

**MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO A LA RED LOGÍSTICA  
DE UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO.**

**HÉCTOR GILDARDO BRICEÑO MARTÍNEZ**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**CENTRO REGIONAL SOACHA**

**TECNOLOGIA EN LOGISTICA**

**SOACHA**

**2011**

**MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO A LA RED LOGÍSTICA  
DE UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO.**

**HÉCTOR BRICEÑO MARTÍNEZ**

**Proyecto de grado para optar por el título de tecnólogo en logística**

**MILTON MAURICIO HERRERA RAMÍREZ**

**Ingeniero Industrial**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS**

**CENTRO REGIONAL SOACHA**

**TECNOLOGIA EN LOGISTICA**

**SOACHA**

**2011**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

\_\_\_\_\_  
Jurado

Soacha (02 de septiembre de 2011)

## **AGRADECIMIENTOS**

De una manera muy especial a mi hijo Sebastián Briceño y mi esposa Maribel Triviño, que sin duda siempre serán la motivación primordial para seguir adelante con mis sueños.

A mis padres, y a mis hermanos, por la tolerancia que siempre han tenido, pues sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible cristalizar este sueño, para seguir complementando mi formación académica.

A la Corporación Universitaria Minuto De Dios Soacha, y a la calidad humana de mis profesores y compañeros que siempre me apoyaron, en especial al profesor Milton Herrera director del proyecto e investigación.

**Héctor Briceño Martínez.**

1. TITULO.....	3
2. PROBLEMA.....	3
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
2.2 FORMULACION PROBLEMA.....	4
3. JUSTIFICACION.....	4
4. OBJETIVOS.....	5
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
5. MARCO REFERENCIAL.....	6
5.1. PLANEACION Y ADMINISTRACION DEL APROVISIONAMIENTO.....	6
5.2. CONCEPTO DE INVENTARIO.....	6
5.3. MODELOS DE INVENTARIOS.....	7
5.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE INVENTARIO.....	8
5.4.1MODELOSDETERMINISTAS.....	9
5.4.2MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.....	9
5.4.3MODELO DE INVENTARIO ABC.....	10
5.4.4. MODELO ESTOCÁSTICO DE UN SOLO ARTÍCULO (CPE).....	10
5.4.5.MODELO HIBRIDO.....	11
6. LIMITES DE GESTIÓN DE CALIDAD.....	12
6.1 CONTROL DE CALIDAD TOTAL. ....	12
7. METODOLOGÍA.....	14
8. MODELO MATEMATICO.....	15
2	
8.1. FUNCION OBJETIVO.....	15

8.2. VARIABLE DESCRIPCIÓN.....	15
8.3. PARAMETROS.....	16
8.4. RESTRICCIONES.....	16
9. ANALISIS DEL PROBLEMA.....	17
8.1 APLICACIÓN DEL PRONÓSTICO.....	19
10. ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	21
10. CONCLUSIONES.....	25
BIBLIOGRAFIA.....	27

## **LISTA DE GRAFICOS**

<b>Grafico 1:</b> análisis de la demanda primer semestre.	14
<b>Grafico 2:</b> análisis de la demanda segundo semestre.	15
<b>Grafico 3:</b> costo de escasez PVC.	19
<b>Grafico 4:</b> costo de escasez PET.	20

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1:</b> Representación Demanda.	7
<b>Figura 2:</b> Aplicación del pronóstico.	16
<b>Figura 3:</b> Pronostico.	18
<b>Figura 4:</b> Aplicación Modelo Matemático.	19
<b>Figura 5:</b> Matriz del modelo funcion objetivo.	20
<b>Figura 6:</b> Matriz del modelo restricciones.	21

## **MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL APLICADO A LA RED LOGÍSTICA DE UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO.**

### **RESUMEN**

Desde tiempos inmemorables diferentes empresas manufactureras observan y analizan el mejor método para administrar y controlar sus inventarios, de forma que no sean excesivos pero tampoco se genere una ruptura de stock, estos inventarios están representados por cada uno de los almacenes que comprenden los nodos de la red logística (abastecimiento, transformación y distribución).

Un modelo de programación lineal nos suministraría mejores bases para tomar decisiones referente a la administración y planeación de la producción respecto a cuanto producimos cuanto pedimos y cuando (Wilson 1980).

Determinar las cantidades a producir mediante un modelo de programación lineal establecería los niveles de stock para cada uno de los almacenes, nos advertirían a tiempo la escasez de existencias o los excesos de ellas sin olvidar que un buen manejo de inventarios significa la reducción de los costos como mantenimiento de una unidad, deterioro de la mercancía etc.

Sin embargo no solamente mejoraríamos inventarios y almacenes, sino también el orden de la planta; las áreas de evacuación de Vinipack S. A estarían despejadas, habría un buen flujo de materiales y efectividad de la producción debido a la distribución que se maneja por procesos, no tendríamos tantos tiempos ociosos al realizar labores que pueden evitarse si cada almacén administrara bien su producto sin verse en la necesidad de colocarlo en el área de producción debido que no tiene espacio en la bodega ya que está saturada por manejar una producción probabilística y no determinística.



## ABSTRACT

Since time immemorial various manufacturers observe and analyze the best way to manage and control their inventory, so they are not excessive but also generate a stock split, these stocks are represented by each of the stores that include nodes logistics network (supply, processing and distribution). A linear programming model would provide us better basis for decisions concerning the management and production planning about how much produce as we ask that (Wilson 1980).

Determine the quantities produced by a linear programming model stock level established for each of the stores, we would be warned in time inventory shortages or excesses of them without forgetting that a good inventory management means reducing costs as maintenance of a unit, damage to the goods and so on.

But not only improve inventory and warehouses, but also the order of the plant areas to evacuate Vinipack S. A would be cleared, there would be a good flow of materials and effectiveness of production due to the distribution process is handled, we would not have much idle time to do work that could be avoided if each store to manage well their product without having the need to place in the area of production because it has no room in the cellar because it is saturated for running a non-deterministic and probabilistic production.

## **1 TITULO**

Modelo de programación lineal aplicado a la red logística de una empresa del sector plástico.

## **2 PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El manejo de inventarios en Vinipack S.A presenta grandes dificultades debido a la toma de decisiones respecto a cuanto se debe pedir, producir y almacenar; estas decisiones son tomadas basados en datos probabilísticos donde se establece una posible compra por parte del cliente; así mismo cada almacén incrementa sus inventarios considerablemente.

Cada almacén se ve afectado de diferente forma, por ejemplo: materias primas en muchas ocasiones no tiene la capacidad de responder ante la gran demanda de producción, producto en proceso se encuentra con demasiado inventario de los cuales sobra demasiada cantidad de la referencia PVC, pero falta stock de la referencia PET. En el caso del almacén de IPT proyectan una demanda demasiado optimista en la cual el cliente comprara sus productos todo el año causando que se tenga un stock exagerado para distribuir. En muchos de los casos el cliente se retira y la empresa queda con materiales obsoletos que solo compraba dicho cliente

Tomar decisiones basados en probabilidades está generando que Vinipack S. A no tenga una planeación de la producción acorde con las necesidades de los clientes.

Actualmente el almacén distribuidor posee 30.000 kilos obsoletos de 120.000 kilos de su inventario total, O sea el 25% que tiene un costo de \$3500/KL (\$105'000.000) se encuentra afectando el P y G de la compañía ya que no tiene un buen índice de rotación.

## **2.2 FORMULACION PROBLEMA**

¿Cómo mejorar el flujo de materiales en cada nodo de la red logística de Vinipack S. A y producir solamente lo necesario?

## **3 JUSTIFICACION**

Desde tiempos inmemorables diferentes empresas manufactureras observan y analizan el mejor método para administrar y controlar sus inventarios, de forma que no sean excesivos pero tampoco se genere una ruptura de stock, estos inventarios están representados por cada uno de los almacenes que comprenden los nodos de la red logística (abastecimiento, transformación y distribución).

Un modelo de programación lineal nos suministraría mejores bases para tomar decisiones referente a la administración y planeación de la producción respecto a cuanto producimos cuanto pedimos y cuando (Wilson 1980).

Determinar las cantidades a producir mediante un modelo de programación lineal establecería los niveles de stock para cada uno de los almacenes, nos advertirían a tiempo la escasez de existencias o los excesos de ellas sin olvidar que un buen manejo de inventarios significa la reducción de los costos como mantenimiento de una unidad, deterioro de la mercancía etc.

Sin embargo no solamente mejoraría los inventarios y almacenes, sino también el orden de la planta; las áreas de evacuación de Vinipack S. A estarían despejadas, habría un buen flujo de materiales y efectividad de la producción debido a la distribución que se maneja por procesos, no tendríamos tantos tiempos ociosos al realizar labores que pueden evitarse si cada almacén administrara bien su producto sin verse en la necesidad de colocarlo en el área de producción debido que no tiene espacio en la bodega ya que está saturada por manejar una producción probabilística y no determinística.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo utilizando programación lineal para optimizar los niveles de inventario en la red logística de la empresa Vinipack S.A.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Reunir y analizar información histórica de la producción en Vinipack S. A utilizando un modelo de pronóstico para convertir la demanda en determinística y no probabilística
- Crear un modelo de programación lineal el cual optimizara la planeación de la producción y como resultado la reducción de los inventarios.
- Utilizar una herramienta de software para simular el modelo de programación lineal.
- Aplicar el modelo para minimizar los costos de mantenimiento una unidad en inventario y el costo unitario de escasez.

## **5 MARCO REFERENCIAL**

### **5.1 PLANEACION Y ADMINISTRACION DEL APROVISIONAMIENTO**

Debe garantizar la cobertura de las necesidades de la empresa con el objeto de que los stock de materias primas y elementos para el montaje y almacenaje, sean lo más reducido posible. Al respecto, Pacifico y Witwer (1983), afirma que "la planeación conduce a la utilización más eficiente de los recursos disponibles en el proceso de producción, de manera que se puedan lograr los objetivos máximos que estén al alcance".

Por consiguiente, una vez definidos los objetivos de la Gestión de Inventarios y descritas las técnicas de previsión de demanda y determinados costos de stock, se procede a la elaboración de un plan de trabajo que consiste en la previsión, comprobación y regulación del tiempo invertido en las distintas operaciones que comprende la fabricación de un producto.

Por otra parte, Ramírez (1991), define la Administración del Aprovisionamiento como "las tareas relativas a compra, almacenaje y distribución de materias primas y materiales empleados por las empresas de producción y comercialización". En tal sentido, la Planeación y Administración del Aprovisionamiento comprende la preparación de un plan de trabajo administrativo y técnico de las tareas relativas del almacenamiento y stock de materias primas y de elementos para montaje así como la contabilidad analítica y explotación de los costes.

### **5.2 CONCEPTO DE INVENTARIO**

El inventario es un conjunto de recursos que se mantienen ociosos hasta el instante mismo en que se necesite. (Guerrero 2009). Al hablar de inventario estamos hablando de "un conjunto de recursos útiles que se encuentran ociosos en algún momento" (Prawda, 1991).

Comúnmente los inventarios están relacionados con la mantención de cantidades suficientes de bienes (insumos, repuestos, etc.), que garanticen una operación fluida en un sistema o actividad comercial. La forma efectiva de manejar los inventarios es minimizando su impacto adverso, encontrando un punto medio entre la poca y el exceso de reserva.

Scanlan (1986) es quien presenta una clara definición del término inventario como la regulación de las actividades, de conformidad con un plan creado para alcanzar ciertos objetivos. También se observan otras como la de Eckles, Carmichael quienes afirman que un inventario es el proceso para determinar lo que se está llevando a cabo, valorizándolo y si es necesario, aplicando medidas correctivas de manera que la ejecución se desarrolle de acuerdo con lo planeado. Una tercera definición la encontramos en Terry (1980) quien piensa que el inventario es la medición y corrección de las realizaciones de los subordinados con el fin de asegurar, que tanto los objetivos de la empresa, como los planes para alcanzarlos se cumplan eficaz y económicamente.

Goldratt (1980) Sostiene que todo el mundo cree que una solución a esto sería tener una planta balanceada; entendiendo por tal, una planta donde la capacidad de todos y cada uno de los recursos está en exacta concordancia con la demanda del mercado.

### **5.3 MODELOS DE INVENTARIOS**

Según Harris Wilson (1980) los modelos de inventario responden las siguientes preguntas:

¿Cuánto se debe ordenar? Y ¿cuándo se debe hacer pedido de un producto?.

Las empresas mantienen inventarios de materias primas y productos terminados, los inventarios de materias primas sirven como entradas al proceso de producción y los inventarios de productos terminados sirven para satisfacer las demandas de los clientes. Puesto que estos inventarios representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones con respecto a las cantidades de inventario son muy importantes. Los modelos de inventario y la descripción matemática de los sistemas de inventario constituyen una base para estas decisiones.

## 5.4 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS DE INVENTARIO

La clasificación general de los modelos de inventario depende del tipo de demanda que tenga el artículo. Esta demanda solo puede ser de dos tipos: determinística o probabilística.

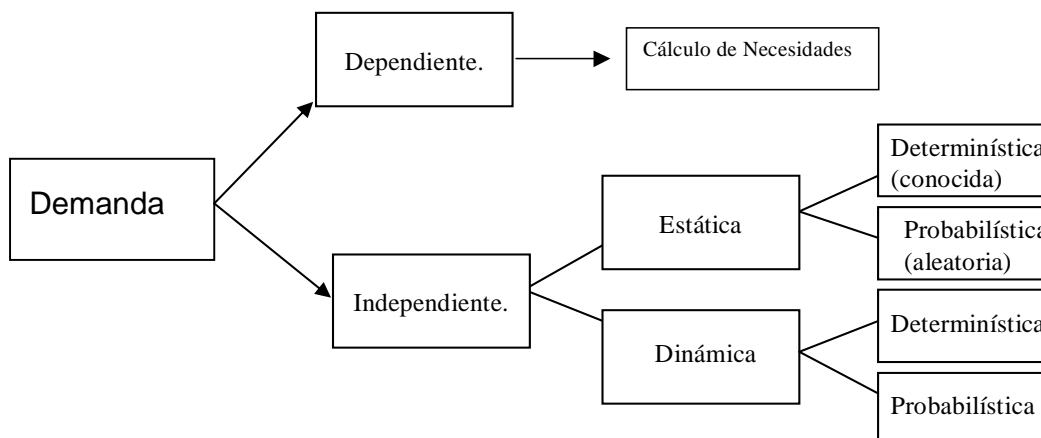
- **Determinística:** La demanda del artículo para un período futuro es conocida con exactitud (esto sólo se puede dar en el caso de empresas que trabajan bajo pedido)
- **Probabilístico:** En el caso que la demanda del artículo para un periodo futuro no se conoce con certeza, pero se le puede asignar una distribución de probabilidad a su ocurrencia.

Componentes de un modelo de inventario:

Dentro de los componentes de un modelo de inventario se pueden enumerar los siguientes:

**Costos:** Los costos de un sistema de inventarios pueden ser mantenimiento, por ordenar, penalización y variable.

**Demanda:** La demanda de un determinado artículo es el número de unidades que se proyecta vender en un periodo futuro.



**Figura 1:** Demanda

**Tiempo de anticipación:** El tiempo de anticipación es el tiempo que transcurre entre el momento en que se coloca una orden de producción o compra y el instante en que se inicia la producción o se recibe la compra.

#### 5.4.1 MODELOS DETERMINISTAS.

**Modelos Determinísticos de Inventario:** Este tipo de modelos asume que la demanda es conocida con certeza y a una razón constante  $U$  unidades por año. Con lo cual se puede calcular la demanda en período de  $t$  meses como:

$$D = \frac{U * t}{12}$$

También se asume que el plazo de entrega de los pedidos es constante y su magnitud conocida.

Los Modelos Determinísticos de Inventario son:

Modelo de Compra

Modelo de Fabricación

Modelo de Compra con déficit

Modelo de Fabricación con déficit

En 1915, Harris y Wilson desarrollan el modelo de volumen económico de pedido o **modelo de Wilson**.

Es difícil idear un modelo general de inventarios que tome en cuenta todas las variaciones de los sistemas reales, incluso, aun si puede ser formulado un modelo lo suficientemente general tal vez no sea posible su resolución analítica, por consiguiente, estos modelos tratan de ser ilustrativos de algunos sistemas de inventarios.

#### 5.4.2 MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

La programación lineal es el estudio de modelos matemáticos concernientes a la asignación eficiente de los recursos limitados en las actividades conocidas, con el



objetivo de satisfacer las metas deseadas (tal como maximizar beneficios o minimizar costos). George Dantzing desarrolla el método SIMPLEX para el problema de programación lineal. Con ello hizo posible la solución de grandes problemas modelados con programación lineal que solo quedaban en la situación de estudios. Paralelamente a la invención de este método a mediados del siglo XX se desarrollo la computación digital y se pudo tener resultados óptimos a los problemas estudiados que se quedaron como modelos.

Según Shamblin (1975), programación lineal es un medio matemático que permite asignar una cantidad fija de recursos a la satisfacción de varias demandas en tal forma que mientras se optimiza algún objetivo se satisfacen otras condiciones definidas.

#### **5.4.3 MODELO DE INVENTARIO ABC**

Es un procedimiento simple que puede ser utilizado para separar los artículos que requieran atención especial en términos de control. Dicho procedimiento sugiere graficar el porcentaje de artículos del inventario total contra el porcentaje del valor monetario total de estos artículos en un período dado (generalmente un año).

El análisis ABC es una manera de clasificar los productos de acuerdo a criterios preestablecidos, toman como criterio el valor de los inventarios y dan porcentajes relativamente arbitrarios para hacer esta clasificación.

#### **5.4.4 MODELO ESTOCÁSTICO DE UN SOLO ARTÍCULO (CPE).**

Modelo que plantea una demanda constante en el tiempo, con reabastecimiento instantáneo y sin escasez. La demanda ocurre con tasa  $D$  (por unidad de tiempo), el nivel más alto del inventario ocurre cuando se entrega la cantidad ordenada, la demora en la entrega se supone una constante conocida. Mientras más pequeña es la cantidad ordenada, más frecuente será la colocación de nuevos pedidos, sin embargo se reducirá el nivel del inventario (promedio) mantenido en la bodega.

#### **5.4.5 MODELO HIBRIDO**

Los modelos híbridos son la combinación entre métodos Determinísticos y probabilísticos como lo es la teoría de inventarios procedimiento desarrollado en 1998 por Lapointe y Bobée. A tal efecto, Lapointe y Bobée (2000) propone el uso de Possibilistic processor of Operations Management 233 forecast (PPF) y describen también las reglas de inferencia a usar para el procesador PPF. La primera tarea es formular la distribución a-priori de la posibilidad.

## **6. LIMITES DE GESTIÓN DE CALIDAD**

### **6.1 CONTROL DE CALIDAD TOTAL.**

Es una filosofía enfocada en el mejoramiento de los productos, servicios y procesos, los cuales, al mejorar, causaran un impacto en la productividad, la satisfacción del cliente y las utilidades.

Algunos de los beneficios que percibe una empresa al aplicar el Control de la Calidad Total son (Singh, 1997)

- Una moral más alta en los empleados
- Procesos más eficientes
- Mayor productividad
- Menos disputas, lo que da por resultado más tiempo para innovaciones y creatividad.
- Una calidad mejorada de los productos y servicios.
- Una mayor participación de mercado
- Costos más bajos.
- Una mayor satisfacción del cliente.
- Utilidades más elevadas.

El enfoque dado por (Singh, 1997) de los elementos que involucra esta filosofía son:

- Obsesión por el cliente. Esto incluye todas las actividades requeridas para mantener los clientes felices, satisfechos, y, siempre que sea posible, fascinados.
- El proceso de planeación. Esta es la mejor forma de demostrar y poner en práctica el compromiso de la gerencia con los clientes, los empleados, el mejoramiento de la calidad y la planeación para el futuro.
- El ciclo de mejoramiento. Esto es con el propósito de asegurar un método riguroso, efectivo y sistemático de mejora de los procesos y reducir los problemas.

- Administración diaria del proceso. Esto asegurará una buena administración cotidiana de sus procesos clave, lo que dará por resultado procesos eficaces y predecibles. El resultado final será un costo más bajo de una organización administrada en forma más eficiente.
- Participación de los empleados. Es necesario educar a todos los empleados en las técnicas de calidad, asegurando un alto grado de participación. Además, la gerencia debe dirigir a todos y a la organización hacia una meta común.

En los años 80 la aplicación de la filosofía y técnicas del control de calidad en la producción supuso un enfoque revolucionario y tremendamente competitivo, que fue aprovechado sobre todo por la industria japonesa para colocarse a la cabeza del mercado mundial, lo que resulta curioso, siendo americanos los "padres" del control de calidad, puesto que la industria americana sólo se subió al carro del control de calidad una vez que la presión ejercida en el mercado por la superioridad de los productos japoneses les obligó a considerar las bondades de la nueva filosofía, en la que la calidad constituye un concepto global que no sólo se aplica al producto sino a todo el proceso de fabricación, incluyendo el control de costes, precios y beneficios, gestión de los suministros y plazos de entrega. (Juran 1997).

Los gráficos de control fueron propuesto originalmente por W. Shewart en 1920, y en ellos se representa a lo largo del tiempo el estado del proceso que estamos monitorizando. En el eje horizontal X se indica el tiempo, mientras que el eje vertical Y se representa algún indicador de la variable cuya calidad se mide. Además se incluye otras dos líneas horizontales: los **límites superior e inferior de control**, escogidos éstos de tal forma que la probabilidad de que una observación esté fuera de esos límites sea muy baja si el proceso está en estado de control, habitualmente inferior a 0.01.

## 7. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este proyecto está constituida por 3 etapas:

- **La observación.** En este aspecto se evidencio la toma de datos con un diagrama de flujo que permitió identificar los puntos clave, las variables y restricciones que pueden influir y determinar el modelo de programación lineal para la planeación de la producción y sus inventarios.
- **La Investigación.** Comparando varios modelos se encuentra que existen varios métodos mediante los cuales se puede determinar la planeación de la producción y el manejo y control de inventarios.
- **La acción.** Finalmente esta propuesta plantea una prueba piloto de una semana, donde se observara nuevamente el cambio ocasionado al implementar el modelo de programación lineal.

A continuación por medio de un diagrama de flujo se da a conocer la forma y el paso a paso de cómo se diseñara el modelo de programación lineal en Vinipack S.A.

Comenzando en la organización de los almacenes, clasificación del producto según su índice de rotación, determinación de las variables y restricciones que se puedan contemplar al momento de planear la producción, seguido hasta su implementación y conclusiones del impacto generado.

Uno de los aspectos más importantes de ser aprobado e implementado el proyecto en Vinipack S.A, es medir los cambios generados desde el proceso actual y futuro para ello podríamos usar los límites de la calidad ya que facilitaría el análisis estadístico por medio de gráficos los cuales demostrarían la efectividad del modelo aplicado o sus respectivas falencias.

## 8. MODELO MATEMATICO

### 8.1 FUNCION OBJETIVO

Sea C el costo total del sistema, entonces:

$$C = c_1 \sum_{i=1}^k X_i + c_2 \sum_{i=1}^k Y_i + c_3 \sum_{i=1}^k Z_i$$

$$C = \sum_{i=1}^k c_{1,i} X_i + \sum_{i=1}^k c_{2,i} Y_i + \sum_{i=1}^k c_{3,i} Z_i$$

Se incrementan según el porcentaje de inflación anual, por lo tanto  $c_{1,i}$  es el costo unitario del producto en el  $i$ -ésimo período,  $c_{2,i}$  es el costo unitario de mantener en el  $i$ -ésimo período y  $c_{3,i}$  es el costo unitario de escasez en el  $i$ -ésimo período.

Dado lo anterior la función objetivo que pretende minimizar los costos queda planteada de la siguiente forma:

### MINIMIZAR

$$\text{MIN}_{x_i, y_i, z_i} \quad C = \sum_{i=1}^k c_{1,i} X_i + \sum_{i=1}^k c_{2,i} Y_i + \sum_{i=1}^k c_{3,i} Z_i$$

Sujeto a:

$$D_i \leq L$$

$$X_i, D_i, Z_i \geq 0$$

$$\sum_{n=1}^N F_n \cdot Z_n^{c_k} \leq H_k$$

$$X_i \leq n_t W_t, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

### 8.2 VARIABLE DESCRIPCIÓN

$X_i$  Número de unidades a producir en el  $i$ -ésimo Período,  $i = 1, \dots, k$ .

$Y_i$  Número de unidades en inventario al final del  $i$ -ésimo período,  $i = 1, \dots, k$ .

$Z_i$  Número de unidades no satisfechas en el  $i$ -ésimo período,  $i = 1, \dots, k$ .

$D_i$  = pronóstico del número de unidades demandadas en el periodo  $i$

$Y_0$  Nivel del inventario inicial del producto (al inicio del período 1).

$L$  Límite de la capacidad productiva. Número máximo de unidades del producto que pueden ser producidas en un período cualquiera

$n_t$  = número de unidades que puede hacer un trabajador en el periodo  $t$

$N_i$  el nivel del inventario al final de  $i$ -ésimo periodo,

$Z_n^{t,k}$  Inventario (kg) del producto  $n$  en la bodega  $k$ , al final del Periodo  $t$  ( $n=1\dots N$ ,  $t=1\dots T$ ,  $k=1\dots K$ ).

$X_n^{t,k}$  = Cantidad (kg) del producto  $n$ , que se produce en el periodo  $t=1$

### 8.3 PARAMETROS

**C1** Costo unitario del producto.

$i$  : =1 Determinado periodo

**K** Número de períodos: cantidad de períodos en que se divide el horizonte de planeación para el cual se ejecuta el modelo. Entero determinado según sea la combinación de horizonte y lapso de la demanda, en esta versión  $k = 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24$ .

**C2** Costo unitario de mantener: costo que representa el mantener en inventario una unidad del producto de un período al siguiente.

**C3** Costo unitario de escasez: costo que representa tener que demorar la entrega de una unidad del producto, de un período al siguiente.

$W_t$  = número de trabajadores disponibles en el periodo  $t$ .

$F_n$ : Volumen en (m3) ocupado por 1 kg de producto  $n$ .

$H_k$ : Capacidad (en KG.) de la bodega  $k$

### 8.4 RESTRICCIONES

Las restricciones se asimilan lo más posible a la realidad teniendo en cuenta la capacidad de la empresa respecto a sus almacenes mano de obra y demanda.

#### PRODUCCION

$$X_i \leq n_t W_t, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

#### INVENTARIO

.....

LA EXPRESION SERIA:

$$N_i = Y_0 + \sum_{j=1}^i X_j - \sum_{j=1}^i D_j$$

$$N_i = Y_i - Z_i \quad i=1, \dots, k$$

¡El inventario no puede ser negativo!

$$X_i, D_i, Z_i \geq 0 \quad i=1, \dots, k$$

$$D_i \leq L$$

## ALMACENAJE

$$\sum_{n=1}^N F_n \cdot Z_n^{t,k} \leq H_k$$

## 9 ANALISIS DEL PROBLEMA

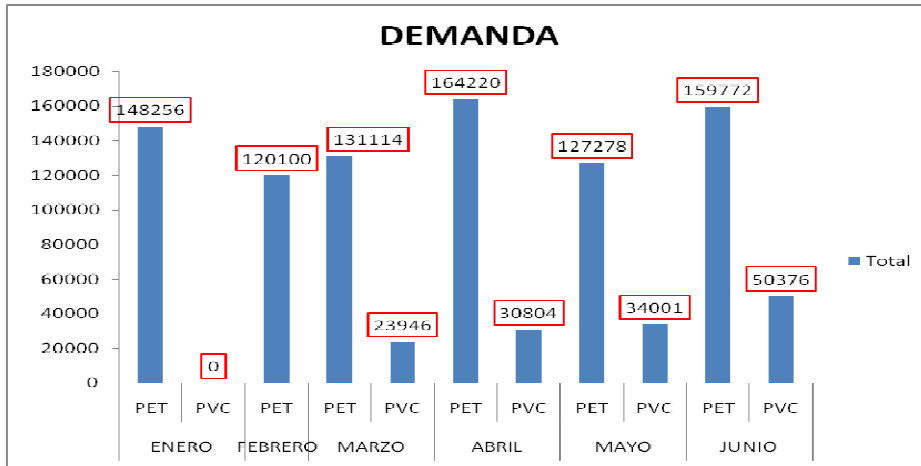
Vinipack S.A. Actualmente toma sus decisiones a base de demandas probabilísticas a lo largo de los 12 periodos que comprenden 1 año y en las cuales vende 2 referencias diferentes PET y PVC. Debido a esto los almacenes de producto en proceso y producto terminado se encuentran saturados ya que estiman una demanda demasiado optimista en la que el cliente comprara todo lo que se produce y en muchos de los casos este se retira convirtiendo así este producto en obsoleto.

Su demanda se puede hacer determinística utilizando un pronóstico y aplicando un modelo de programación lineal para el control de la producción y necesidad de cada almacén por resguardar materiales en stock suministrando de acuerdo a estas necesidades la materia prima requerida. Se cuenta con la siguiente información:



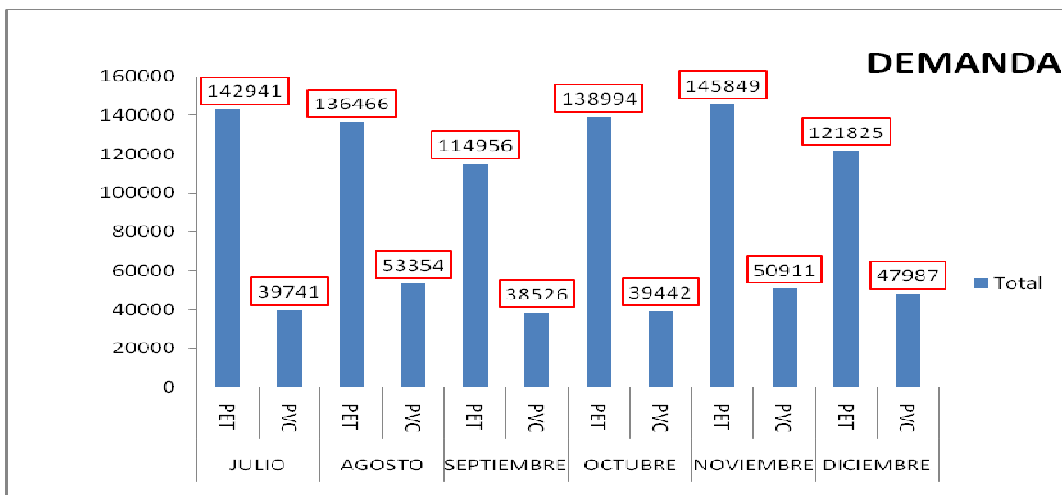
## 9.1 DATOS HISTORICOS PRIMER SEMESTRE

$D_i$  = pronóstico del número de unidades demandadas en el periodo  $i$



**Grafico 1:** análisis de la demanda primer semestre

## DATOS HISTORICOS SEGUNDO SEMESTRE



**Grafico 2:** análisis de la demanda segundo semestre.

**L** Límite de la capacidad productiva. Número máximo de unidades del producto que pueden ser producidas en un período cualquiera

### PET/PVC

2 extrusoras x 250 KG hora x 8 horas x 3 turnos x 7 días de la semana x 4 semanas

**336.000 KG/MES**

**C1** Costo unitario del producto.

**PET/PVC \$ 5.500**

**C2** Costo unitario de mantener: costo que representa el mantener en inventario una unidad (KG) del producto de un período al siguiente.

**PET/PVC \$1650**

**C3** Costo unitario de escasez: costo que representa tener que demorar la entrega de una unidad del producto, de un período al siguiente.

**PET: \$700**

**PVC: \$550**

$W_t$  = número de trabajadores disponibles en el periodo t.

**1 OPERARIO POR TURNO PARA CADA EXTRUSORA.**

$F_n$ : Volumen en (m3) ocupado por 1 Kg. de producto n.

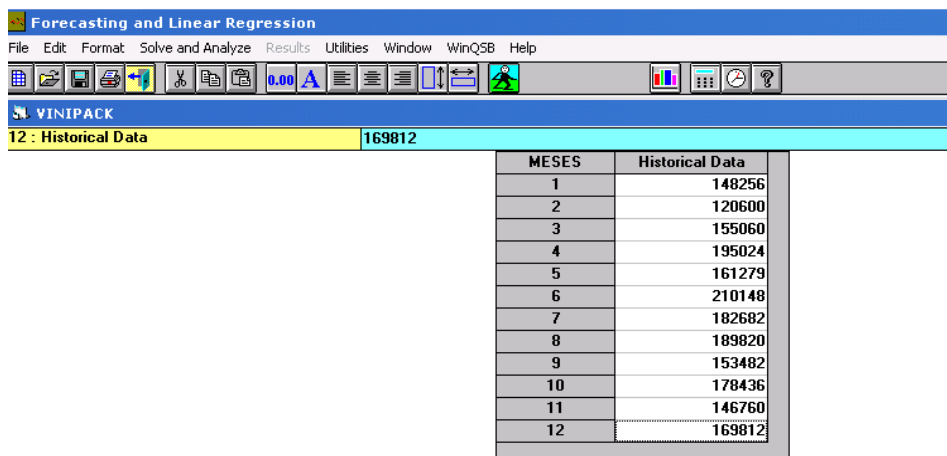
**0.045 M3**

**Hk:** Capacidad (en KG.) de la bodega k

**130.000 KG.**

## 9.1 APLICACIÓN DEL PRONÓSTICO

$D_i$  = pronóstico del número de unidades demandadas en el periodo i



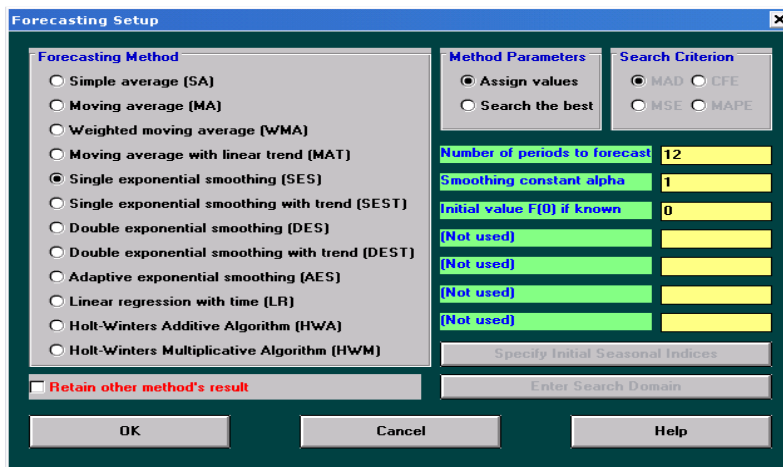
The screenshot shows the 'Forecasting and Linear Regression' application window. The title bar reads 'Forecasting and Linear Regression'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Format', 'Solve and Analyze', 'Results', 'Utilities', 'Window', 'WinQSB', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The main window displays a table with the following data:

MESES	Historical Data
1	148256
2	120600
3	155060
4	195024
5	161279
6	210148
7	182682
8	189820
9	153482
10	178436
11	146760
12	169812

**Figura 2:** Aplicación del pronóstico

Utilizamos el histórico de la demanda de un año para convertirla en determinística Son 12 meses en los cuales el alfa entre mas se acerque a 1 menos margen de error presentara en determinar la futura demanda.

Iniciamos en el periodo 0 ya que 1 sería equivalente al primer mes (enero) sin embargo como podemos observar en el pronóstico dado por winqsb los primeros 12 meses son los datos históricos de la empresa, del mes 13 al 24 es la proyección a seguir para aplicar el modelo matemático donde 13 es el primer mes proyectado por winqsb.



## 10. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados presentan que la demanda determinística para los siguientes 12 meses es 169812 kilos

MESES	Actual Data	Forecast by SES	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-square
1	148256								
2	120600	148256	-27656	-27656	27656	7.648543E+08	22.93201	-1	
3	155060	120600	34460	6804	31058	9.76173E+08	22.57783	0.219074	0.6830775
4	195024	155060	39964	46768	34026.67	1.183156E+09	21.8825	1.374451	0.5028972
5	161279	195024	-33745	13023	33956.25	1.172048E+09	21.64272	0.3835229	
6	210148	161279	48869	61892	36938.8	1.415274E+09	21.96509	1.675528	0.7312582
7	182682	210148	-27466	34426	35360	1.305125E+09	20.81005	0.973586	
8	189820	182682	7138	41564	31328.29	1.125958E+09	18.37439	1.326724	
9	153482	189820	-36338	5226	31954.5	1.150269E+09	19.03705	0.163545	
10	178436	153482	24954	30180	31176.67	1.091651E+09	18.4757	0.9680316	
11	146760	178436	-31676	-1496	31226.6	1.082823E+09	18.78648	-4.790787E-02	0.989816
12	169812	169812	0	23052	21556	30483.46	1.032633E+09	18.31271	0.7071377
13		169812							
14		169812							
15		169812							
16		169812							
17		169812							
18		169812							
19		169812							
20		169812							
21		169812							
22		169812							
23		169812							
24		169812							
CFE				-21556					
MAD				30483.46					
MSE				1.032633E+09					
MAPE				18.31271					
Trk.Signal				0.7071377					
R-square									
				Alpha=1					
				F(0)=148256					

Figura 3: Pronostico.

### 9.1 MODELO REEMPLAZANDO DATOS

Una vez obtenida la demanda determinística procedemos a la aplicación del modelo de programación lineal reemplazando los datos del planteamiento de la función objetivo por los de Vinipack S.A

$$\text{Min } 5500+1650+700+550$$

Sujeto a

$$169812 \leq 336000$$

$$336000+169812+0 \geq 0$$

$$0.045*120000 \leq 130000$$

$$336000=336000$$

## 9.2 MODELO EN WINQSB

Variable -->	COSTO	MANTENER	PVC	PET	Direction	R. H. S.
Minimize	5500	1650	550	700		
DEMANDA	169812				<=	336000
NEGATIVIDAD	336000	169812	0		>=	0
CAPACIDAD ALM	0.045	*	120000		=	130000
PRODUCCION				336000	>=	336000
LowerBound	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

Figura 4: Aplicación Modelo Matemático

- Las dos graficas presentan valores óptimos encontrados: Podemos observar la contribución total minimizando el costo de escasez en 1.0 por Kg Pet y 1.08 por kg de Pvc en inventario.

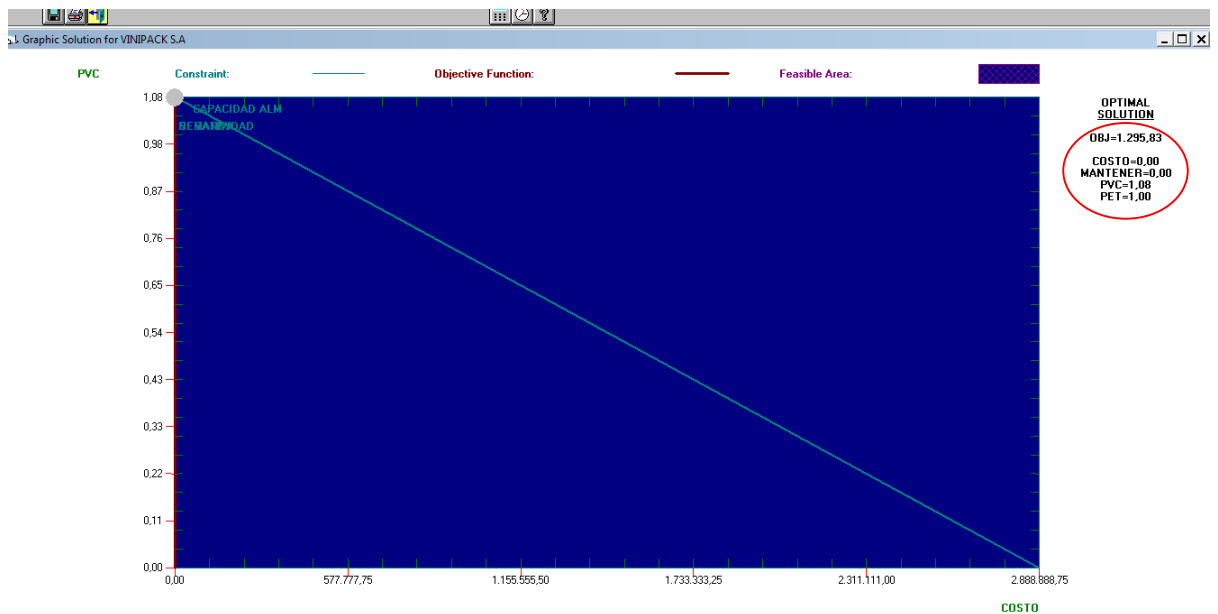
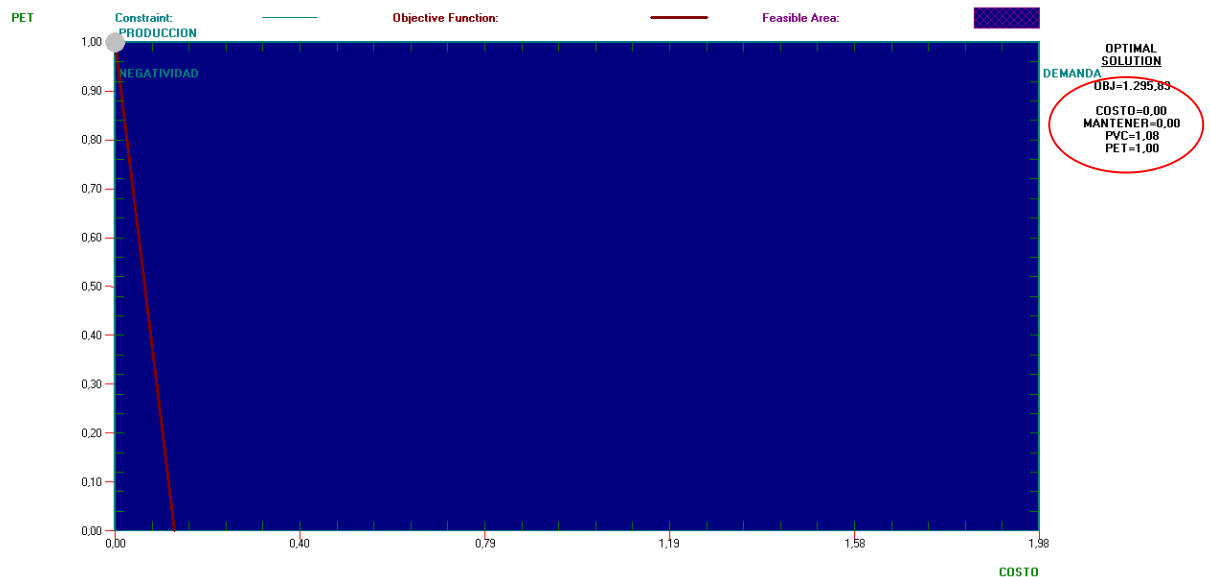


Grafico 3: costo de escasez PVC



**Gráfico 4:** costo de escasez PET

Esta parte de la matriz nos da a conocer la información principal del modelo resuelto y el comportamiento de las variables respecto a la minimización de costos.

- ✚ Tanto el costo del producto como costo de mantener nos muestra que al momento de producir una unidad o Kg. del producto no habría minimización para estas dos variables.
- ✚ El costo unitario de escasez es la variable factible a minimizar y la solución óptima de winqsb tanto para el pet como el pvc.

	21:02:50		Thursday	June	23	2011		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	COSTO	0	5.500,0000	0	5.500,0000	at bound	0,0002	M
2	MANTENER	0	1.650,0000	0	1.650,0000	at bound	0	M
3	PVC	1,0833	550,0000	595,8334	0	basic	-M	M
4	PET	1,0000	700,0000	700,0000	0	basic	0	M
	Objective	Function	(Min.) =	1.295,8330				

**Figura 5:** Matriz del modelo función objetivo

La siguiente parte de la matriz nos muestra el comportamiento de las restricciones y su efectividad aplicada en la función objetivo.

- ✚ se observa que las restricciones de negatividad y demanda se mantienen para evitar tener valores negativos como por ejemplo -1 unidad a producir.

- ✚ la columna (slack or surplus) muestra los valores de las restricciones para que los de (shadow Price) nos dé a conocer los precios sombra; es decir lo que se estaría dispuesto a pagar por una unidad adicional (kg) de cada referencia ya sea pet o pvc: para almacenar 0.0046/KL y para producir 0.0021/KL.

	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	DEMANDA	0	<=	336.000,0000	336.000,0000	0	0	M
2	NEGATIVIDAD	0	>=	0	0	0	-M	0
3	CAPACIDAD ALM	130.000,0000	=	130.000,0000	0	0,0046	0	M
4	PRODUCCION	336.000,0000	>=	336.000,0000	0	0,0021	0	M

**Figura 6:** Matriz del modelo restricciones.

## 10. CONCLUSIONES

- ✚ El pronóstico utilizado en WINQSB fue de gran utilidad ya que se cambió la demanda de Vinipack S.A en determinística.
- ✚ El modelo de programación lineal diseñado dio como resultado que por medio de sus diferentes variables y restricciones lo más factible es disminuir el costo unitario de escasez.
- ✚ La función objetivo fue creada en base a la minimización de costos que incurren en los inventarios por ende al ser disminuidos el inventario disminuirá.
- ✚ El programa que se utilizo como herramienta para establecer la demanda determinística, también fue utilizado para simular el modelo matemático dando como resultado que la programación lineal es factible para el manejo y control de inventarios.



**Recomendaciones:**

Una herramienta que facilitaría medir los resultados que genere aplicar el modelo de programación lineal son los límites de calidad, este evaluaría el proceso gráficamente y estadísticamente demostrando las variaciones y mejoras.

## **BIBLIOGRAFIA**

Bowersox, Donald. (2007). Administración de la Cadena de Suministro. Editorial McGraw-Hill.

Greg Frazier, Gaither Norman. (1998). Administración de producción y operaciones. Editorial Thomson Learning.

Vollmann, Thomas. E y Willian.I. (2001). Planeación y Control de la Producción. Editorial McGraw-Hill.

Escobar, Samuel. (2003). Costeo por Ordenes de Producción. Cali. Colombia, Editorial pontificia universidad javeriana.

Frizell, Eduardo y Sojo, Ricardo. (1999). Operaciones de Almacenaje. Editorial norma.

Louis Tawfik y Alain M. Chauvel (1980) Administración de la Producción. Editorial Mc Graw Hill.

Ronald H. Ballou (2004). Administración de la Cadena de Suministro. Editorial Pearson Educación.

Sarv Singh Soin. (1997) Control de la Calidad Total. Editorial Mc. Graw Hill. México, Pp. 305.

William Stanton, Michael Etzel y Bruce Walter. (2004) Fundamentos de Marketing. 13a edición. Editorial Mc. Graw Hill. México, 2004. Pp. 764.