



## **LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA COMO REQUISITO PARA LA GESTIÓN DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO EN LAS EMPRESAS EN COLOMBIA.**



### **SUPPLY CHAIN MANAGEMENT STRATEGIES BASED ON DEMAND PLANNING IN COLOMBIA**

<sup>1</sup>Abdul Zuluaga Mazo, <sup>2</sup>Paula Andrea Molina Parra, <sup>3</sup>Érica Yaneth Guisao Giraldo

<sup>1</sup>Ingeniero Industrial, Magíster en Administración, Docente investigador, Coordinador del área logística, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No 7-151, azuluga@elpoli.edu.co , <sup>2</sup>Ingeniera Administradora, Magíster en Ingeniería Administrativa, Docente investigadora, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No 7-15, pamolina@elpoli.edu.co , <sup>3</sup>Administradora de empresas, Candidata a Magíster en Ingeniería Administrativa, Docente investigadora, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Carrera 48 No 7-15, eyguisao@elpoli.edu.co

# LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA COMO REQUISITO PARA LA GESTIÓN DE LAS CADENAS DE SUMINISTRO EN LAS EMPRESAS EN COLOMBIA.

## SUPPLY CHAIN MANAGEMENT STRATEGIES BASED ON DEMAND PLANNING IN COLOMBIA

Abdul Zuluaga Mazo, Paula Andrea MolinParra, Érica Yaneth Guisao Giraldo

### RESUMEN

La gestión del abastecimiento en las empresas, independientemente del sector, representa un proceso de vital importancia para su productividad y competitividad en los mercados. La logística y las cadenas de suministro deberán traducirse en ventajas competitivas desde la estrategia. La planeación de las cadenas de abastecimiento presenta un punto de partida el cual resulta ineludible si se pretende generar valor; la previsión y la anticipación son el camino. El artículo presenta los resultados de estudios sectoriales concluyentes realizados por entidades estatales donde se evidencia la necesidad marcada de una planeación de demanda en las empresas colombianas. Adicionalmente, se presenta una revisión de los modelos más importantes utilizados para la gestión de demanda y el uso de pronósticos para ello. El propósito se centra en estudiar la manera como deben ser escogidos los modelos analizados dependiendo del comportamiento de las series temporales asociadas a la dinámica de los diferentes mercados.

**Palabras clave:** Cadena de suministro, logística, planeación de la demanda, planeación de ventas y operaciones, pronósticos.

*Recibido: 15 de abril de 2011.*

*Aceptado: 23 de junio de 2011*

### ABSTRACT

Supply management in enterprises is a vital strategy for productivity and market competitiveness. Logistics and supply chains should result in competitive advantages from the strategy. Supply chain management presents a starting point which is unavoidable if we are to create value, the anticipation and the anticipation comes first. The paper presents results of conclusive studies conducted by state where the need is strong evidence of a planning application in Colombian businesses. There is evidence that demand planning Colombian companies is necessary. Additionally, it presents an overview of the most important models used to manage demand and use forecasts for it. The purpose is to study how the models should be chosen depending on the behavior analyzed time series and the dynamics of different markets.

**Keywords:** Demand Planning, Logistics, Forecasting, Sales and operations planning, Supply Chain.

*Received: april 15, 2011*

*Accepted: june 23, 2011*

## 1. INTRODUCCIÓN

Las empresas en Colombia reconocen debilidades en su gestión logística frente al abastecimiento, la producción, la logística de salida y en su formulación de estrategias logísticas para alcanzar mercados regionales, nacionales e internacionales. Esto se concluye por los resultados del Autodiagnóstico Logístico Exportador realizado por Proexport [1], en asocio con GS1-Logyca. Dicho proyecto persigue desarrollar un mejoramiento en la cadena de abastecimiento, como parte de la Política de Repotenciación de Exportaciones, estrategia encaminada a identificar iniciativas para que las ventas de valor agregado al exterior se desarrollen, aumentando el nivel de aprovechamiento de nuevos acuerdos internacionales.

La importancia de contextualizar el análisis logístico a una realidad empresarial permite dimensionar y establecer la dirección hacia donde tiene que ser planteada la solución, máxime cuando se establece el análisis desde la logística, una disciplina con un sentido "práctico" al abordar los problemas en la cadena de abastecimiento e incluso al interior de la unidad productiva[2].

Este estudio, se deriva del proyecto de Investigación "Estrategias logísticas para el abastecimiento de las PYMES del sector confección del municipio de Itagüí" realizado por Abdul Zuluaga Mazo para optar por el título de Magister en Administración. El propósito de este artículo es presentar un análisis cualitativo de la importancia de la Planeación de la Demanda, establecer los criterios que deben ser tenidos en cuenta al momento de decidir qué modelo estadístico de Planeación de la Demanda debe utilizarse según la disponibilidad de datos, conocimientos y presupuesto.

El análisis arroja que la planeación y gestión de la demanda, tienen una influencia marcada en la generación de valor y por lo tanto se evidencia su necesidad. Es de anotar que en convergencia con el estudio realizado por Proexport en asocio con GS1-Logyca en 2008, esta urgencia se extiende a los principales sectores empresariales del país.

## 2. METODOLOGÍA

### a. Tipos de investigación.

El presente estudio desarrolla los siguientes tipos de investigación:

- **Documental:** se realiza a través de la consulta de documentos, independientemente del formato.
- **Descriptiva:** se desarrolla una imagen (descripción) del fenómeno estudiado a partir de sus características.

### I. Fuentes de información.

La investigación se basó en la consulta de fuentes PRIMARIAS y SECUNDARIAS. De manera general las fuentes consultadas fueron:

- Informes de investigación académica
- Informes de investigación sectorial
- Informes de política económica y de planeación nacional
- Literatura histórica no seriada (libros)
- Literatura técnica no seriada (libros)
- Revistas científicas indexadas

### II. Recolección de información.

Las fuentes de información se consultaron en formatos físico y digital, a través de Internet (infometría) y de consulta en Bibliotecas públicas, privadas y Centros Documentales, tanto en colecciones generales como en bases de datos electrónicas (bibliometría).

### III. Registro y análisis de la información.

La información documental recolectada fue ordenada en un banco de datos aplicando la normalización APA. Posteriormente los documentos fueron analizados por los autores del estudio a través de un esquema de fichas técnicas bibliográficas, de un análisis de mapa conceptual con Software utilizando la herramienta CmapTool.

### 3. RESULTADOS

#### a. Lecciones del diagnóstico logístico de las empresas en Colombia desde el enfoque de Planeación de la Demanda.

El estudio de Auto Diagnóstico Logístico de Empresas Exportadoras [1] abanderado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, que contó con la participación de 578 empresas colombianas entre pymes y grandes de 25 sectores de la economía está enfocado principalmente a temas empresariales relacionados con la actividad exportadora y busca identificar niveles de desarrollo en los siguientes procesos logísticos:

- Mercadeo Internacional y Logística
- Logística y Cadena de Abastecimiento
- Infraestructura y Tecnología
- Prácticas de Gerencia y Administración
- Barreras y Externalidades

En este estudio, el último y más grande de su naturaleza en Colombia, se encontraron hallazgos acerca de la importancia de ajustar la Planeación de la Demanda a los demás procesos logísticos:

- El 40% de las empresas entienden por “demanda” las expectativas de cobertura de los diversos canales de distribución que han identificado como oportunidades; el 60% restante la entiende como información de consumo del mercado. Esto significa que la primera acepción, está más orientada a lo estratégico y es minoritaria en la comprensión de la demanda como una variable de futuro.
- El 23% de las empresas presentan un notable incremento en la integración de los procesos de planeación de la demanda, planeación de la producción y planeación del abastecimiento. Esto se refleja en un manejo apropiado de volúmenes de producción y procesos flexibles con un adecuado control de inventarios.
- En Colombia el indicador de entregas completas es de 80,7%; en el mundo es 96%. En Colombia el indicador de entregas a tiempo es de 88,2%; en el mundo es 95%.
- El 11% de las empresas se pueden considerar exportadores efectivos en la distribución física internacional. Esto significa que poseen altos volúmenes de exportación, cumplen con los acuerdos de nivel de servicio del cliente y son conscientes del knowhow adquirido

internacionalmente. El proceso de distribución física internacional en grandes compañías se ha perfeccionado, mientras que para las medianas y pequeñas el proceso presenta dificultades por volúmenes, disponibilidad de vehículos y tarifas principalmente.

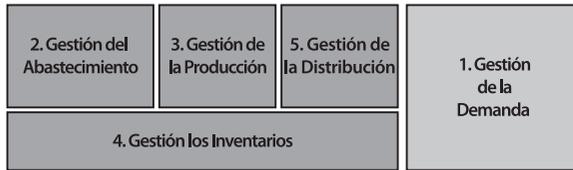
- El 79% de las empresas deben cambiar la visión del proceso de compras e implementar el proceso de gestión de abastecimiento.
- El 76.8% de las empresas deben repensar sus modelos de producción y emigrar a producción flexible.
- El 81% de las empresas deben implementar un modelo de gestión de inventarios que les permita optimizar la utilización del capital de trabajo.
- El 65% de las empresas deben hacer un exhaustivo seguimiento a la gestión de devoluciones pues pueden estar perdiendo recurso valioso, causado por errores en las operaciones logísticas.
- Más del 60% de las compañías no cuentan con sistemas de información para procesar la información de forma adecuada, oportuna y veraz.
- Sólo el 25% reporta que logística y mercadeo están totalmente alineados.
- Mercadeo continúa con mayor jerarquización entre las organizaciones; el 70% depende de la gerencia o vicepresidencia.
- Los métodos gerenciales se guían por los indicadores tradicionales, costos y productividad.

Por las razones anteriores, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia ha decidido gestionar recursos de cooperación para crear programas de implementación de las mejores prácticas, especialmente en los sectores de Transformación Productiva. Entre las acciones a implementar en esta dirección se tiene el desarrollo de procesos orientados a formar e implementar modelos de planeación de demanda.

#### b. Planeación de la demanda.

La Planeación de la Demanda se entiende como un proceso articulado directamente con otros procesos de la cadena, debido a que depende de ellos de manera importante, tal y como se señala en el estudio de GS1-Logyca [1]. En la figura 1 se observa el solapamiento de este proceso con otros de la cadena logística. La Gestión de la Demanda se articula con la Gestión del Abastecimiento, de la Producción, de los Inventarios y de la Distribución.

**Figura 1.** Planeación de la demanda y su articulación en la logística interna de la empresa.



Fuente: GS1 Colombia

Lo anterior explica el enfoque actual de la cadena de abastecimiento, que busca la satisfacción del consumidor final, por medio de la articulación de cada uno de los eslabones de la cadena, estableciéndose una diferenciación radical del enfoque tradicional, en el que estos mismos eslabones no comparten ningún tipo de información. Por el contrario, el enfoque actual de la cadena de abastecimiento garantiza un flujo constante de materiales, información, dinero y decisiones racionales<sup>1</sup>.

La Planeación de la Demanda es fundamental en el buen desempeño de los demás procesos logísticos y su fortalecimiento conllevará al mejoramiento de las demás operaciones logísticas.

Dentro de la Planeación de la Demanda hay dos aspectos fundamentales a considerar, que son: "Pronóstico de la Demanda" y "Planeación de Ventas y Operaciones".

### Pronóstico de demanda.

Aunque existen muchos tipos de pronósticos, Heizer y Render (2001) proponen una clasificación sencilla en la que se definen pronósticos de tres tipos, dentro de los cuales está incluido el pronóstico de la demanda y que se define como la proyección de la demanda de los productos o servicios de la empresa [3] y determina la producción de las empresas, su capacidad y los sistemas de planificación.

En tanto se cuente con datos históricos de la demanda se puede hacer uso de técnicas estadísticas, de lo contrario, se hará uso de métodos subjetivos, que están basados en las opiniones de expertos, en la intuición o la estimación [4]. Los pronósticos de demanda ofrecen importantes ventajas de orden operativo y estratégico, que son reseñadas por la literatura [5]:

- Reducción de los excesos de inventarios.
- Menor nivel de productos agotados cuando la demanda supera a la oferta.

- Disminución de la necesidad de fabricar innecesariamente para cubrir la posible demanda no anticipada.
- Reducción de las horas extras a través de pronósticos mejorados.
- Mejor nivel de servicio al cliente como resultado del equilibrio entre la oferta y la demanda.

En el estudio de los modelos de inventarios es muy importante el análisis de la demanda y más aún de los pronósticos de ésta, pues se convierte en un insumo valioso para el manejo eficiente de los mismos [6].

Los pronósticos de demanda se clasifican en dos tipos fundamentales: el primer tipo está compuesto por técnicas que dependen del juicio personal y por ello recibe el nombre de método intuitivo, basado en criterios cualitativos; el segundo está conformado por técnicas estadísticas, basado en el procesamiento de datos y obtención de resultados de tipo cuantitativo que permiten tomar decisiones sobre la demanda. Lo usual es combinar ambos métodos [7].

Los métodos estadísticos se pueden basar en series de tiempo [8] o modelos de series temporales que predicen bajo la premisa de que el futuro es una función del pasado, donde un patrón o combinación de patrones es recurrente en el tiempo y de esta manera, al identificar y extrapolar dicho patrón, se pueden desarrollar pronósticos para periodos subsecuentes o futuros [9]. Algunos ejemplos de métodos de pronósticos de series de tiempos son: suavizamiento, descomposición y promedio móvil autorregresivo.

Otros métodos estadísticos se basan en modelos asociativos o causales o explicativos, en los cuales cualquier variación en los insumos afectará los productos del sistema de manera predecible, suponiendo que la relación es constante. Este método supone que el valor de cierta variable (el producto) es función de una o más variables (los insumos). Algunos ejemplos de métodos de pronósticos explicativos son: autorregresivos vectoriales, modelos de regresión y los modelos econométricos.

Como la exactitud de los pronósticos es fundamental en la estimación de la demanda, se debe tener cuidado en la selección del modelo y método para reducir los errores del ajuste. Con el objeto de conocer la exactitud del pronóstico y validar su relevancia, se han desarrollado una serie de medidas que permiten el estudio y el análisis de los métodos individuales de predicción [10].

<sup>1</sup> Decisión racional es aquella que balancea el costo y el servicio

El error en un pronóstico está dado por la siguiente ecuación:

$$e_i = X_i - F_i$$

Donde:

$e_i$ : Error del pronóstico para el periodo  $i$

$X_i$ : Valor observado para el periodo  $i$

$F_i$ : Valor del pronóstico para el periodo  $i$

Adicionalmente se puede conocer el comportamiento de los errores durante todo el período objeto de estudio, por medio de medidas de exactitud, entre las que pueden señalarse las siguientes: Error medio (ME); Desviación media absoluta (MAD); Error cuadrado medio (MSE); Desviación típica de los errores (RMSE); Error porcentual (PE); Error porcentual medio (MPE); Error porcentual absoluto medio (MAPE).

El MAD, el MSE y la RMSE son utilizados para medir la dispersión de los errores, con el fin de medir la precisión del pronóstico, es decir, qué tanto se acercan o se alejan los valores de pronóstico de los valores reales. Si los valores de la MAD, el MSE o la RMSE son pequeños, significa que los valores del pronóstico son muy aproximados a los valores reales, valores grandes significan que existen grandes errores en el pronóstico [4]. El estadístico MAPE es útil para medir el rendimiento del pronóstico.

En la selección de un modelo de pronóstico se debe tratar de responder a unas preguntas fundamentales:

Adicionalmente se puede conocer el comportamiento de los errores durante todo el período objeto de estudio, por medio de medidas de exactitud, entre las que pueden señalarse las siguientes: Error medio (ME); Desviación media absoluta (MAD); Error cuadrado medio (MSE); Desviación típica de los errores (RMSE); Error porcentual (PE); Error porcentual medio (MPE); Error porcentual absoluto medio (MAPE).

El MAD, el MSE y la RMSE son utilizados para medir la dispersión de los errores, con el fin de medir la precisión del pronóstico, es decir, qué tanto se acercan o se alejan los valores de pronóstico de los valores reales. Si los valores de la MAD, el MSE o la RMSE son pequeños, significa que los valores del pronóstico son muy aproximados a los valores reales, valores grandes significan que existen grandes errores en el pronóstico [4]. El estadístico MAPE es útil para medir el rendimiento del pronóstico.

En la selección de un modelo de pronóstico se debe tratar de responder a unas preguntas fundamentales:

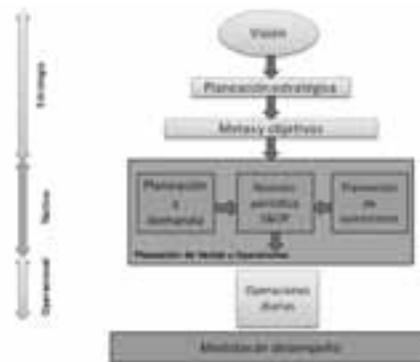
- ¿Cuál es el propósito del pronóstico, cómo será usado el pronóstico?. Su respuesta permite definir el nivel de imprecisión aceptable, de acuerdo con un balance de costos y beneficios.
- ¿Cuál es la dinámica y los componentes del sistema para el cual el pronóstico es obtenido? Define la relación e interacción de las variables.
- ¿Qué tan importante es el pasado en la estimación del futuro? Afectación del pasado en los comportamientos futuros.

### c. Planeación de Ventas y Operaciones.

La Planeación de Ventas y Operaciones es un proceso que proporciona a la gerencia la habilidad de dirigir estratégicamente su negocio hacia el logro de ventajas competitivas en una base continua, integrando planes de mercadotecnia enfocados en el cliente para productos nuevos y existentes, con la administración de la cadena de suministro.

El proceso reúne todos los planes del negocio (ventas, mercadotecnia, desarrollo, manufactura, compras y finanzas) en un solo juego de planes[11]. Se realiza al menos una vez al mes y es revisado por la dirección al nivel de familias de productos. El proceso debe conciliar toda la demanda, planes de nuevos productos y el suministro, tanto al nivel de producto como de familia y ligarlos con el plan de negocio.

Figura 2. Planeación de Ventas y Operaciones (SO&P)



Fuente: (Lapide, 2009)

En la figura 2 se observa que si la Planeación de Ventas y Operaciones (S&OP) se ejecuta apropiadamente se logran vincular los planes estratégicos del negocio con las operaciones diarias de la compañía. Esto representa un paso importante en la comprensión de las ventas y las operaciones, vinculadas a una cadena que busca el mejor desempeño del negocio y no aisladas.

## 4. FUNDAMENTOS DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS PARA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA

Las previsiones sobre situaciones futuras pueden tener dos enfoques: el proyectivo y el prospectivo. El presente artículo pretende enfocarse en el análisis cuantitativo de las previsiones, es decir la proyectiva.

Según Mora [12] "El enfoque proyectivo permite detectar el futuro a corto y mediano plazo a partir de los datos del pasado. El ajuste de estas proyecciones será mejor en la medida en que la obtención de datos sea correcta, se cumpla con las normas exigidas para el cálculo y sobre el entorno analizado se pueda suponer cierta estabilidad. El enfoque prospectivo invalida la constancia del entorno y a la vez pone en tela de juicio la corrección de las previsiones obtenidas por proyección de comportamientos pasados. El uso integrado de ambos planteamientos permite disponer de previsiones basadas en la información histórica, válidas para el inmediato futuro, y de uno o varios escenarios alternativos, que describen la situación en un futuro lejano".

Estas previsiones son el resultado de la aplicación de una metodología estadística de series temporales, que cumple con un desarrollo y escalado de análisis de los modelos clásicos (Ajuste de Tendencia, Suavización Exponencial y Modelos de Descomposición) y de los modelos modernos (ARIMA, entre otros) [12].

Enfoques aún más modernos proponen el uso de redes neuronales artificiales (ANN) y cuestionan el uso de los modelos ARIMA (Métodos Autorregresivos y de Medias Móviles), dado que el pronóstico de la demanda se hace muy incierto debido a la influencia de ambientes externos e internos [13].

Los modelos de ANN han sido comparados con los modelos ARIMA y los resultados del pronóstico han sido ventajosos para estos últimos en el corto y mediano plazo, no ocurriendo lo mismo en el largo plazo.[13].

A continuación se presentan los soportes matemáticos sobre los que operan los diferentes modelos.

a. Modelos clásicos de interés

### I. Tendencia lineal

Se trata de encontrar una línea de mejor ajuste para los datos, basado en los mínimos cuadrados.

$$Y' = a + bX$$

$Y'$ : valor pronosticado en un periodo  $X$

$a$ : valor de la tendencia cuando  $X = 0$

$b$ : pendiente de la recta de tendencia

$X$ : periodo

Para su aplicación es necesario determinar los valores  $a$  y  $b$  a partir de la información histórica con que se cuente.

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y}{n} - b \frac{\sum x}{n}$$

Para determinar lo ajustados que puedan estar los datos, se calcula el coeficiente de determinación  $R^2$ .

$$R^2 = \frac{n[\sum xy - \sum x \sum y]^2}{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}$$

### II. Modelo de suavizamiento exponencial de Brown.

La técnica de suavizamiento exponencial usa un promedio ponderado de los valores pasados de una serie de tiempo para obtener un pronóstico o una proyección a corto plazo. La ecuación básica de suavizamiento para la proyección es:

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

$S_{t+1}$ : pronóstico para el periodo  $t+1$

$\alpha$ : constante de suavizamiento

$Y_t$ : valor observado en el periodo  $t$

$S_t$ : valor suavizado o pronóstico para el periodo  $t$

Para utilizar éste método se elige una constante de suavizamiento que debe estar entre cero y uno. Las ponderaciones que se usan son:

$\alpha$ : para la observación más reciente

$\alpha (1 - \alpha)$ : para la siguiente más reciente

$\alpha (1 - \alpha)^2$ : para la siguiente y así sucesivamente.

La elección de la constante de suavizamiento es arbitraria. La constante debe ser pequeña si se requieren pronósticos estables y variación aleatoria suavizada, y grande si desea una respuesta rápida a los cambios de la variable. Cuando se inicia el proceso de suavizamiento se asume que  $S_1 = Y_1$ .

Para elegir la mejor constante de suavizamiento se deben hacer suavizamiento con diferentes  $\alpha$ , y se obtiene el mejor suavizamiento cuando se minimicen los errores  $e_t$ , es decir, cuando se minimicen las diferencias entre los valores observados y estimados.

Cuando una serie de tiempo tiene un comportamiento constante en el tiempo o no tiene tendencia, la suavización exponencial puede dar buenos resultados.

### III. Modelo de suavizamiento exponencial lineal de Holt

Cuando una serie de tiempo presenta alguna tendencia, ya sea creciente o decreciente, se puede utilizar el suavizamiento de Holt que permite estimar por separado el valor suavizado de la serie y el cambio en la tendencia a través del tiempo.

Para utilizar el método de Holt se requieren dos constantes de suavizamiento,  $\alpha$  que es la constante de suavizamiento para el nivel de la serie y  $\beta$  la constante de suavizamiento para la tendencia de la serie. Estas dos constantes deben estar entre cero y uno.

Para obtener el mejor ajuste se obtienen estimaciones con diferentes valores de alpha y beta y la combinación adecuada es la que produzca una menor media absoluta de los errores (MAE) o una menor media absoluta del porcentaje de error (MAPE)

Los valores de las estimaciones iniciales son:

$$S_1 = Y_1$$

$$b_1 = Y_2 - Y_1$$

Las proyecciones o pronósticos se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$Y_{t+m} = S_t + b_t m$$

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

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

Dónde:

$Y_{t+m}$  es el pronóstico para el período  $t+m$

$Y_t$  es el valor observado en el período  $t$

$S_t$  es el valor suavizado de la serie en el período  $t$

$b_t$  es la tendencia estimada en el período  $t$

$\alpha$  es la constante de suavizamiento para el nivel de la serie

$\beta$  es la constante de suavizamiento para la tendencia de la serie

### IV. Modelo de suavizamiento exponencial de Winter.

Este método es indicado cuando se tienen series de tiempo con una componente estacional claramente definida. Estima separadamente para cada punto en el tiempo, el promedio suavizado, la tendencia ajustada y el factor estacional, combina después estos tres componentes para obtener los pronósticos.

Las proyecciones o pronósticos se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$Y_{t+m} = (S_t + m b_t) I_{t-L+m}$$

$$S_t = \alpha \frac{Y_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \frac{Y_t}{S_t} + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

Donde:

$Y_{t+m}$  es el pronóstico para el período  $t+m$

$Y_t$  es el valor observado en el período  $t$

$S_t$  es el valor suavizado de la serie en el período  $t$

$b_t$  es la tendencia estimada en el período  $t$

$I_t$  es el factor estacional estimado para el período  $t$

$\alpha$  es la constante de suavizamiento para el nivel de la serie

$\beta$  es la constante de suavizamiento para la tendencia de la serie

$\gamma$  es la constante de suavizamiento para la estacionalidad

$L$  es la longitud de la estacionalidad

Las constantes de suavizamiento inicialmente son seleccionadas arbitrariamente, sin embargo, éstas deben estar entre cero y uno.

Se recomienda sin embargo que  $\alpha$  y  $\beta$  sean pequeñas, cercanas a 0,1, en tanto la constante de suavizamiento para el factor estacional  $\gamma$  sea fijada cerca de 0,4 [14].

Se deben probar varias combinaciones de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  hasta encontrar la que genere predicciones suficientemente precisas.

Para iniciar el proceso de suavizamiento del nivel se puede asumir que:  $S_1 = \gamma$  o también se puede emplear un promedio móvil centrado de igual longitud al período estacional. Para el valor inicial de la tendencia se pueden utilizar los 2L primeros datos para hacer una regresión lineal; la pendiente ( $\beta_1$ ) es el valor inicial de la tendencia en el período inicial, es decir,  $b_1 = \beta_1$  y además el coeficiente de intersección puede ser el valor inicial del nivel,  $S_1 = \beta_0$ .

Se deben calcular L valores iniciales para el factor estacional, es decir uno para cada uno de los períodos que conforman el ciclo estacional; cada uno de estos factores se obtiene dividiendo el valor observado de la variable en cada período por el valor de la tendencia para el correspondiente período. Se usan los valores iniciales para el nivel, la tendencia y cada uno de los factores estacionales, se inicia el uso de las ecuaciones para obtener las proyecciones o pronósticos.

## V. Modelo moderno de interés: ARIMA.

Los Modelos autorregresivos Integrados de Medias Móviles exigen el centramiento de la media de la serie y la eliminación del ruido o disminución al máximo de la desviación estándar.

El modelo ARIMA integra el modelo autorregresivo y el modelo de medias móviles [15]. Un modelo se considera autorregresivo si la variable de un período  $t$  es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores añadiéndose, como en los modelos estructurales,

un término de error.

Por su parte un modelo de medias móviles es aquel que explica el valor de una determinada variable en un período ten función de un término independiente y una sucesión de errores correspondientes a períodos precedentes, ponderados convenientemente.

La forma general del Modelo ARIMA es la siguiente:

$$Y_t = \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_{p+s+p+D+s+d} Y_{t-p-s-p-sD-d} + \delta + U_t + \theta_1 U_{t-1} + \dots + \theta_{q+s+q} U_{t-sQ-q}$$

$D_s$ : Numero de veces que es necesario aplicar el operador de primeras diferencias para obtener un proceso estacionario aplicado a la parte estacional.

$d$ : Numero de veces que es necesario aplicar el operador de primeras diferencias para obtener un proceso estacionario aplicado a la parte regular.

El error asociado a este modelo es comúnmente llamado "Ruido Blanco" y se caracteriza cuando la serie presente varianza constante, covarianza nula entre valores diferentes y media igual a cero. Este fenómeno es una clara señal de alta aleatoriedad en la serie de datos de demanda.

Este modelo, aunque es uno de los más complejos en la aplicación empresarial, es altamente efectivo para los pronósticos de ventas y gestión de la demanda, ya que incluye elementos que en los demás modelos no se contemplan.

## 5. PASOS PARA LA ELECCIÓN DE UN MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO.

### a. Análisis previo de la serie.

El análisis de series temporales exige una metodología constituida por los pasos que se describen a continuación[16], enunciados como análisis previo de la serie, que consiste en hacer una descripción de los datos históricos con los que se cuenta, en relación con el periodo, la tendencia que se observa en la misma, condiciones de estacionalidad y ruido. Los pasos de este análisis se explican a continuación en orden secuencial.

1. Nivel: Se debe observar si existe un cambio significativamente brusco de nivel en la serie, que derive en la imposibilidad de definir un valor medio para la misma, no relacionado con ruidos de datos puntuales.
2. Ruido: Es necesario detectar la presencia de ruido en la serie. Aquellos datos que no ajusten completamente a medidas de tendencia central deben ser tenidos en cuenta y serán elemento decisivo en la selección del modelo de pronóstico más adecuado.
3. Tendencia: Presencia de tendencia definiendo si es lineal o no, creciente o decreciente. Si es tendencia no lineal suponer cuál tipo se ajusta mejor.
4. Estacionalidad: Encontrar patrones similares cada cierto tiempo, inferior y superior a un año. Una conducta constante en el periodo escogido ratifica la presencia de estacionalidad.
5. Componentes irregulares: Observar si existen componentes irregulares.
6. Patrón anual de conducta mensual promedia: Determinar el patrón mensual (o diario, o semanal, o anual) dependiendo de la unidad de estacionalidad utilizada.
7. Determinación previa del Modelo (Clásico o Moderno): Las anteriores verificaciones sobre la serie temporal deben conducir a la selección previa de los modelos más ajustados a las condiciones de las mismas.

A partir del análisis previo se hacen las recomendaciones sobre el modelo más indicado para realizar el pronóstico, que debe ser verificado luego.

### **b. Pasos para la determinación del mejor modelo.**

El cálculo para la determinación del mejor modelo exige la secuencia de pasos que se describe a continuación[16]:

1. Preparación: Se deben recortar de la serie los dos últimos datos (los más recientes), el penúltimo y el último.
2. Recorte: Con el fin de poder correr la mayor cantidad de modelos clásicos y modernos se procede a recortar la serie (después de retirarle los dos últimos datos) máximo en el diez por ciento (10%) de los datos siempre y cuando no pase de doce meses (dependiendo de la unidad de tiempo en que se tengan los datos).

3. Construcción de tabla comparativa: En una hoja de cálculo se registran los datos recortados y los obtenidos al aplicar los modelos clásicos y modernos para poder comparar y luego seleccionar los modelos más ajustados, teniendo en cuenta que se deben seleccionar aquellos en los que los datos pronosticados se acerquen más a los datos recortados en el paso 2. La selección se hace basándose en el criterio de error medio cuadrático (MSE).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2$$

De este paso resultan los modelos opcionales.

4. Aplicación de modelos: Para la aplicación de los modelos se hace uso de varios software; de acuerdo con Coldi (2003) se deben correr al menos tres software que contengan los modelos clásicos y modernos[16]. Esto se hace con el fin de identificar la serie que más se ajuste a los datos en el mejor software ya que no todos los paquetes estadísticos tienen la misma precisión.

El mismo autor sugiere que los modelos que se deben correr, deben ser al menos:

- Trend linear (tendencia lineal)
- Trend no linear (no lineales): quadratic, exponential power, S curve.
- Brown (linear, simple, quadratic)
- Holt
- Holt 's Winter

En general se recomienda sólo software especializado que haya sido diseñado para ello, entre los que se encuentran: Minitab, ForeExpert Trial, Forecast Pro, The SAS System[17], Statgraf y Win QSB. No es recomendable el uso de pronósticos de software duros como MainSaver, SAP, J.D Edwards, debido a que su especialidad se enfoca hacia los ERP.

Para la aplicación de los modelos modernos se requieren varias etapas, que tienen que ver con la eliminación del ruido blanco y el centramiento de la media de la serie, como lo exigen los modelos ARIMA.

### c. La elección del mejor modelo.

A continuación se hace un resumen de los atributos de los modelos según su dificultad de implementación, horizonte de tiempo y características básicas.

**Tabla 1.** Atributos de los modelos[18]

| Método   | Dificultad de implementación | Horizonte de tiempo                     | Características básicas                   |
|--|------------------------------|---|---|
| Ingenuo  | Baja                         | Plazo inmediato                         | No modela los cambios externos            |
| Descomposición                                     | Baja                         | Inmediato, corto y mediano plazo        | No modela los cambios externos            |
| Suavización de Promedios Móviles                   | Baja                         | Inmediato y corto plazo                 | No modela los cambios externos            |
| Suavización exponencial Única                      | Baja                         | Inmediato y corto plazo                 | No modela los cambios externos            |
| Suavización Exponencial Lineal                     | Baja                         | Inmediato, corto y mediano plazo        | No modela los cambios externos            |
| Suavización Exponencial, Lineal y Estacional       | Baja                         | Inmediato, corto y mediano plazo        | No modela los cambios externos            |
| Suavizamiento Exponencial Amortiguado de Tendencia | Baja                         | Inmediato, corto y mediano plazo        | No modela los cambios externos            |
| Método de Box Jenkins                              | Alta                         | Inmediato y corto plazo                 | No modela los cambios externos            |
| Regresión Simple                                   | Baja                         | Inmediato, corto y mediano plazo        | Modela limitadamente los cambios externos |
| Regresión Múltiple                                 | Alta                         | Inmediato, corto, mediano y largo plazo | Modela moderadamente los cambios externos |
| Métodos Econométricos                              | Experta                      | Corto, mediano y largo plazo            | Modela ampliamente los cambios externos   |

La elección de mejor modelo, tal y como se evidencia en la tabla anterior, requiere adicionalmente de una identificación previa de la serie temporal asociada al sector en cuestión, pues es claro que la demanda dependerá no solo de la estacionalidad, la tendencia, el ruido y demás patrones; sino del ciclo de vida del producto y las variables asociadas al comportamiento del mercado. Esto incluye análisis sectoriales, inteligencia competitiva y monitoreos de entorno, de forma que la incertidumbre en la toma de decisiones, sea mínima o en su defecto, controlada.

## 6. CONCLUSIONES

Alinear la oferta y la demanda es el propósito de la gestión del abastecimiento y la planeación de las cadenas. Todo inicia con las señales del mercado que se traducen en información de demanda que representa el insumo esencial para el flujo de bienes y/o servicios. Es por esto que modelar o pronosticar en un futuro a corto plazo, se hace necesario para la anticipación de posibles escenarios competitivos cambiantes de manera que se pueda cumplir con la promesa de venta.

El uso de pronósticos y el análisis de sus históricos, permite la planificación del aprovisionamiento: La integración de los procesos, la alineación de terceros y proveedores, la

centralización de la información, la colaboración en todos los eslabones, culminando con la estrategia de planeación de ventas y operaciones (S&OP). [17].

La información de demanda toma sentido siempre y cuando se logre un esquema colaborativo, donde se compartan los pronósticos con los demás eslabones de la cadena. La planificación es una asociación y un común acuerdo planteado bajo el esquema CPFR (Collaborative Planning, Forecasting, and Replenishment) y facilitará la integración de los proveedores hasta el consumidor final [19].

La proyectiva y la planeación de la demanda jalona todos los procesos y eslabones de la cadena suministros, y el éxito de los negocios se verá comprometido en gran medida a la exactitud y precisión de esta información; la cual deberá gestionarse con rigor estadístico. Una vez revisado el

autodiagnóstico presentado por Proexport y GS1- Logyca, se evidencia que la urgencia del uso adecuado de la información confiable obtenida en los pronósticos, sin lugar a dudas aportará de manera significativa a la productividad y competitividad empresarial.

Las técnicas informales y de alto componente empírico en la planeación de demanda y pronósticos de ventas (regresiones lineales, cuadráticas, exponenciales, promedios ponderados, entre otras), exponen la compañía a la destrucción de valor, generando altos niveles de inventarios (con sus costos asociados) o en contraste, desabastecimiento, ocasionando ventas perdidas, posibles clientes perdidos e ineficiencia en los planes de marketing.

El llamado "Predictor Óptimo" no existe, pues dependerá del modelo (e incluso el paquete estadístico utilizado) que arroje un error cuadrático medio en el recorte de la serie y la aplicación. Una vez se analicen los diferentes modelos, se concluye que la potencia de éstos dependerá del tipo de serie a analizar y el comportamiento de los datos, es decir, las variables involucradas en los pronósticos de demanda estarán influenciadas por estacionalidades, ciclos, cambios de nivel e incluso curvas de tendencia según el sector analizado. Adicionalmente, es de anotar que los análisis de demanda y los insumos para su cálculo, deberán complementarse con información de tendencias de consumo, análisis de entorno y de mercado, monitoreos sistemáticos a los competidores.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]GS1 - Logyca. Resultados del Autodiagnóstico Logístico para Empresas Exportadoras. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia y Proexport en asocio con GS1 Colombia - Logyca.2008.
- [2]Jacobs, R., Chase, R., y Aquilano, N. Operations & Supply Management.Mc Graw-Hill.2009
- [3]Heizer, J. y Render, B. Dirección de la producción. Decisiones estratégicas. 6 ed. Madrid: Pearson Educación. 2001
- [4]Arango, C. Definición, desarrollo e implementación de una propuesta metodológica para determinar el modelo de inventarios para productos terminados en las empresas que fabrican elementos de fijación en Colombia. Tesis de Maestría. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 2009
- [5]García, P. et al. Gestión de stocks de demanda independiente. Valencia:Universidad Politécnica de Valencia. 2004.
- [6]Lutz, S., Loedding, H. y Wiendahl, H. Logistics-oriented inventory analysis. En: Internacional Journal of Production Economics, No 85: p. 217-231. 2003
- [7]Hiller, F. y Lieberman, G. Investigación de operaciones. México:Editorial McGraw-Hill. 2001
- [8]Lawrence, S. Demand Forecasting: Time Series Models. Boulder, Colorado. 1999
- [9]Box, G., Jenkins, G., y Reinsel, G. Time Series Analysis. Forecasting and Control. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2008.
- [10]Makridakis, S. yWheelwright, S. Métodos de pronósticos. México: Editorial Limusa. 2004.
- [11]Lapide, L. Improving Your Sales and Operations Planning (S&OP) Process.Massachusetts. 2009
- [12]Mora, L. Métodos Futurísticos. Predicciones, estadística descriptiva y relacional, prospección. Medellín: Coldi Ltda. 2002
- [13]Mena O'meara, N. et al. Planificación de la Demanda en la Gestión de la Cadena de Suministro con Redes Neuronales y Lógica Difusa. Valencia. 2006
- [14] Mendenhall, W. Estadística para administración y economía. California: Editorial Wadsworth Internacional / Iberoamérica. 1982
- [15] De Arce, R., y Mahía, R. Modelos ARIMA. ND.2004
- [16]Coldi Ltda. Método internacional para realizar pronósticos confiables.Medellín: Coldi Ltda. 2003
- [17]Leonard, M. Promotional Analysis and Forecasting for Demand Planning: A Practical Time Series Approach.Estados Unidos. 2001
- [18] Solano, A. Estimación de la demanda de vivienda. Cholula, México. 2004
- [19] Jurkat, P. (s.f). Demand Management and Forecasting. ND.