

ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO DE LOS MODELOS DE PRONÓSTICOS DE LA DEMANDA CON EL FIN DE OPTIMIZAR LA GESTIÓN LOGÍSTICA DE REPUESTOS AUTOMOTRICES

IMPROVEMENT STRATEGY MODELS FORECAST DEMAND IN ORDER TO OPTIMIZE THE AUTO PARTS LOGISTICS MANAGEMENT

Elkin Orlando Beltrán Bustamante
Ing. Industrial, Esp. Gerencia de logística Integral
Universidad Militar Nueva granada, Bogotá, Colombia
beltranbustamante@gmail.com.co

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo y aplicación de un modelo que facilita el cálculo de pronósticos de repuestos automotrices, a partir de la información obtenida de un distribuidor de repuestos en la ciudad de Bogotá Colombia; particularmente es un modelo sencillo que permite combinar diferentes tipologías de repuestos de acuerdo a la frecuencia de demanda que hayan obtenido durante un periodo de 12 meses. Esta estrategia permite modelar y resolver problemas complejos de pronósticos para múltiples referencias en un tiempo prudencial, permitiendo una integración de planeación estratégica y la gestión logística de la cadena de abastecimiento de repuestos automotrices.

Palabras Clave: estrategia de mejoramiento, modelos de pronósticos, demanda, tipologías, repuestos automotrices, gestión logística.

ABSTRACT

This paper presents the development and application of a model that facilitates the calculation of forecasts of auto parts, from the information obtained from a parts distributor in Bogotá Colombia; is a particularly simple model which allows to combine different types of spare parts according to the frequency of demand obtained during a period of 12 months. This strategy allows to model and solve complex problems forecasts for multiple references within a reasonable time, allowing integration of strategic planning and logistics management supply chain of auto parts.

Keywords: improvement strategy, forecasting models, demand, typologies, auto parts, logistics management.

INTRODUCCIÓN

La importancia de realizar este estudio parte del impacto positivo que se logrará en la planeación de las operaciones logísticas de repuestos automotrices, ya que por medio del cálculo efectivo de pronósticos se pueden lograr ajustar eficientemente los pedidos y las cantidades optimas, mediante una estrategia dirigida al cálculo dinámico de múltiples referencias clasificadas en tipologías determinadas por su rotación o nivel de facturación (Sipper y Bulffin, 2005).

El presente trabajo consiste en realizar una comparación de los objetivos estratégicos que busca la operación logística de repuestos automotrices frente a lo que espera en el resultado de los pronósticos calculados bajo una estrategia de clasificación de productos según su frecuencia de demanda Caniato et ál. (2005); esto indica que los nuevos modelos deben aplicar a la configuración de la estrategia basada en tipologías de repuestos cuyas características dependen estrictamente al movimiento constante de la demanda en el tiempo. Los resultados de estos modelos están orientados a facilitar el estudio de los pronósticos, a convertirlos en una forma más fácil de identificar y resolver Kalchschmidt et ál. (2006); hoy por hoy estos estudios se realizan referencia tras referencia y la estimación se torna complicado debido a que el maestro de artículos de una compañía de repuestos automotrices supera en aproximadamente las 124.000 referencias y es muy difícil asignarle un modelo de pronóstico a cada una referencia o línea de artículo Dinissan (2013).

Dada la característica del mercado de repuestos automotrices y el comportamiento de las ventas anuales (2 billones COP), los altos niveles de inventario en los productos del sector automotriz (124.000 Referencias) y sus características representadas en inventarios de repuestos (45%), consumibles (30%), y accesorios (15%), Departamento de repuestos Dinissan (2013), se hace difícil controlar, por su alta sensibilidad a la obsolescencia y por los grandes tiempos de (lead time) en las importaciones; entonces es necesario desarrollar mecanismos de pronósticos que permitan estimar pedidos de estos productos desde el punto de vista de la rotación y disponibilidad, de tal forma que alineen los objetivos de servicio y gestión logística de las áreas funcionales y encargadas de repuestos. (Londoño y Julio Cesar, 2006)

El pronóstico de la demanda juega un papel fundamental en la estrategia de numerosas organizaciones de distribución, manufactura o servicios. La elaboración de pronósticos es de gran ayuda en la programación de la mano de obra, la obtención de niveles de servicio adecuados y la determinación de los requerimientos de recursos, entre otras aplicaciones Makridakis et ál., (1998). La capacidad para elaborar pronósticos con un alto grado de precisión es un objetivo que adquiere creciente importancia en un gran

número de empresas y, en particular, juega un papel fundamental para pronosticar demandas que tienen un patrón esporádico.

Diversos autores como Wacker y Sprague (1998), y Zotteri y Kalchschmidt (2007) consideran que la precisión de un pronóstico depende, sensiblemente, de la técnica cuantitativa que se emplea para elaborarlo. Por lo tanto, este artículo ha sido motivado por la necesidad de formular y aplicar nuevas herramientas para la elaboración de pronósticos de la demanda y, en particular, para los casos en los que la demanda está sujeta a múltiples referencias. De acuerdo con el trabajo de Caniato et ál. (2005) y Kalchschmidt et ál. (2006), es indispensable proponer técnicas de pronósticos que no solo tomen en cuenta la serie de tiempo, sino también la estructura del proceso que genera la demanda (variabilidad no sistemática). Por esta razón, el presente artículo mostrará cómo se puede aplicar técnicas de agrupar diferentes artículos de acuerdo a su frecuencia de demanda. Es un modelo que toma en cuenta las características específicas del sistema que se pretende estudiar, en este caso repuestos automotrices.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

El objetivo es explicar los valores que toman los datos recolectados en un momento determinado del tiempo, es mostrar un fenómeno basado en recolectar información que posea dependencia temporal; concepto que otorga Londoño (2006) al realizar Análisis y modelación de la cadena de suministro de una empresa comercializadora de productos de consumo masivo. Es el caso de las demandas de repuestos automotrices y que son suministrados por la compañía distribuidora en la ciudad de Bogotá en su departamento de repuestos. Anzar (2007) Un procedimiento factible consiste en recoger información sobre la evolución a lo largo del tiempo, y explotar el patrón de regularidad que muestran los datos.

INVENTARIOS

De acuerdo con Sipper & Bulfin (2005) un inventario se define como la cantidad de bienes bajo el control de una empresa, guardados durante un tiempo para la satisfacción de una demanda futura, este es un amortiguador entre las diferencias de tasas y tiempos entre el abastecimiento y la demanda.

Los principales objetivos de contar con un inventario es la protección contra la incertidumbre, permitir la compra bajo condiciones económicas ventajosas, cubrir cambios anticipados en la demanda o la oferta y la facilidad del transporte y la distribución (Silver et,ál, 2000)

En los factores fundamentales de las organizaciones los inventarios contribuyen en la gestión administrativa y la competitividad empresarial teniendo en cuenta que una proporción grande de los activos corrientes de las organizaciones están representadas en inventarios y que el manejo y mantenimiento de los inventarios genera altos costos para las empresas. (Holguin y Julio, 2010)

Sandoval (2013) menciona que dentro de las ventajas de tener inventario se puede considerar en primer lugar satisfacer al cliente, brindando un nivel de servicio satisfaciendo sus pedidos. Por otra parte se puede generar una disminución de costos de producción, transporte y compra debido a economías de escala y descuentos por cantidad, así mismo reduciendo costos de operación y finalmente sirven como medida para eventos inesperados dentro de la compañía como huelgas, demoras en el envío de materia primas y desastres naturales teoría que confirma (Hoguin y Julio, 2010).

Sipper y Bulfin (2005) realizaron una clasificación de los inventarios de la siguiente manera:

- Inventarios de materia prima: Manejan la entrada de materia prima de los proveedores que es utilizada de manera constante por la empresa.
- Inventarios de productos semi-terminados: Son los referentes a algunas partes del proceso en donde hay un desfase en las tasas de producción, siendo las salidas de unas entradas de las otras.
- Inventarios de productos terminados: Manejan lo referente a cantidades de ventas y generación del producto final

PREDICCIÓN DE LA DEMANADA

Según Pacheco (2013) en materia de inventarios la demanda es de gran importancia y se puede diferenciar de dos tipos, como son la demandas determinísticas cuya característica principal es que su comportamiento es conocido con certeza y se pueden presentar de dos maneras: estática o dinámica; la primera permanece constante en todos los períodos es decir se sabe cuál es la tasa demanda durante un determinado espacio de tiempo; y la demanda dinámica se conoce con certeza pero varía de periodo en periodo. Por otro parte las Demanda probabilística o estocástica cuyas demanda se comporta con aleatoriedad o variabilidad (Narasimhan, 1997).

Clasificación de la demanda de repuestos

La demanda de repuestos tiene características especiales que los distinguen de otros productos utilizados en un sistema productivo o de servicio. La principal característica radica en su intermitencia, esto hace más difícil su gestión en cuanto al control de inventarios, es cuando se hace necesario clasificarlos dependiendo las características propias de su intermitencia, para ello es necesario utilizar un método de clasificación que hace mención a dos parámetros, el primero es el intervalo promedio entre demandas *ADI*, FACCIO y SGARBOSSA (2009) calculado así:

$$ADI = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \quad \mathbf{1}$$

Donde N es el número de periodos donde la demanda no es 0, y t_i es el intervalo entre dos demandas consecutivas en el instante i .

El otro parámetro es el coeficiente de variación CV, calculado de la siguiente forma:

$$CV = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N E_i}}{N} \quad 2$$

Tanto del ADI como el CV, permitirán generar una clasificación basada en la figura 1

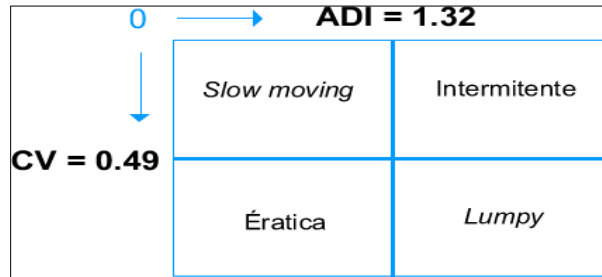


Figura 1: Clasificación de la demanda de repuestos *ADI* vs *CV*
Fuente: adaptada FACCIO y SGARBOSSA (2009)

Eaves y Kingsman (2002) y FACCIO y SGARBOSSA (2009) buscan clasificar estos comportamientos y se describen a continuación:

Slow-moving: Ítems con comportamientos de demanda con patrones que son caracterizados por infrecuencia en sus transacciones y con tamaños de demanda siempre bajos a los artículos tradicionales, son de baja rotación.

Intermitente (Intermittent): Caracterizados por una esporádica demanda, es decir varios periodos en los que la demanda es cero y no hay una marcada variabilidad en la cantidad demandada.

Errática (Erratic): gran variabilidad en los requerimientos en cuanto a cantidad demanda, pero la demanda tiende a ser constante en el tiempo.

Lumpy: Es caracterizada por varios periodos en los que la demanda es cero, acompañado de una gran variabilidad en la cantidad demandada.

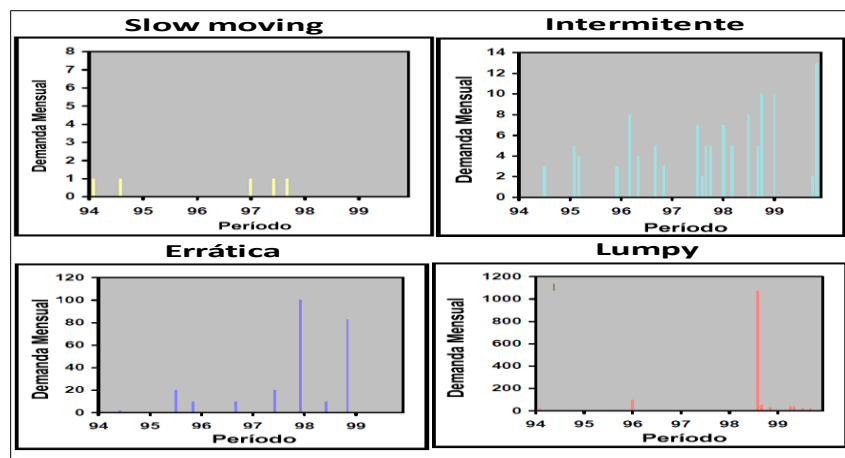


Figura 2: Clasificación Comportamiento de Demanda
Fuente: Adaptada FACCIO y SGARBOSSA (2009)

PRONÓSTICOS

Para Novales y Alfonso (1993) Los pronósticos son la estimación anticipada de una variable y sirven como herramienta para la toma de decisiones de una empresa, se pueden utilizar en áreas como planeación y control de inventarios, producción, finanzas, ventas entre otras áreas. Según Pulido (2008) El objetivo de los pronósticos es reducir la incertidumbre acerca de lo que puede suceder en el futuro dando información aproximada a la realidad, que le permite convertirse en una base para la toma de decisiones.

Los pronósticos usan la historia de datos para pronosticar, pueden provenir de fuentes primarias o secundarias y debe ser información confiable, precisa, pertinente, consistente y periódica. Esta última característica es de suma importancia debido a que de esto depende la confiabilidad y certeza del pronóstico MIND DE COLOMBIA (2012). Según Pulido (2008) Los pronósticos no son una verdad absoluta, presentan un margen o medición de error, que determinan que tan eficaz es un pronóstico por medio del cálculo de la precisión con respecto a sus valores reales, es decir que tan lejos se encuentran los valores pronosticados de los valores obtenidos en la realidad teoría confirmada por Pulido y Pérez (2001).

Autores como Pulido (2008) en la gestión de inventarios inicialmente se estudiarán los métodos de series de tiempo ya que en muchas ocasiones se cometen errores en los pronósticos, por no corregir los problemas que usualmente ostentan las series de tiempo. En este aparte el autor pretende abordar e identificar los problemas más usuales de dichas series como son: La no estacionalidad, la presencia de raíz unitaria y cuando es significativa la auto correlación muestral (PAC), seguidamente se realiza una descripción de la serie de tiempo (AR(p), MA(q), ARMA(p,q) ARIMA(p,d,q)) y para pasar a abordar los problemas más cotidianos de los modelos en la econometría, como son: La no normalidad de los residuos, la no estabilidad de los parámetros y la presencia de un coeficiente de desigualdad de Theil cercano a uno, que nos genera predicción erradas. (De Arce y Mahía, 2007)

Existen tres tipos de medición de error en los pronósticos, los cuales a su vez son de gran ayuda en el momento de calcular el inventario de seguridad para un sistema de gestión de inventarios. (Garrido, 2013).

Error absoluto de la Media:
$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |et|}{N}$$
 3

El MAD es la medición en valor absoluto, en el que se acumulan las desviaciones tanto por exceso, como por que el haber subestimado el pronóstico frente a la demanda, para lo cual se suman las desviaciones dentro de un valor absoluto y por últimos se obtiene un promedio de la acumulación de esas desviaciones. (De Arce y Mahía, 2007)

Error cuadrático de la media:
$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N et^2}{N}$$
 4

Factor de error manejado en términos cuadráticos, que en el momento de ser positivo o negativo siempre va a tener el mismo patrón de referencia por tener un término elevado al cuadrado. (Pulido, 2008)

Error porcentual de la media: $MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{e_t}{Y_t}}{N}$ 5

Determina en términos porcentuales cuanto es la desviación frente a la demanda real, mostrando así un patrón de referencia más entendible. (Pulido, 2008)

MODELOS PARA PRONOSTICAR

GUZMÁN Y PLIEGO, F. J. (1989) en la presentación de su Curso básico de estadística económica sustenta que para Determinar el mejor modelo de pronósticos depende de los datos, el propósito y la perspectiva de quien desea pronosticar; dependerá también de las propiedades de los datos es decir si son diarios, mensuales o trimestrales, y adicionalmente de la cantidad de datos históricos con la que se cuente, además de esto si son series con o sin tendencia, con o sin estacionalidad y también depende del horizonte de tiempo.

Para Garrido (2013), Los modelos más conocidos para elaborar pronósticos son los siguientes:

Cualitativos: Estas técnicas usan el criterio de la persona y ciertas relaciones para transformar información cualitativa en estimados cuantitativos.

Cuantitativos: Se basan en el manejo de datos numéricos históricos

Análisis de series de tiempo: El análisis consiste en encontrar el patrón del pasado y proyectarlo al futuro. Los patrones de una serie de tiempo son:

Estacionaria, Tendencia a largo plazo, Efecto estacional y Efecto cíclico.

Los modelos de series de tiempo son las técnicas de pronósticos que se basan únicamente en la historia de la demanda del ítem que se está pronosticando. Trabajan capturando los patrones en los datos históricos extrapolándolos en el futuro. Los Modelos de series de tiempo son adecuados cuando se puede asumir una cantidad razonable de datos y una continuidad en el futuro próximo de las condiciones que se presentaron en el pasado GUZMÁN Y PLIEGO, F. J. (1989). Esto se debe a la hipótesis de que los patrones pasados y las tendencias actuales se asemejan a los patrones y tendencias que se van a presentar en el futuro. Estos modelos se adaptan mejor al corto plazo del pronóstico. Esto es una suposición razonable en el corto plazo, pero va perdiendo validez en el largo plazo. (Hamilton y James, 1994).

Promedios móviles: Son los modelos de series de tiempo más sencillos, caracterizado por incrementos porcentuales y ajustes a la curva, los cuales pueden ser utilizados para generar pronósticos (Hamilton y James, 1994). Estos modelos pueden ser implementados a través de hojas de cálculo rápidamente y no requieren un conocimiento experto en estadística por parte del pronosticador, usualmente estos modelos son muy simples y para tener mayor exactitud en el pronóstico las compañías casi siempre deben acudir a modelos alternativos de series de tiempo. (Pacheco, 2013).

Modelos de suavización exponencial: Estos modelos se desempeñan bien en términos de exactitud, son fáciles de aplicar y pueden ser automatizados, permitiendo

ser utilizados a gran escala FACCIO y SGARBOSSA (2009). Los modelos de suavización exponencial capturan y pronostican el nivel de los datos con los diferentes tipos de tendencias y patrones estacionales. Los modelos son adaptativos y pronostican dando mayor importancia a los datos más recientes sobre los datos más distantes en el pasado (Pacheco, 2013).

Para Hodrick y Prescott (1998) este método está basado en el análisis de series de tiempo, donde básicamente se obtiene el pronóstico aplicando una serie de tiempos, decreciendo de manera exponencial sobre los datos históricos. Las ecuaciones para la implementación de estos son las siguientes:

6

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t$$

Donde X_t es el valor actual de la demanda en el instante t, α es un parámetro de suavización y F_{t+1} es el pronóstico en el instante t + 1.

Pacheco (2013) Es necesario aclarar que el parámetro de suavización puede tomar diferentes valores entre 0.1 y 0.4 cuando la demanda es inestable es recomendable usar altos valores para este parámetro confirmado en la teoría de FACCIO y SGARBOSSA (2009).

Método de Croston: Eaves y Kingsman (2002) afirman que cuando el comportamiento de las demandas no es suave, ni continuo, los métodos usados comúnmente para pronosticar no son tan efectivos, entonces se hace necesario analizar patrones de comportamientos de la demanda como la intermitencia presentada y alta variabilidad, para así poder hacer uso de un modelo de pronóstico que se ajuste de la mejor manera al caso que se quiere abordar; el modelo de Croston, presenta una solución eficaz para esto y logra obtener unos mejores estimativos sobre el pronóstico.

Este modelo esta específicamente diseñado para series de datos donde la demanda para un periodo determinado a menudo es cero, cuando dicha demanda deja de ser cero, el método se comporta como un suavización exponencial simple Hodrick y Prescott (1998).

Hodrick y Prescott (1998) El método de croston propone lo siguiente:

Si $X_t > 0$, es decir; si hay demanda

7

$$\alpha * G_t + (1 - \alpha) * P_t - 1$$

P_t : Tiempo entre dos demandas consecutivas

G_t : Valor actual entre dos demandas consecutivas en el instante t y α es un parámetro de suavización que varía entre 0 y 1.

Z_t : Magnitud de la transacción individual.

$$\alpha * X_t + (1 - \alpha) * Z_t - 1$$

8

El pronóstico por período esta dado:

$$F_{t+1} = \frac{Z_t}{P_t}$$

9

Si no ocurre demanda $X_t = 0$ entonces los estimativos Z_t y P_t permanecen sin cambio.

Método de Syntetos and Boyland (SAB) o Modificado de Croston: FACCIO y SGARBOSSA (2009) Hace alusión a un error matemático en cuanto al cálculo en el tamaño de la demanda por parte del método de **Croston**. Hodrick y Prescott (1998) da

evidencia de un mejor cálculo de los estimadores ya que tiene en cuenta ciertos patrones de demanda intermitentes, y hace una categorización según los patrones de intermitencia que presente la demanda para así escoger el mejor método de pronóstico.

Las ecuaciones:

$$\text{Valor esperado} = E(F_t) = \frac{\mu}{p} * \left[1 + \frac{\alpha}{2-\alpha} * \frac{p-1}{p} \right] \quad 10$$

Donde μ es la medida de la demanda histórica p es la medida del intervalo entre demanda histórica P_t y en particular $\alpha = 1$.

$$E(F_t) = \mu * \left[-\frac{1}{p-1} \right] * \text{Ln} \left(\frac{1}{p} \right) \quad 11$$

Por lo tanto,

$$F_{t+1} = \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right) * \frac{Z_t}{P_t} \quad 12$$

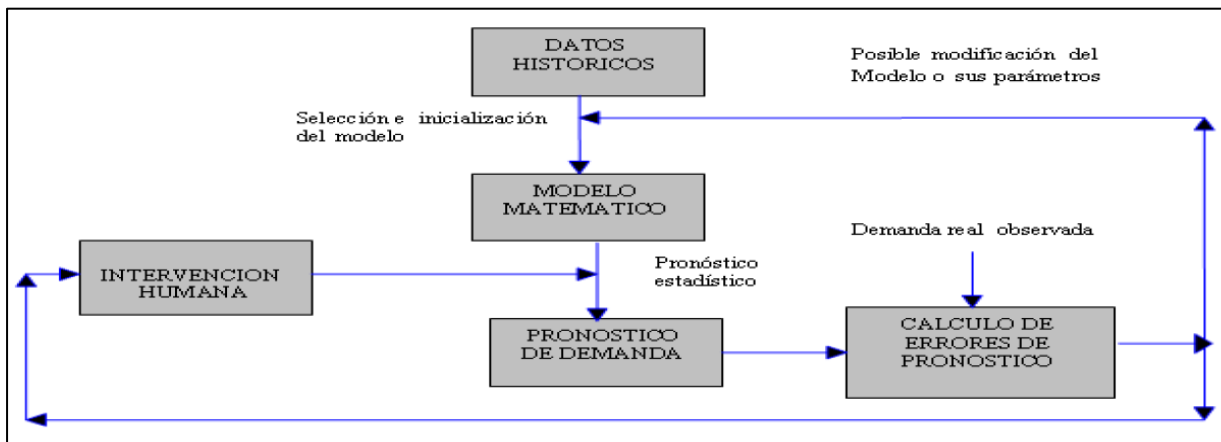


Figura 3: Ambiente común en un sistema de un pronóstico
Fuente: SILVER, Edgar; PYKE, David F; PETERSON 1998. 75 p.

Consideraciones a tener en cuenta en la realización de pronóstico

Todo pronóstico se considera errado, ya que es imposible predecir lo que realmente ocurrirá en un futuro, el pronóstico más eficiente es aquel que produce un error mínimo, un pronóstico óptimo es aquel que produce mejores resultados con menos inversión tecnológica, Determinar la variabilidad de los datos, existen productos con demanda errática, revisar periódicamente los parámetros del modelo matemático del pronóstico Fogarty, D. W., Blackstone, J. H., & Hoffmann, T. R. (1999).

Causas de imprecisión en los sistemas de pronósticos.

Utilización de datos poco confiables, utilización de datos de ventas y no de demandas, sesgos en los pronósticos, velocidad de respuesta al cambio, comportamiento de los proveedores, casos de demanda en los pronósticos, selección del periodo de pronóstico (Londoño y Julio, 2006).

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se utilizará para el desarrollo de la investigación está basada esencialmente en el cumplimiento de los objetivos específicos, considerados como pasos primordiales para la ejecución del objetivo general.

La investigación para el desarrollo de una propuesta que busca mejorar los modelos de pronósticos de demanda se caracteriza esencialmente por ser mixta y aplicable, es decir; que posee contenidos cualitativos y cuantitativos que se demuestran a lo largo de su aplicación. Los elementos cuantitativos se evidencian en datos estadísticos de demandas, modelos de series temporales, observación de variables y formulación aplicable en la teoría; al mismo tiempo los elementos cualitativos se representan en opiniones e información suministrada por los equipos gerenciales de la compañía y los responsables de los procesos. Otra característica importante de esta investigación es su contenido exploratorio, ya que busca identificar en que forma un sistema de pronósticos agrupado por tipologías de repuestos puede ser aplicable y confiable frente a las necesidades de una compañía; aunque existen técnicas similares, está aún no ha sido utilizada y se convierte en una oportunidad de estudio y generación de conocimiento.

La principal fuente de información son los datos estadísticos encontrados en las bases de datos de demandas de repuestos, las entrevistas que se realizan a los directos responsables de la gestión logística en el departamento de repuestos de una compañía comercializadora automotriz y las observaciones o registro visual que el autor realiza en las visitas; por medio de las entrevistas se busca entender el mundo de los pronósticos desde la perspectiva del entrevistado, y desmenuzar los significados desde sus experiencias; las observaciones o registros visuales permiten llevar sistemáticamente válida y confiablemente la conducta de los resultados y componentes en la ejecución de los pronósticos actuales. Estas entrevistas van dirigidas a los líderes de las áreas de repuestos, al gerente, subgerente y director de logística quienes son los que planean y ejecutan las acciones estratégicas de compras y las operaciones en la cadena de abastecimiento; por lo tanto esta fuente de información aporta con lujo de detalles el contexto del trabajo.

La información secundaria son los registros escritos que han tenido contacto con la práctica de pronósticos, como son los libros de estadística, materiales bibliográficos existentes y publicaciones en revistas y artículos científicos. Esta información permite identificar las actividades que actualmente se han desarrollado en materia de pronósticos y en la industria de repuestos automotrices.

A continuación se detalla la metodología que se utilizará en el desarrollo para el cumplimiento de los objetivos específicos y las herramientas que se aplican.

Tabla 1. Metodología

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	METODOLOGÍA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Identificar los resultados que espera la gestión logística de repuestos automotrices frente a los modelos de pronósticos.	*Concepto y explicación de las directrices del departamento de repuestos.	*Entrevista con los directivos del área de repuestos de una empresa distribuidora automotriz.
	*Revisión de casos de éxito realizados en otros lugares	*Observación de los procesos de toma de pronósticos.
Aplicar los modelos de pronósticos a tipologías que permitan ser más dinámicos y ejecutables mediante un software.	*Formulación y guía para el desarrollo de los modelos de pronósticos	*Teoría en libros, artículos y trabajos de investigación.
	*Evaluación de los modelos matemáticos de pronósticos.	*Bases de datos suministradas en el departamento de repuestos de compañía distribuidora.
Validar el desarrollo de las mejoras en los modelos de pronósticos propuestos, frente a los resultados esperados de la gestión logística.	*Comparar los resultados esperados frente a los resultados que arroja los nuevos modelos.	*Cuadro comparativo, listas de chequeo.
		*Observación o registro de la funcionalidad de los pronósticos.
		*Escalas de opiniones.

Fuente: El autor 2013

1. Horizonte de planeación de los pronósticos.

Al realizar las observaciones en el horizonte de planeación de pronósticos para una compañía distribuidora de repuestos automotrices en la ciudad de Bogotá se encuentra que los pronósticos tienen la siguiente orientación:

- Para todas las referencias sin excluir rotación se aplica solo un modelo de pronóstico basado en suavización exponencial, cuando las referencias no poseen una demanda constante solo utilizan un promedio normal y ajustan los pedidos bajo ese esquema.
- El horizonte de planeación y de estimación del pronóstico es a un solo mes debido a las características de los repuestos y a su sensibilidad a la obsolescencia.
- No existe un programa informático que calcule y realice la gestión de pronósticos.
- Actualmente la base de datos contiene información suficiente para el cálculo de pronósticos, como son: las frecuencias históricas de demanda, y las ventas reales.

1.1 Resultados que espera la gestión estratégica de repuestos.

La dirección estratégica de repuestos automotrices varía efectivamente del tipo de empresa y de las políticas que actualmente poseen sus organizaciones; esta estrategia de modelos de pronósticos se diseñó bajo la información obtenida en una compañía distribuidora de repuestos y sus alcances apuntan esencialmente a lo que espera esta empresa.

Dentro de los aspectos más importantes que se logra extraer de los responsables de la planeación estratégica del departamento de repuestos se consideran los siguientes:

- Todas las referencias no están siendo calculadas en un sistema de pronósticos, por lo menos el 35% carecen de un sistema de predicción, esto se debe a que es muy difícil controlar 124.000 referencias.
- Al elaborar un plan de pronósticos de repuestos la compañía busca preparar y estimar el presupuesto de compras y gastos de adquisición, también busca lograr niveles de servicio a un 95% en cuanto a la disponibilidad de repuestos a nivel nacional *Fill Rate* del 96%, esta actividad va ligada a la satisfacción del cliente, las buenas calificaciones y a mejorar la percepción de los proveedores locales e internacionales.
- Actualmente uno de los objetivos pilares organizacionales es “*anticipar las expectativas de los clientes*” por ende los pronósticos de inventarios de repuestos amplían los horizontes y unen claramente este objetivo.
- Las personas encargadas de realizar los cálculos de pronósticos han desarrollado modelos que aplican a todas las referencias, pero es claro que estos estudios necesitan una proyección investigativa y de inversión presupuestal.

2. Aplicación de los modelos de pronósticos.

2.1. Descripción del modelo basado en la estrategia.

La estrategia que el autor propone consiste en agrupar las referencias de acuerdo a la frecuencia de demanda que obtiene en el tiempo, esta clasificación se debe realizar a todas las referencias, a medida que si el consumo de una referencia va aumentando o disminuyendo en el tiempo la referencia debe ir cambiando de tipología de consumo.

La tabla 2 muestra la clasificación de las referencias por tipología durante un periodo de 12 meses, siendo así las tipologías 1 las de mayor rotación en el inventario y las tipologías 7 las de menor rotación en el inventario, es decir; los repuestos obsoletos.

Tabla 2. Frecuencia de Demandas

Tipología	frecuencia	
1	21	9999999
2	9	20
3	5	8
4	3	4
5	2	2
6	1	1
7	0	0

Fuente: El autor 2013

Actualmente el inventario de repuestos en el centro de distribución está conformado por un maestro de 30.276 referencias, con la información obtenida de las bases de datos y sus demandas se realiza la construcción de la clasificación por tipologías, apoyado de Microsoft Excel®. El análisis de la información arroja la siguiente distribución:

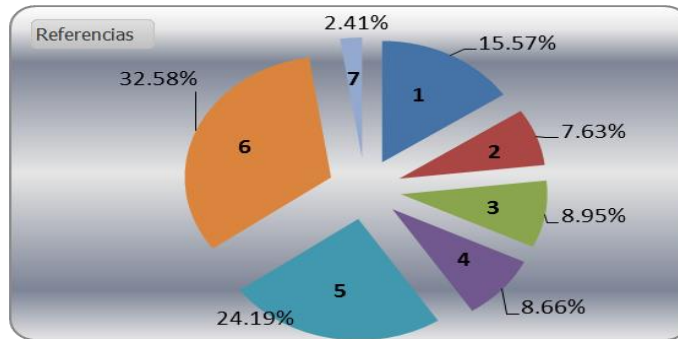


Figura 4. Distribución del inventario por tipologías

Fuente: El autor 2013

2.2. Aplicación de los modelos de pronósticos a las tipologías conformadas.

En el alcance de la aplicación de la estrategia se tomarán solo una referencia representativa por cada tipología esto realiza a manera tener de simplicidad en el desarrollo de los cálculos y obtención de los mismos. Las referencias que se toman se describen en el siguiente cuadro:

Tabla 3: Referencias representativas por tipologías

TIPOLOGÍA	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	DEMANDAS											
			D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
1	1172069T03	CORREA VENTILADOR MO	135	69	92	93	83	113	91	95	72	120	108	135
2	195/70R15BG	BRIDGESTONE DURAVIS	0	8	1	3	8	14	0	4	11	2	0	1
3	12117Z5605	CASQUETE BIELA MOTOR	12	0	22	12	0	0	12	0	2	0	0	12
4	1172052H05-F1	CORREA VENTILADOR MO	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	3
5	11110PROTEC11	PROTECTOR CARTER MOT	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0
6	26150C11MIO	LAMPARA CONECTOR ENC	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
7	SEGR52	SEGUROS ESPEJOS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Adaptada Base datos empresa en estudio El autor 2013

2.2.1. Análisis de tendencia

Para realizar los análisis de tendencia se utiliza la herramienta de Microsoft Excel®, los cálculos se realizan tipología por tipología, el objetivo es determinar si las demandas poseen un factor de nivel que determinará una demanda creciente a través del tiempo estudiado. A modo de ejemplo se ilustra en la figura 5 el análisis de tendencia para una tipología.

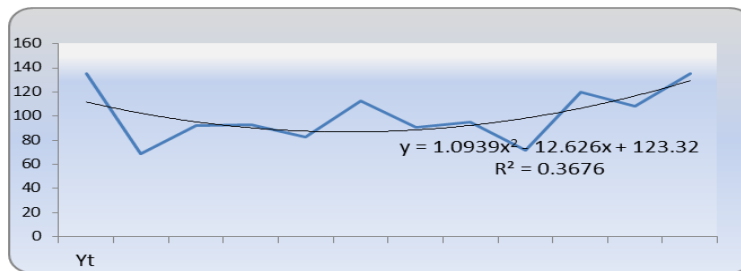


Figura 5: Análisis de tendencia

Fuente: El autor 2013

El análisis de tendencia se realiza a todos las referencias seleccionadas y los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4: tendencia para cada tipología

TIPOLOGÍA	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	PENDIENTE	TENDENCIA
1	1172069T03	CORREA VENTILADOR MO	0.3676	SI
2	195/70R15BG	BRIDGESTONE DURAVIS	0.2334	SI
3	12117Z5605	CASQUETE BIELA MOTOR	0.1636	SI
4	1172052H05-F1	CORREA VENTILADOR MO	0.118	NO
5	11110PROTEC11	PROTECTOR CARTER MOT	0.1099	NO
6	26150C11MIO	LAMPARA CONECTOR ENC	0.0935	NO
7	SEGR52	SEGUROS ESPEJOS	0.5055	NO

Fuente: El autor 2013

2.2.2. Variabilidad por tamaño de demanda

El análisis de variabilidad se realiza para identificar las diferencias entre demandas a demandas, lo ideal es construir un pronóstico que se ajuste al comportamiento de la demanda y este está dado por su variabilidad. Para realizar este análisis se considera el coeficiente de variación (CV) y el promedio de intervalos entre demandas (ADI). En la tabla 5 se muestran los resultados.

Tabla 5: Calcificación de la Variabilidad

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	DEMANDAS												ADI	CV	Variabilidad
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12			
1172069T03	CORREA VENTILADOR MO	135	69	92	93	83	113	91	95	72	120	108	135	1.00	0.22	Errática
195/70R15BG	BRIDGESTONE DURAVIS	0	8	1	3	8	14	0	4	11	2	0	1	0.75	1.10	Errática
12117Z5605	CASQUETE BIELA MOTOR	12	0	22	12	0	0	12	0	2	0	0	12	0.50	1.26	Intermitente
1172052H05-F1	CORREA VENTILADOR MO	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	3	0.33	1.71	Lumpy
11110PROTEC11	PROTECTOR CARTER MOT	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0	0	0.17	2.34	Slow-moving
26150C11MIO	LAMPARA CONECTOR ENC	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0.08	3.46	Slow-moving
SEGR52	SEGUROS ESPEJOS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	3.46	Slow-moving

Fuente: El autor 2013

2.3. Modelos de pronósticos

Los modelos de pronósticos que se aplican son aquellos que están ligados a los análisis de tendencia y variabilidad que se realizaron anteriormente, de ellos depende el sistema que se utilizará y los resultados en el horizonte de planeación. Para resumir los modelos que se utilizarán se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6: Modelos de pronósticos en tipologías.

TIPOLOGÍA	REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	MODELO DE PRONÓSTICO
1	1172069T03	CORREA VENTILADOR MO	SED
2	195/70R15BG	BRIDGESTONE DURAVIS	SED
3	12117Z5605	CASQUETE BIELA MOTOR	SED
4	1172052H05-F1	CORREA VENTILADOR MO	SES
5	11110PROTEC11	PROTECTOR CARTER MOT	SES
6	26150C11MIO	LAMPARA CONECTOR ENC	SES
7	SEGR52	SEGUROS ESPEJOS	SES

Fuente: El autor 2013

SED Suavización exponencial Doble y SES suavización exponencial Simple estos son los modelos de pronósticos seleccionados; se tomaron de las últimas 12 frecuencias de demandas pertenecientes a los datos del último año a partir de Octubre del 2013. Para la estimación de Alfa y Beta se tomaron los últimos utilizados en los cálculos actuales

de pronósticos, en este caso corresponden a 0.25 para los dos. Los modelos auto regresivos y el cálculo de los errores mínimos se diseñaron en Microsoft Excel®

Suavización Doble Exponencial (SED)

Tabla 7: Pronóstico tipología1 – SED

	datos		Regresión Lineal (mínimos cuadrados)				Suavización Simple (BROWN)			Suavización Doble (HOLT)		
	X ₁	Y ₁	X ₁ Y ₁	X ₁ ²	Y	Y _{ajustado}	V _t	d ₁	d ₁ Ajustada	V _t	d ₂	d ₂ Ajustada
1	135	135	135	1	91.73	92	-66	135.00	135	-16	132.73	133
2	69	138	138	4	93.33	94	23	118.50	119	-7	129.30	130
3	92	276	276	9	94.92	95	1	111.88	112	-4	124.97	125
4	93	372	372	16	96.51	97	-10	107.16	108	-6	120.73	121
5	83	415	415	25	98.11	99	30	101.12	102	3	116.05	117
6	113	678	678	36	99.70	100	-22	104.09	105	-4	113.28	114
7	91	637	637	49	101.30	102	4	100.82	101	-1	110.21	111
8	95	760	760	64	102.89	103	-23	99.36	100	-7	107.66	108
9	72	648	648	81	104.49	105	48	92.52	93	7	104.00	104
10	120	1200	1200	100	106.08	107	-12	99.39	100	2	103.00	103
11	108	1188	1188	121	107.67	108	27	101.54	102	8	102.75	103
12	135	1620	1620	144	109.27	110		109.91	110		104.56	105
Σ =	78	1206	8067	650								
Σ(X _i) ²	6084											

Fuente: El autor 2013

En la tabla se expresa el funcionamiento del pronóstico para la tipología 1 y muestra el horizonte de planeación para 12 meses, se realizan las suavizaciones anteriores para que sean evaluadas por medio de los métodos de error cuadrático medio ECM.

Tabla 8: Error cuadrático Medio Suavización Doble.

ECM DE SUAVIZACIÓN DOBLE DEL EJERCICIO:							
DDA REAL	SUAVIZACION DOBLE	DIFER. ERROR	RSFE	MAD	MSE	MAPE	SCEP
135	133	2	2	2	4	1.48%	2
69	130	-61	-59	61	3721	88.41%	-61
92	125	-33	-92	33	1089	35.87%	-33
93	121	-28	-120	28	784	30.11%	-28
83	117	-34	-154	34	1156	40.96%	-34
113	114	-1	-155	1	1	0.88%	-1
91	111	-20	-175	20	400	21.98%	-20
95	108	-13	-188	13	169	13.68%	-13
72	104	-32	-220	32	1024	44.44%	-32
120	103	17	-203	17	289	14.17%	17
108	103	5	-198	5	25	4.63%	5
135	105	30	-168	30	900	22.22%	30
Σ =		-168	-1730	276	9562.0	3	-168
MEDIA =		-14.0	-144.2	23.0	796.8	0.3	-14.0
SEÑAL DE CONTROL		-0.6					

Fuente: El autor

El error cuadrático medio permite identificar cual es el método a seleccionar cuando se corren los diferentes modelos, la señal de control permite seleccionar un modelo

cuando es la de menor valor entre los métodos de auto-regresión. En este caso se selecciona el método de suavización doble pues ha sido el de menor error.

Suavización exponencial Simple (SES)

Tabla 8: Pronóstico Tipología 3

datos		Regresión Lineal (minimos cuadrados)				Suavización Simple (BROWN)			Suavización Doble (HOLT)		
X ₁	Y ₁	X ₁ Y ₁	X ₁ ²	Y	Y _{ajustado}	V _t	d ₁	d ₁ Ajustada	V _t	d ₂	d ₂ Ajustada
1	0	0	1	0.26	1	0	0.27	1	0	1.00	1
2	0	0	4	0.32	1	1	0.20	1	0	1.00	1
3	1	3	9	0.38	1	1	0.40	1	0	1.00	1
4	2	8	16	0.43	1	-2	0.80	1	0	1.00	1
5	0	0	25	0.49	1	0	0.60	1	0	1.00	1
6	0	0	36	0.55	1	1	0.45	1	0	1.00	1
7	1	7	49	0.61	1	-1	0.59	1	0	1.00	1
8	0	0	64	0.67	1	0	0.44	1	0	1.00	1
9	0	0	81	0.73	1	0	0.33	1	0	1.00	1
10	0	0	100	0.79	1	0	0.25	1	0	1.00	1
11	0	0	121	0.85	1	3	0.19	1	0	1.00	1
12	3	36	144	0.91	1		0.89	1		1.00	1
Σ =	78	7	54	650							
Σ(X _i) ²	6084										

Fuente: El autor 2013

Los datos para simular el comportamiento futuro de este tipo de demandas tienen comportamientos Slow-Moving lo que hace constar su intermitencia y aquellos meses donde su demanda es cero. Cuando se pronostica con métodos de suavización tiende a acentuar los picos altos y bajos de demanda intentando suavizar el promedio común de los datos.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

El alcance de este trabajo no es mostrar todos los modelos de pronósticos existentes, consiste en mostrar y comparar que una estrategia puede ser aplicada al cálculo de pronósticos en múltiples referencias cuando los recursos de adquisición de un Software son elevados. Hoy por hoy empresas con gran poder económico y el diseño de sus estrategias corporativas van destinadas a la inversión y a la colocación de sistemas adecuados que logren gran expectativas en el sistema logístico; el diseño de esta estrategia es capaz de atender las necesidades de pronosticar a un grupo extenso de referencias sin necesidad de las grandes inversiones, solo debe alinear las condiciones estratégicas corporativas versus los resultados matemáticos esperados.

Independientemente de los modelos de pronósticos que se utilizaron el autor valida los resultados frente a lo que espera la gestión logística de repuestos automotrices, para tal fin se utiliza un cuadro comparativo de aquellos puntos válidos y relevantes versus los resultados del modelo.

Tabla 9: Resultados esperados de la gestión logística de repuestos automotrices

Consideraciones	Si	No	Valor esperado por la Gestión	Evaluación del Modelo		Resultado
				Valor Calificado por los responsables	Valor calificado por el Autor	
Se lograron ejecutar los pronósticos bajo la estrategia	x		100%	88%	93%	81%
La estrategia alinea los objetivos de la gestión logística de repuestos automotrices	x		90%	95%	95%	100%
La estrategia cambia las expectativas del calculo actual de pronósticos	x		100%	100%	100%	100%
La inversión de recursos en esta estrategia va de la mano a la reducción de costos en el área	x		100%	100%	100%	100%
Este modelo busca pronósticar todas las referencias de repuestos automotrices	x		100%	90%	93%	83%
Confía en la estrategia de pronosticos basado en tipologías	x		100%	83%	93%	76%
Frente a los resultados de los pronósticos considera que es mejor pronosticar a un mayor plazo	x		100%	83%	100%	83%
Considera que este metodo utiliza eficientemente y aborda los datos historicos de su información	x		100%	90%	97%	87%
Considera que esta estrategia no solo puede realizar una suavización exponencial	x		100%	100%	100%	100%
estimaría su presupuesto de compras con el modelo planteado			100%	75%	100%	75%
				Calificación del Modelo		88.5%

Fuente: El autor 2013

El grado de aceptación del modelo para la gestión logística de repuestos dentro de las directrices impartidas para una empresa comercializadora de repuestos automotriz es del 89%. Esta calificación fue tomada de las directrices y de los resultados que espera de la planificación de los objetivos estratégicos del área.

La viabilidad e implementación de este modelo depende en lo que busca la compañía, el autor solo busca evidenciar que este modelo es conveniente para el cálculo de pronósticos cuando los sistemas poseen múltiples referencias.

CONCLUSIONES

La aplicación a un caso real, permitió evidenciar mejores alternativas en el cálculo de pronósticos, los resultados y análisis pueden ser utilizados en varias industrias donde las múltiples referencias o artículos sean los retos más difíciles para calcular o estimar la demanda. El autor propone esta estrategia de calcular pronósticos, pero solo las características esenciales de cada compañía pueden evaluar el desempeño de los mismos, para ello es recomendable insistir en la importancia que representa la estimación de las demandas, la planeación bajo los objetivos de anticiparse a las expectativas de los clientes y la planificación de las operaciones y presupuestos bajo las condiciones de la demanda.

Como primera medida se realizaron las observaciones correspondientes y las entrevistas a los responsables de la gestión logística en una compañía que distribuye

repuestos automotrices en la ciudad de Bogotá, cuya primicia era identificar cual era el panorama esperado en los resultados de los pronósticos en la gestión estratégica y logística para una gran base de datos de artículos. Dentro de los resultados importantes se encontró que la compañía utilizaba solo un sistema de calcular pronósticos, se trata de un modelo de suavización exponencial aplicado solo para las referencias de alta rotación en los almacenes, las demás referencias eran solo calculadas con promedios de demanda, lo cual no es el mejor sistema ya que nunca logran estimar los consumos reales de inventario y no logran identificar las cantidades optimas a pedir. Un aspecto importante a resaltar en este punto es que en esta compañía los pronósticos de demanda y las estimaciones no son sus principales retos logísticos, y debido a esto se evidencian fallas en la estructura operacional de los siguientes procesos en la cadena de abastecimientos.

En segunda parte se realizan las pruebas con la estrategia propuesta por el autor, consistió en realizar una agrupación de todas las referencias dependiendo de sus frecuencias de demanda; se organizaron de alta frecuencia, mediana frecuencia y baja frecuencia, esto se evidencia en el consumo a través del tiempo y no en la rotación de inventario. Una vez que se obtuvieron las agrupaciones correspondientes se les realiza las pruebas de tendencia y variabilidad tomando referencias representativas de cada grupo, se realizan los cálculos de pronósticos y las respuestas son positivas en el estudio y análisis de datos. Si bien el trabajo está indicado para realizar las pruebas de la estrategia planteada para el cálculo del pronóstico, ya que es casi imposible realizarlo a 124.000 referencias bajo un sistema económico y sin inversión tecnológica.

La estrategia planteada se evalúa frente a los resultados que espera la gestión logística y la directriz del área, en primera instancia sorprende lo económico y viable que pretende ser; ya que no necesita gran inversión tecnológica y porque puede ser aplicado fácilmente a todas las referencias que poseen en este momento. Fácil y sencillo en la aplicación, actualizable, creíble, constante y entendible.

Este modelo puede lograr ser más robusto si en un futuro se apunta a realizar una división más exacta o confiable, inclusive si se realiza por estudio de clasificación de inventarios por ABC, agrupación por familias o subfamilias, realizar los cálculos en un programa adecuado para estadística y pronósticos, otro aspecto para realizarlo es hacer un estudio de tomas estadísticas de muestra (n) para una población (N), de esta forma se garantiza que las muestras tomadas si se acercan a las características del total de la población en estudio. En revisión de la literatura se encontró que para otros estudios acerca de este modelo lo mejor es realizar con una mayor cantidad de datos y muestras históricas de demanda, además que se deben tomar otras muestras de opiniones en diferentes empresas y medios.

REFERENCIAS

- [1] LONDOÑO ORTEGA, Julio Cesar. Análisis y modelación de la cadena de suministro de una empresa comercializadora de productos de consumo masivo. Santiago de Cali, 2006. 146 p. trabajo de grado (Maestría en sistemas) Universidad del Valle
- [2] LONDOÑO ORTEGA, Julio cesar. Gestión de inventarios. Universidad autónoma del occidente. Santiago de Cali. 2007
- [3] Aznar, A (2003). "Series de Tiempo". Editorial MP Prentice pp.157
- [4] Antunez Irgoin, Cesar. H (2010). "Pruebas de Raíces Unitarias en EViews". Archivo Acrobat en edición gratuita en www.monografias.com
- [5] Badillo Amador-Rosa, Belaire Franch-Jorge y Contreras Bayarri-Dulce. "Contrastes de Raíz Unitaria para Series Temporales en Presencia de Cambios Estructurales", Dirección del Departamento de Análisis Económico. Universidad de Valencia. Archivo Acrobat, DT 00-06.
- [6] MONTGOMERY, Douglas C; JHONSON, Lynwood A. y GARDINER, Jhon S. Forecasting and time series analysis. New York: Mc Graw-Hill. 1990. 256 p.
- [7] Hamilton, James (1994) "Time Series Analysis" 'Modelando series de tiempo con cambios en regímenes. Princeton University Press. U.S.A
- [8] Novales, Alfonso (1993). "Econometría". The Mc. Graw Hill /INTERAMERICA S.A. España. Segunda edición.
- [9] Pulido, A y Pérez García, J (2001). "Modelos Econométricos". Editorial Pirámide, Madrid.
- [10] PULIDO, José. Gestión de inventarios [en línea]. Isla Margarita. monografias.com 2006. [Consultado 18 de octubre 2013] Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos16/manual-de-inventario/manual-de-inventario.shtml>
- [11] SILVER, Edgar; PYKE, David F; PETERSON, Rein. Inventory Management and production Planning Scheduling. 3 ed. Jhon Wiley & Sons, 1998. 784 p.
- [12] Fogarty, D. W., Blackstone, J. H., & Hoffmann, T. R. (1999). Administración de la producción e inventarios. Cecsca (Compania Editorial Continental).
- [13] Rafael de Arce y Ramón Mahía (2007). "MODELOS ARIMA" Material del Programa Citius.- Técnicas de Previsión de variables financieras. Archivo Acrobat. Dpto. Economía Aplicada. U.D.I. Econometría e Informática.

- [14] Alexander Garrido, (2013). Material de clase Logística de la Producción. Archivo Acrobat, junio. Universidad Militar Nueva Granada.
- [15] Uriel, Ezequiel (1985). "Análisis de series Temporales Modelos ARIMA". Colección Abaco, Parainfo - Madrid.
- [16] Irgoin, C. H. A. (2011). Análisis De Series De Tiempo. Contribuciones a la Economía, (2011-02).
- [17] MARTÍN-GUZMÁN, M. P. Y MARTÍN PLIEGO, F. J. (1989). «Curso básico de estadística económica». AC: Madrid.
- [18] SIPPER, Daniel & BULFIN JR, Robert. Inventarios sistemas de demanda independiente. En: Planeación y control de la producción. Primera edición. México: McGraw Hill, Interamericana, 2005. p 218-319.
- [19] SILVER, Edward, PYKE, David, Peterson, Rein. Ítems individuales con demanda probabilística. En: Inventory Management and Production Planning and Scheduling. Tercera edición, U.S.A: John Wiley & Sons. 1998.p 266-267.
- [20] VIDAL HOLGUIN, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. Cali, 2010 p 4-5 Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería.
- [21] NARASIMHAN, Seetharama. Planeación de la producción y control de inventarios, 2ª Ed. Prentice Hall, 1997. p 350 - 351
- [22] SANDOVAL, Andrés. La Gestión de los inventarios. [En línea]. [11- 14 - 2013]. Disponible en internet: http://www.escolapia.cat/terrassa/aulavirtual/assignat/empresa/Inventaris_esp.pdf
- [23] FACCIO, Maurizio, SGARBOSSA, Fabio,& CALLEGARO, Andrea. Forecasting method for spare parts demand: Spare parts demand and classification. Roma:
- [24] Universidad Degli Studi Di Padova. Facultad de ingeniería. Departamento de técnica y gestión del sistema industrial, 2009. 80 p
- [25] A.H. C. Eaves and B. G. Kingsman. Forecasting for the Ordering and Stock-Holding of Spare, Lancaster, 2002, p. 131, 431-437.
- [26] MIND DE COLOMBIA. ForecastPro. [En línea]. [11- 12- 2013]. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/cnavarro/pronosticos-de-demanda-presentation>
- [27] PACHECO, Robinson. Material de clase Fundamentos de Logística. Archivo Acrobat, junio. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá 2013.