



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Facultad de Ingeniería

**FORMULACIÓN DE UN SISTEMA DE INVENTARIOS EN
UNA EMPRESA MANUFACTURERA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
CARMEN XINEMI ESTEVES ALCÁZAR
JONATHAN TINOCO QUIROZ**

**DIRECTOR DE TESIS:
M.C. UBALDO EDUARDO MARQUEZ AMADOR**

CIUDAD UNIVERSITARIA 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTE TRABAJO LO DEDICO Y LE AGRADEZCO A:

Gracias a Dios porque gracias a ti he podido cerrar un ciclo maravilloso y muy grande en mi vida, gracias por todo lo que me has dado y por lo que ahora soy.

A mi hermosa Universidad Nacional Autónoma de México la cual llevo en el corazón siempre, que me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí. A mi maravillosa Facultad de Ingeniería nido de muchos que como yo eligieron esta extraordinaria carrera y que con mucho orgullo, amor, pasión y respeto representaré.

A todos mis maestros de la carrera por sus conocimientos, consejos, confianza y formación en especial al Ing. Ubaldo Márquez Amador quien siempre nos apoyó, tuvo paciencia y es pieza clave en la realización de este trabajo, a la Ing. Silvina Hernández por su sabiduría y tiempo, a nuestros sinodales por apoyarnos y corregirnos Ing. Jesús Roviroza, Ing. Guadalupe Duran e Ing. Rosalba Rodríguez.

Con todo mi amor para mis padres María del Carmen Alcázar Sánchez y Francisco Javier Esteves García los seres más importantes en mi vida y a quienes les debo todo, les agradezco por apoyarme siempre y porque me dieron la oportunidad de desarrollarme y tener una profesión que amo, no fue fácil pues hubo momentos en los que creí no poder pero siempre estuvieron conmigo con palabras de aliento y guiando mi camino. LOS AMO.

A mi Abuelita amada quién siempre ha confiado en mí y quién ilumina mi vida.

A uno de los pilares más grandes de mi vida, el cual es y será un motivo muy grande para día a día luchar por ser mejor, con todo mi amor. Siempre estás en mi corazón abuelito “mi número uno” JPAM.

A mi hermanito por su apoyo, amor, compañía y palabras de ánimo en todo momento.

A toda mi familia por su apoyo, consejos, ánimo, respaldo, confianza en mí y amor que siempre me han brindado en especial Víctor Manuel, Iliana, Rosa María, Coco, Rosaura, Rosalba, Lupe, José Luis, Félix, Chela, Tony y Miriam. Los quiero mucho.

A mis primos, quienes dan alegría a mi vida.

A mis amigos, angelitos que se han cruzado en mi camino, quienes siempre me ayudaron y animaron con una sonrisa.

Por todo lo que significa concluir este trabajo y cerrar ciclos en mi vida.

Sinceramente...

Carmen Xinemi Esteves Alcázar

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar con una frase que en particular en este trabajo significó la diferencia de la realidad del mismo:

“Una acción vale más que mil palabras”

A mis padres

Por haberme dado la oportunidad de cumplir con mis metas y haberme dado el legado más importante de la vida que es la educación por lo cual les estaré eternamente agradecido, también me gustaría agradecer a toda mi familia, en particular a mi tío Alejandro, a Carina, a Alejandro Jr. y a Héctor por todo su apoyo en todo este tiempo.

A mis hermanos

Por estar conmigo en los momentos más difíciles y por haber brindado su comprensión cuando lo necesité.

A mis profesores

Quisiera agradecer a mi universidad, a mi honorable facultad y a todos los profesores que a lo largo de mi camino por la carrera me brindaron su apoyo y la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para poder llamarme ingeniero, así mismo quisiera mencionar en particular al Ing. Ubaldo Márquez que como profesor y director de tesis nos brindó todo el apoyo posible para culminar este trabajo, y a la Ing. Silvina Hernández por su apoyo y asesoría para la tesis y como profesora en la carrera.

A Xinemi

Por haber pasado conmigo todo este tiempo, por brindarme tu apoyo y amistad en todo momento, gracias por todo, sin ti este trabajo no sería realidad.

A mis amigos

Por haberme apoyado en cada una de mis etapas en la facultad, y por haberme motivado a siempre seguir adelante.

Jonathan Tinoco Quiroz

**FORMULACIÓN DE UN SISTEMA DE INVENTARIOS EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA.**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVO.....	8
HIPÓTESIS.....	8
CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	
1.1 Historia de la Empresa	10
1.2 Misión y visión de la empresa.....	11
1.3 Principios básicos.....	12
a. Definición de polímero	
b. Razones de la importancia comercial y tecnológica de los polímeros	
c. Polimerización	
d. Estructura de los polímeros y copolímeros.	
e. Comportamiento térmico de los polímeros	
f. Aditivos	
g. Clasificación de los polímeros	
1. Polímeros termoplásticos	
2. Polímeros termofijos	
3. Elastómeros	
h. Propiedades de los polímeros importantes para llevar a cabo el proceso de extrusión.	
1. Viscosidad	
2. Viscoelasticidad	
i. Definición de extrusión	
j. Proceso y equipo.	
k. Defectos de la extrusión	
1.4 Proceso de producción.....	30
1.5 Situación actual de la empresa.....	40

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Pronósticos.....50

- a. Comprensión del problema
- b. Características del problema.
- c. Metodología para la determinación de un pronóstico.
- d. Descripción de los diferentes métodos de pronósticos
 - 1. Proceso constante
 - 2. Proceso con tendencia
 - 3. Proceso estacional
- e. Error en los pronósticos

2.2 Teoría de inventarios.....63

- a. Introducción
- b. Costo de inventario
 - 1. Costo de comprar
 - 2. Costo de ordenar
 - 3. Costo de mantener
 - 4. Costo por faltante
- c. Decisiones de cantidad
 - 1. Modelos estáticos de tamaño de lote
 - a. Cantidad Económica a ordenar EOQ
 - b. Cantidad Económica a producir EPQ con extensiones
 - c. Lote Económico de producción EPQ
 - d. Descuentos por cantidad
 - e. Modelo de artículos múltiples con restricción de recursos
 - 2. Modelos de tamaño de lote dinámico
 - a. Reglas simples
 - Demanda de periodo fijo
 - Cantidad a ordenar para el periodo COP
 - Lote por lote
 - b. Métodos heurísticos
 - Método Silver -Meal
 - Costo unitario mínimo CUM
 - Balanceo de periodo fragmentado BPF

- c. Wagner-Whitin
- d. Regla de Peterson – Silver
- d. Decisiones de tiempo
 - 1. Decisiones de una sola vez
 - 2. Sistemas de revisión continua
 - a. Demanda en el periodo de entrega
 - b. Modelo Q, R
 - c. Costo por faltante implícito
 - 3. Sistemas de revisión periódica
 - a. EOQ de nuevo
 - b. Modelo S, T
 - c. Decisión del inventario meta
 - d. Sistema de reabastecimiento opcional
- e. Decisiones de control
 - 1. Análisis de Pareto
 - a. La curva ABC
 - b. Algunas observaciones sobre la curva ABC

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE DATOS

3.1 La curva ABC.....	100
3.2 Pronóstico de la demanda de la Tarima y Tope amarillo.....	103
3.3 Aplicación de la medida de variabilidad de la demanda Peterson-Silver.....	110
3.4 Obtención de costos que intervienen en nuestro modelo de sistema de Inventarios.....	112
3.5 Obtención del modelo de sistema de inventarios.....	125
3.6 Análisis de sensibilidad EOQ contra CUM.....	130

CAPÍTULO 4. CONCLUSIÓN

4.1 Conclusiones.....133

4.2 Propuestas de mejora.....136

ANEXO.....144

GLOSARIO.....158

REFERENCIAS.....161

INTRODUCCIÓN

Debido a la actual situación económica de México y el mundo es necesario no incurrir en gastos innecesarios y ahorrar lo más posible, esto principalmente aplica a las empresas las cuales tienen una gran responsabilidad ya que dan empleo a miles de personas.

El presente trabajo tiene la finalidad de aplicar las herramientas de la Ingeniería Industrial en una empresa manufacturera de Toluca, Estado de México, dedicada a la producción de más de 50 artículos de Polietileno de alta densidad, la cual debido a su acelerado crecimiento está preocupada por la problemática que esto le ha generado al no establecer controles que vayan de acuerdo a sus nuevas necesidades.

Es por eso que nuestra labor como Ingenieros Industriales tuvo gran importancia al desarrollar este trabajo pues se pudieron identificar diversas áreas de oportunidad, sin embargo, al desarrollo de este estudio se centró en el almacén de materia prima.

Encontrando que se tiene una gran cantidad de desperdicios y descontrol, algo que en la actualidad va en contra de las recientes herramientas de la Ingeniería Industrial como son los pronósticos, la teoría de inventarios y la manufactura esbelta, que nos hablan de la importancia de tener lo necesario en nuestros procesos para poder identificar errores.

Es por eso que el tema central de este trabajo es debido a que no se toma en cuenta la cantidad de materia prima que se necesita para cumplir con su producción, lo que ha generado un exceso de materia prima en inventario, así mismo, no se tiene una cultura laboral de ambiente sano ya que se tienen las áreas de trabajo en desorden, sucias e inseguras.

Con el diseño de un sistema de inventarios dirigido a los principales productos de la empresa, se utilizaron herramientas de planeación y control de la producción como son la curva ABC, pronósticos para realizar el análisis de su demanda para determinar el modelo de inventario que más les convenga, esto con el fin de obtener la cantidad de material

adecuado que se debe tener en almacén, se pretende que se aplique para poder tener un control eficiente de la materia prima y sus desperdicios una vez que se den las propuestas de mejora aplicando los sistemas de inventarios.

OBJETIVO

Desarrollar un modelo de inventarios que permita demostrar que se pueden calcular los requerimientos de materia prima sin tener la necesidad de saturar un almacén, así como, demostrar la importancia del control y planeación de la producción para aumentar la eficiencia y ambiente productivo, ayudándonos de las herramientas de la Ingeniería Industrial como son: los pronósticos y sistemas de inventarios.

HIPÓTESIS

Los sistemas de inventarios darán una estimación apropiada de la cantidad de materia prima que se requiere para cumplir con la producción, se tendrá un ahorro económico además de mejorar el ambiente laboral con respecto a la seguridad en el área de almacen de materia prima.

CAPÍTULO 1.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

“Lo que con mucho trabajo se adquiere, más se ama.”

Aristóteles

CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

Grupo Gysapol es una empresa mexicana dedicada a la fabricación de productos extruidos de polietileno de alta densidad reciclado (HDPL), la cual se encuentra ubicada en Toluca, Estado de México.

Cuenta con una gran variedad de productos como son: tarimas, bolardos, topes, guardacarriles, durmientes, muebles, etc.

1.1 Historia de la empresa

La empresa Gysapol fue fundada en el año 2003 por tres accionistas de donde proviene el nombre de la empresa que son: (Véase Fig. 1).

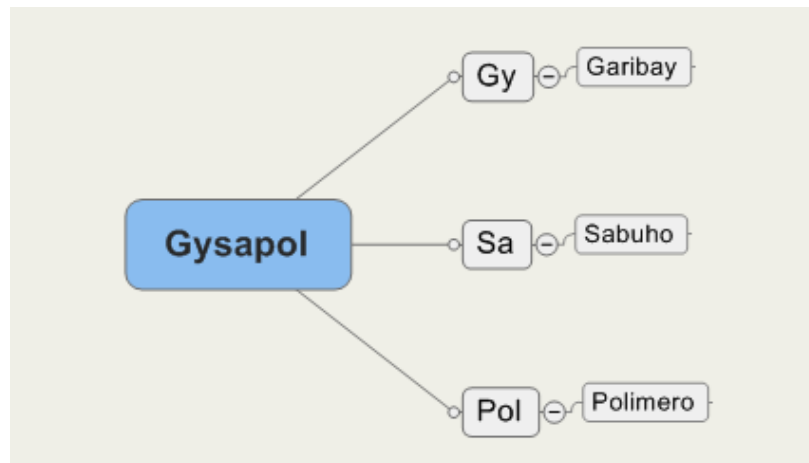


Fig. 1 Diagrama con el origen de la palabra Gysapol.

Gysapol empezó con ocho personas, trabajando un turno de 9 hrs. y con la fabricación de cimbras en dos líneas de producción, alcanzando de 25 a 30 ton/mes, con una capacidad instalada de hasta 45 ton/mes.

En mayo del 2005 por desacuerdo entre los accionistas la empresa no puede seguir su curso y se genera una separación de donde surge Grupo Gysapol y de donde se ha mantenido a la actualidad.

La empresa ha tenido un crecimiento exponencial en un periodo poco mayor a 3 años, en la actualidad cuenta con un personal de 80 a 90 personas trabajando las 24 horas del día, los

siete días de la semana, produciendo 300 ton/mes en 11 líneas de producción y con una capacidad instalada de 600 ton/mes.

Actualmente la empresa cuenta con diferentes líneas de productos:



Fig. 2 Líneas de productos en Grupo Gysapol.

Con las que en total se producen más de 60 productos.

Las líneas de productos más importantes que maneja Grupo Gysapol son:

- Línea vial
- Línea de carga y almacén
- Línea de construcción
- Línea mobiliaria

1.2 Misión y visión de la empresa

La misión de la empresa Grupo Gysapol es ***“Proporcionar soluciones diversas en materiales resistentes, durables y de calidad para la industria, turismo, comercio y la construcción.”***

Su visión es ***“ser una empresa líder en distribución en productos de Polietileno en nuestro país y el mundo.”***

Y los valores de la empresa son: ***su gente, la calidad de los productos y los clientes de la empresa.***

1.3 Principios básicos

Para empezar con la descripción del proceso de producción de los diversos artículos fabricados en la empresa se definirá lo que es un polímero, ventajas y desventajas del uso de los polímeros, su clasificación, tipos de polimerización, comportamiento térmico de los polímeros, las propiedades físicas y mecánicas de los polímeros y del proceso de extrusión.

a. Definición de polímero.

Los polímeros son al mismo tiempo los materiales más nuevos y los más viejos conocidos por el ser humano. Los polímeros forman a los organismos vivos y a todos los procesos vitales sobre la tierra. Para el hombre antiguo, los polímeros biológicos eran fuente de comida, abrigo y de muchos de sus implementos. Sin embargo, casi todos los materiales poliméricos que se emplean en la ingeniería hoy día son sintéticos.

Un polímero es un compuesto que consiste en moléculas de cadena larga, cada una de las cuales está hecha de unidades que se repiten y conectan entre sí. En una sola molécula de polímero puede haber miles, incluso millones de unidades. La palabra se deriva de los vocablos griegos *poly*, que significa muchos, y *meros* (que se contrae a mero), que es parte. La mayoría de los polímeros se basan en el carbono, y por ello se les considera productos químicos orgánicos.

Una molécula de polímero consiste en muchos meros que forman moléculas muy grandes que se mantienen unidas por medio de enlaces covalentes. Por lo general, los elementos de un polímero consisten en carbono más uno o más elementos tales como el hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y cloro. Un enlace secundario (Van der Waals) mantiene juntas a las moléculas dentro del material agregado (enlace intermolecular). Los polímeros tienen una estructura amorfa.

La estructura y enlace molecular de los polímeros les da las propiedades comunes siguientes: baja densidad, resistividad eléctrica elevada y baja conductividad térmica. La

resistencia y rigidez de los polímeros varía mucho. Algunos son resistentes y rígidos (aunque no igualan la fuerza y rigidez de los metales o cerámicos), mientras que otros muestran un comportamiento muy elástico.

b. Importancia comercial y tecnológica de los polímeros

Los plásticos pueden conformarse en una variedad amplia de productos, tales como piezas moldeadas, secciones extruidas, películas y hojas, recubrimientos para aislar alambres eléctricos y fibras para textiles. Además es frecuente que los plásticos sean el ingrediente principal de otros materiales, como pinturas y barnices, adhesivos y varios compuestos de matriz de polímero.

La relevancia comercial y tecnológica de estos procesos para dar forma se deriva de la creciente importancia de los materiales que se procesan. Durante los últimos 50 años las aplicaciones de los plásticos se han incrementado a una tasa mucho más rápida que la de los metales y cerámicos. La realidad es que muchas piezas que antes se hacían de metales, hoy se elaboran con plásticos y compuestos de plásticos. El volumen de los polímeros excede hoy día al de los metales.

Las siguientes son algunas razones de la importancia comercial y tecnológica de los polímeros.

1. Es posible dar forma a los plásticos al moldearlos en formas complejas, por lo general sin que se requiera mayor procesamiento. Son muy compatibles con el procesamiento de forma neta.
2. Los plásticos poseen una lista de propiedades atractivas para muchas aplicaciones de ingeniería en las que la resistencia no es importante: la densidad baja respecto de los metales y cerámicos, resistencia elevada a la corrosión, baja conductividad eléctrica y térmica.
3. Sobre una base volumétrica, los polímeros compiten en costo con los metales.

4. Ciertos plásticos son traslúcidos o transparentes, así que para ciertas aplicaciones compiten con el vidrio.
5. Los polímeros por lo general requieren menos energía que los metales para producirse, sobre una base de volumen. Esto se cumple debido a que es común que las temperaturas para trabajarlos sean mucho más bajas que las que requieren los metales.
6. Los polímeros se emplean mucho en materiales compuestos.

Por el lado negativo, los polímeros tienen en general las limitaciones siguientes:

1. Su resistencia es baja en comparación con la de los metales y cerámicos.
2. En el caso de los elastómeros, su módulo de elasticidad o rigidez también es bajo; está podría ser, por supuesto una característica deseable.
3. Las temperaturas de uso se limitan a sólo unos cientos de grados debido a que los polímeros termoplásticos se suavizan y por la degradación de los termofijos y elastómeros.
4. Ciertos polímeros se degradan si se les expone a la luz solar y a otras formas de radiación.
5. Los plásticos muestran propiedades viscoelásticas.

c. Polimerización

Los polímeros se sintetizan por medio de la unión de muchas moléculas pequeñas en otras más grandes, llamadas macromoléculas, que poseen una estructura parecida a una cadena.

Las unidades pequeñas, llamadas monómeros, por lo general son moléculas orgánicas insaturadas sencillas, tales como el etileno C_2H_4 . Los átomos de estas moléculas están unidos con enlaces covalentes y cuando se unen para formar un polímero, el mismo enlace covalente mantiene a la cadena. Así, cada molécula larga se caracteriza por enlaces primarios fuertes.

Como proceso químico, la síntesis de los polímeros ocurre por cualquiera de dos métodos: polimerización por adición y polimerización por etapas. La producción de un polímero se asocia por lo general con uno u otro método.

d. Estructura de los polímeros y copolímeros.

Existen diferencias estructurales entre las moléculas de los polímeros, incluso entre las del mismo polímero. A continuación se describirán brevemente los tres tipos de las estructuras moleculares de los polímeros.

1.- Estereorregularidad.

Tiene que ver con el arreglo espacial de los átomos y sus grupos en las unidades repetitivas de la molécula del polímero. Un aspecto importante es la forma en que los grupos de átomos se localizan a lo largo de la cadena para un polímero que tiene uno de los átomos de H en sus meros remplazado por algún otro átomo o grupos de átomos. Son posibles tres arreglos (Véase Fig. 3)

- a) Isotácticos, en el que los grupos impares de átomos se encuentran todos en el mismo lado.
- b) Sindiotáctico, en el que los grupos de átomos alternan en los lados opuestos.
- c) Atáctico, en el que los grupos se encuentran en cualquier lado aleatoriamente.

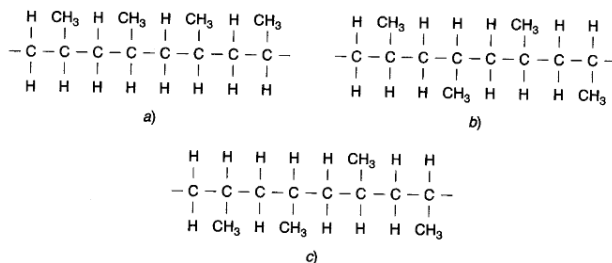


Fig. 3 Arreglos posibles de los grupos de átomos en el polipropileno: a) Isotácticos, b) Sindiotáctico, y c) Atáctico.¹

¹ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 151)

2.- Ramificación y cruzamientos.

Es la generación de macromoléculas de una estructura semejante a una cadena, denominada polímero lineal. Una posibilidad es que ramas laterales se formen a lo largo de la cadena, lo que da como resultado un polímero ramificado.

Cuando el polímero está muy entrecruzado se dice que tiene una estructura de red, en realidad la masa entera es una macromolécula gigante. Los plásticos termofijos adoptan esta estructura después de la polimerización.

Los plásticos termofijos y los elastómeros son polímeros entrecruzados. El entrecruzamiento ocasiona que el polímero sea químicamente estable; la reacción no puede revertirse. Su efecto es cambiar de manera permanente la estructura del polímero; si se calienta, se degrada o quema, en lugar de fundirse. Los termofijos poseen un alto grado de entrecruzamiento, mientras que los elastómeros poseen un grado bajo. Los termofijos son duros y frágiles, en tanto que los elastómeros son elásticos y resilientes. (Véase Fig. 4).

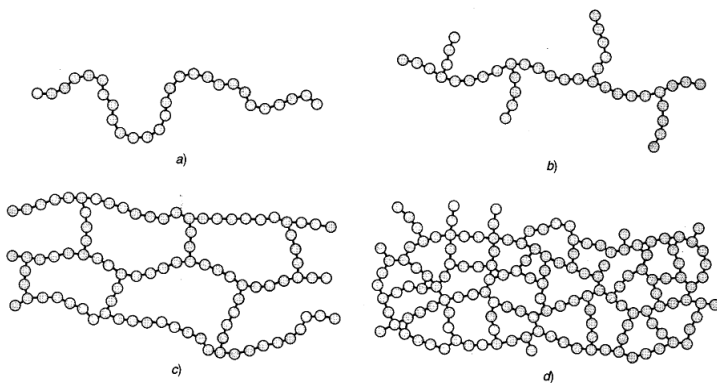


Fig. 4 Varias estructuras de moléculas de polímeros: a) lineal, característica de los termoplásticos; b) ramificada; c) entrecruzada holgada, como en los elastómeros; y d) entrecruzada estrecha, como en un termofijo.²

3.-Copolímeros

Son polímeros cuyas moléculas están hechas de unidades repetidas de dos tipos diferentes de meros de naturaleza química. (Véase Fig. 5).

Los copolímeros poseen arreglos diferentes de sus meros constitutivos, como son:

² Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 151)

- a) Alternante, en el que los meros se repiten en lugares alternados.
- b) Aleatorio, en el que los meros se hallan al azar y la frecuencia depende de las proporciones relativas de los monómeros de inicio.
- c) Bloque, en el que meros de mismo tipo tienden a agruparse por sí mismos en segmentos largos en la longitud de la cadena.
- d) Inserción, en el que los meros de un tipo se unen como ramas a un tronco principal de meros de otro tipo.

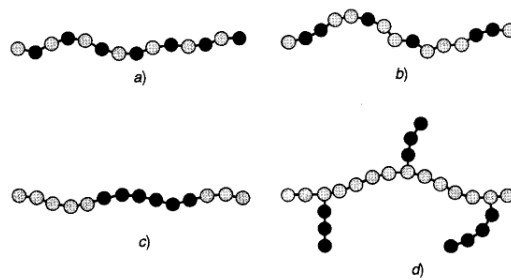


Fig. 5 Distintas estructuras de copolímeros: a) alternante, b) aleatorio, c) bloque y d) inserción.³

e. Comportamiento térmico de los polímeros

El comportamiento térmico de los polímeros con estructuras cristalinas es diferente del de aquellos que son amorfos. El efecto de la estructura se observa en la gráfica del volumen específico (inverso de la densidad) como función de la temperatura, como se aprecia en la Fig. 6

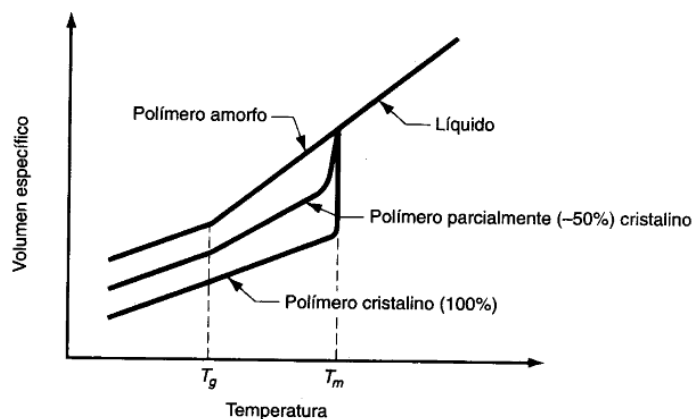


Fig. 6 Comportamiento de los polímeros como función de la temperatura.⁴

³ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 152)

⁴ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 154)

Un polímero muy cristalino tiene un punto de fusión (T_m), en el que el volumen sufre un cambio abrupto. Asimismo, a temperaturas por arriba del punto de fusión, la expansión térmica del material fundido es mayor que la del sólido por debajo del punto de fusión.

Un polímero amorfo no sufre los mismos cambios abruptos en la temperatura de fusión. Conforme se enfría a partir del estado líquido, su coeficiente de expansión térmica continúa la declinación a lo largo de la misma trayectoria, que tenía cuando estaba fundido, y se hace cada vez más viscoso con la disminución de la temperatura. Durante el enfriamiento por debajo del punto de fusión, el polímero cambia de líquido a algo similar al caucho. Conforme la temperatura desciende, se alcanza un punto final en el que la expansión térmica del polímero amorfo cae de súbito.

Esta es la temperatura de transición al vidrio (T_g) considerada como el cambio de pendiente. Por debajo de T_g , el material es duro y frágil.

Entre esos dos extremos, se encuentra un polímero cristalizado en forma parcial, como se muestra en la Fig. 6. Es un promedio de los estados cristalino y amorfo que depende del grado de cristalinidad. Por arriba de la temperatura de fusión T_m presenta las características viscosas de un líquido; entre la temperatura de fusión T_m y la temperatura de transición al vidrio T_g tiene propiedades viscoelásticas y por debajo de la temperatura de transición al vidrio tiene las propiedades elásticas convencionales de un sólido.

f. Aditivos

Las propiedades de los polímeros con frecuencia cambian para bien si se les combina con aditivos. Los aditivos alternan la estructura molecular del polímero, o bien agregan una segunda fase al plástico, y lo transforman, en efecto, en un material compuesto.

Rellenos

Son materiales que se agregan de forma de partículas o fibras a un polímero, a fin de alterar las propiedades mecánicas de éste o sólo para reducir el costo del material. Otras razones para utilizar los rellenos son mejorar la estabilidad dimensional y térmica.

Los rellenos que mejoran las propiedades mecánicas se denominan agentes reforzadores y los compuestos que se crean de ese modo reciben el nombre de plásticos reforzados; tienen más rigidez, resistencia, dureza y tenacidad que el polímero original.

Plastificadores

Son productos químicos que se agregan a un polímero para hacerlo más suave, flexible y para mejorar sus características de flujo durante la formación. El plastificador funciona al reducir la temperatura de transición a vidrio por debajo de la del ambiente. En tanto que por debajo de la temperatura de transición al vidrio el polímero es duro y frágil, por arriba de esa temperatura es suave y rígido.

Colorantes

Una ventaja que tienen muchos polímeros sobre los metales y cerámicos es que puede obtenerse el mismo material de cualquier color. Esto elimina la necesidad de operaciones secundarias de recubrimiento. Los colorantes para los polímeros son de dos tipos: pigmentos y tinturas. Los pigmentos son materiales pulverizados finamente, insolubles y que deben distribuirse de manera uniforme en todo el polímero en concentraciones muy bajas, por lo general menores a 1%. Es frecuente que agreguen opacidad o bien color al plástico. Las tinturas son productos químicos que es usual aplicar en forma líquida, y que por lo general son solubles en el polímero. Normalmente se usan para dar colores transparentes a plásticos tales como estireno y acrílicos.

Lubricante

Se agrega al polímero para reducir la fricción y facilitar el flujo hacia la interfaz del molde. También son útiles para liberar la pieza del molde en las operaciones de inyección. Con frecuencia para el mismo propósito se utilizan agentes que se rocían en la superficie del molde para liberarlo.

Casi todos los polímeros arden si se suministra el calor y oxígeno requeridos. Algunos son más combustibles que otros. Los retardantes de flama son productos químicos que se agregan a los polímeros para reducir la flamabilidad, por alguno de los mecanismos siguientes o combinación de ellos: interferencia con la propagación de la flama, producción de grandes cantidades de gases incombustibles o aumento de la temperatura de combustión del material. Los productos químicos también sirven para reducir la emisión de gases nocivos o tóxicos que se generan durante la combustión.

Muchos polímeros son susceptibles de degradarse por acción de la luz ultravioleta y la oxidación. La degradación se manifiesta como el rompimiento de enlaces en las moléculas de cadena largas. Por ejemplo, el polietileno es vulnerable a ambos tipos de degradación lo que lleva a una pérdida de la resistencia mecánica. Los absorbentes de la luz ultravioleta y los antioxidantes son aditivos que reducen la susceptibilidad del polímero a estas formas de ataque.

g. Clasificación de los polímeros

Los polímeros sintéticos se dividen en termoplásticos, termofijos y elastómeros. Como materiales de la ingeniería, son relativamente nuevos en comparación con los metales y los cerámicos, pues sólo datan de alrededor de la mitad del siglo XIX.

1. Polímeros termoplásticos.

Polímeros termoplásticos, también llamados termoplásticos, son materiales sólidos a temperatura ambiente, pero si les calienta a temperaturas de apenas unos cuantos cientos

de grados, se vuelven líquidos viscosos. Esta característica permite que adopten formas de productos de modo fácil y económico. Se pueden sujetar repetidas veces al ciclo de calentamiento y enfriamiento sin que el polímero se degrade en forma significativa.

La propiedad definitoria de un polímero termoplástico es que puede calentarse desde el estado sólido hasta el líquido viscoso y después enfriarse hasta volver a ser sólido, y que es posible realizar muchas veces este ciclo de calentamiento y enfriamiento sin que el polímero se degrade. La razón de esta propiedad es que los polímeros termoplásticos consisten en macromoléculas lineales (o ramificadas) que no se entrecruzan cuando se calientan. Por el contrario, los termofijos y elastómeros pasan por un cambio químico si se les calienta, con entrecruzamiento de sus moléculas y transformación permanente de estos polímeros.

En realidad, los termoplásticos sí se deterioran químicamente con el calentamiento y enfriamiento repetidos. En el moldeo de plásticos, se hace una distinción entre el material nuevo o virgen y el plástico que ya ha sido moldeado con anterioridad (por ejemplo, desechos, piezas defectuosas) y por ello han experimentado ciclos térmicos. Para ciertas aplicaciones sólo el material virgen resulta aceptable. Los polímeros termoplásticos también se degradan paulatinamente si se les sujeta a temperaturas elevadas por debajo de la temperatura de fusión. Este efecto de largo plazo se denomina envejecimiento térmico, e involucra el deterioro químico lento.

Propiedades mecánicas. El termoplástico común a temperatura ambiente se caracteriza por lo siguiente: rigidez muy baja, con módulo de elasticidad de dos o tres, órdenes de magnitud menor que el de los metales y cerámicos, poca resistencia a la tracción, alrededor de 10% de la de los metales, dureza mucho menor y ductilidad mayor. Las propiedades mecánicas de los termoplásticos dependen de la temperatura.

Propiedades físicas. Las propiedades físicas de los materiales, en general los polímeros termoplásticos tienen las características siguientes: densidades menores que la de los metales o cerámicos, las gravedades específicas comunes de los polímeros están en alrededor de 1.2, las de los cerámicos son de cerca de 2.5, y las de metales de 7.0, los coeficientes de expansión térmica mucho mayor, aproximadamente, cinco veces el valor de los metales y 10 veces el de los cerámicos, temperaturas de fusión mucho menores, calores específicos que son de dos a cuatro veces las de los metales y cerámicos, conductividades térmicas de alrededor de tres órdenes de magnitud menos que la de los metales y propiedades de aislamiento eléctrico.

2. Polímeros termofijos

Polímeros termofijos ó termoestables, no toleran ciclos repetidos de calentamiento. Cuando se calientan de inicio, se suavizan y fluyen de modo que se pueden moldear, pero las temperaturas elevadas también producen una reacción química que endurece el material y lo convierte en un sólido que no se puede fundir. Si se le vuelve a calentar, los polímeros termofijos o termoestables se degradan y carbonizan, en vez de suavizarse.

Los polímeros termofijos se distinguen por su estructura muy entrecruzada. En realidad, la pieza formada se convierte en una sola macromolécula. Los termofijos siempre son amorfos y no presentan temperaturas de transición al vidrio.

Debido a las diferencias químicas y estructura molecular, las propiedades de los plásticos termofijos son distintas de la de los termoplásticos. En general, los termofijos son: más rígidos, su módulo de elasticidad es de dos a tres veces más grande, frágiles, virtualmente no poseen ductilidad, menos solubles en solventes comunes, capaces de resistir temperaturas de uso elevadas y no son capaces de volverse a fundir, en vez de ello se degradan o queman.

Las diferencias en las propiedades de los plásticos termofijos son atribuibles al entrecruzamiento, que forma una estructura estable en lo térmico, tridimensional y de enlaces covalentes en el interior de la molécula. El entrecruzamiento ocurre en tres maneras.

Sistemas activados por temperatura.

Sistemas activados por catalizadores.

Sistemas activados por mezcla.

Las reacciones químicas que se asocian con el entrecruzamiento se denominan como curado o fraguado. El curado se efectúa en plantas de fabricación que dan forma a las piezas, a diferencia de las plantas químicas que suministran al fabricante los materiales de inicio.

3. Elastómeros

Los elastómeros son los cauchos. Se trata de polímeros que presentan alargamiento elástico extremo si se les sujeta a un esfuerzo mecánico relativamente bajas. Algunos elastómeros son capaces de estirarse en un factor de 10 y aun así recuperar su forma original por completo. Aunque sus propiedades son muy distintas de las de los termofijos, tienen una estructura molecular similar a la de éstos, pero diferente de la de los termoplásticos.

Los elastómeros consisten en moléculas de cadena larga entrecruzadas (como los polímeros termofijos). Son polímeros capaces de desarrollar una deformación elástica grande si se les sujeta a esfuerzos relativamente pequeños. El término más frecuente para un elastómero es, por supuesto, el caucho. Los cauchos se dividen en dos categorías: caucho natural, derivado de ciertos vegetales y elastómeros sintéticos, que se obtienen por procesos de polimerización similares a los que se emplean para los polímeros

termoplásticos y termofijos. El ejemplo más común de los elastómeros es el caucho natural.

h. Propiedades de los polímeros importantes para llevar a cabo el proceso de extrusión.

El número de materiales plásticos disponibles para procesarse por extrusión crece continuamente, así como la gama de productos terminados y semiterminados que se pueden fabricar por este método. La extrusión es probablemente el proceso más versátil en la industria de los plásticos y también es una operación de alta capacidad.

Los procesos para dar forma a los plásticos se clasifican de acuerdo con la forma geométrica del producto resultante: productos extruidos continuos con sección transversal constante distinta de las hojas, películas y filamentos; hojas y películas continuas; filamentos continuos (fibras); piezas moldeadas que son, sobre todo, sólidas; piezas moldeadas huecas con paredes relativamente delgadas; piezas discretas hechas de hojas y películas formadas; fundidos y productos de espuma.

Los procesos más importantes en el comercio son aquellos asociados con los termoplásticos; los dos procesos de moldeo de mayor significancia son por extrusión y por inyección.

Se comienza el estudio por medio del análisis de las propiedades de los polímeros fundidos, porque casi todos los procesos para dar forma a los termoplásticos comparten la etapa común de calentar el plástico de modo que fluya.

Para dar forma a un polímero termoplástico éste debe calentarse de modo que se suavice hasta adquirir la consistencia de un líquido. Esta forma se denomina polímero fundido, que tiene varias propiedades y características únicas como son:

1. Viscosidad

Viscosidad. Es la propiedad que determina que un fluido fluya, es la resistencia al flujo. La viscosidad es una propiedad de los fluidos que relaciona la fuerza cortante que se experimenta durante el movimiento del fluido con la tasa de deformación. La viscosidad es importante en el procesamiento de polímeros por que la mayoría de métodos para dar forma involucra el flujo del polímero fundido a través de canales pequeños o aberturas.

Se define como la razón del esfuerzo cortante a la tasa del cortante durante el flujo, donde el esfuerzo cortante es la fuerza por fricción que el fluido ejerce por unidad de área, y la tasa del cortante es el gradiente de la velocidad perpendicular a la dirección del flujo.

Es frecuente que los gastos o caudales sean elevados, lo que genera tasas elevadas de corte; y las fuerzas de corte se incrementan con la velocidad de corte, por lo que se requieren presiones significativas para efectuar los procesos.

2. Viscoelasticidad

Viscoelasticidad. Es aquella propiedad que tiene un material que determina la deformación que experimenta cuando se le sujeta a combinaciones de esfuerzo y temperatura a lo largo del tiempo. Un ejemplo es la expansión del dado en la extrusión, en la que el plástico caliente se expande conforme sale de la abertura del dado. El fenómeno, se explica si se observa que el polímero estaba contenido en una sección transversal mucho más grande antes de ingresar al canal angosto del dado. En efecto, el material extruido “recuerda” su forma y trata de regresar a ella después de dejar el orificio del dado. En otras palabras, los esfuerzos de compresión que actúan sobre el material conforme ingresa a la abertura pequeña del dado no se relajan de inmediato. Cuando el material sale después del orificio y la restricción desaparece, los esfuerzos no liberados hacen que la sección transversal se expanda.

El comportamiento viscoelástico se manifiesta en la fusión de los polímeros como memoria de su forma. Conforme el polímero espeso se funde, se transforma durante el proceso de una forma a otra; “recuerda” su forma anterior y trata de volver a esa geometría.

Hasta este punto hemos dado una breve explicación de las características principales de la materia prima que se usa en la empresa en donde llevamos este trabajo de tesis, ahora se describirá el proceso que se usa para transformar el plástico en cuestión en los diversos productos de la misma.

i. Definición de extrusión

Es uno de los procesos fundamentales para dar forma a los metales y polímeros, así como algunos cerámicos. La extrusión es un proceso de compresión en el que se fuerza el material a fluir a través de un orificio practicado en un dado a fin de obtener un producto largo y continuo, cuya sección transversal es constante y adquiere la forma determinada por la del orificio.

j. Proceso y equipo.

En la extrusión de polímeros, se alimenta material en forma de pellets o polvo hacia adentro de un barril de extrusión, donde se calienta, funde y fuerza para que fluya a través de la abertura de un dado por medio de un tornillo rotatorio. Los dos componentes principales del extrusor son el barril y el tornillo. El dado no es un componente del extrusor; es una herramienta especial que debe fabricarse para el perfil particular que se va a producir.

Es común que el diámetro interno del barril del extrusor varíe entre 25 y 150 mm. El barril es largo en relación con su diámetro, con razones L/D que, por lo general, están entre 10 y 30. Las razones más altas se emplean para materiales termoplásticos, en tanto que los valores L/D más bajos son para los elastómeros. (Véase Fig. 7)

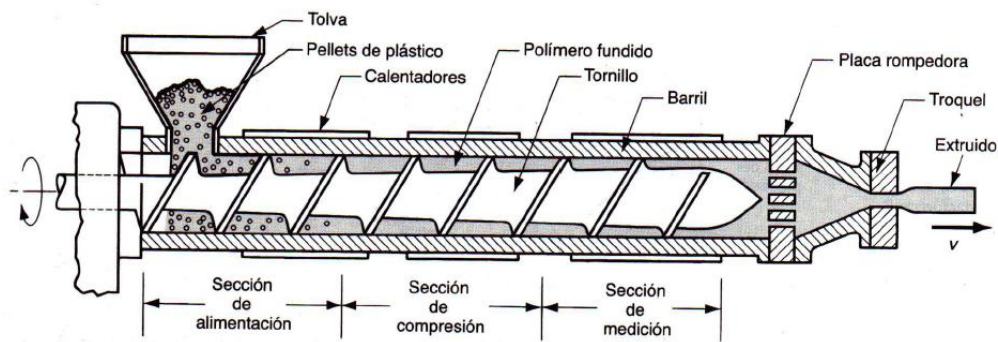


Fig. 7 Componentes y características de un extrusor (de un solo tornillo) para plásticos y elastómeros.⁵

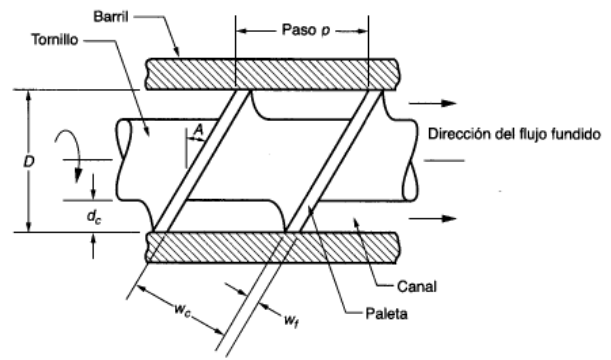
En el extremo del barril opuesto al dado se localiza una tolva que contiene el material que se alimenta. Los pellets se alimentan al tornillo rotatorio, cuya rosca mueve al material a lo largo del barril. Se utilizan calentadores eléctricos para fundir al inicio los pellets sólidos; después, la mezcla y el trabajo mecánico del material generan calor adicional, lo que mantiene fundido al material. En ciertos casos, se suministra calor suficiente a través de la mezcla y acción cortante de modo que no se requiere calor externo.

En realidad, en ciertos casos el barril debe enfriarse desde el exterior a fin de impedir el sobrecalentamiento del polímero.

El material se hace avanzar a lo largo del barril hacia la abertura del dado, por medio de la acción del tornillo extrusor. El tornillo tiene varias funciones y se divide en secciones que son: sección de alimentación, en la que el material se mueve del puerto de la tolva y recibe precalentamiento; sección de compresión, en la que el polímero se transforma para adquirir consistencia líquida, se extrae del fundido el aire atrapado entre los pellets y se comprime el material; y sección de medición, en la que se homogeniza al fundido y se genera presión suficiente para bombearlo a través de la abertura del dado.

⁵ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 262)

Fig. 8 Detalles de un tornillo extrusor dentro del barril.⁶



La operación del tornillo está determinada por su forma geométrica y velocidad de rotación. (Véase Fig. 8) El tornillo consiste en “paletas” (cuerdas) en forma de espiral, con canales entre ellas por los que avanza el polímero fundido.

Las tres secciones del tornillo se ilustran en la Fig. 7 como si tuvieran longitud igual; esto es apropiado para un polímero que se funde gradualmente, como un polietileno de baja densidad. Para otros polímeros, las longitudes óptimas son diferentes.

El avance del polímero a lo largo del barril lo hace llegar en última instancia a la zona muerta. Antes de llegar al dado, el fundido pasa a través de una serie de mallas de alambre sostenidas por una placa rígida (llamada placa rompedora) que contiene agujeros axiales pequeños. La malla sirve para: filtrar los contaminantes y grumos duros del fundido, generar presión en la sección de medición y forzar al flujo del polímero fundido y borrar de su memoria el movimiento circular impreso por el tornillo. Esta última función tiene que ver con la propiedad viscoelástica del polímero; si el flujo no se forzara, el polímero repetiría su historia de girar dentro de la cámara de extrusión, y tendería a rotar y distorsionar el extruido.

Lo que se ha descrito es la máquina de extrusión de un solo tornillo. También debe mencionarse los extrusores de tornillos gemelos, ya que ocupan un lugar importante en la industria. En estas máquinas, los tornillos son paralelos y se encuentran lado a lado dentro del barril.

⁶ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 262)

La forma del orificio del dado determina la forma de la sección transversal del extruido. Se puede enumerar los perfiles del dado comunes y las formas extruidas correspondientes, como sigue: perfiles sólidos, perfiles huecos, recubrimientos de alambre y cable, hoja y película.

k. Defectos de la extrusión

Los productos extruidos presentan ciertos números de defectos. Uno de los peores es la fractura del fundido, en la que las tensiones que actúan sobre el fundido inmediatamente antes y durante su paso a través del dado son tan grandes que ocasionan una falla, que se manifiesta en forma de la superficie muy irregular del extruido. Como se sugiere en la Fig. 9 la fractura del fundido puede ser ocasionada por una reducción brusca de la entrada del dado, lo que provoca un flujo turbulento que rompe el fundido. Esto contrasta con las líneas de corriente del flujo laminar en el dado que converge en forma gradual.

Un defecto más común de la extracción es la piel de tiburón, en la que la superficie del producto se arruga al salir del dado. Conforme el fundido fluye a través de la abertura del dado, la fricción en la interfaz ocasiona un perfil de velocidad a través de la sección transversal, como se ve en la Fig. 9. Los esfuerzos de tensión aparecen en la superficie al estirarse este material para estar a la par con el núcleo central que se mueve más rápido.

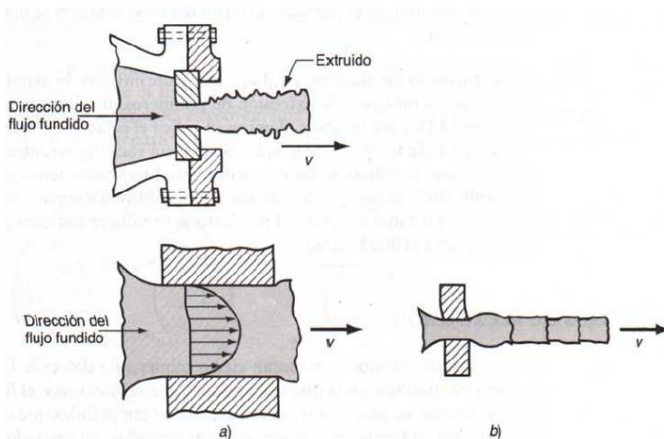


Fig. 9 Fractura del fundido ocasionada por el flujo turbulento del líquido a través de una entrada del dado que se reduce en forma abrupta. a) Perfil de velocidad del fundido conforme pasa a través de la abertura del dado, lo que lleva a defectos llamados piel de tiburón y b) bambú.⁷

⁷ Groover, M. *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era. Edición, México 2007 (pág. 271)

Estos esfuerzos ocasionan rupturas menores que arrugan la superficie. Si el gradiente de velocidad se vuelve extremo, aparecen marcas prominentes en la superficie, lo que le da el aspecto de un tronco de bambú; de ahí el nombre de bambú para este defecto más severo.

1.4 Proceso de producción.

Como ya se ha mencionado en Grupo Gysapol se elaboran más de 60 artículos, entre los cuales hay guardacarriles, durmientes, tarimas, topes, todos estos elaborados gracias al proceso de extrusión.

A continuación se describirá el proceso de producción que sigue Grupo Gysapol para la elaboración de dos de sus productos principales debido a su demanda y que además son los productos en los cuales se centrará este estudio los cuales son: tarima de 900 X 1000 [mm] y tope amarillo de 600 [mm].

El polietileno de alta densidad es el principal elemento de la materia prima para la elaboración de las tarimas y los topes, se encuentra presente en diversas presentaciones, como pueden ser: pellets (material virgen), hojuela multicolor, hojuela blanca o natural y también el material reprocesado, este último, está conformado de piezas que no fueron aceptadas por control de calidad durante el proceso de producción. Cuando se trabaja con material reprocesado el proceso de producción es más largo, ya que los perfiles son sometidos a diversos pasos para ser convertidos nuevamente en hojuelas.

El proceso de producción de la tarima de 900 X 1000 [mm] se hace de dos maneras, debido a que el polietileno que se usa puede ser hojuela multicolor o polietileno reprocesado, en el cual se hacen más operaciones para transformar el material rechazado en hojuelas.

El tipo de polietileno para el tope amarillo es la hojuela blanca o natural debido al color amarillo de los topes no puede ser utilizado la hojuela multicolor o el polietileno reprocesado.

En el primer paso para la elaboración de la tarima es el recibo de materia prima, en donde el polietileno es revisado por control de calidad, donde se revisa que el material cumpla con las siguientes características: tamaño, cantidad y la limpieza del mismo. (Véase Fig. 10).



Fig. 10 Recepción de materia prima.

Una vez que el material es aceptado, es llevado al almacén de materia prima, donde permanece hasta que es requerido en jumbos (costales con capacidad de una tonelada), nótese que en este paso del proceso, el polietileno no es etiquetado, lo que hace que no se lleve control de la cantidad de material. (Véase Fig. 11).



Fig. 11. Almacén de materia prima.

Cuando es requerido el material para cumplir con un lote de producción (en este caso de la tarima), se lleva el material a una mezcladora, la cual como su nombre lo indica, hará que el polietileno junto con los aditivos queden perfectamente mezclados como lo indica la formulación química de la tarima.

Esta formulación es elaborada por Químicos encargados de verificar y hacer que las composiciones cumplan con las propiedades mecánicas y físicas requeridas por la tarima y el tope, así como de los demás productos elaborados en Grupo Gysapol. (Véase Fig. 12).

Se mencionan las sustancias que comúnmente se agregan a la composición de los productos extruidos, su función de estas sustancias fue mencionada anteriormente en los principios básicos:

Agentes Retardantes de flama

Agentes Protectores U.V.

Agentes Espumantes

Agentes Antioxidantes

Agentes Antiestáticos



Fig. 12 Mezcladora.

Una vez que está lista la mezcla, nuevamente el encargado de calidad realiza la labor de verificar que esta contenga las características necesarias para poder seguir con el proceso

de producción de la tarima y el tope, esto lo logra tomando muestras aleatorias de las mismas las cuales son analizadas.

Cuando la composición de la mezcla es adecuada, el siguiente paso es fundamental, debido a que es aquí cuando el polietileno sufrirá la transformación más importante: la extrusión.

(Véase Fig. 13)



Fig. 13 Área de extrusión.

Como ya se mencionó, la extrusión es el proceso de compresión en el que se fuerza el material a fluir a través de un orificio practicado en un dado a fin de obtener un producto largo y continuo, cuya sección transversal adquiere la forma determinada por la del orificio, en este caso, los dados utilizados para la elaboración de la tarima y el tope.

Cuando el polímero es extruido se debe supervisar que se cumplan ciertas condiciones como son: la temperatura del fluido, cantidad de mezcla y la velocidad de extrusión.

Debido a la importancia de este paso en nuestro proceso de producción el material que es extruido es supervisado constantemente, llevando un historial de la velocidad del fluido, temperatura y el tiempo que lleva la operación, esto último para hacer un estimado del tiempo que dura la elaboración de cada lote de producción, dependiendo del producto que se desee, así como también, que el sistema de enfriamiento contenga la cantidad de agua necesaria para enfriar el plástico recién extruido.

Si el proceso de extrusión no presenta dificultades el supervisor hace una inspección visual al plástico extruido, verificando que este cumpla con las dimensiones correctas, color y sobre todo que no contenga defectos comunes en la extrusión como son: piel de tiburón, huecos ó bambú, es común que en esta parte del proceso se hagan pruebas mecánicas a los perfiles extruidos, por ejemplo, de dureza.

Cuando algún perfil no cumple con las especificaciones de calidad para el producto, se corta en trozos de 150 [mm] y son llevados al área de almacén.

Después de que se tienen los trozos de material en jumbos se les da una clasificación para conocer la cantidad de veces que ha sido reprocesado el material, si el material ha si reprocesado más de 4 veces deja de funcionar ya que se degradan de manera sustancial las capacidades y características necesarias para tener un producto de calidad.

Posteriormente se llevan los pedazos al área de trituración donde se obtienen fragmentos irregulares de aproximadamente 5 cm de diámetro, el cual es almacenado nuevamente en jumbos. (Véase Fig.14)



Fig. 14 Área de triturado.

El siguiente paso en el proceso es llevar el material ya triturado al molino en donde se le quita el exceso de humedad contenida debido al sistema de enfriamiento al que es sometido para que pueda ser procesado posteriormente de forma adecuada. (Véase Fig. 15)



Fig. 15 Área de molino (Quitar humedad).



Fig. 16 Área de corte.

El extruido que cumpla con todas las propiedades necesarias para la obtención de perfiles de calidad, son cortados a las dimensiones requeridas, (Véase Fig. 16) según las características de los componentes de cada artículo. En el caso de la tarima los componentes y dimensiones son:

A continuación se muestran los componentes de la tarima de 1000 mm X 900 mm

Tarima.

A continuación se muestran las características dimensionales y las cantidades de materia prima necesaria para la fabricación de cada uno de los productos:

Tarima de 900 [mm] x 1000 [mm] (Véase Fig. 17)



Fig. 17 Tarima 900 [mm] x 1000 [mm].

La tarima consta de cuatro tipos diferentes de componentes:

Clavo anillado cal. 120 2.5 [in] (120 pzas. por tarima)

Divisor delgado 4 [in] x 0.75 [in] (3 pzas.)

Tabla Marco 3.75 [in] x 0.75 [in] (4 pzas.)

Tabla 3[in] x 0.5 [in] (7 pzas.)

Datos sobre el peso de los componentes de la tarima

Componente	Peso/Longitud [Kg/m]	Peso teórico [Kg]	Peso real [Kg]
Divisor delgado	1	2.7 (3 piezas)	-
Tabla 3" x 1/2"	0.8	5.04 (7 piezas)	-
Tabla marco	1.4	5.6 (4 piezas)	-
Peso total tarimas		13.34	13.9

Tabla 1. Peso de material usado en la fabricación de la tarima.

Se observa una variación de 0.56 kg al comparar el peso teórico y real debido a que no se tomaron en cuenta los clavos en el cálculo del peso teórico, el tipo de polietileno que se usa para elaborar las tarimas es el reprocesado ya que el color negro es el único color obtenido de esta manera.

En el caso del tope amarillo los componentes son menos ya que el perfil al ser cortado, no necesita operaciones de armado a otros perfiles, este debe ser cortado a 60 [cm] de largo.

Tope.

Los datos de tope amarillo de 600 [mm] son los siguientes: (Véase Fig. 18)



Fig. 18 Tope amarillo de 600 [mm]

Dimensiones del tope:

Altura 88 [mm] Ancho 152.4 [mm]

Componente	Peso/Longitud [Kg/m]	Peso teórico [Kg]	Peso real [Kg]
Tope	7.5	4.5	4.733

Tabla 2. Peso de material usado en la fabricación del tope amarillo de 600 mm.

Podemos observar una variación de 0.23 kg al comparar los pesos teórico y real ya que no se tomó en cuenta el peso de los fantasmas en el cálculo del peso teórico.

Encontramos en esta parte del proceso áreas de oportunidad ya que en esta operación, la forma en que se corta el perfil se lleva a cabo por medio de serruchos, en esta operación existen trabajadores encargados de medir y cortar a mano alzada los perfiles, esto provoca que haya imprecisión en los cortes y por lo tanto en las medidas, así como, tiempos excesivos en esta operación permitiendo la existencia de cuellos de botella. Cuando el material es cortado el supervisor encargado hace una nueva inspección visual,

aleatoriamente se miden las dimensiones de los distintos perfiles y se hace la aceptación o rechazo de los mismos.

Una vez cortados los perfiles, la siguiente operación es el armado de la tarima y el tope. Esta operación se lleva a cabo en mesas de trabajo, donde, dependiendo del producto que se desea obtener, se unen los componentes de la pieza, se quitan las rebabas, en el caso de la tarima se clavan los perfiles de diversos tamaños hasta obtener la tarima de las dimensiones adecuadas así como se muestra en la Fig. 19 y Fig. 20.

En el caso del tope amarillo de 60 cm., en el área de armado se le colocan los fantasmas en los extremos, las cuales son las únicas piezas que se montan al tope ya que no requiere ser ensamblado a más perfiles.



Fig. 19 Área de ensamble



Fig. 20 Ensamble de las piezas de tarima

Una vez que son armados la tarima o el tope, son llevados al área de grabado, aquí a los productos se les pone la marca del cliente o el logotipo según sea el caso, con pintura indeleble y por medio de regletas diseñadas especialmente para cumplir con las peticiones del cliente.

Una vez que la tarima y el tope son grabados el Departamento de Calidad realiza una inspección a los productos terminados para poder liberarlos, se revisa que el grabado sea claro, legible, en el caso de la tarima que este bien armada y el tope tenga los fantasmas colocados adecuadamente. (Véase Fig. 21)



Fig. 21 Área de grabado.

Cuando calidad realiza un espoteo e inspecciona el lote de producción y este ha sido liberado, los productos van al último paso de nuestro proceso, son llevados a emplayar y a acomodar en el almacén de producto terminado. (Véase Fig. 22)



Fig. 22 Almacén de producto terminado.

1.5 Situación actual de la empresa

En Grupo Gysapol actualmente laboran aproximadamente 80 personas en todas las áreas de la empresa. La organización está dividida en dos áreas principales, las cuales son:

Administrativa

Producción

El área administrativa se divide en Contabilidad, Logística, Recursos Humanos, Ventas y Dirección.

El área de producción está integrada por Calidad, Producción, Armado y Mantenimiento.

A continuación mostramos el organigrama actual, donde se muestran a las personas que integran el equipo de Grupo Gysapol y el cargo que tienen. (Véase Fig. 23)

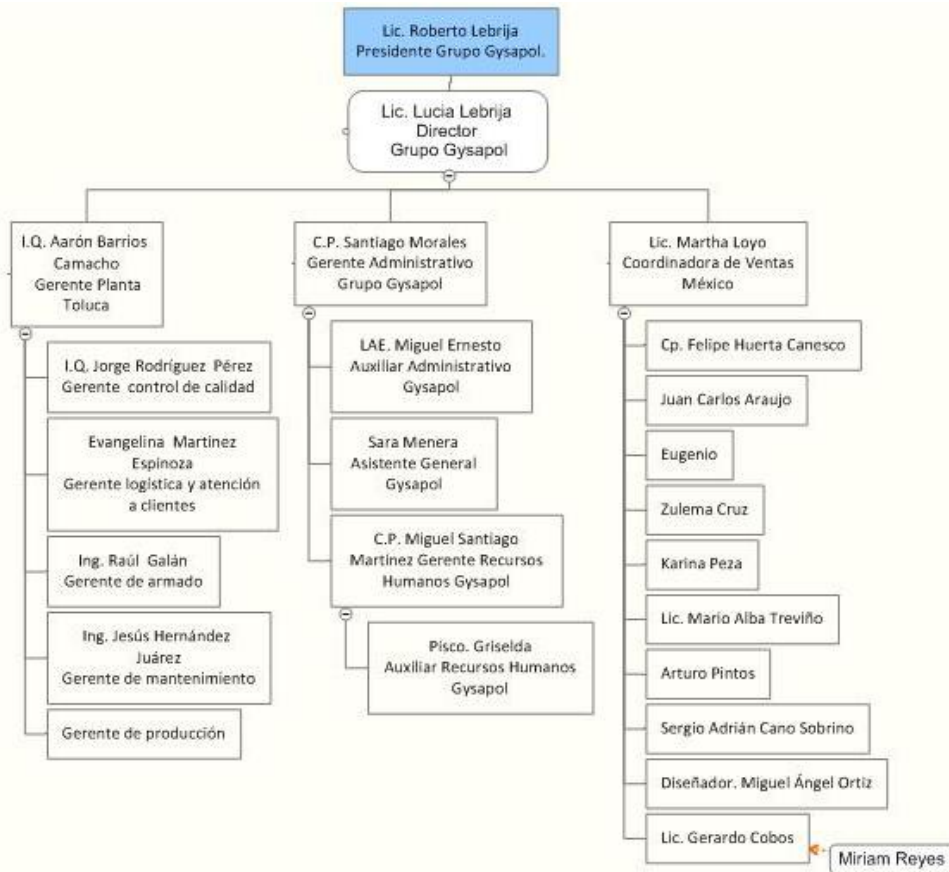


Fig. 23 Organigrama de la empresa.

Para la realización de este trabajo se tuvo la oportunidad de realizar varias visitas a la empresa, con las cuales se observó que existen varias áreas de oportunidad, se realizó un ejercicio con los trabajadores de las diversas áreas de la empresa, obteniendo información acerca de las formas en que actualmente llevan a cabo su trabajo para poder detectar mejoras y facilitar sus actividades con las propuestas de este trabajo.

Conforme se estudió a fondo las diversas áreas de la empresa y la forma en que esta se maneja, ya sea, la organización, producción, su manejo de almacén, su forma de estiba, distribución de planta, se identificaron las siguientes áreas de oportunidad, las cuales se mencionan a continuación: (Véase anexo A1)

1.- Material

- Alto grado de piezas rechazadas.

- Grandes cantidades de piezas averiadas, estropeadas o destruidas en proceso, pero no en las operaciones productivas.
- Entregas interdepartamentales lentas.
- Material que se extravía o que pierde su identidad.
- Tiempo excesivamente prolongado de permanencia del material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación.

2.-Maquinaria

- Maquinaria inactiva.
- Muchas averías de maquinaria.
- Maquinaria anticuada.
- Equipo que causa excesiva ruido y suciedad.
- Equipo demasiado ancho para su ubicación.
- Maquinaria y equipo inaccesibles.

3.- Hombre

- Condiciones de trabajo poco seguras.
- Área que no se ajusta a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios.
- Quejas sobre condiciones de trabajo incómodas.
- Excesiva rotación de personal.
- Obreros de pie, ociosos o paseando gran parte de su tiempo.
- Equívocos entre operarios y personal de servicios.
- Trabajadores calificados pasando gran parte de su tiempo realizando operaciones de servicio (mantenimiento).

4.- Movimiento, manejo de materiales.

- Retrocesos y cruces en la circulación de los materiales.
- Operarios calificados o altamente pagados, realizando operaciones de manipulación.
- Gran proporción del tiempo de los operarios, invertido en “recoger” y “dejar” materiales o piezas.
- Frecuentes acarreos y levantamientos a mano.
- Frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implican esfuerzo o tensión indebidos.
- Operarios esperando a los ayudantes que los secunden en el manejo manual, o esperando los dispositivos de manejo.
- Operarios forzados a sincronizarse con el equipo de manejo.
- Traslados de larga distancia.
- Traslados demasiados frecuentes.
- Equipo de manejo inactivo y/o manipuladores inactivos.
- Congestión en los pasillos.
- Manejos excesivos y transferencias.

5.- Almacenamiento

- Se observan grandes cantidades de almacenamientos de todas clases.
- Gran número de pilas de material en proceso esperando.
- Zonas de almacenaje no claras o muelles de recepción y embarque atiborrados.
- Operarios esperando material en los almacenes o en los puestos de trabajo.
- Poco aprovechamiento de la tercera dimensión en las áreas de almacenaje.
- Materiales averiados o mermados en las áreas de almacenamiento.

- Elementos de almacenamiento inseguro e inadecuado.
- Manejo excesivo en las áreas de almacén o repetición de las operaciones de almacenamiento.
- Frecuentes errores en las cuentas o en los registros de existencias.

6.- Servicio

- Quejas sobre las instalaciones por inadecuadas.
- Puntos de inspección o control inadecuados.
- Inspectores y elementos de inspección y prueba ociosos.
- Entregas retrasadas de material a las áreas de producción.
- Número desproporcionadamente grande de personal empleado en la recogida de desechos, desperdicios y rechazos.
- Demoras en las reparaciones.
- Líneas de servicios auxiliares que se rompen o averían frecuentemente.
- Trabajadores realizando sus propias ampliaciones o modificaciones en el cableado, tuberías, conductos u otras líneas de servicio.
- Elevada proporción de empleados y personal de servicio en relación con los trabajadores de producción.
- Número excesivo de reordenamiento del equipo, precipitadas o de emergencia.

7.- Edificio.

- Paredes u otras divisiones separando áreas con productos, operaciones o equipo similares.
- Abarrotamiento de los montacargas o excesiva espera de los mismos.
- Quejas referentes a frío.
- Pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos.

- Edificios esparcidos, sin seguir ningún patrón.
- Edificios atestados. Trabajadores interfiriéndose unos en el camino de otros: almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo abarrotadas, especialmente si el espacio en las áreas colindantes es abierto.
- Peticiones frecuentes de más espacios.

8.- Cambios anticipados en:

- Cambios anticipados en el diseño del producto, materiales mayores, producción, variedad de productos.
- Cambios anticipados en el horario de trabajo, estructura de la organización, escala de pagos, o clasificación del trabajo.
- Cambios anticipados en los métodos, maquinaria o equipo, y
- En los elementos de manejo y de almacenaje, servicios de apoyo a la producción, edificios o características de emplazamiento.

De acuerdo al análisis de cada área la de mayor interés fue el almacén de materia prima porque se detectó que la empresa no tiene ningún control acerca del manejo de su materia prima, pues no sabe la cantidad de producto existente y esto no permite, en ocasiones, cumplir con los pedidos de producción ya que el material se encuentra revuelto, la merma con las hojuelas de polietileno natural o polietileno triturado con soplado multicolor y virgen, cabe mencionar que este último es el más costoso y una vez que se mezcla con otro tipo de material el polietileno virgen deja de servir por la dificultad de separar un material de otro. (Véase Fig. 24).



Fig. 24 Área de almacén donde se puede observar que no hay ningún orden o clasificación del material.

Se observó también que existe una falta de limpieza en esta área ya que hay material tirado por los pasillos que impide la identificación de los mismos, además se mezcla haciendo que se convirtiera en desperdicio y es difícil separarlo debido al tamaño de las hojuelas. (Véase Fig. 25 y Fig. 26).



Fig. 25 Fotografía en donde se muestra material tirado en los pasillos.



Fig. 26 Fotografía en donde se muestra el material tirado en el suelo.

Al recorrer las áreas se observó que no hay pasillos delimitados y que existen lugares en las que no es posible pasar y debido a que no están organizados los materiales obstruyen las salidas de emergencia, las zonas destinadas a instalaciones eléctricas, zonas de prevención y seguridad como son las zonas de los extintores y por tanto esto provoca que en caso de una emergencia como un incendio el material no permitirá que los trabajadores de esta área salgan de manera rápida y segura o que no se apague el fuego con los extintores que están obstruidos por los jumbos o costales de materia prima. (Véase Fig. 27)



Fig. 27 Fotografía en donde se muestra que no hay clasificación de los materiales y tampoco pasillos en el área de almacén de materia prima.

Además se cuestionó acerca de la manera en que se administra la materia prima y se encontró que la empresa no lleva ningún control, la forma en que organizan el almacén de materia prima es por pedidos provocando que si se tiene alguna cancelación y la materia prima ha sido comprada esta se almacena indefinidamente y no se tiene conocimiento preciso de las cantidades invertidas y pérdidas.

Es por eso que este trabajo se enfocará al área de almacén de materia prima debido a que se encontraron más áreas de oportunidad, se iniciará proponiendo un sistema de inventarios con el propósito de mostrar que llevando un control y un histórico de sus demandas del producto es posible saber cuánto material aproximadamente se necesita en almacén.

Por la diversidad de productos que manejan se enfocará a los que tienen mayor cantidad de pedidos durante el año (demanda) los cuales son:

Tarima de 900 [mm] x 1000 [mm]

Tope amarillo de 600[mm]

A continuación se documentarán las herramientas de la Ingeniería Industrial que serán utilizadas para cumplir con el objetivo de este trabajo y que servirán de ayuda para comprobar la hipótesis planteada e identificada por medio del análisis o diagnóstico de la situación actual de la empresa.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

*"Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica.
Esa fuerza es la voluntad."*

Albert Einstein

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describirán las herramientas de Ingeniería Industrial que serán utilizadas para cumplir con el objetivo de esta tesis.

2.1 Pronósticos

Los pronósticos son una herramienta importante dentro de la planeación y control de la producción de cualquier empresa, ya que permite obtener una aproximación de los valores futuros para optimar recursos y no incurrir en gastos innecesarios.

Comenzaremos definiendo lo que es un pronóstico.

“Pronosticar consiste en utilizar datos pasados para determinar acontecimientos futuros. Estos a menudo son ocupados para predecir la demanda del consumidor de productos o servicios, aunque se pueden utilizar para muchos factores influyentes de manera potencial para el éxito de la ejecución del sistema.”

“Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir los eventos futuros. Puede involucrar el manejo de datos históricos para proyectarlos a un tiempo determinado, mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción subjetiva o intuitiva. O bien una combinación de ambas, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen juicio de un administrador.”

a. Comprensión del problema

Los pronósticos proporcionan información para tomar mejores decisiones, el primer paso es identificar la decisión, si no se afecta por el pronóstico este no es necesario. La importancia de la decisión sugerirá el esfuerzo que debe dedicarse a producir un pronóstico, una decisión de una sola vez requiere un pronóstico, mientras que una recurrente necesita uno cada vez que es tomada.

En cualquier caso la decisión determina:

- Qué pronosticar

- El nivel de detalle necesario y
- Con qué frecuencia se hará el pronóstico

Los pronósticos de ventas, calidad de materiales, ingresos, gastos, uso de energía o los tiempos de llegada de los clientes son una necesidad común en las empresas.

La demanda de un producto es en sí misma un pronóstico, un punto importante para el entendimiento de este tipo de problemas es comprender el proceso; por ejemplo, sólo se puede esperar conocer cada vez mejor el proceso de la demanda de un artículo, ya que nunca se tiene la certeza de entenderlo completamente. Y así hacer las suposiciones necesarias para crear los pronósticos, para esto se examinan las características del problema, se analizan los datos y se establece una meta a pronosticar.

b. Características del problema.

Las principales características de un problema de pronósticos son el marco de tiempo, el nivel de detalle, la exactitud necesaria y el número de aspectos a pronosticar.

En los sistemas de producción, casi siempre es de interés el pronóstico de la demanda, producto o servicio con el fin de decidir cuánto producir.

Existen tres criterios principales para definir el tipo de periodo en la toma de decisiones al cual se desea aplicar un pronóstico:

Decisión a largo plazo. Se utilizan para abrir nuevas plantas o aumentar la capacidad de las existentes, con frecuencia dependen de pronósticos de demanda, un marco de tiempo usual para este tipo de decisiones sería de 3 a 5 años.

Las decisiones a largo plazo no requieren pronósticos exactos, es común que se usen métodos causales y cuantitativos para obtenerlos.

Decisión a mediano plazo. Puede ser la asignación de cierta capacidad de planta a grupos de productos, no necesariamente conociendo la demanda para cada uno individualmente,

ya que con frecuencia se usan métodos cuantitativos, incluyendo los causales y las series de tiempo.

Decisión a corto plazo. Es cuántos productos se deben fabricar, se necesita el número real de unidades de producto. Esta decisión puede ser semanal, mensual, o trimestral, necesitan ser exactos, los métodos de series de tiempo son los que se usan con mayor frecuencia para este periodo, pero en algunos casos son usados los métodos causales y los cuantitativos, requieren el pronóstico de cientos de artículos.

c. Metodología para la determinación de un pronóstico.

- 1.-Especificar objetivos.
- 2.- Recolección de datos.
- 3.-Análisis de datos.
- 4.-Seleccionar la técnica de pronóstico.
- 5.-Aplicar el método de pronóstico.
- 6.- Validación del modelo o método de pronóstico.
- 7.-Seguimiento.

d. Descripción de los diferentes métodos de pronósticos.

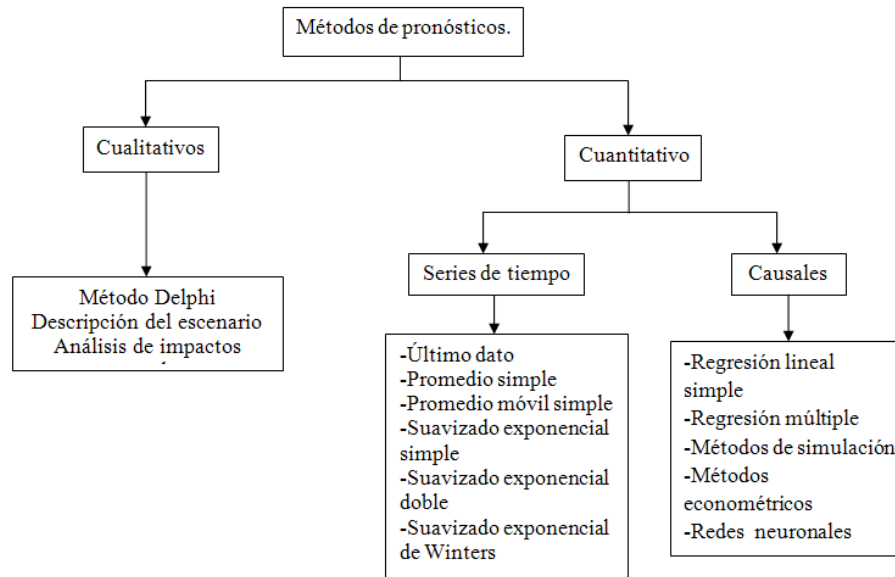


Fig. 28 Principales Métodos de Pronósticos.

Para los fines de nuestra tesis nos concentraremos en los métodos de series de tiempo, dado que estos métodos son ocupados cuando se tienen datos históricos o anteriores de la demanda que se desea pronosticar.

Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable.

Existen varios modelos y métodos de series de tiempo entre los cuales elegir, y que incluyen el modelo constante, de tendencia y estacional, dependiendo de los datos históricos y de la comprensión del proceso fundamental. Para cada modelo, se cuenta con varios métodos de pronóstico, que incluyen promedios, promedios móviles, suavizado exponencial, regresión y tal vez combinaciones de todos estos, conforme al comportamiento de la serie de tiempo a analizar.

1. Proceso constante

Matemáticamente, la demanda en el periodo t para un proceso constante se representa por la siguiente fórmula (Véase fórmula 1).

$$d_t = \alpha + \varepsilon_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 1}$$

Donde α representa la constante fundamental del proceso y ε_t el ruido aleatorio, que se supone que sigue una distribución normal con media cero y variancia σ_ε^2 .

Uno de los métodos más sencillos es usar el **último dato** como pronóstico para el siguiente periodo. Sea T el periodo actual, t un periodo arbitrario, d_t la demanda histórica en el periodo t y F_{T+k} el pronóstico hecho en el tiempo T para k periodos futuros.

Al usar el último dato, el pronóstico para el siguiente periodo será la demanda de este periodo. En notación matemática esto es:

$$F_{T+1} = d_T \dots \dots \dots \text{Fórmula 2}$$

El problema con el último dato es la variación aleatoria inherente. Para vencer este problema, se puede usar un **promedio de los datos** pasados, esto haría que el pronóstico fuera menos sensible a las variaciones aleatorias. Dados T periodos de datos, el tiempo promedio en el tiempo T es:

$$\overline{D}_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 3}$$

El pronóstico hecho en el periodo T para el siguiente periodo es:

$$F_{T+1} = \overline{D}_T \dots \dots \dots \text{Fórmula 4}$$

Y entonces el pronóstico para k periodos futuros calculados en el tiempo T es:

$$F_{T+k} = \overline{D_T} \dots \dots \dots \text{Fórmula 5}$$

Los métodos de pronósticos del último dato y del promedio se pueden considerar métodos extremos. El último dato ignora todo menos el último punto, mientras que el promedio trata a los datos muy antiguos igual que a los más recientes.

Existe otro método sencillo para un proceso constante, el de **promedios móviles**, éste en lugar de tomar el promedio de todos los datos, considera sólo algunos de los más recientes a elección del usuario para reducir el efecto de las fluctuaciones aleatorias (véase Fórmula 6). Sea N el número de periodos que se quieren considerar en el promedio móvil y M_T el valor del promedio móvil. Si el proceso se encuentra en el periodo T , el promedio móvil está dado por la suma de los últimos N datos, o matemáticamente,

$$M_{T+1} = M_T + \frac{d_{T+1} + d_{T-N+1}}{N} \dots \dots \dots \text{Fórmula 6}$$

La elección de N es un trueque entre la respuesta rápida a un proceso de cambio y el ignorar la fluctuación aleatoria. Si el proceso es relativamente estable, se elige una N grande aunque una más pequeña es mejor para un proceso que puede estar cambiando. Para el pronóstico a corto plazo, los valores usuales de N están entre 5 y 7.

Suponga que se quiere calcular un promedio móvil de periodo N pero no se conoce d_{T-N+1} que se necesita en la fórmula de actualización. La ventaja de este enfoque es que no es necesario guardar los datos individuales; se calcula el pronóstico a partir de uno anterior y del nuevo dato. Este promedio estrictamente, ya no es un promedio móvil. Se puede ver como un promedio ponderado de los datos actuales y la estimación anterior de la media del proceso. Para establecer el modelo general se usará α , $0 \leq \alpha \leq 1$ como los pesos

o ponderaciones y el estimador se denotará por S_T . Este procedimiento se llama suavizamiento exponencial y la ecuación es la siguiente (véase Fórmula 7).

$$S_T = \alpha d_T + (1 - \alpha)S_{T-1} \dots \dots \dots \text{Fórmula 7}$$

Igual que en otros modelos constantes, el pronóstico para el periodo $T+k$ es

$$F_{T+k} = S_T \dots \dots \dots \text{Fórmula 8}$$

2. Proceso con tendencia

Para pronosticar un proceso que aumenta en forma estable con exactitud, se necesita un modelo que incorpore esta tendencia. El modelo para un proceso con tendencia lineal está dado por

$$d_T = \alpha + bt + \varepsilon_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 9}$$

Donde b es la pendiente de la tendencia y el resto de la notación se definió antes. Si b es positivo, el proceso crece a través del tiempo, y una b negativa implica un proceso que decrece.

Si se tuviera que pronosticar un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento. Entonces, tendría a subestimar la demanda real. Para corregir esto se puede estimar la pendiente y multiplicar la estimación por el número de periodos futuros que se quieren pronosticar. Una simple estimación de la pendiente daría la diferencia entre las demandas en dos periodos sucesivos; sin embargo, la variación aleatoria inherente hace que esta estimación sea mala. Para reducir el efecto de aleatoriedad se puede usar la diferencia entre los promedios calculados en dos periodos sucesivos. Usando suavizamiento exponencial, la estimación del promedio en T es S_T , de manera que la estimación de la pendiente en el tiempo T sería

$$B_T = (S_T - S_{T-1}) \dots \dots \dots \text{Fórmula 10}$$

Con esta idea una vez más, se puede usar suavizamiento exponencial para actualizar la estimación de la tendencia, lo que lleva al **suavizamiento exponencial doble**, representado por el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$S_T = \alpha d_T + (1 - \alpha)(S_{T-1} + B_{T-1}) \dots \dots \dots \text{Fórmula 11}$$

$$B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1 - \beta)B_{T-1} \dots \dots \dots \text{Fórmula 12}$$

$$F_{T+k} = S_T + kB_T \dots \dots \dots \text{Fórmula 13}$$

Existen otros métodos para pronosticar un proceso con tendencia. En general, difieren en la forma de determinar las estimaciones de la constante y la pendiente. Por ejemplo el método de promedio móvil doble es similar al suavizamiento exponencial doble; estima la constante con un promedio móvil estándar y la pendiente con un promedio móvil de las estimaciones anteriores de la pendiente, corregidas por la constante.

También se puede usar una regresión con el tiempo como variable independiente. Sea d_t la demanda en el periodo t , $t = 1, 2, 3, \dots, T$. Como la variable independiente es un índice de tiempo la ecuación de regresión se simplifica y se convierte en:

$$\hat{b} = \frac{(T \sum_{t=1}^T t d_t - \frac{1}{2}(T(T+1)) \sum_{t=1}^T d_t)}{\frac{1}{6}(T^2(T+1)(2T+1)) - \frac{1}{4}(T^2(T+1)^2)} \dots \dots \dots \text{Fórmula 14}$$

$$\hat{a} = \left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T d_t \right] - \left[\frac{\hat{b}}{2} (T + 1) \right] \dots \dots \dots \text{Fórmula 15}$$

Como \hat{a} se calcula para el tiempo cero, debe sumarse $\hat{b}T$ para moverlo a tiempo T . Entonces el pronóstico hecho en el tiempo t para k periodos futuros sería:

$$F_{T+k} = \hat{a} + \hat{b}k \dots \dots \dots \text{Fórmula 16}$$

3. Proceso estacional

Un buen modelo debe considerar la porción constante de la demanda, la tendencia y la estacionalidad.

Varios métodos consideran los tres factores, se utilizará un modelo multiplicativo popular propuesto por Winters (1960) (véase Fórmula 17).

$$d_t = (a + bt)c_t + \varepsilon_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 17}$$

Donde

- a = porción constante
- b = pendiente de la componente de tendencia
- c_t = factor estacional para el periodo t
- ε_t = aleatoriedad no controlable

Este método consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico. La componente constante se estima en forma independiente de la tendencia y los factores estacionales, por lo que se llama constante no estacional. De la misma manera, el factor de tendencia debe ser independiente de los factores estacionales. Los factores estacionales se pueden ver como un porcentaje de las componentes constante y de tendencia para el periodo t ; si la demanda en un periodo dado de una estación es menor que la componente de tendencia/constante, el factor estacional será menor que uno, y si la demanda es mayor, será mayor que uno. El número de factores estacionales debe ser igual al número de estaciones al año.

Para pronosticar, se obtienen las estimaciones iniciales de las componentes del modelo y se actualizan usando suavizamiento exponencial.

Sea d_t = demanda en el periodo t

L = número de estaciones en el año (o en otro marco de tiempo)

T = número de periodos de datos disponibles; $T = mL$ donde m es el número de años completos de datos disponibles.

S_t = estimación para el término constante a calculado en el periodo t

B_t = estimación del término de tendencia b calculada en el tiempo t

C_t = estimación de la componente estacional para el periodo t

Para comenzar el procedimiento, se necesitan un valor inicial de S_T . Una estimación natural es un promedio de los datos de una o más estaciones completas. Cuando hay tendencia, el promedio de uno o más años históricos completos no proporciona una estimación inicial de a . Este promedio incluye la demanda “más baja” del principio, lo mismo que la demanda “más alta” del final de los datos históricos. Para determinar la porción constante del proceso en el tiempo T debe corregirse por tendencia. Por lo tanto, para calcular S_T , la estimación de a , se necesita B_T , la estimación de b .

Se requieren al menos dos años completos de datos para calcular B_T , con menos datos no se verá la diferencia entre la tendencia y la componente estacional. Se calcula la demanda promedio para cada uno de los últimos años y se resta el promedio del año más antiguo del más reciente. El resultado es el crecimiento en los dos años, que debe convertirse en un crecimiento estacional, dividiendo entre L el número de estaciones por año. Si se usan el primero y el último, con m años de datos disponibles, se divide entre $(m-1)L$ en lugar de L para obtener el crecimiento por periodo.

Una vez que se tiene S_T y B_T , una estimación natural del factor estacional parecería ser la demanda en el periodo dividida entre el término constante. Sin embargo, debe corregirse por la parte de tendencia de la constante.

La estimación para la porción constante, S_T , se calculó de manera que reflejara el proceso en el tiempo T . Intuitivamente, la porción constante del proceso en $T-1$ debe ser más pequeño en B_T , y más pequeño en $2B_T$ en $T-2$. En general, una estimación de la porción constante del proceso para el periodo $(t < T)$ es la estimación de la constante en el tiempo T menos la estimación de la tendencia multiplicada por el número de periodos, esto es, $S_T - B_T \times (T-t)$. Una vez hecho el ajuste por tendencia, se puede dividir la demanda real entre

este valor ajustado, para obtener una estimación del factor estacional. Se calculan los factores estacionales (véase fórmula 18).

$$C_t = \frac{d_t}{S_T - B_T(T-t)} \dots \dots \dots \text{Fórmula 18}$$

Donde C_t es la estimación de c_t . Se promedian los factores estacionales para la misma estación de cada año para eliminar el ruido.

Estos factores estacionales, sin embargo, no necesariamente suman L . Para normalizarlos primero se determina R , el cociente de la duración de la estación entre la suma de los factores estacionales:

$$R = \frac{L}{\sum_{t=T-L+1}^T C_t} \dots \dots \dots \text{Fórmula 19}$$

Esta razón se multiplica por los factores estacionales existentes para obtener otros nuevos:

$$C'_t = R \times C_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 20}$$

donde $t = T-L+1, T-L+2, \dots, T$

El número de nuevos factores siempre es el mismo que los periodos en la estación.

Conforme se dispone de nuevos datos, se pueden actualizar las estimaciones con suavizado exponencial. Las constantes para el término constante, la tendencia y los factores estacionales se denotan por α , β y γ , respectivamente. Dados S_{T-1} , B_{T-1} y $C_{T-L+1}, C_{T-L+2}, \dots, C_{T-1}$, cuando se conoce d_T se pueden determinar S_T, B_T y C_T .

La estimación del término constante S_T será:

$$S_T = \alpha \left[\frac{d_T}{C_{T-L}} \right] + (1 - \alpha)(S_{T-1} + B_{T-1}) \dots \dots \dots \text{Fórmula 21}$$

Para actualizar la estimación del componente de tendencia, se usa la ecuación:

$$B_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1 - \beta)B_{T-1} \dots \dots \dots \text{Fórmula 22}$$

Por último, los factores estacionales actualizados se estimaran con:

$$C_T = \gamma \left(\frac{d_T}{S_T} \right) + (1 - \gamma) C_{T-L} \dots \dots \dots \text{Fórmula 23}$$

El pronóstico para dentro de k periodos ($k \leq L$) está dado por:

$$F_{T+k} = (S_T + kB_T) C_{T+k-L} \dots \dots \dots \text{Fórmula 24}$$

Si se quiere pronosticar más de una temporada futura, es decir, $k > L$, entonces $T+k-L$ es mayor que T y la estimación específica del factor estacional no se conoce. En su lugar, se usa el valor más reciente calculado para el periodo correspondiente. Sea g el entero más pequeño mayor o igual que k/L ; se calculó esa estimación estacional g estaciones antes. Entonces el factor estacional adecuado para usar en la ecuación del pronóstico es el calculado en el tiempo $T+k-gL$. Esta ecuación se convierte en

$$F_{T+k} = (S_T + kB_T) C_{T+k-gL} \dots \dots \dots \text{Fórmula 25}$$

e. Error en los pronósticos

El sistema de pronósticos necesita retroalimentación para asegurar los mejores resultados. El control del pronóstico es parte del proceso de retroalimentación. Intenta determinar si el pronóstico se desvía de los resultados reales debido a la aleatoriedad o a un cambio esencial en el proceso. Las variaciones aleatorias deben ignorarse, pero las no aleatorias exigen cambios en los parámetros del modelo o incluso en el modelo mismo. Los siguientes conceptos se pueden usar para controlar cualquier sistema que produzca un pronóstico numérico, aun aquellos basados en técnicas cualitativas de pronósticos.

El error del pronóstico es la base para el control.

Primero se determina el error del pronóstico y su variancia.

Después se usa la variancia para hacer afirmaciones probabilísticas.

El **error del pronóstico** es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico. Matemáticamente, se tiene:

$$e_t = d_T - F_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 26}$$

La suma de los errores del pronóstico se define como:

$$E_T = \sum_{t=1}^T e_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 27}$$

Como suponemos que el proceso tiene una componente aleatoria ε_t que sigue una distribución normal con media cero y variancia σ_ε^2 , entonces E_T debe ser cercano a cero si el pronóstico se comporta apropiadamente.

Para contrarrestar esto, se puede usar la **desviación media absoluta (DAM)**.

$$DAM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |e_t| \dots \dots \dots \text{Fórmula 28}$$

Donde $|e_t|$ es el valor absoluto de e_t . DAM mide la dispersión de los errores y si DAM es pequeña, el pronóstico debe ser cercano a la demanda real.

En ocasiones se usa una media similar, el **error cuadrado medio, ECM**, definido como:

$$ECM = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_t^2 \dots \dots \dots \text{Fórmula 29}$$

Al aumentar al cuadrado los términos de error aumenta la “penalización” para los errores grandes.

Puede ser más significativo observar el error relativo a la magnitud de los números que se están pronosticando. Si los números son grandes, el error tiende a ser grande; esto se hace usando un **porcentaje absoluto medio del error, PAME**, donde

$$PAME = \frac{1}{t} \left(\sum_{t=1}^T \frac{|e_t|}{d_t} \times 100 \right) \dots \dots \dots \text{Fórmula 30}$$

Una vez que hemos hablado de los pronósticos continuaremos con hacer una breve descripción sobre la teoría de inventarios, la cual utilizaremos a partir de los pronósticos

obtenidos para determinar la cantidad requerida de material en nuestro almacén de materia prima.

2.2 Teoría de Inventarios

a. Introducción.

Ahora describiremos lo que es un inventario así como la clasificación de los mismos, una definición es la que se muestra a continuación:

“Una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante algún tiempo para satisfacer una demanda futura”.

El inventario es necesario debido a las diferencias en las tasas y los tiempos entre el abastecimiento y la demanda

Los tipos de inventario en los sistemas de producción se clasifican según el valor agregado durante el proceso de manufactura. Las clasificaciones son materia prima, producto en proceso y productos terminados. A continuación se definirá cada tipo.

El ambiente de demanda se puede clasificar en dos grandes categorías: determinístico o estocástico e independiente o dependiente.

Determinístico o estocástico.

Determinístico significa que se conoce con certidumbre la demanda futura de un artículo en inventario; esta demanda aleatoria se llama estocástica. Cada caso requiere un análisis diferente. El caso estocástico es más realista, pero su manejo es más complicado.

Demanda independiente o dependiente.

La demanda de un artículo no relacionada con otro y afectada principalmente por las condiciones del mercado se llama independiente.

Los tipos de inventario en los sistemas de producción se clasifican según el valor agregado durante el proceso de manufactura. Las clasificaciones son materia prima, producto en proceso y productos terminados. A continuación se definirá cada tipo.

-Materia prima. Material que necesita más procesamiento

-Producto en proceso. Componentes que forman parte de un producto tal como están

-Artículos terminados. Artículos de consumo

El producto en proceso (PEP) es un inventario en el sistema de producción que espera para ser procesado o ensamblado y puede incluir productos semiterminados (una tuerca roscada pero sin recubrimiento) o subensambles.

Los productos terminados son las salidas de los procesos de producción, en ocasiones llamados artículos finales. La demanda de productos terminados por lo general es independiente. Los productos terminados de una organización de manufactura pueden ser materia prima para otra; por ejemplo, las llantas para automóviles.

b. Costos de inventario

Se define un inventario como una “cantidad de un bien”; como tal, incurre en costos. El costo de compra es obvio. Otros tipos de costo son el costo de ordenar (de preparación), el costo de almacenaje, el costo por faltantes y el costo de operación del sistema.

1. Costo de compra

Es el costo por artículo que se paga a un proveedor (llamado también costo de materiales). Sea c el costo unitario y Q el número de unidades compradas (tamaño del lote). Entonces el costo total de compra es cQ , en función del lineal de Q . En algunos casos el proveedor tiene una tabla de costos basada en la cantidad comprada. Este costo unitario es una función de Q y el costo de compra es una función más compleja. Es importante recordar que el costo unitario c incluye tanto el costo de material así como el costo variable. El costo de manufactura para un lote de producción es cQ .

2. Costo de ordenar

También conocido como el costo de preparar y controlar la orden es aquel en el que se incurre cada vez que se coloca una orden con el proveedor. Es independiente del tamaño de lote que se compra y, por lo tanto, es un costo fijo denotado por A . Sin embargo, el costo anual de ordenar, que se estudiará más adelante, depende del tamaño de lote. Para un lote fabricado, el costo fijo está dominado por el costo de preparación, que incluye el costo de preparar la máquina para la corrida de producción (tiempo ocioso de la máquina y mano de obra) y quizás algunos costos de materiales para el arranque debido a rechazos iniciales. Se usa la misma notación, A , para el costo de preparación.

El costo total de producir un lote es

$$A + cQ \dots \dots \dots \text{Fórmula 31}$$

Consiste en una componente fija A y una componente variable cQ . El inventario compromete el capital, usa espacio y requiere mantenimiento, y todo cuesta dinero. Esto se llama **costo de almacenaje o de mantener** el inventario.

3. Costo de mantener

El costo de mantener incluye lo siguiente:

Costo de oportunidad

Costo de almacenaje y manejo

Impuestos y seguros

Robos, daños, caducidad, obsolescencia, etcétera.

El costo de almacenar comienza con la inversión en el inventario. El dinero comprometido no puede obtener rendimientos en otra parte. Este costo es llamado de oportunidad, que por lo general se expresa como un porcentaje de la inversión. El valor más bajo de este costo es el interés que ganaría el dinero en una cuenta de ahorros.

Los costos se calculan como un porcentaje de la inversión en inventario y se suman al costo de oportunidad, esto genera el **costo total de mantener en inventario**.

Se define

i = Costo total de mantener inventario (expresado como porcentaje)

$$h = ic \dots \dots \dots \text{Fórmula 32}$$

donde h es el costo de mantener una unidad en inventario durante una unidad de tiempo.

Los valores típicos anuales de i van de 25 a 40 %, pero i puede llegar hasta 60%.

4. Costo por faltante

Éste es aquel que ocurre cuando existe una demanda de un producto que no se tiene, un faltante puede surtirse atrasado o perderse. Si la demanda se pierde, la pena más importante es la ganancia perdida y la pérdida de la buena voluntad. Si la demanda se surte atrasada existe un costo adicional al expedirla, costo de registro en libros y la reputación de un mal servicio al cliente. Lo común es que un faltante de material para producción se surta atrasado, por tanto, la sanción es que la producción se detiene, volver a arrancarla y tal vez la entrega tardía del producto final al cliente.

Existen dos tipos de costos por faltantes. Uno es el resultado de que falte una unidad; el otro considera el tiempo que la unidad falta.

Se define:

π = costo de faltante por unidad

π' = costo de faltante por unidad que falta por unidad de tiempo

Casi siempre se usa π para las ventas perdidas; los faltantes usan ambas. Se debe observar que π' es para los faltantes lo que h es para el inventario. Es difícil estimar el costo por faltantes y puede ser una estimación subjetiva.

Por último, existen costos relacionados con la operación y el control de los sistemas de inventario, que reciben el nombre de costo de operación del sistema. Este costo puede ser grande; incluye, por ejemplo, el costo de computadoras y programas para el control de inventarios.

c. Decisiones de cantidad

En esta parte se trata de analizar una de las decisiones más importantes relacionadas con los sistemas de inventarios: la decisión de cantidad.

Esta decisión tiene un impacto considerable a nivel del inventario que se mantiene y, por eso, influye directamente en los costos de inventario.

Se presentan los modelos más comunes desarrollados a lo largo de muchos años y se analizan juntos para proporcionar un panorama claro de lo que se ha hecho. El factor común de estos modelos es que manejan una demanda conocida y un solo artículo y todos se pueden extender a un ambiente de artículos múltiples, si no hay dependencia entre ellos. Más aún, se pueden aplicar en un ambiente de producción al igual que en otros ambientes, tales como ventas al menudeo. Con algunos ajustes, se aplican a inventarios de materia prima, productos terminados y en algunos casos a inventarios de PEP.

Por lo general, los modelos para decisiones de cantidad se llaman modelos de tamaño de lote. Existen muchos de ellos, aquí se agrupan bajo dos grandes rubros:

1. Modelos estáticos de tamaño de lote

Se usan para demanda uniforme (constante) durante el horizonte de planeación.

Modelos dinámicos de tamaño de lote que son modelos empleados para cambiar la demanda durante el horizonte de planeación. Se supone que la demanda es conocida con certidumbre, lo que en ocasiones se llama demanda irregular.

a. Cantidad económica a ordenar (EOQ)

Éste es el modelo fundamental de inventarios, También se conoce como fórmula de Wilson, ya que fue él quien promovió su uso. La importancia de este modelo es que todavía es uno de los modelos de inventarios que más se usan en la industria, y sirve como base para los modelos más elaborados.

Se supone el siguiente ambiente para la toma de decisiones:

Existe un solo artículo en el sistema de inventario.

La demanda es uniforme y determinístico y el monto es de D unidades por unidad de tiempo (día, semana, mes o año). Se usará la demanda anual, pero puede ser cualquier otro periodo, siempre y cuando el resto de los parámetros se calculen en la misma unidad de tiempo.

No se permiten faltantes

No hay tiempo de entrega (tiempo desde que se coloca la orden hasta que se recibe).

Toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo; esto se llama tasa de reabastecimiento infinita. Este modelo es adecuado para la compra de materia prima en producción o para el ambiente de ventas al menudeo. La variable de decisión para este modelo es Q , el número de unidades a ordenar, un número entero positivo. Los parámetros de costo se conocen con incertidumbre y son los siguientes:

c = costo unitario (\$/unidad)

i = costo total anual de mantener el inventario (% por año)

$h = ic$ costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año)

A = costo de ordenar (\$/orden)

Además, se define

D = demanda por unidad de tiempo

T = longitud de ciclo, el tiempo que transcurre entre la colocación (o recepción) de órdenes sucesivas de abastecimiento

$K(Q)$ = costo total anual promedio como una función del tamaño de lote Q

I_t = inventario disponible en el tiempo t (cantidad real de material que hay en almacén)

El concepto básico de este modelo es crear un balance entre dos costos opuestos, los costos de ordenar y los costos de almacenar. El costo de ordenar es un costo fijo; si se ordena más, el costo por unidad será menor. El costo de almacenar es un costo variable que disminuye a la razón del inventario. Este balance se logra minimizando $K(Q)$, el costo total anual promedio.

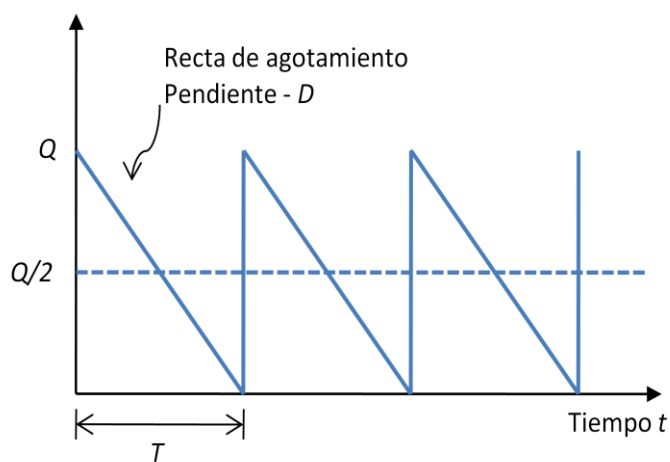


Fig. 29 Geometría del Inventario EOQ .⁸

Se supone que el nivel de inventario es Q en el tiempo cero. Conforme pasa el tiempo, el inventario se agota a una tasa de D unidades por año. Cuando el nivel de inventario llega a cero, se ordenan Q unidades. Como se supone que el tiempo de entrega es cero y la tasa de reabastecimiento es infinita, el nivel de inventario se elevará a Q de inmediato y el proceso se repetirá.

Este patrón se llama un ciclo y puede haber varios en un año.

Sea T la longitud del ciclo del inventario. De la geometría del inventario se observa que:

$$T = \frac{Q}{D} \dots \dots \dots \text{Fórmula 33}$$

⁸ Sipper, D. Planeación y control de la producción. México 2005 (pág. 230)

Sea \bar{I} el inventario promedio. De la figura:

$$\bar{I} = \frac{\text{Area del triangulo del inventario}}{T} = \frac{1}{T} \frac{QT}{2} = \frac{Q}{2} \dots \dots \dots \text{Fórmula 34}$$

Este resultado se puede obtener de manera intuitiva, ya que el nivel de inventario fluctúa entre 0 y Q , por lo que el promedio es $Q/2$. El nivel máximo de inventario es:

$$I_{max} = Q \dots \dots \dots \text{Fórmula 35}$$

Existen tres tipos de costos: costo de compra, costo de ordenar y costo de mantener el inventario. Para cada ciclo los costos son:

cQ = costo de compra

A = costo de ordenar (o de preparar)

$icT \frac{Q}{2} = hT \frac{Q}{2}$ = es el costo promedio de mantener el inventario

El costo total anual promedio es el siguiente:

$$K(Q) = cD + \frac{AD}{Q} + h \frac{Q}{2} \dots \dots \dots \text{Fórmula 36}$$

Para encontrar el valor mínimo de Q se resuelve la derivada obteniendo el siguiente resultado:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 37}$$

Q^* se conoce como la cantidad económica a ordenar o lote económico o *EOQ*

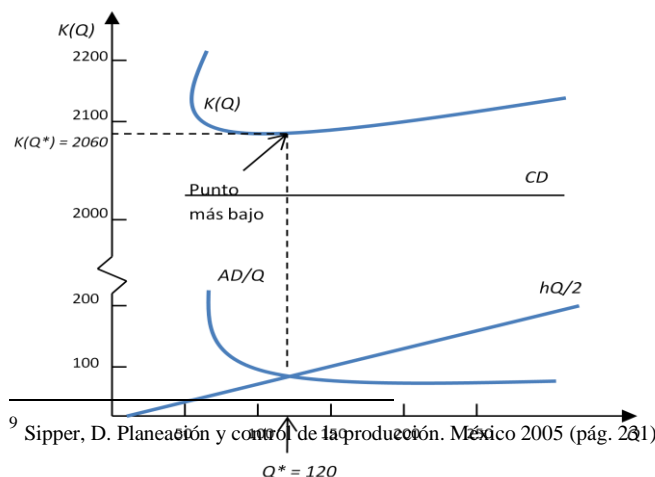


Fig. 30 Bosquejo de $K(Q)$.⁹

⁹ Sipper, D. Planeación y control de la producción. México 2005 (pág. 281)

La Fig. 34 es una descripción gráfica de $K(Q)$. La curva de $K(Q)$ es la suma de tres curvas individuales, que representan las componentes de la función $K(Q)$. Q^* ocurre en el punto de intersección de las curvas para $hQ/2$ y AD/Q ; ahí es donde se balancean los dos costos opuestos, el costo de ordenar y el costo de mantener el inventario. (En general, el mínimo de la suma de las dos funciones no tiene que ocurrir en la intersección.) El costo de compra anual no afecta el valor de Q^* .

Al sustituir el valor de Q^* en $K(Q)$, y después de algunas manipulaciones algebraicas, se obtiene el costo total anual promedio mínimo:

$$K(Q^*) = cD + \sqrt{2ADh} \dots \dots \dots \text{Fórmula 38}$$

El costo de ordenar (de preparación) es AD/Q^* y el costo anual de almacenar es $h(Q^*/2)$

b. Cantidad económica a producir (EPQ) con extensiones

Esta extensión del modelo EOQ relaja la suposición de una tasa de reabastecimiento infinita. En su lugar se tiene una tasa finita, que es lo normal para artículos fabricados, en donde el lote se entrega a través del tiempo de acuerdo con la tasa de producción.

También se permite que ocurran faltantes y se cumplan las ordenes atrasadas, suponemos que existe un nivel mínimo de atraso que la administración está dispuesta a tolerar. Los faltantes ocurren en el sistema de producción debido a falta de material o falta de capacidad.

Los faltantes tienen dos costos asociados π y $\hat{\pi}$, se necesita conocer el faltante máximo para evaluarlo. Sea

- ψ = tasa de producción, medida en las mismas unidades que la demanda
- Q = tamaño de lote de producción
- A = costo de preparación
- c = costo unitario de producción
- B_t = nivel de faltante (orden atrasada) en el tiempo t

\bar{B} = Nivel promedio de faltantes
 b = máx B

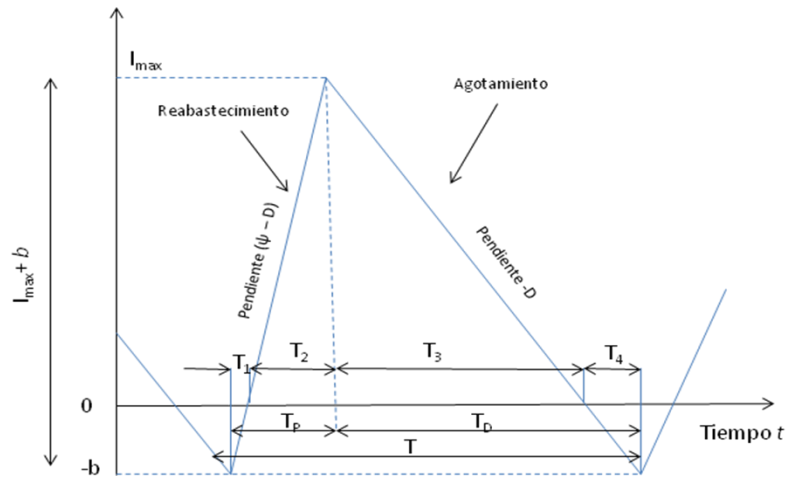


Fig. 31 Geometría del inventario EPQ con faltantes.¹⁰

De la geometría del inventario:

$$I_{max} = Q \left(1 - \frac{D}{\psi} \right) - b \dots \dots \dots \text{Fórmula 39}$$

El inventario disponible es positivo durante $T_2 + T_3$, mientras que los faltantes se surten durante $T_1 + T_4$. La producción se lleva a cabo durante $T_p = T_1 + T_2$, mientras que el agotamiento del inventario ocurre durante $T_d = T_3 + T_4$, de aquí se obtiene que:

$$T = \frac{Q}{D} \dots \dots \dots \text{Fórmula 40}$$

$$T_p = \frac{Q}{\psi} \dots \dots \dots \text{Fórmula 41}$$

$$T_d = \frac{I_{max}}{D} \dots \dots \dots \text{Fórmula 42}$$

Con $\hat{\pi} \neq 0$ se tiene:

¹⁰ Sipper, D. Planeación y control de la producción. México 2005 (pág. 235)

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h(1-\frac{D}{\psi})} - \frac{(\pi D)^2}{h(h+\hat{\pi})}} \sqrt{\frac{h+\hat{\pi}}{\hat{\pi}}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 43}$$

$$b^* = \frac{(hQ^* - \pi D)(1-\frac{D}{\psi})}{(h+\hat{\pi})} \dots\dots\dots \text{Fórmula 44}$$

Para obtener $K(Q^*, b^*)$, se sustituyen Q^* y b^* en $K(Q, b)$.

Si $\pi=0$, Q^* y b^* tendrán valores positivos finitos. Si $\hat{\pi} > 0$ y π es suficientemente grande, se puede obtener un valor negativo en el denominador del radical en Q^* . En este caso no deben permitirse faltantes, es decir $b^* = 0$, si $\hat{\pi} = 0$ y $\pi > 0$, se puede demostrar que la política óptima es no permitir faltantes o no almacenar el artículo. En el último caso, toda la demanda se va a órdenes atrasadas antes de satisfacerla. En el ambiente de manufactura esto se llama producir por pedido.

c. Lote económico de producción (EPQ)

En este caso, se prohíben los faltantes estableciendo ese costo como infinito. Es obvio que no se planean faltantes para este caso, por lo que $b=0$. Las ecuaciones de costo se convierten en

$$K(Q) = cD + \frac{AD}{Q} + \frac{hQ}{2} (1 - \frac{D}{\psi}) \dots\dots\dots \text{Fórmula 45}$$

Haciendo $b=0$ en la ecuación de costo anterior. De la misma manera se obtiene

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h(1-\frac{D}{\psi})}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 46}$$

En este caso el valor de Q^* es mayor que en el caso EOQ , porque $(1-D/\psi) < 1$. Sin embargo, el valor de \bar{I} es menor que antes, debido a que en un periodo se combina el

abastecimiento con el agotamiento. El término $(1-D/\psi)$ es la tasa de abasto efectiva.

Observe que cuando $\psi \rightarrow \infty$, se obtiene el *EOQ*.

EOQ con faltantes. Este caso tiene una tasa infinita de reabastecimiento en la que se permiten faltantes. Cuando $\psi \rightarrow \infty$ se obtiene

$$K(Q, b) = cD + \frac{AD}{Q} + \frac{h(Q-b)^2}{2Q} + \frac{2\pi bD + \hat{\pi}b^2}{2Q} \dots \dots \dots \text{Fórmula 47}$$

Que, para $\hat{\pi} \neq 0$, lleva a

$$Q^* = \sqrt{\left(\frac{2AD}{h} - \frac{(\pi D)^2}{h(h+\hat{\pi})}\right)} \sqrt{\frac{h+\hat{\pi}}{\hat{\pi}}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 48}$$

$$b^* = \frac{hQ^* - \pi D}{(h+\hat{\pi})} \dots \dots \dots \text{Fórmula 49}$$

d. Descuentos por cantidad

En el modelo *EOQ* suponemos que el costo unitario es constante, independientemente de que cantidad se compre. En realidad, los proveedores pueden inducir a sus clientes a colocar órdenes más grandes ofreciéndoles descuentos por cantidad. Si la cantidad comprada es mayor que la específica de “precio de descuento”, el costo por unidad se reduce. Es una práctica común incluir esta política de descuento en las cotizaciones publicadas.

La tendencia del comprador es aprovechar esta situación, en especial si el artículo es de uso regular. Sin embargo, la compra de grandes cantidades significa un inventario mayor, con un costo más alto de almacenaje. Entonces, los ahorros obtenidos por la compra a un costo unitario más bajo pueden perderse con la acumulación de un costo de inventario mayor.

Es común encontrar dos tipos de planes de descuento.

El descuento en todas las unidades. Aplica en el precio a todos los artículos, desde el primero, si la cantidad excede el corte del descuento.

Descuento incremental. Se aplica el descuento sólo al precio de las unidades que exceden la cantidad del corte.

Se introduce la notación para los descuentos por cantidad. A menos que se establezca otra cosa, la notación es la misma que para *EOQ*. Sea

m = número de cortes de precios

q_j = Límite superior del j -ésimo intervalo de corte de precio

c_j = Límite superior en el j -ésimo intervalo de corte de precio

Q_j = Cantidad EOQ calculando usando c_j

Q_j^* = La mejor cantidad a ordenar en el intervalo j

Q^* = Cantidad óptima a ordenar para todos los precios

$K_j(Q)$ = Costo de Q unidades en el intervalo j

$K_j(Q_j)$ = Costo de EOQ unidades en el intervalo j

$K_j(Q_j^*)$ = Costo mínimo en el intervalo j

$K^*(Q^*)$ = Costo mínimo para todos los precios

$C_j(Q)$ = Costo de compra de Q unidades en el intervalo j

Por definición $q_0 = 0$ y $q_{m+1} = \infty$ y lógicamente $c_j > c_{j+1}$. Para el plan de

descuento en todas las unidades, el precio de compra de Q unidades es:

$$c_j(Q) = c_j Q \quad \text{para } q_{j-1} < Q < q_j \dots \dots \dots \text{Fórmula 50}$$

Pero el plan de descuento incremental tiene:

$$c_j(Q) = \sum_{k=1}^{j-1} c_k q_k + c_j(Q - q_{j-1}) \quad \text{para } q_{j-1} < Q < q_j \dots \dots \dots \text{Fórmula 51}$$

La base de la formulación del procedimiento para encontrar la solución óptima para la política de descuento en todas las unidades es:

Paso 0: Se hace $Q^* = 0$, $K^*(Q^*) = \infty$ y $j=m$ $Q^* = 0$, $K^*(Q^*) = \infty$ y $j=m$

Paso 1: Se calcula Q_j : si $q_{j-1} \leq Q_j \leq q_j$, se va al paso 3. De otra manera, se hace

$$Q_j^* = q_j \quad \text{y} \quad K_j(Q_j^*) = K_j(q_j)$$

Paso 2: $K_j(Q_j^*) < K^*(Q^*)$, se hace $Q^* = Q_j$ y $K^*(Q^*) = K_j(Q_j^*)$. Se establece $j=1-1$ y se va al paso 1.

Paso 3: Se hace $K^*(Q_j^*) = c_j D + \sqrt{2ADi c_j}$, si $K_j(Q_j^*) < K^*(Q^*)$,

Entonces $Q^* = Q_j^*$ y $K^*(Q^*) = K_j(Q_j^*)$. El proceso se detiene; la cantidad óptima a ordenar es Q^* con costo total $K^*(Q^*)$.

e. Modelo de artículos múltiples con restricción de recursos

El modelo clásico del lote económico (EOQ) es para un solo artículo. ¿Qué pasa cuando se tiene más de uno? Se formula el problema como un modelo de optimización restringido y se resuelve con multiplicadores de Lagrange. En muchas aplicaciones existen sólo una o dos restricciones, a continuación se presentará la formulación para el sistema con las dos restricciones:

Minimizar

$$K(Q) = \sum_{i=1}^n K_i(Q_i) = \sum_{i=1}^n (c_i D_i + \frac{A_i D_i}{Q_i} + h_i \frac{Q_i}{2}) \dots \dots \dots \text{Fórmula 52}$$

Sujeta a $\sum_{i=1}^n c_i Q_i \leq C$ (restricción de presupuesto)

$$\sum_{i=1}^n f_i Q_i \leq F \text{ (restricción de espacio)} \quad Q_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

f_i es el espacio requerido para una unidad del artículo tipo i y F es el espacio total disponible. Este problema es más complicado, una o ambas restricciones pueden ser inactivas, el método de resolución es el siguiente:

Se resuelve el problema no restringido. Si ambas restricciones se satisfacen, esta solución es la óptima.

De otra manera se incluye una de las restricciones, digamos la de presupuesto, y se resuelve el problema de una restricción para encontrar Q_i . Si la restricción de espacio se satisface, esta solución es la óptima.

De otra manera se repite el proceso sólo con la restricción de espacio.

Si las dos soluciones con una restricción no llevan a la solución óptima, entonces ambas restricciones son activas, y debe resolverse la ecuación de Lagrange con ambas:

$$K(Q_i, \lambda_1, \lambda_2) = \sum_{i=1}^n \left(c_i D_i + \frac{A_i D_i}{Q_i} + h \frac{Q_i}{2} \right) + \lambda_1 \sum_{i=1}^n (c_i Q_i - C) + \lambda_2 (\sum_{i=1}^n f_i Q_i - F) \dots \dots \dots \text{Fórmula 53}$$

Para encontrar $\{Q_i\}$ óptimo, se resuelven las siguientes $(n+2)$ ecuaciones simultáneas:

$$\frac{\partial K}{\partial Q_i} = 0 \quad i=1, 2, \dots, n$$
$$\frac{\partial K}{\partial \lambda_1} = 0 \quad \frac{\partial K}{\partial \lambda_2} = 0$$

2. Modelo de tamaño de lote dinámico

Los modelos de tamaño de lote dinámico surgen cuando la demanda es irregular, es decir, cuando no es uniforme durante el horizonte de planeación. El análisis de los modelos de demanda irregular se organiza en cuatro grupos de técnicas de solución como sigue:

Reglas simples

Son reglas de decisión para la cantidad económica a ordenar que no están basadas directamente en la “optimización” de la función de costo, sino que tienen otras características. Se trata de métodos muy sencillos que son significativos por su amplio uso, en especial en los sistemas de MRP.

Reglas heurísticas

Son aquellas que están dirigidas al logro de una solución de bajo costo que no necesariamente es óptima.

Wagner-Whitin

Es un enfoque de optimización de la demanda irregular.

Regla de Peterson- Silver

Es una prueba para determinar cuándo la demanda es irregular.

a. Reglas simples

Existen tres reglas simples que son comunes: demanda de periodo fijo, cantidad a ordenar en el periodo y lote por lote.

Demanda de periodo fijo

Este enfoque es equivalente a la regla simple de ordenar “m meses de demanda futura”. Por ejemplo, si se quiere ordenar para la “demanda de dos meses”, se suman las demandas pronosticadas para los próximos dos meses, y esta es la cantidad ordenada. Se pueden usar semanas o días en lugar de meses. Esta regla es diferente de la medida de efectividad de “abasto para el mes”. Esta es una medida agregada basada en el valor en dólares de todos los artículos en inventario. La demanda de periodo fijo se refiere a un solo artículo y se basa en la cantidad.

Cantidad a ordenar para el periodo (COP)

Esta es una modificación de la regla anterior en la que se usa la estructura para seleccionar el periodo fijo. El tamaño de lote promedio que se busca se divide entre la demanda promedio; se obtiene el periodo fijo que debe usarse.

Lote por lote (LxL)

Este es un caso especial de la regla de periodo fijo; la cantidad a ordenar es siempre la demanda para un periodo. Esta regla reduce el nivel de inventario y, por ende, el costo de mantenerlo; pero el resultado es un mayor costo de ordenar por colocar más órdenes. Casi siempre se usa para artículos muy caros y para artículos que tienen demanda irregular.

b. Métodos heurísticos

Un método heurístico es un enfoque que aprovecha la estructura del problema. Mediante el uso de un conjunto de reglas racionales, obtiene una solución buena, es decir, cercana a la óptima o, en ocasiones la óptima. Los métodos heurísticos se usan cuando no es posible o no es computacionalmente factible obtener el óptimo. Se presentan tres enfoques

heurísticos comunes: Silver –Meal, costo unitario mínimo y balanceo de parte del periodo, también conocido como costo total mínimo. El denominador común es que todos comparten el objetivo del EOQ de minimizar la suma de los costos de preparación e inventario, pero cada uno emplea un método distinto. Además, se supone que A y h son constantes para todo horizonte de planeación.

Método Silver- Meal

Método Silver-Meal (SM) El principio de esta heurística es que considera ordenar para varios periodos futuros, digamos m . Intenta lograr el costo promedio mínimo por periodo para el lapso de m periodos. El costo considerado es el costo variable, esto es, el costo de ordenar (prepara) más el costo de mantener el inventario. La demanda futura para los siguientes n periodos está dada y es

$$(D_1, D_2, \dots, D_n) \dots \dots \dots \text{Fórmula 54}$$

Sea $K(m)$ el costo variable promedio por periodo si la orden cubre m periodos. Se supone que el costo de mantener inventario ocurre al final del periodo y que la cantidad necesaria para el periodo se usa al principio del mismo. Si se ordena D_1 para cumplir con la demanda en el periodo 1, se obtiene

$$K(1) = A \dots \dots \dots \text{Fórmula 55}$$

Si se ordena $D_1 + D_2$ en el periodo 1 para cumplir con la demanda de los periodos 1 y 2, se obtiene

$$K(2) = \frac{1}{2} (A + hD_2) \dots \dots \dots \text{Fórmula 56}$$

Donde h es el costo de almacenar una unidad en inventario durante un periodo. Como se almacenan D_2 unidades un periodo más, esa cantidad se multiplica por h y para obtener el costo promedio para los dos periodos, se divide entre 2. De manera similar

$$K(3) = \frac{1}{3}(A + hD_2 + 2hD_3) \dots \dots \dots \text{Fórmula 57}$$

Y, en general,

$$K(m) = \frac{1}{m}(A + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_m) \dots \dots \dots \text{Fórmula 58}$$

Es decir, el periodo en el que el costo promedio por periodo comienza a crecer. En el periodo 1 se ordena una cantidad que cumpla con la demanda de los siguientes m periodos, esto es:

$$Q_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_m \dots \dots \dots \text{Fórmula 59}$$

En general, Q_i es la cantidad ordenada en el periodo i y cubre m periodos futuros. Si no se emite la orden en el periodo i , entonces Q_i es cero. El proceso se repite en el periodo $(m+1)$ y continúa durante todo el horizonte de planeación.

Costo unitario mínimo (CUM)

Este procedimiento es similar al heurístico de Silver-Meal. La diferencia radica en que la decisión se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar de por periodo. Sea

$K'(m)$ = costo variable promedio por unidad si la orden cubre m periodos

Siguiendo el mismo razonamiento que en el caso de Silver-Meal,

$$K'(1) = \frac{A}{D_1} \dots \dots \dots \text{Fórmula 60}$$

$$K'(2) = \frac{A+hD_2}{D_1+D_2} \dots \dots \dots \text{Fórmula 61}$$

$$K'(3) = \frac{A+hD_2+2hD_3}{D_1+D_2+D_3} \dots \dots \dots \text{Fórmula 62}$$

Y en general

$$K'(m) = \frac{A+hD_2+2hD_3+\dots+(m-1)hD_m}{D_1+D_2+\dots+D_m} \dots \dots \dots \text{Fórmula 63}$$

Igual que antes, la regla de detención es

$$K'(m+1) > K(m) \dots \dots \dots \text{Fórmula 64}$$

$$\text{y } Q_I = D_1 + D_2 + \dots + D_m \dots \dots \dots \text{Fórmula 65}$$

De nuevo, el proceso se repite a partir del periodo $(m+1)$. La limitación tanto del enfoque del Silver-Meal como de CUM es que consideran un lote a la vez, y el costo por periodo (o unitario) puede variar mucho de un periodo a otro.

Balanceo de periodo Fragmentado (BPF)

Este método intenta minimizar la suma del costo variable para todos los lotes. Recuerde del análisis del *EOQ* que si la demanda es uniforme, el costo de ordenar (prepara) es igual al costo de almacenar. Aunque este argumento es correcto para demanda uniforme, no es cierto para demanda irregular, en la que el inventario promedio no es la mitad del tamaño de lote. Sin embargo, puede proporcionar soluciones razonables para la demanda irregular. Para obtener el costo de mantener el inventario se introduce el periodo fragmentado, definido como una unidad del artículo almacenada durante un periodo. Entonces, 10 unidades en inventario durante un periodo son iguales a 10 periodos fragmentados, lo que es igual a 5 unidades en inventario durante 2 periodos. Sea

$$PF_m = \text{periodo fragmentado para } m \text{ periodos}$$

$$\text{Así, } PF_1 = 0 \quad PF_2 = D_2$$

$$PF_3 = D_2 + 2D_3$$

$$PF_m = D_2 + 2D_3 + \dots + (m+1)D_m \dots \dots \dots \text{Fórmula 66}$$

El costo de mantener el inventario es $h(PF_m)$, y se requiere seleccionar el horizonte de pedidos m que cubra, en términos generales, el costo de ordenar A , esto es, elegir m tal que

$$A \cong (PF_m) \dots \dots \dots \text{Fórmula 67}$$

O sea $PF_m \cong \frac{A}{h}$ Fórmula 68

Que también es la regla de detención. La razón A/h se llama “factor económico de periodo fragmentado”. El tamaño de la orden es (véase fórmula 68)

$$Q_I = D_1 + D_2 + \dots + D_m \dots \dots \dots \text{Fórmula 69}$$

Y el proceso se repite comenzando con el periodo $m+1$. El método heurístico *BPF* también se conoce como de costo total mínimo (*CTM*) y es uno de los que más se aplican en la industria.

c. Algoritmo de Wagner-Whitin (WW)

Este algoritmo tiene el mismo objetivo que algunos enfoques heurísticos, minimizar el costo variable de inventario, el costo de ordenar (preparar) y el de mantener inventario durante el horizonte de planeación. La diferencia es que el algoritmo de Wagner-Whitin genera una solución de costo mínimo que conduce a una cantidad óptima a ordenar Q_i . El procedimiento de optimización está basado en programación dinámica; evalúa todas las maneras posibles de ordenar para cubrir la demanda en cada periodo del horizonte de planeación. Su “elegancia” estriba en que no considera todas las políticas posibles; para un horizonte de n periodos, el número de políticas posibles es 2^{n-1} . Se observa el hecho de que una orden debe satisfacer toda la demanda para cierto número de periodos. Esto es, una cantidad óptima a ordenar, digamos Q_i , satisface

$$Q_i = \sum_{k=1}^j D_k \quad \text{para alguna } j \geq i \dots \dots \dots \text{Fórmula 70}$$

y $I_i Q_{i+1} = 0 \quad \text{para toda } i = 0, 1, \dots, n-1$

Q_i es el número de unidades ordenadas en el periodo i para cubrir la demanda hasta el periodo j , con la siguiente orden colocada en el periodo $j+1$. Este concepto, usado en los

modelos heurísticos, reduce el número de políticas que se examinan a una cantidad del orden de n^2 , lo cual significa que el algoritmo ignora muchas de las políticas.

Wagner-Whitin sustituye al *EOQ* para el caso de demanda irregular. Sin embargo, como es un poco difícil de entender, normalmente no se aplica en la industria. Su mayor ventaja es que sirve como estándar para medir la efectividad de otros algoritmos para tamaño del lote dinámico.

Se establecerá formalmente el algoritmo usando la notación definida. Sea $K_{t,l}$ el costo de colocar una orden para cubrir la demanda de los periodos $t, t+1, \dots, l$, suponiendo que el inventario al principio del periodo t y al final del periodo l es cero. Matemáticamente, este costo es

$$K_{t,l} = A + h(\sum_{j=t+1}^l (j-t)D_j) \dots \dots \dots \text{Fórmula 71}$$

$$t = 1, 2, \dots, n ; l = t+1, t+2, \dots, n$$

Ahora se determina el costo mínimo del periodo 1 al l suponiendo que no debe haber inventario restante al final del periodo l . La ecuación para este mínimo se puede encontrar de manera recursiva, Si K_l^* es este mínimo, estará dado por

$$K_l^* = \min_{t=1,2,\dots,l} \{K_{t-1}^* + K_{t,l}\} \dots \dots \dots \text{Fórmula 72}$$

$$l=1,2,\dots, N$$

K_0^* se define como cero, y el valor de la solución de costo mínimo está dado por K_N^*

d. Regla de Peterson-Silver

Los métodos para tamaño del lote dinámico se usan para demanda irregular ¿Cómo se puede saber que la demanda es irregular? ¿Con solo mirar? Debe haber una mejor manera. Peterson y Silver propusieron una medida útil de la variabilidad de la demanda, llamada coeficiente de variabilidad. Este es

$$V = \frac{\text{Variancia de la demanda por periodo}}{\text{Cuadrado de la demanda promedio por periodo}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 73}$$

Ellos demostraron que V se puede evaluar mediante

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{(\sum_{t=1}^n D_t)^2} - 1 \dots\dots\dots \text{Fórmula 74}$$

Donde D_t es la demanda pronosticada discreta para el periodo y n es el horizonte de planeación.

Peterson y Silver sugieren la siguiente “prueba de irregularidad”:

Si $V < 0.25$, se usa el modelo *EOQ* con \bar{D} como la demanda estimada.

Si $V \geq 0.25$, se usa un modelo de tamaño del lote dinámico.

d. Decisiones de tiempo

Esta decisión tiene efecto no solo en el nivel de inventario y, por ende, en el costo del inventario, sino también en el nivel de servicio que se proporciona al cliente. Al igual que en las decisiones de cantidad, se incluyen modelos “clásicos” para ayudar a entender el comportamiento de los sistemas de inventario respecto a las decisiones de tiempo.

Se estudiarán los modelos bajo tres categorías importantes:

Decisiones de una sola vez

Sistemas de revisión continua, que son sinónimo de decisiones de tiempo continuo.

Sistemas de revisión periódica, que son sinónimo de decisiones intermitentes.

Todos los modelos manejan un solo artículo, pero se pueden extender a artículos múltiples y muchos de ellos manejan demanda estocástica.

1. Decisiones de una sola vez

Las situaciones de decisiones de una sola vez son muy comunes en los ambientes tanto de manufactura como de venta al menudeo. Con frecuencia el problema se relaciona con

bienes estacionales, que tienen demanda sólo durante periodos cortos. Existe una sola oportunidad de ordenar.

Debe decidirse el número de artículos a ordenar antes del periodo de ventas, que puede ser un día, una semana o cualquier otro periodo. Si la demanda se conoce (el caso determinístico), el problema trivial; se ordena el número exacto de unidades que se demanda. La situación práctica, y por lo tanto la de interés, es cuando la demanda exacta es desconocida, pero puede describirse como una variable aleatoria. Sea

D = demanda durante el periodo; una variable aleatoria con función de densidad de probabilidad $f(D)$

$F(D)$ = función de probabilidad acumulada de D , es decir, la probabilidad de que la demanda sea menor o igual que D

π = costo de faltantes por unidad que falta al final del periodo.

C_o = costo de excedentes por unidad que sobra al final del periodo.

El costo por faltantes puede ser la ganancia perdida y la pérdida de la buena voluntad. El costo del excedente es el costo unitario más cualquier costo adicional para deshacerse del excedente, menos cualquier ingreso (valor de recuperación) que se pueda obtener. El costo de compra puede ignorarse porque no afecta la solución óptima, o bien, considerarse de manera implícita en los costos de excedentes o de faltantes. Se supone que no hay costo por colocar una orden.

Como Q es la variable de decisión, el costo esperado de excedente es $F(Q)c_o$.

Y el costo esperado por faltantes es

$$[1 - F(Q)]\pi \dots \dots \dots \text{Fórmula 75}$$

El valor óptimo de Q en este caso el punto en donde estos dos costos son iguales

$$F(Q^*)C_o = [1 - F(Q^*)]\pi \dots\dots\dots \text{Fórmula 76}$$

Lo que conduce a

$$F(Q^*) = \frac{\pi}{\pi + c_o} \dots\dots\dots \text{Fórmula 77}$$

La razón de costo en la ecuación anterior se llama razón crítica y es un número entre 0 y 1.

La razón crítica es la probabilidad de satisfacer la demanda durante el periodo si Q^* se compra para ese periodo, que no es lo mismo que la proporción de la demanda satisfecha.

Para calcular Q^* se debe usar la distribución de probabilidad acumulada, que es característica de los modelos estocásticos de inventarios.

2. Sistemas de revisión continúa.

Para examinar estos sistemas, se definen dos nuevas variables de estado para el inventario:

X_t = posición del inventario en el tiempo t

O_t = posición de ordenes colocadas en el tiempo t , algunas veces llamada la “tubería del inventario”

Recuerde que I_t es el inventario disponible en el tiempo t y B_t es el nivel de faltantes (órdenes atrasadas) en el tiempo t (ver fórmula 74).

$$X_t = I_t + O_t - B_t \dots\dots\dots \text{Fórmula 78}$$

Ya sea I_t o B_t o ambos serán cero en cualquier tiempo. Básicamente, la diferencia entre X_t e I_t es que X_t considera el inventario como una tubería. Sea R = punto de reorden, el nivel de X_t cuando se coloca una orden. La decisión de tiempo, cuándo ordenar, es Si $X_t \leq R_t$ entonces se coloca una orden de Q unidades. R determina el momento de la decisión de cantidad. Estos sistemas se llaman sistemas (Q, R) ; la política está definida por dos

decisiones. La decisión de cantidad se analizó en la sección anterior y el punto de reorden.

Deben ordenarse dos cosas:

La decisión de tiempo considera la posición del inventario total y no sólo del inventario disponible (un error muy común en la práctica). La cantidad ordenada, Q , se puede determinar por cualquier método para el tamaño del lote. En primer lugar, se analizarán los sistemas de revisión continua en un ambiente determinístico y después se estudiara el caso estocástico. En los sistemas de inventarios EOQ y EPQ se obtuvieron la cantidad económica a ordenar y la cantidad económica a producir con tiempo de entrega cero. En este método se permitirá que el tiempo de entrega sea distinto de cero, pero se supondrá que es una constante conocida, digamos τ . El lapso de una orden -expresado en las mismas unidades que los otros datos- es el tiempo que transcurre entre colocar la orden y su recepción. Todavía se supone que las unidades ordenadas llegan al mismo tiempo τ unidades después de colocar la orden. La demanda durante el tiempo de entrega se conoce con certidumbre. Como antes de la demanda anual es uniforme y se denota por D . Primero se examina el caso del EOQ . Si se quiere que la cantidad Q llegue cuando se ha agotado todo el inventario, se establece

$$R = D\tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 79}$$

Si no se permiten faltantes y no hay otras ordenes en camino (en la tubería), al colocar una orden, entonces

$$X_t = I_t \dots \dots \dots \text{Fórmula 80}$$

Y la decisión de tiempo es colocar la orden siempre que

$$I_t \leq D\tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 81}$$

Para el EPQ el argumento es similar. Se hace

$$R = D\tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 82}$$

Donde τ es el tiempo de entrega requerido para preparar la nueva corrida de producción. Cuando la posición del inventario es menor o igual que R , se inicia una nueva orden de producción. No obstante, debido a la tasa de reabastecimiento finita, X_t se comporta diferente. Tanto para el *EOQ* como para el *EPQ* con un tamaño de faltantes máximo de b , la decisión de tiempo es la misma. El punto de reorden se convierte en

$$R = D\tau - b \dots \dots \dots \text{Fórmula 83}$$

Ambos casos suponen que todo se conoce con certidumbre. En realidad, ambas demandas y tiempos de entrega pueden variar. Si llega una orden después de lo esperado o la demanda durante el tiempo de entrega es mayor que la esperada, pueden tenerse faltantes. Para evitar eso se puede mantener un inventario de seguridad.

Inventario de seguridad y nivel de servicio

El inventario de seguridad es inventario adicional para asegurar que se cumple el objetivo de servicio. Sin embargo, más inventario significa más costo de mantenerlo y menos oportunidad de que un cliente se enfrente a un faltante. Para tener más inventario disponible, se establece el punto de reorden en

$$R = \overline{D}_t + s \dots \dots \dots \text{Fórmula 84}$$

Donde s es el inventario de seguridad. La diferencia entre el modelo determinístico sobre R , la decisión de tiempo, es una decisión sobre el nivel del inventario de seguridad s . El valor de s determina el trueque entre el servicio y la inversión. Existen dos valores para encontrar s : uno de optimización que usa un costo por faltantes π y otro administrativo, en el que se establece la política del nivel de servicio.

a. Demanda en el periodo de entrega

Recuerde que tanto la demanda durante el tiempo de entrega como el tiempo de entrega mismo son so determinístico. Para simplificar los desarrollos, inicialmente se supone que el tiempo de entrega es determinístico. Esto da una buena aproximación al valor esperado en el caso estocástico. La demanda es una variable aleatoria por lo general, dada para cierto periodo. Es común que el valor de la demanda se obtenga mediante un método de pronósticos. Se supone que la demanda es una variable aleatoria continua con función de densidad de probabilidad $f(D)$ y función de distribución acumulada $F(D)$. Sea

- \bar{D} = Valor esperado (o media) da la distribución de la demanda en un periodo
- σ = Desviación estándar de la distribución de la demanda
- τ = Tiempo de entrega, igual que en caso determinístico

El periodo para el que se da la demanda puede ser distinto del tiempo de entrega. Por ejemplo, la demanda puede estar dada para una semana, mientras que el tiempo de entrega es cuatro semanas. Entonces se ajusta la demanda pronosticada a la longitud del tiempo de entrega. Se supone que las demandas para cada periodo son variables aleatorias independientes. Por lo tanto, la distribución de la demanda en el tiempo de entrega tiene los siguientes parámetros.

$$\text{Valor esperado (media)} = \bar{D}_\tau$$

$$\sigma_\tau^2 = \sigma^2 \tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 85}$$

Donde σ_τ^2 es la variancia de la demanda en el tiempo de entrega, σ^2 es la variancia de D y τ está dado en las mismas unidades de tiempo que D . Se obtiene $\sigma_\tau = \sigma\sqrt{\tau}$ desviación estándar de la demanda en el tiempo de entrega:

$$\bar{D}_\tau = \bar{D}\tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 86}$$

b. Modelo (Q, R)

Ahora se considerará el modelo estocástico esencial para el sistema de revisión continua. Se presenta un enfoque administrativo, en el cual se establece una política de servicio, y un enfoque de optimización, que es la revisión estocástica del *EOQ* determinístico. Recuerde que en el caso de revisión continua *R* es una variable de decisión, al contrario del caso determinístico, en el que *R* se obtuvo a partir de la demanda en el tiempo de entrega. Las dos variables de decisión *Q* y *R*, definen la política para este modelo.

Enfoque administrativo: decisión de cantidad. Se evalúa la cantidad a ordenar usando el modelo *EOQ*, sustituyendo el valor esperado de la demanda aleatoria por la de la demanda conocida:

$$Q = \sqrt{\frac{2A\bar{D}}{h}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 87}$$

Este valor no es el valor de *Q* que se usa en el enfoque de optimización.

Enfoque administrativo: decisión de punto de reorden

$$R = \bar{D}\tau + s \dots\dots\dots \text{Fórmula 88}$$

De forma que el inventario de seguridad determina a *R*. El inventario de seguridad maneja la variabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega, que se mide por σ_τ . Por lo tanto, el inventario de seguridad se mide en “unidades de desviación estándar” y es

$$k\sigma_\tau \dots\dots\dots \text{Fórmula 89}$$

Donde *k* es el factor de seguridad elegido para proporcionar el nivel de servicio deseado. Si la demanda en el tiempo de entrega tiene distribución normal, se puede conocer mejor el valor de *k*. Por la naturaleza de la distribución normal,

$$s = z\sigma_\tau \dots\dots\dots \text{Fórmula 90}$$

dónde z es una variable normal estándar, y mide el número de desviación estándar a partir de la media. Observe que en este caso $k=z$. Para el resto de este análisis, se supondrá una distribución normal para la demanda en el tiempo de entrega; así,

$$R = \overline{D}_\tau + z\sigma_\tau = \overline{D}_\tau + z\sigma_\tau \dots \dots \dots \text{Fórmula 91}$$

Esta estructura generará para evaluar R es la misma para ambas políticas 1 y 2 de nivel de servicio. La diferencia está en el valor asignado a z

Punto de reorden: política 1. El nivel de servicio requerido es α . El procedimiento es

1. En la tabla A-1 se encuentra el valor de z que corresponde a $F(z)=\alpha$
2. Se evalúa R usando el valor obtenido de z

Punto de reorden: política 2 El nivel de servicio requerido es β (tasa de surtido). El procedimiento es

1. Se evalúa $L(z) = \frac{(1-\beta)Q}{\sigma_\tau} \dots \dots \dots \text{Fórmula 92}$

2. En la tabla A-2 se usa $L(z)$ para obtener z
3. Se evalúa R usando el valor de z

*La tabla A1 y A2 se encuentran en el apéndice

c. Costo por faltantes implícito

Un faltante puede ocurrir sin importar que nivel de servicio se elija. Si es así, se paga una sensación por faltantes implícita en el nivel de servicio elegido. Para evaluar el costo por faltantes implícito se analiza el modelo (Q, R) usando el enfoque de análisis marginal utilizado para el problema del voceador. En un ciclo de inventario, es económico mantener una unidad adicional en el inventario de seguridad, siempre y cuando su costo de mantenerla no sea mayor que el costo esperado por faltantes para uno de una unidad. La

probabilidad general de un faltante es $F(z)$, donde $[1-f(z)]=\alpha$ es un valor seleccionado específico. Utilizando una notación familiar, sea h el costo anual de mantener una unidad, π el costo por unidad que falta y \bar{D}/Q

el número de ciclos de inventario por año. Entonces, por ciclo, el balanceo de los costos de mantener y por faltantes da

$$\pi = \frac{hQ}{[1-F(z)]\bar{D}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 93}$$

El costo implícito por faltante es una manera útil de que la administración juzgue si una elección de un nivel de servicio en particular es apropiada. La ecuación para π se cumple para ambas políticas de nivel de servicio. De nuevo, la diferencia está en la evaluación del valor adecuado de z .

3. Sistemas de revisión periódica.

Se hablará a continuación sobre la decisión de tiempo de esta política. El inventario se revisa cada T periodos. En cada revisión, si $X_t > R$, no se ordena, pero si $X_t \leq R$, se ordena hasta el nivel meta, S , donde X_t es la posición del inventario.

En el primer punto de revisión no pasa nada. Después del periodo de revisión, T , el inventario (suponiendo que no hay artículos ordenados) se encuentra abajo del punto de reorden (punto 2), y se coloca una orden por $Q = \{S - I_t\}$. Esta orden llega τ unidades más tarde (punto 3) debido al tiempo de entrega.

Un caso especial de la política de revisión periódica es cuando $R=S$ y se coloca una orden en cada punto de revisión. La variable de decisión es el periodo de revisión T . Como en el enfoque tomado para los sistemas de revisión continúa, primero se estudia un modelo determinado y después el modelo estocástico.

a. EOQ de nuevo

El modelo EOQ también puede examinarse desde una perspectiva de revisión periódica. Recuerde que la suposición es que el tiempo de entrega es cero. El EOQ se podría ver como un sistema de revisión periódica, en el que el valor óptimo del periodo de revisión es T^* . El nivel de inventario meta es $R+Q^*$ de manera que el tamaño del lote ordenado es Q^* . Cuando el tiempo de entrega es τ , T^* permanece igual, pero el inventario meta es $R+Q^*$ con tamaño de lote Q^* .

b. Modelos (S, T)

Consiste en un sistema de revisión periódica en el que el inventario meta es igual a S ; en cada revisión si $X_t \leq S$, se ordena hasta el nivel del inventario meta S . Este es un caso especial en el que $R=S$. Se tienen dos variables de decisión, el intervalo de revisión T y el inventario meta S . Al igual que en los sistemas de revisión continúa, todavía se tiene un trueque entre el nivel de servicio y la inversión. De nuevo hay dos enfoques, uno de optimización, basado en un costo por faltantes π y un enfoque administrativo, en el cual se fija el nivel de servicio. Se analizará el enfoque administrativo.

Se tienen las mismas suposiciones para los sistemas (Q,R) ; existe un reabastecimiento infinito, la demanda es una variable aleatoria D y el tiempo de entrega es constante e igual a τ .

Decisión del periodo de revisión

El periodo de revisión T se puede basar en la conveniencia (véase fórmula 83), es decir, una vez al mes, o según la fórmula EOQ , esto es,

$$T = \sqrt{\frac{2A}{hD}} \dots \dots \dots \text{Fórmula 94}$$

c. Decisión del inventario meta

El mismo argumento dado para el sistema (Q, R) se cumple aquí, elegir S es equivalente a decidir el nivel del inventario de seguridad. La diferencia está en la longitud del periodo para el que se necesita el inventario de seguridad. En el sistema (Q, R) se requería el inventario de seguridad para cubrir sólo el tiempo de entrega τ , ya que las órdenes se pueden colocar en cualquier momento. Para los sistemas (S, T) una orden debe ser lo suficientemente grande para que dure hasta la siguiente revisión, T periodos después. Por lo tanto, S debe ser por lo menos igual a la demanda esperada durante $(T+\tau)$ que no incluye inventario de seguridad. Al considerar el inventario de seguridad y usar la misma notación que para el modelo (Q, R)

$$S = \bar{D}(T + \tau) + s \dots \dots \dots \text{Fórmula 96}$$

Para una demanda en el tiempo de entrega con distribución normal,

$$S = \bar{D}(T + \tau) + z\sigma_{T+\tau} \dots \dots \dots \text{Fórmula 97}$$

Donde $\sigma_{T+\tau}$ es la desviación estándar de la demanda durante $(T+\tau)$. Un sistema (S, T) requiere más inventario de seguridad que n sistema (Q, R) ya que el periodo que necesita protección contra faltantes es más largo.

d. Sistema de reabastecimiento opcional

Primero se analizó el sistema de revisión periódica y después el caso especial con $R=S$. Ahora se examinará una modificación del caso general, el sistema de reabastecimiento opcional, en ocasiones llamado de revisión opcional (s, S) . La modificación es que la prueba de reorden se hace usando el inventario disponible en lugar de la posición del inventario.

El sistema opera como sigue. Se definen dos niveles de inventario (s, S). El intervalo de revisión es T y en cualquier punto de revisión, la decisión es que si $I_d \leq s$, se ordena $S - I_t$, pero si $I_t > s$, no se ordena. I_t es el inventario disponible en cualquier punto de revisión. La ventaja sobre los sistemas (S, T) es que la cantidad a ordenar pedida es razonable. Es particularmente útil cuando los costos tanto de revisión como de ordenar son significativos. Este sistema tiene tres variables de decisión de, $-T, s$ y S . Se determina T usando el método descrito antes. Encontrar los valores óptimos para s y S es bastante difícil. Se puede obtener una buena aproximación calculando una política (Q, R) y haciendo:

$$S=R \text{ y } S=R+ Q \dots\dots\dots \text{Fórmula 98}$$

e. Decisiones de control

Se ha introducido una gran variedad de modelos, políticas y enfoques para los diferentes aspectos de los sistemas de inventarios. Ahora se estudiará la administración y el control de sistemas de inventarios de artículos múltiples. A continuación se analiza un enfoque administrativo para el control del inventario bajo condiciones reales. Para comenzar, se presenta el análisis de Pareto, una herramienta importante en el manejo de sistemas de artículos múltiples.

1. Análisis de Pareto

El análisis de Pareto, es una herramienta para separar lo “importante” de lo que “no es importante”, es una técnica útil para asignar esfuerzo administrativo. Su nombre se debe al economista italiano Vilefredo Pareto, quién estudio la distribución de la riqueza en Milán en el siglo XVIII. Observó que una porción grande de la riqueza era propiedad de un pequeño segmento de la población. El mismo principio de Pareto se aplica a muchas otras situaciones, unos cuantos tienen mucha importancia y muchos tienen poca importancia. Es

común que los sistemas de inventarios tengan unos cuantos artículos que dan cuenta del uso de una gran cantidad de dinero. Esta característica permite un trueque entre la inversión y el control, elemento importante para mantener un costo bajo y un alto nivel de servicio.

a. La curva ABC

La curva ABC jerarquiza los artículos en inventario en orden descendente por su uso anual de dinero. Esta jerarquía en forma tabular se llama distribución por valor. Se puede graficar el porcentaje de artículos jerarquizados del total de artículos contra el porcentaje acumulado correspondiente del valor total en dinero, representado por ese porcentaje de artículos jerarquizados.

En principio, los artículos jerarquizados se clasifican en tres grupos:

A= artículos con “alto uso de dinero”

B=artículos con “uso medio de dinero”

C=artículos con “bajo uso de dinero”

Por lo general, las curvas ABC muestran que el grupo ABC muestran que el grupo A significa alrededor del 20% de los artículos jerarquizados y el 80% del uso total de dinero. En ocasiones esto se llama regla “80-20”. El que estos dos números sumen 100 es simple coincidencia.

En forma más detallada, el procedimiento para preparar las curvas ABC es

Paso 1: Se tabulan los artículos en inventario en orden descendente del uso anual de dinero por artículo. El uso anual de dinero es la multiplicación del costo unitario y el número anual de unidades usadas.

Paso 2: Se evalúa la actividad acumulada comenzando al principio de la lista y acumulando las actividades por artículo hacia abajo.

Paso 3: Se trabaja hacia abajo y se calcula:

Porcentaje acumulado de artículos basado en el número total de artículos.

Porcentaje acumulado de uso del dinero basado en el uso total anual.

Paso 4: Se grafica la curva ABC del porcentaje acumulado del uso del dinero como una función del porcentaje acumulado de artículos.

b. Algunas observaciones sobre la curva ABC

No se ha fijado una convención en cuanto a que artículos están en los grupos A, B, y C. Esto se hace casi siempre “a ojo” viendo la curva. En general, el grupo A llega hasta donde comienza a doblar la curva, el B hasta el final de este doblez y C incluye el resto de los artículos.

Por lo común, mientras más inclinada es la curva ABC, mayor poder de separación tiene. El poder de separación es la habilidad para distinguir entre los grupos. Esto es, menos artículos representarán un valor más alto, por ejemplo, 15% de los artículos significan el 90% del valor. Para este ejemplo. Alrededor de 1.5% de los artículos representan el 50% del valor.

En la práctica, es sencillo generar la tabla de distribución por valor y su curva ABC asociada. Tanto el precio unitario del artículo como su uso anual son parte de la base de datos del inventario.

El costo unitario no es razón para colocar un artículo en el grupo A y viceversa.

Este análisis muestra la manera en que el principio de Pareto ayuda a asignar el esfuerzo administrativo. El grupo A, que representa la mayor parte de la inversión en inventario, tiene un control estrecho. Los artículos del grupo C obtienen poca atención administrativa, no valen el esfuerzo.

En este capítulo se redactó toda la teoría que será ocupada para cumplir con el objetivo de este estudio.

En el capítulo 3 se desarrollará el análisis de la información recopilada en la empresa Grupo Gysapol de acuerdo a las herramientas de la Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO 3.

ANÁLISIS DE DATOS

“Haz lo necesario para lograr tu más ardiente deseo, y acabarás lográndolo.”

Ludwig Van Beethoven

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo se analizarán los datos obtenidos del estudio realizado a la empresa para cumplir con el objetivo de este trabajo.

Se determinarán los productos que más demanda tienen y por lo tanto, mayor cantidad de materia prima requieren para su fabricación. Esto para posteriormente aplicar un pronóstico de la demanda y plantear un modelo adecuado de inventarios y conocer la cantidad de material que se debe tener en almacén para no saturar espacio, llevar control, orden y limpieza.

3.1 Curva ABC

La curva ABC jerarquiza los artículos en inventario en orden descendente para su uso (o venta) anual en dinero. Por lo general, las curvas ABC muestran que el grupo A significa alrededor del 20% de los artículos jerarquizados y el 80% del uso total del dinero, sin embargo, el que estos dos números sumen 100 es simple coincidencia.

A continuación se muestra una tabla con los diversos artículos que maneja Grupo Gysapol y los datos necesarios para poder hacer la curva ABC, se puede observar en ella que la empresa maneja 22 artículos recurrentemente, sin embargo, Grupo Gysapol cuenta con más de 60 artículos en su catálogo, los restantes artículos no fueron utilizados en este análisis ya que son los que no tienen ningún efecto sobre el estudio pues se hacen pedidos en casos particulares y esporádicamente como se muestra a continuación:

Artículos	Descripción	Unidades anuales [Pzas.]	Costo unitario	Uso anual del dinero	Actividad acumulada	Porcentaje acumulado del uso del dinero	Porcentaje acumulado de artículos
1	Tarima 1000 [mm] x 900[mm]	2,740	\$778.87	\$2,134,104.9	\$2,134,104.90	37.27 %	1.66 %
2	Tope de 600[mm] TE-60-AM	6,559	\$242.44	\$1,590,163.96	\$3,724,268.86	65.06 %	3.32 %
3	Tope TE-EURO-60-AM	3,000	\$211.12	\$633,360.00	\$4,357,628.86	76.11 %	4.98 %
4	Tapete de uso rudo	50	\$8,800.00	\$440,000.00	\$4,797,628.86	83.80 %	6.64 %
5	Tabla de polo rojo	500	\$372.36	\$186,180.00	\$4,983,808.86	87.05 %	8.30 %
6	Perfil teja café	100	\$1510.32	\$151,032.00	\$5,134,840.86	89.69 %	9.96 %
7	Plasticorral negro a tres barandas	200	\$670.48	\$134,096.00	\$5,268,936.86	92.03 %	11.62 %
8	Perfil café oscuro de 4" x 4" (poste)	259	\$277.24	\$71,805.16	\$5,340,742.02	93.28 %	13.28 %
9	Perfil blanco de 3 1/2" (poste)	256	\$247.08	\$63,252.48	\$5,403,994.50	94.39 %	14.94 %
10	Perfil blanco de 4" (poste)	174	\$316.68	\$55,102.32	\$5,459,096.82	95.35 %	16.6 %
11	Perfil café oscuro de 3" (poste)	324	\$157.76	\$51,114.24	\$5,510,211.06	96.24 %	18.26 %
12	Perfil café oscuro de 3 1/2" (poste)	200	\$243.60	\$48,720.00	\$5,558,931.06	97.10 %	19.92 %
13	Perfil blanco de 3" (poste)	234	\$176.32	\$41,258.88	\$5,600,189.94	97.82 %	21.58 %
14	Perfil café oscuro de 6" x 3/4" (tabla)	432	\$92.80	\$40,089.60	\$5,640,279.54	98.52 %	23.24 %
15	Perfil café oscuro de 3 3/4" x 3/4" (tabla marco)	500	\$58.00	\$29,000.00	\$5,669,279.54	99.02 %	24.9 %
16	Plataforma de camioneta	150	\$121.71	\$18,256.08	\$5,687,535.62	99.34 %	26.56 %
17	Perfil café oscuro de 4" x 1/2" (tabla)	197	\$45.24	\$8,912.28	\$5,696,447.90	99.50 %	28.22 %
18	Perfil blanco de 6" x 3/4" (tabla)	75	\$103.24	\$7,743.00	\$5,704,190.90	99.63 %	29.88 %
19	Perfil café oscuro de 3" x 1/2" (tabla)	210	\$34.80	\$7,308.00	\$5,711,498.90	99.76 %	31.54 %
20	Perfil blanco de 4" x 1/2" (tabla)	100	\$51.04	\$5,104.00	\$5,716,602.90	99.85 %	33.2 %
21	Perfil blanco de 3" x 1/2" (tabla)	132	\$38.28	\$5,052.96	\$5,721,655.86	99.94 %	34.86 %
22	Perfil blanco de 3 3/4" x 3/4" (tabla marco)	50	\$64.96	\$3,248.00	\$5,724,903.86	100 %	36.52 %
23-60	Artículos varios	1	\$0.00	\$0.00	\$5,724,903.86	100 %	100 %

Tabla 3. Tabla de análisis de datos para obtención de curva ABC.

En esta tabla se muestran los principales productos que son vendidos anualmente en la empresa así como su precio, estos datos fueron utilizados para determinar el gasto anual así como el porcentaje de ventas que representa, esta tabla es la base para desarrollar la gráfica ABC.

Esta información fue proporcionada por el Departamento de ventas de Grupo Gysapol, donde se estudio y analizó la frecuencia de pedidos de cada una de los productos que maneja en determinado tiempo.

En este caso el tiempo de estudio fue de un año, se observó que existen productos que son pedidos esporádicamente.

Al comparar los datos del porcentaje de artículos jerarquizados con el porcentaje acumulado del uso anual del dinero se tiene la siguiente gráfica:

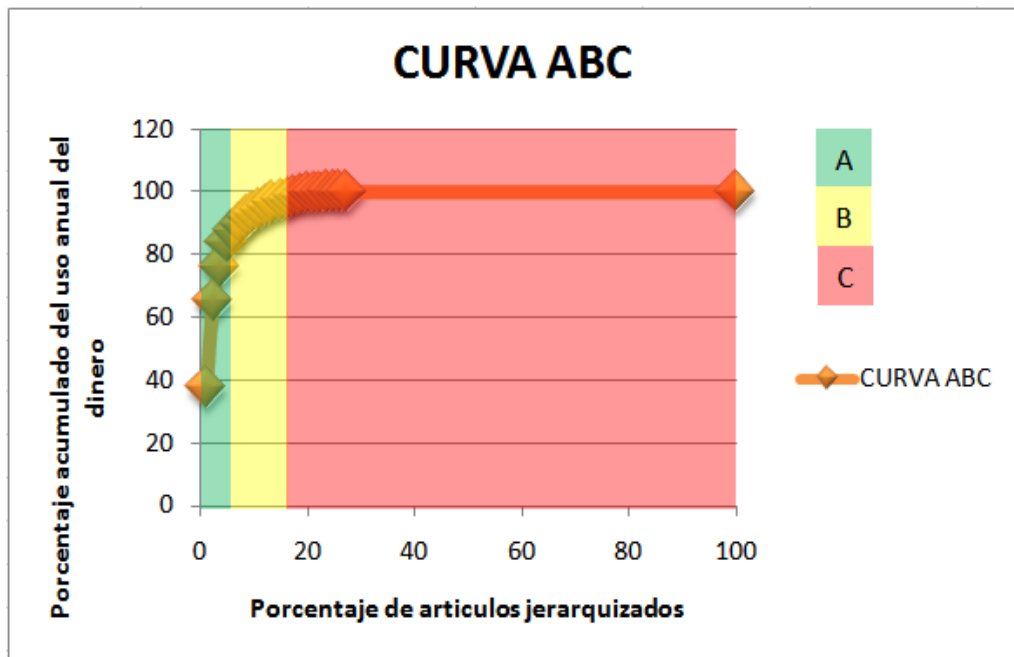


Fig. 32 Gráfica de la curva ABC, donde se muestran la clasificación de los productos.

Al analizar la gráfica anterior se tuvo que un porcentaje muy pequeño de artículos representa un porcentaje muy alto del uso anual acumulado del dinero de donde se obtuvieron los productos Tipo A y se muestran a continuación:

Artículos Tipo A

- 1.- Tarima con capacidad de carga 1000 Kg. 1000 x 900 [mm]
- 2.-Tope de 600 [mm] TE-60-AM
- 3.- Tope TE-EURO-60-AM
- 4.- Plataformas o tapete de uso rudo

Los productos Tipo A ahora identificados, son aquellos que se venden en mayor cantidad y que sin embargo representan un porcentaje mínimo en comparación con la gama de artículos que la empresa puede comercializar.

Para realizar el análisis de pronósticos de la demanda se utilizarán los principales artículos Tipo A ya que representan el 65% del uso acumulado anual total para la empresa que son la Tarima de 900 [mm] x 1000 [mm] y el tope de 600 [mm] TE-60-AM y que gracias a la curva ABC se obtuvieron.

3.2 Pronóstico de la demanda de la Tarima y Tope amarillo.

Una vez obtenidos los productos principales de Grupo Gysapol: tarima de 900 [mm] x 1000 [mm] y el tope de 600[mm] TE-60-AM se determinará la demanda de estos productos para el año 2010 por medio de la aplicación de los métodos de pronósticos.

Para la obtención del pronóstico de la demanda del 2010 de la tarima y el tope, es necesario analizar el histórico de estos productos, las tablas 5 y 6 nos muestran esta información de los años 2007, 2008 y 2009.

Periodos	Meses	Demanda [Pzas.]
1	Enero-2007	80
2	Febrero-2007	220
3	Marzo-2007	110
4	Abril-2007	440
5	Mayo-2007	783
6	Junio-2007	421
7	Julio-2007	151
8	Agosto-2007	254
9	Sept.-2007	321
10	Octubre-2007	553
11	Nov.-2007	764
12	Diciembre-2007	79
13	Enero-2008	60
14	Febrero-2008	160
15	Marzo-2008	89
16	Abril-2008	211
17	Mayo-2008	492
18	Junio-2008	249
19	Julio-2008	101
20	Agosto-2008	225
21	Sept.-2008	245
22	Octubre-2008	520
23	Nov.-2008	658
24	Diciembre-2008	30
25	Enero-2009	70
26	Febrero-2009	139
27	Marzo-2009	97
28	Abril-2009	321
29	Mayo-2009	432
30	Junio-2009	157
31	Julio-2009	189
32	Agosto-2009	289
33	Sept.-2009	89
34	Octubre-2009	329
35	Nov.-2009	469
36	Diciembre-2009	25

Tabla 4. Demanda mensual de la Tarima 2007, 2008 y 2009.

Periodos	Meses	Demanda [zas.]
1	Enero-2007	354
2	Febrero-2007	311
3	Marzo-2007	422
4	Abril-2007	1329
5	Mayo-2007	1287
6	Junio-2007	894
7	Julio-2007	743
8	Agosto-2007	421
9	Sept.-2007	387
10	Octubre-2007	643
11	Nov.-2007	219
12	Diciembre-2007	247
13	Enero-2008	421
14	Febrero-2008	213
15	Marzo-2008	437
16	Abril-2008	1650
17	Mayo-2008	1439
18	Junio-2008	676
19	Julio-2008	834
20	Agosto-2008	248
21	Sept.-2008	261
22	Octubre-2008	718
23	Nov.-2008	103
24	Diciembre-2008	126
25	Enero-2009	237
26	Febrero-2009	138
27	Marzo-2009	144
28	Abril-2009	1356
29	Mayo-2009	894
30	Junio-2009	541
31	Julio-2009	763
32	Agosto-2009	256
33	Sept.-2009	145
34	Octubre-2009	632
35	Nov.-2009	112
36	Diciembre-2009	85

Tabla 5. Demanda mensual de Tope amarillo
2007,2008 y 2009

.El objetivo es determinar la cantidad de materia prima que se necesita para cumplir con la demanda de los productos que tienen mayor número de pedidos e ingresos dentro de Grupo Gysapol.

La recolección de los datos es un aspecto muy importante ya que gracias a este proceso dentro de la metodología de obtención de pronóstico de demanda, se observa el comportamiento de los productos, se obtuvo que en determinados meses aumenta el número de pedidos y en otros disminuye considerablemente, así también existe una frecuencia en comparación de un año a otro.

De acuerdo a las características del problema y el objetivo del pronóstico se decidió elegir un marco de tiempo a mediano plazo, ya que se cuenta con los registros históricos de los dos productos principales y los cuales son los que mantienen a la empresa.

Al analizar el comportamiento de la demanda se identifica que en ambos casos existe una tendencia, así como frecuencia, de acuerdo a lo investigado a los sistemas de pronósticos y a la información hasta ahora obtenida y analizada, se determina que el mejor método para dar solución a este problema es la utilización de un método de pronósticos de series de tiempo, en el cual sea considerado la tendencia, estacionalidad y la frecuencia.

Se muestran las gráficas de la demanda del tope y la tarima, con el fin de visualizar y analizar el comportamiento de los productos para poder identificar causas y facilitar la identificación del método de pronóstico que será utilizado.

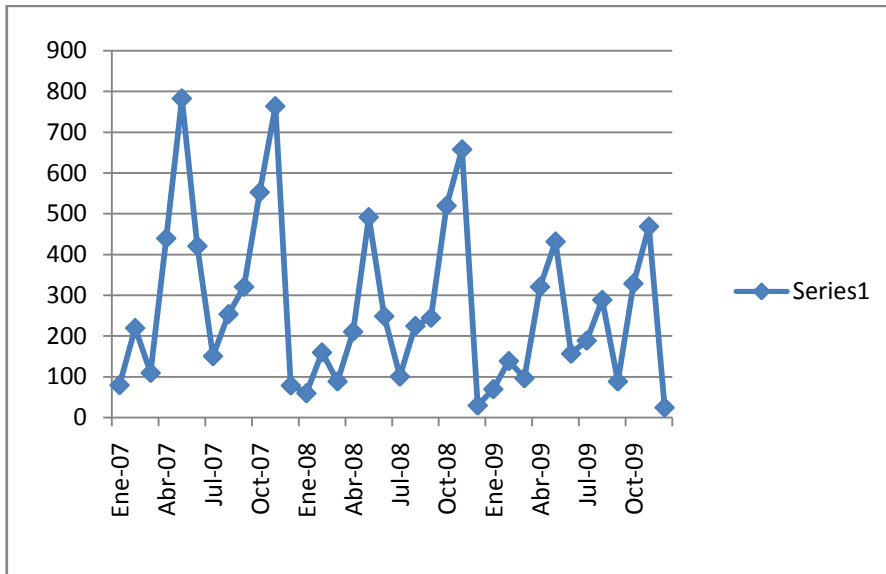


Fig. 33 Comportamiento de la Tarima de 1000 [mm] X 900 [mm].

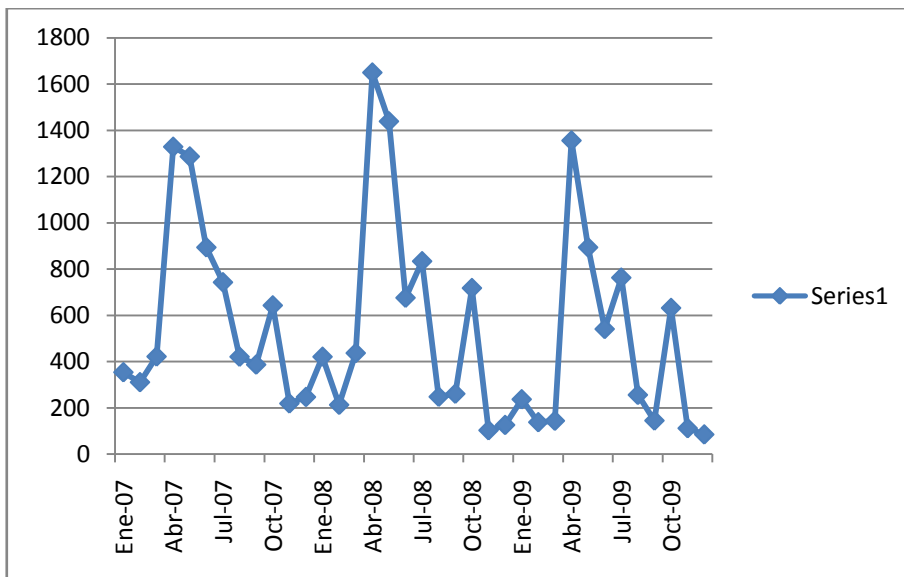


Fig. 34 Comportamiento de la demanda del Tope 600 [mm] TE-AM-60.

De acuerdo al análisis para dar solución a este problema de pronóstico es la utilización de un modelo de proceso estacional, los métodos que se presume podrían ser utilizados son: suavizado exponencial o Winters.

En la comprobación de lo que hasta ahora se tiene con respecto a los modelos de pronóstico, se apoyará en una herramienta computacional, la cual, es una plantilla de Excel para pronosticar del libro Introducción to Management Science Chapter 13.

A continuación, se muestran los datos obtenidos, teniendo como resultado que el mejor método utilizado para obtener el pronóstico de la demanda para el año 2010 de la tarima y tope es el método de Winters.

Template for Exponential Smoothing with Trend Forecasting Method with Seasonality

Year	Quarter	True Value	Seasonally Adjusted Value	Latest Trend	Estimated Trend	Seasonally Adjusted Forecast	Actual Forecast	Forecasting Error
1	Jan	80	333	0	0	290	70	10
1	Feb	220	373	0	0	290	171	49
1	Mar	110	333	1	0	291	96	14
1	Apr	440	396	0	0	292	324	116
1	May	632	355	1	0	293	521	111
1	June	421	376	1	0	293	329	92
1	July	151	328	1	0	294	135	16
1	Aug	254	292	0	0	295	256	2
1	Sep	321	324	0	0	294	292	29
1	Oct	553	277	0	0	295	590	37
1	Nov	764	332	0	0	295	678	86
1	Dec	79	527	0	0	295	44	35
2	Jan	60	249	2	0	297	72	12
2	Feb	160	271	0	0	297	175	15
2	Mar	89	270	0	0	297	98	9
2	Apr	211	190	0	0	296	329	118
2	May	492	276	-1	0	295	525	33
2	June	249	222	0	0	295	330	81
2	July	101	220	-1	0	294	135	34
2	Aug	225	259	-1	0	294	255	30
2	Sep	245	247	0	0	293	290	45
2	Oct	620	310	0	0	293	586	34
2	Nov	658	286	0	0	293	674	16
2	Dec	30	200	0	0	293	44	14

Smoothing Constants	
$\alpha =$	0.01
$\beta =$	

Initial Estimates	
Average =	290
Trend =	0

Type of Seasonality	
Monthly	

Month	Seasonal Factor
Jan	0.24
Feb	0.59
Mar	0.33
Apr	1.11
May	1.78
June	1.12
July	0.46
Aug	0.87
Sep	0.99
Oct	2.00
Nov	2.30
Dec	0.15

Fig. 35 Se muestran los datos obtenidos gracias al template de Excel, con el cual obtuvimos el pronóstico de la demanda de la tarima para el año 2010.

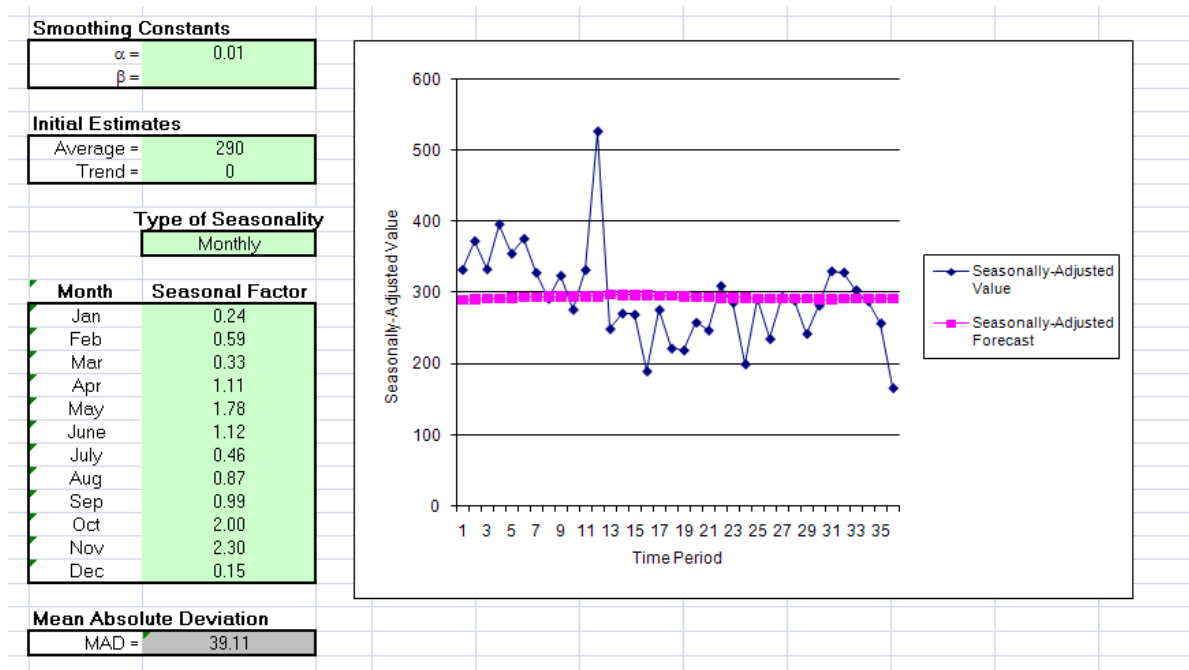


Fig. 36 A continuación mostramos la gráfica de los datos obtenidos, gracias a la plantilla de Excel, así como el valor mínimo de la Desviación Media Absoluta.

Para obtener la demanda para el año 2010 de la tarima de 1000 [mm] X 900 [mm], se tuvo que estudiar y probar en reiteradas ocasiones los valores de α y obtener el valor mínimo de MAD.

Posteriormente se realizó el mismo proceso para la demanda del tope amarillo, obteniendo nuevamente los valores de α y valor mínimo de MAD.

Template for Exponential Smoothing with Trend Forecasting Method with Seasonality									
Year	Quarter	True Value	Seasonally Adjusted Value	Latest Trend	Estimated Trend	Seasonally Adjusted Forecast	Actual Forecast	Forecasting Error	
1	Jan	354	574		0	547	337	17	Smoothing Constants $\alpha = 0.10$ $\beta = 0.00$
1	Feb	311	771	3	0	550	221	90	
1	Mar	422	692	22	0	572	335	87	Initial Estimates Average = 547.00 Trend =
1	Apr	1329	503	12	0	584	1455	126	
1	May	1287	583	-8	0	576	1214	73	Type of Seasonality Monthly
1	June	894	734	1	0	577	671	223	
1	July	743	520	16	0	592	790	47	Month Seasonal Factor
1	Aug	421	747	-7	0	585	311	110	
1	Sep	387	801	16	0	601	268	119	Jan 0.62 Feb 0.40 Mar 0.61 Apr 2.64 May 2.21 June 1.22 July 1.43 Aug 0.56 Sep 0.48 Oct 1.21 Nov 0.26 Dec 0.28
1	Oct	643	530	20	0	621	676	33	
1	Nov	219	828	-9	0	612	147	72	Mean Absolute Deviation MAD = 80.86
1	Dec	247	885	22	0	634	156	91	
2	Jan	421	683	25	0	659	406	15	
2	Feb	213	528	2	0	661	267	54	
2	Mar	437	716	-13	0	648	395	42	
2	Apr	1650	625	7	0	655	1730	80	
2	May	1439	652	-3	0	652	1438	1	
2	June	679	557	0	0	652	794	115	
2	July	839	587	-9	0	642	918	79	
2	Aug	248	440	-6	0	637	359	111	
2	Sep	261	540	-20	0	617	298	37	
2	Oct	718	591	-8	0	609	740	22	
2	Nov	103	390	-2	0	608	161	58	
2	Dec	126	451	-22	0	586	164	38	
3	Jan	237	385	-13	0	572	353	116	
3	Feb	138	342	-19	0	554	223	85	

Fig. 37 Se muestran los datos obtenidos gracias al template de Excel, con el cual obtuvimos el pronóstico de la demanda de la tope para el año 2010.

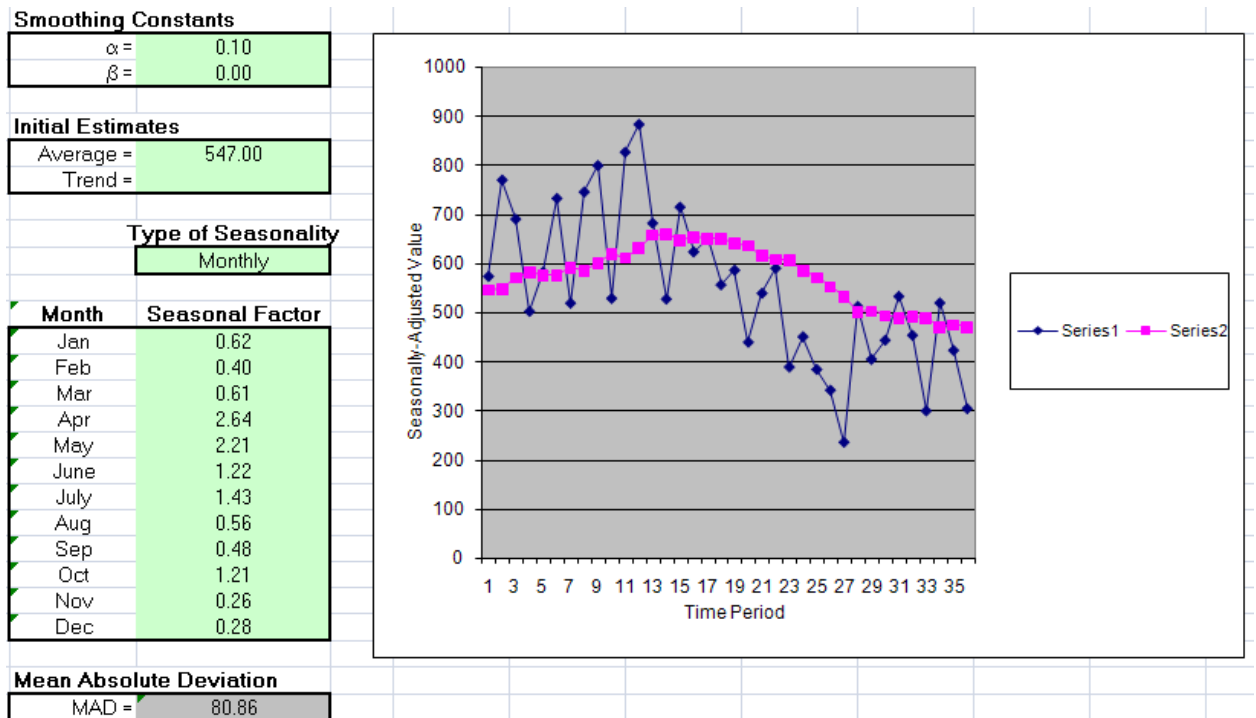


Fig. 38 A continuación mostramos la gráfica de los datos obtenidos, gracias a la plantilla de Excel, así como el valor mínimo de la Desviación Media Absoluta.

3.3 Aplicación de la medida de variabilidad de la demanda Peterson-Silver

Con los datos obtenidos se concluye que corresponde al comportamiento de una demanda irregular, para poder comprobar el análisis se utilizó el método Peterson-Silver .

El método de Peterson – Silver fue aplicado ya que es una medida útil para demostrar la variabilidad de la demanda o también llamado coeficiente de variabilidad (V) en el cual si los valores obtenidos después de su aplicación son mayores o iguales a 0.25 se usa un modelo de inventarios de lote dinámico.

El coeficiente de variabilidad $V = \text{Variancia de la demanda por periodo} / \text{Cuadrado de la demanda promedio}$

$$V = \frac{n \sum_{t=1}^n D_t^2}{(\sum_{t=1}^n D_t)^2} - 1$$

donde n es el horizonte de planeación, n=12 para la tarima y el tope.

En el caso del tope la variancia de la demanda por periodo es de $\sum_{t=1}^2 D_t^2 = 5, 611, 263$ y el cuadrado de la demanda promedio es de $(\sum_{t=1}^n D_t)^2 = 43, 309, 561$ por lo tanto al sustituir en $V = (12 * 5, 611, 263 / 43, 309, 561) - 1 = 0.55474113$

Tope	
Periodo	Pronóstico [Pzas.]
Enero-2010	337
Febrero-2010	221
Marzo-2010	335
Abril-2010	1455
Mayo-2010	1214
Junio-2010	671
Julio-2010	790
Agosto-2010	311
Septiembre-2010	268
Octubre-2010	676
Noviembre-2010	147
Diciembre-2010	156

V=0.5547

Si $V < 0.25$ se usa el modelo de EOQ y Si $V \geq 0.25$

se usa el modelo de tamaño dinámico ya que tiene una demanda irregular.

Tabla 6. Aplicación de Peterson – Silver para el TOPE. Medida util para demostrar la variabilidad de la demanda.

La variancia de la demanda por periodo en el caso de la tarima es de $\sum_{t=1}^2 D_t^2 = 1, 514, 971$ y el cuadrado de la demanda promedio es de $(\sum_{t=1}^n D_t)^2 = 12, 397, 441$ por lo tanto al sustituir en $V = (12 * 1, 514, 971 / 12, 397, 441) - 1 = 0.46640359$

Al analizar el resultado con los valores de V se determina que se debe utilizar un modelo de tamaño dinámico ya que el valor de V es mayor a 0.25

Tarima	
Periodo	Pronóstico [Pzas.]
Enero-2010	70
Febrero-2010	173
Marzo-2010	99
Abril-2010	325
Mayo-2010	522
Junio-2010	331
Julio-2010	136
Agosto-2010	258
Septiembre-2010	292
Octubre-2010	591
Noviembre-2010	679
Diciembre-2010	45

V=0.4665

Si $V < 0.25$ se usa el modelo de EOQ y Si $V \geq 0.25$

se usa el modelo de tamaño dinámico ya que tiene una demanda irregular.

Tabla 7. Aplicación de Peterson- Silver para TARIMA. Con el cual se demuestra que es posible utilizar un modelo de inventarios de lote dinámico.

Analizando nuevamente el resultado de los valores de V en el caso de la demanda de la tarima se puede determinar que el modelo que se debe utilizar es de lote dinámico ya que cumple nuevamente con una demanda irregular pues el valor de V es mayor a 0.25.

Con este resultado se comprueba que el pronóstico obtenido para la demanda del tope y tarima son irregulares y es posible utilizar un modelo de inventario de tamaño de lote dinámico pero antes de ser utilizado un modelo de inventarios se necesita información primordial para la aplicación de estos y es la obtención de los costos que intervienen en el manejo y uso del inventario.

3.4 Obtención de costos que intervienen en el modelo de sistema de inventarios.

Hasta este punto se tiene que el pronóstico de la demanda de los productos es irregular, por tanto se utilizará un modelo de inventarios dinámico, sin embargo, para poder aplicar el modelo adecuado es necesario conocer los costos que maneja dicho inventario de materia prima.

En primer lugar necesitamos conocer el costo de de ordenar (A) es aquel en que se incurre cada vez que se coloca una orden con el proveedor y el cual está integrado por lo siguiente:

a. Costo de ordenar

Para poder obtener este costo se requiere conocer el sueldo de la persona encargada de hacer la orden o pedido de materia prima, el costo por realizar estas llamadas o si es el caso la utilización de un medio electrónico.

Al obtener esta información por parte del Departamento de Compras de Grupo Gysapol se obtuvo lo siguiente:

El sueldo de la persona al frente del Departamento de Compras es de \$8,500 / mes.

Para hacer pedidos a los proveedores de materia prima Compras ocupa alrededor de 8 horas a la semana en colocar la orden, ya que evalúa proveedores y da seguimiento a sus pedidos. Por lo tanto el costo de colocar la orden es de \$226.66

La tarifa del pago por llamadas telefónicas e Internet se obtuvo por lo establecido por Teléfonos de México TELMEX y se muestra a continuación:

	Paquete Mi Negocio	Paquete SuperNegocio	Paquete Telmex Negocio Sin Limites
Renta mensual	\$549	\$799	Desde \$1,499
Infinitem	Ahora con mayor velocidad	Ahora con mayor velocidad	Ahora con mayor velocidad
Módem ¹	Inalámbrico	Inalámbrico	Inalámbrico
Llamadas locales	125	200	Ilimitadas
Larga Distancia Nacional	100 minutos	Ilimitada	Ilimitada
Minutos USA	N/A	N/A	Desde 100
LADA a Norte, Centro, Sudamérica, Europa y Resto del mundo ² (excepto Cuba)	\$2.39 el minuto	\$2.39 el minuto	\$2.39 el minuto
Servicios Digitales	Todos	Todos	Todos
Renta de la Línea Comercial	Incluida	Incluida	Incluida

Fig. 39¹¹ Tarifa telefónica e internet

Para obtener el cálculo del costo de hacer la llamada telefónica y el uso de internet se tomo el paquete Telmex Negocio sin límites por el cual se paga \$1,499/mes.

Si se divide el pago mensual por día se está pagando \$49.96/ día y \$2.08/hr.

Por lo tanto para cubrir las 8 horas que la persona encargada de Compras usa el teléfono e Internet el costo por este servicio es de \$16.64

¹¹ TELMEX, 2011. Tarifa teléfono e internet.[Online] Available: <http://www.telmex.com/mx/negocio/planes-paquetes/index.html> [29 Noviembre 2010]

Se tiene entonces que el costo de ordenar (A) es:

Teléfono e Internet.....	\$ 16.64
Sueldo.....	\$ 226.26

Costo a ordenar = \$243.30

b. Costo de mantener.

El inventario compromete el capital, usa espacio, requiere mantenimiento y todo cuesta dinero esto se llama costo de almacenaje o costo de mantener el inventario e incluye lo siguiente:

- Renta del área del almacén.
- Costo de la energía eléctrica
- Inversiones.
- Seguro.

Costo de renta de almacén

Para obtener el costo por concepto de pago de renta del almacen de materia prima del cual las dimensiones son 27 [m] x 39[m] se encontró una nave industrial en el parque industrial Toluca 2000 con las mismas dimensiones del lugar donde se llevo a cabo este estudio.

Se encontró que el pago mensual es de \$52,650 por lo tanto, el costo de renta queda como sigue:

Costo de renta por m ²	\$ 49.95
Área de almacén.....	1053 m ²
Costo de renta mensual por área de almacén.....	\$ 52,597

Costo de renta anual por área de almacén \$ 631,168.2

A continuación se muestra la imagen de donde se obtuvo la información referente al pago de renta en el parque industrial Toluca 2000.

Inmueble: Bodega en renta en Toluca en Parque Industrial Toluca 2000	
Fecha	Lunes 28 de Junio de 2010
Inmueble	Bodega
Para	en renta
Precio	52,650
Estado	Estado de México
Zona Metropolitana	Toluca
Municipio	Toluca 2000
Colonia	Parque Industrial Toluca 2000
Dirección	Calle 1 Norte 106, Parque industrial Toluca 2000
Mts. Terreno	1717
Mts. Construc.	1053
No. Plantas	1
No. Baños	3
Detalles	Rento Nave industrial ubicada en zona privilegiada del parque Toluca 2000, cuenta con amplias oficinas (opcional), baños, vigilancia y todos los servicios. 6 cajones de estacionamiento y amplias áreas verdes. Para uso inmediato.

Fig. 40¹² Renta de bodega Industrial



Fig. 41¹³ Nave Industrial Parque Toluca 2000

¹² Lomaz Inmuebles, 2011. Renta de bodegas industriales. [Online]. Available: <http://www.lomazinmuebles.com/bodegasenzonaindustrial.htm> [25 Noviembre 2010]

¹³ Lomaz Inmuebles, 2011. Renta de bodegas industriales. [Online]. Available: <http://www.lomazinmuebles.com/bodegasenzonaindustrial.htm> [25 Noviembre 2010]

Costo de energía eléctrica

Para la energía ocupada en el área del almacén, es necesario conocer la cantidad de luminarias y el consumo que estas tienen.

Las lámparas que se usan en la empresa son de uso industrial de 19" y usan 400 Watts, en total en el área de almacen de materia prima hay 15 lámparas, por lo tanto el consumo total es de 6000 Watts.

Lámparas de Uso Industrial



Luminaria de alto montaje de calidad estándar – campana de aluminio.
Usos típicos incluyen plantas industriales livianas y pesadas, almacenes y centros comerciales.
Diámetro de lámpara 19"
Watts de lámpara con Sodio a alta presión – 150, 250 y 400
Watts de la lámpara con aditivos metálicos – 175, 250, y 400

Fig. 42 ¹⁴ Lámpara Industrial

Para obtener el costo de KW/hr se buscaron las tarifas establecidas por la Comisión Federal de Electricidad CFE

Tomando la tarifa para negocios H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 KW o más. Y el costo es de \$0.8513 KW/hr

¹⁴ Mercado libre. 2011. Luminaria industrial. [Online]. Available: <http://listado.mercadolibre.com.mx/lamparas-industrial> [10 Noviembre 2010]

Conoce tu tarifa



Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía base
\$ 231.63	\$ 1.8580	\$ 0.9196	\$ 0.7227
\$ 222.63	\$ 1.4907	\$ 1.2763	\$ 0.9030
\$ 160.52	\$ 1.7809	\$ 1.0184	\$ 0.8513
\$ 147.59	\$ 1.6450	\$ 0.9455	\$ 0.7746
\$ 150.74	\$ 1.6545	\$ 0.9383	\$ 0.7862
\$ 148.31	\$ 1.6566	\$ 0.9547	\$ 0.7767
\$ 165.86	\$ 1.7422	\$ 0.9568	\$ 0.7882
\$ 160.52	\$ 1.7442	\$ 0.9732	\$ 0.8097

Fig. 43 ¹⁵ Tarifa de luz eléctrica

A continuación se muestra una tabla con el costo del consumo de energía anual en el área de almacen de materia prima:

Número de focos.....15

Potencia de focos.....400 W

Consumo de los focos en el área de almacén.....6000 W

Consumo de energía eléctrica \$0.8513 KW/ hr

Costo de manejo de inventario

Se encontró que en el almacen de materia prima un operador es el encargado del manejo de la materia prima, por lo tanto, se obtuvieron los siguientes datos:

Costo de almacenaje y manejo mensual.....\$4,000

Almacenaje y manejo anual.....\$48,000

Costo de materia prima

Ahora se dispondrá a obtener el costo de la materia prima, para esto se solicito

información a tres diferentes proveedores acerca del costo por kilogramo del polietileno de

¹⁵ CFE, 2011. Tarifa de luz eléctrica, [Online]. Available: <http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx> [28 Nov. 2010]

alta densidad en hojuela multicolor, blanco y virgen. Los precios se muestran a continuación:

ID 31938654 Descripción Fotos Contactar



Polietileno de alta densidad blanco reciclado molido en criba de 11mm, capacidad de 1 a 5 toneladas por semana
precio \$ 10 por kilo
El material reciclado es de frutsi y bebere (sin tapa y sin etiqueta)

TEL. 41496580 CEL.0445554314064
ersis@live.com.mx
rafaelgonzalez60@yahoo.com.mx

Polietileno Alta Densidad **\$ 10.55**



Ofrezco 50 Toneladas (110,231.1238 libras)de polietileno de alta densidad recuperado en varios colores el precio es de ,65 euro lo que representa \$10.00 diez pesos en moneda mexicana, por kilogramo...

Vendedor de Otros - Comercializadora Grupo Dehesa 

Fig. 44 y 45 Precio materia prima ¹⁶¹⁷

De estos precios se hizo un promedio obteniendo que el costo es de \$11.51 / Kg. Posteriormente, se determino la cantidad de materia prima existente en el almacen y se muestra en la siguiente tabla:

Precio materia prima.....\$11.51

¹⁶ Mundo anuncio, 2011. Precio polietileno. [Online] Available: www.mundoanuncio.com.mx [29 Noviembre 2010]

¹⁷ Vivastreet, 2011. Polietileno de alta densidad. [Online] Available: <http://material-profesional.vivastreet.com.mx/equipo-profesional+coacalco/polietileno-de-alta-densidad-blanco-reciclado-molido-en-crib/31938654> [10 Noviembre 2010]

Costo materia prima			
Tipo	Cantidad en almacén	Capacidad	Costo MP
Costales chicos	840	40 Kg	\$386,736
Jumbos	356	1000 Kg	\$ 4,097,560
Por espacios entre trozos de perfil		-5%	\$ 204,878
Total			\$ 4,279,418

Tabla 8. Valor de la materia prima en el almacén

Costo por concepto de seguro GNP

Otro costo importante que se debe considerar para determinar el costo de mantener un inventario es para cubrir el servicio del seguro, para obtener esta información se pidió una cotización a GNP (Grupo Nacional Provincial).

A continuación se muestra una imagen de la cotización obtenida por uno de los agentes de Grupo Nacional Provincial.

GRUPO NACIONAL PROVINCIAL S.A.B.						
COTIZACIÓN MULTIPLE EMPRESAS						
Nombre y domicilio Contratante			Oficina de solicitud	Fecha	Página	
Razón social:			51	04-Mar-2010	1	
Dirección:			No. de OT (Wf)	No. Cotización	Suscripción	
Colonia:	SAN PEDRO BARRIEBTO	C.P. 54010	0301D6137N	88000062877253	Especializado	
Estado:	MEXICO	R.F.C. 0	Propietario	Arrendatario	Multiclausula	
Giro: COMERCIALIZADORA, COMPRA Y VENTA DE ARTICULOS VARIOS.				XXXX	10%	
Suma Asegurada Total	Tipo de Moneda	Conducto de Cobro y de Envío	VIGENCIA DE	A TERMINO	duración en días	
\$ 6,000,000.00	Nacional	AGENTE	1-Mar-2010	1-Mar-2011	365	
Prima Neta	Gastos	Recargos	Giro Andantis	Nombre del agente	clave del Agente	
\$71,197.34	\$1,000.00	\$5,775.79	624001	SOCRATES ABRAHAM M	60671001	
Prima más Gastos	I.V.A.	Total a pagar	Parcialidades	Forma de Pago	Póliza anterior	
\$77,973.13	\$12,475.70 16%	\$90,448.83	1.00	TRIMESTRAL	N/A	
Ubicación del Riesgo			Oficina de solicitud	Ubicaciones	Año de Construcción	
Razón social: Astor Warehouse, S. A. de C. V.			51	1	después de 1985	
Dirección: Vía Dr. Gustavo Baz No. 4884			Tipo Plástico		No. Pisos	
Colonia:	SAN PEDRO BARRIEBTO	C.P. 54010				
Estado:	MEXICO	R.F.C. 0				
Giro: COMERCIO AL POR MENOR EN ALMACENES Y TIENDAS DE			Polietileno de alta densidad		1	

Fig. 46 Cotización de aseguradora GNP

Obteniendo que por concepto de la cantidad asegurada en GNP anualmente se tendría lo siguiente:

Concepto de Seguro GNP.....\$64,511.39 anual

Costo por concepto de pago de impuestos.

Para la obtención de este concepto se utilizó la Resolución Miscelánea Fiscal del 2009 donde se deduce un porcentaje de impuestos por concepto de materia prima en el almacén.

A continuación se muestra la parte donde se hace mención de este pago en la resolución Miscelánea Fiscal.

Las adquisiciones de bienes a que se refiere esta regla serán deducibles siempre que se cumplan con los demás requisitos establecidos en la Ley del ISR y no formen parte del costo de lo vendido.

Lo dispuesto en la presente regla no es aplicable tratándose de inversiones de activo fijo.

LISR 31, DOF 1/12/04 TERCERO TRANSITORIO

Pagos provisionales de ISR de contribuyentes del sector primario que opten por deducir gastos e inversiones no deducibles

I.3.4.25. Para los efectos de la regla I.3.4.14., los contribuyentes que ejerzan la opción a que se refiere la misma, deberán determinar sus pagos provisionales de ISR a partir del mes en que ejerzan dicha opción, considerando en la determinación del pago provisional la totalidad de los ingresos del periodo comprendido desde el inicio del ejercicio y hasta el último día del mes al que corresponde el pago, acumulando a dichos ingresos el monto de los ingresos exentos a que se refiere el primer párrafo de la citada regla.

LISR 32, 81, 109, 126, RMF 2009 I.3.4.14.

Deducción de inventarios de 1986 o 1988

I.3.4.26. Los contribuyentes que en los términos de la regla 106 de la Resolución que establece reglas generales y otras disposiciones de carácter fiscal para el año de 1993, publicada en el DOF el 19 de mayo de 1993, optaron por efectuar la deducción a que se refería la citada regla, dicha deducción se efectuará en treinta ejercicios contados a partir del ejercicio terminado el 31 de diciembre de 1992, en una cantidad equivalente, en cada ejercicio, al 3.33% del monto de la deducción que les correspondió conforme a lo señalado por la referida regla 106, actualizado desde el mes de diciembre de 1986 o 1988, según sea el caso y hasta el último mes de la primera mitad del ejercicio por el que se efectúa la deducción correspondiente.

Lo dispuesto en esta regla no será aplicable a los contribuyentes que hayan disminuido, en los términos de la fracción V, inciso a) del Artículo Tercero de las Disposiciones Transitorias de la Ley del ISR publicadas en el DOF el 1 de diciembre de 2004, el saldo pendiente por deducir a que se refiere la citada fracción, hasta por el monto en el que se haya deducido, en los términos de dicho precepto legal.

LISR DOF 1/12/04 TERCERO TRANSITORIO

Fig. 47¹⁸ Fragmento de la Resolución Miscelánea Fiscal 2009

De acuerdo a lo que en este documento se especifica el pago por concepto de impuestos es de 3.33% del valor total de inventario, como se muestra a continuación:

Impuestos.....3.33%


Impuestos.....\$142,932.6 anual


Valor del dinero en el banco en un fondo de inversión.

Como parte del costo de mantener se consideró el concepto de inversión el cual habla de la cantidad de dinero que se tiene en almacén y que podría ser invertida en el banco, para lo cual se investigó el rendimiento anual que se tendría y que es el de mayor tasa de interés en la actualidad conforme al simulador encontrado en la CONDUSEF.

¹⁸ Resolución miscelánea Fiscal 2009, 2011. Impuestos 1.3.4.26 [Online] Available: www.sat.gob.mx/sitio_internet/informacion_fiscal/legislacion/52_15196.html [30 Julio 2010]

Selecciona las fechas y captura el monto que deseas ahorrar

Fecha de depósito: 2010-01-04  Monto: \$ 4074540

Fecha de retiro: 2010-12-30  Los mejores rendimientos Todos los rendimientos

Información actualizada al 27 de Febrero de 2011

[Ver gráfica](#)

Pagars con Rendimiento Liquidable al Vencimiento

Plazo 7 días		Plazo 28 días		Plazo 91 días	
Inversión Inicial \$ 4,074,540.00		Inversión Inicial \$ 4,074,540.00		Inversión Inicial \$ 4,074,540.00	
Institución	Valor Final	Institución	Valor Final	Institución	Valor Final
 VOLKSWAGEN BANK SA, INSTITUCIÓN DE BANCARÍA DEFI Hacemos Banco	\$ 4,232,846.01	 VOLKSWAGEN BANK SA, INSTITUCIÓN DE BANCARÍA DEFI Hacemos Banco	\$ 4,273,304.85	 VOLKSWAGEN BANK SA, INSTITUCIÓN DE BANCARÍA DEFI Hacemos Banco	\$ 4,281,297.99
 Banca Mifel	\$ 4,229,005.57	 RANSI	\$ 4,257,040.64	 RANSI	\$ 4,266,728.48
 Banco Ahorro Famsa	\$ 4,218,325.26	 Banca Mifel	\$ 4,256,072.20	 Banca Mifel	\$ 4,262,158.54

Fig. 48 ¹⁹ Simulador de la CONDUSEF

En esta tabla obtenida del simulador de la CONDUSEF se observan los bancos que tienen la más alta tasa de interés, por lo tanto se investigó en el banco Volkswagen Bank y para comparar en Banco Ahorro FAMSA

¹⁹ CONDUSEF, 2011. Tasa de interés. [Online]. Available: <http://e-portalif.condusef.gob.mx/condusefahorro/datos.php#> [29 Diciembre 2010]

Cobertura Geográfica

D.F., Estado de México y Puebla.

TASA DE INTERES BRUTA ANUALIZADA

Rango de Inversión		Plazo (Días)				
(MXP)		7-13	14-27	28-90	91-179	180-360
Desde	Hasta					
1,000.00	24,999.99	2.50%	2.60%	2.65%	2.95%	3.00%
25,000.00	99,999.99	2.55%	2.65%	2.70%	3.00%	3.20%
100,000.00	249,999.99	2.65%	2.75%	2.80%	3.10%	3.40%
250,000.00	499,999.99	2.95%	3.05%	3.75%	4.20%	4.50%
500,000.00	999,999.99	3.05%	3.15%	3.90%	4.45%	4.75%
1,000,000.00	1,999,999.99	3.15%	3.25%	4.25%	4.80%	5.00%
2,000,000.00	2,999,999.99	3.18%	3.28%	4.29%	4.84%	5.03%
3,000,000.00	4,999,999.99	3.21%	3.31%	4.32%	4.87%	5.06%
5,000,000.00	En adelante	3.25%	3.35%	4.35%	4.90%	5.10%

Tasas de Interés vigente del 03 al 09 de Marzo de 2011, sujeta a variaciones por fluctuaciones en el mercado y/o causas de fuerza mayor.

Tasa Variable no sujeta a tasa de referencia.

Fig. 49²⁰Tasa de interés anualizada de Volkswagen Bank

²⁰ Volkswagen Bank, 2011. Tasa de interes, [Online]. Available: http://vwb.com.mx/content/sites/vwcorporate/vwb_com_mx/es/inicio/productos_ahorroeinversion/inversiones_empresas/inversion_vw_elite.html [25 Dic. 2010]

A continuación se muestra la imagen de la página de internet de Banco Ahorro FAMSA.

The screenshot shows the 'InverFamsa' section of the Banco Ahorro Famsa website. On the left, there is a promotional banner for 'Bafamsa x Internet Avanzado' with a laptop and a digital display showing '032 818'. The main content area includes a header '> InverFamsa', a description of the investment product, and a table of interest rates for different terms. Below the table, there are logos for 'Folleto', 'IPAB', 'IDE', and 'CONDUSEF', and a note about installing Adobe Acrobat Reader.

Si tienes cuenta de Famsa Ahorro o Mi Chequera Famsa

contrata Bafamsa x Internet Avanzado

Donde podrás:
 Consultar tus saldos, movimientos,
 realizar transferencias entre
 tus cuentas y
 cuentas de otros bancos (SPEI).
Fácil, Rápido y Seguro

> InverFamsa

Invierte y gana más con InverFamsa. Si quieres hacer crecer tu dinero y obtener mayores rendimientos hay buenas razones para invertir en Banco Ahorro Famsa. Sólo necesitas una inversión inicial de \$4,000, elige el plazo que más te convenga desde 30 hasta 360 días y gana más.

InverFamsa es la cuenta de inversiones que te paga rendimientos con una tasa de interés variable, además de que puedes disponer de tu dinero sin tener que esperar a que venza tu plazo.

Ven a tu sucursal más cercana y solicita a tu ejecutivo la apertura de tu Inversión con tan sólo \$4,000, y tendrás acceso a la mejor tasa del mercado.

Nota:
 Máxima inversión por cliente de 100 millones de pesos.

Folleto IPAB IDE CONDUSEF

Instalar Adobe Acrobat Reader

▼ Productos
 Elige un Producto

▼ InverFamsa
 :: Beneficios
 :: Intereses

- Tasa variable de acuerdo al plazo y al monto.
- Puedes disponer de tu dinero cuando tengas una urgencia, no tienes que esperar a que venza el plazo y sólo pagarás el 1.5%. El dinero que dejes continuará generando interés

OPCIONES	PERIODO(Días)	TASA DE INTERÉS
Inverfamsa 30 días	30	4.00 %
Inverfamsa 60 días	60	4.25%
Inverfamsa 90 días	90	4.50%
Inverfamsa 180 días	180	4.75%
Inverfamsa 270 días	270	5.00%
Inverfamsa 360 días	360	5.50%

Fig. 50 ²¹Tasa de interés encontrada en Banco Ahorro FAMSA

De las dos tasas de interés encontradas se tomo la de Volkswagen Bank ya que fue la que de acuerdo al simulador de la CONDUSEF nos da un mayor rendimiento, por lo tanto la cantidad de dinero que por concepto de inversión nos da la cantidad que se muestra en la tabla siguiente:

Banco Ahorro FAMSA.....tasa de interés 5.06%

Concepto de inversión \$216,538.5 anual

²¹ Banco Ahorro FAMSA, 2011. Tasa de interés. [Online]. Available: <http://www.bafamsa.com/inversion.php> [28 Noviembre 2010]

A continuación se muestra la imagen del simulador encontrado en la página de Internet de la CONDUSEF donde se muestran los mejores rendimientos en cuanto a fondo de inversión y su comparación con los instrumentos tradicionales de ahorro.

A continuación se muestra el costo de mantener el cual lo integran los siguientes conceptos:

Costo de renta anual por área de almacén.....	\$631,168.2
Costo anual de energía eléctrica.....	\$24,236.511
Costo de almacenaje y manejo.....	\$48,000
Seguro.....	\$64,511.39
Impuestos.....	\$142,504.6
Inversión.....	\$216,538.55
Total.....	\$1,126,959.251
Porcentaje.....	$i = 26.33 \%$

De donde $h=ic$ y $c=\$11,510$ por lo tanto $h=\$303,108.99$

Se obtuvo el porcentaje correspondiente de acuerdo al total de inventario que es de \$4,279,418 por lo tanto, el costo total de mantener en inventario expresado en porcentaje es igual a $i=26.33 \%$ de donde al multiplicarlo por el costo de una unidad (1000 Kg) es de \$11,510 se obtiene el costo de mantener una unidad en inventario una unidad de tiempo $h=\$303,108.99$ que es el costo de mantener una tonelada durante un año.

3.5 Obtención del modelo de sistema de inventarios.

Para realizar el cálculo del costo unitario mínimo (CUM) es necesario tener homogeneidad en las unidades por lo que se expresa la demanda pronosticada en toneladas ya que el costo de mantener esta expresado en estas unidades.

En la siguiente tabla se muestra la demanda de la tarima pronosticada en toneladas.

Periodo	Demanda en piezas Tarima	Peso unitario [Kg]	Demanda en peso [Kg]	Demanda en [Ton]
Enero-2010	70	14	980	0.98
Febrero-2010	173	14	2422	2.422
Marzo-2010	99	14	1386	1.386
Abril-2010	325	14	4550	4.55
Mayo-2010	522	14	7308	7.308
Junio-2010	331	14	4634	4.634
Julio-2010	136	14	1904	1.904
Agosto-2010	258	14	3612	3.6124
Septiembre-2010	292	14	4088	4.088
Octubre-2010	591	14	8274	8.274
Noviembre-2010	679	14	9606	9.606
Diciembre-2010	45	14	630	0.630

Tabla 9. Demanda pronosticada de la tarima en toneladas

A continuación se muestra la tabla de la demanda pronosticada del tope en toneladas.

Periodo	Demanda en piezas Tope	Peso unitario [Kg]	Demanda en peso [Kg]	Demanda en [Ton]
Enero-2010	337	4	1348	1.348
Febrero-2010	221	4	884	0.884
Marzo-2010	335	4	1340	1.340
Abril-2010	1455	4	5820	5.82
Mayo-2010	1214	4	4856	4.856
Junio-2010	671	4	2684	2.684
Julio-2010	790	4	3160	3.16
Agosto-2010	311	4	1244	1.244
Septiembre-2010	268	4	1072	1.072
Octubre-2010	676	4	2704	2.704
Noviembre-2010	147	4	588	0.588
Diciembre-2010	156	4	624	0.624

Tabla 10. Demanda pronosticada del tope en toneladas

Y finalmente en esta tabla se obtiene la suma de las demandas pronosticadas del tope y la tarima expresada en toneladas

Periodo	Demanda en [Ton] Tarima	Demanda en [Ton] Tope	Demanda Tope y Tarima [Ton]
Enero-2010	0.98	1.348	2.328
Febrero-2010	2.422	0.884	3.306
Marzo-2010	1.386	1.34	2.726
Abril-2010	4.55	5.82	10.37
Mayo-2010	7.308	4.856	12.164
Junio-2010	4.634	2.684	7.318
Julio-2010	1.904	3.16	5.064
Agosto-2010	3.612	1.244	4.856
Septiembre-2010	4.088	1.072	5.16
Octubre-2010	8.274	2.704	10.978
Noviembre-2010	9.506	0.588	10.094
Diciembre-2010	0.63	0.624	1.254

Tabla 11. Suma de la demanda de la tarima y el tope en toneladas

Para la obtención del modelo de inventarios CUM se muestra la fórmula general del cálculo del costo unitario mínimo para el sistema de inventarios como se observa este modelo se basa en el costo variable promedio por unidad en lugar de por periodo.

Donde $K'(m)$ es el costo variable promedio por unidad si la orden cubre m periodos y en general

$$K'(m) = \frac{A + hD_2 + 2hD_3 + \dots + (m-1)hD_m}{D_1 + D_2 + \dots + D_m} \dots \dots \dots \text{Fórmula 99}$$

La regla de detención es $K'(m+1) > K(m)$ y $Q_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_m$

De donde:

A: Costo de ordenar

h: Costo de mantener el inventario.

D_m = Demanda pronosticada

La limitación de este enfoque es que se considera un lote a la vez y el costo por periodo (o unitario) puede variar mucho de un proceso a otro.

Debido a los cálculos anteriores donde se determinaron los costos necesarios para el sistema de inventarios se muestra a continuación una tabla donde se resumen para su aplicación.

Costo de pedir	A=	\$ 243.30
Costo de mantener	i=	26.33%
Costo por tonelada	c=	11,510 \$/Ton
Costo de mantener por tonelada anual	$h_{\text{anual}} =$	303,108.99\$/Ton
Costo de mantener por tonelada mensual	$h_{\text{mensual}} =$	25,259.08 \$/Ton

Tabla 12. Datos necesarios para el cálculo del CUM

$$K'(m + 1) > K(m) \dots \dots \dots \text{Fórmula 100}$$

A continuación se muestra la aplicación del modelo CUM

Para el primer periodo $m=1$ se tiene que

$$K'(m) = \frac{A}{D_1} = 243.30/2.328 = 104.51 \text{ se dice que en este momento empieza}$$

Para $m=2$

$$K'(m) = \frac{A+hD_2}{D_1+D_2} = (243.3+(25,259.08 * 3.306))/(2.328+3.306) = 14,865.07 \text{ y como este valor}$$

es mayor $K'(m+1) > K'(m)$ ya que $K'(2) > K'(1)$ el proceso se detiene, por lo tanto la primera orden se coloca en el primer mes con $Q_1 = 2.328 + 3.306 = 5.634 \text{ Ton.}$

El procedimiento continúa a partir del tercer mes donde $m=1$ y comienza en el mes 3 se tiene que:

$$K'(3) = \frac{A}{D_3} = 243.3/2.726 = 89.251$$

$$\text{Para } m=2 \quad K'(4) = \frac{A+hD_4}{D_3+D_4} = (243.3+(25,259.08 * 10.37))/(2.726+10.37) = 20,019.85$$

como $K'(4) > K'(3)$ el proceso se detiene, por lo tanto, la segunda orden se coloca en el tercer mes **$Q_2 = 2.726 + 10.37 = 13.096$ Ton**

Entonces el procedimiento continúa en el quinto mes donde $m=1$ y comienza en el mes 5 teniendo que:

$$K'(5) = \frac{A}{D_5} = (243.3/12.164) = 20.0016$$

Y para $m=2$ se tienen que $K'(6) = (243.3 + (25,259.08 * 7.318)) / (12.164 + 7.318) = 9,500.52$ y como $K'(6) > K'(5)$ el proceso se detiene, por lo tanto, la tercera orden se coloca en el quinto mes y **$Q_3 = 19.482$ Ton**

Entonces en el procedimiento continua en el séptimo mes donde $m=1$ y comienza en el séptimo mes, se tiene que:

$$K'(7) = \frac{A}{D_7} = (243.3/5.064) = 48.045$$

Y para $m=2$ $K'(8) = (243.3 + (25,259.08 * 4.856)) / (5.064 + 4.856) = 12,389.25$ y como $K'(8) > K'(7)$ el proceso se detiene, por lo tanto se coloca la orden en el séptimo mes y **$Q_4 = 9.92$ Ton**

Entonces en el procedimiento continua en el noveno mes donde $m=1$ y se tiene que

$$K'(9) = \frac{A}{D_9} = (243.3/5.16) = 47.15$$

Y para $m=2$ $K'(10) = (243.3 + (25,259.08 * 10.978)) / (5.16 + 10.978) = 17,197.76$ y como $K'(10) > K'(9)$ el proceso se detiene, por lo tanto se coloca la orden en el noveno mes y **$Q_5 = 16.138$ Ton**

Entonces en el procedimiento continua en el onceavo mes donde $m=1$ y se tiene que

$$K'(11) = \frac{A}{D_{11}} = (243.3/10.094) = 24.10$$

Y para $m=2$ $K'(12) = (243.3 + (25,259.08 * 1.254)) / (10.094 + 1.254) = 2,812.67$ y como $K'(12) > K'(11)$ el proceso se detiene, por lo tanto se coloca la orden en el onceavo mes y **$Q_6 = 11.348$ Ton**

Por lo tanto se tiene que se ordenan en seis ocasiones anualmente con el modelo de Costo Unitario Mínimo y las cantidades a ordenar son $Q_1 = 5.634$ Ton en el mes 1, $Q_2=13.096$ Ton en el mes 3, $Q_3 = 19.482$ Ton en el mes 5, $Q_4 = 9.92$ Ton en el mes 7, $Q_5 = 16.138$ Ton en el mes 9 y $Q_6 = 11.348$ Ton en el mes 11.

3.6 Análisis de sensibilidad EOQ contra CUM

A continuación se hará una comparación del modelo de EOQ y el modelo aplicado CUM, para comprobar que el modelo del Costo Unitario Mínimo es el mejor de acuerdo a las características de la demanda.

Donde para el modelo del EOQ

$$Q^* = \sqrt{\frac{2A\bar{D}}{h}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 101}$$

Y de donde:

- A = Costo de pedir
- \bar{D} = Demanda promedio anual
- h = Costo de mantener por tonelada anual
- Q^* = Cantidad óptima a ordenar

A continuación se muestran los datos necesarios y el cálculo de la cantidad óptima a ordenar.

Concepto		Valor
Costo de pedir	A =	\$243.3
Costo de mantener	i =	26.33 %
Costo por tonelada	c =	11,510 \$/ton
Costo de mantener por tonelada anual	$h_{\text{anual}} =$	303,108.99\$/ton
Demanda promedio anual	$\bar{D} =$	6.301 ton

Tabla 13. Datos necesarios para el cálculo del EOQ

Al sustituir los valores correspondientes en la ecuación para obtener la cantidad óptima a ordenar Q^* :

$$Q^* = 0.10 \text{ Ton}$$

$Q_1 = 5.634$ Ton en el mes 1, $Q_2 = 13.096$ Ton en el mes 3, $Q_3 = 19.482$ Ton en el mes 5, $Q_4 = 9.92$ Ton en el mes 7, $Q_5 = 16.138$ Ton en el mes 9 y $Q_6 = 11.348$ Ton en el mes 11.

Con el análisis de sensibilidad se compararan los resultados del sistema de inventarios con el método del Costo Unitario Mínimo y la Cantidad Óptima a Ordenar para determinar cuál de los métodos es mejor en cada uno de los periodos.

$$\frac{K(Q_n)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_n}{Q^*} + \frac{Q^*}{Q_n} \right) \dots\dots\dots \text{Fórmula 102}$$

Donde:

Q_n = Cantidad a pedir por el método del Costo Unitario Mínimo

Q^* = Cantidad Óptima a Ordenar por el EOQ

Si $Q_1 = 5.634$

$$\frac{K(Q_1)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{5.634}{0.10} + \frac{0.10}{5.634} \right] = 28.27$$

Si $Q_2 = 13.096$

$$\frac{K(Q_2)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{13.096}{0.10} + \frac{0.10}{13.096} \right] = 65.48$$

Si $Q_3 = 19.482$

$$\frac{K(Q_3)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{19.482}{0.10} + \frac{0.10}{19.482} \right] = 97.41$$

Si $Q_4 = 9.92$

$$\frac{K(Q_4)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{9.92}{0.10} + \frac{0.10}{9.92} \right] = 49.6$$

Si $Q_5 = 16.138$

$$\frac{K(Q_5)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{16.138}{0.10} + \frac{0.10}{16.138} \right] = 80.69$$

Si $Q_6 = 11.348$

$$\frac{K(Q_6)}{K(Q^*)} = \frac{1}{2} \left[\frac{11.348}{0.10} + \frac{0.10}{11.348} \right] = 56.74$$

Se concluye que habrá mejores resultados si se ordena la cantidad obtenida por el modelo de CUM a comparación de la cantidad obtenida con el modelo EOQ, ya que cuando no hay desviación $Q=Q^*$, el valor de esta razón es 1, pero al colocar una orden más grande que Q^* (es decir, $Q/Q^* > 1$) costará menos que una orden más pequeña por la misma cantidad.

CAPÍTULO 4.

CONCLUSIONES

“Cuando no puedas correr trota, cuando no puedas trotar camina, cuando no puedas caminar usa el bastón pero nunca te detengas.”

Madre Teresa de Calcuta

4.1 Conclusiones

El análisis de inventarios tiene una gran importancia en la industria actualmente ya que puede representar grandes ahorros y mejoras en el área de almacén de las empresas, con la experiencia en Grupo Gysapol comprobamos que los sistemas de inventarios hacen una gran diferencia ya que se obtuvieron importantes resultados como son un ahorro promedio del 7.88% en el costo de mantener la materia prima ya que se paso de gastar el 26.33% del costo total de inventario en mantener al 18.44% del costo total de inventario.

Se determino que el costo de mantener el material en el inventario es del 26.33% y comparado con el costo de ordenar es tan solo \$243 que representa menos del 1% del valor total del inventario.

Aplicando el sistema de inventario del costo unitario mínimo (CUM) se obtuvo un nivel de inventario entre 19.48 y 5.64 a ordenar para la demanda pronosticada para todo el año, estas cantidades son muy contrastantes al momento de compararlas con el sistema de la Cantidad Optima a Ordenar (EOQ) que resulto de un valor de 0.10 Ton.

Como podemos observar los valores obtenidos por el CUM son mucho más elevados que la cantidad óptima a ordenar y al ser comparados con el análisis de sensibilidad se obtiene que es mejor pedir la cantidad óptima a ordenar, sin embargo, de acuerdo a la realidad de las empresas y experiencia lo más conveniente es pedir las cantidades que se obtuvieron en el CUM, aunque esto es un costo más elevado de mantener que ordenando lo obtenido en el EOQ, hay que tomar en cuenta la cantidad mínima que envía el proveedor y creemos es muy difícil que se pueda enviar 0.10 toneladas por pedido, así mismo esto representaría pedir en promedio materia prima 50 veces al mes lo que se nos hace poco práctico y poco probable que lo aceptara el proveedor.

Otra de las grandes ventajas que se tiene es una mejor distribución de espacio ya que se distribuye la cantidad de material en el almacén reduciéndola en por lo menos 50% de lo

que se tiene actualmente en la empresa Gysapol, esto nos permite un mejor acomodo, ya sea por tipo de material o por veces en que ha sido reprocesado el material, esto es muy importante ya que en Grupo Gysapol no se cuenta con orden en el almacén lo que impide tener un control preciso en el almacén.

Esto a su vez permite tener un conocimiento real del material que se tiene en el inventario, ya que en Grupo Gysapol no se tiene contabilizado el material que se tiene realmente, y así ocupar los recursos que se tienen perdidos en el almacén.

Otra de las grandes ventajas obtenidas para Grupo Gysapol es la mejora en la seguridad del almacén, al tenerlo ordenado se tendrán pasillos delimitados y conforme a la norma NOM-003-SEGOB/2002 proponemos poner las señalizaciones pertinentes para los extintores, salidas de emergencia, hidrantes y de riesgo eléctrico.

Al tener un lugar de trabajo seguro se mejorarán las condiciones de los empleados lo que permite que se sientan con mayor confianza y seguridad provocando aumento en la productividad.

4.2 Propuestas de mejora.

1.- Descripción

Obstrucción de las rutas de evacuación con material inservible y basura.

Propuesta de mejora

Delimitación de las áreas de almacenaje y reacomodo del material, definición de un área especial para la disposición del material inservible y basura, política de revisión continua semanal para el correcto depósito del desperdicio.



Fig. 51 Área de almacén donde se observa que no hay espacio para manipular con el montacargas.



Fig. 52 Área de almacén donde se observa que hay obstrucción de la salida de emergencia.



Fig. 53 Materia prima en desorden

2.-Descripción

Obstrucción de pasillos con costales de basura.

Propuesta de mejora

Delimitación de los pasillos con franjas de pintura amarilla en el suelo conforme a la norma NOM-001-STPS-2008

Realizar jornadas de limpieza semanalmente, separando la basura para aprovechar reutilización.



Fig. 54 Área de oportunidad 2.

3.-Descripción

Falta de señalización en terminales eléctricas.

Propuesta de mejora

Señalización del área de terminales eléctricas con franjas de color rojo alrededor del área y en el suelo conforme a la norma NOM-003-SEGOB/2002.



Fig. 55 Falta de señalización en terminales eléctricas.



Fig. 56 Área de oportunidad 3.



Fig. 57 Falta de limpieza en maquinaria

4.-Descripción

Obstrucción de extintores y falta de extintor.

Propuesta de mejora

Despeje y señalización pertinente respetando las franjas de color rojo en el suelo como área de seguridad conforme a la norma NOM-003-SEGOB/2002, revisión periódica de extintores en todas las áreas señalizadas.



Fig. 58 Área de oportunidad 4.

5.-Descripción

Basura y desperdicios almacenados innecesariamente en el área de almacén.

Propuesta de mejora

Clasificación de los materiales en el almacén y limpieza de los materiales innecesarios colocando la basura en un lugar destinado para ello como puede ser fuera del almacén donde se colocará un depósito especial para posteriormente desalojarla.



Fig. 59 Área de oportunidad 5.

6.-Descripción

Basura y material regado en los pasillos y área de almacenaje.

Propuesta de mejora

Limpieza de pasillos y área de almacenaje y medidas de seguridad conforme a la norma NOM-001-STPS-2008.

Colocar depósitos provisionales donde se podrá colocar este tipo de desperdicios.

Definir políticas de limpieza continua por turno para evitar tener las áreas en mal estado y mantenerlas limpias.



Fig. 60 Área de oportunidad 6



Fig. 61 Imagen donde se muestra la falta de limpieza en almacén

7.-Descripción

Almacenamiento de costales vacíos, ocupando espacio innecesariamente.

Propuesta de mejora

Clasificación, separación y disposición de los costales.

Vender los costales vacíos para ahorro de espacio o aprovechamiento para mantener la materia prima más ordenada.



Fig. 62 Área de oportunidad 7.

8.-Descripción

Materiales estibados inadecuadamente y falta de ordenamiento en los materiales.

Propuesta de mejora

Estibar los materiales adecuadamente conforme a la norma NOM-006-STPS-2000.

Estibar en las áreas delimitadas con franjas amarillas y no para este material no más de dos paquetes.



Fig. 63 Área de oportunidad 8.

9.-Descripción

Desechos y basura tirados en el área de almacenaje, desorden en el área correspondiente a los dados de extrusión.

Propuesta de mejora

Limpieza del área de almacenaje.

Ordenamiento y clasificación de los dados conforme al uso o tamaños.

Hacer una base metálica con ganchos donde se muestre la figura del dado para facilitar la búsqueda y el acceso así como la estética del área.

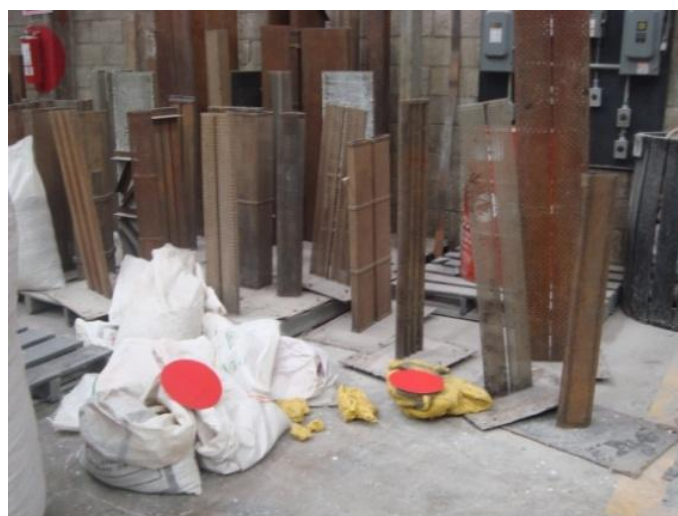


Fig. 64 Área de oportunidad 9.

ANEXOS

A1 Cuestionario a trabajadores en el área de almacén.

Lista de preguntas utilizadas para un nuevo método de trabajo.

No.	Preguntas	Si	No	¿Por qué?
1	¿Facilita la disposición del almacén la eficaz manipulación de los materiales?			
2	¿Proporciona la disposición del almacén una seguridad adecuada?			
3	¿Permite la disposición del almacén realizar cómodamente el montaje?			
4	¿Están los materiales bien situados en el lugar de trabajo?			
5	¿Se ha previsto un lugar para el almacenamiento de herramientas?			
6	¿Se invierte mucho tiempo en llevar y traer el material del puesto de trabajo en proporción con el tiempo invertido en manipularlo en dicho puesto?			
7	¿Cómo se consiguen los materiales?			
8	¿Están los puntos de carga y descarga de los camiones en los lugares adecuados?			
9	¿La materia prima que llega se podría descargar en el primer puesto de trabajo para evitar la doble manipulación?			
10	¿Se utilizó el análisis de Pareto para identificar las piezas o productos de más valor?			
11	¿El material que se utiliza es realmente adecuado?			
12	¿No podría reemplazarse por otro más barato que igualmente sirviera?			
13	¿No se podría utilizar uno más ligero?			
14	¿El material se compra ya acondicionado para el uso?			
15	¿Podría el abastecedor introducir reformas en la elaboración del material para mejorar su uso y disminuir los precios?			
16	¿El material es entregado suficientemente limpio?			
17	¿Se compra en cantidades y dimensiones que lo hagan acudir al máximo y reduzcan la merma?			
18	¿Se saca el máximo partido posible del material al cortarlo? ¿y al elaborarlo?			
19	¿No se podría modificar el método para eliminar el exceso de mermas y desperdicios?			
20	¿Se reduciría el número de materiales utilizadas si se estandarizara la producción?			
21	¿No se podría hacer la pieza con sobrantes de material o retazos?			

22	¿Se podrían utilizar los sobrantes o retazos?			
23	¿Se podrían clasificar los sobrantes para venderlos a mejor precio?			
24	¿La calidad de materiales es uniforme?			
25	¿Se altera el material con el almacenamiento?			
26	¿Los recipientes son uniformes para poder apilar y evitar que ocupen demasiado espacio en el suelo?			
27	¿Se pueden comprar los materiales en tamaños fáciles de manipular?			
28	¿Se ahorrarían demoras si hubiera señales que avisaran cuando se necesite mas material?			
29	¿Pueden cambiarse de lugar los almacenes y las pilas de materiales para reducir la manipulación y el transporte?			
30	¿Los materiales están bien situados?			
31	¿Qué se hace con el material defectuoso?			
32	¿Puede el operario efectuar el mantenimiento de sus propias herramientas?			
33	¿Puede el operario hacer el montaje de su propio equipo?			
34	¿La ropa de los trabajadores es adecuada para prevenir accidentes?			
35	¿Se han tenido debidamente en cuenta los factores de seguridad?			
36	¿Es el piso seguro y liso?			
37	¿Se pueden eliminar los humos y polvo con sistemas de evacuación?			
38	¿Se justificaría la instalación de aparatos de aire acondicionado?			
39	¿Se proporciona en todo momento la temperatura mas agradable?			
40	¿La luz es uniforme y suficiente en todo momento?			

A2 Cotizaciones de productos con mayor demanda anual en Grupo Gysapol

Cotización del Tope de 600 [mm], Tabla para polo por metro lineal y Perfil de Teja café



México DF a 11 de mayo de 2010

At'n: Sr. José Luis Martínez
Tel. 5535 7214 36
joseluismrtz@gmail.com

Estimado Sr. Martínez

Por medio de la presente ponemos a su consideración los precios para el suministro del tope y Tabla de polo board.

Detalle de partidas:

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	IVA	Total
Tope TE-60-AM	Pza.	1	209.00	33.44	242.44
Sujeción P/Concreto	Pza.	2	34.00	5.44	39.44
Total					\$ 281.88
Tope TE-60-AM	Pza.	16			4,510.08
Tope TE-EURO-60-AM	Pza.	1	182.00	29.12	211.12
Sujeción P/Concreto	Pza.	2	34.00	5.44	39.44
Total					\$ 250.56
Tope TE-60-AM	Pza.	16			4,008.96
Tabla de Polo Board rojo	MI	1	321.00	51.36	372.36
Perfil Teja café	m2	1	1,302.00	208.32	1,510.32

Sujeción para asfalto \$27.00 más IVA x pieza
Tiempo de entrega 15 Días Hábiles
Vigencia de cotización 15 Días Hábiles
Condiciones de pago: 50% De Anticipo
50% Contra Entrega

Material puesto LAB en nuestra planta en Toluca Edo. Méx.
(LAB significa libre abord en planta Toluca, lugar de entrega)

Cotización de los diferentes perfiles de medidas comerciales que se manejan en la empresa.



México DF a 13 de mayo de 2010

At n: Sr. José Luis Martínez
 Tel. 5535 7214 36
josehismrtz@gmail.com

Estimado Sr. Martínez

Por medio de la presente ponemos a su consideración los precios de los perfiles por metro lineal (ML) colores en blanco (ostión) y café oscuro.

Detalle de partidas:

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	MA	Total
Perfil blanco de 3" x 1/2" (tabla)	Pza.	1	33.00	5.28	38.28
Perfil blanco de 4" x 1/2" (tabla)	Pza.	1	44.00	7.04	51.04
Perfil blanco de 3 3/4" x 3/4" (tabla marco)	Pza.	1	56.00	8.96	64.96
Perfil blanco de 6" x 3/4" (tabla)	Pza.	1	89.00	14.24	103.24
Perfil blanco de 3" x 3" (poste)	Pza.	1	152.00	24.32	176.32
Perfil blanco de 3 1/2" x 3 1/2" (poste)	Pza.	1	213.00	34.08	247.08
Perfil blanco de 4" x 4" (poste)	Pza.	1	273.00	43.68	316.68
Perfil café oscuro de 3" x 1/2" (tabla)	Pza.	1	30.00	4.80	34.80
Perfil café oscuro de 4" x 1/2" (tabla)	Pza.	1	39.00	6.24	45.24
Perfil café oscuro de 3 3/4" x 3/4" (tabla marco)	Pza.	1	50.00	8.00	58.00
Perfil café oscuro de 6" x 3/4" (tabla)	Pza.	1	80.00	12.80	92.80
Perfil café oscuro de 3" x 3" (poste)	Pza.	1	136.00	21.76	157.76
Perfil café oscuro de 3 1/2" x 3 1/2" (poste)	Pza.	1	210.00	33.60	243.60
Perfil café oscuro de 4" x 4" (poste)	Pza.	1	239.00	38.24	277.24

Tiempo de entrega 15 Días Hábiles
 Vigencia de cotización 15 Días Hábiles
 Condiciones de pago: 50% De Anticipo
 50% Contra Entrega

Cotización de plataforma ó tapete de uso rudo.



México DF a 03 de mayo de 2010

At'n: Sr. José Pérez
Tel. 04455 4365 8346
tanegro@prodigy.net.mx

Estimado Sr. Pérez

Por medio de la presente ponemos a su consideración los precios para el suministro plataforma ó tapete de uso rudo.

Costo pieza de 10 m2. **\$8,800.00**

Detalle de partidas:

Descripción	Unidad	Dimensión	Cantidad	PAJ	Total
Plataformas ó Tapete de uso Rudo	Pza	10.00 mts	10	\$ 8,800.00	\$ 88,000.00
SUB TOTAL					\$ 88,000.00
I.V.A.					\$ 14,080.00
TOTAL					\$ 102,080.00

Vigencia de cotización 20 Días Naturales
Condiciones de pago: 50% Anticipo 50% Contra Entrega
Material puesto LAB en nuestra planta en Toluca Edo. Mex

Atentamente

Juan Carlos Araujo Rojas

Nota:

- El tono puede variar entre lote y lote máximo en 5%.
- Por tratarse de un termoplástico el material puede tener contracción y elongación de un par de milímetros.
- La Plastitabla en diapos considerables presenta una flexión. Por lo que se recomienda seguir al pie de la letra el manual de instalación o de uso.

Cotización de plasticorral a tres barandas con separación de postes a 2 [m]



México DF a 03 de mayo de 2010

At'n: Sr. José Pérez
Tel. 04455 4365 8346
tanegro@prodigy.net.mx

Estimado Sr. Pérez

Por medio del presente le hago llegar los precios del corral solido a 3 barandas en color negro, estos son en metros lineales.
Tamaño de poste 2.00 mts.
Medida final instalado 1.60 mts.

Descripción	Unidad de medida	Precio
Plasticorral negro a tres Barandas, separación de postes a 2.00 mts.	Ml.	\$578.00

Precio Ml.	Total Ml.	Costo Total
\$578.00	120	\$69,360.00
I.V.A.		\$11,097.60
TOTAL		\$80,457.60

Vigencia de cotización 20 Días Naturales
Condiciones de pago: 50% Anticipo 50% Contra Entrega
Material puesto LAB en nuestra planta en Toluca Edo. Mex

Atentamente

Juan Carlos Arsujo Rojas

Nota:

- El tono puede variar entre lote y lote máximo en 5%.
- Por tratarse de un termoplástico el material puede tener contracción y elongación de un par de milímetros.
- La Plásticoflex en ciertas condiciones presenta una flexión. Por lo que se recomienda seguir al pie de la letra el manual de instalación o de uso.

Cotización de perfil para camioneta de 3 ½ [in] en color negro en medida de 6[in] x 1[in].



México DF a 03 de mayo de 2010

At'n: Sr. José Pérez
Tel. 04455 4365 8346
tanegro@prodigy.net.mx

Estimado Sr. Pérez

Por medio de la presente ponemos a su consideración los precios para el suministro perfil para plataforma de camioneta 3.5 en color negro en medida 6" x 1".

Costo metro lineal **\$104.92**

Costo metro pieza de 3.05 mts. **\$320.00**

Detalle de partidas:

Descripción	Unidad	Dimensión	Cantidad	PAJ \$	Total
Perfil Negro 6" X 1"	Pza.	3.05 mts.	16	\$ 320.00	\$ 5,120.00
SUB TOTAL					\$ 5,120.00
I.V.A.					\$ 819.20
TOTAL					\$ 5,939.20

Vigencia de cotización 20 Días Naturales
Condiciones de pago: 50% Anticipo 50% Contra Entrega
Material puesto LAB en nuestra planta en Toluca Edo. Mex

Atentamente

Juan Carlos Araujo Rojas

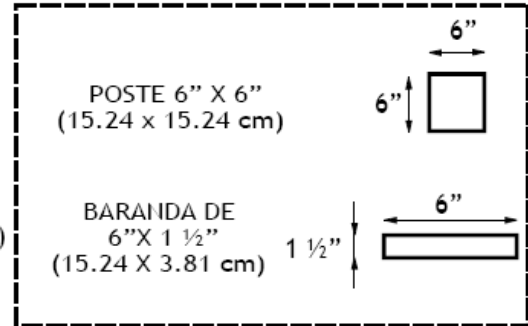
Nota:

- El tono puede variar entre lote y lote máximo en 5%.
- Por tratarse de un termoplástico el material puede tener contracción y elongación de un par de milímetros.
- La Plastitabla en claros considerables presenta una flexión. Por lo que se recomienda seguir al pie de la letra el manual de instalación o de uso.

A continuación mostramos información técnica de los perfiles que se usan para los diferentes productos que se manejan en Grupo Gysapol

CORRAL USO RUDO 6" X 6" POSTE CUADRADO

Especificaciones:
 Poste : 6" X 6" (15.24 x 15.24 cm).
 Tabla : 6" X 1 1/2" (15.24 X 3.81 cm).
 Color de Linea: Hueso, Café Huengue,
 Otros Colores: Negro, Café Madera, y Verde Oscuro
 Recomendado para Ganado Pesado (Vacas, Toros, etc.)
 Se vende por metro lineal.



CORRAL USO RUDO 6" POSTE REDONDO

Especificaciones:
 Poste : 6" de Diametro (15.24 cm).
 Tabla : 6" X 1 1/2" (15.24 X 3.81 cm).
 Color de Linea: Hueso, Café Huengue,
 Otros Colores: Negro, Café Madera, y Verde Oscuro
 Recomendado para Ganado Pesado (Vacas, Toros, etc.)
 Se vende por metro lineal.

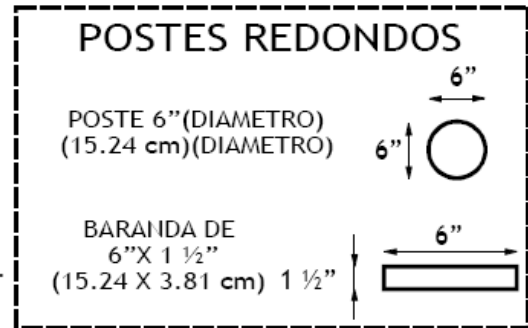
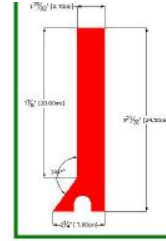


Fig. 64 Información técnica de la línea Corralteck.

TABLA DE POLO (POLO BOARD).

Especificaciones:
 Ancho : 10" (15.24 cm).
 Espesor : 1 1/2" (3.81 cm).
 Largo: Se vende por Metro Lineal.
 Color de Línea: Rojo.
 Colores Extras: Azul Rey.



CANCHA DE POLO



TABLAS EN COLOR ROJO



INSERTO PARA UNION DE TABLAS



VARILLAS DE ANCLAJE

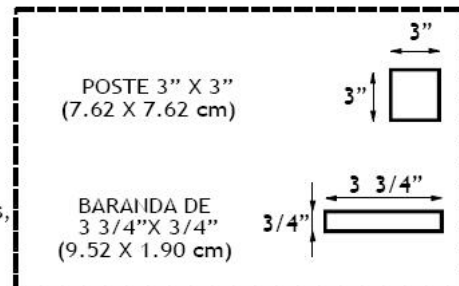
PUBLICIDAD IMPRESA



Fig. 65 Información técnica de la línea Polotek.

CORRAL SOLIDO 3" X 3" ANIMALES PEQUEÑOS

Especificaciones:
 Poste : 3" X 3" (7.62 x 7.62 cm).
 Tabla : 3 3/4" X 3/4" (9.52 X 1.90 cm).
 Color de Línea: Hueso, Café Huengue, y Verde Oscuro.
 Recomendado para: Animales Pequeños, Ovejas, Chivos, Caballos Miniatura (Ponis) y Cerdos.
 Se vende por metro lineal.



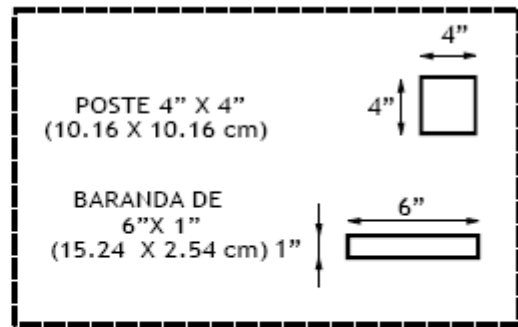
CORRAL CIEGO



Fig. 66 Información técnica de la línea Corraltek.

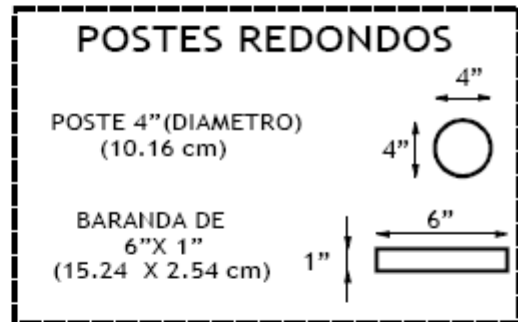
CORRAL SOLIDO CUADRADO 4" X 4" USO NORMAL

Especificaciones:
Poste : 4" X 4" (10.16 x 10.16 cm).
Tabla : 6" X 1" (15.24 X 2.54 cm).
Color de Linea: Hueso, Café Huengue,
Otros Colores: Negro, Café Madera, y Verde Oscuro
Recomendado para Caballos.
Se vende por metro lineal.



CORRAL SOLIDO REDONDO DE 4\"/>

Especificaciones:
Poste : 4\"/>



DOS BARANDAS



TRES BARANDAS



CUATRO BARANDAS



Fig. 67 Información técnica de la línea Corralteck.

CORRAL LIGERO BLANCO DE 4" X 4" USO NORMAL

Especificaciones:

Poste : 4" X 4" (10.16 x 10.16 cm).

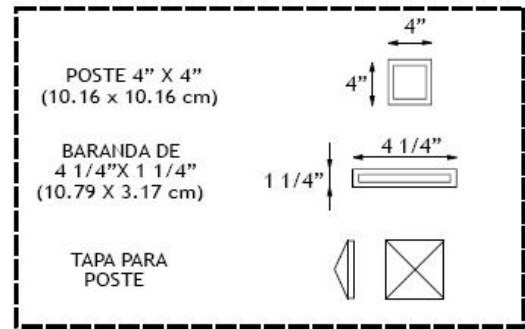
Tabla : 4 1/4" X 1 1/4" (10.79 X 3.17 cm).

Color de Linea: Blanco.

Nota: Los postes usan tapa.

Recomendado para animales de Granja, (Caballos, Ovejas, Chivos, Cerdos, Perros y mas..).

Se vende por metro lineal.



DOS BARANDAS



TRES BARANDAS



CUATRO BARANDAS



Fig. 68 Información técnica de la línea Corralteck.

TOPE DE ESTACIONAMIENTO

Especificaciones:

Ancho : 5 11/16" (14.50 cm).

Espesor : 3 5/8" (9.20 cm).

Largo: de 1.80 mts.

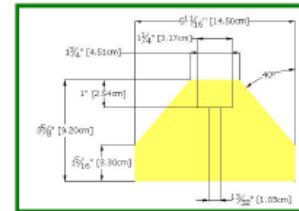
Color de Linea: AMARILLO.

Nota: Se vende por Pieza.

Cada cajón de Estacionamiento requiere una pieza.



TOPE DE ESTACIONAMIENTO TE - 180 - AM



Especificaciones:

Ancho : 5 11/16" (14.50 cm).

Espesor : 3 5/8" (9.20 cm).

Largo: 60.0 cm

Color de Linea: AMARILLO.

Nota: Se vende por pieza.

Cada cajón de Estacionamiento requiere dos piezas.



TOPE DE ESTACIONAMIENTO TE - 60 - AM

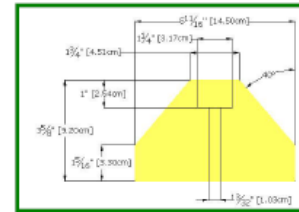


Fig. 69 Información técnica línea Topteck.

A3 Estimación de costales de almacén

Se muestran las fotografías de la empresa donde se muestra la cantidad jumbos 1000 [Kg] y costales de polietileno de alta densidad 40 [Kg] en el almacén de materia prima.



Fig. 70 Costales de 40 [Kg.] Polietileno de alta densidad blanco y multicolor.



Fig. 71 Entrada principal al almacen de materia prima, donde se muestra obstrucción por el desorden en esta área.



Fig. 72 Almacén de materia prima.

GLOSARIO

GLOSARIO

Copolímero: Es una macromolécula compuesta por dos o más unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas por medio de enlaces químicos.

Curva ABC: La curva ABC es una herramienta o técnica que permite determinar la incidencia que tienen los elementos o materiales: insumos (comprados, consumidos o en stock) o productos (vendidos o en stock), sobre el inventario total.

Elastómeros: Son aquellos polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Enlace covalente: Se produce por compartición de electrones entre dos o más átomos. Este tipo de enlace se produce cuando existe electronegatividad polar pero la diferencia de electronegatividades entre los átomos no es suficientemente grande como para que se efectúe transferencia de electrones

Extrusión: Es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija. El material se empuja o se extrae a través de un troquel de una sección transversal deseada.

Inventario: Registro documental de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.

Monómero: Es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros.

Pellet: Utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.

Polímero: Es un compuesto que consiste en moléculas de cadena larga, cada una de las cuales está hecha de unidades que se repiten y conectan entre sí. Son macromoléculas

(generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.

Polimerización: Proceso químico en el que ocurre la síntesis de los polímeros. Es un proceso químico por el que los monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero, bien una cadena lineal o una macromolécula.

Pronóstico: Utilizar datos pasados para determinar acontecimientos futuros. Estos a menudo son ocupados para predecir la demanda del consumidor de productos o servicios, aunque se pueden utilizar para muchos factores influyentes de manera potencial para el éxito de la ejecución del sistema

Termofijos: son materiales rígidos que tienen una estructura molecular compleja del tipo red, la cual tiene lugar en el proceso de moldeo. Los plásticos llamados termofijos o termoestables son plásticos que una vez moldeados no pueden modificar su forma, y por lo tanto no pueden ser reciclados.

Termoplásticos: Son materiales sólidos a temperatura ambiente, pero si se les calienta a temperatura de apenas unos cuantos cientos de grados, se vuelven líquidos viscosos.

Viscoelasticidad: Es aquella propiedad que tiene un material que determina la deformación que experimenta cuando se le sujeta a combinaciones de esfuerzo y temperatura a lo largo del tiempo.

Viscosidad: Es la propiedad que determina que un fluido fluya, la resistencia. Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

REFERENCIAS

-Sipper, D. Bulfin, R. (2005) *Planeación y control de la producción*, McGraw-Hill, México.

-Groover, M (2007) *Fundamentos de manufactura moderna*, 3era Edición, McGraw-Hill, México.

-Kanawaty, G. (2006) *Introducción al estudio del trabajo*, 4a Edición, Limusa, México.

-Grupo Gysapol

Grupo Gysapol, 2011. Grupo Gysapol [Online]. Available:

<http://www.gysapol.com/Home> [26 Nov. 2010]

-Renta de bodega

Lomaz Inmuebles, 2011. Renta de bodegas industriales. [Online]. Available:

<http://www.lomazinmuebles.com/bodegasenzonaindustrial.htm> [25 Noviembre 2010]

-Luminaria

Mercado libre. 2011. Luminaria industrial. [Online]. Available:

<http://listado.mercadolibre.com.mx/lamparas-industrial> [10 Noviembre 2010]

-Energía eléctrica

CFE, 2011. Tarifa de luz eléctrica, [Online]. Available:

<http://www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx> [28 Nov. 2010]

-Inversion

Volkswagen Bank, 2011. Tasa de interes, [Online]. Available:

http://vwb.com.mx/content/sites/vwcorporate/vwb_com_mx/es/inicio/productos_ahorroeinversion/inversiones_empresas/inversion_vw_elite.html [25 Dic. 2010]

CONDUSEF, 2011. Tasa de interés. [Online]. Available: <http://e-portalif.condusef.gob.mx/condusefahorro/datos.php#> [29 Diciembre 2010]

Banco Ahorro FAMSA, 2011. Tasa de interés. [Online]. Available: <http://www.bafamsa.com/inversion.php> [28 Noviembre 2010]

-Teléfono e Internet

TELMEX, 2011. Tarifa teléfono e internet.[Online] Available: <http://www.telmex.com/mx/negocio/planes-paquetes/index.html> [29 Noviembre 2010]

-Polietileno de alta densidad

Mundo anuncio, 2011. Precio polietileno. [Online] Available: www.mundoanuncio.com.mx [29 Noviembre 2010]

Vivastreet, 2011. Polietileno de alta densidad. [Online] Available: <http://material-profesional.vivastreet.com.mx/equipo-profesional+coacalco/polietileno-de-alta-densidad-blanco-reciclado-molido-en-crib/31938654> [10 Noviembre 2010]

-Resolución Miscelánea Fiscal

Resolución miscelánea Fiscal 2009, 2011. Impuestos 1.3.4.26 [Online] Available: www.sat.gob.mx/sitio_internet/informacion_fiscal/legislacion/52_15196.html [30 Julio 2010]