-11	100.362	61.462	1,903.38	161.046	727.43	452.407	0	0
jul-11	32.676	138.484	22.951	17.116	8.169	68.464	0	0
ago-11	20.617	115.922	87.136	5.835	14.393	68.464	1,072.28	364.882
sep-11	43.179	61.073	5.835	35.399	10.892	1,473.92	1,209.40	945.659
oct-11	2,887.55	4,234.65	1,892.10	1,228.07	14.782	1,349.05	690.086	834.405
nov-11	3.112	12.448	7.002	1.945	19.45	858.912	771.387	603.339
dic-11	58.739	0	33.065	3.501	15.171	2,718.33	1,027.93	828.57
ene-12	12.448	10.503	13.226	76.633	13.615	2,293.16	2,123.55	1,489.29
feb-12	534.523	387.218	145.97	42.633	14.702	2,931.50	2,370.37	1,691.57
mar-12	3,359.44	263.905	195.762	65.973	632.045	1,820.52	1,992.07	1,469.84
abr-12	583.111	3,369.91	205.781	3.89	87.525	5,606.27	1,387.95	623.956
may-12	151.321	259.852	1,543.55	776.444	725.485	4,009.81	1,062.36	565.605

jun-12	80.134	324.815	262.964	6.613	62.24	3,127.56	1,031.24	725.635
jul-12	234.178	1,373.56	450.462	49.014	14.393	1,918.55	1,515.16	1,099.73
ago-12	11.281	241.958	18.283	29.953	16.727	3,612.25	1,707.32	1,658.89
sep-12	1,812.74	6,507.19	2,662.32	760.106	3,202.64	2,961.46	1,285.06	962.386
oct-12	3,109.67	1,649.75	3,289.00	1,161.94	682.306	885.364	2,983.24	1,388.39
nov-12	2,964.96	2,182.68	358.658	914.539	1,036.30	4,129.62	1,424.13	661.105
dic-12	291.361	308.866	43.957	42.401	251.294	2,940.84	968.223	1,078.31
ene-13	243.903	124.869	1,145.61	606.062	58.739	1,217.18	1,981.37	1,213.29
feb-13	103.474	1,895.60	1,825.58	11.67	2,063.26	1,217.18	1,436.61	1,080.64
mar-13	944.881	1,655.58	1,145.61	309.255	19.061	1,217.18	1,488.12	1,307.04
abr-13	3,032.26	5,298.57	22.173	641.85	609.952	3,749.57	919.207	1,589.84
may-13	243.514	2,791.08	20.228	38.511	1,776.95	2,712.11	960.441	593.225
jun-13	172.716	10.892	2.723	41.623	172.327	3,167.63	1,154.16	815.336
jul-13	147.82	692.42	49.403	890.81	122.535	1,689.04	966.466	1,226.52
ago-13	205.003	3,113.17	90.637	211.616	329.094	1,264.25	665.19	702.923
sep-13	205.003	270.355	50.959	86.747	303.809	602.561	679.194	644.763
oct-13	12.059	7.002	0	3.501	364.104	732.487	2,267.67	1,864.87
nov-13	500.643	4,353.30	0	1,436.97	1,797.96	1,067.42	520.482	883.03
dic-13	405.727	292.139	0	10.503	667.135	1,067.42	1,073.83	1,523.91
Promedio	584.93	971.12	499.92	296.16	352.95	963.78	545.56	428.69
Desviación Estándar	964.4839	1593.315	889.4186	449.2279	657.7596	1316.003	753.0089	575.3523
Coeficiente Variación	1.6489	1.640692	1.779133	1.516862	1.863594	1.365463	1.380259	1.34212

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Como podemos ver el coeficiente de variación de todos los materiales es mayor a 0.2 por lo que su demanda no es constante, más bien es dinámica, pero determinística, por lo que se ocupara un análisis con ARENA para poder asignar distribuciones a las demandas de los materiales.

Este análisis se puede ver de manera más detallada en el apartado anexos donde vendrá un análisis detallado por material que nos proporcionara histograma, distribución, parámetros, entre otros detalles sobre la demanda de cada uno de nuestros materiales.

4.2.3 Análisis de Demandas del Almacén de Refacciones

Para este análisis tomaremos los materiales que tengan una clasificación alfa, que ya se explicó en el capítulo anterior, aparte de esta clasificación de materiales la empresa requirió ser más específico con el análisis y solo analizar los materiales de mayor rotación, en específico aquellos que se consumen por lo menos una vez al mes.

Los materiales del almacén de refacciones no tienen una demanda determinística es decir no se sabe con exactitud cuánto se va a consumir de cada material debido al funcionamiento de las maquinas, entre otras cosas, y tampoco se comportan de manera constante ya que el coeficiente de variación de los materiales no es menor a 0.2 lo requerido para poder tomar como constante una demanda, por lo que se necesitó realizar un análisis más exhaustivo sobre la demanda de material para poder saber cómo se distribuía.

Este análisis se realizó con un software especial de simulación llamado ARENA, este software nos permite en base a algunas pruebas determinar cuál es la distribución que mejor se asemeja al comportamiento de la demanda de cada material. Algunas de las pruebas que realiza son la chi-cuadrada y la de Kolmogorov para poder determinar que distribución utilizar.

El análisis por material nos arroja la distribución, el error cuadrático medio, los parámetros de la distribución, la prueba chi-cuadrada y la estadística de Kolmogorov-Smirnov sea el caso, un pequeño resumen de cuantos datos tiene la demanda, el valor máximo, el mínimo así como la media y la desviación estándar de la serie y su histograma.

El análisis de todas las demandas de este almacén se podrán encontrar en el apartado anexo.

4.3 Análisis de los diferentes costos de la Planta

Como ya se platicó en capítulos anteriores, una parte fundamental en el desarrollo de una política de Inventarios son los diferentes costos que intervienen en el almacenamiento, de materiales y/o productos, los costos por ordenar o por producir y los costos por déficit, cada uno de estos costos tienen diferente forma de calcularse.

Para cada almacén los costos varían dependiendo de las circunstancias de los mismos, a continuación describiremos cada uno de los costos y su determinación en cada almacén.

4.3.1 Costo por ordenar

Empezaremos describiendo el costo por ordenar, en capítulos anteriores más específicamente en el marco teórico, definimos el costo por ordenar como: el costo fijo incurrido cuando se coloca un pedido, es independiente de la cantidad pedida. (Sasieni, M. W., Friedman, L., & Yaspan, A., 1970).

El costo por ordenar como ya mencionamos es un costo fijo, este costo fijo debe tomar en cuenta todos los gastos incurridos en la colocación de pedidos.

Este costo lo obtendremos por pedido es decir se realizara una concentración de todos los gastos incurridos en un año, y se asignara un promedio por pedido, ya que este es independiente de la cantidad pedida y de lo pedido, para ejemplificar esto diremos que los sueldos y salarios serán los mismos si se pide una herramienta de \$100 que si se pide una de \$10 ya que el proceso de cotización los gastos en papelería entre otras cosas se gastan por igual.

Empezaremos desglosando este costo primero por la parte de sueldos y salarios, esta información es obtenida en base al presupuesto 2014 que tiene la Empresa de Manufactura, incluiremos no solo los sueldos y salarios si no prestaciones, impuestos por los mismos y otras prestaciones. A este monto lo llamaremos sueldos.

Por otra parte también se tienen que tomar en cuenta gastos administrativos, copias llamadas, papelería, etc. A este monto le llamaremos Gastos Administrativos.

Para integrar el costo por ordenar simplemente lo que haremos será realizar la suma de ambos de Sueldos y Gastos administrativos.

$$\text{Costo por ordenar} = \text{Gastos administrativos} + \text{Sueldos.}$$

Sustituyendo los datos tenemos.

$$\begin{aligned} \text{Costo por ordenar} &= \text{Sueldos (905,904.59)} + \text{Gastos Administrativos} \\ & \quad (173,100) = 1,079,004.59 \end{aligned}$$

Este es el costo por ordenar en todo un año, como ya comentamos estos costos son sacados del presupuesto, y nosotros requerimos de un costo por pedido.

El número de pedidos se obtendrá en base a los pedidos colocados en el año anterior como un histórico.

En ese año se hicieron un total de 11,325 pedidos, estos incluyen pedidos sobre: refacciones, materias primas, aluminio, artículos de limpieza, entre otras. Por lo que para obtener un costo por ordenar por pedido dividiremos el costo por ordenar anual entre el número de pedidos.

$$\frac{\text{Costo por Ordenar}}{\text{Numero de Pedidos}} = \frac{1079004.59}{9509} = \$113.5$$

Este sería el costo de ordenar por pedido que tomaríamos en cuenta para los modelos de inventarios.

4.3.2 Costo de Almacenamiento

El siguiente costo que analizaremos es el costo de almacenamiento este costo de almacenamiento reúne todos los costos involucrados en tener materiales o producto parado.

Como ya comentamos en capítulos anteriores específicamente en la definición de costo de almacenamiento este incluye varios factores de ellos se tomaran en cuenta los siguientes:

- Bodegas: En la empresa Manufacturera, los almacenes de refacciones, materias Primas y Producto Terminado se encuentran dentro de la empresa en un espacio destinado para los mismos, por lo que no se tomara en cuenta este costo para el análisis ya que no se tiene ninguna Bodega.
- Obsolescencias y daño: estos los tomaremos como aquellos materiales de lento movimiento o que ya se encuentren dañados, se tienen listados de cada almacén.
- Seguros: Como tal la Empresa Manufacturera paga un seguro por toda la empresa: maquinaria, producto, materiales, edificio, etc. Lo que se realizara será un prorrateo de lo que paga de seguro por tener cierto nivel de inventario.
- Impuestos, Administración y Otros: Como tal existen cuentas asignadas a este tipo de gastos en el presupuesto 2014 de la Empresa Manufacturera.

Todos estos rubros pertenecen a los costos de Inventario que no son de capital, por otra parte tenemos los costos de Inventario que son de capital.

Estos costos son prácticamente lo que estás perdiendo por tener inventario, esto es el capital total que tienes en inventario de cada almacén por la WACC.

La WACC, como ya lo definimos en capítulos anteriores es simplemente el costo de oportunidad. En la Empresa Manufacturera la WACC es determinada por los inversionistas del grupo.

La WACC que determinan los inversionistas para la Empresa Manufacturera es del 10%, trabajaremos con esta tasa para obtener los costos de Inventario que son de capital.

En la parte de Obsolescencia, tomaremos en cuenta todos aquellos materiales que no se han consumido ya en mucho tiempo, es decir que son de lento movimiento.

A continuación presentaremos los materiales integrados por cada almacén para obtener el costo de almacenamiento.

Tabla 4.6: Costo de materiales obsoletos en Materia Prima

OBSOLETOS DE MATERIA PRIMA

SAP	Texto breve de material	Actual	U/M	Unitario	Total	Días sin mov
30002959	QTR REACTIVO ZincoVer 5 NALCO	2	JGO	\$ 3,398.34	\$ 6,796.67	1,213
30002961	QTR KIT REACTIVOS PARA SÍLICE NALCO	3	JGO	\$ 3,766.33	\$ 11,299.00	818
30002960	QTR REACTIVO PARA FIERRO NALCO	2	JGO	\$ 726.31	\$ 1,452.62	605
30000646	QPR SOL VOLUMETRICA PH 11.33 CRISOL	4	L	\$ 42.70	\$ 170.81	574
30002946	QTR ÁCIDO CLORHÍDRICO 1:1 CRISOL	1	L	\$ 187.00	\$ 187.00	544
30000663	AYG ACEITE DTE HEAVY MEDIUM MOBIL	624	L	\$ 24.31	\$ 15,172.14	513
Valor Total					\$ 35,078	

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Esta es la cantidad de materiales obsoletos que se encuentran en materia prima son materiales que tienen más de un año sin consumirse.

En el Almacén de refacciones se consideran de lento movimiento todos aquellos que llevan más de dos años sin tener uso, actualmente son bastantes, la tabla de todos los materiales que tienen más de dos años sin moverse a continuación veremos el monto total de la obsolescencia y su relación con el inventario total.

Tabla 4.7: Materiales Obsoletos

Inventario Total	\$ 30,581,938
Inventario Obsoleto	\$ 15,688,575
Porcentaje de Obsolescencia	48.70%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Por ultimo enlistaremos los materiales de Producto Terminado los cuales se consideran de lento movimiento después de 6 meses que no se vende el producto, como ya comentamos se presentan los productos por número de material por criterios de privacidad de la empresa.

Tabla 4.8: Materiales Obsoletos en el almacén de Producto Terminado

Material	Ultimo consumo	Stock total	UMB	Valor Total
10012844	16/11/2012	23.729	TS	\$ 15,902.94
10012817	18/11/2012	43.568	TS	\$ 29,198.84
10012818	18/11/2012	5.446	TS	\$ 3,649.85
TOTAL 16oz		72.743		\$ 48,751.63

Material	Ultimo consumo	Stock total	UMB	Valor Total
10007764	24/11/2011	128.759	TS	\$ 72,956.14
10013424	10/04/2012	124.091	TS	\$ 70,311.20
10013147	18/05/2012	137.706	TS	\$ 78,025.60
10013636	05/07/2012	112.421	TS	\$ 63,698.86
10008041	11/10/2012	59.128	TS	\$ 33,502.52
10013029	22/12/2012	42.012	TS	\$ 23,804.42
TOTAL 12oz		634.848		\$ 342,298.74
Total		707.591		\$ 391,050.37

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

La suma de materiales de Obsoletos de todos los materiales de Producto Terminado es \$391,050

Por medio de todos estos datos se podrá determinar el monto de obsoletos que impactara en el costo de almacenamiento del modelo.

El costo por seguros es un gasto que hace la empresa Manufacturera por toda la planta, este fue sacado del presupuesto 2014 en base a un prorrateo del seguro se asignara una parte para cada almacén.

Los gastos administrativos dependen de la gente que está trabajando en los diferentes almacenes y algunos gastos destinados a los mismos.

Cabe mencionar que los montos tanto del seguro como de la distribución entre los almacenes, y los gastos administrativos es información confidencial de la empresa a continuación solo mencionaremos los montos asignados a cada almacén.

Almacén de Refacciones: \$135,656

Almacén de Materia Prima: \$173,107

Almacén de Producto Terminado: \$205,224

Por ultimo haremos una unificación de todos los gastos ya mencionados, estos se integraran para formar un costo de almacenamiento por almacén.

Ejemplificaremos un poco la forma de obtener el costo de almacenamiento.

$$h_{Alm Ref} = \$ 15,688,575 + \$ 135,656 + (10\% * (30,581,938)) = \$ 18,882,426$$

$$h_{Alm MP} = \$ 35,078 + \$ 173,107 + (10\% * (39,024,634)) = \$ 4,110,649$$

$$h_{Alm PT} = \$ 391,050 + \$ 205,224 + (10\% * (\$46,264,898)) = \$ 5,222,764$$

Como podemos ver los costos de inventario están dados por todo un año, en la aplicación del modelo trabajaremos esos costos para poder utilizarlos por el ciclo de pedido o del material.

4.3.3 Costo por Déficit

Por ultimo analizaremos el costo por déficit es decir por no tener en almacén algún producto, refacción o materia prima que se requiera, este costo es un poco complicado ya que toma en cuenta desde algún empeoramiento en el proceso como que se agrave la descompostura en una maquina hasta la pérdida de un cliente.

Por fortuna para la empresa manufacturera la realidad cambia un poco en cualquiera de los escenarios, un déficit en producto terminado es complicado ya que al producir latas, no solo nuestra empresa tiene un almacén de las mismas los clientes cuentan también con cantidades a consignación para evitar estos problemas, en el caso de materia prima y refacciones lo que podría pasar en el peor de los casos es el paro total de la planta, existen proveedores que trabajan o que consiguen en poco tiempo ciertos materiales o refacciones, solo que los venden a un precio más caro, las variaciones dependen del material y del proveedor pero para este caso utilizaremos el doble del costo de material, como un gasto extra al costo normal del material en caso de necesitar con urgencia el material, es decir si no se tiene el material y se pide de urgencia un material con valor de \$10,000 la empresa manufacturera pagaría el triple por él es decir \$30,000, ya que esto incluye transportación, gastos de proceso y una mayor utilidad para el proveedor.

4.4 Aplicación del Modelo

Como ya vimos para el poder desarrollar una política de inventarios se necesitan muchas herramientas, tanto de matemáticas, finanzas, investigación de operaciones, etc. Lo importante es la capacidad de aterrizar todos los modelos abstractos a la realidad, en este capítulo realizaremos eso la aplicación del modelo y el análisis de cada beneficio que se obtiene de los mismos.

Ya se realizó la clasificación de los materiales por lo que, tenemos una clara visión de sobre que trabajar, también se realizó el análisis de las demandas, así que también tenemos como trabajar. Cada uno de los costos nos proporciona parámetros de control sobre nuestra política de inventarios.

Se seguirá trabajando como hasta el momento realizaremos la aplicación del modelo por almacén para poder trabajar.

4.4.1 Almacén de Materia Prima

Como ya comentamos en capítulos anteriores el modelo para el desarrollo de la política de inventarios en el almacén de Materia Prima es un modelo EOQ, ya que la naturaleza de su demanda determinística y constante como ya se demostró en el análisis de las demandas de los materiales cumple con los requisitos para poder ocupar el Modelo de cantidad económica de pedido.

Por otra parte, se realizara el análisis para 7 materiales de los cuales ya se analizó la demanda, estos 7 materiales representan aproximadamente el 91% del valor del almacén.

A continuación enunciaremos los datos que utilizaremos para nuestro modelo.

Costo por ordenar por pedido (k)=\$**113.5**

Demanda (D)=se tiene una demanda diferente para cada tipo de material esta está dada en diferentes unidades sea el caso del material (libras, galones, etc.) por un mes.

Costo de almacenamiento (h)= Como vimos en el capítulo anterior se obtuvieron costos de almacenamiento totales es decir por cada almacén, lo que haremos para sacar el costo por mantener una unidad de dicho material será obtener el costo mensual por almacén y dividir este costo entre el número total de nuestras unidades de material, (cabe mencionar que son diferentes, pero para el análisis tomaremos que cuesta lo mismo almacenar un litro que un kilo).

$$\frac{\text{Costo por almacenar mensual}}{\text{numero de unidades en el almacen}} = \frac{\$342,554}{1,701,976} = \$0.2013$$

Este costo de almacenamiento es lo que te cuesta tener una unidad de cualquier material por un mes.

Tiempo de entrega (L)= el tiempo de entrega es lo que se tarda el proveedor en traer el material desde que se pone la orden de compra hasta que el material llega a planta.

Tabla 4.9: Costo de Materiales de Materia Prima

Material	Demanda	Tiempo Entrega (Meses)	Cantidad a Pedir	Longitud del ciclo	LeD	Costo Total
30003280	3,084,210.36	0.50	323,041.04	3.142	1,542,105.18	\$ 2,167.27
30003277	584,783.17	0.67	140,664.06	7.216	389,855.45	\$ 471.85
30003279	1,876,554.93	0.50	251,980.16	4.028	938,277.47	\$ 845.26
30003204	759,537.39	0.50	160,309.88	6.332	379,768.70	\$ 537.76
30000525	160,220.29	0.70	73,628.25	13.786	112,154.20	\$ 246.98
30000839		0.53				\$ 3.05

	24.37		907.97	1,117.950		
30003193	27.00	0.70	955.87	1,061.923		\$ 3.21

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Aplicando el modelo para cada material estos serían los resultados como podemos ver tenemos tanto la cantidad a ordenar el tiempo ciclo y hasta qué punto debe de llegar nuestro inventario para volver a ordenar.

El modelo nos arroja una política de Inventarios que nos responde a las preguntas de cuanto pedir y cuando pedir, con una metodología basada en programación no lineal, tomando en cuenta la demanda.

Por ultimo analizaremos las diferencias entre nuestro el modelo y el que se venía aplicando en la planta, como ya se comentó en capítulos anteriores la Empresa Manufacturera lo que hace es pedir conforme a la demanda sin tomar en cuenta los costos incluidos en el proceso. Lo que realizaremos será tomar los costos que ya analizamos y sustituiremos los valores que actualmente se usan.

Tabla 4.10: Ahorro en almacén de Materiales de Materia Prima

Material	Demanda	Stock en Inventario	Costo Total Actual	Costo Total	Ahorro
30003280	3,084,210.36	623,676.00	10,459.40	2,167.27	8,292.14
30003277	584,783.17	395,682.00	2,075.14	471.85	1,603.29
30003279	1,876,554.93	292,561.00	6,408.36	845.26	5,563.09
30003204	759,537.39	332,386.00	2,661.35	537.76	2,123.59
30000525	160,220.29	57,588.35	650.95	246.98	403.97

30000839	24.37	11.26	113.58	3.05	110.54
30003193	27.00	71.44	113.59	3.21	110.38
Total			22,482.37	4,275.37	18,207.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

4.4.2 Almacén de Producto Terminado

El almacén de producto terminado, como ya comentamos su demanda se comporta de manera dinámica pero determinística ya que cada mes se establece un contrato con el cliente para saber la demanda, por lo que en este almacén no se requiere saber cuánto hay que producir ya que cuentas con el dato exacto de la demanda, lo que se requiere es tener un inventario de seguridad, este inventario de seguridad su función es absorber las variaciones que podría tener la demanda en periodos posteriores.

El cálculo de este Stock de seguridad se realizara tomando un intervalo de confianza, el cual nos permitirá asegurar que dentro de ese intervalo de confianza se puede satisfacer la demanda.

Como desarrollamos en capítulos anteriores se realizara el análisis de las demandas con arena para saber que distribución ocupar en cada material.

Una vez hecho esto se realizara un cálculo con los parámetros encontrados con ARENA para poder determinar cuál es la cantidad optima que se debe de tener en un inventario de seguridad.

El nivel de servicio, o dicho de otra forma, el intervalo de confianza que manejaremos para este modelo será del 90%, esto se determinó debido a los estándares de la planta en cuanto a servicio con los clientes.

De acuerdo a las clasificaciones ya mencionadas antes se realizara el estudio para 15 materiales de estos materiales se obtuvieron sus histogramas su distribución y sus parámetros estos los podrán visualizar en el apartado anexos.

Obtendremos también los costos relacionados con este almacén para poder adaptarlos a nuestro modelo:

Costo de Almacenamiento (h)= Esto costo estará dado por millar de lata para un mejor manejo del mismo, lo que haremos para sacar el costo por mantener un millar de latas será obtener el costo mensual por almacén y dividir este costo entre el número total de latas (millar de latas).

$$\frac{\text{Costo por almacenar mensual}}{\text{numero de unidades en el almacen}} = \frac{\$435,231}{87466.723} = \$4.976$$

Este costo es el costo de almacenar un millar de latas por mes.

Demanda (D)=Este dato es el que nos da el cliente cada mes, el modelo estará hecho para que se pueda actualizar este dato cada mes, y está dado en millar de latas por mes.

Con esta información procedemos a obtener el cálculo de los stocks de seguridad para la Empresa Manufacturera.

Esto lo haremos como ya se desarrolló en capítulos anteriores calculando los percentiles usaremos una probabilidad máxima admisible de que se agote la existencia del 10%.

Por medio del software Arena determinamos las distribuciones de las demandas de los diferentes materiales, así como su media y desviación estándar en base a estos parámetros estandarizaremos la distribución para poder obtener el percentil y poder determinar la reserva que se debe tener a principio de mes para que no se agote a pesar de las variaciones que pudiese sufrir nuestra demanda.

Tabla 4.11: Estadísticos de Materiales del almacén de Producto Terminado

Materiales	Media	Desviación	
		Estándar	Reserva
10009286	585	971	1758.939
10009287	150	104	275.736
10009288	500	896	1583.264
10009289	296	452	842.468
10011484	501	742	1398.078
10012449	1850	1320	3445.88
10013002	1340	587	2049.683
10013019	1050	406	1540.854
10013047	3930	2330	6746.97
10013048	12800	5740	19739.66
10013097	4810	2650	8013.85
10013098	5100	3150	8908.35
10013377	2070	1590	3992.31
10013471	1700	1310	3283.79
10013484	2150	831	3154.679

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Esta es la reserva que debe mantener el inventario del Almacén de Producto terminado sobre los materiales de mayor demanda, cabe aclarar que este modelo puede ser actualizado en cuanto algún nuevo material entre solo haría falta determinar su distribución, sus parámetros y aplicar el modelo.

Estas cifras ayudaran a que en la Empresa Manufacturera no se tenga el riesgo de que los productos de mayor comercialización lleguen a faltar para poder satisfacer su demanda adecuadamente, pero también cuidando un sobre inventario en la planta.

4.4.3 Almacén de Refacciones

El almacén de refacciones, quizás el más complejo de los tres por la naturaleza de su demanda, debido a que no es constante ni determinística, esta demanda se comporta de manera muy variable ya que los consumos de los materiales y/o herramientas dependen de muchos factores dentro del proceso.

Para poder aterrizar un modelo a este inventario, es necesario realizar análisis de las demandas de cada uno de los materiales seleccionados en las clasificaciones ya antes mencionadas, este análisis se realiza en el software ARENA con la herramienta input analyzer la cual nos muestra la distribución que más se acopla a la demanda del material, sus parámetros y su media y desviación estándar.

Después de esto calcularemos los costos aunados al modelo estocástico de revisión continua. Los costos que se calcularan en este modelo son los siguientes:

Costo por déficit: Como ya mencionamos este costo solo será una parte del costo del material que se requiera conseguir, en esta empresa tomaremos el doble del costo del material.

Costo por almacenamiento: Este costo ya fue obtenido de manera general en capítulos anteriores a continuación lo determinaremos por material.

$$\frac{\text{Costo por almacenar mensual}}{\text{numero de unidades en el almacen}} = \frac{\$ 18,882,426}{47332} = \$398.94$$

También utilizaremos el costo por déficit ya definido en capítulos anteriores, este por condiciones de la empresa manufacturera lo manejaremos como el triple del costo del material, esto por gastos administrativos y contacto con proveedores.

Estos son los costos a considerar en el modelo, entre las demandas de los materiales se obtuvieron 2 resultados de las distribuciones de los mismos:

Normal

Gamma

En base a estas distribuciones se realizara un análisis con el desarrollo del modelo (25 y 26) ya visto en capítulos anteriores.

A continuación plasmaremos como se comportaron las demandas de cada uno de los materiales se decidió hacer tres segmentaciones por función de probabilidad.

A continuación se presentan los materiales cuyas demandas se ajustaron a una distribución de probabilidad Normal, junto con ellos se aprecia la media y varianza de la distribución la función en sí y el costo por déficit de cada material.

Tabla 4.12: Estadísticos de Materiales del almacén de Refacciones

Normal				
Material	Sample Mean	Sample Std Dev	Función	Costo por Déficit
50012192	14.8	25.1	NORM(14.8, 24.9)	\$ 625.26
50012273	15.6	9.58	NORM(15.6, 9.58)	\$ 2,869.89
50012333	52	32.9	NORM(52, 32.9)	\$ 248.63
50012351	4.64	2	NORM(4.64, 1.98)	\$ 903.00
50012609	6.73	18.8	NORM(6.73, 18.8)	\$ 9.14
50012910	35.8	34.1	NORM(35.8, 33.8)	\$ 205.99
50013581	6.87	4.96	NORM(6.87, 4.92)	\$ 3,020.33
50018988	8.13	8.06	NORM(8.13, 8.06)	\$ 270.00
50031739	2160	844	NORM(2160, 844)	\$ 54.42
50032179	3.06	5.24	NORM(3.06, 5.24)	\$ 249.63
50032593	1320	585	NORM(1320, 585)	\$ 119.70
50033129	5.49	4.11	NORM(5.49, 4.08)	\$ 7,023.78

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Esta tabla así como las pruebas hechas sobre cada material, y sus respectivos histogramas se podrán visualizar en la sección de Anexos.

En la siguiente tabla mostraremos los materiales cuya demanda se ajusta a una distribución gamma, de la misma forma se presentan parámetros como su media, desviación estándar, su distribución, y los costos por déficit asociados a estos materiales.

Tabla 4.13: Estadísticos de Materiales del almacén de Refacciones

Gamma				
Material	Sample Mean	Sample Std Dev	Función	Costo por Déficit
50011716	6.04	7.96	-10.5 + GAMM(0, 0)	\$ 3,173.30
50011757	21.4	27.8	-0.001 + GAMM(123, 0.174)	\$ 972.65
50011813	7.03	3.93	0.5 + GAMM(2.42, 2.7)	\$ 2,471.43
50012191	18.5	25.7	-1 + GAMM(41.8, 0.467)	\$ 120.00
50012404	20.7	18	-0.5 + GAMM(30, 0.709)	\$ 492.55
50012674	4	6.16	-1.5 + GAMM(4.82, 1.14)	\$ 4,359.63
50012676	12.1	13.9	-0.5 + GAMM(15, 0.842)	\$ 645.00
50012937	5.12	5.03	-0.5 + GAMM(5.86, 0.959)	\$ 386.16
50012970	4.87	8.21	-17.5 + GAMM(3.78, 5.91)	\$ 2,273.03
50013209	1.24	1.05	-0.5 + GAMM(0, 0)	\$ 1,157.21
50013231	7.28	7.94	-1.5 + GAMM(7.16, 1.23)	\$ 42.35
50013283	2.91	4.43	-6.5 + GAMM(2.02, 4.66)	\$ 1,905.31
50013578	7.49	11.6	-2.5 + GAMM(9.42, 1.06)	\$ 352.09
50013918	10.6	8.58	-0.5 + GAMM(9.57, 1.16)	\$ 388.18
50019013	2.52	4.71	-1.5 + GAMM(3.17, 1.27)	\$ 939.96
50019074	7.78	16.2	-21.5 + GAMM(7.57, 3.87)	\$ 634.98
50029335	1.69	1.99	-1.5 + GAMM(1.1, 2.9)	\$ 2,286.22
50032204	4.61	2.34	0.5 + GAMM(1.41, 2.91)	\$ 672.00
50033047	2.88	3.06	-1.5 + GAMM(2.21, 1.98)	\$ 4,331.37
50033049	5.43	5.25	-0.5 + GAMM(7.62, 0.778)	\$ 5,879.10

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Como vimos en las formulas 25 y 26 ya explicadas en capítulos anteriores se cuentas de varias variables, que son: el costo por déficit de unidad el costo de inventario la demanda media, los parámetros de cada una de las distribuciones:

h: es el costo de almacenamiento

p: Costo por déficit

\bar{d} = la demanda promedio.

q=tamaño del lote

Para todos los materiales del almacén de refacciones se usaran dos datos constantes el costo de inventario ya obtenido y analizado en capítulos anteriores y el tamaño de la orden para este se usó un promedio histórico para obtenerlo, esto debido a la alternancia de proveedores y a los diferentes contratos que se tienen en la empresa manufacturera.

Costo Inventario	\$ 398.94
Tamaño de la Orden	10

A continuación se presentan las tablas con los diferentes puntos de reorden calculados para cada una de los tipos de demandas.

Tabla 4.14: Estadísticos de Materiales del almacén de Producto Terminado

Normal					
Material	Sample Mean	Sample Std Dev	Función	Costo por Deficit	Punto de Reorden
50012192	14.8	25.1	NORM(14.8, 24.9)	\$ 625.26	34
50012273	15.6	9.58	NORM(15.6, 9.58)	\$ 2,869.89	23
50012333	52	32.9	NORM(52, 32.9)	\$ 248.63	78
50012351	4.64	2	NORM(4.64, 1.98)	\$ 903.00	6
50012609	6.73	18.8	NORM(6.73, 18.8)	\$ 9.14	16
50012910	35.8	34.1	NORM(35.8, 33.8)	\$ 205.99	61
50013581	6.87	4.96	NORM(6.87, 4.92)	\$ 3,020.33	11

50018988	8.13	8.06	NORM(8.13, 8.06)	\$ 270.00	13
50031739	2160	844	NORM(2160, 844)	\$ 54.42	2863
50032179	3.06	5.24	NORM(3.06, 5.24)	\$ 249.63	6
50032593	1320	585	NORM(1320, 585)	\$ 119.70	1809
50033129	5.49	4.11	NORM(5.49, 4.08)	\$ 7,023.78	9

Gamma					
Material	Sample Mean	Sample Std Dev	Función	Costo por Deficit	Punto de Reorden
50011716	6.04	7.96	-10.5 + GAMM(2.12,3.25)	\$ 3,173.30	11
50011757	21.4	27.8	-0.001+GAMM(123,0.174)	\$ 972.65	23
50011813	7.03	3.93	0.5 + GAMM(2.42, 2.7)	\$ 2,471.43	10
50012191	18.5	25.7	-1 + GAMM(41.8, 0.467)	\$ 120.00	18
50012404	20.7	18	-0.5 + GAMM(30, 0.709)	\$ 492.55	23
50012674	4	6.16	-1.5 + GAMM(4.82, 1.14)	\$ 4,359.63	8
50012676	12.1	13.9	-0.5 + GAMM(15, 0.842)	\$ 645.00	14
50012937	5.12	5.03	-0.5 + GAMM(5.86, 0.959)	\$ 386.16	4
50012970	4.87	8.21	-17.5 + GAMM(3.78, 5.91)	\$ 2,273.03	28
50013209	1.24	1.05	-0.5 + GAMM(1.23,1.85)	\$ 1,157.21	1
50013231	7.28	7.94	-1.5 + GAMM(7.16, 1.23)	\$ 42.35	5
50013283	2.91	4.43	-6.5 + GAMM(2.02, 4.66)	\$ 1,905.31	9
50013578	7.49	11.6	-2.5 + GAMM(9.42, 1.06)	\$ 352.09	9

50013918	10.6	8.58	-0.5 + GAMM(9.57, 1.16)	\$ 388.18	11
50019013	2.52	4.71	-1.5 + GAMM(3.17, 1.27)	939.96	3
50019074	7.78	16.2	-21.5 + GAMM(7.57, 3.87)	\$ 634.98	29
50029335	1.69	1.99	-1.5 + GAMM(1.1, 2.9)	\$ 2,286.22	2
50032204	4.61	2.34	0.5 + GAMM(1.41, 2.91)	\$ 672.00	3
50033047	2.88	3.06	-1.5 + GAMM(2.21, 1.98)	\$ 4,331.37	6
50033049	5.43	5.25	-0.5 + GAMM(7.62, 0.778)	\$ 5,879.10	9

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en la empresa Manufacturera

Como podemos ver se han calculado los puntos de reorden en base a la distribución de las demandas de cada uno de los materiales, con esto no solo garantizamos un proceso de calidad y que nos permite no tener faltantes para la producción si no que generamos ahorros ya que un faltante de estos materiales elevaría el costo del inventario significativamente, que puede ser desde que se triplique el costo del material debido a que los proveedores no lo consiguen al mismo precio si es con urgencia, hasta un paro de planta debido a que es un herramental crítico para la producción.

Conclusiones

La principal y quizás una de las más importantes es que la teoría desarrollada en clases tiene un gran alcance de aplicación para la industria, desde generar más utilidad, ahorro en costos o simplemente optimización de procesos, esto nos demuestra la utilidad de la teoría matemática.

Después de realizar el trabajo de investigación, se pudo ver que la estimación de una política de inventarios en base a modelos matemáticos de programación no lineal y estadísticos nos arrojan mejores resultados ya sea en ahorro o en calidad de procesos.

Al ser modelos matemáticos pueden ser aplicados a cualquier otra empresa, cuidando adaptarlos de la mejor manera posible siempre sin descuidar el sentido de negocio.

Se generaron ahorros para la empresa, en cada uno de los almacenes adecuándose a cada uno de los almacenes, enfocándose en no tener desabasto de materiales pero sin tener sobre inventario, por último se desarrolló una metodología para al cálculo de los puntos de pedido y de reorden

Con lo anterior se cumple la hipótesis de esta tesis que es:

Desarrollar una política de Inventarios que se ajuste de la mejor manera a la planta, lo cual conseguirá disminuir los costos en el proceso, dando prioridad a la demanda de cada material, logrando así la implementación y mejora de metodologías para obtener los puntos de reorden y los puntos de pedido.

Aunado a estas conclusiones se agregan algunas de carácter general, muy importantes en la elaboración de este trabajo de investigación:

Al tener relación con muchas áreas, ingeniería, producción, mantenimiento, finanzas, planificación, etc., se vuelve una relación interdisciplinaria lo cual es bastante benéfico tanto para la empresa como para el proyecto ya que se enriquece con puntos de vista de diferentes áreas.

El apoyarse en software estadístico nos enseña, el gran desarrollo que ha tenido la tecnología, con cada uno de las herramientas matemáticas, es decir pensando en un proyecto de este tipo sin alguno de estos software haría muy difícil la tarea de desarrollar este trabajo de investigación.

El sentido de negocio como principal herramienta de desarrollo de proyectos nos llevó a entender el funcionamiento de una empresa, a buscar ganancias y desarrollo en la misma, por lo que el utilizar análisis de tipo estadístico o de optimización no tendría sentido si no se conoce la importancia de los procesos en una empresa, las utilidades esperadas y segmentos de riesgo operacional.

Cada que se desarrolla un modelo o proyecto, uno de los aspectos más importantes es tratar de venderlo, es decir alentar a los directores o gerentes de área de ocuparlo y de llevarlo a cabo, haciéndoles notar un impacto económico y una mejora en la calidad de los procesos.

Por ultimo quisiera este proyecto como parte de un reto profesional ayuda a ver las tantas aplicaciones que tienen los conocimientos de un actuario, no solo en áreas financieras, de seguros o de riesgo si no en ámbitos de industria.

Bibliografía.

Feller, William (2001). ***Introducción a la Teoría de Probabilidades y sus Aplicaciones***. Mc Graw Hill,.

Gallagher Charles A (2004). ***Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración***. Mac. Graw Hill.

Guajardo C. Gerardo (1995). ***Contabilidad Financiera***. México, 2ª Ed. Editorial McGraw-Hill.

H. Ballou Ronald, ***“Logística. Administración de la cadena de suministro”***, Editorial Prentice Hall, 5ª Ed. México (2004). Decisiones sobre Políticas de Inventarios.

Hiller, Frederick S. y G. J (2002). Lieberman. ***Investigación de Operaciones***, 7ª Ed. México Editorial McGraw-Hill.

J. Aquilano Richard, ***“Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva”***, Editorial Mc Graw Hill, 10ª Ed. México (2005). Control de Inventarios sujetos a demanda incierta.

Mood, Alexander M., Graybill, Franklin A (1986). y Boes, Duane C. ***Introduction to the Theory of Statistics***, Singapore.Editorial Mc Graw-Hill.

Nahmias Steven, ***“Análisis de la Producción y Operaciones”*** (2007), Editorial MacGraw Hill, 5ª Ed. México.

Shamblin James. ***Investigación de Operaciones un Enfoque Fundamental*** (1993). Mc. Graw Hill.

Ross, Sheldon M. ***A First Course in Probability*** (2006). Editorial. Pearson Prentice Hall. 7ª Ed. New Jersey.

Taha Hamdy. (2004) ***Investigación de operaciones, una introducción***. 7ª Ed. México: Prentice Hall.

Winston, Wayne L. ***Investigación de Operaciones Aplicaciones y Algoritmos***, (2005) México Editorial Grupo Editorial Iberoamérica.

W. Fogarty Donald, H. Blackstone John & R.Hoffman Thomas, ***“Administración de la producción e Inventarios”*** (2000), Compañía Editorial Continental, 2ª Ed. México.

Pascual Pascual Miguel. **Tesis: “Modelos Probabilísticos de Inventarios”** (2009), México.