

MODELO DE PLANEACIÓN DE MANO DE OBRA Y MATERIALES CON DEMANDA VARIABLE DE ENVASES FARMACÉUTICOS Y COSMÉTICOS PLÁSTICOS.

PLANNING OF LABOR AND MATERIALS TO PHARMACEUTICALS AND COSMETICS PLASTIC PACKAGING RANDOM DEMAND MODEL.

Adriana Carolina, Rodríguez Cortés,
Especialista en Gerencia Logística, Universidad Militar Nueva Granada,
Bogotá, Colombia,
acarina.rodriquezc@gmail.com

RESUMEN:

La planeación de los recursos a partir de los pronósticos de demanda es una de las principales actividades de planeación de una organización; lograr una completa armonía entre la planeación y los recursos consumidos, garantizará un mayor control a la organización de sus costos. Por medio de la investigación se pretende generar métodos de aplicación veraces en el control de la planeación de Mano de Obra y Materiales que tienen una demanda altamente fluctuante, incluyendo los factores y variables que tiene el mercado de los envases plásticos. Como resultado se entrega un modelo de Optimización de Producción y una Metodología Estándar de Planeación de Materiales y Mano de Obra, por medio del cual se evidencia la necesidad de incluir la mayor cantidad de variables posibles en el modelo de programación lineal, y de identificar cuáles son los patrones reales que definen la demanda.

ABSTRACT:

The resources planning on through the demand forecasts is one of the main activities of planning a organization; achieve a complete harmony between planning and resources consumed, will ensure a greater costs control to the company. Through the research seeks to generate application methods in the planning control of labor and materials that are highly variable and fluctuating, including factors demand that has the plastic packaging market. A model of optimization of production and a standard methodology of planning of materials and labor, which is evidence of the need to include the largest number of possible variables in the linear programming model, and identify what are the actual patterns that define the demand is delivered as a result.

PALABRAS CLAVE:

Planeación de Recursos, Optimización de Costos, Envases PET, Lógica Difusa, Pronósticos de Demanda

KEY WORDS:

Resource Planning, cost optimization, PET containers, Fuzzy Logic, Demand forecasts.

INTRODUCCIÓN

El mercado de envases plásticos tradicionales (rígidos) está caracterizado por tener un crecimiento sostenido debido a que este es un mercado maduro, y factores correspondientes a la globalización como el crecimiento de la productividad mundial, preferencia del consumidor por empaques resistentes sumado a las características de diferenciación que tienen frente a otro tipo de envases como las siguientes: variabilidad en formas, indispensable para el sector cosmético que busca capturar la atención del consumidor por la presentación de su producto; son Impermeables a la luz y humedad, otra característica necesaria para garantizar la calidad del producto contenido; es irrompible, esta característica es muy importante para la manipulación del producto en todo su ciclo de vida, desde la línea de llenado hasta el consumo del producto final y su reciclaje, además garantizando la seguridad del producto y actores de las diferentes etapas en la cadena de abastecimiento (Solarte Angulo, 2006). La demanda Global de envases Plásticos es del 34% respecto al mercado global de envases, completando el 70% del mercado con los envases de cartón (36%) (Olaya, García, Torres, Ferro, & TORRES, 2006), por tal motivo los análisis y pronóstico que se obtenga del sector tiene alto impacto y relevancia en las actividades de planeación de la industria de los envases.

Pese a las ventajas anteriormente mencionadas los empresarios del sector de envases rígidos se ven enfrentados a los siguientes obstáculos que están afectando la demanda y la producción del sector: el plástico como material de empaque presenta dificultades de biodegradación y reciclaje dependiendo del tipo de polímero del que provenga, adicionalmente en algunas ocasiones el envase lleva mezcla de dos o varias resinas para mejorar sus características de resistencia y apariencia dificultando aún más el reciclaje, y sostenibilidad del negocio, que para proyección futura es un factor crucial en el desarrollo de esta industria, en adición, hay una preocupación mundial por el uso de tecnologías y procesos “limpios”, a los cuales se observa dificultad de acceso debido a la robustez económica de este tipo de proyectos (Maya, 2013). Otro factor importante es la dependencia que tienen las industrias nacionales de mercados externos para el abastecimiento de materias primas, insumos y tecnología, esta última de altos costos en cuanto a adquisición de maquinarias eficientes.

La combinación entre los cambios constantes en tendencias mundiales de empaques, crecimiento de la industria farmacéutica, nuevas necesidades de la industria cosmética y productividad de la industria de los plásticos, reflejada en los costos de producción, refleja las constantes fluctuaciones de demanda en el sector. Esta alta variabilidad en la demanda de envases de tipo farmacéutico y sobre todo de tipo cosmético, impiden una acertada planeación de los recursos de Materiales (sobre todo los importados) y Mano de Obra, esto se ve reflejado en sobre producción y escases de recursos, dependiendo del cambio de la demanda, debido a que la contratación y despido de personal y la compra de materiales especiales son procedimientos que requieren de

mínimo un mes, por lo tanto las reacciones ante los cambio de demanda son muy lentos.

Por lo anterior, lograr la disminución de variabilidad entre demanda pronosticada y ventas reales, permite a las fábricas desarrollar la planeación de manera predictiva a las fluctuaciones del mercado, teniendo mayor control con los recursos humanos y de materias primas.

De acuerdo a Jay & Barry (Jay & Barry, 2008) los pronósticos de la demanda tienen un impacto directo especialmente en tres decisiones que debe tomar el responsable de la planeación: en primer lugar la planeación de Recursos Humanos, ya que se podrán adoptar políticas de contratación y despidos efectivas, previendo que estos cambios se den de manera repentina para evitar mal ambiente laboral y efectos desfavorables en la calidad del producto; en Segundo lugar está la Capacidad ya que en los casos en que está no llegue a ser suficiente para cumplir la demanda prevista se verá reflejada en incumplimientos y en el caso de que sea excesiva, se incrementarán los costos; y por último la Gestión de la Cadena, en lo correspondiente a la negociación con los proveedores, ya que se conocen las cantidades que se planean comprar.

Adicionalmente este análisis se puede extender a planeación de almacenamiento de inventarios y planeación de los despachos, permitiendo dar mejores respuestas al cliente en términos de cumplimiento de entregas.

Dentro de esta investigación se pretende mostrar a la compañía objeto de análisis las ventajas y beneficios de vincular directamente sus pronósticos de demanda (adaptados y constantemente actualizados) a las actividades de la cadena de suministro, adicional a la planeación de capacidad, específicamente a la planeación de compras y planeación de mano de obra, a través de la implementación de un modelo de planeación de recursos en las líneas de fabricación de envases cosméticos y farmacéuticos, estandarizando los modelos de pronóstico de demanda.

1. PRONÓSTICOS DE DEMANDA

El Pronóstico de Demanda es la base de la planeación de la Cadena de Suministros, ya que por medio de esta herramienta se toman decisiones fundamentales en la organización como planeación de las capacidades, de la producción, el almacenamiento y el transporte, entre otras.

Por medio éste, se usa la información histórica de Demanda y se convierte en pronóstico del futuro, en donde lo ideal es manejar adicionalmente una logística colaborativa con un equipo de trabajo que incluya todos los que interactúan y conocen el comportamiento de la demanda con el fin de aterrizar la información histórica acertadamente a la actualidad y futuro cercano. (Chopra et al., 2008)

El objetivo del Pronóstico consiste en reducir la incertidumbre sobre lo que puede suceder en el futuro brindando información cercana a la realidad que permita tomar

decisiones sobre tanto en el presente como en el futuro. Con la el mejoramiento de la calidad de los pronósticos se puede lograr la optimización, eficiencia y efectividad de la Cadena de Suministro, así como también la atenuación del conocido Efecto Látigo, que trae como consecuencia la acumulación excesiva de inventarios y bajos niveles de servicio (Logistec, 2012).

De acuerdo a Chopra, (2008) se deben tener en cuenta las siguientes características inherentes a los pronósticos, para construirlos de manera más acertada:

- Los pronósticos siempre están equivocados, de aquí la importancia de incluir el valor esperado y la medición del error de este valor, el cual debe estar actualizado.
- Pronosticar a corto plazo brinda una menor desviación estándar con relación a la media, ya que el tiempo de espera es pequeño, y la información está más actualizada, por el contrario los pronósticos a largo plazo son más imprecisos.
- De igual manera, usar pronósticos agregados asegurará mayor precisión en el pronóstico, ya que se disminuye la desviación estándar con relación a la media.
- Entre más alejado se encuentre del cliente mayor será la distorsión del pronóstico, como sucede con el efecto látigo, la variación del pedido se amplifica mientras más alejado se este de la fuente. (Chopra et al., 2008)

1.1 MODELOS DE PRONÓSTICO CONVENCIONALES

Dentro de los Modelos de Pronóstico, los más usados son una combinación de análisis de series de tiempo, asumiendo que el histórico de la serie es un patrón de comportamiento de la demanda futura y modelos cualitativos, los cuales están ligados directamente al juicio humano, en este modelo el experto incorpora en el juicio emitido de sus creencias sobre la variable pronosticada, su experiencia, así como la información que posee sobre eventos futuros que pueden afectar el comportamiento, tal como es el caso de información privilegiada sobre cambios en políticas de compra del cliente, promociones, situaciones atípicas. El uso del juicio experto implica la conversión de juicios cualitativos en valores numéricos que corresponden a los pronósticos propiamente dichos (Chopra et al., 2008). Los límites de la mente humana obligan a que el juicio este basado en un modelos simplificados que se han adquirido a través de la experiencia y conocimiento del mercado. Por esta razón, es necesario considerar los aspectos psicológicos que intervienen en el proceso de emisión de juicios ya que se ven afectados por las limitaciones mencionadas anteriormente. (Velásquez, DYNER R, & Souza, 2006)

Las series de tiempo son una secuencia uniforme y ordenada de datos que toma una variable aleatoria específica, observados en un periodo de tiempo determinado. Están caracterizadas por los siguientes componentes:

Tendencia: Es el comportamiento de crecimiento o disminución en la serie sobre un periodo amplio (Jay & Barry, 2008). La tendencia es la propensión al aumento o disminución en los valores de los datos de la serie de tiempo, de tal manera que no cambiará en el futuro lejano mientras no existan cambios significativos o

radicales en el entorno en el que se encuentra y que determina el comportamiento de la serie de tiempo en estudio (Chopra et al., 2008).

Estacionalidad: Este componente consiste en un patrón de cambio que se repite cada cierto número de periodos. Son fluctuaciones estacionales predecibles en la demanda, puede darse de manera semanal, mensual, trimestral, entre otras. (Jay & Barry, 2008)

Ciclo: Corresponde a patrones de los datos que se dan cada cierto número de años, y generalmente se relacionan con los ciclos económicos de la actividad correspondiente (Jay & Barry, 2008).

Chopra menciona uno adicional que es la Aleatoriedad: El cuál es el componente que causa desviación en los anteriores componentes. La aleatoriedad se puede decir que se presenta en todas las series de tiempo y no es otra cosa que el cambio producido en los valores de una serie de tiempo debido a fenómenos que son en extremo difíciles de explicar y que por lo tanto su ocurrencia cae en el ámbito del azar (Chopra et al., 2008) .

Box, Jenkins, & Reinsel(2013) proponen un procedimiento que incluya la etapa de Especificación, Ajuste y Diagnóstico y finalmente el Pronóstico, para lograr un pronóstico exitoso. Donde la etapa de Especificación incluya las características y los modelos candidatos, en Ajuste y Diagnóstico se evalúe el ajuste de los modelos identificados como candidatos, se sugiere el uso del modelo Dicks- Fuller (Dickey & Fuller, 1979) para identificar si la serie es estacionaria o no y el grado de diferenciación para lograr estacionariedad en la serie. Y en el Pronóstico se proyecte la serie histórica para la serie del tiempo futuro.

De acuerdo a la investigación desarrollada por Guerrero, Fernández, & Abad (2006) para el Pronóstico de demanda de viajeros el Modelo propuesto por Box & Jenkins (Box et al., 2013) funciona mucho mejor a los métodos tradicionales de pronóstico que se usaban de acuerdo a las medidas Estadísticas de error.

Adicionalmente, a este procedimiento se debe tener una etapa previa, que es la modificación a la serie original, en donde de acuerdo a la experiencia del encargado de la planeación, se excluyen datos que distorsionen el comportamiento de la demanda histórica, como lo son por ejemplo las fechas festivas, las devoluciones o picos inesperados (Se reemplazan con el promedio de +/- 5 días). También al finalizar el procedimiento se debe incluir la etapa de evaluación del pronóstico donde se compare Real vs Pronóstico y se obtenga la medida real de ajuste (Medina Flechas & Mutis, 2004).

El procedimiento sugerido para la elección de la serie de tiempo adecuada se presenta en la figura 1:

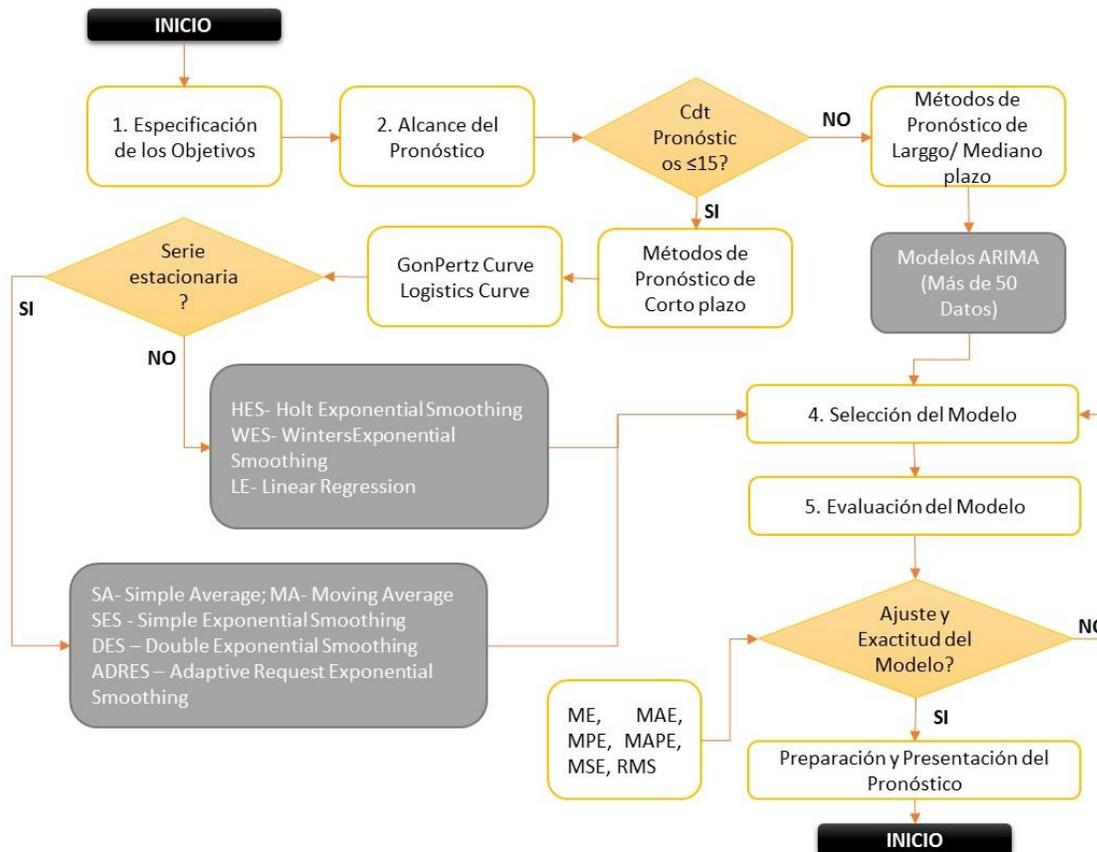


Figura1. Proceso General de Selección Pronósticos
Fuente: Cátedra de Producción UMNG (Garrido, 2013)

El objetivo principal de los métodos de pronóstico es identificar el factor de cada uno de los componentes (Tendencia, Estacionalidad, Ciclo, Aleatoriedad) mencionados anteriormente, y para cada caso existe un método especializado de pronóstico, los métodos que son más representativos muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. *Métodos de Pronóstico de acuerdo a los componentes de estacionalidad y tendencia.*

Método de Pronóstico	Aplicable a
Promedio móvil	Sin tendencia o Estacionalidad
Suavización Exponencial Simple	Sin tendencia o Estacionalidad
Modelo de Holt	Con tendencia sin Estacionalidad
Modelo de Winter	Con tendencia y Estacionalidad

Fuente: Chopra, 2008

A continuación se presenta una pequeña explicación de cada método:

- Promedio Móvil Simple: Éste método el pronóstico es calculado a partir del promedio del conjunto de datos más recientes, de tal manera que cuando se

agrega una nueva observación, se elimina la más antigua. Tiene la particularidad que usando el promedio de los datos se atenúan los valores muy altos o muy bajos de algunos periodos, ya que se promedian altos y bajos, y la sensibilidad se va actualizando con los valores más recientes(Ordorica Villalvazo, 2007).

- Suavización Exponencial: A partir de la asignación de mayor peso de los datos más recientes, se hace una ponderación de los datos históricos, atenuando la serie de tiempo de manera exponencial (<http://www.paginasprodigy.com>, 2013). En este caso el pronóstico depende directamente el pronóstico del periodo anterior más un Porcentaje α aplicado a la diferencia entre el Pronóstico del periodo anterior y el Valor real de la demanda en ese periodo(Ordorica Villalvazo, 2007).
- Suavización Exponencial Ajustada a la Tendencia Método de Holt: Se utiliza cuando es una serie de datos con tendencia y se puede representar mediante la ecuación de una línea recta, para lo cual se calculan dos constantes de atenuación: la primera es una estimación del nivel de la serie y la segunda representa la estimación de la pendiente de la tendencia(www.ub.edu).
- Método de Winters: Este método es aplicable cuando la serie de tiempo presenta tanto tendencia como estacionalidad. Por lo tanto el modelado matemático de está incluye la estimación del nivel, la tendencia y la estacionalidad. Con este método también se ponderan en mayor proporción los datos más recientes(Lugo, 2012).

1.2 MODELOS DE PRONÓSTICO UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA

Dentro de sus múltiples aplicaciones la lógica difusa, se hace presente en los modelos de pronóstico dada la incertidumbre innata de estos.

En el modelo desarrollado por Escobar y Díaz (Escobar-Gómez, Díaz-Núñez, & Taracena-Sanz, 2010) se integran los factores que afectan el mercado como variables difusas, específicamente la temporada, la percepción y la competencia, variables que no se tienen en cuenta en ninguno de los modelos anteriormente descritos, y que brindan mayor consistencia al pronóstico, este modelo se aplicó a una embotelladora Mexicana obteniendo como resultado menores medida (MAD, %MAPE) de error que el pronóstico tradicional.

En el modelo que se va a proponer, no se aplica este tipo de modelos debido a la complejidad de la formulación y porque no son conocidos los parámetros de desviación de la demanda en las referencias de producto que se van a tomar como prototipo.

2. PLANEACIÓN DE RECURSOS

Por medio de las actividades de planeación de recursos, la organización determina los niveles ideales de recursos.

Dentro de la Jerarquía de los planes de los planes de producción se encuentran los siguientes: Planeación Estratégica o a largo Plazo, La planeación Agregada, el programa maestro de producción y la planificación de la producción, a continuación se da una breve descripción de cada uno de acuerdo al autor Martín Arango (Arango, Vergara, & Gaviria, 2010):

Planeación Estratégica: Permite determinar la Capacidad productiva.

Planeación Agregada: Permite adaptar la producción a las oscilaciones de la demanda, en donde se puede optar por una estrategia de Producción Constante, acumulando inventarios, con el beneficio de facilitar el proceso de planeación y evitar cambios drásticos en los procesos de contratación y despidos. La otra estrategia consiste en hacer una producción flexible manteniendo el mínimo de inventario o se puede crear una estrategia mixta entre las dos con el fin de optimizar los costos.

MPS – Programa Maestro de Producción: En este se desarrolla un plan de Requerimientos de nivel superior, indicando las fechas y cantidades con el fin de generar los requerimientos en el periodo justo.

Planificación de la Producción: Tiene el objetivo de controlar las operaciones productivas en un periodo muy corto, para cumplir con el MPS. Se hace para un periodo menor a 3 meses.

Para el desarrollo de la presente investigación, el estudio se concentrará en la Planeación Agregada, a continuación se desarrolla este tema a profundidad:

2.1 PLANEACIÓN AGREGADA

A partir de la estimación de la demanda se genera el plan agregado por el cual se busca el nivel óptimo tanto de producción, como de nivel de fuerza de trabajo y niveles de inventarios, el objetivo es lograr el mejor plan de satisfacción de demanda pronosticada con un nivel de servicio alto ajustando los índices de producción, mano de obra, tasas de subcontratación, tiempos extra e inventarios, minimizando los costos totales de la operación.

Adicionalmente, de los planes agregados, se puede realizar la programación de la producción detallada por producto y cantidades, y a partir de esto se obtiene el plan de requerimiento de materiales, el cual también indicará los niveles óptimos de insumos requeridos (INDUSTRIA, PLÁSTICOS, POR, & CASTILLO)

En el entorno colombiano la planeación de costos sobre todo en las PYMES es casi nulo (Tores Acosta, 2001), y es a partir de la planeación agregada de Costos que se logran técnicas de planeación con las cuales se alcanzan niveles altos de competitividad, de aquí la gran importancia de la implementación.

De acuerdo al planteamiento de Torres Acosta (2001) en el caso de la materia Prima, se deben tener definidos los requerimientos de Materia Prima (a partir de los pronósticos), los costos estándar y el costo real del producto, y en lo que corresponde a Mano de Obra, Se deben tener discriminadas las necesidades de Producción en Horas normales y en horas extra, así como su valoración individual.

En cuanto al Proceso de Planeación Agregada se puede resumir en 6 pasos como se muestra en la Figura 2 (Noori & Radford, 2000)

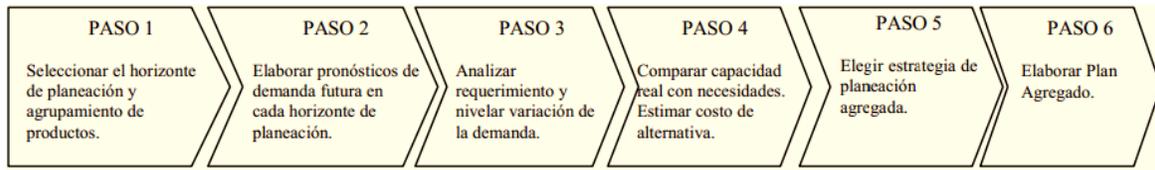


Figura 2. Pasos de la planeación Agregada

Fuente: Administración de operaciones y producción de la calidad total y respuesta sensible rápida (Noori & Radford, 2000)

2.1.1 Modelo de Optimización de Planeación Agregada.

Para desarrollar el modelo de Planeación agregada es necesario definir los siguientes aspectos(Chopra & Meindl, 2001):

- Unidad lógica para medir las ventas y la producción (ej.: Unidades de Envases)
- Pronostico de la demanda por un periodo razonable
- Metodología de cálculo de Costos
- Modelo que combine el pronóstico con los costos correspondientes, de tal manera que se pueda simular las decisiones de programación durante el periodo de planeación

Para construir el modelo de planeación agregada usando programación lineal, lo primero que se debe hacer es identificar el conjunto de variables de decisión, las cuales se definen a continuación (Steven, 2007):

W_t : Tamaño de la fuerza de trabajo para el periodo t .

H_t : Número de empleados contratados al inicio del periodo t .

L_t : Numero del empleados despedidos al inicio del periodo t .

P_t : Número de Unidades producidas en el periodo t .

I_t : Inventario final del periodo t .

S_t : Número de Unidades en desabasto al final del periodo t .

C_t : Número de unidades subcontratadas para el mes t .

O_t : Número de horas de tiempo extra trabajadas durante el periodo t

El siguiente paso es definir la función objetivo que la cual es minimizar el costo total en que se incurra en el horizonte de planeación fijado, este costo total se compone de los siguientes costos:

- Costo de mano de obra en tiempo regular
- Costo de mano de obra en tiempo extra
- Costo de Contratación y despido
- Costo de inventario y desabastecimiento
- Costo de materiales y subcontratación.

A continuación se fijan las restricciones (Steven, 2007):

- Conservación de la fuerza de trabajo
- Conservación de las Unidades
- Relación de Niveles de Producción y Fuerza de trabajo

Y por medio de programación lineal se genera la política óptima de programación de la fábrica (Incluyendo la fuerza de trabajo, uno de los objetivos de esta investigación). Adicionalmente por medio del Modelo MRP (Material Requirements Planning - Planificación del requerimiento de Materiales) se hace la planeación de la materia prima.

Es muy importante resaltar, que variables como la subcontratación, se deben tratar de disminuir en estos modelos, ya que sobre esta la compañía pierde el control de tiempo de entrega y de la calidad del producto (Miranda, Rubio, Chamorro, & Bañegil, 2005).

2.2 Modelo de Optimización de Planeación agregada con variables “Fuzzy”

Los constantes cambios en el entorno del Mercado y la incertidumbre que estos generan ha llevado a que varios investigadores a incluir la Lógica Difusa dentro del Modelamiento de la Planeación. Este es el caso de la investigación desarrollada por Mula, Peidro, Poler, & Lario (2008) en donde a partir del modelo optimización planeación propuesto por McDonald (McDonald & Karimi, 1997), se agregan restricciones Fuzzy dándole un enfoque de programación flexible al modelo, cabe reiterar que el objetivo del modelo propuesto continua siendo la asignación óptima de recursos limitados. Los resultados de agregar la teoría de los conjuntos difusos en esta investigación son exitosos, evaluados mediante la metodología propuesta por el mismo autor (Mula, Poler, & Garcia, 2006) en donde se evalúa el Nivel de Servicio, el Nivel de Inventario y el Nerviosismo de la Planificación y Costos (Sridharan, Berry, & Udayabhanu, 1988). Dada la complejidad de este tipo de modelos, se requiere el uso de software especializado con alta eficiencia en la medida que los modelos se vuelven más complejos.

Este modelo fue adaptado a un caso particular en la fabricación de electrodomésticos, con el previo conocimiento, de que los pronósticos de demanda podían llegar a tener un desfase de 200 unidades. En este caso, la solución que presenta el arroja como nivel de satisfacción del decisor el 72%, el cual el autor lo cataloga como aceptable comparándolo con el resto de modelos desarrollados sobre este tipo de modelación que entrega el modelo para este problema alcanza un nivel de satisfacción (Arango et al., 2010). Este caso de aplicación se aplica cuando se conocen con certeza los niveles máximo y mínimo de las fluctuaciones de la demanda, arrojando una solución intermedia de acuerdo a la utilidad esperada (Arango Serna, Urán Serna, & Pérez Ortega, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta es una investigación de tipo explicativa, en donde se busca identificar los factores que hacen la variabilidad de la demanda alta e impiden una planeación efectiva de los recursos, basándonos en el caso de estudio de comportamiento de demanda de envases farmacéuticos y cosméticos de mayor impacto en una compañía manufacturera de plásticos. Por medio del análisis de diferentes modelos de pronóstico y planeación se busca encontrar un modelo efectivo que disminuya el error y que permita que la planeación de los recursos se haga con menor incertidumbre.

En cuanto al método de Investigación Científica, es mixto, ya que incluye encuestas y entrevistas a los colaboradores involucrados con la planeación estratégica de las líneas de producto objetivo, de tal manera que se encuentre opiniones que converjan en una solución al problema (Cualitativos). Y por el lado de los métodos Cuantitativos se va a trabajar en un modelo aplicado a las líneas de farmacéuticos y cosméticos de mayor impacto en ventas y costos, y se extenderá al resto de productos, teniendo en cuenta que el comportamiento de la muestra seleccionada explica el comportamiento de toda la población de productos.

La selección de la muestra es a través de métodos NO probabilísticos, específicamente a través del muestreo de juicio, ya que el modelo se desarrollará sobre las líneas de mayor impacto, seleccionadas por la misma empresa. Ya que son los productos de mayor interés.

3.1 ANÁLISIS LAS ENCUESTAS

El objetivo de las encuestas es identificar los métodos de pronóstico y de planeación que se llevan a cabo en la empresa objeto de estudio, para tal fin se han aplicado al analista de compras, analista de programación y analista de planeación (Capacidades, Mano de Obra, Demanda).

A continuación se describe el diagnóstico de la empresa a partir de las encuestas aplicadas:

Actualmente la asertividad del proceso de pronóstico de la demanda es del 30%, y el cumplimiento al monto en ventas varía del 75% al 80%. La empresa está en proceso de migración al sistema Sales and Operation Planning, evidenciando la necesidad de la implementación de métodos y sistemas de pronóstico y planeación a partir de las necesidades del Mercado, ya que hasta el momento, las predicciones de demanda surgen a partir de las metas en cumplimiento del departamento de Ventas, no de algún pronóstico de demanda. Con la implementación de S&OP, se ha hecho un seguimiento detallado a las líneas críticas de la compañía con un periodo de revisión de 3 meses.

En la implementación del modelo S&OP actual, se busca involucrar directamente al área de Ventas en la planeación de máquinas, materiales, personal, y demás recursos necesarios para la manufactura, ya que son ellos el input principal de esta planeación. Las actividades implementadas hasta la fecha se presentan en la Figura 3:

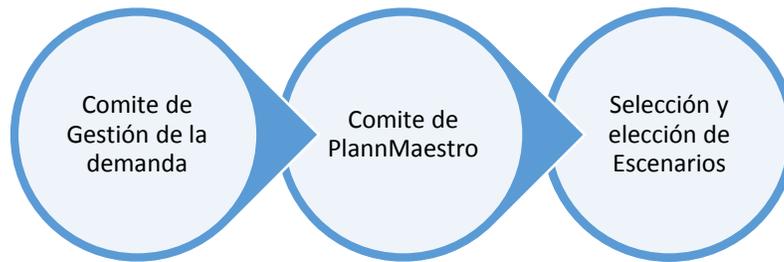


Figura 3. Implementación S&OP en Empresa de Plásticos

Fuente: Rodríguez Adriana

Las líneas Críticas de análisis son: Jarabe PET, Roll - On, Gotero, Practiflex, siendo PET la línea de mayor volumen e impacto en producción.

El proceso de planeación de Mano de Obra es mensual y se hace a través de una plantilla en Excel, en donde de acuerdo a las unidades cargadas en el sistema como ventas a futuro se asignan las horas de máquina requeridas y de acuerdo al estándar de operario por máquina y dependiendo de la ocupación cada una de las máquinas, se planea el número de personas requeridas para la planta.

De acuerdo a políticas de la empresa se busca evitar los despidos a menos q sea estrictamente necesario, la contratación de personal operativo tiene un tiempo en promedio de 15 días.

En cuanto a las máquinas de plástico se deben trabajar las producciones en los tres turnos completos para evitar arranques de máquina, en donde se pierden grandes cantidades de material, y la generación de Producto no Conforme se aumenta.

La planeación de Materias Primas se hacer por medio de SAP con los pedidos puestos, explosionando las cantidades de cada material y consolidando las necesidades, sin embargo SAP (System Application Products in Data Procesing – Sistemas de Aplicaciones en Procesamiento de Datos) no restringe las cantidades requeridas de acuerdo a las existencias, además la nomenclatura que se le ha dado a los materiales, es un factor en contra dado que hace difícil la planeación, ya que requiere de la experticia del planeador y conocimiento de todos los materiales, ya que dependiendo del proveedor tiene una nomenclatura diferente.

3.2 MODELO PROPUESTO

El modelo que se propone en esta investigación es un modelo de optimización de costos de planeación agregada, en donde se utilicen los recursos necesarios para satisfacer la demanda pronosticada y adicionalmente se planeen los Materiales requeridos para fabricar las cantidades óptimas de cada referencia.

La línea con la que se desarrollara el trabajo es la Línea PET, en la cual están vinculadas 7 máquinas de diferente capacidad y 6 Referencias de producto, todas fabricadas con resina PET, en los pero puede variar el pigmento dependiendo la presentación del producto.

Pronóstico de la demanda:

A partir de las ventas históricas a partir de Enero de 2012 hasta Setiembre de 2013, se analiza la Serie de Tiempo, en donde no se observan comportamientos de estacionalidad, sin embargo si es una serie estacionaria, y una leve tendencia decreciente como se puede Observar en la Figura 4:

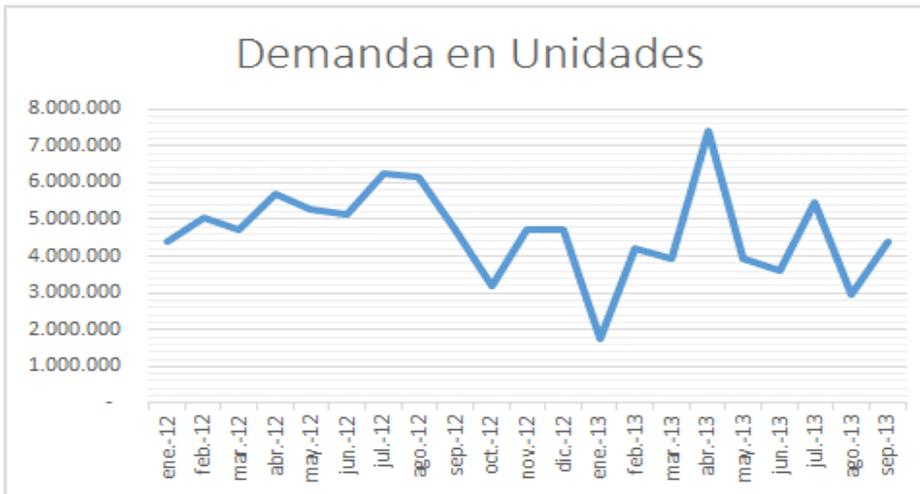


Figura 4. Gráfico de Histórico de Demanda

Fuente: Rodríguez Adriana

El método de Pronóstico seleccionado es Suavización exponencial Simple, en donde el valor pronóstico es de 4'417.166, adicionalmente se revisaron otras alternativas a través del Complemento de Excel Crystal Ball (esta aplicación permite desarrollar modelos predictivos, previsión, simulación y optimización), y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2: Comparación de Métodos de Pronostico Jarabe PET.

Methods	Rank	RMSE	MAD	MAPE	Theil's U
Double Exponential Smoothing	2	1334213	1031985	26,258	0,598
Double Moving Average	4	1907700	1552050	40,105	0,935
Single Exponential Smoothing	1	1303723	1009009	25,466	0,601
Single Moving Average	3	1490414	1027088	28,272	0,683

Fuente: Crystal Ball

Sin embargo, de acuerdo a los procedimientos desarrollados en la encuesta, la planeación se hace con respecto al plan de ventas, en vez de ser estático como el pronóstico obtenido, varía constantemente mes a mes como se muestra a continuación en la Figura 5

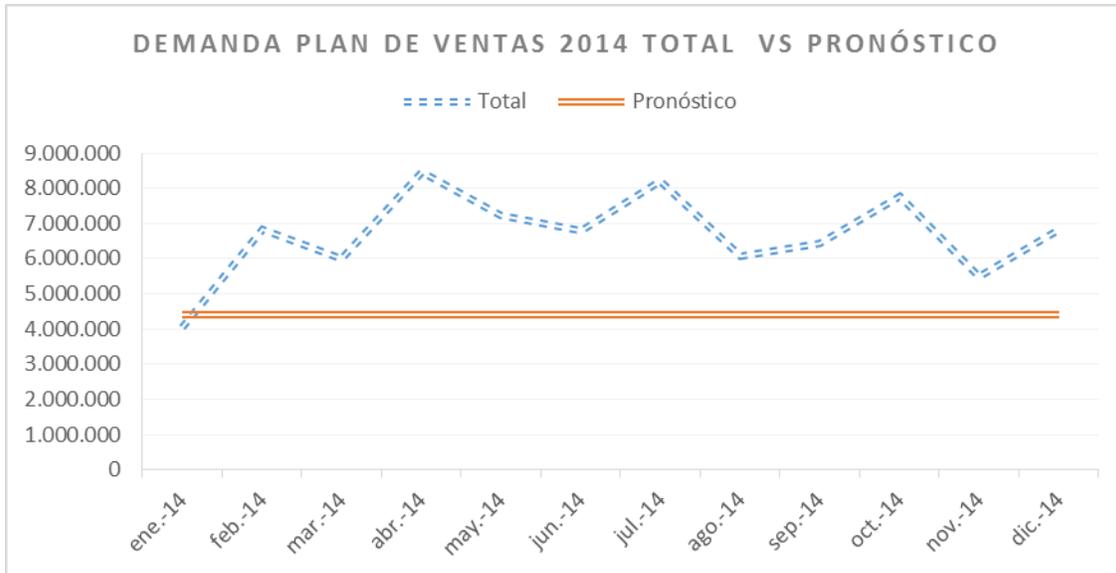


Figura 5. Gráfico de Plan de Ventas versus Pronóstico

Fuente: Rodríguez Adriana

Adicionalmente, la Figura 5 muestra el alto desfase que hay entre el pronóstico obtenido de los históricos contra el plan de ventas.

De acuerdo a la investigación de las aplicaciones de programación lineal, entera y mixta (Colina, 2011), los modelos de optimización deben estar lo más ajustados posible a la realidad productiva, evitando los supuestos de los modelos teóricos. Por lo tanto de acuerdo al plan de Ventas, se plantea el modelo de optimización y planeación de Recursos, para obtener una planeación de recursos realista.

El modelo de optimización se planteó con base al modelo expuesto por Steven (Steven, 2007), adaptándolo a la características de la operación del caso de estudio, los cambio que se hicieron al modelo son:

Se incluye el cálculo de las horas de producción, ya que a partir de este se determinaran los tiempos muertos y las horas extras requeridas por cada máquina.

Debido a que la asignación del personal es estándar por máquina y no es una variable que influya en el ritmo de producción, se plantea simplemente como un cálculo dependiente de las horas de producción. Y no se incluyen los costos de contratación y despido dentro del Modelo.

No se incluye la variable de Unidades Subcontratadas de acuerdo a las políticas de la Compañía

A continuación se describen los Componentes del modelo - en lenguaje GAMS (General Algebraic Modeling System) (Caja):

Conjuntos:

i Productos: 244E, 251E, 262E, 263E, 277E, 278E

j Maquinas: IESOPL26, IESOPL28, IESOPL25, IESOPL52, IESOPL53, IESOPL81, IESOPL01

t Periodos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Variables:

P(i,j,t) Unidades Fabricadas de la referencia *i* en la máquina *j* en el periodo *t*

H(i,j,t) Horas trabajadas en de la referencia *i* en la máquina *j* en el periodo *t*

Q(i,t) Inventario de la referencia *i* al final del Periodo *t*

O(i,j,t) Horas Extra requeridas para producir la referencia *i* en la maquina *j* en el periodo *t*

Z(i,j,t) Und en Horas extra para producir la referencia *i* en la maquina *j* en el periodo *t*

W(j,t) Numero de Persona por maquina *j* en el periodo *t*

U(j,t) Tiempo Muerto en la maquina *j* en el periodo *t*

Ecuaciones: Incluye la función de costo a minimizar y las restricciones.

Costo total (miles de Pesos):

$$CT = E = \text{SUM}[(i,j,t), C(i) * P(i,j,t)] + \text{SUM}[(j,t), 1.022.391 * W(j,t)] + \text{SUM}[(i,j,t), O(i,j,t) * 126] + \text{Sum}[(j,t), U(j,t) * 48000] + \text{Sum}[(i,t), CS(i) * Q(i,t)] \quad (1)$$

Donde, $CS(i)$, es el costo de Mantenimiento de inventario de cada referencia.

Inventario(i,t) Unidades Mínimas a fabricar:

$$\text{SUM}[j, P(i,j,t) + Z(i,j,t)] + Q(i,t-1) = E = D(i,t) + Q(i,t) \quad (2)$$

Horas P(j,t) Horas Máximas a trabajar: $\text{SUM}[i, H(i,j,t)] - 480 = L = 0$

480 representa el número máximo de horas que se puede trabajar al mes por máquina

Producc(i,j,t) Unidades a fabricar: $P(i,j,t) = E = R(i,j,t) * H(i,j,t) \quad (3)$

Donde $R(i,j,t)$ es la tasa de producción

Capacidad Alm(T) Capacidad máxima del almacén: $\text{SUM}[i, Q(i,t)] = L = 8.736.000 \quad (4)$

8.736.000 es el número de unidades máximo permitido en el almacén para la referencias PET, de acuerdo a la Unidad de Empaque.

HorasExtra(j,t) Horas Extra: $SUM[j, O(i,j,t)] = L = 72$ (5)

72 es el número de horas extra máximo permitido por maquina al mes.

UnidadesEx(i,j,t) Unidades Extra: $O(i,j,t) * R(i,j,t) = E = Z(i,j,t)$ (6)

NumOperarios(j,t) Numero de Operarios: $W(j,t) = E = Sum[j, H(i,j,t) * STD(j)] / 192$ (7)

STD(j) representa el Estándar de operarios frente a máquina y 192 el número máximo de horas que trabajan.

InvSeguridad(i,t) Inventario de seguridad: $Q(i,t) - IS(i,t) = G = 0$ (8)

IS(i,t) representa la política de inventario de Seguridad de cada producto.

TiempoMuerto(j,t) Perdidas de Capacidad: $U(j,t) - 264 + Sum[j, H(i,j,t)] = E = 0$ (9)

El modelo se resolvió a través de la herramienta GAMS, con el modelo de programación lineal de minimización de Costo total. Este software permite la inclusión de todos los detalles implica ya que es un software de alta capacidad de procesamiento de múltiples variables que se manejen, dando menor importancia al tiempo de procesamiento como los sugiere Colina (Colina, 2011) en su investigación.

Una vez calculadas las cantidades óptimas se explosionan las cantidades necesarias de materiales. Y re acondiciona la plantilla de salida e ingreso de personal requerido.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

Una vez se corre el modelo en GAMS, se obtienen la Cantidades Optimas de cada Producto, en cada periodo, esta información se exporta a Excel a la plantilla de cálculo de Materiales, en donde se incluyen los consumos estándar de Pigmentos, Resina, Materiales de Empaque, y la Merma (%). Esta plantilla Calcula y consolida los requerimientos de Material para cada periodo, con lo cual el analista de Compras procede a hacer las órdenes de compra.

Esta plantilla de Requerimiento de Materiales adicionalmente incluye un Campo de Inventario actual de Materias Primas, información que el analista obtiene de SAP, con lo cual el resultado final del pedido será estrictamente lo necesario para cada periodo.

Adicionalmente se rediseñó la plantilla de requerimiento de personal, donde se exportan las variables W(j,t) de personas por máquina y O(i,j,t) Horas Extra por máquina, a partir de las cuales, la plantilla calcula las contrataciones y despidos de cada mes, y el plan de costo de personal por cada periodo (Horas trabajadas + Horas de Overtime + Contrataciones + Despidos).

Las plantillas que se generaron como resultado de la investigación, permiten ampliar el alcance de la actividad de planeación de la empresa, ya que se están calculando los recursos de manera óptima, convirtiéndose el costo resultante de estas actividades, en la meta de cada periodo, esta meta ya no es basada en costos históricos sino basada en la combinación óptima de variables de producción y logística, de acuerdo al plan de ventas.

5. CONCLUSIONES

Se creó un modelo de planeación adaptado a la línea prototipo (envases PET), el cual a partir del costo óptimo de almacenar, fabricar, tiempos muertos, salarios de Mano de Obra Directa y horas Extra, identifica el conjunto óptimo de variables para para la fabricación, cumpliendo con la demanda, y con el cual se hace la planeación de Mano de obra y Materiales en los periodos futuros. Este modelo prototipo es queda como plantilla estándar base para ampliar al resto de las líneas de fabricación de la compañía.

A partir de los datos históricos de ventas, se realiza un análisis de series de tiempo por medio de Crystal Ball, para identificar seleccionar el método de pronóstico, sin embargo se evidencia que la demanda es directamente afectada y dependiente de las metas de ventas de la compañía, por lo tanto el modelo de planeación de recursos se hace con el presupuesto del área de ventas. Sin embargo se hace la sugerencia del uso de métodos de pronóstico para evidenciar el comportamiento histórico de las ventas, se debe aprovechar la facilidad y acceso que ofrecen las diferentes aplicaciones de software relacionadas con pronósticos.

Las plantillas creadas representan el modelo de planeación de Recursos de Materiales y Mano de Obra, las cuales dependen directamente ya sea de la Demanda Pronosticada o de los presupuestos de Ventas y son sensibles a cualquier cambio en éstas. Estas plantillas le permiten al responsable de planeación tener la información general y detallada de los requerimientos de recursos de los periodos futuros.

Al incluir todas las variables que afectan el entorno de la producción, se tiene un panorama más real de la situación a futuro, lo que permite disminuir la brecha entre la planeación y el consumo real.

6. RECOMENDACIONES

La planeación de recursos a través de herramientas como la optimización, permite programar de manera efectiva el uso de cada uno de los recursos evitando excesos y

desabastecimientos en el inventario. Para este tipo de planeación es importante contar con software especializados que permitan dinamizar a la actividad de planeación y llevarla al detalle. Inclusive se puede mejorar el modelo haciéndolo multi-planta y multi-línea de fabricación, pero esto requerirá más capacidad en software, por tal motivo se sugiere que inicialmente maneje el modelo estándar propuesto para cada una de las líneas de producto.

A pesar de que la hipótesis inicial, planteaba como base fundamenta los pronósticos de demanda, para este caso en particular la demanda está influenciada por las metas financieras del departamento de ventas, razón por la cual la planeación se desarrolló a partir del plan de ventas.

Con el fin de lograr una efectividad mayor en los modelos que se diseñen en planeación agregada, se sugiere que se incluyan restricciones de tipo difusas (Teorías Fuzzy), que en los últimos años han sido objeto de investigación de acuerdo a la revisión literaria desarrollada, con el fin de incluir la naturaleza de incertidumbre que generan los pronósticos. Adicionalmente que se incluyan software especializados, con la capacidad de procesar la gran cantidad de variables que requiera la compañía.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arango, M., Vergara, C., & Gaviria, H. (2010). Modelización Difusa para la Planificación Agregada de la Producción en Ambientes de Incertidumbre. *Dyna. Journal of Mines Faculty. National University of Colombia. Edición, 162*, 397-409.
- Arango Serna, M. D., Urán Serna, C. A., & Pérez Ortega, G. (2008). Aplicaciones de lógica difusa a las cadenas de suministro. *Avances en Sistemas e Informática, 5*(3), 118-126.
- Box, G. E., Jenkins, G. M., & Reinsel, G. C. (2013). *Time series analysis: forecasting and control*: Wiley.com.
- Caja, J. M. F. Lenguaje GAMS. from http://www.iit.upcomillas.es/aramos/simio/transpa/t_gams_jf.pdf
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). Supply chain management: strategy. *Planning and Operation, Upper Saddle River*.
- Chopra, S., Meindl, P., Molina, A. S. F., & Villarreal, M. d. P. C. (2008). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*: Pearson Prentice Hall México^ eD. FDF.
- Colina, Y. B. (2011). Aplicaciones de programación lineal, entera y mixta. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*(7), 85-104.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association, 74*(366a), 427-431.
- Escobar-Gómez, E., Díaz-Núñez, J., & Taracena-Sanz, L. (2010). Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería, investigación y tecnología, 11*(3), 289-302.
- Garrido, D. A. (2013). *Proceso General de Pronóstico*. Paper presented at the Catedra de Producción, UMNG, UMNG.
- Guerrero, J. F. J., Fernández, R. S., & Abad, J. C. G. (2006). La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico. *Revista europea de dirección y economía de la empresa, 15*(3), 185-198.

<http://www.paginasprodigy.com>. (2013). **Modelos de Pronóstico**. from <http://www.paginasprodigy.com/sylsr/ingenierias/pronosticos/Modelos%20de%20Pron%C3%B3sticos.html>

INDUSTRIA, P., PLÁSTICOS, D., POR, P. P. P., & CASTILLO, M. L. FACULTAD DE INGENIERÍA.

Jay, H., & Barry, R. (2008). Dirección de la Producción y de Operaciones: Madrid. Pearson Educación. 560p. Decisiones Tácticas. En ambos casos, en la primera reunión siguiente de la Comisión mencionada, el Director deberá dar cuenta de lo obrado. j) Velar por el cumplimiento de las disposiciones contenidas en el Código Sanitario y Reglamentos complementarios en la Central.

Logistec. (2012). FUNDAMENTOS DE LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO DE DEMANDA. *Logistec*. Edición 75. from <http://revistalogistec.com/index.php/vision-empresarial/385-analisis/1119-fundamentos-de-la-seleccion-de-un-sistema-de-pronostico-de-demanda>

Lugo, A. (2012). Modelo de Holt – Winters from http://prezi.com/o51err0krp_u/modelo-de-holt-winters-aditivo/

Maya, D. G. (2013). *Tendencias mundiales en el sector de empaques y envases rígidos plásticos para 2013. Plástico*.

McDonald, C. M., & Karimi, I. A. (1997). Planning and scheduling of parallel semicontinuous processes. 1. Production planning. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 36(7), 2691-2700.

Medina Flechas, S. C., & Mutis, H. (2004). Ilustración de la aplicación de la metodología arima para pronosticar la demanda de productos de consumo masivo para la limpieza del hogar en el mercado colombiano.

Miranda, F. J., Rubio, S., Chamorro, A., & Bañegil, T. (2005). Manual de dirección de operaciones. *Thompson, Madrid*.

Mula, J., Peidro, D., Poler, R., & Lario, F.-C. (2008). *Un modelo de optimización fuzzy para la planificación de la producción de una cadena de suministro con incertidumbre en la demanda**. Paper presented at the II International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management.

Mula, J., Poler, R., & Garcia, J. (2006). MRP with flexible constraints: A fuzzy mathematical programming approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 157(1), 74-97.

Noori, H., & Radford, R. (2000). Administración de operaciones y producción de la calidad total y respuesta sensible rápida. *Editorial Mc Graw Hill*.

Olaya, E. S., García, R. G., Torres, N. S., Ferro, D. C., & TORRES, S. (2006). CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO, LOGÍSTICO Y REGULADORIO DE LOS MEDICAMENTOS CHARACTERIZATION OF MANUFACTURE, LOGISTIC AND REGULATORY PROCESS OF MEDICINES. *Vitae*, 13(2).

Ordorica Villalvazo, J. (2007). Técnicas de pronóstico - Planeación y Control de la Producción. from [http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Planeacion%20y%20control%20de%20la%20produccion%20\(9019\).pdf](http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Planeacion%20y%20control%20de%20la%20produccion%20(9019).pdf)

Solarte Angulo, A. (2006). El envase plástico en la industria farmaceutica. *Packaging*, 86.

Sridharan, S. V., Berry, W. L., & Udayabhanu, V. (1988). Measuring master production schedule stability under rolling planning horizons. *Decision Sciences*, 19(1), 147-166.

Steven, N. (2007). Análisis de la producción y las operaciones: McGraw-Hill.

Tores Acosta, J. H. (2001). Planeación agregada de costos: procedimientos para la PYME manufacturera colombiana. *Ingeniería*, 7(1), 6-10.

Velásquez, J. D., DYNER R, I., & Souza, R. C. (2006). Políticas para la integración del juicio experto y los pronósticos estadísticos en el marco organizacional. *Estudios Gerenciales*, 22(99), 131-150.

www.ub.edu. Analisis de Series Temporales - Tecnicas de Predicción from http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap8-5.htm