

**PROPUESTA DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIO PARA UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA DE CONFITERIA**

**ROBINSON DEVIA GALLEGO
VÍCTOR ANDRÉS HERNÁNDEZ LIBREROS**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SEDE ZARZAL
2017**

**PROPUESTA DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIO PARA UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA DE CONFITERIA**

**ROBINSON DEVIA GALLEGO
VÍCTOR ANDRÉS HERNÁNDEZ LIBREROS**



**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIEROS INDUSTRIALES**

**DIRECTOR
MAURICIO BUITRAGO SOTO
INGENIERO INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
SEDE ZARZAL**

2017

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Zarzal Valle del cauca, 08 de junio de 2017

El fruto de mi esfuerzo es dedicado primero a Dios por hacerlo todo posible, a mi familia quienes han estado sorteando todos los momentos a mi lado, apoyándome y motivándome cada día a conseguir mi gran sueño de ser Ingeniero.

Robinson Devia Gallego

Dios ha sido el mayor guía en este proceso que emprendimos hace unos años y a él quiero agradecer en primer lugar. A mí familia que han estado conmigo siempre para ayudarme a ser mejor persona y convertirme en un profesional. También a mi novia que ha estado a mi lado y con paciencia me ha apoyado cuando más he necesitado.

Víctor Andrés Hernández

CONTENIDO	TABLA	DE
INTRODUCCIÓN.....	11	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13	
1.1 Definición del problema.....	13	
2. JUSTIFICACIÓN.....	15	
3. OBJETIVOS.....	16	
3.1 Objetivo general.....	16	
3.2 Objetivos específicos.....	16	
4. MARCO REFERENCIAL.....	17	
4.1 Marco teórico.....	17	
4.1.1. Técnicas de clasificación de inventarios.....	17	
4.1.1.1 Clasificación ABC.....	17	
4.1.1.2 Técnica AHP.....	18	
4.1.2 Sistemas de pronósticos de demanda.....	19	
4.1.2.1 Indicadores de eficiencia de un sistema de pronóstico.....	20	
4.1.2.2 Promedio móvil.....	20	
4.1.2.3 Suavización exponencial simple.....	21	
4.1.2.4 Suavización exponencial doble.....	21	
4.1.2.5 Método de Croston.....	22	
4.1.2.6 Errores suavizados y señales de rastreo.....	23	
4.1.3 Sistemas de control de inventario.....	26	
4.1.3.1 Sistema de revisión continuo.....	26	
4.1.3.2 Sistema de revisión periódica.....	27	
4.1.3.3 Costo Total Relevante.....	27	
5. ESTADO DEL ARTE.....	29	
6. METODOLOGÍA.....	32	
7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	34	
7.1. Situación actual y tendencias en cuanto al manejo del inventario.....	34	
7.2 Clasificación multicriterio AHP.....	39	
7.2.1 Selección y clasificación de criterios.....	39	
7.2.2 Cálculo peso de cada criterio – Vector prioridad.....	40	
7.2.3 Análisis de consistencias.....	42	
7.2.4 Clasificación de productos por peso de cada criterio.....	43	

7.2.5 Clasificación de los productos por costo.....	43
7.2.6 Clasificación de los productos por demanda.....	46
7.2.7. Clasificación de los productos por rotación de inventario....	49
7.2.8 Peso total del producto.....	52
7.3 Sistemas de pronósticos.....	55
7.3.1 Patrón de demanda de los productos.....	56
7.3.2 Pronósticos para productos con demanda no errática.....	56
7.3.3 Señal de rastreo.....	63
7.4 Resumen de resultados.....	64
8. SISTEMAS DE CONTROL.....	64
8.1 Parámetros.....	65
8.2 Sistema de revisión continua (s,S).....	66
8.2.1 Cálculo de Q.....	66
8.2.2 Cálculo valor s y S.....	66
8.2.3 Cálculo del costo total relevante.....	66
8.3 Sistema de revisión periódica R, S.....	67
8.3.1 Cálculo de R.....	67
8.3.2 Cálculo de S.....	67
8.3.3 Cálculo costo total relevante.....	67
9. COMPARACIÓN SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO Y ACTUAL.....	68
9.1 Comparación sistemas.....	68
10. CONCLUSIONES.....	70
11. BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXOS.....	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pérdidas en costos de inventario de la distribuidora.....	14
Tabla 2. Resumen de los tipos de pronósticos aplicables a cada patrón de demanda.....	19
Tabla 3. Principales actores del mercado.....	34
Tabla 4. Cantidad de productos por marca y porcentaje que representa.....	36
Tabla 5. Clasificación de los productos por costo.....	44
Tabla 6. Clasificación productos por demanda.....	47
Tabla 7. Clasificación productos por rotación.....	50
Tabla 8. Clasificación ABC multicriterio de los productos.....	53
Tabla 9. Sistema de pronóstico promedio móvil. Producto N° 91.....	57
Tabla 10. Comparación MAD, ECM, MAPE, MAPE´ Promedio móvil.....	58
Tabla 11. Sistema de suavización exponencial simple, producto N° 91.....	59
Tabla 12. Sistema de suavización exponencial doble, producto N° 91.....	61
Tabla 13. Comparación indicadores de pronóstico, producto N° 91.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Participación porcentual de cada marca en el total de productos manejados en la distribuidora.....	36
Gráfico 2. Diagrama de Pareto por cada producto disponible en bodega.....	37
Gráfico 3. Diagrama de Pareto por costo unitario de Sku.....	38
Gráfico 4. Ganancia obtenida por cada artículo.....	38
Gráfico 5. Importancia de cada criterio.....	41
Gráfico 6. Demanda y pronóstico promedio móvil, producto N° 91.....	58
Gráfico 7. Demanda y pronóstico suavización exponencial simple, producto N° 91....	60
Gráfico 8. Demanda y pronóstico suavización exponencial doble, producto N° 91.....	62
Gráfico 9. Resumen de resultados.....	64
Gráfico 10. Comparación.....	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Calificación por pares de criterios.....	40
Cuadro 2. Resultado promedio por cada para de criterios.....	40
Cuadro 3. Matriz de comparación de cada criterio.....	40
Cuadro 4. Matriz normalizada y vector prioridad.....	41
Cuadro 5. Suma ponderada.....	42
Cuadro 6. División suma ponderada.....	42
Cuadro 7. Calculo de la señal de rastreo producto N° 91.....	63
Cuadro 8. Parámetros sistema de control.....	65
Cuadro 9. Comparación sistema actual y propuesto.....	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Datos proporcionados por la empresa.....	74
---	----

INTRODUCCIÓN

La Logística es concebida como el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, productos en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el propósito de satisfacer los requerimientos del cliente.(UNAD. The Council of Logistics Management. RLEC. Reverse Logistics Executives' Council. p.8)

De acuerdo con lo anterior, con la logística se puede lograr la reducción de costos en el manejo de materiales e información y diferenciación del producto gracias al servicio que se le proporcione al cliente; de esta manera la logística toma un papel de importancia en las empresas.” (Cristopher, M. 1994)

Por tanto la logística es el medio por el cual se estructura una empresa, es fundamental para el comercio, administración y suministro de bienes y servicios, así como también para la planificación de las actividades concernientes al fin último de la empresa. Su principal objetivo es colocar los productos propicios (bienes y servicios) en el lugar requerido, en el momento preciso y en las condiciones deseadas, contribuyendo de esta forma a obtener la mayor ganancia posible.

Dentro de la logística se encuentran el inventario, el cual esencialmente es el almacenamiento de los productos que se venderán a los consumidores, sin embargo también existen inventarios de materias primas, producto terminado y de material en proceso. El inventario es considerado como un mal necesario el cual debe reducirse al mínimo, de igual forma es una parte esencial de todas las empresas ya que es algo trascendental en todo el sistema de flujos, al permitir la ejecución de las actividades del sistema en forma relativamente independiente.

Por este motivo toda empresa que desee competir en un mundo industrial cada vez más exigente, debe tener un sistema de manejo de inventario, que le permita controlar de manera eficiente sus materiales en almacén, logrando de esta forma evitar retrasos a la hora de cumplir su labor, de igual forma, tener una mayor rotación e impedir las pérdidas por obsolescencia.

El presente trabajo se enfoca en establecer un modelo de control de inventario de producto terminado para una empresa dedicada a la distribución de productos de confitería de la región. En primera instancia se realizará la formulación del problema objeto de estudio, luego se presentan los objetivos del proyecto; posteriormente se describen las investigaciones que giran en torno al trabajo. Seguido a esto se desarrollan las diversas actividades enmarcadas al logro de los objetivos como el método multicriterio para la clasificación de inventario, permitiendo determinar aquellos

productos que requieren mayor atención. Luego se toma información histórica del comportamiento de la demanda de los productos para seleccionar e implementar el modelo de pronósticos más adecuado, para estimar la demanda futura. Por último, ya con la información anterior se busca e implementa un sistema de control de inventario, que permita garantizar la oportuna reposición de las existencias y estimar las cantidades óptimas de compra, incurriendo en el mínimo costo total relevante.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al momento de querer brindar un servicio con eficiencia y permanecer en un ambiente altamente competitivo, las empresas se ven obligadas a realizar actividades que los lleven a este fin; como es la planificación, suministro, distribución y gestión de los sistemas de inventario, donde este último es de gran importancia para reducir costos y obtener un alto nivel de competencia al momento de dar respuesta a las necesidades de los clientes.

Actualmente, las empresas que deseen estar a la vanguardia deben gestionar de forma eficiente sus inventarios, ya que permite mejorar todos sus movimientos económicos internos y externos. Una empresa que no se fije en este tipo de mejora, es una empresa que poco a poco se irá sumergiendo en problemas de compra – venta lo cual puede incrementar sus costos y generar demanda insatisfecha.

Toda empresa donde su finalidad sea el comercio de producto terminado, debe tener en cuenta que uno de sus principales objetivos es minimizar el riesgo de pérdida de dinero ya sea por obsolescencia del producto o por falta del mismo. (Google Docs)

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La distribuidora que es objeto de estudio en el presente trabajo, cuenta con la mayor parte de sus activos en el inventario de producto terminado, para posteriormente entregar a sus clientes y abastecerles.

Dicha distribuidora actualmente maneja 101 referencias, sin embargo la gestión o control del inventario que se lleva a cabo es realizado de forma empírica, es decir, las decisiones respecto a los tiempos de revisión del inventario, los momentos en que se debe solicitar una orden y las cantidades o tamaño de las mismas se realizan con base en la experiencia por parte de los dueños; por lo tanto se puede determinar que no se tiene un criterio establecido para estipular los momentos de revisión, ni las cantidades a solicitar para cada uno de los ítems.

Según señalan los propietarios, tiene pérdidas aproximadamente de \$13.000.000 por:

Tabla 1: Pérdidas en costos de inventario de la distribuidora objeto de estudio

a) Descuentos no aprovechados por las cantidades no pedidas	b) Incremento del riesgo de mermas, robos, obsolescencia y deterioros físicos
c) Costos adicionales de compra	d) Pérdidas de margen de contribución por las ventas no realizadas
e) Pérdidas de clientes por cambio de preferencias	

Fuente: elaboración propia (2017)

Este tipo de problemáticas, ha generado lo que se conoce como el problema de desbalanceo de inventario, que quiere decir que “se tiene mucho de lo que no se vende y poco de lo que tiene mayor rotación”, generando a su vez incoherencias entre el número de unidades físicas en bodega y las que se tienen en planillas, por lo tanto este tipo de brechas en el número de unidades le genera a la empresa costos adicionales por el exceso o faltante en el inventario así como también un impacto negativo en el nivel de servicio a sus clientes, los cuales se ven afectados al no encontrar el producto que solicitan.

Con base en lo anterior, se genera la siguiente pregunta:

¿Cuál sería un modelo de control y gestión de inventario adecuado para la distribuidora objeto de estudio que permita reducir los costos asociados?

2. JUSTIFICACIÓN

La administración del inventario es un elemento primordial para el adecuado desarrollo de cualquier empresa y más aún para aquellas que se dedican a la distribución del producto ya que su eficiente manejo permite controlar de manera oportuna el material requerido, así también saber en qué momento se debe realizar un pedido y cuanto pedir de cada artículo.

Ahora bien, para la empresa es importante abordar la problemática planteada porque esto le permite tener una mayor respuesta a las necesidades de los clientes, con lo cual se generará un mayor impacto en la rotación de los productos. Adicional a esto, esta propuesta se enfoca en la reducción de los altos costos generados, como los costos por pérdidas u obsolescencias, los costos de mantenimiento de inventario y los costos de adquisición.

No contar con un sistema de control de inventario eficiente para los productos significa seguir laborando sin una orientación fija, con elevados costos de adquisición y disminución de las ventas al no contar con los productos requeridos por el cliente en el momento que los solicite. Siendo este último aspecto crítico para el crecimiento de la empresa.

Seguidamente, con respecto a las personas involucradas en el manejo y venta de los productos de la distribuidora se benefician con este proyecto porque pueden llevar de manera más eficiente la administración de este recurso, al mismo tiempo que mejorarían indicadores por cumplimiento y aumento de ventas

Finalmente, para nosotros como Ingenieros en formación, tratar este problema desde un ámbito empresarial, permite al estudiante conocer más a fondo uno de los temas de más impacto en la ingeniería industrial como es la Gestión de Inventarios. Además de poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante la carrera, brindando experiencia y crecimiento personal y profesional.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo de control de inventario de producto terminado para una empresa distribuidora de productos de confitería que permita reducir los costos asociados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar la situación actual y tendencia en cuanto al control y gestión del inventario de la empresa objeto de estudio que permita entender el manejo que se le está dando
- Clasificar el inventario de los productos de la empresa, de acuerdo a aspectos importantes para la compañía mediante la técnica de clasificación ABC multicriterio.
- Identificar un sistema de pronóstico para los productos clasificados como A, que permita reconocer necesidades futuras para la implementación del sistema de control de inventarios.
- Determinar un sistema de control de inventario para los productos categorizados tipo A que permita definir una política de control.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO TEÓRICO

En la actualidad, las empresas deben contar con un eficiente sistema de gestión de inventario, pero para llevarlo a cabo se deben tener claros diversos conceptos que se encuentran directamente relacionados con la administración.

En este capítulo se presentan los conceptos teóricos más usados para realizar el presente proyecto. Se hablará sobre las técnicas de clasificación de inventarios, los sistemas de pronósticos y los sistemas de control.

4.1.1 TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS

La técnica más utilizada ha sido la clasificación ABC monocriterio, sin embargo teniendo en cuenta que muchos artículos se deben clasificar considerando criterios como el nivel de obsolescencia, el lead time, la rotación y demás, surgen técnicas que permiten realizar dicha clasificación multicriterio y una de las más conocidas es la AHP o (Proceso Analítico Jerárquico).

4.1.1.1 Clasificación ABC. Debido a la gran cantidad de materiales que se utilizan en la producción en muchas plantas de manufactura, puede resultar deseable clasificar los materiales según el nivel de análisis que ameriten. Un procedimiento para clasificar los materiales es el método ABC, que se basa en la idea de que un solo pequeño porcentaje de los materiales representa la mayor parte del valor del inventario.

Observaciones sobre la clasificación ABC:

Los materiales A representan solo un 20% de los materiales en inventario, pero contienen 75% de su valor de inventario.

Los materiales B representan 30% de los materiales en inventario y el 20% del valor del inventario.

Los materiales C representan 50% de los materiales del inventario y 5% del valor del inventario.

Esta clasificación sugiere que mientras más elevado sea el valor del inventario de un material, este deberá analizarse con más detalle. Por lo general, los materiales A

continuación se analizarán de manera extensiva y los materiales C se analizarían muy poco. (Gaither & Frazier, 2000)

4.1.1.2 Técnica AHP Este proceso se basa en que los elementos que afectan la decisión (es decir los criterios utilizados para tomar las decisiones y las alternativas de selección), son representados en niveles, el nivel más bajo comprende las alternativas de selección. Una vez se construye la jerarquía el procedimiento consiste en priorizar: que consiste en dar una importancia relativa a cada elemento en cada nivel de dicha jerarquía.

El grupo de decisión puede expresar sus preferencias entre cada dos elementos en relaciones como:

- 1 = Igualmente preferida
- 3 = Moderadamente preferida
- 5 = Fuertemente preferida
- 7 = Muy fuertemente preferida
- 9 = Extremadamente preferida

Se pueden dejar los valores pares para valores intermedios en el juicio de calificación entre alternativas que presentan dificultad en su valoración. (Gómez, Mendéz, Mendéz, Otíz, & Turriago, 2008)

La técnica del AHP consta de los siguientes pasos sucesivos:

- Se construye la matriz de preferencias (o matriz de comparación por parejas) entre todas las alternativas con respecto de cada uno de los criterios.
- Cada matriz de preferencias se normaliza dividiendo cada término de la misma entre la suma de los elementos de su columna respectiva.
- A partir de cada matriz de preferencias, se obtiene el vector de prioridad de cada criterio promediando los términos de cada fila de la matriz normalizada.
- Se construye la matriz de preferencias para los criterios propiamente dichos, se normaliza de la misma forma y se obtiene el vector de prioridad de los criterios en forma semejante a como se obtuvo para cada criterio. Este paso es equivalente al darle el peso o importancia a cada criterio en el método de calificación absoluta.
- Se verifica que tanto cada matriz de preferencias correspondiente a cada criterio como la matriz de preferencias de los criterios propiamente dichos no dañe la condición de consistencia establecida por el coeficiente del mismo nombre. El coeficiente de consistencia para cada criterio debe ser menor o igual que 0.1. Si no cumple con esa condición, hay que determinar el origen de cada inconsistencia, corregirla y realizar de nuevo los pasos hasta que cumpla la condición.

- Por último se calcula el producto entre una matriz formada por todos los vectores de prioridad de cada criterio y el vector de prioridad de los criterios propiamente dichos. El resultado es el vector de prioridad de las alternativas y es el que puede servir de guía para tomar la decisión final respecto de las mismas. (Insuas, 2014)

4.1.2 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS DE DEMANDA

Toda organización que desee ser competitiva, debe contar con un sistema de pronósticos de demanda que asegure mantener un control eficiente sobre el producto de cual dispone (stock), de esta forma poder tomar decisiones correctas sobre futuros dudosos.

Los tipos de pronósticos son variados, está el promedio móvil, la suavización exponencial simple, la suavización exponencial doble y el método de Croston. El poder aplicar uno u otro de estos tipos de pronóstico depende del patrón de demanda sobre el cual se va hacer el estudio.

“El análisis de los datos históricos de demanda es fundamental para la correcta selección del método de pronósticos y su puesta en marcha.” (Vidal, 2005)

Tabla No. 2 resumen de los tipos de pronósticos aplicables a cada patrón de demanda

TIPOS DE PRONÓSTICOS		PATRÓN DE DEMANDA
Promedio Suavización simple	móvil y exponencial	
Suavización doble	exponencial	
Método de Croston		

Fuente: (Insuasty, 2014)

4.1.2.1 Indicadores de eficiencia de un sistema de pronóstico. Para determinar la eficiencia de cada pronóstico y para poder realizar una comparación entre cada uno es necesario determinar la precisión del pronóstico, la cual se mide con los errores del pronóstico, que se calculan como la diferencia entre el valor real y el valor observado. Las expresiones más comunes para calcular los errores del pronóstico son:

La MAD se define como el promedio de los errores absolutos sobre un número determinado de periodos, de la siguiente forma donde n es el número de periodos:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |x_t - \hat{x}_t|}{n}$$

El ECM se define como el promedio de los errores cuadráticos sobre un número determinado de periodos, así:

$$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2}{n}$$

La MAPE se define como el error absoluto porcentual de la media, es decir:

$$MAPE = 100 \frac{\sum_{t=1}^n |real - pronóstico|}{n \cdot real}$$

(Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

4.1.2.2 Promedio móvil. El método de promedio móvil usa un número de valores de datos históricos reales para generar un pronóstico. Los promedios móviles son útiles si podemos suponer que la demanda del mercado permanecerá relativamente estable en el tiempo. El promedio móvil se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

$$Promedio\ Móvil = \frac{\sum Demanda\ de\ los\ n\ periodos\ anteriores}{n}$$

Donde n es el número de periodos que comprende. (Render & Heizer, Administracion de Operaciones, 2009)

4.1.2.3 Suavización exponencial simple. Mientras que el método de promedios móviles sólo toma en cuenta las observaciones más recientes, la suavización exponencial simple proporciona un promedio móvil con un peso exponencial de todos los valores observados con anterioridad. Con frecuencia el modelo es apropiado para datos que tienen una tendencia predecible hacia arriba o hacia abajo.

La ecuación matemática de este sistema de pronósticos es:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)\hat{Y}_t$$

Dónde:

$\hat{Y}_{t+1}$ = Nuevo valor suavizado o el pronóstico para el siguiente periodo.

Y_t = Nueva observación o valor real de una serie en el periodo t.

$\hat{Y}_t$ = Antiguo valor suavizado o pronóstico para el periodo t.

α = Constante de suavización ($0 < \alpha < 1$)

(Hanke & Wichern, Pronosticos en los Negocios, 2006)

4.1.2.4 Suavización exponencial doble. La incorporación de un componente de tendencia en pronósticos suavizados exponencialmente se conoce como suavización exponencial doble, ya que tanto la estimación del promedio como la de la tendencia se suavizan. (Gaither & Frazier, Administracion de Produccion y Operaciones, 2000)

El modelo subyacente a esta técnica de pronóstico es la siguiente:

$$\hat{X}_{t+\tau}(t) = 2 + \frac{\alpha\tau}{(1-\alpha)}S_t - \left(1 + \frac{\alpha\tau}{(1-\alpha)}\right)S_t^2$$

Donde:

$\hat{X}_t$ = Valor real u observación de la demanda en el período t

α = Constante de suavización.

τ = Periodos adelante pronosticados.

Los valores de S_t y S_t^2 se obtienen con las siguientes fórmulas:

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1}$$

$$S_t^2 = \alpha X_t + (1 - \alpha)S_{t-1}^2$$

Los valores de iniciación de S_t y S_t^2 se obtienen mediante las siguientes expresiones matemáticas:

$$S_0 = \widehat{b1}(0) - \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right)\widehat{b2}(0)$$

$$S_t^2 = \widehat{b1}(0) - 2\left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right)\widehat{b2}(0)$$

Dónde:

$\widehat{b1}$ = Estimación del valor constante alcanzado por la demanda (corte con el eje y), determinado con base en la regresión lineal de datos históricos, referido al sistema de coordenadas desde donde se van a iniciar los pronósticos.

$\widehat{b2}$ = Estimación de la pendiente de la tendencia de la demanda (creciente o decreciente) determinada con base en los datos históricos, la cual no cambia con relación al sistema de coordenadas utilizado.

4.1.2.5 Método de Croston. El control de inventarios de ítems de demanda errática y de ítems nuevos en el mercado es un problema muy complejo. A los ítems que presentan demanda errática se les puede aplicar los sistemas de pronósticos de suavización exponencial simple y doble, pero su comportamiento no supera al de otros métodos que han sido diseñados especialmente para este tipo de demandas.

Croston propuso un método para pronosticar demandas erráticas, el cual ha demostrado ser hasta la fecha una muy buena alternativa. Esencialmente, el método de Croston divide los eventos de demanda intermitente en dos. Primero, se pronostica la probabilidad de que ocurra o no una demanda en el período siguiente, de acuerdo con las observaciones anteriores; equivalentemente, esto corresponde a estimar el número de períodos entre ocurrencias de demanda mayores que cero. Seguidamente, se pronostica el posible tamaño de la demanda, de acuerdo con las observaciones anteriores sin tener en cuenta las demandas iguales a cero.

Considérese la siguiente notación:

X_t = Demanda observada en el período t.

Y_t = Variable binaria igual a 1 si ocurre una demanda mayor que cero en el período t; igual a cero de lo contrario.

$Z_t = X_t * Y_t$ = Tamaño de la demanda ocurrida en el período t.

n_t = Número de períodos transcurridos desde la última demanda mayor que cero hasta el período t.

$\hat{n}_t$ = Valor estimado de n al final del período t.

$\hat{z}_t$ = Valor estimado de z al final del período t.

Con base en la anterior notación, al final de cada período t se verifica el valor de X_t . Si $X_t > 0$, o sea que ocurre cierta demanda positiva, entonces los estimadores se actualizan de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\hat{n}_t &= \alpha n_t + (1 - \alpha)\hat{n}_{t-1} \\ \hat{z}_t &= \alpha z_t + (1 - \alpha)\hat{z}_{t-1}\end{aligned}$$

Donde α es una constante de suavización (Croston sugiere que $0.1 \leq \alpha \leq 0.2$, aunque en la práctica no hay inconveniente en probar con otros intervalos como por ejemplo $0.01 \leq \alpha \leq 0.30$ e incluso con $0 \leq \alpha \leq 1$).

Si $X_t = 0$, entonces no se actualiza ni el estimador del tamaño de la demanda ni el estimador de n, o sea que se deja $\hat{n}_t = \hat{n}_{t-1}$ y $\hat{z}_t = \hat{z}_{t-1}$. El valor de n_t se debe actualizar en cada período, independientemente de si ocurre o no una demanda positiva, ya que esta variable cuenta el número de períodos desde la última demanda mayor que cero hasta el final del período actual. Obsérvese que si no ocurre demanda alguna, este contador se incrementa en 1; por el contrario, si ocurre una demanda positiva, este contador reinicia su valor en 1 (Este contador no reinicia su valor en 0, puesto que el mínimo número de períodos entre demandas mayores que cero que puede ocurrir es 1, cuando ocurren dos demandas positivas consecutivas).

Nótese en las ecuaciones anteriores que se necesitan valores de inicio $\hat{n}_0$ y $\hat{z}_0$.

Finalmente, el pronóstico al final del período t para el período siguiente se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\hat{x}_t = \frac{\hat{z}_t}{\hat{n}_t}$$

(Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005).

4.1.2.6 Errores suavizados y señales de rastreo. En la práctica es más adecuado definir inventarios de seguridad de una forma dinámica, o sea estimando la desviación estándar de los errores del pronóstico período a período. En los casos anteriores, esta

variabilidad se ha estimado con base en la simulación del pronóstico de un cierto número de períodos. Sin embargo, es muy útil hacerlo de una forma progresiva y continua, a medida que se vaya pronosticando, ya que se tiene la estimación más reciente de la variabilidad. Una manera de lograr esto es a través de la suavización de los errores del pronóstico.

La idea de suavización de los errores de pronóstico es simplemente aplicar el operador, con una constante de suavización diferente. Para el caso del error de pronóstico esta suavización se logra mediante la expresión:

$$\text{Error Suavizado } Q(T) = w e(T) + (1-w)Q(T-1)$$

Donde w es una constante de suavización diferente a la que se está utilizando para los pronósticos, la cual, normalmente es 0.1.

Dado que el valor esperado de los errores del pronóstico es cero, entonces siempre se define como valor inicial $Q(0) = 0$.

Análogamente, la MAD puede también ser suavizada mediante la ecuación:

$$\text{MAD suavizada } MAD(T) = w|e(T)| + (1-w)MAD(T-1)$$

En este caso la MAD inicial, $MAD(0)$ debe estimarse bien sea a partir de datos históricos o con algunas expresiones derivadas en la literatura. Por ejemplo, Montgomery et al. (1990) presentan la siguiente expresión para estimar la MAD inicial para un pronóstico de suavización doble:

$$MAD(0) \cong 0,8\tilde{\sigma}_\varepsilon\sqrt{c_1}$$

Donde:

$$c_1 = 1 + \frac{\alpha}{(1 + \beta)^3} [(1 + 4\beta + 5\beta^2) + 2\alpha\tau(1 + 3\beta) + 2\alpha^2\tau^2]; \beta = 1 - \alpha$$

En esta expresión τ representa el número de períodos para los cuales se hace la estimación (normalmente $\tau = 1$). Además:

$$\tilde{\sigma}_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^m (x_t - \hat{x}_t)^2}{m-2}}$$

Es simplemente la estimación de la desviación estándar de los errores del pronóstico, calculada con base en los residuos de la regresión lineal de los m datos que se toman para inicializar el pronóstico.

Por lo tanto la formula final para la MAD inicial es la siguiente:

$$MAD(0) = 0,8 \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^m (x_t - \hat{x}_t)^2}{m-2}} \\ \left(\sqrt{1 + \frac{\alpha}{(1+\beta)^3} [(1 + 4\beta + 5\beta^2) + 2\alpha\tau(1 + 3\beta) + 2\alpha^2\tau^2]}; \beta = 1 - \alpha \right)$$

Señales de Rastreo

Con base en los valores suavizados se pueden definir diversas señales de rastreo. El objetivo fundamental de una señal de rastreo es informar acerca de posibles desviaciones y problemas del sistema de pronósticos que se está utilizando. La señal de rastreo más comúnmente utilizada y de más fácil comprensión se define como:

$$\text{Señal de Rastreo en el Periodo } T = \frac{Q(T)}{MAD(T)}$$

En la anterior señal de rastreo no puede ser mayor que 1 en valor absoluto. Un valor absoluto de esta señal cercado a 1 indica problemas con el pronóstico. En general, se recomienda que cuando dos o más señales de rastreo sucesivas presentan valores mayores que un valor de 0.60, debe revisarse el sistema de pronósticos, ya que puede estar fuera de control.

Una sola señal de rastreo superior al valor permisible puede no indicar un problema en el sistema de pronósticos, sino un dato atípico de demanda que no representa un verdadero cambio en la tendencia de la misma. Por ello se recomienda esperar hasta que ocurran dos señales de rastreo sucesivas fuera del rango permitido. (Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

4.1.3 SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIO

Para determinar finalmente el sistema de gestión de inventarios, es necesario definir la política de inventario, la cual debe resolver tres preguntas fundamentales para cada ítem en particular:

- ¿Con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario?
- ¿Cuándo debe ordenarse?
- ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada pedido?

Para dar respuesta a estas preguntas, existen diferentes tipos de sistemas de control que se pueden utilizar.

La notación básica que se utiliza es la siguiente:

s = Punto de reorden o de pedido, o sea el nivel del inventario efectivo para el cual debe emitirse una nueva orden.

Q = Cantidad a ordenar en cada pedido.

R = Intervalo de revisión del nivel de inventario efectivo.

S = Nivel máximo de inventario efectivo hasta el cual debe ordenarse.

(Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

4.1.3.1 Sistema de revisión continuo. En la revisión continua, como su nombre lo indica, teóricamente se revisa el nivel de inventario en todo momento. Sin embargo, esto no es posible en la práctica. Lo que se hace entonces es revisar el inventario cada vez que ocurre una transacción (despacho, recepción, demanda, etc.) y por ello también se le conoce como sistema de reporte de transacciones.

En un sistema de revisión continua es difícil coordinar en general las actividades de control y el control de varios ítems simultáneamente, pero este sistema necesita un menor inventario de seguridad que el sistema periódico, ya que la protección sólo debe hacerse sobre el tiempo de reposición L .

Existen dos tipos de sistemas de revisión continua que se describen a continuación:

Sistema continuo (**s, Q**), en este sistema, cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden, se ordena una cantidad fija **Q**.

Sistema continuo (**s, S**), este sistema establece que cuando el inventario efectivo llega al punto de reorden (**s**), se debe ordenar la cantidad necesaria para que el inventario efectivo llegue a un nivel máximo **S**.

(Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

4.1.3.2 Sistema de revisión periódica. En general, este sistema permite coordinar las actividades y el control de ítems en forma simultánea, pero requiere de un mayor inventario de seguridad que sistema continuo, ya que la protección debe garantizarse para un intervalo de tiempo igual al tiempo de reposición + el intervalo de revisión ($R + L$).

Existen dos tipos de sistemas de revisión continua que se describen a continuación:

Sistema periódico (**R, s**). Este sistema se conoce también como el sistema del ciclo de reposición y se encuentra a menudo en organizaciones que no utilizan control sistematizado de los inventarios. Aquí, cada **R** unidades de tiempo se revisa el inventario efectivo, y se ordena una cantidad tal que este inventario suba al valor máximo **S**.

Sistema periódico (**R, s, S**). Este sistema propone que el inventario se debe revisar cada **R** unidades de tiempo y si el nivel es igual o menor a **s** unidades, se debe ordenar una cantidad tal que eleva el nivel del inventario efectivo a un valor máximo **S**. (Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

4.1.3.3 Costo Total Relevante. Para comparar las políticas de control de inventario, uno de los conceptos que se emplea es el Costo Total Relevante, en este se utiliza el concepto para diseñar la estructura de la función objetivo, la cual comprende los costos de ordenamiento, alistamiento y los de mantenimiento del inventario.

Parámetros:

A = El costo fijo de alistamiento u ordenamiento (\$/orden).

D = La tasa de demanda del ítem (unidades/periodo de tiempo).

r = El costo de mantener el inventario (%/periodo de tiempo o \$/(\$. periodo de tiempo)).

V = El valor unitario del ítem (\$/unidad).

Q = Tamaño del pedido o de la orden (unidades).

El costo total anual vendría dado por:

$$CT = \frac{D}{Q}AD + \frac{Q}{2}vr$$

Cantidad a ordenar:

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

(Vidal, Fundamentos de Gestion de Inventarios, 2005)

5. ESTADO DEL ARTE

La logística es el medio que permite llevar a cabo la organización de una empresa. Dentro de la logística se encuentra el inventario, el cual es de suma importancia para las empresas, ya que una correcta gestión del mismo, genera un gran impacto en el crecimiento de las empresas en el campo industrial.

Por tanto es importante identificar la logística como “el proceso de gestionar estratégicamente la obtención, movimiento, y almacenamiento de materias primas, componentes y existencias terminadas de tal forma que la rentabilidad futura se vea maximizada a través del cumplimiento efectivo de los pedidos en relación con los costes” (CHRISTOPHER, 1994.) es decir, la logística es el método por el cual se le da un manejo adecuado a las materias primas, almacenamiento y distribución de estas, generando un proceso productivo y una entrega final al consumidor o cliente.

(Herrera & Morales, 2007) Realizan la propuesta de mejora para el sistema de control de inventarios para la materia prima e insumos especiales de la empresa tenaris-tubocaribe, esta propuesta tuvo como objetivo optimizar los niveles de insumos especiales y de materia prima, basándose en los estudios actuales de manejo de inventario y validándolo en sistema de simulación, permitiendo que la compañía genere menos gastos en su producción y distribución.

Adicionalmente, (Hernández & Torres, 2007), establecen una propuesta de mejora en el sistema de control interno del inventario de la empresa CEPROFOT C.A. Utilizando técnicas de recolección de datos y posterior análisis de los mismos con el fin de diagnosticar las deficiencias presentes en los procedimientos de control interno del inventario, obteniendo así que el origen del problema radica en la falta de identificación, clasificación, codificación y control del manejo de los materiales por la falta de formularios y formatos adecuados para la aplicación y desarrollo de inventarios continuos, compras de insumos y desincorporación de mercancía deteriorada; lo que produce que las operaciones diarias de inventarios se realicen sin soportes adecuados, generando confusión al personal que opera en el área involucrada.

(Arguello, 2008) .Desarrolla un proyecto denominado gestión de inventarios en madecentro Colombia S.A, basó su investigación en el análisis y la clasificación ABC hecha al inventario de esta empresa, teniendo en cuenta los ítems de mayor importancia según el criterio de comercialización, obteniendo como resultado que de los 3227 productos, solo un 4.31% de las referencias representan el 80% de la participación de las ventas del año analizado, enfocando sus esfuerzos en tener mayor control sobre estos para los cuales se identificó que la política de control manejada es acorde, ya que permite tener un máximo de 2 meses de los productos en existencias.

Posteriormente, (Preciado & Duque, 2009), realizan una propuesta de mejoramiento del proceso de flujo de inventarios para las piezas de reserva y control de orden de pedidos en el almacén de sofasa toyota en Bogotá, mediante una plataforma de software desarrollada en labview. Resolviendo así la problemática presentada en dicha empresa a causa del poco flujo o rotación del inventario. A partir de los resultados obtenidos se recomienda la creación de proyectos kaizen con oportunidades de mejoras existentes en el almacén, en busca de solucionar los problemas con ideas que sean reconocidas por toda la organización. Esta metodología propuesta pretende seguir con los reabastecimientos semanales de las referencias de reserva en su ubicación principal, de esta forma lograrían los ajustes deseados a las políticas promovidas por la empresa, especialmente el justo a tiempo, pilar fundamental del éxito obtenido por Toyota Corporation.

Así también, (Arango, 2009) en su trabajo titulado “definición, desarrollo e implementación de una propuesta metodológica para determinar el modelo de inventarios para productos terminados en las empresas que fabrican elementos de fijación en Colombia”, busca la manera de implementar el mejor modelo de inventarios que se adapte a dicha empresa, aplicando las metodologías conocidas hasta la fecha. Luego de revisar la teoría de los inventarios, se concluye que el análisis de Pareto aplicado a los inventarios es una herramienta poderosa que permite identificar y priorizar estos dentro de la compañía, por otra parte a través de clasificaciones ABC de segundo y tercer nivel, identificaron 22 productos que son los que garantizan a la compañía al menos un nivel de ingreso cercano a los 80% de sus ventas, lo cual le permitirá la continuidad en sus operaciones.

(Pinzón, Pérez, & Arango, 2010). Generan una propuesta de Mejoramiento en la gestión de inventarios en una empresa de confecciones basados en la filosofía just in time. Logrando así mejorar la relación proveedor-cliente, pasando de tener diversos proveedores a un solo proveedor; adicionalmente, se implementan formas de participación de los directamente relacionados con el inventario quienes estarían a cargo del análisis e identificación de las mejoras pertinente en cuanto a la gestión del mismo, permaneciendo así con el mejoramiento continuo para la empresa.

(Giraldo & Pardo, 2010). Crean esta propuesta llamada “Estrategia para la gestión de inventarios de una empresa comercializadora y distribuidora de productos plásticos de empaque: caso distribuidora SURTIR S.A.S”, en la cual había una discordancia entre el material físico y lo registrado en el sistema, por tanto realizan el estudio de varios métodos de control de inventario, obteniendo como resultado que el promedio ponderado es el que mejor se ajusta a los requerimientos de la empresa, mejorando el flujo físico de los productos, especialmente en los que tiene variación de precio. Además, mejorando la concordancia entre el inventario físico y el registro del sistema.

En el siguiente año, (Valencia, 2011) crea una propuesta llamada “Actualizar, automatizar y controlar el área de inventarios de equipos de servicio de la empresa Servisound producciones ubicada en Cali, valle” para lograr implementar una eficiente administración operativa y una ventaja competitiva. Propuesta implementada con el fin

de mejorar el área de inventarios de dicha empresa. A nivel interno es posible concluir que dicha empresa objeto de estudio presenta una mejora continua en los procesos operativos y de igual forma representa un reto y cambio organizacional que llevara a los miembros de la empresa a actuar y sentir que hay más productividad en la operaciones de la organización, más eficiencia en los procesos y mejor desempeño en las actividades establecidas, de esta forma se concluye que un análisis dentro del sistema gerencial de la empresa también afecta de manera directa a la gestión del control interno del inventario.

En el mismo año, (Rodríguez & Sánchez, 2011) realizan la propuesta optimización del sistema de gestión de inventarios de productos químicos y colorantes en clariant Colombia s.a. mediante la técnica AHP evalúan los productos del inventario generando una clasificación ABC, con lo cual se identifican los productos de mayor importancia para la compañía, además se optimizó el uso de los recursos informáticos, aprovechando al máximo el manejo del sistema de inventario operativo SAP, para la clasificación y administración del inventario, permitiendo a la empresa tener mayor control y mejorando el tiempo de respuesta con el cliente.

Por otra parte (Lemus & Forero, 2012.) con su propuesta diseño del sistema de inventarios, para la buena administración de la empresa comercializadora, exostos, frenos y radiadores Kennedy, identificaron Mediante la matriz de variables cruzadas que el modelo de inventario hibrido satisface las necesidades de la empresa exostos y radiadores en cuanto al control de cantidad de productos terminados, el modelo de inventario propuesto se considera eficiente para la gestión de inventarios de la empresa ya que relaciona las variables más relevantes de este proceso, esto les permitió evaluar indicadores de forma integral, ayudando a la toma de decisiones en gestión de inventarios.

Más adelante (Flórez & Leal, 2014), diseño de un plan de mejoramiento para la gestión y control de inventarios de la empresa distribuidora ferretera internacional. La propuesta la desarrollaron implementando una clasificación ABC de los ítems de la empresa, su manejo de ítems es alto por lo cual su objetivo es cumplirle al cliente de manera eficiente haciendo una rotación amplia del inventario. Como validación de la propuesta se diseñaron indicadores de gestión y políticas de inventarios que permitieran controlar, de una mejor manera, los inventarios y el manejo de los mismos, en lo que respecta a almacenamiento, compras y ventas, mejorando el tiempo de respuesta con el cliente.

6. METODOLOGÍA

Para elaborar este proyecto se realiza:

- Determinar la situación actual y tendencia en cuanto al control y gestión del inventario.

Se describe la situación actual de la distribuidora en cuanto a su manejo de inventario, cantidad de producto que mantienen en bodega, número de ítems que manejan, costo de cada ítem, cantidad de ventas mensuales o anuales, rotación del inventario, costos de mantenimiento del inventario y demás, utilizando herramientas de análisis como excel o minitab.

- Desarrollar una clasificación ABC multicriterio de los ítems de la empresa.

Con el fin de tomar en consideración diversos criterios importantes para la categorización de los productos se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), para esto se tendrán en cuenta múltiples objetivos que desea alcanzar la empresa.

El primer paso fue identificar todos los criterios o factores de importancia para el objetivo específico planteado por la empresa.

El segundo paso, jerarquizar los criterios o factores en uno o más niveles con el fin de efectuar comparaciones.

Los criterios por los cuales se desea evaluar la clasificación multicriterio son El criterio de demanda/ventas anuales hace referencia a la cantidad de unidades físicas que fueron demandadas del producto durante el último año, y el costo unitario se basa en el costo total que representa cada unidad del ítem.

Finalmente, se realizó una serie de comparaciones por pares que se llevó a cabo en cada uno de los niveles que se jerarquizaron.

- Determinar un modelo adecuado de pronóstico según la demanda y definir una política de control de inventario para los ítems clase A de la empresa objeto de estudio.

Una vez lograda la clasificación e identificados los productos, se deriva con el desarrollo del sistema de pronósticos, cuya función principal es predecir el comportamiento de la demanda que se quiere satisfacer.

Se procede a identificar el comportamiento del patrón de demanda y aplicar las técnicas de pronóstico adecuado; una vez obtenidos los sistemas de pronóstico con menor ECM, MAD y MAPE, se determina la política de control de inventario que permita dar respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cuándo revisar?, ¿Cuánto comprar? y ¿Qué cantidad se debe comprar?; con lo cual permita ofrecer el nivel de servicio adecuado y reduciendo los costos total relevantes.

- Validación de la propuesta.

Para demostrar a la distribuidora los beneficios obtenidos al implementar el sistema de control de inventario propuesto, se realizó una comparación entre el sistema actual y el sistema propuesto. Mostrando las cantidades a ordenar, los costos de mantenimiento y administración del inventario.

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para la validar la propuesta sugerida se utilizaron datos otorgados por la empresa objeto de estudio. Los cuales fueron obtenidos mediante registros de los últimos 18 meses de los productos.

Adicionalmente, se contó con la participación de las personas que se ven directamente afectadas por la problemática planteada.

La propuesta inicia con un método de clasificación multicriterio de inventarios, que busca categorizar los productos de acuerdo a criterios importantes para la empresa. Luego, se utilizan técnicas de pronósticos para estimar el consumo futuro de los productos y finalmente, se toma la información del sistema de pronóstico para establecer un sistema de control de inventarios, que garantice la oportuna reposición de las existencias así como también las cantidades óptimas de compra.

7.1 Situación actual y tendencias en cuanto al manejo del inventario.

En Colombia, los confites y los chocolates tienen una participación significativa en la industria nacional en cuanto a producción, exportaciones y valor agregado, además es un gran consumidor de materias primas del agro y de toda clase de servicios asociados a la producción industrial (consumo intermedio), lo que lo convierte en una locomotora de este importante sector de la economía. Este subsector genera además más de 28 mil empleos directos y un número superior de indirectos, por sus encadenamientos con el eslabón proveedor de materias primas e insumos. Sus productos se exportan desde hace más de 50 años y tienen presencia en más de noventa países. (Sectorial, 2016)

Entre los principales actores del mercado se encuentran:

Tabla 3: Principales actores del mercado

Empresa
<i>Colombina S.A</i>
Compañía Nacional de Chocolates S.A.S
Cadbury Adams Colombia S.A
Comestibles Aldor S.A
C.I Super de Alimentos S.A

Fuente: Sectorial (2016)

El negocio de dulces registró en 2015 ventas por \$1,73 billones de pesos y 60.100 toneladas, lo que significa un consumo per cápita de \$35.100 y 1,2 kilogramos. A su vez, se destaca el buen desempeño de la actividad cacaotera, la cual plantea importantes retos hacia el futuro. De ahí la creación de la Gran Alianza Cacaotera, un esfuerzo conjunto para fortalecer la cadena, que tiene por objetivo lograr una producción de 55.900 toneladas a 2018.

Según Euromonitor, el gasto de un colombiano en promedio en confitería es del orden de los COP \$11.627 al año y el consumo no alcanza el kilogramo (0,8 Kg). Por su parte, el gasto per cápita de chocolates es del orden de los \$10.338 con un consumo de 0,3 kilogramos.

Adicionalmente, el crecimiento en la producción permitió satisfacer la demanda interna y generar excedentes para la exportación con lo que se comenzó a abrir mercados internacionales.

En Colombia, la industria de la confitería ha tomado relevancia dada la creciente demanda mundial por parte de los consumidores de todas las edades y la ventaja a nivel mundial que representa el producir internamente sus principales materias primas que son el cacao, el azúcar y la glucosa. Es por esto que las empresas confiteras y chocolateras colombianas han apostado a la inversión en investigación y desarrollo, y a la adquisición de infraestructura y maquinaria necesaria para llevar a cabo esta actividad con el fin de fortalecer el mercado interno y así aumentar la competitividad en el ámbito internacional potencializando las exportaciones que se dirigen principalmente hacia Venezuela, Ecuador y Estados Unidos. (Sectorial, 2016)

Es por esto que el contar con un buen manejo y control del inventario es asegurar ventas constantes dadas su cantidad de consumo y creciente demanda a nivel nacional e internacional lo que permite a la distribuidora ser más competitiva con otras bodegas de la zona, quienes manejan artículos similares.

Para los propietarios de la distribuidora la experiencia les ha demostrado que su fuerte está en los llamados dulces artesanales entre los que se encuentran bananas, cocadas, minisigui, moritas, panelitas, pitillos, torta, taco leche y demás artículos producidos por empresas familiares y que no abarcan mercados tan grandes como colombina, Nestlé, Adams, entre otras.

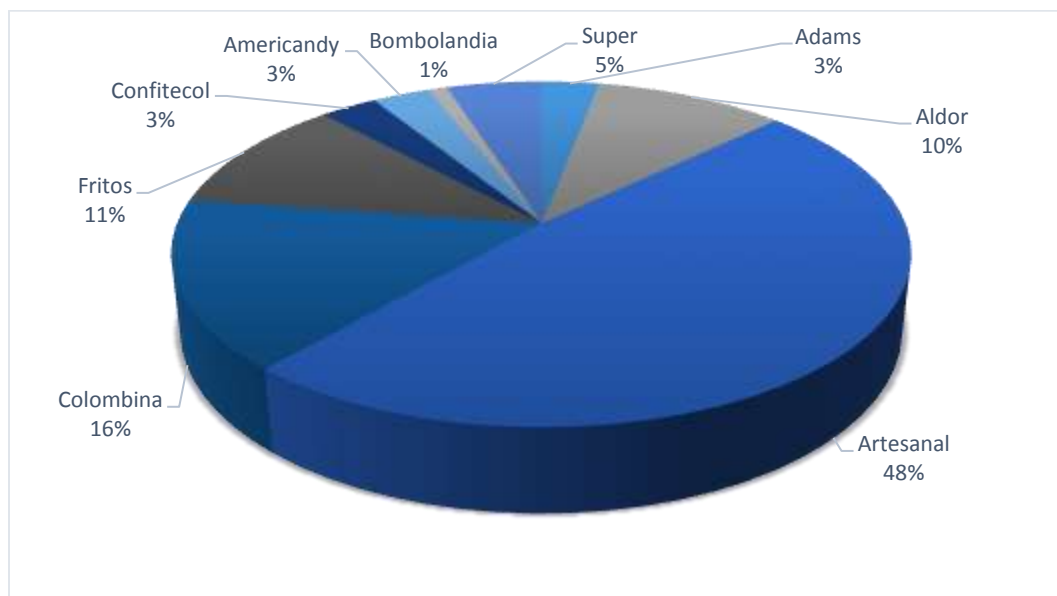
Actualmente la distribuidora objeto de estudio no cuenta con un sistema que permita llevar el inventario de forma ordenada, ya que es una empresa nueva dados sus pocos años de servicio y su manejo familiar. Maneja 9 marcas de productos los cuales representan 101 sku. La cantidad de productos y la participación porcentual de cada marca sobre el total de productos es:

Tabla 4: Cantidad de productos por marca y porcentaje que representa.

MARCA	CANTIDAD DE PRODUCTOS QUE MANEJA	PARTICIPACION PORCENTUAL DE CADA MARCA
ADAMS	3	3,0%
ALDOR	10	9,9%
ARTESANAL	49	48,5%
COLOMBINA	16	15,8%
FRITOS	11	10,9%
CONFITECOL	3	3,0%
AMERICANDY	3	3,0%
BOMBOLANDIA	1	1,0%
SUPER	5	5,0%

Fuente: Elaboración propia (2017)

Gráfico 1: Participación porcentual de cada marca en el total de productos manejados por la distribuidora.



Fuente: Elaboración propia (2017)

La cantidad de producto que mantiene en la bodega mensualmente expresado en pesos, es en promedio \$ 300.000.000 (trescientos millones de pesos), sin embargo esta cifra debe ser menor dada la problemática de control del inventario que se está

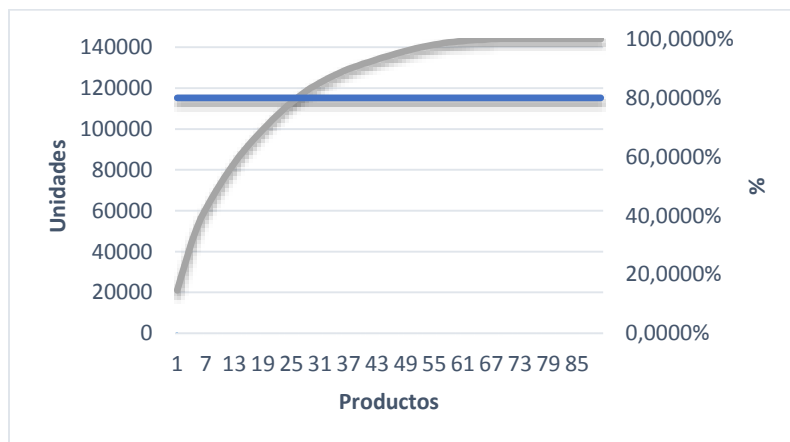
presentando; y es que para realizar un pedido no tienen en cuenta ningún sistema de pronósticos o método establecido de control, sino que establecen la demanda con base en el conocimiento empírico de los propietarios de la bodega quienes deciden qué cantidad se requiere de cada uno de los productos para suplir las necesidades mensuales.

Por este motivo la distribuidora ha tenido incumplimiento con los clientes, quienes en muchos casos al no encontrar la referencia solicitada, deciden esperar una próxima visita para realizar el pedido completo; otros deciden simplemente dejar otro producto que representa menor ganancia.

Este desfase de producto en bodega ha significado pérdidas mensuales para la distribuidora en promedio de 13'000.000 (trece millones de pesos) Con lo cual no solo dejan de obtener mayor ganancia, sino que disminuye su nivel de servicio al cliente.

Diagramas de Paretos.

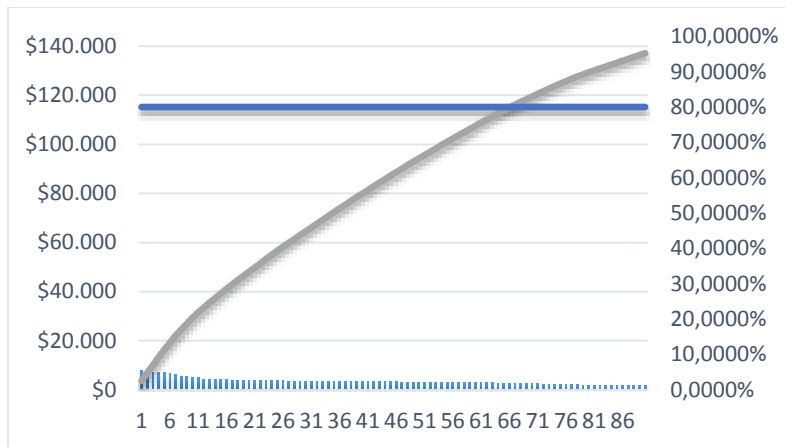
Gráfico 2: Diagrama de Pareto por cantidad de unidades de cada producto disponible en bodega.



Fuente: Elaboración propia (2017)

El gráfico muestra que el 80% del inventario disponible en bodega, en su mayoría lo componen 29 productos.

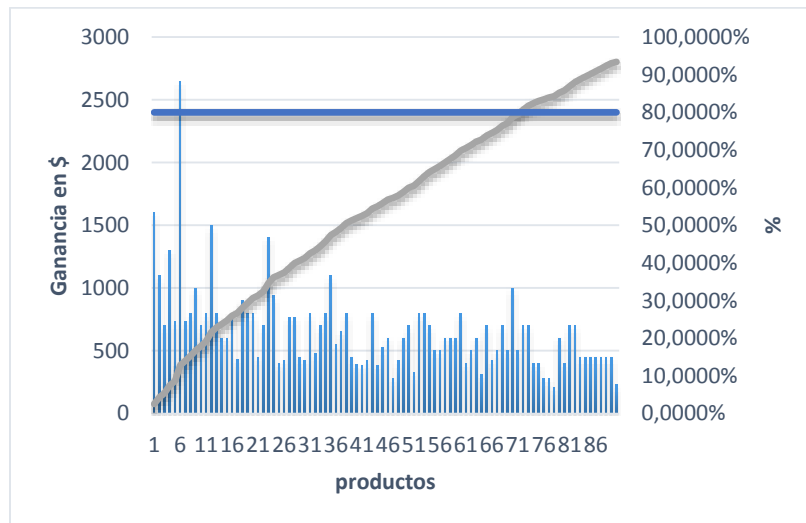
Gráfico 3: Pareto por costo unitario de cada sku.



Fuente: Elaboración propia (2017)

El gráfico muestra que para la distribuidora 68 productos requieren de mayor capital para adquirirlos.

Gráfico 4: Ganancia obtenida por cada artículo.



Fuente: Elaboración propia (2017)

Se observa que para la bodega el 80% de sus ganancias radica en 72 de los productos que maneja.

Para la distribuidora la mayor parte de su inventario lo componen 29 productos, sin embargo, la participación a las ganancias se observa en 72 de los 101 sku que maneja,

es decir que aunque la mayoría de productos aportan a la ganancia, no significa que sean representativos a la hora de venderse, por esto es necesario realizar un análisis que permita mostrar que productos requieren mayor atención.

7.2 CLASIFICACIÓN MULTICRITERIO AHP

Para tener en cuenta diversos criterios importantes para la categorización de los productos, se utilizó la técnica de clasificación multicriterio AHP para la clasificación del inventario. La importancia de utilizar una técnica de clasificación multicriterio es identificar aquellos productos de mayor importancia que deben ser controlados más minuciosamente y que su gestión genera un impacto positivo.

Primero se identifican los criterios importantes a considerar, los cuales obtuvieron una calificación de acuerdo al conocimiento y experiencia de un grupo de personas seleccionadas que participaron en el desarrollo del presente trabajo.

Con la calificación dada a cada criterio, se estableció un peso de importancia para cada uno y se evaluaron todos los productos de acuerdo al peso de cada criterio, obteniendo así una clasificación ABC, donde los productos A son aquellos con mayor calificación, críticos para la operación de la distribuidora y por lo tanto se deben tratar con mayor atención, los productos B son importantes para la operación y se deben manejar con cuidado pero no tienen tanto impacto como los A. Por último, los productos C son aquellos que tienen poco impacto pero representan la mayor cantidad de artículos.

7.2.1 Selección y calificación de criterios. En la selección de criterios se utilizaron propuestas mencionadas en el artículo “Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de Criterios y Efectos en la Asignación de Pesos” (castro & Jaime, 2011) quienes proponen criterios como demanda, costo unitario y rotación, los cuales fueron utilizados.

Para la calificación se contó en el conocimiento y experiencia de personas como el jefe de almacén, la vendedora del lugar, la propietaria del lugar, que a su vez es quien realiza las compras (jefe de compras). Estas personas son quienes en su día a día se ven afectados por la falta de productos para satisfacer a sus clientes.

Teniendo en cuenta la metodología de la clasificación AHP, la calificación se realizó por pares de criterio, utilizando la siguiente escala de medición:

- 1 Igualmente preferido
- 3 Moderadamente Preferido
- 5 Fuertemente preferido
- 7 Muy fuertemente preferido

9 Extremadamente preferido

El cuadro No. 1 Representa la calificación que los encuestados le dieron a cada pareja de criterios. Con esta calificación se calculó la matriz de comparación por pares presentada en la tabla No. 4

Cuadro 1. Calificación por pares de criterios

Encuestados \ Criterios	Costo	Costo	Rot Inv
	Demanda	Rot Inv	Demanda
Vendedora	1/7	1/5	1/4
Jefe de almacén	1/7	1/5	1/7
Jefe de Compras	1/7	1/4	1
Total	0,43	0,65	1,39
Promedio	0,14	0,22	0,46

Fuente: Elaboración propia (2017)

El cuadro No. 2 presenta los resultados obtenidos del promedio para cada par de criterios.

Cuadro 2. Resultado promedio para cada par de criterios.

Criterio 1	Criterio 2	Media
Costo	Demanda	0,14
Costo	Rot Inv	0,22
Rot Inv	Demanda	0,33

Fuente: Elaboración propia (2017)

7.2.2. Cálculo Peso de cada criterio – Vector Prioridad. Con los resultados de la media se procede a realizar la matriz de comparación de criterios de acuerdo a la metodología AHP. En donde la diagonal de la matriz es igual a 1. Los resultados del cuadro 3, se indican en la celda correspondiente y para las demás celdas que queden vacías se agrega la media inversa de la comparación.

Cuadro 3. Matriz de comparación de cada criterio.

	Costo	Demanda	Rot Inv
Costo	1	0,14	0,22
Demanda	6,99	1	3,04
Rot Inv	4,64	0,33	1

Fuente: Elaboración propia (2017)

Para calcular el vector de prioridad de cada criterio se construye la matriz normalizada dividiendo cada valor de comparación de criterios entre la suma de la columna correspondiente.

El vector de prioridad es igual al promedio de la fila de la matriz y representa la importancia relativa de los criterios comparados.

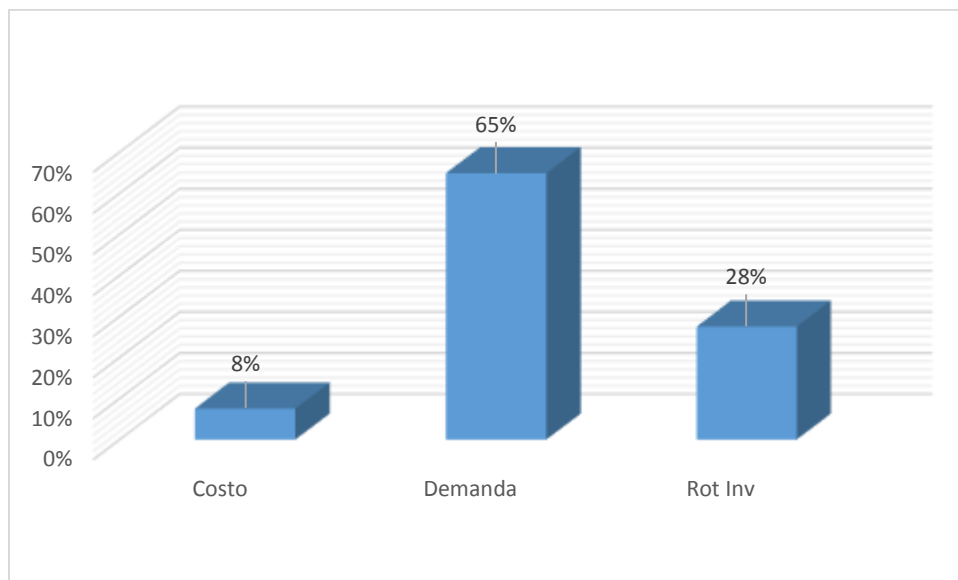
El cuadro 4, muestra la matriz normalizada con el vector de prioridad, el cual se representa gráficamente en la figura No. 2 y es igual al promedio de las filas. Cuadro 4. Matriz normalizada y el vector prioridad.

Cuadro 4. Matriz normalizada y vector prioridad.

	Costo	Demanda	Rot Inv	Vector Prioridad
Costo	0,08	0,10	0,05	8%
Demanda	0,55	0,68	0,71	65%
Rot Inv	0,37	0,22	0,24	28%

Fuente: Elaboración propia (2017)

Gráfico 5. Importancia de cada criterio.



Fuente: Elaboración propia (2017)

Como se observa en el gráfico 6, el criterio con mayor importancia es la demanda, es decir la cantidad de artículos que son adquiridos por los consumidores, entre estos se encuentran los productos artesanales.

El segundo criterio con mayor peso es la rotación de los productos. Aquellos productos de una alta rotación son los que se venden regularmente y es importante realizar seguimientos y mantener en stock para conservar la efectividad de la distribuidora.

Por último, el criterio con menos peso fue el costo, pues a pesar de que este es un criterio importante no es tan relevante, ya que hay productos de un costo más alto pero que no afectan la operación de la distribuidora.

7.2.3. Análisis de consistencia. Para terminar el análisis, se debe calcular el coeficiente de consistencia, el cual verifica que los juicios no tenga errores entre ellos, es decir que no se hayan producido contradicciones entre los mismos. Los pasos para realizar el cálculo del índice de consistencia son:

- **Cálculo Suma Ponderada.** Es igual a la multiplicación de la matriz de comparación de criterios por el vector prioridad.

Cuadro 5. Suma ponderada.			
	Costo	Demanda	Rot Inv
Costo	1,00	0,14	0,22
Demanda	6,99	1,00	3,04
Rot Inv	4,64	0,33	1,00

 $\times$

Vector Prioridad
8%
65%
28%

 $=$

SP
0,23
2,01
0,84

Fuente: Elaboración propia (2017)

- **División Suma Ponderada con Vector de Prioridad.** Dando como resultado un vector que se utiliza para calcular el IC.

Cuadro 6. División suma ponderada con vector prioridad

SP	/	Vector Prioridad	=	SP/VP
0,23		8%		3,01
2,01		65%		3,10
0,84		28%		3,05

Fuente: Elaboración propia (2017)

- **Cálculo λ_{Max} .** Es igual al promedio de los valores del vector SP/VP.

$$\lambda_{Max} = (3,01+3,1+3,05)/3 = 3,05$$

- **Calculo IC (índice de consistencia).** Se obtiene con la siguiente fórmula. Donde m es igual al número de criterios.

$$IC = \frac{(\lambda_{Max}-m)}{m-1}$$

$$IC = (3,05 - 3) / 3 - 1 = 0,026$$

- **Calculo Consistencia.** Se obtiene con la siguiente fórmula. Donde IA es igual 0,58 cuando m = 3.

$$\text{Consistencia} = IC / IA = 0,026 / 0,58 = 0,046 = 4,6\% < 10\%$$

Por tanto se concluye que los resultados arrojados por el método se pueden utilizar, es decir que los valores no presentan errores entre ellos ni contradicciones.

7.2.4. Clasificación de productos por peso de cada criterio. Ya obtenido el peso de los criterios se califica cada producto de acuerdo al peso obtenido, con el fin de clasificarlos y encontrar los SKU tipo A que serán pronosticados y tratados con más detalle.

A continuación se muestra la clasificación por cada peso (importancia) de criterio.

7.2.5. Clasificación de los productos por costo. Para la clasificación de los productos por costo se debe normalizar el costo debido a la variación que hay entre un producto y otro, esto se hace dividiendo los productos entre el costo más alto, seguido de esto se calcula el peso del producto, multiplicando el valor normalizado por el peso del criterio.

En la tabla siguiente se muestra la clasificación por el costo del producto de los primeros 20 artículos.

Tabla 5. Clasificación de los productos por costo.

Código	Costo	Normalización	Peso criterio	Peso producto
14	\$8.000	1,000000	8%	0,08
78	\$7.300	0,912500	8%	0,07
51	\$6.900	0,862500	8%	0,07
1	\$6.867	0,858375	8%	0,07
47	\$6.867	0,858375	8%	0,07
90	\$6.500	0,812500	8%	0,07
29	\$6.200	0,775000	8%	0,06
52	\$5.500	0,687500	8%	0,06
82	\$5.500	0,687500	8%	0,06
83	\$5.200	0,650000	8%	0,05
19	\$4.953	0,619125	8%	0,05
8	\$4.320	0,540000	8%	0,04
26	\$4.200	0,525000	8%	0,04
39	\$4.200	0,525000	8%	0,04
99	\$4.200	0,525000	8%	0,04
34	\$4.157	0,519625	8%	0,04
42	\$4.000	0,500000	8%	0,04
100	\$3.900	0,487500	8%	0,04
20	\$3.800	0,475000	8%	0,04
22	\$3.800	0,475000	8%	0,04
32	\$3.800	0,475000	8%	0,04
63	\$3.800	0,475000	8%	0,04
37	\$3.779	0,472375	8%	0,04
72	\$3.750	0,468750	8%	0,04
74	\$3.727	0,465875	8%	0,04
56	\$3.620	0,452500	8%	0,04
79	\$3.510	0,438750	8%	0,04
97	\$3.500	0,437500	8%	0,04
9	\$3.458	0,432250	8%	0,03
4	\$3.450	0,431250	8%	0,03
49	\$3.450	0,431250	8%	0,03
57	\$3.435	0,429375	8%	0,03
59	\$3.435	0,429375	8%	0,03
7	\$3.420	0,427500	8%	0,03
12	\$3.420	0,427500	8%	0,03
61	\$3.420	0,427500	8%	0,03

54	\$3.380	0,422500	8%	0,03
50	\$3.350	0,418750	8%	0,03
2	\$3.300	0,412500	8%	0,03
11	\$3.300	0,412500	8%	0,03
6	\$3.276	0,409500	8%	0,03
41	\$3.276	0,409500	8%	0,03
85	\$3.276	0,409500	8%	0,03
31	\$3.200	0,400000	8%	0,03
53	\$3.200	0,400000	8%	0,03
89	\$3.200	0,400000	8%	0,03
17	\$3.100	0,387500	8%	0,03
64	\$3.100	0,387500	8%	0,03
65	\$3.100	0,387500	8%	0,03
10	\$3.000	0,375000	8%	0,03
15	\$3.000	0,375000	8%	0,03
58	\$3.000	0,375000	8%	0,03
81	\$3.000	0,375000	8%	0,03
84	\$3.000	0,375000	8%	0,03
60	\$2.991	0,373875	8%	0,03
16	\$2.900	0,362500	8%	0,03
35	\$2.900	0,362500	8%	0,03
38	\$2.900	0,362500	8%	0,03
45	\$2.900	0,362500	8%	0,03
87	\$2.900	0,362500	8%	0,03
3	\$2.800	0,350000	8%	0,03
36	\$2.800	0,350000	8%	0,03
73	\$2.800	0,350000	8%	0,03
66	\$2.779	0,347375	8%	0,03
46	\$2.700	0,337500	8%	0,03
86	\$2.600	0,325000	8%	0,03
25	\$2.500	0,312500	8%	0,03
80	\$2.500	0,312500	8%	0,03
21	\$2.400	0,300000	8%	0,02
24	\$2.400	0,300000	8%	0,02
55	\$2.400	0,300000	8%	0,02
18	\$2.320	0,290000	8%	0,02
48	\$2.320	0,290000	8%	0,02
43	\$2.300	0,287500	8%	0,02
68	\$2.200	0,275000	8%	0,02
69	\$2.200	0,275000	8%	0,02

13	\$2.191	0,273875	8%	0,02
101	\$2.000	0,250000	8%	0,02
71	\$1.900	0,237500	8%	0,02
23	\$1.870	0,233750	8%	0,02
91	\$1.750	0,218750	8%	0,02
92	\$1.750	0,218750	8%	0,02
93	\$1.750	0,218750	8%	0,02
94	\$1.750	0,218750	8%	0,02
95	\$1.750	0,218750	8%	0,02
96	\$1.750	0,218750	8%	0,02
98	\$1.750	0,218750	8%	0,02
30	\$1.702	0,212750	8%	0,02
27	\$1.700	0,212500	8%	0,02
75	\$1.650	0,206250	8%	0,02
28	\$1.600	0,200000	8%	0,02
40	\$1.600	0,200000	8%	0,02
67	\$1.600	0,200000	8%	0,02
70	\$1.600	0,200000	8%	0,02
62	\$1.500	0,187500	8%	0,02
76	\$1.500	0,187500	8%	0,02
77	\$1.417	0,177125	8%	0,01
44	\$1.400	0,175000	8%	0,01
33	\$1.100	0,137500	8%	0,01
5	\$1.000	0,125000	8%	0,01
88	\$966	0,120750	8%	0,01

Fuente. Elaboración propia (2017)

7.2.6. Clasificación de los productos por demanda. Para la clasificación de los productos por demanda se tomó información histórica de los últimos 18 meses y se calculó el promedio de ventas mensual.

El procedimiento que se siguió para la clasificación de los productos por demanda, es el mismo que se describió anteriormente.

En la tabla siguiente se muestra la clasificación por la demanda del producto de los primeros 21 artículos.

Tabla 6. Clasificación de los productos por demanda.

Código	ventas mensuales	Normalización	Peso Criterio	Peso Producto
91	2050	1,00	65%	0,6500
14	2010	0,98	65%	0,6373
100	1978	0,96	65%	0,6272
31	1940	0,95	65%	0,6151
63	1910	0,93	65%	0,6056
22	1897	0,93	65%	0,6015
101	1820	0,89	65%	0,5771
65	1800	0,88	65%	0,5707
20	1745	0,85	65%	0,5533
38	1670	0,81	65%	0,5295
44	1600	0,78	65%	0,5073
92	1565	0,76	65%	0,4962
94	1550	0,76	65%	0,4915
32	1497	0,73	65%	0,4747
56	1440	0,70	65%	0,4566
13	1420	0,69	65%	0,4502
33	1350	0,66	65%	0,4280
62	1287	0,63	65%	0,4081
76	1258	0,61	65%	0,3989
79	1230	0,60	65%	0,3900
19	1200	0,59	65%	0,3805
23	1110	0,54	65%	0,35
39	1040	0,51	65%	0,33
52	900	0,44	65%	0,29
66	650	0,32	65%	0,21
30	600	0,29	65%	0,19
70	475	0,23	65%	0,15
97	170	0,08	65%	0,05
88	110	0,05	65%	0,035
80	100	0,05	65%	0,032
55	87	0,04	65%	0,028
82	75	0,04	65%	0,024
86	60	0,03	65%	0,019
40	60	0,03	65%	0,019
87	58	0,03	65%	0,018

83	55	0,03	65%	0,017
35	55	0,03	65%	0,017
37	54	0,03	65%	0,017
99	53	0,03	65%	0,017
6	50	0,02	65%	0,016
17	47	0,02	65%	0,015
12	46	0,02	65%	0,015
49	44	0,02	65%	0,014
8	40	0,02	65%	0,013
74	37	0,02	65%	0,012
42	35	0,02	65%	0,011
69	34	0,02	65%	0,011
53	33	0,02	65%	0,010
93	32	0,02	65%	0,010
51	29	0,01	65%	0,009
45	28	0,01	65%	0,009
54	27	0,01	65%	0,009
3	27	0,01	65%	0,009
77	26	0,01	65%	0,008
1	26	0,01	65%	0,008
9	25	0,01	65%	0,008
21	25	0,01	65%	0,008
10	25	0,01	65%	0,008
57	24	0,01	65%	0,008
25	24	0,01	65%	0,008
75	24	0,01	65%	0,008
24	23	0,01	65%	0,007
18	23	0,01	65%	0,007
34	22	0,01	65%	0,007
90	21	0,01	65%	0,007
68	20	0,01	65%	0,006
11	20	0,01	65%	0,006
81	19	0,01	65%	0,006
98	18	0,01	65%	0,006
2	18	0,01	65%	0,006
73	17	0,01	65%	0,005
60	17	0,01	65%	0,005
85	16	0,01	65%	0,005
27	16	0,01	65%	0,005
48	15	0,01	65%	0,005

84	15	0,01	65%	0,005
5	14	0,01	65%	0,004
78	13	0,01	65%	0,004
41	13	0,01	65%	0,004
36	13	0,01	65%	0,004
71	12	0,01	65%	0,004
16	12	0,01	65%	0,004
72	13	0,01	65%	0,004
96	11	0,01	65%	0,003
47	11	0,01	65%	0,003
28	10	0,00	65%	0,003
43	9	0,00	65%	0,003
64	11	0,01	65%	0,003
95	8	0,00	65%	0,003
4	7	0,00	65%	0,002
58	6	0,00	65%	0,002
59	6	0,00	65%	0,002
7	7	0,00	65%	0,002
50	5	0,00	65%	0,002
15	5	0,00	65%	0,002
89	4	0,00	65%	0,001
46	4	0,00	65%	0,001
67	4	0,00	65%	0,001
26	4	0,00	65%	0,001
29	3	0,00	65%	0,00
61	3	0,00	65%	0,00

Fuente. Elaboración propia (2017)

7.2.7. Clasificación de los productos por Rotación mensual de Inventario. La clasificación de la rotación de inventario fueron datos proporcionados por la empresa que divide el costo de la mercancía entre el promedio del inventario.

En la tabla siguiente se muestra la clasificación por la rotación del producto de los primeros 21 artículos.

Tabla 7. Clasificación de los productos por rotación.

Código	rotación	Normalización	Peso Criterio	Peso Producto
91	4,00	1,00	28%	0,28
14	3,85	0,96	28%	0,27
100	3,80	0,95	28%	0,27
63	3,76	0,94	28%	0,26
31	3,70	0,93	28%	0,26
65	3,61	0,90	28%	0,25
101	3,56	0,89	28%	0,25
20	3,40	0,85	28%	0,24
22	3,38	0,85	28%	0,24
38	3,05	0,76	28%	0,21
44	2,90	0,73	28%	0,20
92	2,83	0,71	28%	0,20
56	2,81	0,70	28%	0,20
79	2,79	0,70	28%	0,20
13	2,73	0,68	28%	0,19
33	2,57	0,64	28%	0,18
23	2,48	0,62	28%	0,17
76	2,44	0,61	28%	0,17
19	2,40	0,60	28%	0,17
39	2,32	0,58	28%	0,16
32	2,28	0,57	28%	0,16
50	2,26	0,57	28%	0,16
62	2,25	0,56	28%	0,16
59	2,18	0,55	28%	0,15
99	1,96	0,49	28%	0,14
95	1,89	0,47	28%	0,13
28	1,87	0,47	28%	0,13
93	1,86	0,47	28%	0,13
64	1,83	0,46	28%	0,13
54	1,78	0,44	28%	0,12
53	1,72	0,43	28%	0,12
7	1,67	0,42	28%	0,12
83	1,65	0,41	28%	0,12
67	1,61	0,40	28%	0,11
69	1,44	0,36	28%	0,10

71	1,38	0,34	28%	0,10
75	1,36	0,34	28%	0,10
98	1,33	0,33	28%	0,09
74	1,26	0,31	28%	0,09
25	1,25	0,31	28%	0,09
37	1,19	0,30	28%	0,08
49	1,16	0,29	28%	0,08
6	1,12	0,28	28%	0,08
94	1,07	0,27	28%	0,08
81	1,05	0,26	28%	0,07
29	1,00	0,25	28%	0,07
86	0,99	0,25	28%	0,07
85	0,94	0,24	28%	0,07
55	0,93	0,23	28%	0,06
3	0,93	0,23	28%	0,06
68	0,92	0,23	28%	0,06
36	0,85	0,21	28%	0,06
47	0,83	0,21	28%	0,06
61	0,80	0,20	28%	0,06
21	0,82	0,20	28%	0,06
89	0,80	0,20	28%	0,06
10	0,81	0,20	28%	0,06
34	0,78	0,20	28%	0,05
60	0,75	0,19	28%	0,05
9	0,69	0,17	28%	0,05
87	0,69	0,17	28%	0,05
72	0,68	0,17	28%	0,05
8	0,55	0,14	28%	0,04
57	0,53	0,13	28%	0,04
73	0,47	0,12	28%	0,03
82	0,46	0,12	28%	0,03
46	0,45	0,11	28%	0,03
16	0,42	0,11	28%	0,03
80	0,40	0,10	28%	0,03
41	0,35	0,09	28%	0,02
27	0,31	0,08	28%	0,02
48	0,30	0,08	28%	0,02
30	0,28	0,07	28%	0,02
43	0,25	0,06	28%	0,02
2	0,22	0,06	28%	0,02

42	0,21	0,05	28%	0,01
35	0,20	0,05	28%	0,01
84	0,19	0,05	28%	0,01
40	0,15	0,04	28%	0,01
26	0,17	0,04	28%	0,01
58	0,16	0,04	28%	0,01
4	0,11	0,03	28%	0,01
5	0,14	0,04	28%	0,01
77	0,11	0,03	28%	0,01
11	0,10	0,03	28%	0,01
24	0,13	0,03	28%	0,01
45	0,09	0,02	28%	0,01
17	0,08	0,02	28%	0,01
12	0,10	0,03	28%	0,01
1	0,11	0,03	28%	0,01
78	0,10	0,03	28%	0,01
88	0,08	0,02	28%	0,01
18	0,14	0,04	28%	0,01
51	0,13	0,03	28%	0,01
90	0,11	0,03	28%	0,01
70	0,07	0,02	28%	0,00
66	0,06	0,02	28%	0,00
52	0,07	0,02	28%	0,00
97	0,04	0,01	28%	0,00
15	0,01	0,00	28%	0,00
96	0,00	0,00	28%	0,00

Fuente. Elaboración propia (2017)

7.2.8. Peso total producto. Finalmente, para realizar la clasificación ABC acostumbrada de los productos, se agrupan en una sola tabla los pesos obtenidos anteriormente y se suman para obtener el peso total, el cual es ordenado de mayor a menor.

Tabla 8. Clasificación ABC multicriterio de los productos.

Código	Peso Demanda	Peso Rotación	Peso Costo	Peso Total	Peso total %	Peso total Acumulado	Clasificación
91	0,6500	0,28	0,04	0,97	0,039	3,90%	A
14	0,6373	0,27	0,03	0,94	0,038	7,66%	A
100	0,6272	0,27	0,03	0,92	0,037	11,36%	A
31	0,6151	0,26	0,03	0,91	0,036	15,01%	A
63	0,6056	0,26	0,02	0,88	0,036	18,56%	A
22	0,6015	0,25	0,02	0,87	0,035	22,07%	A
65	0,5707	0,25	0,03	0,85	0,034	25,49%	A
101	0,5771	0,24	0,02	0,84	0,034	28,84%	A
20	0,5533	0,24	0,04	0,83	0,033	32,17%	A
38	0,5295	0,21	0,03	0,77	0,031	35,28%	A
44	0,5073	0,20	0,03	0,74	0,030	38,25%	A
92	0,4962	0,20	0,02	0,71	0,029	41,12%	A
56	0,4566	0,20	0,04	0,69	0,028	43,90%	A
32	0,4747	0,20	0,04	0,71	0,029	46,75%	A
13	0,4502	0,19	0,02	0,66	0,027	49,41%	A
79	0,3900	0,18	0,04	0,61	0,024	51,86%	A
33	0,4280	0,17	0,01	0,61	0,025	54,32%	A
76	0,3989	0,17	0,02	0,59	0,024	56,68%	A
94	0,4915	0,17	0,02	0,68	0,027	59,41%	A
62	0,4081	0,16	0,02	0,59	0,024	61,78%	A
19	0,3805	0,16	0,03	0,57	0,023	64,07%	A
23	0,3520	0,16	0,02	0,53	0,021	66,20%	B
39	0,3298	0,16	0,04	0,53	0,021	68,31%	B
52	0,2854	0,15	0,06	0,50	0,020	70,32%	B
66	0,2061	0,14	0,03	0,37	0,015	71,82%	B
30	0,1902	0,13	0,02	0,34	0,014	73,19%	B
99	0,0168	0,13	0,04	0,19	0,008	73,94%	B
50	0,0016	0,13	0,03	0,16	0,007	74,59%	B
59	0,0019	0,13	0,03	0,16	0,006	75,24%	B
83	0,0174	0,12	0,05	0,19	0,008	76,01%	B
70	0,1506	0,12	0,02	0,29	0,012	77,17%	B
54	0,0086	0,12	0,03	0,16	0,006	77,80%	B
64	0,0035	0,12	0,03	0,15	0,006	78,40%	B
53	0,0105	0,11	0,03	0,15	0,006	79,01%	B
93	0,0101	0,10	0,02	0,13	0,005	79,54%	B

95	0,0025	0,10	0,02	0,12	0,005	80,02%	B
28	0,0032	0,10	0,02	0,12	0,005	80,49%	B
7	0,0022	0,09	0,03	0,13	0,005	81,00%	B
37	0,0171	0,09	0,04	0,15	0,006	81,58%	B
74	0,0117	0,09	0,04	0,14	0,006	82,14%	B
67	0,0006	0,08	0,02	0,10	0,004	82,56%	B
29	0,0032	0,08	0,06	0,14	0,006	83,14%	B
69	0,0108	0,08	0,02	0,11	0,004	83,58%	B
47	0,0035	0,08	0,07	0,15	0,006	84,17%	B
49	0,0140	0,07	0,03	0,12	0,005	84,65%	B
25	0,0076	0,07	0,03	0,11	0,004	85,08%	B
6	0,0159	0,07	0,03	0,12	0,005	85,54%	B
75	0,0076	0,07	0,02	0,09	0,004	85,92%	B
71	0,0038	0,06	0,02	0,09	0,004	86,27%	C
98	0,0057	0,06	0,02	0,09	0,004	86,64%	C
86	0,0190	0,06	0,03	0,11	0,005	87,09%	C
82	0,0238	0,06	0,06	0,14	0,006	87,67%	C
55	0,0276	0,06	0,02	0,11	0,004	88,09%	C
81	0,0060	0,06	0,03	0,09	0,004	88,46%	C
3	0,0086	0,06	0,03	0,10	0,004	88,84%	C
85	0,0051	0,06	0,03	0,09	0,004	89,21%	C
34	0,0070	0,06	0,04	0,10	0,004	89,63%	C
87	0,0184	0,05	0,03	0,10	0,004	90,04%	C
97	0,0539	0,05	0,04	0,15	0,006	90,63%	C
36	0,0041	0,05	0,03	0,08	0,003	90,96%	C
10	0,0079	0,05	0,03	0,09	0,003	91,31%	C
61	0,0035	0,05	0,03	0,08	0,003	91,63%	C
8	0,0127	0,04	0,04	0,09	0,004	92,00%	C
80	0,0317	0,04	0,03	0,10	0,004	92,39%	C
68	0,0063	0,03	0,02	0,06	0,002	92,63%	C
72	0,0041	0,03	0,04	0,08	0,003	92,94%	C
60	0,0054	0,03	0,03	0,07	0,003	93,21%	C
1	0,0082	0,03	0,07	0,11	0,004	93,64%	C
89	0,0006	0,03	0,03	0,06	0,002	93,88%	C
51	0,0092	0,02	0,07	0,10	0,004	94,29%	C
9	0,0079	0,02	0,03	0,06	0,002	94,53%	C
21	0,0079	0,02	0,02	0,05	0,002	94,73%	C
78	0,0041	0,02	0,07	0,09	0,004	95,10%	C
90	0,0067	0,02	0,07	0,09	0,004	95,48%	C
57	0,0076	0,02	0,03	0,05	0,002	95,69%	C

73	0,0054	0,01	0,03	0,05	0,002	95,90%	C
42	0,0111	0,01	0,04	0,07	0,003	96,16%	C
16	0,0038	0,01	0,03	0,05	0,002	96,35%	C
46	0,0010	0,01	0,03	0,04	0,002	96,51%	C
35	0,0174	0,01	0,03	0,06	0,002	96,75%	C
41	0,0041	0,01	0,03	0,05	0,002	96,93%	C
17	0,0149	0,01	0,03	0,05	0,002	97,14%	C
12	0,0146	0,01	0,03	0,05	0,002	97,36%	C
88	0,0349	0,01	0,01	0,05	0,002	97,57%	C
26	0,0010	0,01	0,04	0,05	0,002	97,77%	C
40	0,0190	0,01	0,02	0,05	0,002	97,96%	C
2	0,0057	0,01	0,03	0,04	0,002	98,13%	C
45	0,0089	0,01	0,03	0,04	0,002	98,31%	C
84	0,0048	0,01	0,03	0,04	0,002	98,47%	C
11	0,0063	0,01	0,03	0,04	0,002	98,65%	C
27	0,0051	0,01	0,02	0,03	0,001	98,78%	C
48	0,0048	0,01	0,02	0,03	0,001	98,90%	C
4	0,0022	0,01	0,03	0,04	0,002	99,07%	C
58	0,0019	0,01	0,03	0,04	0,002	99,24%	C
43	0,0029	0,01	0,02	0,03	0,001	99,36%	C
24	0,0073	0,00	0,02	0,03	0,001	99,49%	C
18	0,0073	0,00	0,02	0,03	0,001	99,61%	C
15	0,0016	0,00	0,03	0,04	0,001	99,76%	C
77	0,0082	0,00	0,01	0,02	0,001	99,84%	C
5	0,0044	0,00	0,01	0,02	0,001	99,91%	C
96	0,0035	0,00	0,02	0,02	0,001	100,00%	C

Fuente: Elaboración propia (2017)

La clasificación arroja que de los 101 productos que maneja la empresa, un total de 21 productos hacen parte de los denominados clase A, 27 productos de clase B y 53 productos de clase C.

7.3. SISTEMAS DE PRONÓSTICOS

Ya clasificados los productos, se empieza con el desarrollo del sistema de pronósticos, con lo cual se prevé el comportamiento de la demanda a satisfacer.

Este proyecto enfoca los esfuerzos en los ítems clase A, que son los que tiene un mayor impacto en la empresa y su tratamiento puede reducir considerablemente la problemática planteada anteriormente. Los datos utilizados corresponden a la demanda mensual de los productos en los últimos 18 meses.

Para comenzar, se identificó el patrón de demanda de cada producto y se categorizaron como erráticos y no erráticos. De acuerdo a esto, se procedió con la aplicación de las técnicas de pronósticos. Para productos con demanda errática se utilizó la técnica de pronósticos de Croston y para productos con demanda no errática se utilizaron las técnicas del promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble, seleccionando la que tenga un menor ECM, menor MAD y menor MAPE.

7.3.1. Patrón de demanda de los productos. Para identificar el patrón de demanda de los productos se utilizó la fórmula del coeficiente de variación de la demanda.

$$\text{Coeficiente de variación de la demanda} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda}}{\text{Demanda promedio}}$$

Categorizando como productos con demanda errática aquellos que tienen un coeficiente de variación mayor o igual a 1 y de lo contrario, se categorizaron como productos con demanda no errática.

En total, el 100% de los productos clase A tienen demanda no errática, puesto que su coeficiente de variación de la demanda es menor que 1.

7.3.2. Pronósticos para productos con demanda no errática: Para los productos con demanda no errática se utilizaron las técnicas del promedio móvil, suavización exponencial simple y suavización exponencial doble, seleccionando como mejor opción aquella con menor ECM, menor MAD Y menor MAPE.

A continuación se presentan los cálculos obtenidos para producto No. 91.

Promedio Móvil

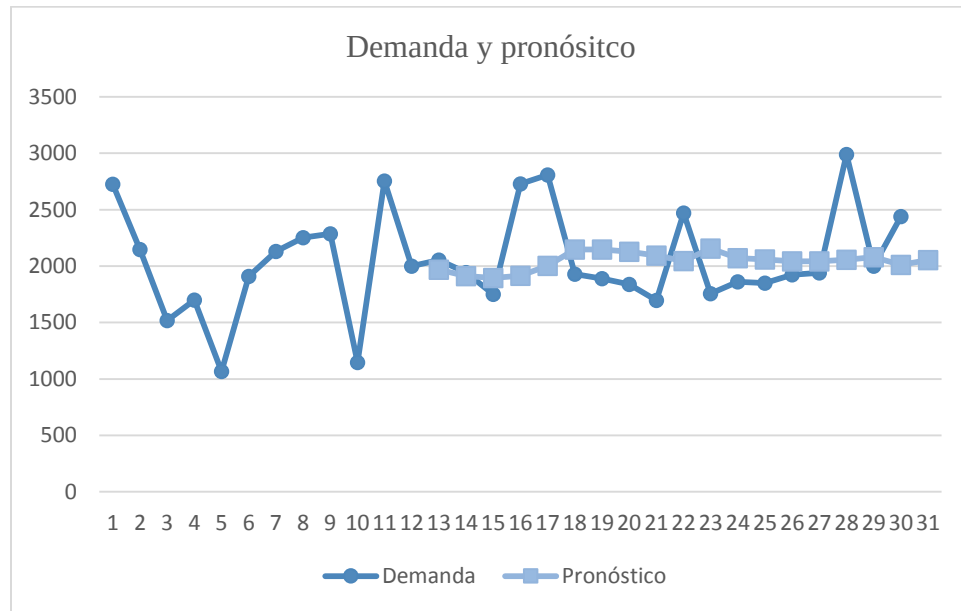
Para el producto No. 91 se calculó el promedio móvil para un n igual a 8, 10 y 12 obteniendo como n óptimo el 12 determinado por el menor ECM, en donde el primer dato obtenido es aproximadamente igual a 1969,33 como se puede observar en la tabla 9. De esta manera se siguieron realizando los pronósticos para los siguientes meses. La tabla No. 9 presenta el sistema de pronóstico de promedio móvil para el producto No. 91 En donde el ECM 178305,5772 es igual a, la MAD 330,7130 es igual a y la MAPE 12,7857

. Tabla 9. Sistema de pronóstico Promedio Movil – producto No. 91

PROMEDIO MOVIL N=12 producto N° 91							
mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático	APE	APE'
1	2726						
2	2148						
3	1517						
4	1700						
5	1066						
6	1908						
7	2131						
8	2252						
9	2285						
10	1146						
11	2753						
12	2000						
13	2054	1969,33333	85	85	7168	24	23
14	1944	1913,33333	31	31	940	63	62
15	1750	1896,33333	-146	146	21413	12	13
16	2729	1915,75	813	813	661376	3	2
17	2809	2001,5	808	808	652056	3	2
18	1928	2146,75	-219	219	47852	9	10
19	1890	2148,41667	-258	258	66779	7	8
20	1837	2128,33333	-291	291	84875	6	7
21	1698	2093,75	-396	396	156618	4	5
22	2470	2044,83333	425	425	180767	6	5
23	1756	2155,16667	-399	399	159334	4	5
24	1862	2072,08333	-210	210	44135	9	10
25	1850	2060,58333	-211	211	44345	9	10
26	1923	2043,58333	-121	121	14540	16	17
27	1940	2041,83333	-102	102	10370	19	20
28	2989	2057,66667	931	931	867382	3	2
29	2000	2079,33333	-79	79	6294	25	26
30	2440	2011,91667	428	428	183255	6	5
31		2054,58333		330,7130	178305,5772	12,7857	13,0079
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia (2017)

Grafico No 6. Demanda y Pronostico promedio móvil para el Producto No 91



Fuente: Elaboración propia (2017)

La selección del valor n se realizó mediante iteraciones que varían a n desde 8 hasta 12, pues de acuerdo a Vidal (2010), dentro de este rango se encuentra el n que arroja el pronóstico con menor ECM, menor MAD y menor MAPE.

La tabla 10 presenta los resultados de las iteraciones realizadas, en donde $n = 12$ es el que tiene menor valor.

Tabla No 10. Resultados de iteraciones

N	MAD	ECM	MAPE	MAPE'
12	330,71	178305,58	12,79	13,01
10	346,95	199025,84	19,12	19,22
8	373,55	225187,82	18,45	18,45

Fuente: Elaboración propia (2017)

Suavización Exponencial Simple

El pronóstico para suavización exponencial simple se realizó con un valor de α igual a 0.3, el cual se obtuvo mediante la herramienta solver de Excel, variando el valor de entre 0.01 y 0.3 de manera que se obtenga el menor ECM, menor MAD y menor MAPE.

El valor de inicialización del pronóstico se obtuvo con el promedio de los últimos 12 meses

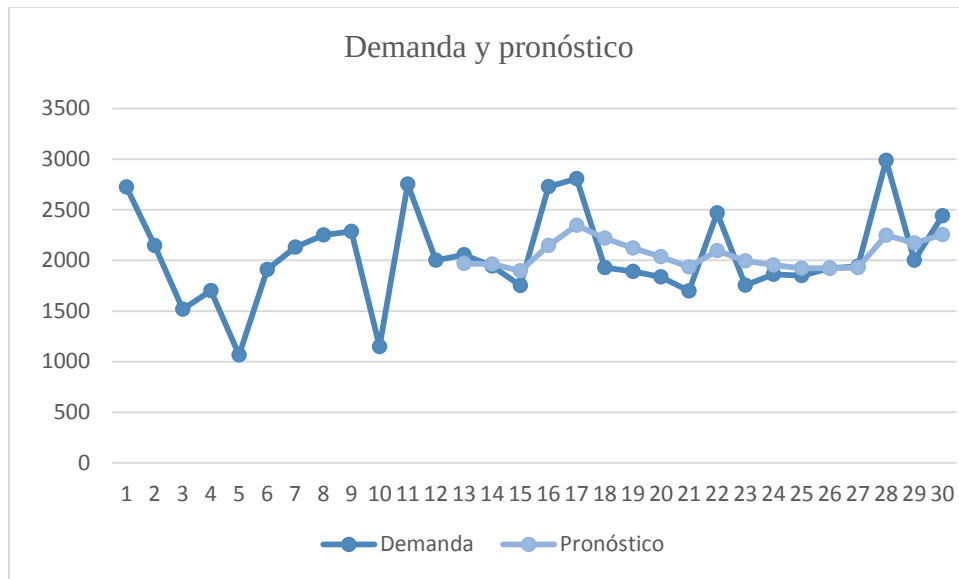
La tabla No 11 presenta el sistema de pronóstico de suavización exponencial simple para el producto No. 91 En donde el ECM es igual a **178305,57**, la MAD **330,7130** y la MAPE **12,7857**

Tabla 11.Sistema de Suavización Exponencial Simple – Producto No. 91

mes	Demanda	Pronóstico	Error	Error Absoluto	Error Cuadrático	APE	APE'
1	2726						
2	2148						
3	1517						
4	1700						
5	1066						
6	1908						
7	2131						
8	2252						
9	2285						
10	1146						
11	2753						
12	2000						
13	2054	1969,33333	85	85	7168	24	23
14	1944	1961,73333	-18	18	314	110	111
15	1750	1898,21333	-148	148	21967	12	13
16	2729	2147,44933	582	582	338201	5	4
17	2809	2345,91453	463	463	214448	6	5
18	1928	2220,54017	-293	293	85580	7	8
19	1890	2121,37812	-231	231	53536	8	9
20	1837	2036,06468	-199	199	39627	9	10
21	1698	1934,64528	-237	237	56001	7	8
22	2470	2095,2517	375	375	140436	7	6
23	1756	1993,47619	-237	237	56395	7	8
24	1862	1954,03333	-92	92	8470	20	21
25	1850	1922,82333	-73	73	5303	25	26
26	1923	1922,87633	0	0	0	15550	15549
27	1940	1928,01343	12	12	144	162	161
28	2989	2246,3094	743	743	551589	4	3
29	2000	2172,41658	-172	172	29727	12	13
30	2440	2252,69161	187	187	35084	13	12
31		1576,88413		230,3603	91332,9050	888,1914	888,3025
				MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia (2017)

Grafico No 7. Demanda y Pronostico Suavización Exponencial simple para el Producto No 91



Fuente: Elaboración propia (2017)

Suavización exponencial doble

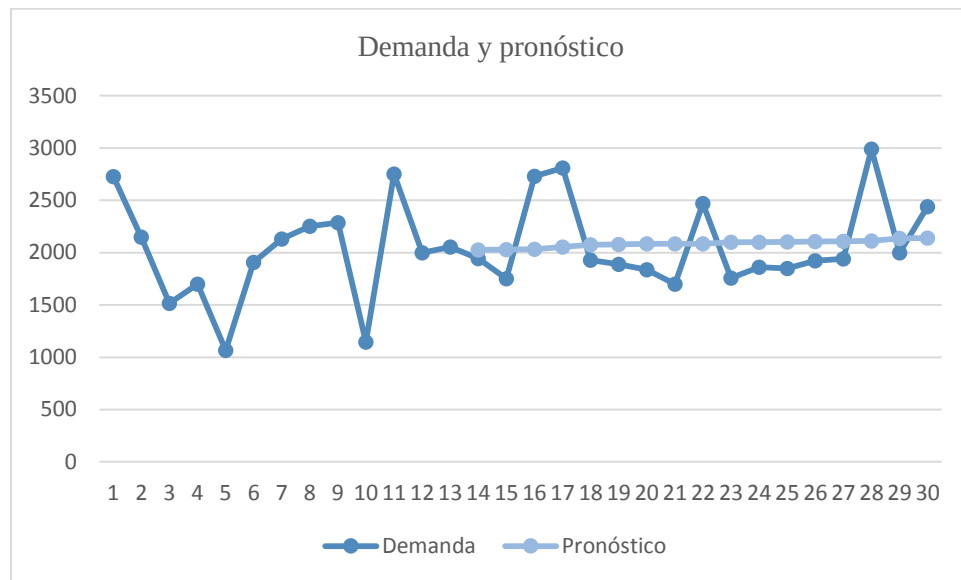
Para hallar los datos de inicio del pronóstico con suavización exponencial doble para el producto 91, se identificaron los valores de $a1(0)$, que representa una primera estimación del corte con el eje y, referida al tiempo cero de los datos utilizados para la inicialización. $b1(0)$, que es la estimación del valor constante alcanzado por la demanda, determinado con base en la regresión lineal de datos históricos y $b2(0)$ que representa la pendiente de la tendencia de la demanda.

Tabla 12. Sistema de suavización exponencial doble – producto N° 91

mes	Demanda	St	St[2]	Pronóstico	Error	Error ABS.	Error CUAD.	APE	APE'
1	2726		a1(0)	2559,466667					
2	2148		b2(0)	-204,371429					
3	1517		b1(0)	-1119,21905					
4	1700		alpha	0,3					
5	1066		So	-642,352381					
6	1908		So[2]	-165,485714					
7	2131								
8	2252								
9	2285								
10	1146								
11	2753								
12	2000								
13	2054	-642,35	-165,49						
14	1944	133,55	-75,77	-1323,59	3267,59	3267,59	10677147,52	1,68	-2,47
15	1750	618,49	132,50	432,59	1317,41	1317,41	1735562,83	0,75	3,05
16	2729	1251,64	468,25	1312,75	1416,25	1416,25	2005767,84	0,52	1,08
17	2809	1718,85	843,43	2370,78	438,22	438,22	192038,64	0,16	0,18
18	1928	1781,59	1124,88	2969,45	-1041,45	1041,45	1084622,62	0,54	0,35
51	1890	1814,12	1331,65	2719,76	-829,76	829,76	688504,78	0,44	0,31
	1837	1820,98	1478,45	2503,36	-666,36	666,36	444029,08	0,36	0,27
	1698	1784,09	1570,14	2310,31	-612,31	612,31	374928,16	0,36	0,27
	2470	1989,86	1696,06	2089,73	380,27	380,27	144608,85	0,15	0,18
	1756	1919,70	1763,15	2409,58	-653,58	653,58	427169,00	0,37	0,27
	1862	1902,39	1804,92	2143,35	-281,35	281,35	79157,23	0,15	0,13
	1850	1886,67	1829,45	2041,63	-191,63	191,63	36723,40	0,10	0,09
	1923	1897,57	1849,89	1968,43	-45,43	45,43	2063,51	0,02	0,02
	1940	1910,30	1868,01	1965,70	-25,70	25,70	660,28	0,01	0,01
	2989	2233,91	1977,78	1970,72	1018,28	1018,28	1036903,28	0,34	0,52
	2000	2163,74	2033,57	2599,81	-599,81	599,81	359772,94	0,30	0,23
	2440	2246,62	2097,48	2349,69	90,31	90,31	8155,09	0,04	0,04
		1814,12				757,3950	1135165,5906	0,3710	0,2663
						MAD	ECM	MAPE	MAPE'

Fuente: Elaboración propia (2017)

Grafico No 8. Demanda y Pronostico Suavización Exponencial doble, Producto No 91



Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 13. Comparación Indicadores de Pronósticos, producto N° 91.

Producto N°91	MAD	ECM	MAPE	MAPE'
Promedio movil	330,71296	178305,58	12,785691	13,007913
Suavización exponencial simple	230,36026	91332,905	888,19137	888,30248
Suavización exponencial doble	333,41087	160965,38	0,1498522	0,1601585

Fuente: Elaboración propia (2017)

7.3.3 Señal de Rastreo

Cuadro No 7. Calculo de la Señal de Rastreo del producto N° 91.

Sem.	Per. T	Dem.					Dem. (Regresión)	Residuos				
1		2726					1933,25	792,75				
2		2148					1940,35	207,65				
3		1517					1947,45	-430,45				
4		1700					1954,55	-254,55				
5		1066					1961,65	-895,65				
6		1908					1968,75	-60,75				
7		2131					1975,85	155,15				
8		2252					1982,95	269,05				
9		2285					1990,04	294,96				
10		1146					1997,14	-851,14				
11		2753					2004,24	748,76				
12		2000	Pronóstico	eT	eT	eT2	2011,34	-11,34	Error Suav	Const w = Mad Suav	0,1 1,01	Señal de Rastreo
13	0	2054					2018,44	35,56	Q(T)	MAD(T)	ECMS(T)	Q(T)/MAD(T)
14	1	1944	2025,54	-81,54	81,54	6648,52			0,00	434,03	290678,54	0,00
15	2	1750	2031,01	281,01	281,01	78964,71			-8,15	398,78	262275,54	0,02
16	3	2729	2032,48	696,52	696,52	485144,00			62,31	428,55	284562,38	0,15
17	4	2809	2053,47	755,53	755,53	570825,11			131,64	461,25	313188,65	0,29
18	5	1928	2075,71	147,71	147,71	21819,19			103,70	429,90	284051,71	0,24
19	6	1890	2079,97	189,97	189,97	36087,38			74,33	405,90	259255,28	0,18
20	7	1837	2083,36	246,36	246,36	60693,51			42,26	389,95	239399,10	0,11
21	8	1698	2085,61	387,61	387,61	150239,50			-0,72	389,72	230483,14	0,00
22	9	2470	2085,00	385,00	385,00	148221,37			37,85	389,24	222256,96	0,10
23	10	1756	2099,82	343,82	343,82	118208,96			-0,32	384,70	211852,16	0,00
24	11	1862	2100,09	238,09	238,09	56685,98			-24,09	370,04	196335,55	0,07
25	12	1850	2102,44	252,44	252,44	63726,57			-46,93	358,28	183074,65	0,13
26	13	1923	2104,48	181,48	181,48	32936,22			-60,38	340,60	168060,81	0,18
27	14	1940	2107,92	167,92	167,92	28196,95			-71,14	323,33	154074,42	0,22
28	15	2989	2111,61	877,39	877,39	769815,50			23,71	378,74	215648,53	0,06
29	16	2000	2136,19	136,19	136,19	18546,99			7,72	354,48	195938,37	0,02
30	17	2440	2140,58	299,42	299,42	89651,06			36,89	348,98	185309,64	0,11
31	18		2153,68									
			MAD y ECM →		333,41	160965,38						
			Desv. estándar estimada →		417,86	401,20						

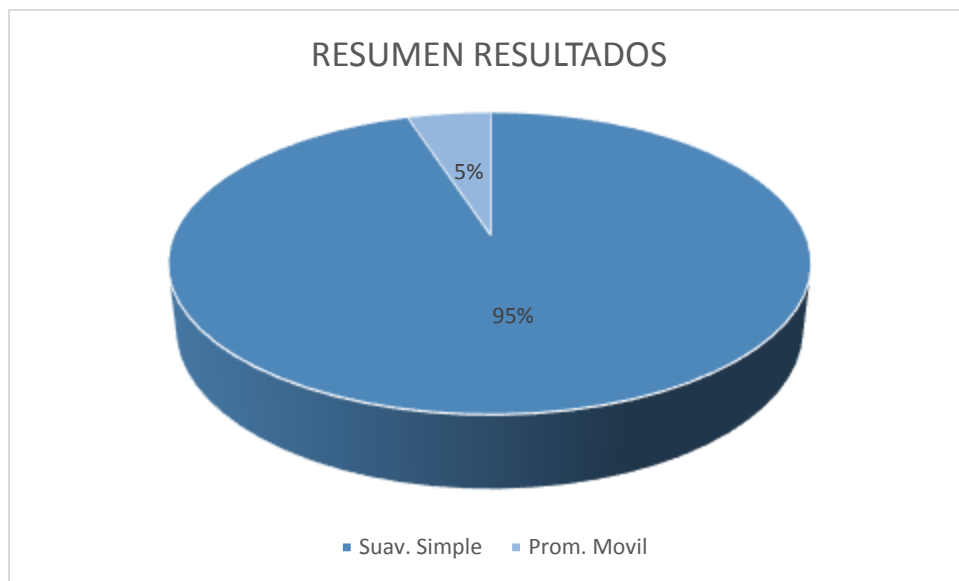
Fuente: Elaboración propia (2017)

Como se puede observar la señal de rastreo en los periodos de tiempos pronosticados, toma valores inferiores a 0.6 por lo cual se puede concluir que el pronóstico utilizado es adecuado para predecir la demanda del producto 91.

7.4. Resumen de resultados de pronósticos

En el 95% de los productos, la técnica de suavización exponencial simple fue la que arrojó mejores resultados con un menor ECM. En el 5% de los productos la técnica que mostró mejores resultados fue la de promedio móvil.

Gráfico N° 9. Resumen de resultados



Fuente: Elaboración propia (2017)

8. SISTEMA DE CONTROL

Ya identificados los sistemas de pronósticos con menor ECM, menor MAD y menor MAPE para cada producto, se determina la política de control que permita saber cuándo revisar, cuánto comprar y qué cantidad, para ofrecer el nivel de servicio adecuado reduciendo los costos totales relevantes.

En todos los productos se aplicó las técnicas de revisión continua (s, S), y la técnica de revisión periódica (R, S) seleccionando la que ofreciera un costo total relevante menor.

Dado a que no se tiene registros de pedidos pendientes o cantidades faltantes, la técnica de revisión continua (s, Q) no se realiza; de igual forma la política de revisión

(R, s, S) es más difícil de comprender y emplear, lo que la hace más susceptible de errores humanos, por tanto no se toma en cuenta para el estudio.

8.1 Parámetros. Se calcularon los sistemas de control para todos los productos.

Cuadro 8. Parámetros Sistema de control producto 91

DATOS		Valor	
Demanda Mens. Pronosticada (und/mes)	d	2050	
Error cuadrático medio	ECM	91332,91	
Desv. Estand. Errores	σ_1	302,21	
Tiempo de reposición (mes)	L	0,5	Meses
Valor del ítem (\$)	v	\$ 1.750	
Costo de ordenamiento (\$)	A	\$19.670	\$/pedido
Cost. Mant. Inventario (\$)	r	8,3%	Mes
Nivel de servicio deseado	P1	97,5%	

Fuente: Elaboración propia (2017)

Los datos de la demanda mensual pronosticada y el valor de ítem se obtuvieron de la información suministrada por la empresa a partir de datos históricos. El ECM y la desviación estándar de los errores se obtuvieron del sistema de pronóstico. Los demás parámetros se calcularon de la siguiente manera:

El tiempo de reposición L debido a que la empresa no cuenta con datos acerca de esto, se asume como 0,5; siendo este la mitad del mes.

Costos de Ordenamiento. Este dato fue se obtuvo multiplicando el promedio de inventario del producto por el costo asociado al mismo.

Costo de Mantener Inventario. Este dato fue calculado utilizando la siguiente formula:

$$CTM = C \cdot P \cdot A$$

Donde:

C= costo porcentual por año por el mantenimiento del inventario

P= precio de compra

A= inventario promedio

Nivel de Servicio deseado. Este parámetro, se da como recomendación para la empresa.

La empresa no contaba con una cifra para los costos de faltantes, por lo tanto se dejó fuera del estudio.

8.2. Sistema de Revisión Continuo (s, S). Los pasos llevados a cabo para el cálculo de esta política de control son: determinar el valor del Q, hallar el valor de s y de S y por último, identificar el costo total relevante.

8.2.1. Cálculo de Q

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{vr}} = \sqrt{\frac{2(19670)*(2050*12)}{1750*0.083}} \cong 2582$$

8.2.2. Cálculo valor s y S

Inicialmente se calcula la desviación estándar con base en el tiempo de reposición.

$$\sigma_L = \sigma_1 * \sqrt{L} = 302,21\sqrt{0,5} = 213,70$$

Se determina el factor de seguridad k para un nivel de servicio de 97.5%, con la fórmula de Excel. $k = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(0.975) = 1.96$

Se calcula el inventario de seguridad (SS) y la demanda estimada durante el tiempo de reposición ($\hat{X}_L$).

$$SS = \sigma_L * K = (213,70)*(1,96) = 418,85$$

$$\hat{X}_L = d * L = 2050 * 0,5 = 1025$$

Finalmente se obtienen los valores del punto de reorden s y los valores del nivel máximo S.

$$s = SS + \hat{X}_L = 418,85 + 1025 \cong 1444$$

$$S = Q + s = 2582 + 1444 = 4026$$

Consiguiente, con esta política cada vez que el nivel de inventario llegue a 1444, se ordenará un pedido con cantidad igual a 4026 menos el inventario efectivo en el momento de la revisión. Con lo cual se tendría un nivel de servicio del 97.5%.

8.2.3. Cálculo Costo total Relevante

Se obtuvo al sumar el costo de realizar un pedido más el costo de mantener inventario.

$$CTR = \frac{AD}{Q} + \frac{Q}{2} vr = \frac{19670 \cdot (2050 \cdot 12)}{2582} + \frac{2582}{2} (1750 \cdot 0,083) = \$ 374.924$$

8.3. Sistema de revisión periódico (R, S)

Para este sistema de revisión periódico se utilizó un costo de ordenamiento A' que es igual al costo de ordenamiento A utilizado anteriormente.

8.3.1. Cálculo de R

$$R = \frac{EOQ}{D} = \frac{2582}{2050 \cdot 12} \cong 0,1050 \text{ años} \cdot 12 \cong 1,26 \text{ meses}$$

8.3.2. Cálculo de S

Inicialmente se calcula la desviación estándar con base en el tiempo de reposición.

$$\sigma_{R+L} = \sigma_1 \cdot \sqrt{R+L} = 302,21 \sqrt{1,26 + 0,5} = 400,88$$

Se determina el factor de seguridad k para un nivel de servicio de 97.5%, con la fórmula de Excel.

$$k = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV} (0.975) = 1.96$$

Se calcula el inventario de seguridad y la demanda estimada durante el tiempo de reposición.

$$SS = \sigma_{R+L} K = 400,88 \cdot 1,96 \cong 785,72$$

$$\widehat{X}_{R+L} = d(R+L) = 2050 \cdot (1,26 + 0,5) = 3607$$

Finalmente se obtienen los valores de S.

$$S = SS + \widehat{X}_{R+L} = 785,72 + 3607 = 4392,7 \cong 4393$$

Por consiguiente, la política es revisar el inventario cada 1,26 meses es decir, aproximadamente 1 mes y 1 semana y ordenar una cantidad igual a 4393 unidades, menos el inventario efectivo al momento de hacer la revisión. Con este método, se conseguirá un nivel de servicio del 97.5%.

8.3.3. Cálculo Costo total Relevante

Se obtuvo sumando el costo de realizar un pedido más el costo de mantener inventario.

$$CTR = \frac{A}{D} + \frac{DR}{2} vr = \frac{19670}{2050} + \frac{2050*1,26}{2} (1750 * 0,083) = 187527,35$$

9. COMPARACION DEL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO Y ACTUAL

Con el fin de demostrar a la empresa los beneficios que se obtienen al implementar el sistema de control de inventarios propuesto, se estableció una comparación entre el sistema de control actual y el sistema propuesto. Validando el impacto cantidades manejadas y los costos de mantenimiento y administración del inventario.

9.1. Comparación de sistemas

Para evaluar los beneficios en los costos, se compararon los niveles máximos de inventario que actualmente utiliza la distribuidora y los niveles máximos obtenidos con la propuesta, de esta forma se identifica cual propone el menor costo de mantenimiento de inventario. Adicionalmente, se realizó una comparación entre el CTR del sistema de control utilizado y el propuesto.

Cuadro 9. Comparación sistema actual y propuesto

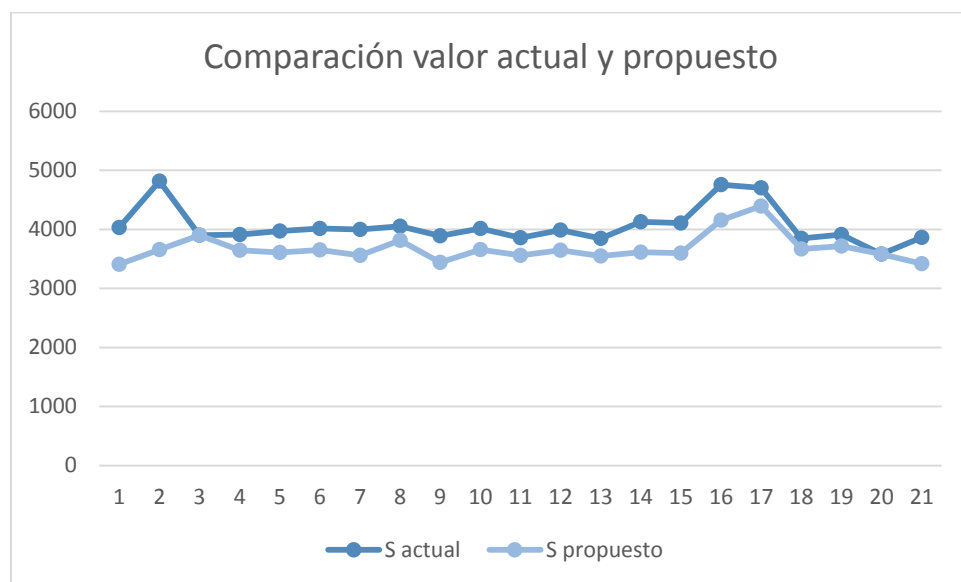
Código	Costo Producto	S actual	S propuesto	vlr. inv actual	vlr. inv propuesto	comparación
13	2191	4030	3407	\$ 8.829.730,00	\$ 7.464.737,00	15,46%
91	1750	4815	3655	\$ 8.426.250,00	\$ 6.396.250,00	24,09%
44	1400	3901	3901	\$ 5.461.400,00	\$ 5.461.400,00	0,00%
31	3200	3910	3648	\$ 12.512.000,00	\$ 11.673.600,00	6,70%
94	1750	3970	3607	\$ 6.947.500,00	\$ 6.312.250,00	9,14%
14	8000	4014	3652	\$ 32.112.000,00	\$ 29.216.000,00	9,02%
76	1500	4000	3558	\$ 6.000.000,00	\$ 5.337.000,00	11,05%
56	3620	4050	3814	\$ 14.661.000,00	\$ 13.806.680,00	5,83%
19	4953	3890	3438	\$ 19.267.170,00	\$ 17.028.414,00	11,62%
20	3800	4015	3657	\$ 15.257.000,00	\$ 13.896.600,00	8,92%
22	3800	3857	3561	\$ 14.656.600,00	\$ 13.531.800,00	7,67%
79	3510	3990	3645	\$ 14.004.900,00	\$ 12.793.950,00	8,65%
101	2000	3845	3546	\$ 7.690.000,00	\$ 7.092.000,00	7,78%
100	3900	4130	3616	\$ 16.107.000,00	\$ 14.102.400,00	12,45%
32	3800	4105	3595	\$ 15.599.000,00	\$ 13.661.000,00	12,42%
92	1750	4756	4156	\$ 8.323.000,00	\$ 7.273.000,00	12,62%
62	1500	4705	4393	\$ 7.057.500,00	\$ 6.589.500,00	6,63%
63	3800	3845	3670	\$ 14.611.000,00	\$ 13.946.000,00	4,55%
33	1100	3910	3714	\$ 4.301.000,00	\$ 4.085.400,00	5,01%
65	3100	3580	3580	\$ 11.098.000,00	\$ 11.098.000,00	0,00%
38	2900	3863	3418	\$ 11.202.700,00	\$ 9.912.200,00	11,52%
TOTAL				\$ 254.124.750,00	\$ 230.678.181,00	

Fuente: Elaboración propia (2017)

En la comparación, se establece que el 90,5% de los niveles máximos de los productos son superiores a los de la propuesta, solo un 9,5% es igual y ninguno es menor. Esto se puede deber a que no tienen unos parámetros claros de control, ya que estos se definen con base en la experiencia del personal que maneja diariamente los productos.

Al comparar los valores máximos, se muestra que la propuesta plantea menores niveles de inventario, garantizando un nivel de servicio del 97.5% con costos menores en un 9,2%, que en dinero serían ahorros de aproximadamente \$ 23'446.569.

Gráfico N° 10. Comparación



Fuente. Elaboración propia (2017)

10. CONCLUSIONES

- Utilizar la técnica AHP para la clasificación de los ítems en cualquier empresa es de suma importancia, ya que se identifican de manera más acertada aquellos que tienen un impacto mayor en la problemática y que deben ser tratados con cuidado para solucionarla.
- Dada la variación de productos en el mercado, se debe establecer un tiempo en el cual se actualice la clasificación ABC para determinar cuáles merecen ser considerados clase A y cuáles deberían salir de la misma categoría.
- En el proyecto, los 21 productos clasificados como clase A presentaron demanda errática.
- El método de pronóstico que presentó mejores resultados para los productos clase A en un 95% fue la suavización exponencial simple, el 5% restante fue el método de promedio móvil.
- Las técnicas de pronóstico brindan información basada en datos, que sirve como entrada para la toma de decisiones en cualquier organización, evitando sesgo de las personas involucradas en el proceso.
- Se debe tener un procedimiento de alto control para la recolección de la información de esta forma se garantiza la confiabilidad de los datos y una toma de decisiones apropiada.
- Este proyecto se enfocó entre los ítems clase A, sin embargo la metodología se puede aplicar también a los ítems clase B y C, dependiendo de las necesidades y expectativas de la empresa que la aplique.
- La técnica de control propuesta fue la técnica de revisión periódica (R,S), ya que presentó el menor costo total relevante comparada con la técnica de revisión periódica (s, S)
- Dentro del análisis de las técnicas de control, no se incluyó el costo de faltantes debido a que la distribuidora no lo tiene. Por lo tanto, se propone como investigaciones futuras tomar en consideración el costo de faltante para evaluar las técnicas de control.
- Controlar los ítems clase A garantiza enfocar los esfuerzos y el dinero en aquellos productos que tienen un impacto mayor en la empresa, reduciendo así los costos asociados.
- El tiempo de lead time se asumió constante debido a que la empresa no lleva registros de esto, por tanto se recomienda para futuras investigaciones, realizar el estudio para un sistema de control con demanda aleatoria y lead time aleatorio; de esta forma se obtendrán resultados más certeros acerca del comportamiento de los productos.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Arango, C. 2009. Definición, desarrollo e implementación de una propuesta metodológica para determinar el modelo de inventarios para productos terminados en las empresas que fabrican elementos de fijación en Colombia.
- Arguello, J. 2008. Gestión de inventarios en Madecentro Colombia S.A.
- Ballou, R. (2004). Logística Administración de la cadena de suministros. Pearson Educación. México.
- Bello, V. Caro, J. 2011. Diseño de un modelo de gestión para el control de inventarios y distribución física del almacén de productos en la empresa distribuidora de Colombia Ltda.
- Bustos, C. Beatriz, G. (2012). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente. Un estudio en Venezuela. Contaduría y Administración, vol. (57). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=39523153011>
- Castellanos, A. 2012. Diseño de un sistema logístico de planificación de inventarios para aprovisionamiento en empresas de distribución del sector de productos de consumo masivo.
- Christopher, M. 1994.
- Docs, G. s.f. Manejo y Control de Inventarios. https://docs.google.com/document/d/1i_7JycioRV35bxTWytsbN1k7fQx-6ET8feWO9zoCcBk/edit?pli=1
- DOCPLAYER. S.f. <http://docplayer.es/6273460-Guia-de-gestion-para-el-mejoramiento-de-la-eficiencia-de-la-cadena-de-abastecimiento-de-repuestos-importados-a-traves-de.html>
- Echeverri, S. Lozano, A. 2014. Análisis y diseño de una herramienta de control de inventarios para pequeñas tiendas del municipio de mariquita.
- Flórez, A. Leal, M. 2014. Diseño de un plan de mejoramiento para la gestión y control de inventarios de una empresa distribuidora ferretera internacional.
- Gaither & Frazier, 2000. Administración de Producción y Operaciones.

- Gildardo, C. Pardo, A. 2010. Estrategia para la gestión de inventarios de una empresa comercializadora y distribuidora de productos plásticos de empaque: caso surtir S.A.S.
- Gómez, Méndez, Méndez, Otíz, & Turriago, 2008. Revistas Udistrital
- Guerra, V. 2004. Propuesta de un modelo de control interno para el manejo de inventario de materia prima.
- Hernández, A. Torres, D. 2007. Propuesta de mejora del sistema de control interno del inventario de la empresa cenprofotca; para lograr eficiencia en el control de existencias de materiales y productos fotográficos.
- Herrera, P. Morales, A. 2007. Propuesta de mejora para el sistema de control de inventarios para la materia prima e insumos especiales de la empresa tenaris-tubocaribe.
- Insuas, 2014. Diseño de un sistema de control de inventarios de repuestos para cosechadoras en un ingenio azucarero del valle del cauca.
- Lemus, J. Forero, J. 2012. Diseño del sistema de inventarios para la buena administración de una empresa comercializadora de exostos, frenos y radiadores Kennedy.
- Pinzón, I. Pérez, G. Arango, M. 2010. Mejoramiento en la gestión de inventarios propuesta metodológica.
- Preciado, J. Duque, H. 2007. Mejoramiento del proceso de flujo de inventarios para las piezas de reserva y control de orden de pedidos en el almacén de sofasa toyota.
- Render & Heizer, 2009. Administracion de Operaciones.
- Rodríguez, E. Sánchez, C. 2011. Optimización del sistema de gestión de inventarios de productos químicos y colorantes en clariant Colombia S.A
- Sectorial, 2016.

- Universidad Nacional Abierta y a Distancia, s.f. Datateca.
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/11definicion de logistica.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/11definicion_de_logistica.html).
- Valencia, D. 2011. Actualizar, automatizar y controlar el área de inventarios de equipos de servicio de empresa servisound producciones.
- Vidal, C. (2005). Fundamentos de gestión de inventarios. Universidad del Valle. Santiago de Cali

12. ANEXOS

Anexo A. INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR LA EMPRESA

Código	demanda	Rot Inv	costo
1	26	0,11	\$6.867
2	18	0,22	\$3.300
3	27	0,93	\$2.800
4	7	0,11	\$3.450
5	14	0,14	\$1.000
6	50	1,12	\$3.276
7	7	1,67	\$3.420
8	40	0,55	\$4.320
9	25	0,69	\$3.458
10	25	0,81	\$3.000
11	20	0,10	\$3.300
12	46	0,10	\$3.420
13	1420	2,73	\$2.191
14	2010	3,85	\$8.000
15	5	0,01	\$3.000
16	12	0,42	\$2.900
17	47	0,08	\$3.100
18	23	0,14	\$2.320
19	1200	2,40	\$4.953
20	1745	3,40	\$3.800
21	25	0,82	\$2.400
22	1897	3,38	\$3.800
23	1110	2,48	\$1.870
24	23	0,13	\$2.400
25	24	1,25	\$2.500
26	4	0,17	\$4.200
27	16	0,31	\$1.700
28	10	1,87	\$1.600
29	3	1,00	\$6.200
30	600	0,28	\$1.702
31	1940	3,70	\$3.200
32	1497	2,28	\$3.800
33	1350	2,57	\$1.100
34	22	0,78	\$4.157
35	55	0,20	\$2.900

36	13	0,85	\$2.800
37	54	1,19	\$3.779
38	1670	3,05	\$2.900
39	1040	2,32	\$4.200
40	60	0,15	\$1.600
41	13	0,35	\$3.276
42	35	0,21	\$4.000
43	9	0,25	\$2.300
44	1600	2,90	\$1.400
45	28	0,09	\$2.900
46	4	0,45	\$2.700
47	11	0,83	\$6.867
48	15	0,30	\$2.320
49	44	1,16	\$3.450
50	5	2,26	\$3.350
51	29	0,13	\$6.900
52	900	0,07	\$5.500
53	33	1,72	\$3.200
54	27	1,78	\$3.380
55	87	0,93	\$2.400
56	1440	2,81	\$3.620
57	24	0,53	\$3.435
58	6	0,16	\$3.000
59	6	2,18	\$3.435
60	17	0,75	\$2.991
61	3	0,80	\$3.420
62	1287	2,25	\$1.500
63	1910	3,76	\$3.800
64	11	1,83	\$3.100
65	1800	3,61	\$3.100
66	650	0,06	\$2.779
67	4	1,61	\$1.600
68	20	0,92	\$2.200
69	34	1,44	\$2.200
70	475	0,07	\$1.600
71	12	1,38	\$1.900
72	13	0,68	\$3.750
73	17	0,47	\$2.800
74	37	1,26	\$3.727
75	24	1,36	\$1.650

76	1258	2,44	\$1.500
77	26	0,11	\$1.417
78	13	0,10	\$7.300
79	1230	2,79	\$3.510
80	100	0,40	\$2.500
81	19	1,05	\$3.000
82	75	0,46	\$5.500
83	55	1,65	\$5.200
84	15	0,19	\$3.000
85	16	0,94	\$3.276
86	60	0,99	\$2.600
87	58	0,69	\$2.900
88	110	0,08	\$966
89	4	0,80	\$3.200
90	21	0,11	\$6.500
91	2050	4,00	\$1.750
92	1565	2,83	\$1.750
93	32	1,86	\$1.750
94	1550	1,07	\$1.750
95	8	1,89	\$1.750
96	11	0,00	\$1.750
97	170	0,04	\$3.500
98	18	1,33	\$1.750
99	53	1,96	\$4.200
100	1978	3,80	\$3.900
101	1820	3,56	\$2.000