

**POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA LOS MINORISTAS DE PRODUCTOS DE
MODA.**

ESTEBAN LONDOÑO PADILLA

JOANA ANDREA QUIJANO MACHADO



UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PALMIRA – VALLE DEL CAUCA 2014

**POLÍTICA DE INVENTARIOS PARA LOS MINORISTAS DE PRODUCTOS DE
MODA**

ESTEBAN LONDOÑO PADILLA

JOANA ANDREA QUIJANO MACHADO

**Trabajo de Grado, presentado como requisito para optar al Título de
Ingenieros Industriales**

**Director
INGENIERO JULIO CÉSAR LONDOÑO,**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PALMIRA – VALLE DEL CAUCA 2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

DEDICATORIA

“ . . . Todo lo puedo con Aquel que me da fuerzas”. Filipenses 4, 13

Dedicamos este trabajo de grado con todo cariño y amor

A ti DIOS que nos diste la oportunidad de vivir y de regalarnos una familia maravillosa.

Con mucho cariño principalmente a nuestros padres que nos dieron la vida y han estado en nuestro camino de formación y en todo momento. Gracias por todo Papá y Mamá por darnos una carrera para nuestro futuro, a ustedes dedicamos cada una de las palabras escrita en este trabajo de grado con orgullo y esfuerzo.

A nuestros hermanos Andrés Fernando Londoño, Arlex Fernando Londoño y Luis Fernando Quijano por el apoyo incondicional.

A nuestras parejas Andrés Villada y Eliana Ramírez por su amor, comprensión y motivación incondicional.

A nuestro director de tesis Julio Cesar Londoño porque sin su ayuda, el fin hubiese sido otro, por darnos la oportunidad de haber compartido inmensos conocimientos.

A mis tíos William Quijano y Enrique Loaiza que me brindaron un apoyo incondicional en mi formación como profesional y persona.

A mi amiga Daniela Bedoya, que me acompañó siempre en todo momento.

Y a cada una de las personas que de una u otra manera ayudaron con una semillita para terminar este gran logro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos.

JULIO CESAR LONDOÑO, Ingeniero Industrial, Magister en Logística de Cadenas de Suministro y Director de trabajo de grado. Por su invaluable apoyo y dedicación durante todas las fases de este proyecto.

PROFESORES DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL, A los profesores Omar Julián Flórez Morales, Wilson Eliecer Orrego, Luis Felipe Ramírez, Jaime A. Flórez, José Julián Cortes Muñoz, Lewin Andrés López López, Marina Elvira Casas Reyes, Amanda Mendoza Arana, Jenny Vanessa Marín Rivera, Gloria Stella Ramírez Escobar.

COMPAÑEROS DE LA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL, a los compañeros de clase Daniela Bedoya, Andrés Peña, Laura Aldana, Oscar Iván Rengifo, Hernando Cardona, Leidy Johanna Sánchez, Andrés Vargas.

TABLA DE CONTENIDO

TERMINOS Y DEFINICIONES	viii
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	21
2.1. OBJETIVO GENERAL	21
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	21
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
3.1. PRODUCTOS DE CORTO CICLO DE VIDA.....	22
3.2. PRONOSTICO DE DEMANDA	23
3.3. CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DE CORTO CICLO DE VIDA	25
4. METODOLOGÍA	29
5. DESARROLLO METODOLÓGICO	32
5.1. PRONÓSTICO DE DEMANDA.....	32
5.1.1. Agrupación y Selección de los Datos	32

5.1.2. Análisis de Serie Tiempo	35
5.1.3. Determinación de Métodos de Pronósticos.....	40
5.1.4. Selección y Resultados del Método de Pronósticos.....	44
 5.2. GESTIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DE MODA.....	 50
5.2.1. Características del sector moda y el minoristas caso de estudio	50
5.2.2. Determinación de Sistemas de Control y Gestión de Inventarios	53
5.2.2.1. Supuestos Generales.....	56
5.2.3. Desarrollo de Política Basada en el Modelo del Vendedor de Periódicos...	58
5.2.4. Desarrollo de Política Revisión Periódica (R, S)	60
5.2.5. Resultados de las Políticas Desarrolladas	62
 5.3. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LAS POLÍTICAS DESARROLLADAS.	 63
5.3.1. Variación de niveles de servicio.....	63
5.3.2. Variación del Valor de Salvamento.	65
5.3.3. Variación de la Tasa r de Mantener Inventario	66
 6. CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA.	 68
 BIBLIOGRAFÍA.....	 70
 ANEXOS	 75

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1. Selección de Categorías	340
Tabla No 2. Total de Datos – Demanda Real	363
Tabla No 3. Demanda Total Agregada Ajustada	399
Tabla No 4. Errores de Pronóstico	48
Tabla No 5. Pronósticos de demanda para el año 6	48
Tabla No 6. Pronósticos de demanda para el año 6 por temporada	49
Tabla No 7. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica	56
Tabla No 8. Resultados de las políticas desarrolladas.	64
Tabla No 9. Desempeño de la utilidad esperada vs el Nivel de servicio	66
Tabla No 10. Variación del valor de salvamento S	67
Tabla No 11. Variación de la tasa r de mantener inventario.	69

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica No 1. Diagrama de Pareto	37
Gráfica No 2. Gráfico de Demanda Real.	379
Gráfica No 3. Diagramas de Cajas Múltiple para Establecer Datos Atípicos	40
Gráfica No 4. Demanda Agregada Ajustada	41
Gráfica No 5. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 4	49
Gráfica No 6. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 6	49
Gráfica No 7. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 7	50
Gráfica No 8. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 10	50
Gráfica No 9. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 14	50
Gráfica No 10. Gráfico Pronóstico de Demanda Categoría 15	51
Gráfica No 11. Gráfico de variación del Nivel de servicio Vs Utilidad	66
Gráfica No 12 Gráfico Valor de salvamento Vs Nivel de servicio	67
Gráfica No 13 Tasa de r Vs. Nivel de servicio	69
Gráfica No 14. Función de minimización de costos vendedor de periódicos	80
Gráfica No 15. Función de Densidad Normal	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Modelo del Vendedor de Periodicos.....	78
Anexo 2. Distribución Normal.....	81
Anexo 3. Excedentes Esperados de un Pedido.....	83

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para el propósito del desarrollo del trabajo de grado se aplican los siguientes términos y definiciones.

Demanda Independiente. Esta demanda es generada por entes externos a la empresa, como por ejemplo los clientes que compran los productos terminados que ésta manufactura, Hiller y Lieberman (2004).

Principio de Pareto: Se refiere a la “regla del 80-20”, donde se enuncia que el 80% del fenómeno a analizarse se debe al 20% de las causas, mientras el 20% del fenómeno es ocasionado por el 80% restante. Surge de una observación realizada por Wilfredo Pareto quien determinó que 20% de la población posee el 80% de las riquezas, mientras que el 80% de la población posee el 20% de las riquezas, Montgomery & Runger (2006).

Serie de Tiempo. Es una secuencia de observaciones, medidos en determinados momentos del tiempo, Vidal (2010).

Dato Atípico. Un dato atípico de demanda se presenta cuando ésta es extremadamente grande o extremadamente pequeña comparada con su promedio histórico, Vidal (2010).

Patrón de Demanda. Son comportamientos que siguen la demanda a lo largo de un tiempo, se presentan diferentes patrones como *perpetua, estable o uniforme*, cuyo promedio se mantiene por largos períodos de tiempo y su fluctuación permanece dentro de rangos pequeños, *demanda con tendencia* si el promedio de demanda varía significativamente con el tiempo (creciente o decreciente), Otro patrón de demanda es *estacional* que ocurre cuando se presentan picos en determinadas épocas del año y por último el patrón de *demanda errática* presenta

grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de períodos de cero demanda a grandes picos, Vidal (2010).

Pronósticos. Estimaciones anticipadas en el futuro de un valor de una variable, convirtiéndose en una herramienta fundamental para la toma de decisiones dentro de las organizaciones, Ballou (2004).

Pronósticos por serie de tiempos. Los métodos por series de tiempo se utilizan para análisis detallados de los patrones de la demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones a futuro. Una de las suposiciones básicas de todos los métodos por series de tiempo, es que la demanda se puede dividir en patrones como nivel promedio, tendencia, estacionalidad, ciclo y error, Nahmias (2007).

Sistema de pronósticos suavización exponencial doble. Es un sistema de pronóstico que se utiliza cuando la demanda tiene un patrón de tendencia y se calcula con base a dos parámetros inicialmente estimados por medio de regresión lineal, Silver et al (1998).

Sistema de pronósticos Winters. Es un sistema de pronóstico que se utiliza cuando la demanda tiene un patrón estacional con o sin tendencia, en este caso se utilizan tres constantes de suavización α , β , γ . Silver et al (1998).

Errores de pronósticos. El error se refiere a la diferencia entre el valor del pronóstico y lo que en realidad ocurrió, Chan et al (1999).

Error Cuadrático Medio. El error cuadrático medio (MSE o mean square error en inglés) es una forma de evaluar la diferencia entre un estimador y el valor real de la cantidad que se quiere calcular. El MSE mide el promedio del cuadrado del "error", siendo el error el valor en la que el estimador difiere de la cantidad a ser estimada, Chan et al (1999).

Inventarios. Productos o mercancías destinadas a la venta, guardadas en un almacén o tienda”, Ballou (2004).

Control y Gestión de Inventarios. Consiste en mantener los niveles adecuados de inventarios para que la empresa alcance sus prioridades competitivas con mayor eficiencia, Silver et al (1998).

Productos Perecederos. Productos de corto ciclo de vida, Vidal (2010).

Minorista. Es la persona o empresa quien vende un producto a los consumidores satisfaciendo una necesidad, Simmel (1904).

Stockout. Se refiere al momento donde las existencias no satisfacen a la demanda, y se genera un pedido sin tener suficientes recursos para satisfacerlo en un determinado periodo de tiempo. (Vollman, 2008)

Sobreabastecimiento o sobrestock: Se refiere al punto donde el inventario supera a la demanda real del producto en un determinado punto en el tiempo. (Vollman, 2008)

Nivel de servicio (P1) de no tener un faltante por cada ciclo de reposición. Esta definición es equivalente a la fracción de ciclos en los cuales no ocurren faltantes. El faltante de inventario ocurre cuando el inventario a la mano se reduce a cero, Vidal (2010).

Nivel de servicio (P2) de la demanda a ser satisfecha rutinariamente del inventario a la mano: Esta es una de las definiciones de servicio al cliente que más se utiliza en la práctica, y se le conoce comúnmente como fill rate, Vidal (2010).

RESUMEN

En los diversos sectores de la manufactura el ciclo de vida de los productos es cada vez más corto. La aplicación directa de técnicas convencionales de pronósticos y control de inventarios a productos de corto ciclo de vida no es efectiva.

En el presente trabajo de grado busca maximizar la utilidad esperada de un minorista de productos de moda, a partir de la determinación de un sistema de pronósticos con base en la recopilación de los datos de la demanda durante cinco años consecutivos, aplicando un método de descomposición en una serie de tiempo, se diseñan tres alternativas de pronósticos, la mejor alternativa se selecciona teniendo como criterio de decisión el menor error cuadrático medio (ECM). Posteriormente se desarrollan dos políticas de inventarios con dos alternativas de entrega y/o revisión, la primera política de inventario está basada en el modelo del vendedor de periódicos y la segunda política se basa en un sistema de revisión periódica (R, S). Ambas manejan un contrato por devolución con el proveedor, teniendo en cuenta los costos de devoluciones, los costos de faltantes, los costos de mantener y los costos fijos de despacho. Estos últimos costos han sido escasamente considerados en la literatura para productos de corto ciclo de vida.

Al realizar el análisis de los resultados se encuentra que las alternativas de entrega y/o revisión generan mayor utilidad y nivel de servicio en ambos casos para tres entregas y/o revisiones que para un único despacho y que la política de revisión periódica genera la mayor utilidad y nivel de servicio.

Palabras claves: Producto de corto ciclo de vida, pronósticos, control de inventarios, utilidad esperada, vendedor de periódicos, nivel de servicio.

ABSTRACT

In the various sectors of the manufacturing life cycle of products is getting shorter. The direct application of conventional forecasting techniques for inventory control and short product life cycle is not effective.

In this work, it seeks to maximize the expected utility of a fashion retailer, from the determination of a prognostic system based on demand for five years and applying a decomposition method with which designed three different alternatives, selecting the most appropriate method with the criterion of the least square error (MSE). Then we develop two policies with two alternatives of delivery and/or review, the first policy that arises is based on newsboy model and the second on a system of periodic review (R, S). Both policies managing a buy-back contract with the provider, taking into account the costs of returns, costs of stock-out, holding costs and fixed costs of ordering. These latter costs have been scarcely considered in the literature for short product life cycle.

Finally when analyzing the results is that the alternatives of delivery and / or revision generate greater utility and service level for both three shipments and / or revisions to a single dispatch and periodic review policy generates the highest utility and service level.

Keywords: short product lifecycle, forecasting, inventory control, expected utility, newsboy model, service level.

INTRODUCCIÓN

En un ambiente competitivo, como el que se presenta en el sector de los minoristas de productos de moda o productos de corto ciclo de vida, es necesario conocer la profundidad de cada negocio, todo esto para encontrar no problemas, sino oportunidades de mejora, que hagan crecer y mantenerse en el mercado.

“Cuando la demanda ocurre únicamente durante un corto periodo de tiempo, en ocasiones el producto termina siendo obsoleto, a pesar de que sus atributos de calidad permanecen invariables. A esta categoría se le conoce como productos de corto ciclo de vida” Kurawarwala y Matsuo (1996).

En la actualidad el tema del control y gestión inventarios ha sido un punto crítico a manejar en el sector de los minoristas de producto de moda, en cuanto a la relación con los volúmenes de compra de cada producto, esto equivale a inversiones que los negocios han realizado y aún no lo han recuperado.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente documento describe en su primer capítulo la perspectiva general y se precisa la problemática que enfrentan los minoristas en el sector de la moda con los productos de corto ciclo de vida o perecederos que indiscutiblemente les exigen una estrategia distinta de la usualmente empleada para los productos tradicionales Lee, H.L. (2002) debido a la gran incertidumbre de su demanda y al alto riesgo que generalmente conlleva su diseño, producción y comercialización. En el capítulo dos se plantean el objetivo general y los objetivos específicos que ayudaran al desarrollo y cumplimiento de la problemática que enfrentan los minoristas de vestuarios de moda, en el capítulo tres se realiza una revisión de la literatura donde se puede observar, que no existe un modelo que se pueda aplicar directamente para resolver el problema expuesto en el primer capítulo. En el capítulo cuatro se

encuentra la metodología del desarrollo de este trabajo de grado, especificando el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos. Por lo tanto, en el capítulo cinco se desarrollan dos políticas de inventarios en los que se intenta utilizar de manera efectiva la información disponible sobre los costos y la demanda de un producto de corto ciclo de vida, En este capítulo se propone desarrollar una serie de actividades como la elaboración de pronóstico de las demandas de acuerdo a la estacionalidad y se desarrollan dos modelos de inventarios con alternativas de entrega y/o revisión, la primera política que se plantea está basada en el modelo del vendedor de periódicos y la segunda en un sistema de revisión periódica (R, s). Estos modelos ayudaran a los minoristas de moda a mejorar sus principales actividades, mejorando el nivel servicio y maximizando su utilidad esperada, ocasionando que los negocios tengan como resultado un posicionamiento y mantenimiento en el mercado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En esta sección, inicialmente se expone el problema desde una perspectiva general y luego se estudia la situación que están enfrentando los minoristas en el sector de la moda con los productos de corto ciclo de vida. Finalmente, se hacen precisiones con respecto problema específico que concierne para el desarrollo e investigación de este trabajo de grado.

1.1. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

Durante muchos años la industria de vestuario de moda ha sido objeto de debate debido a su competencia en el mercado. El sector de la moda está orientado al cliente del mundo y los minoristas del sector necesitan disponer soluciones dinámicas que les permitan proteger los artículos, transmitir su imagen de marca y recibir información sobre la disponibilidad de los productos en una compleja cadena de suministro. En vista de los altos costos de mano de obra en los países industrializados, muchas empresas de confecciones han optado por reubicar sus plantas en países con costos comparativos más bajos¹. Las grandes distancias entre los centros de consumo y las plantas incrementan más del 50% de los tiempos de respuesta, los costos de envío, la incertidumbre de la demanda y reducen la flexibilidad del aprovisionamiento. Con el propósito de transportar sus pedidos por vía marítima y así reducir los costos de transporte, los minoristas del sector de las confecciones deben determinar hasta con seis meses de anticipación las cantidades a encargar de cada tipo de prenda por color, estilo y talla. Este esquema de abastecimiento reduce notablemente la posibilidad de reaccionar ante los cambios que se observen en el comportamiento de la demanda durante el periodo de ventas. Por consiguiente, algunos minoristas despliegan políticas de

¹ "Industria de la moda." Microsoft® Encarta® 2006 [CD]. Microsoft Corporation, 2005.

administración de demanda mediante ajuste de precios durante la temporada Nair y Closs (2006).

En el sector de la moda, son los minoristas quienes tradicionalmente han soportado todo el riesgo asociado a estos productos de corto ciclo de vida en Colombia los minoristas representan a un 8.3% del total del comercio con el 6.5% de la facturación. Para poder reaccionar al comportamiento de la demanda durante la estación, son diversas las medidas que han tomado las compañías de este sector. Algunas de ellas establecen con el proveedor un acuerdo que les permite realizar compras adicionales en el transcurso de la temporada. No obstante, esta alternativa también conlleva sobrecostos y riesgos por cuanto existe la posibilidad de que el envío extra llegue cuando la demanda ya se encuentra en su etapa de declive.

Dentro de cualquier compañía la gestión de los inventarios constituye una de las actividades fundamentales, ya que el nivel de inventario puede llegar a suponer la mayor inversión de las empresas abarcando incluso más del 50% de los activos, Ballou (2004). “En el caso de los minoristas de prendas de vestir supone más del 50% de los activos” Sotck y Lambert (2001), ya que esencia del negocio de estos es comercializar estos inventarios; por otro lado los inventarios de los productos pueden ayudar, agregando valor en el servicio y un aumento en este. Los costes financieros de la inmovilización de los inventarios y la pérdida de imagen que se genera por la ruptura de estos, han dado una relevancia en los últimos tiempos en las técnicas de gestión de los inventarios.

Los minoristas de vestuario de moda se enfrentan a distintas situaciones conflictivas en la toma de decisiones con la gestión de inventarios debido a la naturaleza de los productos que comercializan, que aunque son bienes durables y satisfacen una necesidad básica, hay unas especificaciones que hacen que su ciclo de vida sea corto y se comporte como un bien perecedero; estas son dadas por la moda como lo es la temporada, el color, el estilo, la tela entre otros. Los

productos no pierden todo su valor cuando termina su ciclo de vida, si no que pierden una parte de él, lo que ocasiona las promociones o descuentos por cambio de colección o temporada, con lo que se recupera una parte del precio de las prendas lo que se denomina valor de salvamento.

Otra característica del producto para la gestión de inventarios es el comportamiento estacional de la demanda y la relevancia de la temporada alta (Diciembre) representando el 30% de las ventas del año, mientras que los otros 11 meses representan un 6.4% en promedio y las utilidades en temporada alta representan un 50%² de ahí la importancia del planteamiento de una estrategia de inventarios con énfasis para esta temporada.

Dado las características del producto comercializado por los minoristas de vestuario de moda se desencadenan las siguientes situaciones problemáticas que pueden ser abordadas a partir de una política de gestión de inventarios:

- Pronósticos de demanda inadecuados, es muy importante disponer de estimaciones confiables, dado que el estrecho periodo de ventas no brinda oportunidad de recuperarse si se sobreestima o subestima la demanda.
- Excesos de inventarios, que se convierten en inventarios pasados de moda lo que se traduce costes por inmovilización, pérdidas de valor y pérdidas en los inventarios.
- Faltantes o quiebres de inventarios es posible que no se alcance a reabastecer el inventario, bien sea por el elevado tiempo de suministro en proporción a la temporada de ventas o por los sobrecostos en que se podría incurrir, de ocurrir estos faltantes puede generar bajo nivel de servicio, lo que con lleva a utilidades dejadas de percibir, pérdida de imagen.

² Encuesta de Comercio DANE, (2011).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que se presenta en la empresa minorista de moda objeto de estudio anteriormente descrito, puede ser expresado de la siguiente manera:

“Los minoristas de vestuario de moda requieren determinar el número de prendas que deberán adquirir para maximizar su utilidad total anual esperada”

1.3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de grado se realizó a causa de la situación problemática que enfrentan los minoristas de prendas de vestir en el sector de moda, como consecuencia de un deficiente manejo de la gestión de los inventarios, debido a la naturaleza de los productos que son demandados y teniendo en cuenta especificaciones de moda como lo son, el color, el estilo, tela etc. El desarrollo de una política de inventario altamente eficiente permitirá que los minoristas de prendas de vestir puedan optimizar sus principales actividades, mejorando el nivel de servicio, aumentando las ventas mayores al 50% y disminuyendo los costos en cuanto al manejo adecuado de inventarios, lo que permite al personal de los almacenes tener un mejor uso, implantación, control de los inventarios y un aumento en las utilidades esperadas en relación con sus ventas.

Debido a los cambios que sufren las prendas de vestir por cuestión de la moda, estos se clasifican como productos perecederos por el corto ciclo de vida que presentan; en la realización de este trabajo se tomarán los cambios del producto durante cuatro temporadas del año, considerado como un aspecto fundamental en el tema de maximizar la utilidad esperada del minoristas, para así tener un control y manejo de los inventarios de los productos, aumentando con ello el nivel de servicio que se le brinda a los clientes, ya que los minoristas deben ser más eficiente en los procesos y productos a entregar para el cliente final.

De no ser resuelta esta problemática los negocios de los minoristas se verán afectados en el aumento de los inventarios, lo que se convierte en acumulación de prendas de vestir pasadas de moda, que traduce a altos costos de inmovilización y pérdida del valor en las prendas de vestir. Si no se presta atención al control de los inventarios de los productos se puede llegar a presentar quiebres o faltantes en estos, ocasionando un nivel de servicio bajo y una disminución en las utilidades en un periodo de tiempo, y como consecuencia una pérdida de la imagen de los

negocios de moda, que en un largo plazo tendrán como consecuencia la reducción en las ventas de sus prendas. Por lo tanto la presente investigación estudiará diferentes métodos de pronósticos teniendo en cuenta el comportamiento de la demanda y una política de inventarios que permita mejorar la gestión y control de los productos.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una política de control y gestión de inventarios para los ítems en una empresa minorista de productos de moda que permita maximizar su utilidad.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el desarrollo del objetivo general, es necesario cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Determinar y aplicar la metodología a utilizar en la realización de pronóstico de la demanda para el minorista de productos de moda.
- Diseñar una política de inventarios que maximice la utilidad del minorista de productos de moda.
- Evaluar y analizar la política en distintos escenarios.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se sintetizan la revisión bibliográfica, los conceptos, los principios y las técnicas que sustentan el planteamiento de la solución al problema. Inicialmente se mencionan las definiciones de los productos de corto ciclo de vida seguido por las clasificaciones de los sistemas de pronósticos teniendo en cuenta la recopilación de datos históricos y los comportamientos o patrones de la demanda para la clasificación de los pronósticos utilizados en una serie de tiempo. Finalmente se hace una revisión de la literatura relacionada con la gestión y control de inventarios para los productos de corto ciclo de vida o productos perecederos.

3.1. PRODUCTOS DE CORTO CICLO DE VIDA.

Generalmente, en la literatura se consideran cuatro o cinco etapas del ciclo de vida del producto: introducción, crecimiento, madurez, saturación y declive (Bescherer (2005)). Muchos fenómenos pueden analizarse desde la perspectiva de su ciclo de vida. Los seres vivos, las civilizaciones, las ideas y los productos en las etapas de madurez y saturación se extienden por largo tiempo y en otros el ciclo de vida completo puede ocurrir en menos de un año. Cuando la demanda ocurre únicamente durante un corto periodo de tiempo que puede ser de días, semanas o sólo unos pocos meses; después, el producto resulta obsoleto a pesar de que sus características intrínsecas o sus atributos de calidad permanezcan invariables. A esta categoría se le conoce como productos de corto ciclo de vida, Kurawarwala y Matsuo (1996) y Kapuscinski (2004), obsolescentes, productos de temporada, ítems de moda o innovadores, indiscutiblemente los productos obsolescentes exigen una estrategia distinta de la usualmente empleada para los productos funcionales (Lee, H.L. (2002)), debido a la gran incertidumbre de su demanda y al alto riesgo que generalmente conlleva su diseño, producción y comercialización.

La situación de los productos de corto ciclo de vida es diferente de la que ocurre con los productos perecederos, ya que estos últimos generalmente tienen una demanda estable y sufren deterioro por el paso del tiempo, se puede afirmar que el producto perecedero es aquel que cambia aunque la demanda no cambie, mientras que el obsoleto no cambia aunque la demanda se extinga Rodríguez (2007).

Los productos de corto ciclo de vida se pueden clasificar en artículos obsoletos que se refieren a los elementos que pierden su valor con el tiempo, debido a los rápidos cambios en la tecnología, los elementos con deterioro que se determina a los elementos que pierden su utilidad o su valor marginal a través del tiempo, pero se puede reordenarse al final de su horizonte de planificación, entre la gama de estos productos, se pueden encontrar productos de gasolina y radiactivos; artículos perecederos en contraste con el artículos con deterioro, el perecedero no puede perder su valor o utilidad con el tiempo Goyal y Giri (2001).

Una proporción significativa de los productos de corto ciclo de vida se comercializa a través de los minoristas. Fisher et al. (2000) discuten las mejores prácticas de los minoristas y definen acciones necesarias para mejorar en cuatro áreas claves de las ventas al minorista: pronósticos, velocidad de la cadena de suministro, planeación de inventarios y precisión en la recolección de los datos.

3.2. PRONÓSTICO DE DEMANDA

Una de las metodologías clásicas más usadas en la industria es la realización de pronósticos de la demanda, un *método estadístico que analiza los comportamientos de los datos históricos de esta, para suministrar un valor estimado en el futuro*; Vidal (2002) explica que es fundamental realizar un análisis de los patrones o comportamientos de la demanda con cada uno de los ítems a involucrar en un sistema, para prevenir las causas comunes de imprecisión y por

otro lado tener más elementos de selección, que permitan identificar el mejor método de pronóstico teniendo en cuenta la clasificación de los ítems. El autor desarrolla la metodología de sistemas de pronósticos a través de Promedio Móvil, Suavización Exponencial Simple y Doble y sistemas para demanda con un comportamiento estacional a través del método denominado de Holt y Winters incluyendo indicadores de eficiencia de los métodos Montgomery (1990).

Los patrones de la demanda de los productos son un componente importante en relación con las estimaciones de las ventas totales del producto explicando que los métodos de series de tiempo asumen una hipótesis de estabilidad en el tiempo e identifica patrones de comportamiento para elaborar los pronósticos, Silver et al. (1998).

El enfoque más sencillo para pronosticar series de tiempo estacionales es basarse en los factores estacionales, multiplicativos que se representan por un número que indica el valor relativo de una serie en cualquier periodo, comparo con el valor promedio a lo largo del año. Estos métodos de series de tiempo asumen una demanda representada por la combinación de patrones de perpetuidad, tendencia, estacionalidad, comportamiento cíclico y/o componente aleatorio Nahmias (2007).

La clasificación de los sistemas de pronósticos en cinco tipos: métodos cuantitativos, métodos de series de tiempo, métodos causales, métodos de simulación y por último algunas combinaciones de los métodos anteriores. Este autor tiene en cuenta a la hora de pronosticar cuatro características importantes, los pronósticos siempre están equivocados y por tanto deben incluir tanto el valor esperado del pronóstico como una medida de error, los pronósticos a largo plazo son menos precisos que los de corto plazo; esto se debe a que los primeros tienen una desviación estándar mayor con relación a la media que los segundos, los pronósticos agregados en general son más precisos que los desagregados, ya que tienden a tener una desviación estándar menor del error con relación a la

media, y por último mientras más arriba en la cadena esté una compañía (o más lejos del consumidor), mayor será la distorsión de la información que recibe para la realización del pronóstico, Chopra et al (2004).

Algunas investigaciones enfocadas a los pronósticos de productos de corto ciclo de vida se han orientado a perfeccionar los sistemas de pronósticos de nuevos productos mediante la utilización de métodos bayesianos estudia una política de respuesta rápida en la cual, a partir de la demanda observada se actualiza el pronóstico de la demanda para efectuar una segunda entrega durante la temporada. Para su pronóstico, el modelo utiliza información de un producto pre-estacional de similar demanda. El modelo supone una distribución gamma invertida normal. Posteriormente, extiende el modelo al suponer incertidumbre de los costos de producción y procesamiento de órdenes Choi et al. (2006), observan que la elección adecuada del producto pre-estacional puede influenciar notablemente la calidad del pronóstico. Otro modelo de pronóstico basado en un algoritmo adaptativo fue propuesto por Zhu y Thonemann (2004).

3.3. CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DE CORTO CICLO DE VIDA

Uno de los temas claves en el control de inventarios es el de los ítems perecederos, estacionales o de moda como ropa de venta estacional, flores, artículos de navidad y productos que se venden en otras festividades especiales en las estaciones del año, estos pueden representar un grado de obsolescencia, agotamiento de estos ítems en tiempos cortos, debido a su corto ciclo de vida, y no lograr satisfacer la demanda de los clientes; lo que genera altos costos en los bajos inventarios y una perdida en la utilidad por no satisfacer la demanda del inventario a la mano. Debido a esta problemática en una política de inventarios se debe dar respuesta a las preguntas de cada cuánto debe revisarse el inventario, cuándo ordenar y cuánto ordenar, bien sea ítems de demanda independiente o

dependiente. Sin embargo, la metodología de estimación de políticas para darle respuesta a estas preguntas puede variar significativamente debido a dos aspectos: el tipo de producto y el ambiente de producción Silver (1998).

Es importante también manejar el tema de los contratos que cumplen un papel importante, puesto que ayudan a tomar decisión mediante la adecuada distribución de responsabilidades, ingresos y riesgos que asumen los minoristas y el proveedor. En él se “especifican los parámetros en que un minorista coloca una orden y un proveedor cumple con ella” Chopra y Meindl (2004). Por otro lado, un contrato define formalmente las reglas en una relación cliente – proveedor, y puede definir aspectos relacionados con la cantidad, la calidad, el precio y el tiempo de entrega, entre otros relacionado con el producto. En la medida en que se ajustan los términos del contrato, cambia el riesgo asumido por cada una de las partes involucradas y por consiguiente se afectan las decisiones de proveedores y clientes, al igual que también cambia la rentabilidad de la cadena de suministro Chopra y Meindl (2004) y de cada uno de sus integrantes de esta. Es decir que el problema en la gestión de las cadenas de suministro no consiste únicamente en mejorar su desempeño, sino también en establecer los mecanismos de contrato que incentiven a los agentes de la cadena a tomar las decisiones correctas y establecer las acciones pertinentes Schwarz (2004).

Mientras que para las compañías el tema de cómo manejar los inventarios ha sido una inquietud con el fin de lograr un mejor uso de los recursos, y para lograr un control y gestión de los inventarios de los productos es fundamental dar respuestas a preguntas como ¿Qué cantidad de artículo se pide?, ¿cuándo se debe pedir? Y ¿Cuándo se debe de revisar el inventario? Hiller y Lieberman (2001).

Para Nahmias (1982), el desarrollo de modelos para la gestión y control de productos de corto ciclo de vida, parte del planteamiento de dos alternativas para

la demanda: que esta sea determinista y que la demanda no sea determinista. En el caso de demanda determinista, considera el modelo EOQ para un producto con una vida útil de m períodos. El tamaño óptimo que minimiza el coste de mantenimiento y lanzamiento de un pedido viene dado por la fórmula de Wilson. Cuando la demanda no es determinista, los modelos son más complejos. Un caso especial dentro de los productos perecederos es cuando las unidades no pueden estar en stock más de determinado período. Si la vida útil del producto es exactamente un período, las decisiones de pedido en los períodos sucesivos son independientes y el problema se reduce a un caso del vendedor de periódicos (*news boy problem*). En su versión clásica, es formulado para un solo periodo con demanda incierta y supone que el objetivo es maximizar la utilidad esperada, sin tener en cuenta la posible aversión al riesgo, por otro lado se han desarrollado diversas extensiones. Por ejemplo, Matsuyama (2004), formula un modelo multiperiodo, que considera los efectos de la demanda insatisfecha y de los periodos anteriores. Chung y Flynn (2001), desarrollan un modelo en el cual se permite producción reactiva después de iniciado el periodo de ventas.

Para Van Zyl (1964), el primer análisis de políticas óptimas para un producto perecedero con una vida útil fijada. Sin embargo, Nahmias y Pierskalla (1975), realizaron una aproximación mejorada, suponiendo que solamente hay costes de caducidad y de ruptura de inventarios. Consideraron varias opciones para las políticas óptimas, como el caso multiperiodo, la posibilidad de que hubiera costes de pedido y de mantenimiento, y por último, también compararon la política de pedido óptima cuando el producto tiene una vida de dos periodos con la correspondiente política de pedido óptima para el mismo problema en el caso de que el producto tuviera una vida infinita es decir no fuera perecedero.

Los autores Kurawarwala y Matsuo (1996), desarrollan una extensión del modelo de difusión de Bass (1969), al incluirle índices estacionales. Con base en información relevante de productos similares vendidos en temporadas anteriores,

este modelo de difusión puede utilizarse para pronosticar la demanda de un producto de corto ciclo de vida. Además, proponen un modelo de inventario estocástico de horizonte finito para determinar el reabastecimiento óptimo a lo largo del ciclo de vida. Este modelo no tiene en cuenta costos fijos de transporte y procesamiento de la orden.

Para Chen, C.-K. et al (2006) estudian el número óptimo de reabastecimientos y desarrollaron un modelo para determinar la cantidad óptima de reabastecimientos en un horizonte finito de planeación. Ellos formularon un modelo de programación no lineal entera-mixta, cuyo objetivo es minimizar el valor presente neto del costo total relevante. Se asume una curva de demanda determinística basada en la distribución Beta y no se tienen en cuenta los costos de faltantes.

4. METODOLOGÍA

En este capítulo se especifica el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados, describiendo cada paso para el cumplimiento de los objetivos, iniciando con la revisión bibliográfica, el levantamiento y análisis de la información suministrada por la empresa caso de estudio, por consiguiente se realiza la implementación de los pronósticos de la demanda. Una vez terminado los análisis de los resultados de los pronósticos se prosigue a establecer políticas de control y gestión de inventarios, teniendo en cuenta el comportamiento de los productos de moda como productos perecederos. Por último se evalúan las políticas mediante diferentes escenarios que se plantearán.

Para la consecución de los objetivos establecidos en el trabajo de grado **“Política de Inventarios para los Minoristas de Vestuario de Moda”** se realizará un proceso metódico para cada objetivo específico.

El cumplimiento del primer objetivo **“Determinar y aplicar el método óptimo de pronóstico de la demanda para el minorista de vestuario de moda.”** Se desarrollará la siguiente metodología.

- ***Levantamiento de información***

Se efectuarán una serie de visitas tanto al minorista como al distribuidor de los productos. En ambos casos se realizarán un levantamiento información de la demanda que serán datos históricos suministrados por la empresa caso de estudio.

- ***Análisis de la información***

Analizar la información con el fin de determinar objetivamente la situación actual de la demanda y a partir de ello identificar las distribuciones estadísticas y las herramientas de pronósticos de la demanda más adecuadas.

- ***Pronóstico de la demanda.***

A partir del análisis de los datos de la demanda se plantean, aplican y evalúan los métodos de pronósticos más adecuados para el minorista de vestuario de moda y por último en esta etapa se selecciona el método óptimo a partir de los criterios de error.

Para el cumplimiento del segundo objetivo **“Diseñar una política de inventarios que permita maximizar la utilidad del minorista de vestuario de moda”**. Se sigue la siguiente metodología.

- ***Levantamiento de información***

Se realizará un levantamiento de los procesos en la gestión de inventarios para identificar costos, tiempos de espera, nivel de servicio y otras variables necesarias para el desarrollo de la política.

- ***Análisis de la información***

La información será analizada con el fin de determinar la situación actual de los procesos de gestión de inventarios y a partir de ello plantear los supuestos, restricciones y los modelos de gestión y control inventarios más adecuados para el caso.

- ***Desarrollo de la política de inventario***

Se utilizan los modelos planteados de gestión y control inventarios para determinar la política de inventario la cual incluye los supuestos, restricciones, niveles de servicio, la cantidad de ítems a pedir en función de maximizar la utilidad.

Para el cumplimiento del tercer objetivo **“Evaluar la flexibilidad y adaptabilidad de la política en distintos escenarios”**. Se desarrollará la siguiente metodología.

- ***Análisis de la información***

Una vez que se disponga de la información necesaria se plantearán los escenarios más probables para la evaluación.

- ***Evaluación de la política de inventario***

Se evalúa la flexibilidad y adaptabilidad de política a partir de los criterios utilidad total esperada y nivel de servicio.

5. DESARROLLO METODOLÓGICO

De acuerdo con lo expresado en el capítulo 4 en la metodología para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado, se realizó una revisión bibliográfica de la teoría, conceptos y métodos a utilizar en el desarrollo de cada uno de los objetivos, primero se presenta el desarrollo de los pronósticos de demanda a partir de una agrupación de datos y un análisis de series de tiempo después se establecen las características inherentes al sector de la moda para determinar y desarrollar las políticas de gestión y control de inventarios y por último se evalúan las políticas desarrolladas a través de un análisis de sensibilidad.

5.1. PRONÓSTICO DE DEMANDA

Para **“Determinar y aplicar el método óptimo de pronóstico de la demanda para el minorista de vestuario de moda.”** Se realizó una agrupación y selección de los datos suministrados de la demanda durante cinco años de la empresa minorista caso de estudio, con el fin de analizar el comportamiento en una serie de tiempo y distribuciones estadísticas. De acuerdo al comportamiento de la demanda se determinan los métodos de pronósticos más adecuados y por último se selecciona el método óptimo a partir del criterio del menor error cuadrático medio (ECM).

5.1.1. Agrupación y Selección de los Datos

Las prendas de vestir se agruparon por categorías como camiseta, camisa, blusa, pantalón, chaqueta etc. Dentro de estas categorías hay unas diferencias en cuanto a su diseño y talla que no se tomaron en cuenta en la agrupación de los datos, es decir que las demandas de las categorías se manejan como demanda

agregada, es decir la camiseta roja estampada y la camiseta azul cuello en v se manejaran como camisetas y así se realizará con todos los productos.

Después de la agrupación de los datos, se aplica el principio de Pareto el cual permitirá seleccionar las categorías que tenga mayor relevancia para el minorista de moda en función de la cantidad demandada. Para Plossl³, uno de los principios más eficaces en los negocios que puede aplicarse al control de los inventarios, al control de la producción, al control de la calidad y a muchos otros problemas administrativos, es el principio de Pareto, que es una comparación cuantitativa que ordenada los elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "Pocas Vitales" que se encuentran en el 80% de frecuencia de los elementos más importantes en su contribución y los "Muchos Triviales" que son los elementos poco importantes que representan el 20% de la frecuencia de las categorías.

En la tabla No. 1 selección de las categorías, se muestran los datos recopilados de la demanda agregada acumulada durante cinco años, estableciendo las categorías para cada producto y su respectiva participación en la cantidad demanda.

³Goerge W Plossl, 1993 Control de la producción y de Inventarios Principios y Técnicas

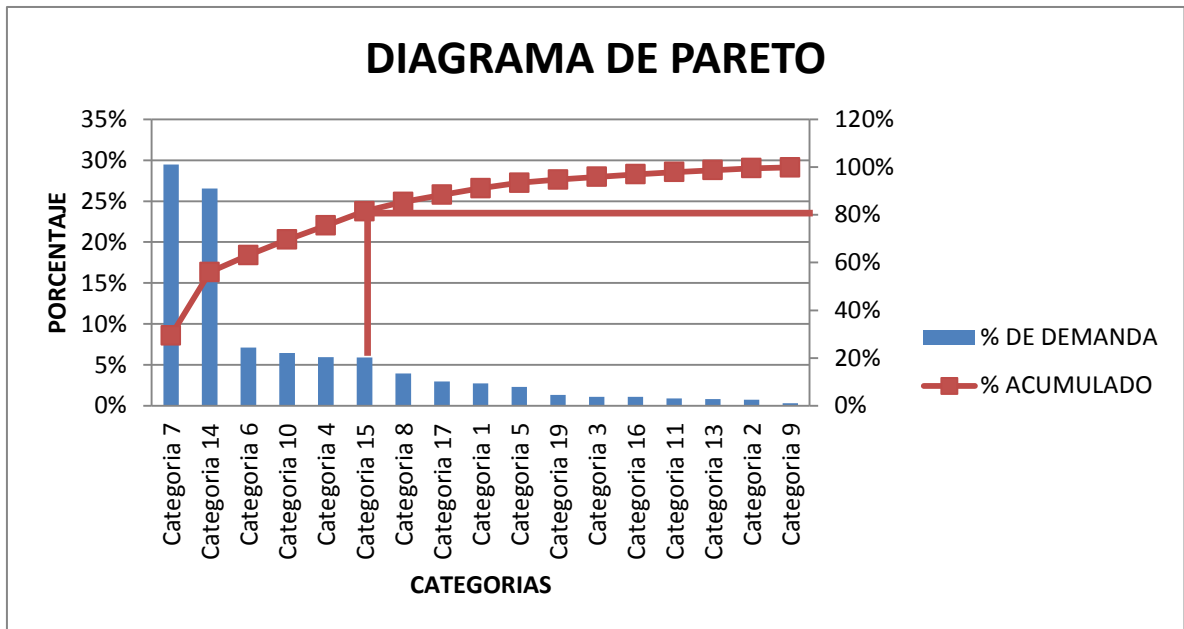
Tabla 1. Selección de las Categorías

CATEGORIA	PRODUCTOS	(Unidades) CANTIDAD Año1 – Año5	% DE DEMANDA	% ACUMULADO
Categoría 7	Camiseta	10060	29%	29%
Categoría 14	Pantalón	9057	27%	56%
Categoría 6	Camisa	2429	7%	63%
Categoría 10	Chaqueta	2209	6%	70%
Categoría 4	Blusa	2030	6%	76%
Categoría 15	Polo	2018	6%	81%
Categoría 8	Cárdigan	1348	4%	85%
Categoría 17	Suéter	1011	3%	88%
Categoría 1	Accesorios	935	3%	91%
Categoría 5	Buso	791	2%	93%
Categoría 19	Vestido	460	1%	95%
Categoría 3	Blazer	382	1%	96%
Categoría 16	Short	377	1%	97%
Categoría 11	Falda	315	1%	98%
Categoría 13	Leggis	279	1%	99%
Categoría 2	Bermuda	259	1%	99%
Categoría 9	Chaleco	116	0%	100%
Categoría 12	Gabán	52	0%	100%
Categoría 18	Traje	13	0%	100%
TOTAL		34141	100%	

Fuente: Datos suministrados por la empresa caso de estudio.

Se seleccionaron las primeras seis categorías de acuerdo a lo planteado en el principio de Pareto, ilustrado en la gráfica 1.

Gráfica 1. Diagrama de Pareto



Fuente: Realizado por los autores con base a Goerge W Plossl, (1993).

5.1.2. Análisis de Serie Tiempo

Falk y Marohn (2012), definen una Serie Tiempo como una secuencia de datos, observaciones o valores, medidos en determinados momentos del tiempo, ordenados cronológicamente y normalmente, espaciados entre sí de manera uniforme. El análisis de Series Tiempo comprende métodos que ayudan a interpretar este tipo de datos, extrayendo información representativa, tanto referente a los orígenes o relaciones subyacentes como a la posibilidad de extrapolar y predecir su comportamiento futuro. De hecho, uno de los usos más habituales de las series de datos temporales es su análisis para realizar pronóstico.

Determinadas las categorías que se analizaron se procede a estudiar el comportamiento de la demanda agregada en la serie de tiempo. La demanda es la cantidad de bienes o servicios que el comprador o consumidor está dispuesto a

adquirir a un precio dado y en un lugar establecido, con cuyo uso pueda satisfacer totalmente las necesidades de los clientes Ballou (2004).

Según Vidal (2010), se considera que un aspecto importante en la demanda es su caracterización, la cual pueden ser *dependiente* o *independiente*, *estática* o *dinámica*, y por último *determinística (conocida)* o *probabilística (aleatoria)*.

Por su parte, Nahmias (2007), dice que las series de tiempo se utilizan para analizar detalladamente los patrones de la demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones a futuro. Una de las suposiciones básicas de todos los métodos por series de tiempo, es que, la demanda se puede dividir en componentes o patrones como: nivel, tendencia, estacionalidad, ciclo e irregularidad.

Los datos de demanda agregada por cada período estacional para los cinco años y las seis categorías, se obtuvieron de los registros históricos de las ventas de la empresa caso de estudio ilustrado en la tabla 2.

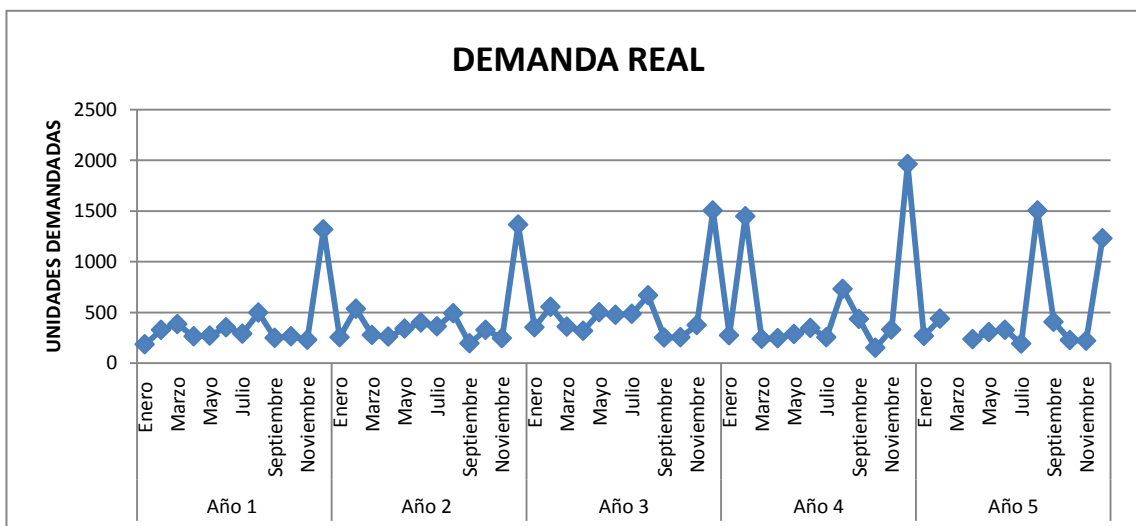
Tabla No 2. Total de Datos – Demanda Real

TOTAL DATOS DEMANDA REAL							
Mes	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Total demanda	% Anual
Enero	183	254	353	273	267	1330	5%
Febrero	327	536	555	1448	437	3303	12%
Marzo	384	276	359	239		1258	5%
Abril	262	260	316	246	236	1320	5%
Mayo	270	338	499	287	304	1698	6%
Junio	352	399	476	346	328	1901	7%
Julio	290	360	483	255	192	1580	6%
Agosto	497	492	666	732	1503	3890	14%
Septiembre	247	193	251	434	406	1531	6%
Octubre	263	327	253	149	225	1217	4%
Noviembre	230	246	373	331	220	1400	5%
Diciembre	1318	1364	1503	1962	1228	7375	27%
Totales	4623	5045	6087	6702	5346	27803	100%

Fuente: Realizado por los autores con base en datos suministrados por la empresa caso de estudio.

Para el análisis se realizó una gráfica 2. con los datos agregados de la demanda para un lapso de cinco años, en este gráfico se puede observar el patrón de comportamiento que sigue la demanda y así determinar los componentes planteados en Nahmias (2007). En este análisis se toma como una estación el lapso de tiempo de un año y los períodos estacionales de longitud un mes, aquí se encontró que el patrón de la demanda es perpetuo y se presentan estacionalidades en el último período estacional del año en el mes de diciembre y también picos en la de demanda definidos como datos atípicos. El gráfico 2. Presenta los datos de la demanda agregada en cada uno de los meses durante los cinco años de la recopilación de los datos, permitiendo la visualización de los comportamientos, es importante resaltar que solo tuvo en cuenta la demanda de los productos generados en el pareto.

Gráfica 2. Gráfico de Demanda Real.

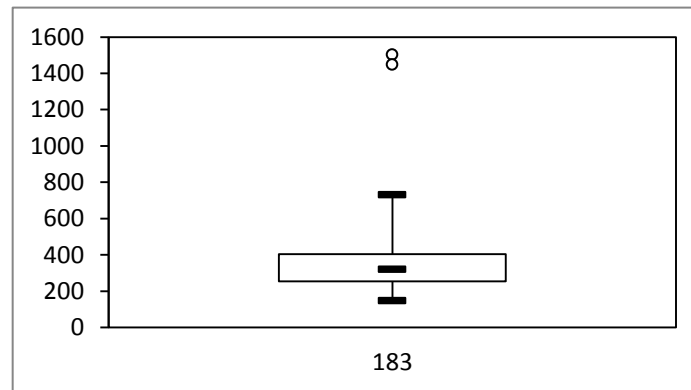


Fuente: Realizado por los autores con base en datos suministrados por la empresa caso de estudio.

En el gráfico 2 y en la tabla 2 se evidencian datos Atípicos subrayados con color rojo, que son un registro mayor o menor de lo esperado. Los cuales se muestran por tener un residuo que es un valor inusual, muy grande o muy pequeño, en

relación a la distribución normal de los datos recopilados de la demanda agregada. Para el análisis de los datos se utilizan los diagramas de cajas basado en los cuartiles; en él se reflejan los cuartiles 1º y 3º y la mediana, junto a los extremos inferior y superior. Como se presenta en el gráfico 3.

Gráfica 3. Diagramas de Cajas Múltiple para Establecer Datos Atípicos.



Fuente: Macro en Microsoft Excel 2010.

Una vez comprobado que los datos son atípicos, no se eliminan automáticamente, debido a que, pueden representar un cambio real en el nivel de la cantidad de la demanda agregada. Vidal (2010), tiene cuenta otras variables a la situación específica del dato atípico y remplazar estos datos por el promedio de los meses en cinco años, es importante resaltar que para este reemplazo de los datos atípicos no se toma en cuenta el mes de diciembre debido a su comportamiento estacional. En este caso, en los meses de febrero del año cuatro y agosto del año cinco, la demanda atípica ocurrió debido a una situación de promoción y para el mes de marzo del año cinco el dato atípico se justifica, porque el local fue cerrado a causa de una remodelación. Para el resto de los datos atípicos arrojados por el análisis de diagramas de cajas múltiples no se encontraron causas que justificaran el cambio en la demanda y se decide dejarlos con el fin de tomar decisiones bajo situaciones que son desconocidas, pero que son reales. La tabla No 3, muestra la demanda agregada ajustada por la sustitución de los datos atípicos resaltados con

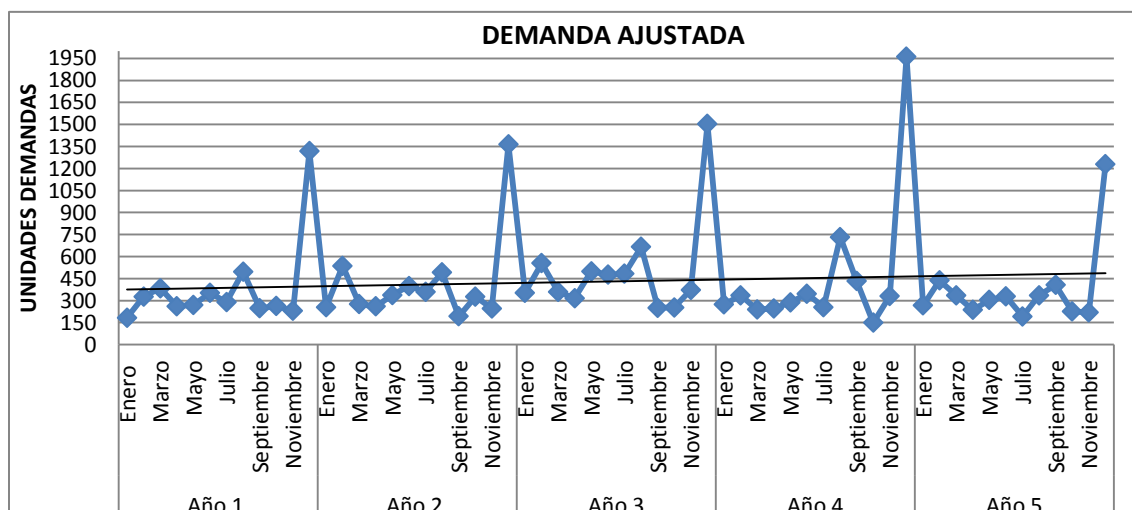
color verde, por el promedio registrada en cada uno de los meses durante los cinco años.

Tabla No 3. Demanda Total Agregada Ajustada

DEMANADA TOTAL AGREGADA AJUSTADA							
Mes	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Total general	% Anual
Enero	183	254	353	273	267	1330	5%
Febrero	327	536	555	336	437	3303	12%
Marzo	384	276	359	239	336	1258	5%
Abril	262	260	316	246	236	1320	5%
Mayo	270	338	499	287	304	1698	6%
Junio	352	399	476	346	328	1901	7%
Julio	290	360	483	255	192	1580	6%
Agosto	497	492	666	732	336	3890	14%
Septiembre	247	193	251	434	406	1531	6%
Octubre	263	327	253	149	225	1217	4%
Noviembre	230	246	373	331	220	1400	5%
Diciembre	1318	1364	1503	1962	1228	7375	27%
Total general	4623	5045	6087	6702	5346	27803	100%

Fuente: Realizado por los autores, basado con la teoría de los datos atípico del autor Vidal (2010).

Grafica No 4. Demanda Agregada Ajustada



Fuente: Realizado por los autores con base en datos suministrados por la empresa caso de estudio.

Una vez definido el patrón de comportamiento de la demanda y haberse ajustado los datos de demanda agregada, se procede a proponer los sistemas de pronósticos de demanda para las categorías establecidas.

5.1.3. Determinación de Métodos de Pronósticos

Considerado que el comportamiento de la demanda encontrado corresponde a un patrón estacional se propone aplicar para pronosticar la demanda los métodos de descomposición, los cuales se basan en la suposición de que se pueden separar los componentes como tendencia, ciclo, estacionalidad e irregularidad Nahmias (2007).

El modelo de descomposición puede adoptar una variedad de formas como se muestra a continuación Chopra y Meindl, (2004).

- **Modelo Multiplicativo** = (nivel) $\times$ (tendencia) $\times$ (factor estacional)
- **Modelo Aditivo** = nivel + tendencia + factor estacional
- **Modelo Mixto** = (nivel + tendencia) $\times$ factor estacional

La elección del modelo a utilizar vendrá dada por el que mejor se ajuste a los datos en cada problema en particular. Para determinar cuál se ajusta mejor se utilizó el análisis gráfico:⁴

- **Gráfico lineales**
 - Oscilaciones constantes en el tiempo: Modelo Aditivo
 - Oscilaciones crecientes en el tiempo: Modelo Multiplicativo
- **Gráficos de dispersión.**
 - Sin tendencia: Modelo Aditivo
 - Con alguna tendencia: Modelo Multiplicativo

En el modelo aditivo todos los componentes son valores reales, mientras que en el multiplicativo, la tendencia es real pero, los restantes componentes se expresan como un porcentaje de ella.

⁴ Descomposición Tradicional de Series Temporales José Ángel Fernández UAM (2006)

En el caso puntual del desarrollo de este trabajo se realizó con un modelo mixto de descomposición, debido a los criterios de decisión gráficos explicados anteriormente, ya que tiene oscilaciones constantes en el tiempo (modelo Aditivo) y con alguna tendencia (modelo Multiplicativo).

Una vez definido el modelo, se selecciona el método de pronóstico para cada componente o toda la demanda, esta selección depende de si los patrones son estáticos o dinámicos.

- Métodos estáticos de análisis de tendencias lineal y descomposición para patrones que no cambian con el tiempo es el método del porcentaje medio.
- Métodos dinámicos de promedio móvil; métodos de suavización exponencial simple y doble y método de Winters. Para patrones que cambian en el tiempo y sus estimados son determinados por los valores más cercanos Vidal (2010).

Se pueden usar los dos métodos combinados, es decir se puede utilizar un método estático para modelar un componente y otro dinámico para modelar otros componentes.

La descomposición de la demanda se desarrolló siguiendo el modelo de ajuste general de descomposición que plantea los siguientes pasos Nahmias (2007).

A. Estimar los factores de estacionalidad.

El factor estacional recoge comportamientos repetitivos de ciclo corto, La longitud de este ciclo se conoce como período estacional y está conformada por P períodos y los factores estacionales S_t están definidos de tal forma que:

$$\sum_{t=1}^P S_t = P$$

El método utilizado para calcular los valores de los factores estacionales fue:

- **Método del porcentaje medio.** En este método se expresan los datos de cada mes como porcentajes del promedio anual. Los porcentajes para meses correspondientes en distintos años se promedian entonces (usando una media o una mediana). Los 12 porcentajes resultantes dan el índice estacional.

B. Eliminación de la Componente Estacional de la serie.

La estimación de la estacionalidad no sólo se realiza con el fin de incorporarla al modelo para obtener predicciones, sino también con el fin de eliminarla de la serie para visualizar otras componentes como tendencia y componente irregular, que se pueden confundir en las fluctuaciones estacionales. Para la eliminación de la componente estacional de la serie cada dato de la serie es dividido sobre el factor estacional, cuando este es un factor multiplicativo como lo fue definido para este caso de estudio Nahmias (2007).

C. Estimar la tendencia en la serie sin la componente estacional.

El factor de tendencia a largo plazo se puede evidenciar fácilmente en la gráfica de la serie de tiempos desestacionalizada y para el cálculo de la tendencia se presentan varios métodos:

- Regresión lineal
- Suavización Exponencial
- Método de los semipromedios

D. Desarrollo de Pronósticos

Para la realización de los pronósticos de las categorías se utilizó la siguiente notación al modelo de la serie y sus componentes.⁵

⁵ Forecasting, time series, and regression Bowerman, Bruce L (2005)

La descomposición de la serie de tiempo está determinada por la ecuación 5.1

$$Y_t = (T_t + F_t)S_t + I_t \quad (5.1)$$

- Y_t = Serie
- T_t = componente tendencia en el periodo t
- S_t = componente estacional en el periodo t
- F_t = componente Aleatorio o Nivel (serie desestacionalizada) en el periodo t
- I_t = componente irregular (error) en el periodo t

Puede observarse, este modelo por series de tiempo tiene nivel, tendencia, estacionalidad y error aleatorio. Cada uno de estos términos se estima a partir de datos del pasado para desarrollar una ecuación que se utiliza entonces para pronosticar la demanda a futuro.

A partir de este desarrollo, se plantearon tres combinaciones en las cuales cada componente de la serie se modeló con métodos de pronósticos diferentes tal como se muestra en las siguientes combinaciones:

- **Combinación 1**

- Nivel (F_t) estático-anual lineal.
- Estacionalidad (S_t) estático Método del porcentaje medio.
- Tendencia (T_t) no se tuvo en cuenta.

$$F_t = \frac{\text{Regresion lineal del año } i \text{ correspondiente a periodo } t}{\text{Numero de periodos } (t) \text{ del ciclo estacional (año } i)}$$

$$S_t = \frac{\text{El promedio de } Y_t \text{ en la estación correspondiente } (j)}{\text{El promedio global de } Y_t}$$

$$T_t = 0$$

- **Combinación 2**

- Nivel (Ft) estático-anual suavizado.
- Estacionalidad (St) estático Método del porcentaje medio.
- Tendencia (Tt) no se tuvo en cuenta.

$$F_t = \frac{\text{Suavización exponencial del año } i \text{ correspondiente a periodo } t}{\text{Número de periodos } (t) \text{ del ciclo estacional (año } i)}$$

$$S_t = \frac{\text{El promedio de } Y_t \text{ en la estación correspondiente } (j)}{\text{El promedio global de } Y_t}$$

$$T_t = 0$$

- **Combinación 3**

- Nivel (Ft) Dinámico suavizado
- Estacionalidad (St) dinámica método del porcentaje medio suavizado
- Tendencia (Tt) dinámica suavizada

Aleatoriedad o Nivel	$F_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-p}} + (1-\alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$	(5.2)
----------------------	--	--------------

Tendencia	$T_t = \gamma(F_t - F_{t-1}) + (1-\gamma)T_{t-1}$	(5.3)
-----------	---	--------------

Estacionalidad	$S_t = \beta \frac{Y_t}{F_t} + (1-\beta)S_{t-p}$	(5.4)
----------------	--	--------------

Pronostico	$Y_t = (F_t + T_t)S_t + It$	(5.5)
------------	-----------------------------	--------------

5.1.4. Selección y Resultados del Método de Pronósticos.

Para la selección de la combinación de pronósticos se tomó como criterio decisión escoger la de menor ECM (error cuadrático medio), Chan *et al.* (1999), plantea que ECM es el mejor criterio de decisión debido a que los errores muy grandes en

el pronóstico tienen un impacto más negativo que el efecto positivo generado por un error pequeño y considerando que por el cálculo que se realiza, asigna más ponderación a los errores grandes, es que se lo considera mejor criterio al momento de seleccionar el método más adecuado de pronóstico.⁶

Se utilizó Excel para la implementación de las combinaciones de pronóstico, La tabla No 4. recopila la información de los errores de las tres combinaciones de pronósticos para cada categoría. Es importante tener en cuenta que para el desarrollo de la combinación 2 y 3 de pronósticos se optimizaron las constantes de suavización a través del solver (∞ , β , γ).

Tabla No 4.Errores de Pronostico

ERROR CUADRÁTICO MEDIO (ECM)	COMBINACIÓN 1	COMBINACIÓN 2	COMBINACIÓN 3
CATEGORÍA 4	120,08	109,59	154,85
CATEGORÍA 6	507,38	625,07	451,47
CATEGORÍA 7	4.798,56	6.342,19	3.424,45
CATEGORÍA 10	395,94	984,74	277,98
CATEGORÍA 14	2.902,48	3.826,84	3.524,25
CATEGORÍA 15	293,96	288,29	330,54

Fuente: Elaboración Propia con base Berenson *et al.* 2001; Fogarty *et al.* 1999

En las tabla 5 y 6 se muestran los resultados de la cantidad de unidades pronosticadas de la combinación seleccionada para el año seis de cada categoría en cada uno de los meses del año y cada temporada en el año respectivamente, la mejor combinación que se adapta a cada producto es seleccionada por el menor ECM representadas por el color amarillo, a continuación se ilustran los gráficos de pronósticos con cada uno de las categorías escogidas, las cuales muestran el comportamiento de la demanda (Y_t) de cada mes durante los cinco años representada por color azul y el pronóstico (Y''_t) de la demanda ilustrada con el color rojo en cada gráfica.

⁶Berenson *et al.* (2001); Fogarty *et al.* (1999)

Tabla No 5. Pronósticos de demanda para el año 6

PRONOSTICOS DE LAS CATEGORIAS MENSUALES						
Meses- Año 6	Categoría 4	Categoría 6	Categoría 7	Categoría 14	Categoría 15	Categoría 10
Enero	7	22	126	54	18	4
Febrero	3	58	212	114	32	6
Marzo	7	46	172	79	26	6
Abril	10	32	136	73	20	4
Mayo	7	34	199	74	25	5
Junio	6	39	229	93	28	8
Julio	7	42	193	84	30	5
Agosto	6	43	338	129	44	9
Septiembre	11	24	137	55	18	5
Octubre	6	34	168	81	21	5
Noviembre	9	27	189	51	22	6
Diciembre	26	147	992	330	113	28

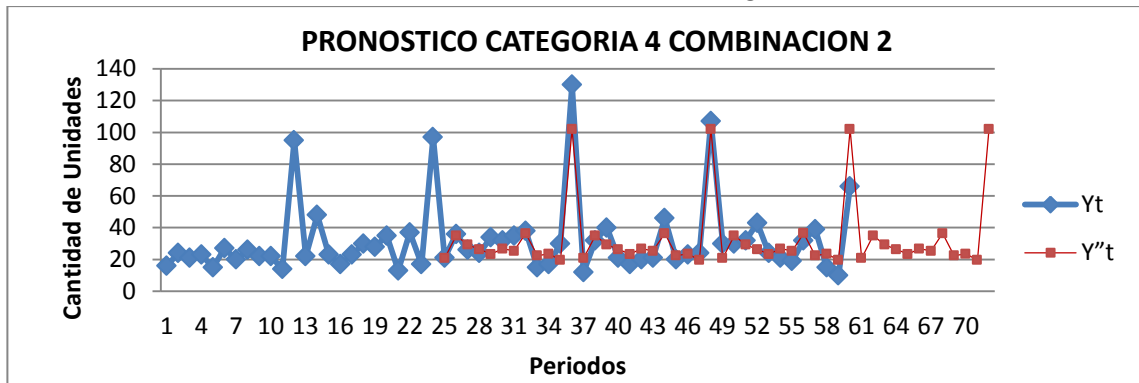
Fuente: Elaborada por los autores con base en la información de los pronósticos realizados.

Tabla No 6. Pronósticos de demanda para el año 6 por temporada

PRONOSTICOS DE LAS CATEGORIAS POR TEMPORADA						
Temporada año 6	Categoría 4	Categoría 6	Categoría 7	Categoría 14	Categoría 15	Categoría 10
Temporada 1	85	126	510	246	77	17
Temporada 2	76	105	565	239	73	17
Temporada 3	84	109	669	269	93	20
Temporada 4	145	208	1350	462	155	38

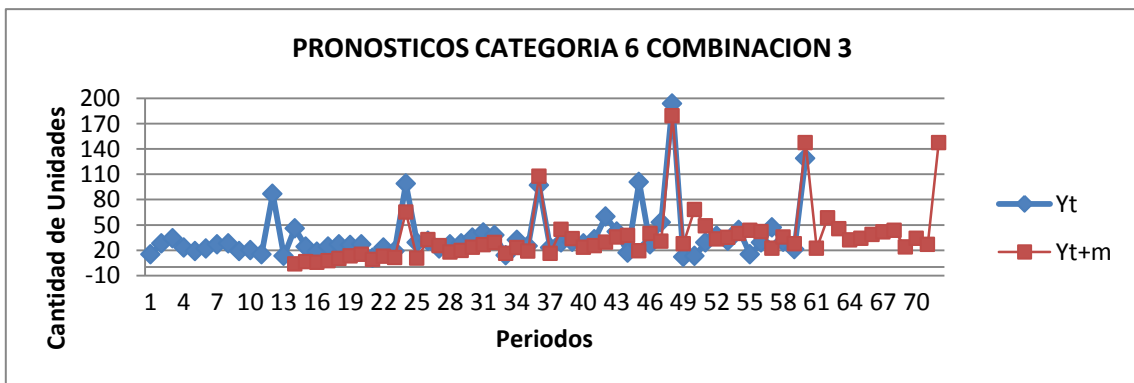
Fuente: elaborada por los autores con base en la información de los pronósticos realizados.

Grafica No 5. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 4



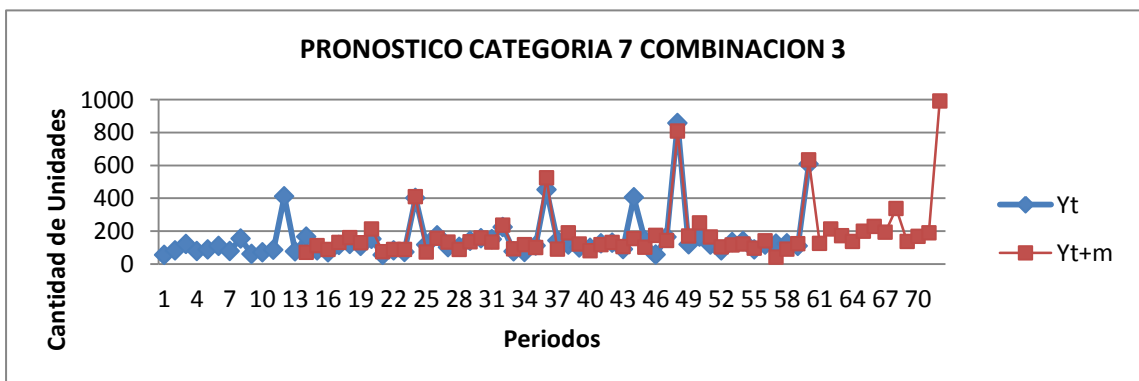
Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Grafico No 6. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 6



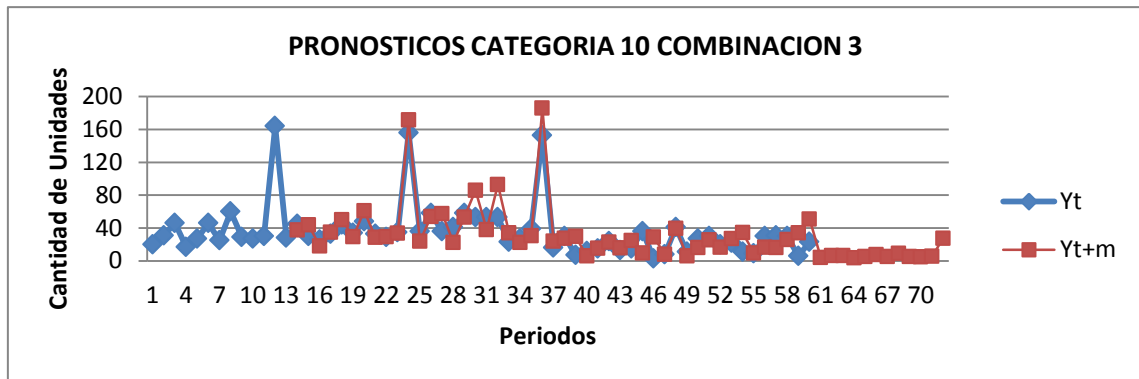
Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Grafica No 7. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 7



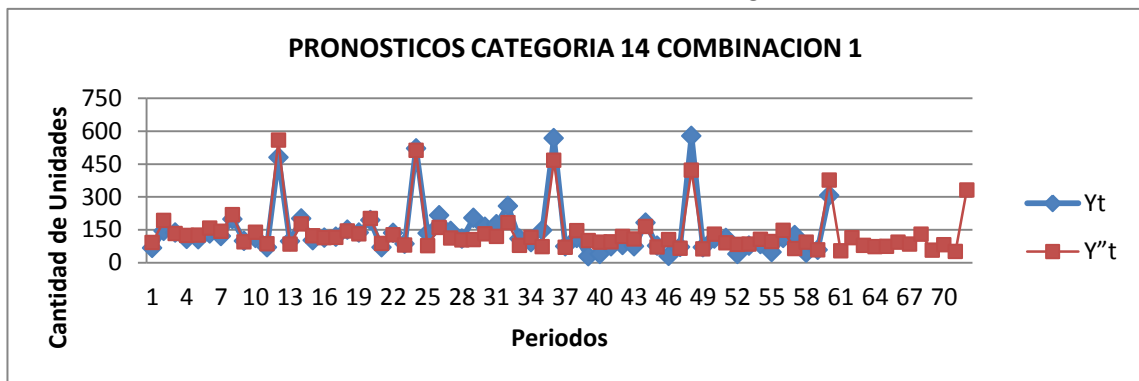
Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Grafica No 8. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 10



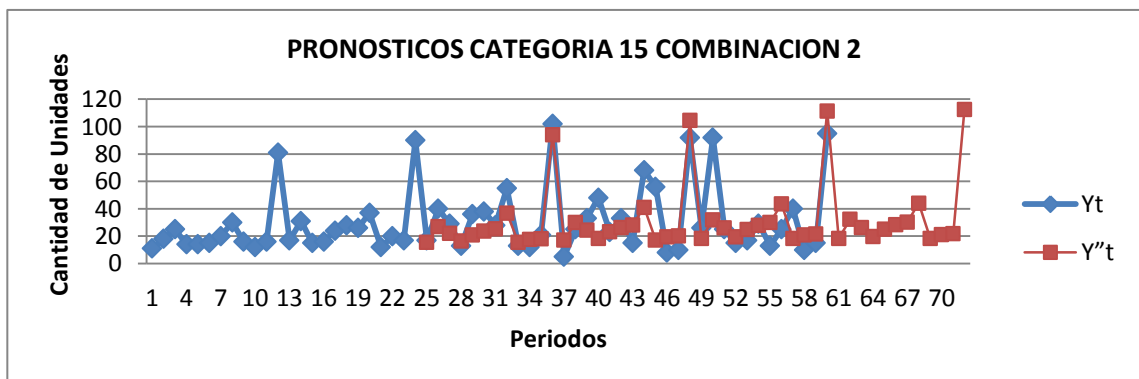
Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Grafica No 9. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 14.



Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Grafica No 10. Grafico Pronóstico de Demanda Categoría 15



Fuente: Realizado por los autores basado en la realización de pronósticos

Como se muestra en la Tabla 4 no se encontró una única combinación que sea la mejor para todas las categorías, se puede observar que para tres de las seis categorías analizadas, la que menor ECM obtuvo fue la combinación 3, ya que calcula los componentes de manera dinámica, es decir se adapta mejor a los cambios en la cantidad demanda. El ECM determinó que la combinación 2 fuera la escogida para dos de las seis categorías analizadas, esta combinación calcula de manera dinámica el nivel anual, de manera estática el factor estacional y no se toma en cuenta la tendencia. Por último, el ECM mostró que la combinación 1 para una sola de las categorías de las seis categorías, plantea el cálculo del nivel estático lineal anual, la estacionalidad estática y no se tiene en cuenta la tendencia.

Para el cálculo inicial del factor estacional de las 3 combinaciones se utilizó el método de los porcentajes medios, aunque en la combinación 3 este se suaviza es decir se vuelve dinámico.

5.2. GESTIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS DE PRODUCTOS DE MODA

La gestión en los sistemas de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Las inversiones en los inventarios son cuantiosas y el control de capital asociado constituye una potencialidad para lograr mejoramientos en el sistema S. Axsater. (2000).

Para el inicio de la gestión y control de inventarios de productos de moda lo primero que se llevó a cabo fue una investigación sobre las características del sector de la moda, el minorista y el producto, después se determinaron los sistemas de control y gestión de inventarios más adecuados a las características de este sector, por último se desarrollan dos políticas: una basada el modelo del vendedor de periódico y otra en la revisión periódica (R,S). Como se pudo observar en el capítulo 3, la revisión bibliográfica, no existe un modelo que se pueda aplicar directamente para resolver el problema expuesto en el primer capítulo. Por lo tanto, en el siguiente capítulo se desarrollan las dos políticas en las que se intenta utilizar de manera efectiva la información disponible sobre los costos y la demanda de un producto de corto ciclo de vida.

5.2.1. Características del Sector Moda y el Minorista caso de estudio

La moda es la imitación de un ejemplo dado y satisface la exigencia y la adaptación social Simmel (1904). Los productos de moda se comportan como productos perecederos, debido a su corto ciclo de vida que está determinado por la moda, y en el momento que ésta pase la demanda se vuelve rígida y muy escasa, y será complicado vender el inventario sobrante, aun realizando grandes descuentos. En general se habla de artículos o productos perecederos en el caso de productos alimenticios, pero la verdadera definición de perecedero indica que

es aquel que pierde su valor pasado un intervalo de tiempo. La gestión en el sector de la moda está sujeta al concepto de colección que es un conjunto de prendas creadas con una coherencia interna en términos de estilo y destinada a una temporada del año en concreto. Generalmente, los diseñadores suelen crear cuatro colecciones anuales orientadas a las cuatro estaciones del año. A continuación se estipula el intervalo de tiempo de cada una de estas temporadas, cabe resaltar que pasado este intervalo de tiempo se considera que el producto pasa de moda y este pierde parte de su valor.

- Temporada Invierno (Enero – Marzo)
- Temporada Primavera (Abril – Junio)
- Temporada Verano (Julio - Septiembre)
- Temporada Otoño (Octubre – Diciembre)

Hay momentos en los que los inicios de las temporadas coinciden con las promociones, cuyo objetivo es liquidar todos los excedentes de la temporada. Existen productos que aún siendo claramente de una temporada se siguen vendiendo en la siguiente, debido a las características similares del producto, con lo cual se convierten en una prenda de continuidad. De hecho, lo habitual y primordial es que el presupuesto de compra y cada pedido que se deberá realizar de los productos se establezcan por cada una de las colecciones o temporada de moda.

Por otro lado es importante retomar el concepto de estacionalidad que se refiere a un componente del comportamiento de la demanda, no al de la temporada de venta. Efectivamente, en algunos casos, los productos de moda siguen tendencias generales de ventas que convierten su demanda en estacional, debido a que se venden en festividades especiales, en el caso de estudio para la realización de este trabajo de grado el tema de la estacionalidad de la demanda se ve reflejado en el mes de diciembre, debido a su aumento en las ventas de los productos.

Otra característica muy importante en este sector, desde el punto de vista de la gestión de inventarios está relacionada con el tema de las tallas, debido a las características y medidas diferentes del cuerpo humano, teniendo en cuenta que a veces hay prendas de vestir que tienen mejor rentabilidad en unas tallas que en otras, esto puede ser debido a que, estéticamente, el artículo es mejor apreciado en unas tallas que en otras; la experiencia, el conocimiento sobre estética y los gustos de cada cliente por parte del empresario se vuelven vital para predecir estos comportamientos y mejorar la gestión en los inventarios de los productos.

Según Vigaray y Dolores (2005) los minoristas⁷, son los primeros que adaptan su oferta a las necesidades de los consumidores ya que son el último eslabón de la cadena de abastecimiento y por ende son los que tienen relación directa con los consumidores finales. Una mejora en la eficiencia del sector minorista, tiene siempre una gran repercusión en los consumidores y en la industria.

Los contratos cumplen un papel importante, en la gestión y control de los inventarios, en él se especifican los parámetros en que un comprador coloca una orden y un proveedor cumple con ella. En otras palabras, un contrato define formalmente las reglas en una relación cliente – proveedor, y puede definir aspectos relacionados con la cantidad, la calidad, el precio y el tiempo de entrega, entre otros. En la medida en que se ajustan los términos del contrato, cambia el riesgo asumido por cada una de las partes involucradas y por consiguiente se afectan las decisiones de proveedores y clientes, al igual que también cambia la rentabilidad de la cadena de suministro y de cada uno de sus integrantes Chopra y Meindl (2004). El tipo de contrato que se maneja en el desarrollo de este trabajo es un contrato por devolución (buy-back contracts o return policies). En esta modalidad de contrato el proveedor le vende al minorista a un precio v , pero le reconoce un monto s por cada unidad no vendida al final de la estación Cachon

⁷ Comercialización y Retailing: Distribución Comercial Vigaray y Dolores (2005)

(2002). Al ofrecer un valor de salvamento, este contrato anima al vendedor a aumentar la disponibilidad de producto, lo cual disminuye la probabilidad de ventas perdidas; por consiguiente la compra de devoluciones puede ser usada por el fabricante para incrementar su utilidad y la de toda la cadena de suministro Sin embargo, esta forma de contrato puede ser menos atractiva en la medida en que el costo asociado a la devolución aumenta, o cuando se dificulta verificar el número de unidades no vendidas al final de la temporada. Esto genera confianza en el distribuidor quien tiende a pedir mayor cantidad, lo que normalmente incrementa la utilidad esperada para ambas partes y para la cadena en forma integral Chopra y Meindl (2004).

5.2.2. Determinación de Sistemas de Control y Gestión de Inventarios

La temática para poder determinar cualquier política de inventarios para un producto según Shervais (2000), debe de dar respuesta a las siguientes:

- ¿Con qué **frecuencia** debe revisarse el inventario del producto?
- ¿**Cuándo** debe ordenarse el producto?
- ¿Qué **cantidad** del producto debe ordenarse en cada requisición?

Estas preguntas enmarcan las decisiones con respecto a las políticas de los inventarios y serán la clave para definir las características de los diferentes sistemas de gestión y control de estos. Para dar respuestas a estas preguntas primero se debe clasificar de acuerdo a las características de la demanda y de los tiempos de reposición, estos pueden ser determinísticos o aleatorios, debido a que si la demanda es determinística las dos primeras preguntas son triviales. Teniendo en cuenta que la demanda que se maneja en este caso es probabilística por consiguiente estas tres preguntas son más difíciles de responder (Vidal 2010).

Tabla No 7. Comparación entre los sistemas de revisión continua y los de revisión periódica.

REVISION CONTINUA	REVISION PERIODICA
Es muy difícil en la práctica coordinar diversos ítems en forma simultánea.	Permite coordinar diversos ítems en forma simultánea, lográndose así economías de escala significativas, por ejemplo cuando se le comparan al mismo proveedor.
La carga laboral es poco predecible, ya que no se sabe exactamente el instante en que debe ordenarse.	Se puede predecir la carga laboral con anticipación a la realización de un pedido, ya que se sabe cuándo va a ocurrir.
La revisión es más costosa que en el sistema periódico, especialmente para ítems de alto movimiento.	La revisión es menos costosa que en la revisión continua, ya que en general es menos frecuente.
Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy bajo, pero el riesgo de información sobre pérdidas y daños es mayor.	Para ítems de bajo movimiento, el costo de revisión es muy alto, pero existe menos riesgo de falta de información sobre pérdidas y daños.
Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un menor inventario de seguridad que el sistema de revisión periódica (Protección sobre L).	Asumiendo un mismo nivel de servicio al cliente, este sistema requiere un mayor inventario de seguridad que el sistema de revisión continua (Protección sobre $R + L$).

Fuente: Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios Vidal (2010).

La respuesta a la primera pregunta, con qué frecuencia revisar el nivel de inventario se enmarca dentro de dos sistemas básicos: La *revisión continua* y la *revisión periódica* la comparación de estos sistemas se hace en en la tabla No 7.

Como se mencionó anteriormente, la demanda que se estudia en este trabajo de grado es una demanda probabilística, por tal razón y de acuerdo a lo mencionado en la tabla No 7 se estableció que se utilizará un sistema de revisión periódica ya que se adapta a la realidad del minorista en cuanto a su sistema de información, al

costo de la revisión y la predicción de la carga laboral. También se establece otro sistema teniendo en cuenta el corto ciclo de vida del producto que está dado por el modelo básico del vendedor de periódicos.

Se supone entonces el desarrollo de dos modelos con dos alternativas de entrega y/o revisión que ayudaran a dar respuesta a las preguntas planteadas con anterioridad, cuyo objetivo será maximizar su utilidad esperada:

A. Modelo del vendedor de periódicos

- a. Para una sola entrega en la temporada
- b. Tres entregas en la temporada (cada mes)

B. Sistema de revisión periódica (R,S)

- a. Solo la revisión inicial para un pedido
- b. Tres revisiones en la temporada (cada mes)

El modelo del vendedor de periódicos, tiene como objetivo maximizar la utilidad esperada para determinar la cantidad a ordenar, teniendo en cuenta el conocimiento de la ganancia marginal de vender un producto que está en inventario, así como la pérdida marginal por cada unidad no vendida ver Anexo 1. Cuando se establece el sistema de una política de revisión periódica, se especifica revisar el nivel del inventario cada R unidades de tiempo y se ordena una cantidad igual a la diferencia entre un valor máximo S y el valor del inventario efectivo en el momento de la revisión. Una observación importante radica en el hecho de que para este sistema la protección del inventario de seguridad debe darse para un período de tiempo igual a la suma del tiempo de reposición y el intervalo de revisión del inventario, o sea para el período $(R + L)$ Silver (1998).

Es importante resaltar que para el inicio de la realización de los sistemas de control y gestión de inventarios es necesario identificar previamente los factores

relevantes, es decir, las variables que explican el comportamiento y evolución de las situaciones de los inventarios. Para la continuación del desarrollo este trabajo y para dar cumplimiento al objetivo “Diseñar una política de inventarios que maximice utilidad del minorista de productos de moda”. Se tiene en cuenta los factores relacionados con los costos como valor unitario (v), Precio de venta (p), Valor de salvamento (s), Costo unitario de inventario excesivo (C_e), Costo unitario de bajo inventario (C_b), La tasa del costo de llevar o mantener el inventario (r), costo de mantener (C_m), costo por unidad de faltantes B_2 es importante resaltar la relación de C_b con el costo B_2 que es el costo por unidad faltante.

Hay otros factores igualmente relevantes que son los relacionados con la demanda y su distribución. Como probabilidad especificada (P_1) de no tener un faltante por cada ciclo de reposición, factor de seguridad (k), función especial de normalidad $G_z(k)$, tiempo de abastecimiento (L), La función de densidad (distribución) $F_z(k)$, Vidal (2010).

5.2.2.1. Supuestos Generales.

Para continuar con la implementación de los sistemas de gestión y control de inventarios fue necesario definir un conjunto de supuestos que permitieron realizar de manera razonable y aproximada a lo que ocurre en la realidad, para centrarse en los aspectos esenciales del problema que está afectando al sector de minorista de moda.

- El ambiente que se estudia es el último eslabón de la cadena de abastecimiento conformado por el minorista de moda.
- El minorista manejó un contrato por devolución con el proveedor, en donde este le vende al minorista a un precio v , pero le reconoce un monto s por cada unidad no vendida al final de la temporada, $v > s$.
- La demanda del producto no está correlacionada con el nivel de inventario.
- El costo del producto, es estable a lo largo de la temporada de moda.

- El precio de venta del producto, se establece constante a lo largo de la temporada de moda.
- El valor de salvamento del producto se establece constante a lo largo de la temporada de moda.
- Cualquier demanda insatisfecha se toma en cuenta como una venta perdida.
- El costo de mantener inventario durante la temporada en el punto de venta se asume que es proporcional al número de unidades mantenidas en inventario.
- La empresa caso de estudio no tiene predeterminado un nivel de servicio.
- El precio del producto se mantiene constante a lo largo de la temporada de ventas.
- Los costos de reabastecimiento son constantes y conocidos.
- El inventario no sufre deterioro durante el periodo de ventas.
- Tiempo de abastecimiento se considera cero.
- Los errores de pronóstico tienen una distribución normal sin sesgo, con una desviación estándar sobre el intervalo de revisión más el tiempo de reposición, $(R + L)$. Por lo tanto, la desviación estándar no se conoce con certeza, y por ello, se utiliza su valor estimado (Silver et al. 1998). $\sigma_{R+L} = \hat{\sigma}_1 \sqrt{R+L}$ Para un sistema de control periódico (R, S).

Para el desarrollo de las políticas de gestión y control de inventarios se utilizó la siguiente notación:

X = demanda pronosticada para la temporada

σ_1 = estimacion desviacion de los errores del pronostico

Q = cantidad de pedido

p = precio de venta del minorista

v = precio de compra del minorista

s = valor de salvamento

k = factor de seguridad para la política de nivel de servicio

R = Intervalo de revisión en unidades de temporada

L = Tiempo de reposición.

A = costo fijo por pedido

r = Tasa del costo de mantenimiento del inventario, en %/temporada

P_1^* = Nivel óptimo de servicio (probabilidad de que no haya faltante en cada ciclo)

Q^* = Tamaño óptimo de orden correspondiente al nivel de servicio óptimo

anterior, o sea que P_1 es la probabilidad de que la demanda durante el periodo o sea menor o igual que Q^*

NE = Número de entregas

5.2.3. Desarrollo de Política Basada en el Modelo del Vendedor de Periódicos.

Esta política de inventarios determina la cantidad óptima de producto para atender la demanda de una temporada, esto se realiza a partir de la utilización del modelo del Vendedor de Periódicos y la ecuación presentada por Silver et al. (1998) que plantea la utilidad esperada dado un valor del tamaño de orden, Q . A continuación se presenta la ecuación 5.6 adaptada a la nomenclatura establecida para el desarrollo de este trabajo (Anexo 1.)

$$E[U(Q)] = (p - s)X - (v - s)Q - (p - s)\sigma_1 G_Z\left(\frac{Q - X}{\sigma_1}\right) \quad (5.6)$$

En este modelo no se considera el costo de mantener inventario de forma directa, este costo se plantea de acuerdo al inventario promedio por temporada, dado por la rotación del inventario en la temporada y la demanda en unidades, la tasa r y el valor del inventario. Para asegurar la consistencia dimensional, la tasa r no debe expresarse anualmente, sino como el costo porcentual de mantenimiento del inventario en el punto de venta durante la temporada (%/Temporada) el cual está determinado principalmente por los costos de oportunidad según Bowersox et al. (2007).

$$\text{Costo de mantener} = \frac{X}{\text{Rotacion}} vr \quad (5.7)$$

El costo de ordenar no se considera por el análisis, debido a que es un modelo que está diseñado para un único pedido, de igual forma, para la realización de esta investigación este modelo se adaptó a partir del costo fijo de ordenar A (\$/pedido) y la cantidad de entregas fijadas por la administración.

NE: Número de entregas

$$\text{Costo de ordenar} = A * NE \quad (5.8)$$

De acuerdo a lo establecido en relación con el costo de mantener y ordenar inventarió la ecuación de la utilidad esperada quedara expresa 5.9 de la siguiente manera:

$$E[U(Q)] = (p - s)X - (p - s)Q - (p - s)\sigma_1 G_Z\left(\frac{Q-X}{\sigma_1}\right) - \frac{X}{\text{Rotacion}} vr - A * NE \quad (5.9)$$

Esta ecuación se optimiza con la función Solver (que se encuentra instalada en Excel TM) para hallar el nivel de servicio P_1 óptimo, su respectivo nivel de seguridad k^* y por supuesto Q^* relacionado a partir de la siguiente ecuación.

$$Q^* = X + k^* \sigma_1 \quad (5.9)$$

Esta política se desarrolla para una única entrega y para tres entregas iguales durante la temporada.

5.2.4. Desarrollo de Política Revisión Periódica (R, S)

Para el desarrollo de una política de revisión periódica, se establece que el pedido Q se realiza a partir de la diferencia del nivel de inventario en el momento de la revisión R y un nivel de inventario máximo S establecido a partir de la demanda esperada durante el tiempo de revisión y el lead time más el inventario de seguridad para cubrir la variabilidad de la demanda esperada durante estos intervalos de tiempo.

$$S = X_{R+L} + \sigma_1 k \sqrt{R + L} \quad (5.10)$$

Como el objetivo es maximizar la utilidad esperada se plantea la ecuación 5.11 de utilidad, partiendo del costo total relevante (CTR) Silver et al. (1998). El cual contempla los costos de ordenar, mantener y faltantes, como se estableció la demanda no servida se consideran ventas perdidas el costo unitario de faltante $B_2 v$ para esta investigación es igual $(p - v)$.

$$CTR = \frac{A}{R} + \left(\frac{XR}{2} + k \sigma_1 \sqrt{R + L} \right) vr + \frac{1}{R} (p - v) \sigma_1 \sqrt{R + L} * G_Z(k) \quad (5.11)$$

Para poder llegar a la ecuación de utilidad se plantea los beneficios esperados debido a la demanda esperada y también se contemplan los costos por excesos de inventarios que no tiene en cuenta el CTR como se muestran a continuación. Los costos de excesos están relacionados directamente con el inventario de seguridad

$$\text{Beneficios esperados} = (p - v)X \quad (5.12)$$

$$\text{Costo de excesos} = (v - s)k\sigma_1\sqrt{R + L} \quad (5.13)$$

Por ende, la ecuación de utilidad para esta política, quedará expresada como se ilustra en la ecuación 5.14 y toma en cuenta los beneficios esperados, el costo total relevante y el costo por excesos.

$$[U(k^*)] = (p - v)X - (v - s)k\sigma_1\sqrt{R + L} - \frac{1}{R}(p - v)\sigma_1\sqrt{R + L} * G_Z(k) - \frac{A}{R} - \left(\frac{XR}{2} + k\sigma_1\sqrt{R + L}\right)vr \quad (5.14)$$

Igualmente que en la ecuación de utilidad de la política del vendedor de periódicos se optimiza con Solver para hallar el k^* y su respectivo nivel máximo de inventario S^* , para obtener la máxima utilidad esperada, esta política se desarrolla para una sola revisión en la temporada y para tres revisiones durante la temporada de moda.

5.2.5. Resultados de las Políticas Desarrolladas

Se utilizó como herramienta para la implementación y desarrollo de las políticas de gestión y control de los inventarios la herramienta de Microsoft Excel. Los pronósticos desarrollados en la sección 5.1. contenidos en la tabla No. 6 alimentan una hoja de cálculo en la cual se implementaron las ecuaciones que corresponden a las dos políticas desarrolladas, también se utilizan datos reales de costos suministrados por el minorista para la seis categorías establecidas.

La tabla No. 8 muestra la utilidad anual esperada, es decir por las cuatro temporadas, la cantidad de despachos y/o revisiones por temporada, la cantidad de unidades solicitadas y el nivel de servicio, el desarrollo de cada uno de los cálculos para cada una de las políticas están detallados en el Excel,

Tabla No 8. Resultados de las políticas desarrolladas.

Política de Inventario	Entregas o revisiones	Nivel de servicio P1	Utilidad anual esperada	Total unidades año pedidas Q*
Revisión periódica	3	75,33%	\$ 91.517.613	6110
Vendedor de periódicos adaptado	3	60,03%	\$ 87.676.551	5969
Revisión periódica	1	26%	\$ 80.668.269	5840
Vendedor de periódicos adaptado	1	53%	\$ 77.081.747	5806

Fuente: Elaboración propia con base en la información de los resultados de políticas desarrolladas en Excel.

Los resultados muestran que de acuerdo a los costos considerados, la opción más conveniente para el minorista de moda es el sistema de revisión periódico con tres revisiones, ya que adquiere un 19% más de utilidad esperada que el modelo del vendedor de periódicos de una sola entrega, siendo esté el sistema que menor utilidad esperada genera. Por otro lado el comportamiento del nivel de servicio

también alcanza su mayor nivel con la política de revisión periódica, sin embargo este nivel de servicio se considera bajo en la teoría.

El desempeño más bajo corresponde a la política revisión periódica para un solo periodo revisión, debido a que presentó como resultado un 26%; se revisó el modelo y lo que indica es que el costo de faltantes es superado por el costo de excesos y de mantener inventario, por consiguiente genero un nivel de servicio con la menor utilidad esperada.

5.3. EVALUACIÓN Y ANALISIS DE LAS POLÍTICAS DESARROLLADAS.

Con base en la situación descrita en el planteamiento del problema que está afectando a los minoristas de vestuario de moda, se compara el desempeño de las políticas de inventario desarrolladas en la sección 5.2. Es evidente que la elección de la política está determinada por factores como los costos de ventas perdidas, los costos de devoluciones, volumen y patrón de la demanda, los tiempos de entrega, entre otros. Por ende, se necesita evaluar la sensibilidad de las alternativas ante cambios en los parámetros del modelo. A continuación se analiza la incidencia de variaciones en los siguientes factores:

- Niveles de servicio
- Valor de Salvamento.
- Tasa r del Costo de mantener

5.3.1. Variación de niveles de servicio

La siguiente tabla 9, permite identificar qué tanto se afectaría el desempeño de las políticas ante diferentes decisiones en el nivel de servicio. En esta tabla también se puede observar que las políticas de tres entregas y/o revisiones tienen un mejor desempeño.

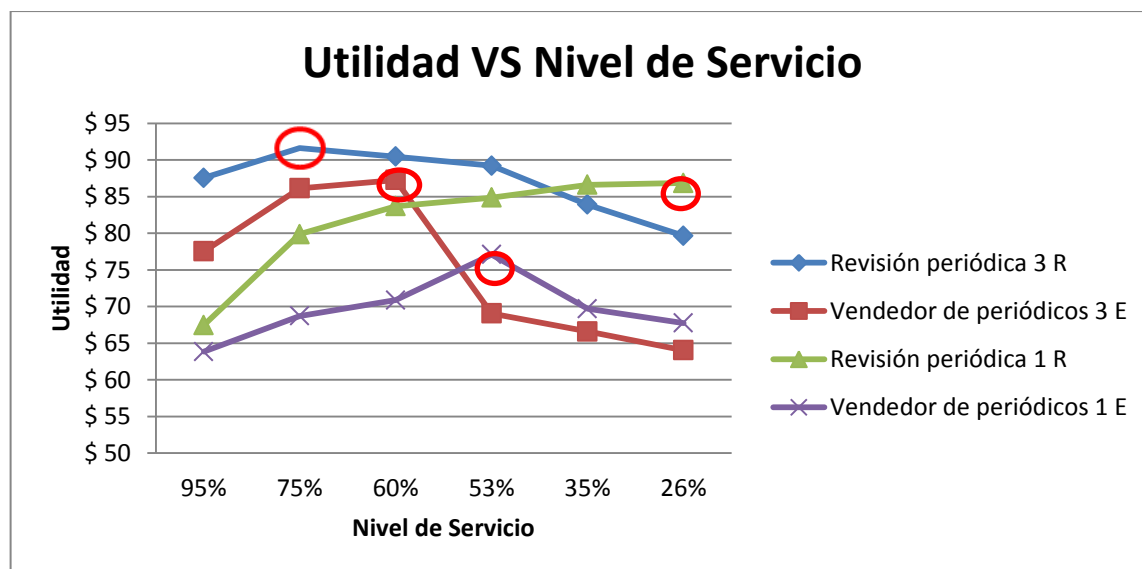
Tabla No. 9 Desempeño de la utilidad esperada vs el Nivel de servicio

	Nivel de servicio					
Política	95%	75%	60%	53%	35%	26%
Revisión periódica 3 R	\$ 87,54	\$ 91,63	\$ 90,46	\$ 89,21	\$ 83,90	\$ 79,64
Vendedor de periódicos 3 E	\$ 77,52	\$ 86,14	\$ 87,28	\$ 69,07	\$ 66,59	\$ 64,03
Revisión periódica 1 R	\$ 67,45	\$ 79,86	\$ 83,70	\$ 84,86	\$ 86,60	\$ 86,84
Vendedor de periódicos 1 E	\$ 63,84	\$ 68,71	\$ 70,87	\$ 77,08	\$ 69,69	\$ 67,74

Fuente: Elaboración propia con base en la información de los resultados de políticas desarrolladas en Excel.

En la gráfica 11, se puede corroborar que la política de mejor desempeño presenta es la de revisión periódica con tres revisiones por temporada, que el desempeño del modelo de vendedor de periódicos para tres entregas tiene buen desempeño en niveles de servicios medios y la política basada en la revisión periódica con una sola revisión tiene como resultado de un nivel óptimo de utilidad que nos conduce a un nivel de servicio no deseado.

Gráfica No 11. Gráfico Utilidad Vs Nivel de servicio.



Fuente: Elaboración propia con base en la información de la tabla No 9.

5.3.2. Variación del Valor de Salvamento.

En este análisis todas las variables se mantienen constantes solo se varía el valor de salvamento, como una proporción del valor de compra v y se optimizan los modelos para ver su impacto en el nivel de servicio, ya que este impacto en la utilidad es un poco obvia. La tabla No 10, contiene los valores de este análisis.

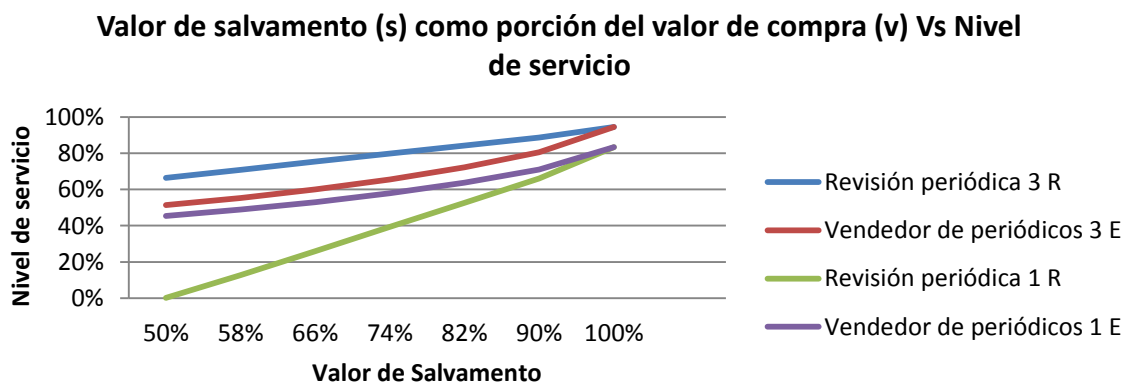
Tabla No. 10 Variación del valor de salvamento s.

Política*	Valor de salvamento (s) como porción del valor de compra (v) Vs Nivel de servicio						
	50%	58%	66%	74%	82%	90%	100%
Revisión periódica 3 R	66%	71%	75%	80%	84%	89%	94%
Vendedor de periódicos 3 E	51%	55%	60%	66%	72%	80%	94%
Revisión periódica 1 R	0%	13%	26%	39%	53%	66%	83%
Vendedor de periódicos 1 E	45%	49%	53%	58%	64%	71%	83%

Fuente: Elaboración propia con base en la información de los resultados de políticas desarrolladas en Excel.

La gráfica No 12 muestra un mejor panorama de la sensibilidad de las políticas frente al valor de salvamento s ; es importante resaltar que este valor está directamente relacionado con el costo de excedentes.

Gráfica No 12. Gráfico Valor de salvamento Vs Nivel de servicio.



Fuente: Elaboración propia con base en la información de la tabla No 10.

Uno de los aspectos a resaltar es la igualdad del nivel de servicio entre las políticas de la misma cantidad de revisiones y/o entregas cuando el valor de salvamento es cero, esto nos indica que la políticas son comparables y por otra parte se ratifica que el número de revisiones y/o entregas está altamente relacionado con el desempeño de las políticas, por lo cual requiere de más investigación.

5.3.3. Variación de la Tasa r de Mantener Inventario

Por último se revisa la sensibilidad de las políticas a la tasa r de mantener inventario, este análisis se consideró de relevancia, debido que este costo en el modelo básico del vendedor de periódicos no se considera, en la tabla No 11 se muestra los valores de esta variación.

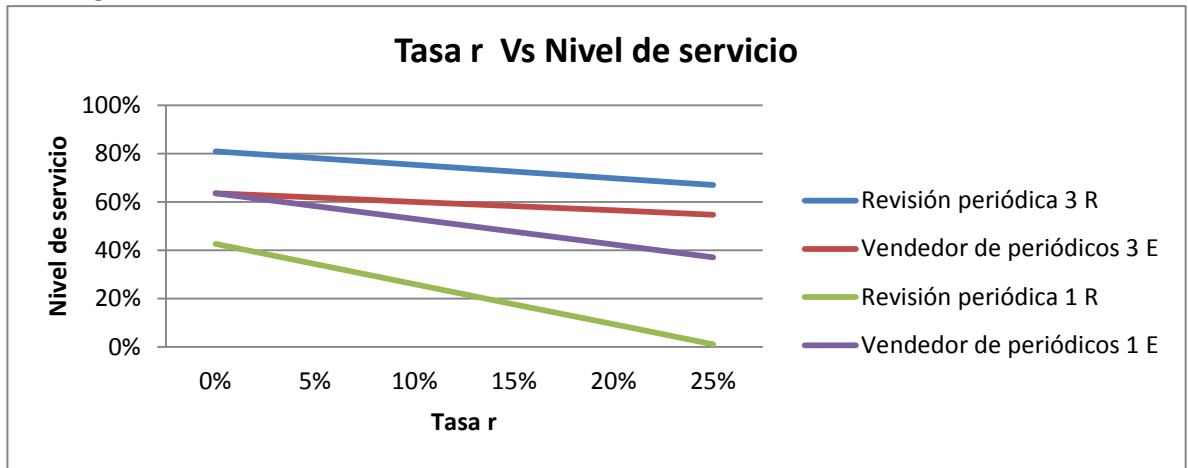
Tabla No. 11 Variación de la tasa r de mantener inventario

Política*	Tasa (r) Vs Nivel de servicio					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Revisión periódica 3 R	81%	78%	75%	73%	70%	67%
Vendedor de periódicos 3 E	64%	62%	60%	58%	56%	55%
Revisión periódica 1 R	43%	34%	26%	18%	9%	1%
Vendedor de periódicos 1 E	64%	58%	53%	48%	42%	37%

Fuente: Elaboración propia con base en la información de los resultados de políticas desarrolladas en Excel.

Nuevamente se grafican las variaciones y se observa que la relación de la tasa r de mantener inventario tiene una relación directa con el nivel de servicio.

En la gráfica No 13 Tasa de r Vs. Nivel de servicio.



Fuente: Elaboración propia de los autores

6. CONCLUSIONES E INVESTIGACIÓN FUTURA.

Una vez terminado el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados en este trabajo de grado, y teniendo siempre presente la problemática que enfrenta el minorista de vestuario de moda en tener un control de sus inventarios y poder maximizar la utilidad esperada en su almacén, se realizan unas conclusiones e investigaciones futuras que ayudaran a fortalecer a otros estudios que se realizarán.

- Para la formulación y resolución de modelos analíticos de los productos de corto ciclo de vida es necesario considerar una subdivisión de estos en relación a la variabilidad en el tiempo: de la demanda, el precio y las características de calidad, esta claridad es importante ya que hay productos que su demanda es poco variable y sus características de calidad se deterioran con el tiempo (perecederos), hay productos que su características de calidad permanecen estables pero la demanda es altamente variable y desaparece con el tiempo (corto ciclo de vida) y también hay híbridos como es el caso de estudio donde la demanda es poco variable, estacional y las características de calidad permanecen estables pero hay un criterio de temporada que establece el ciclo de vida del producto.
- No se encontró un único método de pronósticos que sea el mejor para todos los productos, aunque sí se puede observar que, para el 50% de los productos analizados, los mejores métodos son aquellos que son dinámicos ya que calculan los componentes de manera dinámica, es decir se adaptan mejor a los cambios en la cantidad demanda.
- Una estrategia obvia para mejorar el desempeño es *aumentar el valor de salvamento (s)* a través, por ejemplo, del envío del producto cuando la estación

termine a otros lugares donde pueda ser demandado en vez de devolverlo al proveedor.

- Al analizar la sensibilidad de las políticas se concluye que con altos costos fijos de ordenar, es más conveniente basarse en el modelo del vendedor de periódicos para realizar un único despacho que atienda la demanda de toda la temporada de ventas.
- Permitir dos o más despachos a lo largo de la estación de ventas mejora el desempeño de las políticas, la complejidad de esta opción está en la captura información de demanda a medida que ocurre.
- Como era de esperar, los costos juegan un papel en la determinación del óptimo pedido. el valor de salvamento tiene una relación directa con el nivel de servicio óptimo.
- Indiscutiblemente los productos corto ciclo de vida exigen una estrategia distinta de la usualmente empleada para los productos tradicionales, no se encontró un modelo en la literatura que se pueda aplicar directamente para resolver el problema expuesto.

BIBLIOGRAFÍA

- AXSÄTER S. (2000). *Inventory Control*. Kluwer Academic Publishers. Boston.
- BESCHERER, F. (2005) Established life cycle concepts in the business environment. Introduction and terminology laboratory of industrial management. helsinki university of technology.
- BOWERMAN, BRUCE L (2005). Forecasting, time series, and regression.
- BOWERSOX, D.J., CLOSS D.J., AND COOPER M.B. (2007). Supply Chain Logistics Management. 2nd edition, McGraw-Hill/Irwin,
- CACHON, G. (2002)Supply chain coordination with contracts22. 2nd draft. The Wharton School of Business. University of Pennsylvania.
- CHEN, C.-K., HUNG, T.-W. and WENG, T.-C. (2006) A net present value approach in developing optimal replenishment policies for a product life cycle.
- CHOI, T.-M. LI, D. and YAN, H. (2006) Quick response policy with Bayesian information updates. European Journal of Operational Research 170.
- CHOI, T.-M. (2006) Quick response in fashion supply chains with dual information updating. Journal of industrial and management optimization. Vol. 2, No.3.
- CHOPRA, S. y. (2004). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. Tercera Edición, Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey

- CHUNG, C.-S. and FLYNN, J. (2001). A newsboy problem with reactive production. *Computers & Operations Research*.
- CRAIG L. WILLIAMS, B. EDDY PATUWO (2002) Analysis of the effect of various unit costs on the optimal incoming quantity in a perishable inventory model.
- CRONE, S.F. (2005) Forecasting with neural networks (slides). EVIC 2005 Tutorial. Lancaster University Management School.
- FISHER, M., RAMAN A., HAMMOND, J.H. and OBERMEYER, W. (1994). Making supply meet demand in an uncertain world, *Harvard Business Review*.
- FISHER, M., RAMAN, A. and MCCLELLAND, A. S. (2000) Rocket science retailing is almost here – Are you ready? *Harvard Business Review*.
- FISHER, M. and RAJARAM, K (2000). Accurate retail testing of fashion merchandise: methodology and application. *Marketing Science*, 19, No. 3.
- GALLEGO, G. y. (Noviembre, 2003.). All-or-Nothing Ordering Under a Capacity Constrain and Forecast of Stationary Demand.
- GOYAL, S. & GIRI, B. (2001). Recent trends in modeling of deteriorating inventory. *European Journal of Operational Research*, 13
- HILLER, F., & LIEBERMAN G. (2006). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill.

- KURAWARWALA, A.A. and MATSUO, H. (1996) Forecasting and inventory management of short life-cycle products. *Operations Research*, Vol. 44, No. 1.
- KOUKI C. (2012). Perishable Items Inventory Management and the Use of Time Temperature Integrators Technology ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURE, ÉCOLE CENTRALE PARIS.
- LEE, H.L. (2002) Aligning supply chain strategies with product uncertainties. *California Management Review*, Vol. 44, No. 3.
- MAKRIDAKIS – WHEELWRIGHT (1998), Métodos de pronóstico, México, D.F., Limusa.
- MATSUYAMA, K. (2004). The multi-period newsboy problem. *European Journal of Operational Research*.
- MONTGOMERY, D. L. (1990). *Forecasting & Time Series Analysis*. Segunda Edición, McGraw-Hill, Inc.
- NAHMIAS STEVEN. (1980- 1982)). Perishable Inventory Theory: A Review. *he University of Santa Clara, Santa Clara, California*.
- NAHMIAS, S. (2007). *Production and operations analysis* . Boston: McGraw-Hill
- NAHMIAS STEVEN. (2011)). Perishable Inventory System: A Review *International Series in Operations Research & Management Science* 160
- PIERSKALLA, W. AND C. ROACH (1972). Optimal issuing policies for perishable inventory. *Management Science* 18

- PLOSSL GEORGE W, (1993) *Control de la producción y de Inventarios Principios y Técnicas*, Prentice Hall, México.
- RODRÍGUEZ, JESUS A (2007) Diseño y evaluación de modelos de abastecimiento de productos de corto ciclo de vida Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Universidad del Valle, Santiago de Cali, 2007.
- ROSSI R, (2010). Periodic review for a perishable item under non stationary stochastic demand, University of Edinburgh Business School, Edinburgh,.
- RUN H. NIU, X. Z. (2011). Prining and Inventory Strategies For A Two- Stage Dual- Channel Supply Chain .
- S. Shervais (2000). *Adaptive critic design of control policies for multi-echelon inventory systems*. Doctoral Thesis. Portland State Universit.
- SCHWARZ, L.B. (2004) The state of practice in supply-chain management: A research perspective.
- SILVER, E. A. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera Edición*. New York.
- SNYDER, R. (2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories. *European Journal of Operational Research*.
- VAN ZYL, G.J.J., (1964). Inventory control for perishable commodities. Ph.D. Dissertation. University of North Carolina, Chapel Hill, NC
- VIDAL, C. J. (2002). *Introducción a la gestión de inventarios. Universidad del Valle , Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. Cali.*

- VIDAL, C. J. (2010). Fundamentos de control y gestión de inventarios. Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística
- VOLLMAN, T. (2008). *Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- ZHU, K. and THONEMANN, U.W. (2004) An adaptive forecasting algorithm and inventory policy for products with short life cycles. *Naval Research Logistics*, 29.

ANEXOS

ANEXO 1

MODELO DEL VENDEDOR DE PERIODICOS

Este modelo pretende maximizar la utilidad esperada y asume neutralidad al riesgo. Por cada unidad vendida se percibe un ingreso. Además, es posible recibir un pago (llamado valor de salvamento) por las unidades que no alcanzaron a venderse en el periodo.

Sea,

$p = \text{precio de venta del minorista}$

$v = \text{precio de compra del minorista}$

$s = \text{valor de salvamento}$

Por tanto la utilidad esperada se establece de la siguiente manera expresa en la ecuación A1.1

$$E[U(Q)] = P(X < Q)(X(p - v) + (Q - X)(s - v)) + P(X \geq Q)Q(p - v) \quad (\text{A1.1})$$

Donde,

- $P(X \leq Q)$: Probabilidad acumulada de que la variable aleatoria x tome un valor menor o igual a Q .
- $p - v$: Es el margen por cada unidad vendida, [\$/Und]
- $s - v$: Es el margen recibido por cada unidad dejada de vender, [\$/Und]

Por tanto Dado que,

$$P(x < a) + P(x \geq a) = 1$$

Y la ecuación de utilidad esperada (A2.1) se puede expresar de la siguiente manera:

$$E[U(Q)] = P(X < Q)(X(p - v) + (Q - X)(s - v)) + (1 - P(X < Q))Q(p - v) \quad (\text{A1.2})$$

Si la variable aleatoria x tiene una función de densidad probabilística $f(x)$, la probabilidad acumulada está determinada por,

$$P(X \leq Q) = \int_0^Q f(x)dx$$

Por ende de la ecuación (A2.2) se deriva la siguiente ecuación:

$$E[U(Q)] = \int_0^Q (X(p - v) + (Q - x)(s - v))f(x)dx + \left[\int_0^Q f(x)dx \right] Q(p - v) \quad (\text{A1.3})$$

Al derivar Q ,

$$\frac{dE(U)}{dQ} = \left[\int_0^Q f(x)dx \right] (s - v) + \left[1 - \int_0^Q f(x)dx \right] (p - v) \quad (\text{A1.4})$$

Para encontrar la utilidad máxima en términos de Q^* , se iguala a cero la anterior Ecuación. Al operar y simplificar, se obtiene,

$$P(X \leq Q^*) = \int_0^{Q^*} f(x)dx = F(Q^*) = \frac{p-v}{p-s} \quad (\text{A1.5})$$

Donde,

$F(x)$: Función de probabilidad acumulada de la variable aleatoria X Si se definen,

$$C_e = \text{costo unitario de inventario excesivo } (v - s)$$

$$C_b = \text{costo unitario de bajo inventario } (p - v)$$

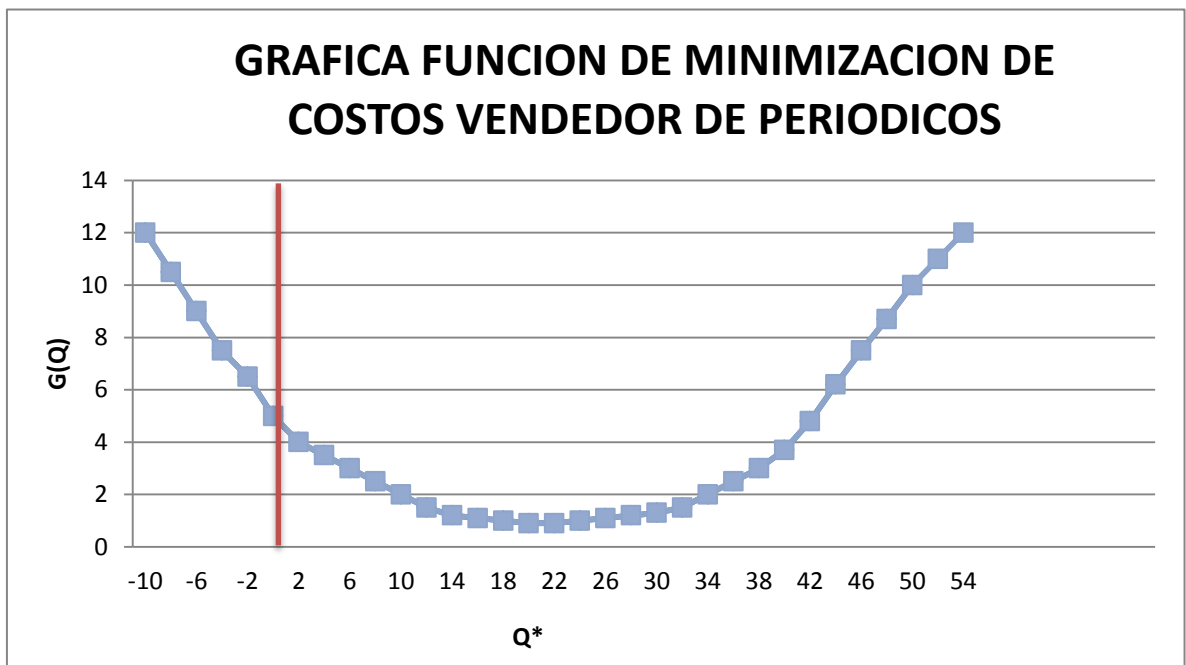
La expresión (A1.6) se puede escribir como:

$$F(Q^X) = \frac{C_b}{C_b + C_e} \quad (\text{A1.6})$$

Q^* se obtiene al aplicar la función inversa de la distribución de probabilidad acumulada, a ambos lados de la Ecuación (A1.6). Es decir,

$$(Q^X) = F^{-1} \frac{C_b}{C_b + C_e} \quad (\text{A1.7})$$

Gráfico No 14. Función de minimización de costos vendedor de periódicos



Fuente: Fuente: Administración de la cadena de suministro CHOPRA, SUNIL y MEINDL, PETER (2008).

ANEXO 2

DISTRIBUCIÓN NORMAL

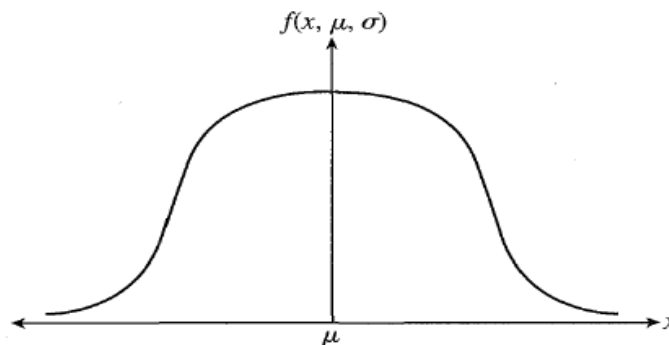
La distribución normal es de suprema importancia en el control de inventarios ya que en la mayoría de las ocasiones constituye un buen modelo para representar las demandas y los errores del pronóstico. Las principales funciones de la distribución normal unitaria y sus propiedades son las siguientes:

Una variable aleatoria continua X tiene una *distribución normal* con una media μ y una desviación estándar $\sigma > 0$ si la función de densidad de probabilidad $f(x, \mu, \sigma)$ de la variable aleatoria está dada por:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left[\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (\text{A2.1})$$

La función de densidad normal es la que se muestra en la figura La *función de distribución normal acumulada* se denota por $F(x, \mu, \sigma)$ y es la probabilidad de que una variable aleatoria distribuida normalmente con una media μ y una desviación estándar σ tome un valor menor que o igual a x . La función de distribución normal acumulada y la función de densidad están relacionadas de la manera siguiente:

Gráfico No 15. Función de Densidad Normal



Fuente: Administración de la cadena de suministro CHOPRA, SUNIL y MEINDL, PETER (2008).

La función de densidad normal es la que se muestra en la figura La función de distribución normal acumulada se denota por $F(x, \mu, \sigma)$ y es la probabilidad de que una variable aleatoria distribuida normalmente con una media μ y una desviación estándar σ tome un valor menor que o igual a x . La función de distribución normal acumulada y la función de densidad están relacionadas de la manera siguiente:

$$F(x, \mu, \sigma) = \int_{x=-\infty}^x (x, \mu, \sigma) dX \quad (\text{A2.2})$$

A una distribución normal con una media $\mu=0$ y una desviación estándar $\sigma = 1$ se le conoce como distribución normal estándar. La función de densidad normal estándar se denota con $fs(x)$ y la función de distribución normal estándar acumulada se denota por $Fs(x)$. Por tanto:

$$fs(x) = f(x, 0, 1) \text{ y } Fs(x) = F(x, 0, 1) \quad (\text{A2.3})$$

Dada la probabilidad p , la normal inversa $F^{-1}(p, \mu, \sigma)$ es el valor de x tal que p es la probabilidad de que la variable aleatoria normal tome **un** valor de x o menos. Por tanto, si $F(x, \mu, \sigma) = p$ entonces $x = F^{-1}(p, \mu, \sigma)$. El inverso de la distribución normal estándar se denota con $Fs^{-1}(p)$ por tanto:

$$Fs^{-1}(p) = F^{-1}(p, 0, 1) \quad (\text{A2.4})$$

ANEXO 3

EXCEDENTES ESPERADOS DE UN PEDIDO

Se supone que una demanda está distribuida normalmente, con una media μ y una desviación estándar σ . Obtener una expresión para los excedentes esperados si se ordenan O unidades.

$$\begin{aligned}
 \text{Excedentes esperados} &= \int_{x=-\infty}^O (O - x)f(x)dx \\
 \text{Excedentes esperados} &= \int_{x=-\infty}^O Of(x)dx - \int_{x=-\infty}^O xf(x)dx \\
 \text{Excedentes esperados} &= OFs\left[\frac{O-\mu}{\sigma}\right] - \int_{x=-\infty}^O xf(x)dx \quad (\text{A3.1})
 \end{aligned}$$

Utilizando la ecuación A3.2: se tiene excedentes esperados :

$$\begin{aligned}
 \text{Excedentes esperados} &= OFs\left[\frac{(O-\mu)}{\sigma}\right] - \mu Fs\left[\frac{(O-\mu)}{\sigma}\right] + \sigma fs\left[\frac{(O-\mu)}{\sigma}\right] \\
 \text{Excedentes esperados} &= (O - \mu)Fs\left[\frac{(O-\mu)}{\sigma}\right] + \sigma fs\left[\frac{(O-\mu)}{\sigma}\right] \quad (\text{A3.3})
 \end{aligned}$$

$$A = \int_{x=-\infty}^a xf(x)dx = \mu Fs\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] - \sigma fs\left[\frac{(a-\mu)}{\sigma}\right] \quad (\text{A3.2})$$