

# Diseño de un modelo de sistema inventarios para la Pastelería Merayo.

Diana Viales Gutiérrez.<sup>1</sup>

## Resumen

Este artículo muestra las ventajas de la aplicación de un modelo matemático para el manejo de inventarios. Actualmente, la pastelería Merayo incurre en una pérdida de alrededor de ¢7.000.000, al menos en el último semestre del 2008, esto debido a sobreestimación de la demanda.

Se determinó que los productos clasificados como A corresponden a un 78.99% del valor del inventario lo que representa un 33% del total de los ítems, los enseres clasificados como "B" equivalen al 15.85% y por último, los "C" equivalen a un 5.16%. Del costo total del inventario.

Además de los modelos de pronósticos, se realiza un análisis de los costos en los que incurre la empresa por el sistema que utiliza actualmente, así como un estudio de los ahorros que se lograrían con la aplicación un modelo más exacto. Se podrían reducir los costos en ¢269.947,00 solamente en los nueve productos, expandiendo el proyecto a una mayor cantidad de productos se obtiene un ahorro de hasta ¢1.480.2495, 61.

Se concluye que la actual forma de manejo de inventarios no es la más adecuada para el tipo de demanda; que es posible mejorar la estimación de demandas futuras y por lo tanto reducir los costos de los inventarios.

**Palabras claves:** inventario, costo, modelo, diseño, pastelería.

## Abstract

This article show the advantages of applying a mathematical model for the management of inventories. Currently Merayo pastry incurs a loss of about ¢ 7,000,000, at least in the last half of 2008 due to this overestimation of demand.

It was determined that the products classified as A correspond to a 78.99% of the value of the inventory which represents 33% of the total number of items, the products classified as "B" correspond to 15.85% and finally the "C" are tantamount to a 5.16% , of the total cost of inventory.

In addition to forecasting models, an analysis of costs incurred in the company by the system currently used, as well as an analysis of the savings would be achieved with the application a more accurate model. A reduction in costs of ¢ 269,947.00 only in nine products, expanding the project to a larger number of products is achieved savings of up to ¢ 1.480.2495, 61.

In conclusion the current way of inventory management isn't the most appropriate for the type of demand; it is possible to improve the estimation of future demands and thus reduce the costs of inventories.

**Key words:** inventory, cost, design, model, pastry.

## **Introducción.**

### A. Identificación de la empresa

#### 1. Antecedentes históricos

La pastelería Merayo fue fundada en San José en el año de 1972, su primer local estuvo ubicado frente al edificio del Banco Central. Aunque originalmente podría decirse que su primer establecimiento se encontraba en Turrialba, de donde es originaria la familia, que desde aproximadamente los años 50 se dedicaba a la producción y venta de pan.

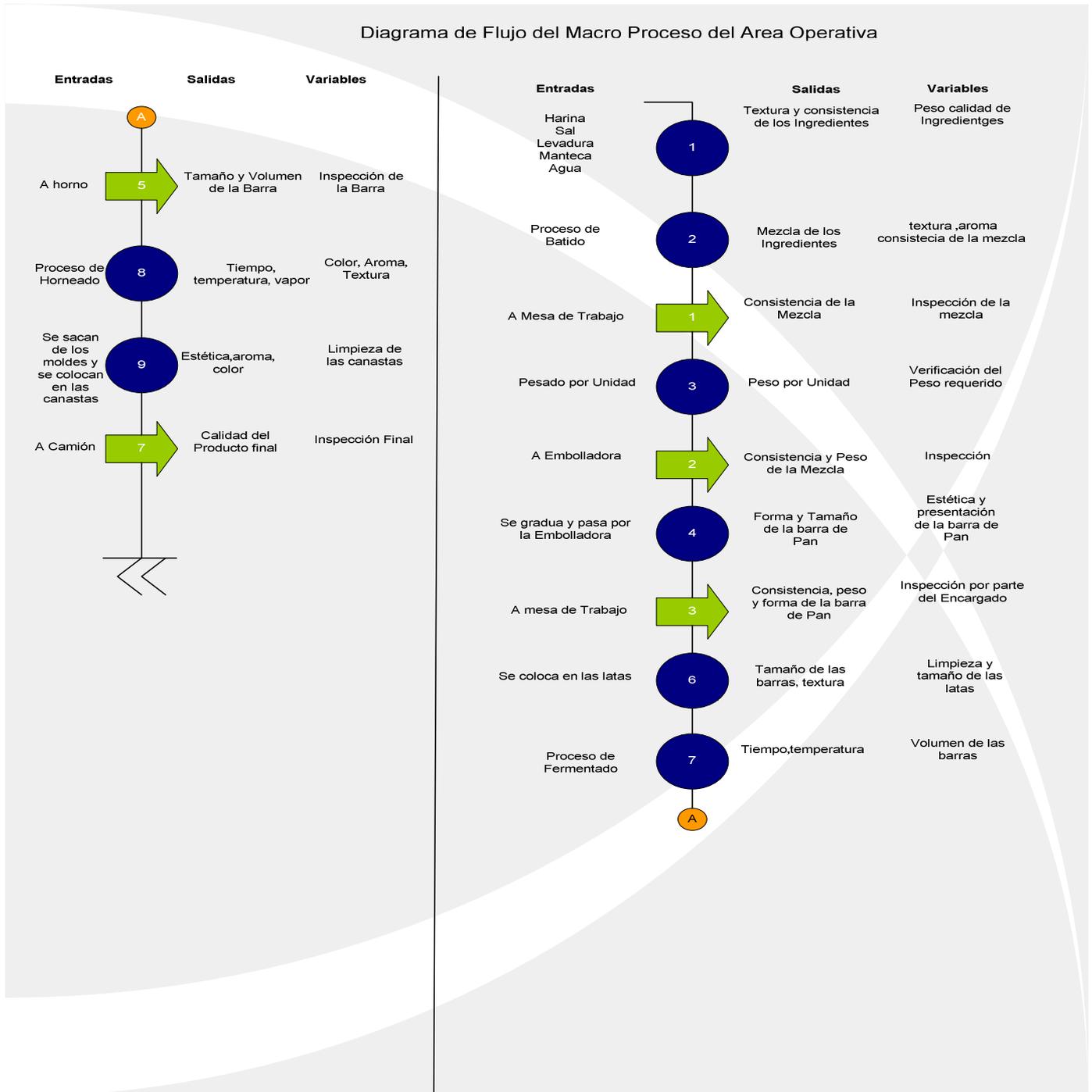
Sus fundadores fueron los hermanos Merayo Hernández, quienes heredaron la habilidad en la pastelería y panadería de su padre Augusto Merayo, el cual aprendió los secretos de este arte en su tierra natal España.

Merayo es una empresa dedicada a la elaboración de productos a base de harinas, cuenta con tres líneas principales de producción las cuales son, panes, repostería y queques decorados, actualmente posee cuatro puntos de venta ubicados en San Ana, Moravia, Escazú y San José; además, de poseer una planta de producción ubicada 125 mts norte del Hospital Nacional de Niños, lugar donde se enfocará este artículo, este negocio se ha mantenido elaborando dichos productos por más de treinta años, caracterizándose siempre por su calidad y servicio.

## 2. Proceso productivo

### 2.1 Diagrama del flujo de proceso en el área operativa

Figura 1. Diagrama de flujo del macro proceso del área operativa



Fuente: La autora

En la figura 1 se determina el flujo de proceso, el cual es constante con la mayoría de los productos, con pequeñas variaciones entre los mismos. Dicho proceso se utilizará como herramienta para poder realizar variaciones en los procesos en caso de ser necesarias; ya que se contemplan todos los pasos requeridos para la confección de los elementos.

Además, el diagrama visualiza de manera esquemática los pasos del proceso, las entradas de materia prima, así como las variables y atributos que se presentan en la elaboración de el producto.

Es importante dar a conocer al personal de la empresa la importancia de la estandarización de los procesos y generar una conciencia en los mismos, mediante filosofías como calidad en la fuente, entre otras que fomenten en los trabajadores el interés por el nivel de los artículos.

## B. Justificación

La planta productiva de esta empresa es relativamente nueva, por lo que cuenta con maquinaria moderna y con mejor tecnología que ayuda a reducir los tiempos de elaboración de los artículos. Dada esta situación y a la falta de control en la producción, constantemente son devueltas grandes cantidades de productos desde los puntos de venta. Estas devoluciones generan pérdidas de alrededor de 7.000.000 millones de colones semestralmente, además de otros costos por mantener la maquinaria sin uso durante largos periodos y el desperdicio de horas/hombre.

Es importante la administración de inventario en la industria alimenticia; ya que actualmente existe mucha competencia y tanto el producto terminado como la materia prima en su gran mayoría son perecederos.

Para Taha (1997) la administración de los inventarios es la eficiencia en el manejo adecuado del registro, de la rotación y evaluación del inventario de acuerdo con como se clasifique y qué tipo de reinventario que tenga la empresa; ya que a través de todo esto se determinarán los resultados (utilidades o pérdidas) de una manera razonable, pudiendo establecer la situación actual de la empresa y las medidas necesarias para mejorar o mantener dicha circunstancia.

La administración de inventario según Plossl (1987), implica la determinación de la cantidad de inventario que deberá mantenerse, la fecha en que deberán colocarse los pedidos y el número de unidades por ordenar.

Por lo tanto, se propone que la empresa cree una política de programación de los inventarios y además, la utilización de modelos de pronósticos para poder definir una demanda futura y con ello, una mayor eficiencia en su producción y una reducción significativa en los costos innecesarios en los cuales está incurriendo actualmente el negocio.

## C. Objetivos

En esta sección se describen los objetivos planteados para el análisis de la problemática anteriormente descrita.

## 1. Objetivo general

Se diseñará un modelo de programación y control para los inventarios que establezca, una mayor eficiencia en la cantidad de unidades producidas para minimizar las devoluciones y pérdidas económicas que éstas generan por políticas actuales.

## 2. Objetivos específicos

- Aplicar el modelo de clasificación ABC para determinar cuáles son los productos de mayor relevancia, con la intención de establecer la técnica de pronósticos que mejor se ajuste al comportamiento de la demanda.
- Obtener los errores del método de pronóstico que está siendo utilizado por la empresa en la actualidad para posteriormente diseñar un método matemático que contenga un menor error.
- Establecer un correcto control de inventarios, que permita garantizar existencias necesarias de los productos demandados y con ello disminuir las pérdidas originadas actualmente.
- Demostrar los costos en los que la empresa incurre por el tipo de administración de inventarios que ejecuta en el presente.
- Evidenciar las pérdidas por mano de obra, materiales y recursos debido a las sobreproducciones innecesarias y a través de esto, disminuir en los costos incurridos.
- Demostrar si la forma de pedir actual es el más conveniente para la empresa en términos de costos.

Los anteriores objetivos serán tratados, llevando acabo la siguiente metodología de trabajo, planteada enteramente por la autora.

### 1. Definición del problema

En esta etapa se define, la problemática por resolver, así como el área de trabajo y todos los recursos necesarios para el desarrollo del artículo.

### 2. Recolección de información

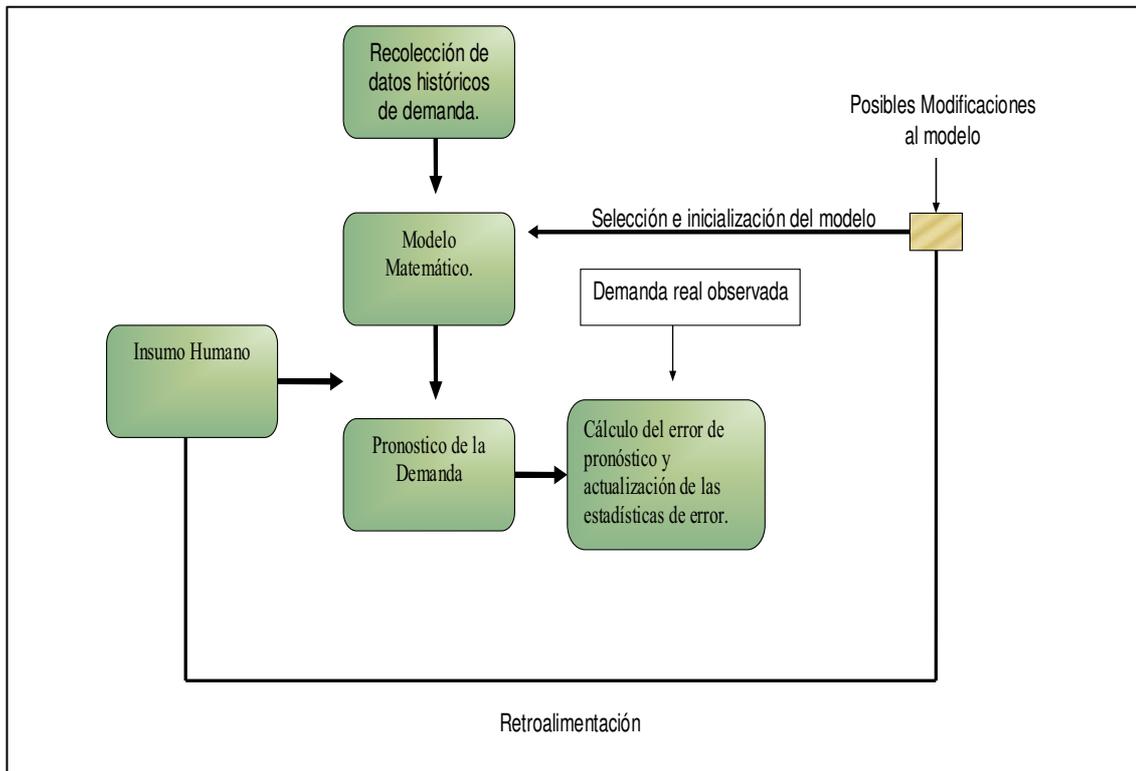
Definido el problema se recolectará la información relacionada con las demandas reales de cada uno de los productos, en este caso se toman las demandas del primer semestre del año 2008. Dichas demandas serán tomadas del sistema de facturación que en este momento utiliza la empresa.

### 3. Diagnóstico de la situación actual

Esta etapa consiste en conocer a profundidad la situación actual de la empresa y las características referentes a producción y demanda de cada uno de los productos, esto con el fin de tener la información necesaria para el desarrollo del modelo.

Además, se aplican modelos como ABC para la clasificación de demandas, así como la selección de modelos de pronóstico por utilizar. Siguiendo la metodología propuesta por Eppen (1999), como a continuación se muestra la figura 2:

Figura 2. Estrategia para el desarrollo del modelo



Fuente: La autora

### 4. Conclusiones y recomendaciones

Es en esta etapa donde se exponen todos los resultados obtenidos de la realización del estudio, los beneficios así, como las recomendaciones que el desarrollar hace a la empresa para el mejor desarrollo de sus procesos.

#### **Análisis y discusión de resultados**

A continuación se plantea el porqué de la importancia de un buen manejo y control de inventarios, en cualquier tipo de compañía. En este caso se dará énfasis al control de inventarios de producto terminado.

## 1. Minimización de la inversión en inventarios

Para Ballou (2004) el inventario mínimo es cero, la empresa podrá no tener ninguno y producir sobre pedido algunos de sus productos, esto no resulta posible para la gran mayoría de los negocios, puesto que debe satisfacer de inmediato las demandas de los clientes o en caso contrario, el pedido pasará a los competidores que puedan hacerlo, y deben contar con inventarios para asegurar los programas de producción. La empresa procura minimizar el inventario porque su mantenimiento es costoso.

## 2. Clasificación de los inventarios

### 2.1 El método ABC en los inventarios

Como explica Davis (1984) el método ABC consiste en efectuar un análisis de los inventarios estableciendo capas de inversión o categorías con objeto de lograr un mayor control y atención sobre los inventarios, que por su número y monto merecen una vigilancia y atención permanente.

El análisis de los inventarios es necesario para establecer 3 grupos el A, B y C. Los grupos deben establecerse con base en el número de partidas y su valor. Generalmente, el 80% del valor del inventario está representado por el 20% de los artículos y el 80% de los artículos representan el 20% de la inversión.

Los artículos A incluyen los inventarios que representan el 80% de la inversión y el 20% de los artículos, en el caso de una composición 80/20. Los artículos B, con un valor medio, abarcan un menor número de inventarios que los artículos C de este grupo y por último, los artículos C, que tienen un valor reducido y serán un gran número de inventarios.

Para realizar la clasificación de los inventarios, se utilizará una lista de 51 productos, que son los que según la compañía presentan más problemas en cuanto a programación y control, tanto de producto terminado, como de materia prima; ya que los productos no incluidos en esta lista se producen bajo pedido.

Cabe indicar que la actual lista de clasificación de inventarios fue modificada debido a un error en la suscripción de los datos

Después de excluir de la lista los productos que se manejan bajo pedido, se procede a realizar la clasificación ABC, que arrojó como resultado, 17 productos clase A, 15 clase B y 19 clase C, y la razón de porcentajes los artículos tipo A corresponden a un 78.29% del inventario, los artículos de tipo B corresponden a un 16.63% del inventario y los artículos tipo C corresponden a un 5.07% del inventario; por lo tanto como se observa en el gráfico y la tabla se debe poseer un máximo control sobre los artículos clase 'A'; sin embargo, actualmente la empresa no conoce este tipo de control y por lo tanto, se tienen controles muy parecidos para todos los artículos, lo que genera pérdidas de tiempo y costos más elevados, de manera que a la empresa le será de gran utilidad este método para poder regular y clasificar de una mejor manera los inventarios de producto terminado.

Figura 3. Cuadro resumen de resultados

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS			
CLASE	ITEM	% ITEM	VALOR EN EL INVENTARIO
A	10005-15008-10015-10007-21051-10012-10002-25004-10003-17043-10001-10017-21049-21028-14001-15001-21053	33,33%	78,29%
B	10004-21029-21030-21027-10011-25003-2104116007--21043-10010-21034-21048-13001-21032-25008	29,41%	16,63%
C	25002-25001-10014-21046-11001-26004-21042-25009-17045-25045-25010-21050-21040-24004-10016-25006-16002-16001-24006	37,25%	5,07%
		100,00%	100,00%

Fuente: Ing. La autora

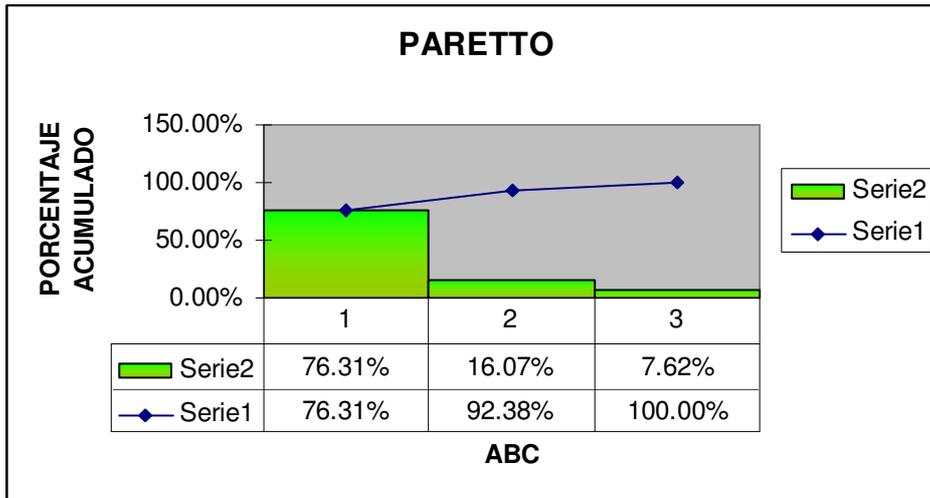
Posteriormente, se realiza una reclasificación de los productos para estimar un nuevo ABC con el objetivo de abreviar la clasificación, debido a que la cantidad de ítems que se presentaron como “A” acumulan más de 17 productos y para fines didácticos, se decide trabajar con una cantidad menor de elementos. La consideración anterior se toma; ya que el tiempo con el que se cuenta es poco y debido al trabajo diario que hace la empresa no posee a disposición toda la información para extender el proyecto.

Figura 4. Segunda clasificación ABC

TABLA RESUMEN DE RESULTADOS			
CLASE	ITEM	% ITEM	VALOR EN EL INVENTARIO
A	10005-15008-10015-10007-21051-10012-10002-25004-10003	52.94%	76.31%
B	17043-10001-10017-21049-21028	29.41%	16.07%
C	14001-15001-21053	17.65%	7.62%
		100.00%	100.00%

Fuente: La autora

Figura 5. Diagrama de paretto acumulado



Fuente: La autora

El comportamiento de los datos de acuerdo con el segundo gráfico demuestra que, los artículos reclasificados como “A” abarcan el 76% del valor de los datos de la segunda clasificación y el 56% de los datos de la primera clasificación de los productos “A”; lo que significa que estos 9 productos siguen representando un 59.75% del valor total del inventario que asciende a ¢73,381,725 y por lo que el valor de dichos productos es de ¢43, 843,420

Figura 6. Productos clasificados como A

Pan casero	18.53%	18.53%	A
Arreglados	14.35%	32.88%	A
Barras	8.71%	41.59%	A
Pan de queso crema	7.45%	49.04%	A
Emp. americanas	7.15%	56.19%	A
Baguet	6.19%	62.38%	A
Madrileño	4.83%	67.21%	A
Orejas	4.63%	71.84%	A
Pan dulce	4.47%	76.31%	A

Fuente: La autora

### 3. Clasificación de la demanda

De acuerdo con lo expuesto por Charles A (1982), la naturaleza y comportamiento de la demanda los sistemas tradicionales de reabastecimiento pueden clasificarse en tres categorías, todas con demandas independientes.

- Casos con demandas, aproximadas constantes y determinísticas  $CV < 0,20$ .
- Determinísticas variables  $0,20 < CV < 0,50$ .
- Probabilísticas o estocásticas  $C > 0,50$ .

Para este caso se evidenció que las demandas de los 9 productos clasificados como A siguen un comportamiento determinístico constante; ya que en todos los tipos el coeficiente de variabilidad obtenido es menor a 0,20, por otra parte, se obtiene que por ser productos terminados, se clasifican como demandas independientes, las cuales no dependen de la actividad productiva interna, significando esto que la demanda sólo puede ser pronosticada y no se necesitan de otros pedidos para que los productos se logren obtener.

Por último, con base en la tabla de resultados pueden asumirse, que los reabastecimientos pueden optimizarse desde costos utilizando el modelo de Wilson.

Figura 7. Cuadro resumen

Producto	Coeficiente de variabilidad	Tipo de demanda
Madrileño	0.031	Constante
Pan dulce	0.019	Constante
Pan casero	0.007	Constante
Pan de queso crema	0.018	Constante
Barras	0.016	Constante
Baguette	0.018	Constante
Arreglados	0.031	Constante
Emp. americanas	0.016	Constante
Orejas	0.062	Constante

Fuente: La autora

#### 4. Modelos utilizados para pronosticar la demanda

Aplicando la propuesta de Jhon E. (1996), los resultados obtenidos y los antecedentes con los que se cuentan, se determina necesaria la pronta incorporación de un modelo matemático que minimice el error de inventario que se origina actualmente; ya que para la empresa es de suma importancia la manipulación que se le está dando a los artículos que bajo el estudio ejecutado se catalogaron como A, debido a que estos ítems representan el porcentaje más alto de la empresa en costo de inventario.

Por otra parte, si se toma como referencia el siguiente cuadro de resultados, se puede observar cómo claramente en los 9 casos de los ítems analizados, la demanda de acuerdo con el BIAS está siendo sobre estimada produciendo cuantiosas pérdidas para la empresa. Lo que hoy día no es bueno para ningún tipo de industria; ya que la competencia es muy fuerte en el mercado y una de las formas de sacar ventaja es reduciendo sus costos.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- ✦ El análisis hecho al pan madrileño muestra que el pronóstico realizado por la empresa, comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 138.250 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 138.250 (MAD) y desde un punto más crítico en

22,475.250 (MSE). Esto ocasiona que la compañía al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho al pan dulce muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 76.00 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 76.00 (MAD) y desde un punto más crítico en 6,809.33 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho al pan casero muestra que el pronóstico realizado por la compañía comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 239.083 (BIAS), con una cantidad del error en 239.083 (MAD) y desde un punto más crítico en 68,559.250 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho al pan de queso crema muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 33.00 (BIAS), contando con una cantidad del error en 33.00 (MAD) y desde un punto más crítico en 1,447.583 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho a las barras muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 39.250 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 39.250 (MAD) y desde un punto más crítico en 1,742.417 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho al pan baguette muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 70.542 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 70.542 (MAD) y desde un punto más crítico en 5,996.125 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda

incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho a los arreglados, muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 103.50 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 103.50 (MAD) y desde un punto más crítico en 14,682.50 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho a las empanadas americanas muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 58.333 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 58.333 (MAD) y desde un punto más crítico en 5,188.00 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

✦ El análisis hecho a las orejas muestra que el pronóstico realizado por la empresa comparado con la demanda real no es el más exacto ni preciso; ya que se está sobreestimando la demanda en 80.00 (BIAS), teniendo una cantidad del error en 80.00 (MAD) y desde un punto más crítico en 9,212.33 (MSE). Esto ocasiona que la empresa al estar sobreestimando su demanda incurra en gastos de materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación; se debe tomar en cuenta que por el tipo de producto y por su tiempo de caducidad tan corto, estos gastos se tornan prácticamente irre recuperables.

Figura 8. Resumen de resultados

Producto	BIAS	MAD	MSE
Madrileño	138.250	138.250	22,475.250
Pan dulce	76.000	76.000	6,809.333
Pan casero	239.083	239.083	68,559.250
Pan de queso crema	33.000	33.000	1,447.583
Barras	39.250	39.250	1,742.417
Baguette	70.542	70.542	5,996.125
Arreglados	103.500	103.500	14,682.500
Emp. americanas	58.333	58.333	5,188.000
Orejas	80.000	80.000	9,212.333

Fuente: La autora

## 5. Sistemas utilizados para la administración de los inventarios

Para los costos totales relevantes en los que incurre la empresa actualmente por el manejo de inventario, se realizó el estudio de costos como el propuesto por Plossl (1987), para cada uno de los productos de tipo A, tomando como base la cantidad de producto vendido (D, demanda) y el valor unitario correspondiente al primer semestre del año 2008, se variaron las cantidades por pedir, con el fin de realizar un estudio de los diversos costos, graficarlos y así ubicar qué cantidad de producto habría proporcionado el menor costo. Para este efecto se calcula el CTR (costo total relevante) para cada artículo, utilizando la demanda real, la CEP (cantidad económica de pedido) y otras cantidades para obtener suficientes valores de comparación. En todos los productos analizados se obtiene como resultado que el costo en el que incurre la compañía por la forma en que se controla el inventario, en este momento es mayor al que se obtendría si se empleara otro método como la CEP, el cual es conveniente; ya que se encontró que las demandas son determinísticas constantes, lo cual se toma como referencia para comprobar los puntos expuestos anteriormente.

## 6. Diseño y justificación de los modelos de pronósticos por utilizar

Con base en la clasificación de la demanda los modelos de pronóstico por utilizar para las demandas futuras de los 9 productos clasificados como tipo A, se propone en este diseño un modelo de Suavización Exponencial Simple y Suavización Exponencial Doble para los cuales se desarrollaron cuatro escenarios en donde se usaron cuatro tipos diferentes de coeficientes ( $\alpha=0.2$ ,  $\alpha=0.5$ ,  $\alpha=0.7$ ,  $\alpha=0.9$ ) y un modelo de Promedio Móvil Ponderado con 4 diferentes ponderaciones (0.1,0.2,0.3,0.4 – 0.1,0.25,0.25,0.4 – 0.25,0.25,0.25,0.25 – 0.1,0.1,0.1,0.7).

Los resultados del diseño son los siguientes:

- Para el pan madrileño se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro distintos escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste, es un modelo de Suavización Exponencial Simple con un alfa de 0.9 ,debido a que éste es el que más óptimos resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de 23.79 (BIAS), una cantidad de error de 197.78 (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de 88.082 (MSE).
- Para el pan dulce se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Simple con un alfa de 0.9 ,debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de -3.36 (BIAS), una cantidad de error de 143.71(MAD) y una cantidad de error al cuadrado de 55,993.68 (MSE).

- Para el pan casero se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Doble con un alfa de 0.9 ,debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $-15.59$ (BIAS), una cantidad de error de  $949.10$ (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $3,324,584.53$ (MSE).
- Para el pan de queso crema se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Doble con un alfa de 0.9 ,debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $0.05$  (BIAS), una cantidad de error de  $164.55$  (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $70,186.62$  (MSE).
- Para las barras se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Promedio Móvil Ponderado (  $0.1,0.1,0.1,0.7$ ), debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $14.13$  (BIAS), una cantidad de error de  $240.30$  (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $210,321.72$  (MSE).
- Para el pan baguette se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Simple con un alfa de 0.9, debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $-5.68$  (BIAS), una cantidad de error de  $212.28$  (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $138,131.27$  (MSE).
- Para las empanadas americanas se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Simple con un alfa de 0.9, debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $9.92$  (BIAS), una cantidad de error de  $157.45$  (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $116,727.16$  (MSE).
- Para las orejas se aplican los modelos anteriormente mencionados con los cuatro diferentes escenarios cada uno, estableciendo que el modelo de mejor ajuste es un modelo de Suavización Exponencial Simple con un alfa de 0.9, debido a que éste es el que mejores resultados muestra en la dirección del error, así como en la cantidad y punto crítico del mismo, obteniendo como resultado una dirección del error de  $25.37$  (BIAS), una cantidad de error de  $216.05$  (MAD) y una cantidad de error al cuadrado de  $128,796.95$  (MSE).

Figura 9. Situación actual contra la propuesta

Producto	BIAS actual	BIAS pro	MAD actual	MAD pro	MSE actual	MSE pro
Madrileño	138,25	23,79	138,25	197,78	22.475,25	88.082,00
Pan dulce	76,00	-3,36	76,00	143,71	6.809,33	55.993,68
Pan casero	239,08	-15,59	239,08	949,10	68.559,25	3.324.584,53
Pan de queso crema	33,00	0,05	33,00	164,55	1.447,58	70.186,62
Barras	39,25	14,13	39,25	240,30	1.742,42	210.321,72
Baguet	70,54	-5,68	70,54	212,28	5.996,13	138.131,27
Arreglados	103,50	-3,03	103,50	694,47	14.682,50	1.303.656,40
Emp. americanas	58,33	9,92	58,33	157,45	5.188,00	116.727,16
Orejas	80,00	25,37	80,00	216,05	9.212,33	128.796,95

Fuente: La autora

Se logra determinar mediante el resumen anterior que se mejora la dirección del error (BIAS), la cantidad de error (MAD) y la cantidad de error al cuadrado (MSE).

### 7. Sistema propuesto para la administración del inventario

Según los resultados anteriores para los 9 productos clasificados como A, se desarrollo el modelo de CEP o EOQ para la programación y control de los inventarios; ya que todos estos presentaron un coeficiente de variabilidad menor a 0.20 y por lo tanto, dichas demandas pudieron asumirse como conocidas con certeza.

Figura 10. Cuadro comparativo

Madrileño	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	3.810,00	2.856,59	2.856,22	5.712,81	1.341.410,32
Real empresa	3.981,00	2.984,95	2.984,41	5.969,36	1.464.325,42
Pan dulce	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	3.679,00	2.762,23	2.761,92	5.524,15	1.183.463,56
Real empresa	3.751,00	2.815,96	2.815,97	5.631,93	1.229.982,68
Pan casero	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	12.746,00	9.556,35	9.556,57	19.112,92	4.719.403,25
Real empresa	12.768,00	9.572,60	9.573,07	19.145,67	4.735.555,41
Pan queso crema	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	3.977,00	2.988,14	2.988,44	5.976,58	2.316.048,17
Real empresa	3.975,00	2.986,55	2.986,94	5.973,49	2.313.657,64
Barras	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	5.488,00	4.124,89	4.124,53	8.249,41	2.925.292,66
Real empresa	5.526,00	4.152,90	4.153,09	8.305,99	2.965.496,20

Baguette	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	4.675,00	3.511,89	3.511,98	7.023,87	1.834.807,14
Real empresa	4.707,00	3.535,70	3.536,02	7.071,72	1.859.841,72

Arreglados	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	7.127,00	5.344,87	5.344,14	10.689,01	1.618.254,38
Real empresa	7.128,00	5.344,47	5.344,89	10.689,36	1.618.360,62

Orejas	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	3.861,00	2.893,27	2.893,77	5.787,04	449.869,20
Real empresa	3.932,00	2.946,94	2.946,99	5.893,93	466.532,49

Empanadas americanas	Q	A*D/Q	Q/2*vr	CTR	CTA
Pronóstico	4.659,00	3.489,28	3.489,75	6.979,03	634.775,59

Fuente: La autora

Analizando el anterior cuadro resumen de resultados, se establece que los costos totales para todos los productos se logran reducir utilizando los modelos de pronósticos propuestos, en comparación con la forma empírica, que actualmente aplica la empresa. Se determina que la compañía obtiene un 1.56% de reducción con respecto a los costos actuales.

Debe recordarse que esta reducción en los costos se obtiene analizando sólo 9 productos. Por lo que, adicionalmente, con el único fin de corroborar, si los beneficios de aplicar el modelo pueden ser mayores; se estudian los 8 productos restantes de la primera clasificación ABC. Obteniendo los siguientes resultados:

Figura 11. Costo total anual

Costo total anual	
Pronóstico	Actual empresa
₡24.519.821,12	₡26.000.116,72
Ahorro	
	₡1.480.295,61

Fuente: La autora

Ampliando la aplicación del modelo a una mayor cantidad de productos, se logra obtener un incremento en la reducción de los costos, los cuales decrecen en un 6%.

Complementariamente se realizan los cálculos de la CEP diarias, considerando los tiempos de vencimiento de cada producto, que para esta empresa y sus productos es de solamente un día.

Los resultados fueron los siguientes:

Figura 12. Qv actual contra lo pronosticado

Producto	Qv Actual	Qv Pronosticado
Pan casero	494	492
Pan queso crema	48	48
Pan madrileño	48	44
Pan dulce	43	41
Barras	93	91
Baguette	67	66
Arreglados	154	154
Orejas	47	45
Empanadas americanas	66	66

Fuente: La autora

## Conclusiones

- De la clasificación ABC que se da, se obtiene que las demandas son muy constantes; ya que los coeficientes de variabilidad son menores que 0.20.
- La empresa incurre en pérdidas debido a que el método de pronóstico de demandas futuras es meramente subjetivo.
- Según el comportamiento de la demanda se concluye que los modelos de pronósticos por utilizar en el diseño serán:

-Promedio Móvil Ponderado  
-Suavización Exponencial Simple y Doble

- Según los coeficientes de variabilidad obtenidos, se establece que se utilizará el modelo de reabastecimiento de Wilson o Cantidad Económica.
- El negocio no cuenta con una clasificación ABC de los productos, por lo que no saben cuales son los artículos de mayor importancia.
- La falta de un modelo de pronóstico de la demanda adecuado para cada uno de los productos, provoca que la empresa incurra en una sobre estimación de la demanda.
- El no contar con una correcta programación y control de la producción, genera una mala programación y control de las bodegas de materia prima.
- La empresa actualmente está sufriendo gastos innecesarios e irrecuperables debido a la mala programación.

- Según el estudio realizado a los 9 productos clasificados como A, se demuestra que la aplicación de un modelo matemático, a saber, Suavización Exponencial Simple y Doble, Promedio Móvil Ponderado, para los pronósticos de las demandas futuras son de más ajuste que el método subjetivo utilizado actualmente por la empresa.
- Un manejo certero del control de los productos de acuerdo con el comportamiento que estos tengan en los últimos años, permite generar una mejor planeación del inventario y así evitar pérdidas de productos terminados y por ende, no incurrir en pérdidas de materia prima, mano de obra y cargas fabriles.
- Se logró disminuciones en los costos totales relevantes y totales anuales en todos los productos.
- Se logró reducir en un 1.56% los costos anuales (¢269,947.8).
- Adicionalmente, se aumenta la cantidad de productos analizados con lo que se aumenta el porcentaje de ahorro, llevándolo a un 6% (¢1,480, 295.80).
- Al tener control de los inventarios, se obtiene un mayor conocimiento en el comportamiento de los productos en el mercado y con base en esto, tomar decisiones a nivel de producción, venta y mercadeo de los mismos.
- Se garantiza un mayor y más eficiente manejo de los recursos económicos; ya que se programa con anterioridad la inversión necesaria, para los reabastecimientos.
- Se alcanza un mejoramiento en la satisfacción del comprador; ya que se definen los comportamientos de la demanda, lo que permite darle al cliente lo que necesita, cómo lo necesita, en el momento que lo necesita.

## **Recomendaciones**

- La utilización de un modelo de Suavización exponencial tanto Simple como Doble para pronosticar las demandas futuras de los productos.
- Tener un control más exacto de las cantidades necesarias por producir.
- Se recomienda a la administración implementar el control de gastos y pérdidas producidas por la inadecuada programación de los inventarios.
- Se sugiere la asesoría de una persona con conocimientos y experiencia en materia de programación y control de inventarios.
- Se propone un sistema de información a nivel de departamentos para así lograr un mejor manejo de la producción y por lo tanto, un control más

adecuado tanto de los inventarios de materia prima, como de producto terminado.

## **Bibliografía**

1. Taha, Hamdy A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Editorial Prentice Hall. México. Sexta edición, 1997.
2. Plossl, George W. Control de la Producción y de Inventarios. Principios y Técnicas. Editorial Prentice Hall. México, 1987.
3. Eppen, G. D , Gould F. J. , Schmidt C.P. , Moore Jeffrey H, Weathrford Larry R. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Editorial Prentice Hall. México. Quinta edición, 1999.
4. Ballou Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministro. Editorial Peason Educación. México. Quinta edición,2004.
5. Davis. Mc Keown. Modelos Cuantitativos para Administración. Editorial Iberoamérica. Estados Unidos,1984.
6. Charles A. Gallagher, Hugh J. Watson. Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración. Editorial McGraw - Hill. México, 1982.
7. Jhon E. Hanke, Arthur G. Reitsch. Pronósticos de los Negocios. Editorial Prentice Hall. Quinta edición,1996.

## **Internet**

8. Administración de inventarios:

<http://secretosenred.com/articles/7568/1/ADMINISTRACION-DE-INVENTARIOS/Page1.html>. Consultada el 25-09-08.

9. Tipos de inventarios:

<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeInventarios>. Consultada el 25-09-08.

10. Generalidades de los inventarios:

[http://www.investigacion-operaciones.com/Teoria%20de%20Inventarios%20archivos/Gestion de Inventario .ppt#280,1,GESTION%20DE%20INVENTARIOS](http://www.investigacion-operaciones.com/Teoria%20de%20Inventarios%20archivos/Gestion%20de%20Inventario.ppt#280,1,GESTION%20DE%20INVENTARIOS) Consultada el 03-10-08.

11. ABC para la clasificación de inventarios:

[http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv\\_op/apuntes/ABC.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/apuntes/ABC.pdf) . Consultada el 03-10-08.

12. Sistemas de inventarios:

[http://books.google.co.cr/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA472&lpg=PA472&dq=sistema+de+inventarios&source=web&ots=FmBceT4r4C&sig=Oe0EFHzUprl66XDwCI1FVf8ugW0&hl=es&sa=X&oi=book\\_result&resnum=4&ct=result](http://books.google.co.cr/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA472&lpg=PA472&dq=sistema+de+inventarios&source=web&ots=FmBceT4r4C&sig=Oe0EFHzUprl66XDwCI1FVf8ugW0&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result)  
Consultada el 09-10-08.

13. Costeo ABC para el control de Inventarios:

<http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/20/abcinventario.htm> .  
Consultada el 30-10-08.

14. Modelos de inventarios:

[http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv\\_op/apuntes/Apunte Modelos Inventarios.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/apuntes/Apunte Modelos Inventarios.pdf) . Consultada 05-11-08.

15. Modelos de pronósticos:

[http://books.google.co.cr/books?id=DW-vtFYqh0YC&pg=PA622&lpg=PA622&dq=modelo+de+pronosticos+inventario&source=web&ots=Viin2Pcei-&sig=qMWMnWwUvQCDIXEPY2UOgQUQk0w&hl=es&sa=X&oi=book\\_result&resnum=3&ct=result#PPA622,M1](http://books.google.co.cr/books?id=DW-vtFYqh0YC&pg=PA622&lpg=PA622&dq=modelo+de+pronosticos+inventario&source=web&ots=Viin2Pcei-&sig=qMWMnWwUvQCDIXEPY2UOgQUQk0w&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=3&ct=result#PPA622,M1) . Consultada el 05-11-08

## **Bibliografía**

1. Taha, Hamdy A. Investigación de Operaciones Una Introducción. Editorial Prentice Hall. México. Sexta edición, 1997.
2. Plossl, George W. Control de la Producción y de Inventarios. Principios y Técnicas. Editorial Prentice Hall. México, 1987.
3. Eppen, G. D , Gould F. J. , Schmidt C.P. , Moore Jeffrey H, Weathrford Larry R. Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Editorial Prentice Hall. México. Quinta edición, 1999.
4. Ballou Ronald H. Logística. Administración de la cadena de suministro. Editorial Peason Educación. México. Quinta edición,2004.
5. Davis. Mc Keown. Modelos Cuantitativos para Administración. Editorial Iberoamérica. Estados Unidos,1984.
6. Charles A. Gallagher, Hugh J. Watson. Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración. Editorial McGraw - Hill. México, 1982.
7. Jhon E. Hanke, Arthur G. Reitsch. Pronósticos de los Negocios. Editorial Prentice Hall. Quinta edición,1996.

## **Internet**

8. Administración de inventarios:

<http://secretosenred.com/articles/7568/1/ADMINISTRACION-DE-INVENTARIOS/Page1.html>. Consultada el 25-09-08.

9. Tipos de inventarios:

<http://www.mitecnologico.com/Main/TiposDeInventarios>. Consultada el 25-09-08.

10. Generalidades de los inventarios:

[http://www.investigacion-operaciones.com/Teoria%20de%20Inventarios\\_archivos/Gestion\\_de\\_Inventario.ppt#280,1,GESTION%20DE%20INVENTARIOS](http://www.investigacion-operaciones.com/Teoria%20de%20Inventarios_archivos/Gestion_de_Inventario.ppt#280,1,GESTION%20DE%20INVENTARIOS) Consultada el 03-10-08.

11. ABC para la clasificación de inventarios:

[http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv\\_op/apuntes/ABC.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/apuntes/ABC.pdf) . Consultada el 03-10-08.

12. Sistemas de inventarios:

[http://books.google.co.cr/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA472&lpg=PA472&dq=sistema+de+inventarios&source=web&ots=FmBceT4r4C&sig=Oe0EFHzUprl66XDwCI1FVf8ugW0&hl=es&sa=X&oi=book\\_result&resnum=4&ct=result](http://books.google.co.cr/books?id=jVlwSsVHUfAC&pg=PA472&lpg=PA472&dq=sistema+de+inventarios&source=web&ots=FmBceT4r4C&sig=Oe0EFHzUprl66XDwCI1FVf8ugW0&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result)  
Consultada el 09-10-08.

13. Costeo ABC para el control de Inventarios:

<http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/20/abcinventario.htm> .  
Consultada el 30-10-08.

14. Modelos de inventarios:

[http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv\\_op/apuntes/Apunte\\_Modelos\\_Inventarios.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/apuntes/Apunte_Modelos_Inventarios.pdf) . Consultada 05-11-08.

15. Modelos de pronósticos:

[http://books.google.co.cr/books?id=DW-vtFYqh0YC&pg=PA622&lpg=PA622&dq=modelo+de+pronosticos+inventario&source=web&ots=Viin2Pcei-&sig=qMWMnWwUvQCDIXEPY2UOgQUQk0w&hl=es&sa=X&oi=book\\_result&resnum=3&ct=result#PPA622,M1](http://books.google.co.cr/books?id=DW-vtFYqh0YC&pg=PA622&lpg=PA622&dq=modelo+de+pronosticos+inventario&source=web&ots=Viin2Pcei-&sig=qMWMnWwUvQCDIXEPY2UOgQUQk0w&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=3&ct=result#PPA622,M1). Consultada el 05-11-08