

Suavizamiento de la demanda del producto final con impacto en el inventario de materias primas de una empresa embotelladora

ARROYO-GARCÍA, Dulce†*, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana, JUÁREZ-GARCÍA, Emmanuel y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Recibido 10 de Agosto, 2017; Aceptado 21 de Septiembre, 2017

Resumen

Generalmente, las empresas basan sus operaciones en un pronóstico de la demanda de sus clientes cuyo nivel de variación impacta directamente el desempeño de la planeación de producción, la planeación de materiales y la gestión de sus inventarios. Ante un estado de incertidumbre de la demanda, el control del inventario de sus productos se vuelve complejo cuando se trata de materiales con un tiempo de vida limitado destinados a la industria alimenticia. Por tanto, el objetivo de este artículo se centra en definir el modelo de pronósticos más apropiado para una empresa embotelladora de bebidas que suavice el comportamiento de una demanda aleatoria. Actualmente, la compañía experimenta en uno de sus productos más vendidos un error promedio en el pronóstico del 51.5% respecto a su consumo real basándose en sistemas inadecuados. Aunado a ello, también se considera conveniente sincronizar la demanda con el nivel de inventario óptimo de sus materias primas a través del análisis de diferentes modelos de inventario. Como resultado de esta propuesta, la utilización de métodos de series de tiempo y nuevas políticas de inventario permitirá garantizar la disponibilidad de materiales para la producción, se optimizará el valor del inventario aproximadamente a un 3% y el nivel de servicio al cliente se incrementará al 90%.

Series de Tiempo, Metodo Suavización Exponencial con Tendencia, Modelos estocásticos de Inventario, Revisión Periódica y Continua, Clasificación ABC, Inventario de Seguridad

Abstract

Generally, companies base their operations on a demand forecast of their customers whose level of variation directly impacts the performance of production planning, material planning and the management of their inventories. In a state of uncertainty of demand, the control of the inventory of its products becomes complex when it comes to materials with a limited life span intended for the food industry. Therefore, the aim of this article is to define the most appropriate forecasting model for a beverage bottling company that softens the behavior of a random demand. Currently, the company experiences in one of its best-selling products an average error in the forecast of 51.5% over its actual consumption based on inadequate systems. In addition, it is also considered convenient to synchronize the demand with the optimum level of inventory of its raw materials through the analysis of different inventory models. As a result of this proposal, the use of time series methods and new inventory policies will ensure the availability of materials for production, inventory value will be optimized by approximately 3% and the level of customer service will increase to 90%.

Time Series, Exponential Smoothing Method with Trend, Stochastic Models of Inventory, Periodic and Continuous Review, ABC Classification, Security Inventory

Citación: ARROYO-GARCÍA, Dulce, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana, JUÁREZ-GARCÍA, Emmanuel y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis. Suavizamiento de la Demanda del Producto Final con Impacto en el Inventario de Materias Primas de una Empresa Embotelladora. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-1:48-62

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: diana.sanchez@upaep.mx

Introducción

La función de los pronósticos basados en intuiciones, suposiciones, el juicio y la experiencia personal han cambiado en los últimos años. Actualmente, los pronósticos son un método de planificación estratégica que ayudan a la dirección a proyectar los eventos futuros basados en un comportamiento histórico (Hanke et. al. 2006).

A nivel operativo, una buena estimación del pronóstico hace más eficientes los procesos de planeación y producción, además que garantiza el suministro de materiales, optimiza los inventarios e incrementa el nivel de satisfacción de sus clientes. De forma contraria, la inexactitud en un pronóstico repercute en faltantes o excedentes de materiales, compras de materiales innecesarios, altos costos de inventario por baja rotación de productos, costos por ventas perdidas, pérdida de clientes, etc., (Aguilar, 2012; Burja et al. 2010).

La literatura nos presenta diferentes métodos de pronóstico de orden cualitativo o cuantitativo para hacer estimaciones futuras y definir la validez y confianza del método de pronóstico. Sin embargo, muchas industrias experimentan cierta complejidad a causa de la aleatoriedad de la demanda, la diversidad de productos, la administración y control de perecederos, la reducción del ciclo de vida de los productos en el mercado y un entorno económico cambiante, entre otros (Chapman, 2006; Olsson, 2014; Kim et al. 2005).

A pesar de este ambiente de incertidumbre, el gran reto de la cadena de suministro de una empresa es, no solo satisfacer la demanda de sus clientes, sino también lograr la optimización de los inventarios y alcanzar niveles de rentabilidad corporativos más altos.

Esto se debe a que el inventario es considerado uno de los activos más importantes de la organización y para poder optimizarlo se debe tener una planeación e implementación de modelos de niveles de inventario adecuados al contexto (Ruankaew et al. 2013). Muchos autores han propuesto diversos modelos de inventario para demandas determinísticas y estocásticas. Sin embargo, las empresas pocas veces centran su atención en los beneficios de evaluar e implementar políticas de abastecimiento basadas en modelos matemáticos y por lo tanto los beneficios son escasamente proyectados. En consecuencia, la falta de un método eficaz para determinar cuándo ordenar y cuánto ordenar puede generar escasez o exceso de materiales en inventario e inmovilización del capital invertido (Torres et al. 2014).

Bajo este sentido, el presente artículo estudia la situación de una empresa embotelladora de bebidas carbonatadas situada en México cuyo análisis se centra exclusivamente en un producto final y sus 12 materias primas que lo componen, la descripción de este producto final es PET de 2 litros en presentación 6 pack el cual representó el 62% del volumen total de los productos que la empresa manufactura para al canal de ventas de autoservicios durante 2015 y 2016. El análisis de la demanda del producto denominado producto P9 indica que, a lo largo de este periodo, el producto presenta un comportamiento no estacionario y patrón irregular y, por lo tanto, una demanda estocástica cuyo error de pronóstico en 2015 y 2016 fue del 41% y 62% respectivamente. Esta diferencia anual ha impactado la administración del inventario de materia prima generando un valor de inventario superior a la meta por un 34% y, en consecuencia, un nivel de servicio menor al 80% generado por faltantes en la entrega del producto requerido por el cliente.

Descripción del Contexto Actual

La política actual del suministro de los materiales de esta embotelladora está basada en comprar únicamente lo requerido para cubrir la demanda de los siguientes tres meses de acuerdo a una Planeación de Ventas y Operaciones (S&OP). La política actual también considera las cantidades mínimas de pedido negociadas con cada uno de los proveedores. De igual forma, se coloca un pedido cuidando el tiempo de vida de las materias primas percederas.

Ante esta situación, este caso de estudio se enfoca en hacer una revisión de las proyecciones para el producto final con el método de series de tiempo que mejor suavice la demanda de forma trimestral del producto P9 de la empresa embotelladora. La suavización de la demanda incluirá el cálculo del factor de estacionalidad que presenta el producto.

Se determinó que fuera un pronóstico trimestral debido a que el error mensual del pronóstico superaba el error promedio de pronóstico actual del 51.5%.

Posteriormente, para sincronizar el pronóstico trimestral suavizado propuesto con el nivel óptimo de las materias primas que lo componen mediante la aplicación de los modelos de inventario determinísticos y estocásticos dependiendo del Coeficiente de Variabilidad (CV), entre los que se utilizarán están el cantidad económica de pedido (EOQ), y sus variantes utilizados en situaciones de incertidumbre como (Q, R), (s, S) y (S, T).

La estructura de este artículo se presenta de la siguiente manera. En la sección 3, se estudian los métodos de pronóstico, los tipos de error utilizados, el uso de errores de pronóstico para el cálculo del inventario de seguridad.

También se hace una revisión literaria de la clasificación ABC y los modelos de inventario incluyendo conceptos como el punto de reorden y el inventario de seguridad. En el apartado 4, se describe la metodología que se llevará a cabo en dos fases para el desarrollo de los pronósticos y los modelos de inventario propuestos. En la sección 5, se mostrarán los resultados obtenidos que permitirán la elaboración de nuevas políticas de compra aplicables cada materia prima. Finalmente, la sección 6 hace mención de los beneficios obtenidos para la empresa embotelladora, así como las recomendaciones para implementar con éxito un método de pronóstico y un modelo de inventario formal.

Revisión de Literatura

Modelos de Pronóstico y Errores

Existen diferentes técnicas para hacer una estimación de pronósticos. Estos pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo. Las técnicas cualitativas son relevantes cuando no hay disponibilidad de datos sobretodo en el caso de lanzamiento de productos (Ballou, 2004). Las técnicas cuantitativas se emplean cuando se dispone de datos históricos y cuando la proyección hacia el futuro se precisa de corto a mediano plazo. Los métodos para pronosticar pueden ser causales cuando incorporan factores que pueden influir en la cantidad que se pronostica tales como temperatura, humedad, estación, etc., (Render et al. 2012) o de series de tiempo cuando tratan de predecir el futuro con base en la información pasada (Chase et al. 2009) y cuya demanda puede mostrar tendencia, estacionalidad y un comportamiento cíclico o aleatorio. En base a Chase et al. (2009) en la Tabla 1 se resumen los modelos de pronósticos que serán aplicados en la serie de tiempo de este caso de estudio.

Método de pronóstico	Características del método de pronóstico
Promedio móvil simple	Elimina las fluctuaciones aleatorias del pronóstico cuando la demanda presenta estacionalidad. Cuanto más largo sea el periodo del promedio móvil, más se uniformarán los elementos aleatorios y se retrasará la tendencia.
Promedio móvil ponderado	Asigna un peso a cada elemento a pronosticar. La suma de todas las ponderaciones debe ser igual a uno. El dato histórico más reciente es el indicador más importante de lo que se espera en el futuro y tiene una ponderación más alta.
Suavización exponencial simple	Adecuado para series con tendencia lineal y sin estacionalidad. Requiere de tres elementos: el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el periodo de pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α). Esta última determina el nivel de uniformidad y la velocidad de reacción de la diferencia entre el pronóstico y la ocurrencia real. También conocido como método Brown.
Suavización exponencial con tendencia	Los pronósticos que se suavizan exponencialmente pueden ser corregidos haciendo un ajuste a la tendencia. Para ello, se requieren 2 constantes: α y δ . δ reduce el impacto del error que ocurre entre el valor real y el pronosticado. Denominado también método Holt.

Tabla 1 Modelos de series de tiempo aplicados en este caso de estudio

Fuente: elaboración propia

Los pronósticos están sujetos a un error. Un error se entiende como la diferencia o el residual entre el valor del pronóstico y el valor real (Chase et al. 2009). Mientras más pequeño sea el error o la diferencia, más preciso será el pronóstico y viceversa. Los términos más utilizados para definir la validez y la confianza del método de pronóstico y expresar el grado de error son: el Error Cuadrado Medio (MSE), la Desviación Absoluta Media (MAD) y el Porcentaje de Error Absoluto Medio (MAPE). Para el caso del producto P9, el criterio de selección del pronóstico se basará en el menor porcentaje promedio de los valores absolutos (MAPE).

Para Handley (2004), el error de pronóstico también es útil para determinar un inventario de seguridad y para ello se requiere el cálculo de la desviación estándar. Sin embargo, los datos que se obtienen al utilizar la serie de datos históricos para el cálculo de la desviación estándar suelen ser generalmente distintos a los que se utilizan para la serie de datos de los errores de pronóstico. La diferencia impacta directamente en la inversión y nivel de inventario.

A partir de una desviación estándar basada en datos históricos, existe un mayor inventario de seguridad. Por el contrario, cuando se utiliza la Desviación Absoluta Media (MAD) basada en los datos de los errores de los pronósticos, la desviación estándar será menor y por consecuencia el inventario de seguridad también disminuirá sin afectar el nivel de servicio (Arias, 2016).

Clasificación ABC

El análisis o clasificación ABC se basa en el principio de Pareto, conocida también como ley 80-20. En 1906, el italiano Vilfredo Pareto observó que el 20% de los productos constituyen el 80% del valor monetario de un almacén. Es decir, una pequeña proporción conforma una gran parte del volumen anual (López et al. 2013). De acuerdo a este principio el 80% de las ventas son generadas por el 20% de los productos. En tanto que, el 20% de los ingresos restantes son resultado del 80% de los productos (Aguilar, 2012).

Los productos clase A conforman del 70 al 80% del valor del inventario y solo de un 15% a un 20% del total de ítems. Los productos clase B constituyen entre el 30 y 40% del total de ítems y equivalen del 15 al 20% del valor total del inventario.

Los productos clase C representan del 60 al 70% de los productos y solo del 5% al 10% del valor de inventario total. En consecuencia, no todos los productos deben ser manejados de la misma forma y las políticas de inventario deben definirse de acuerdo a la clase de producto del que se trate (López et al. 2013; Castrejón et al. 2016).

Considerando las reglas de clasificación propuestas por López et al. (2013), es posible vincular la clasificación ABC con los modelos de inventarios. Para Milena et al. (2015), el inventario es el mayor de los activos circulantes en una organización. Render et al. (2012), lo definen como un recurso almacenado que sirve para satisfacer los requerimientos actuales o futuros del mercado. Otros autores consideran que los inventarios son una reserva para soportar las variaciones entre la oferta y la demanda (Torres et al. 2014) y además representa un gasto de dinero hasta el momento que se convierten en producto terminado y son vendidos al mismo tiempo que su valor es recuperado y genera una ganancia (Burja et al. 2010). Los inventarios más comunes en empresas manufactureras son: el inventario de materias primas, producto en proceso y producto terminado. Indudablemente, en los modelos de inventarios es necesario considerar la incertidumbre en la demanda (Valencia et al. 2015). Nasir et al. (1994) mencionan que, dependiendo de la aleatoriedad de la demanda, ésta puede ser determinística o probabilística.

La demanda es determinística cuando presenta patrones estacionarios sobre un horizonte infinito. Por su parte Hillier et al. (2010) mencionan que, si los pronósticos son muy precisos y la demanda es conocida, se debe usar un modelo de inventarios determinístico. Así mismo, Hillier et al. (2010) afirman que, si los pronósticos no se pueden predecir con exactitud dado que la demanda es una variable aleatoria en lugar de una constante conocida.

Es necesario usar un modelo de inventario estocástico o probabilístico.

Para precisar el comportamiento de la demanda del producto P9 y determinar su estabilidad se utilizó como criterio el coeficiente de variabilidad que indica si la demanda es regular o irregular (Torres et al. 2014). Kim et al. (2005) hacen referencia al CV como la desviación estándar dividida entre su promedio. Un coeficiente menor a 0.2 indica una demanda determinística, de lo contrario, se trata de una demanda estocástica como en el caso del producto P9. El Gráfico 1 muestra la irregularidad de la demanda del producto P9.

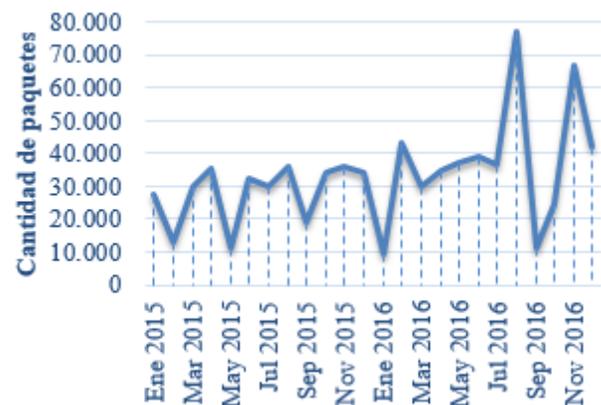


Gráfico 1 Demanda del producto P9 en 2015 y 2016

Fuente: elaboración propia

Modelos de Inventarios

Bajo estos dos tipos de demanda, surgen diferentes consideraciones para la planeación de materiales que requieren cubrir situaciones de revisión continua de inventario o situaciones de revisión no continua sujetos a revisión periódica. La Tabla 2 resume los conceptos propuestos por (López et al. 2013; Torres et al. 2014).

Tipo de demanda	Modelo de inventario	Clasificación
Determinística	EOQ	C
Estocástica	Revisión continua: Modelo (Q, R)	A
	Revisión Periódica: Modelo (S, T)	B
	Revisión Periódica: Modelo (s, S)	C

Tabla 2 Relación entre los modelos de inventario y la clasificación ABC

Fuente: elaboración propia

El concepto de cantidad óptima de pedido o EOQ (Economic Order Quantity por sus siglas en inglés) fue introducido por Ford Whitman Harris en 1913 con el propósito de minimizar el costo total del inventario considerando una cantidad fija a pedir cada periodo y basándose en una demanda determinística (Valencia et al. 2015).

Hasta la fecha, el modelo del EOQ ha sido usado para la gestión y control de inventarios bajo ciertos parámetros: el EOQ asume una demanda constante, determinística o conocida con cierto grado de incertidumbre, la falta de material no está permitida y los tiempos de abasto son constantes (López et al. 2013). Es recomendable para situaciones de alto consumo y frecuencias regulares lo cual permite la producción o compra de grandes lotes para aprovechar las economías de escala. Se utiliza para productos con fecha de caducidad prolongadas y demanda uniforme (Torres et al. 2014). Los costos que consideran en el EOQ básico son: el costo de mantener (Ch), el costo por ordenar (Co), el costo unitario (C) y el costo de faltantes (Cf).

Aun cuando no pareciera significativo hacer un estudio a detalle de la Cantidad Económica del Pedido o EOQ dado que la demanda del producto P9 no es determinística.

Se abordará su aplicación como soporte para estimar los modelos de inventarios para demandas que asumen variabilidad ya que se considera que el EOQ representa una solución básica de comparación para modelos más complejos.

El modelo de revisión continua (Q, R) considera una variabilidad en la demanda (López et al. 2013) a su vez que el inventario es monitoreado continuamente después de cada transacción (Nasir et al. 1994). La Q o cantidad a ordenar se calcula con el modelo EOQ. Por otro lado, la demanda promedio durante el tiempo de entrega y un factor de inventario de seguridad predeterminado son usados para definir el punto de reorden R (Kim et al. 2005). Con ambos elementos, cantidad y punto de reorden, la política (Q, R) marca que, cuando se alcanza el punto R se envía una orden de tamaño Q (Valencia et al. 2015) para reponer el inventario. Esta política considera la caducidad de productos perecederos con vida de anaquel determinada.

Para determinar el modelo (Q, R), se coloca una orden de cantidad Q fija a un proveedor si la suma del inventario disponible más el inventario ya ordenado y, aun no recibido, es menor o igual al punto de reorden. Para determinar el punto de reorden se considera la demanda diaria (d) por el tiempo de entrega (L) más un inventario de seguridad (SS) (Kang et al. 2004).

Los sistemas de revisión periódica son aplicados en la planeación de inventarios que presentan demanda estocástica (Valencia et al. 2015), cuando existe una baja frecuencia de pedidos y cuya escala de volumen es significativa. En este modelo, el inventario es revisado en intervalos periódicos (Nasir et al. 1994).

Una de las políticas aplicables al modelo de revisión periódica es la política (S, T) en donde se realiza una revisión en intervalos del periodo de revisión T para emitirse una orden de pedido Q que resulte de la cobertura S menos el nivel de stock (Juan et al. 2002). Aunado a ello, la política (S, T) debe satisfacer la demanda hasta la próxima revisión.

Otra política del modelo de revisión periódica es la política (s, S) la cual indica que, cada vez que el inventario disponible cae al punto de reorden s o debajo de este nivel, se ordena una cantidad de tamaño Q de tal manera que incremente el nivel de inventario hasta un nivel máximo S. A esta política también se le denomina minimax debido a que el nivel de inventario oscila entre un valor máximo S y un valor mínimo s. Un criterio para definir el nivel máximo S, es el nivel de inventario de seguridad más la cantidad EOQ, en base a la cobertura de varios periodos en un tiempo de entrega, etc., (Gluch, 2007).

El inventario de seguridad es un inventario “buffer” que cubre la incertidumbre de la demanda durante el tiempo de entrega de los productos. De acuerdo a Dooley (2005), una manera en la que las empresas pueden reducir el nivel de inventario de seguridad es reduciendo los tiempos de entrega de los proveedores de forma agresiva.

Metodología

El método para analizar este caso de estudio se divide en dos partes. La primera fase incluye una evaluación de la demanda. Partiendo del hecho que la demanda del producto P9 presenta una inestabilidad en su comportamiento, se estimará el pronóstico con un horizonte mensual y trimestral para cada uno de los métodos de serie de tiempo definidos considerando todas las iteraciones posibles de ponderaciones y constantes.

El cálculo del pronóstico mensual solo servirá de referencia para probar que los errores de pronóstico no se minimizan sustancialmente si se comparan con el porcentaje de variabilidad actual de 51.5%, tal como se muestra en la Tabla 3.

Método	Cantidad pronosticada	MAPE	Ponderación	α	β
Simple	32,953	46.8%			
Móvil Simple	44,453	56.7%			
Móvil Ponderado	42,792	66.7%	0.1 0.1 0.8		
	45,288	63.9%	0.1 0.2 0.7		
Brown	36,441	47.6%	-	0.1	-
	40,886	50.8%	-	0.2	-
	42,967	54.0%	-	0.3	-
	44,226	56.7%	-	0.4	-
	45,106	59.4%	-	0.5	-
	45,668	61.8%	-	0.6	-
	45,805	64.1%	-	0.7	-
Holt	44,141	71.7%	-	0.9	-
	40,656	49.0%		0.1	0.1

Tabla 3 Resultados obtenidos para un pronóstico mensual
Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del pronóstico trimestral, se estimó un factor de estacionalidad el cual se encuentra detallado en la Tabla 4.

Periodo	Demanda Trimestral Real	Promedio trimestral por año	Factor estacionalidad	
2015	Trim 1	23,627	25,533	0.77
	Trim 2	26,187	31,653	0.96
	Trim 3	28,353	35,026	1.06
	Trim 4	34,747	39,600	1.20
2016	Trim 1	27,440	27,440	0.77
	Trim 2	37,120	37,120	0.96
	Trim 3	41,699	41,699	1.06
	Trim 4	44,453	44,453	1.20

Tabla 4 Cálculo del factor de estacionalidad
Fuente: elaboración propia

Una vez identificada y aislada la variable de la estacionalidad, se estimaron las series de tiempo. La Tabla 5 muestra el procedimiento realizado.

En consecuencia, los picos de la demanda se eliminarán y se obtendrá una demanda trimestral suavizada.

Periodo	Demanda ajustada	St	Tt	Pronóstico	MAPE
2015	Trim 1	30,684	30,684	0	
	Trim 2	27,278	28,640	-1,431	30,684 17%
	Trim 3	26,748	26,932	-1,624	27,210 4%
	Trim 4	28,956	27,496	-93	25,309 27%
2016	Trim 1	35,636	32,343	3,364	27,404 0%
	Trim 2	38,667	37,483	4,607	35,708 4%
	Trim 3	39,338	40,439	3,451	42,091 1%
	Trim 4	37,044	39,782	576	43,891 1%
2017	Trim 1				40,359 7.7%

Tabla 5 Cálculo del factor de estacionalidad

Fuente: elaboración propia

Actualmente, la falta de asertividad en la demanda origina problemas en la programación del plan maestro de la producción, en la planeación de los materiales para cubrir la demanda requerida por el cliente y, adicionalmente, repercute en la pérdida de materias primas a causa de su obsolescencia por falta de uso o altos niveles de inventario por excedentes de material.

En una segunda fase, se toma la nueva demanda suavizada para reducir las variaciones que impactan directamente en la planeación de materiales, que es el área que genera los pedidos a los proveedores para el suministro de materiales. Por lo tanto, la demanda suavizada será la nueva referencia para explosionar el listado de los materiales (BOM).

De forma paralela, se hizo uso de la lista de materiales para generar la clasificación ABC de las materias primas.

Con el fin de categorizar las materias primas que conforman al producto P9 de acuerdo a su valor de consumo.

Es necesario conocer el BOM, su precio unitario y su consumo anual. Para la clasificación ABC de los componentes del producto P9 bajo análisis, se tomará de referencia el consumo de 2016. Debido al bajo contenido en la cantidad de insumos para producir un paquete de seis botellas de 2 litros, las cantidades mostradas en la segunda columna de la Tabla 6 están expresadas por cada mil paquetes. Por cuestiones de confidencialidad se ha identificado a cada componente con un número.

Lista de materiales	Cantidad por cada 1,000 paquetes	Unidad de medida	Precio Unitario	Consumo anual en 2016
C316	6,000	Piezas	\$0.24	2,653,408
C48	6,000	Piezas	\$0.16	2,755,802
C33	6,000	Piezas	\$1.25	3,544,890
C 383	33	Kilos	\$80.64	10,982
C394	50	Piezas	\$6.26	101,427
C352	13	Piezas	\$51.51	39,151
C297	370	Kilos	\$2.32	1,879,186
C391	5.480	Kilos	\$56.14	7,754
C11	0.361	Kilos	\$224.20	675
C26	0.961	Kilos	\$77.00	1,041
C9	4.202	Kilos	\$63.80	4,951
C15	1.561	Kilos	\$110.00	1,115

Tabla 6 Listado de materiales que componen el producto P9

Fuente: elaboración propia

Para la elaboración de la clasificación ABC es necesario estimar el valor de consumo anualizado para cada uno de los componentes del producto P9, el cual se obtiene de multiplicar el costo unitario por total de la cantidad consumida en el año 2016. Posteriormente, el valor de consumo anual se ordenó de forma descendente y, en dos columnas por separado, se calculó tanto la frecuencia relativa como la frecuencia acumulada. La frecuencia relativa se determina dividiendo el valor de consumo anual de cada componente entre la sumatoria total de todos los componentes.

A su vez, la frecuencia acumulada suma las frecuencias relativas de los materiales precedentes acumulando el valor y expresándolo en porcentaje el cual indicará la clasificación de los materiales.

Al momento, la empresa embotelladora no tiene implementado una clasificación de inventario apropiada para identificar los productos que tienen un impacto importante a nivel financiero y que requieren un tratamiento especial.

Dependiendo de la clasificación, se determinó el modelo de inventario más apropiado debido a que contempla las características de los materiales tales como volumen, frecuencia de revisión y su vida útil. Cada uno de los tres modelos de inventario propuestos: EOQ, (Q, R), (s, S) y (S, T) permite el cálculo de diferentes conceptos que, hoy en día, la compañía no aplica y que soportarán la compra futura de materiales. También se proporcionó apoyo a la empresa para estimar los costos implicados para el cálculo del EOQ en donde el costo por ordenar (C_o) se estimó en \$290.18 MXN el cual incluye los costos por transmitir un pedido, recibir el producto, almacenarlo y transferirlo (Dooley, 2005).

El costo de mantener (Ch) el inventario de materia prima de forma anual fue de \$808,872 MXN y en este costo se consideran costos fijos, renta y seguros los cuales son proporcionales al volumen anual manejado de cada producto.

Las fórmulas aplicadas en los modelos de inventarios se enuncian a continuación.

En el caso del EOQ, D corresponde a la demanda:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2D * C_o}{Ch}} \quad (1)$$

Fórmula de Costo Total para estimar el valor del inventario de materias primas:

$$CT = \left(\frac{D}{Q}\right) * C_o + \left(\frac{Q}{2}\right) * Ch + (D * C) \quad (2)$$

Para el cálculo del punto de reorden PR , d corresponde a la demanda diaria, L al tiempo de entrega y SS al inventario de seguridad.

$$PR = d * L + SS \quad (3)$$

En el caso del inventario de seguridad, Z es la desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega y $\sigma_{(T+L)}$ es el número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica.

$$SS = Z\sigma_{T+L} \quad (4)$$

De manera complementaria, estimar el punto de reorden y el inventario de seguridad ayudarán a facilitar la planeación de materias primas de acuerdo a lo que indica cada modelo de inventario. Finalmente, se generarán nuevas políticas de compra las cuales permitirán contrastar la situación real con el escenario propuesto.

Resultados

Como resultado de la primera fase de estudio, se estimó la demanda para el mes de enero de 2017. El método que mejor MAPE reveló fue el promedio simple con un 46.8% de error. En el Gráfico 2 se puede apreciar una demanda suavizada; sin embargo, el error de pronóstico es muy similar a la variación actual de 51.5%

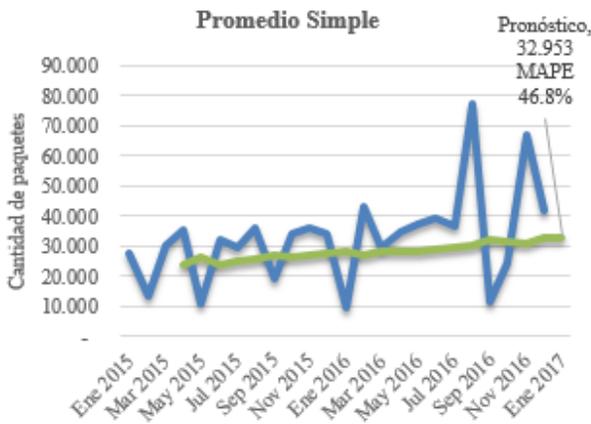


Gráfico 2 Demanda mensual estimada con promedio simple
Fuente: elaboración propia

Bajo un horizonte trimestral, se obtuvo un error de porcentaje mejorado del 7.7% a través del método Holt lo cual expresa un grado de mayor exactitud con el valor real, mayor confiabilidad para ejecutar las actividades de planeación en la empresa y un dato más confiable dado que excluye la estacionalidad del pronóstico. En el Gráfico 3 se puede apreciar la demanda suavizada para el trimestre 1 de 2017.

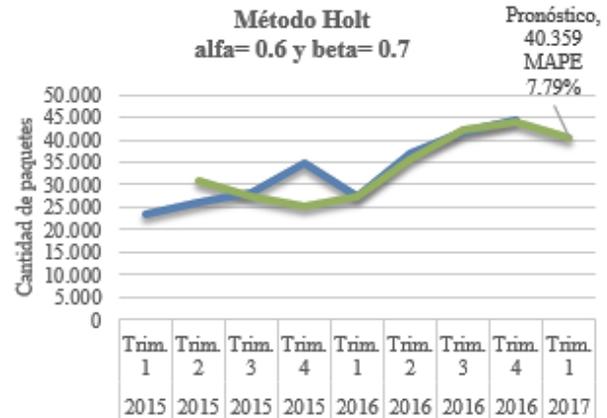


Gráfico 3 Demanda suavizada para el trimestre 1 mediante el método Holt
Fuente: elaboración propia

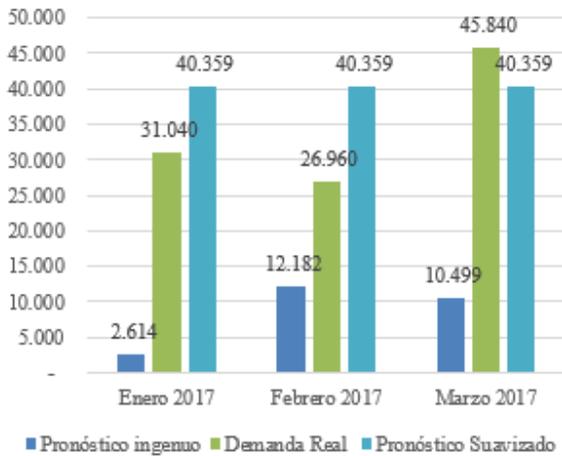
Si se compara el pronóstico ingenuo que la empresa había estimado para el primer trimestre de 2017 contra la demanda real y el pronóstico obtenido a través del método Holt.

Se obtuvo un -17% de variación del pronóstico suavizado en relación a la demanda real en contraste con el 76% de variación del pronóstico ingenuo en relación a la demanda real. Estos resultados se pueden apreciar en la Tabla 7.

	Error de pronóstico		Porcentaje de variación	
	Ingenuo	Suavizado	Ingenuo	Suavizado
Ene 2017	28,426	-9,319	92%	-30%
Feb 2017	14,778	-13,399	55%	-50%
Mar 2017	35,341	5,481	77%	12%
Trim 1 2017	78,545	-17,237	76%	-17%

Tabla 7 Comparación entre el pronóstico ingenuo y el pronóstico suavizado propuesto
Fuente: elaboración propia

Las diferencias entre cada uno de los tres escenarios (pronóstico ingenuo, demanda real y pronóstico suavizado) se pueden apreciar en la Gráfica 4.



Gráfica 4 Comparación entre el pronóstico ingenuo, la demanda real y el pronóstico suavizado propuesto
Fuente: Elaboración propia

La segunda fase de los resultados inicia a partir de la propuesta del pronóstico suavizado estimado de 40,359 cajas con un error de 7.7%. Con esta referencia y, considerando el tiempo de entrega de los proveedores.

Se explotó la lista de materiales y se estimaron los requerimientos para ejecutar la planificación de los requerimientos de materiales (MRP o Material Requirement Planning). De igual forma, el pronóstico suavizado sirvió para sustituir la demanda D del EOQ.

En base a la lista de materiales, se obtuvo la clasificación de materiales de acuerdo a su valor en consumo anual de 2016. En la Tabla 8 se puede apreciar que el 25% de los productos son alto valor financiero, un 33% son productos B y el 41% pertenecen a productos de baja rotación.

Componente	Valor de consumo anual	Frecuencia		
		Relativa	Acumulada	ABC
C33	\$4,443,449	0.306	30.6%	A
C297	\$4,367,229	0.300	60.7%	A
C352	\$2,016,715	0.138	74.6%	A
C383	\$885,557	0.061	80.7%	B
C394	\$634,933	0.043	85.1%	B
C316	\$623,551	0.042	89.4%	B
C391	\$435,280	0.030	92.4%	B
C48	\$434,866	0.029	95.4%	C
C9	\$315,906	0.021	97.6%	C
C11	\$151,251	0.010	98.6%	C
C15	\$122,657	0.008	99.4%	C
C26	\$80,160	0.005	100.0%	C
Total	\$14,511,553			

Tabla 8 Clasificación ABC de la lista de materiales del producto P9

Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se realizó el cálculo del EOQ para los productos A, B y C sobre la cual se sustentará el tamaño de lote a pedir en cada uno de los siguientes modelos de inventario. Los resultados del EQO se pueden apreciar en la Tabla 9.

Componente	ABC	Pronóstico Suavizado Ene-2017	Pronóstico Suavizado Ene-Mar-2017	C_h	EOQ (Q)
C33	A	242,154	726,462	\$0.3	77,837.1
C297	A	14,933	44,798	\$4.5	4,800
C352	A	525	1,574	\$128.5	168.6
C383	B	1,332	3,996	\$50.6	428.1
C394	B	2,018	6,054	\$33.4	648.6
C316	B	242,514	727,542	\$0.3	77,952.8
C391	B	221	664	\$304.8	71.1
C48	C	242,154	726,462	\$0.3	77,837.1
C9	C	170	509	\$397	54.5
C11	C	15	44	\$4,626	4.7
C15	C	63	189	\$1,070	20.3
C26	C	39	116	\$1,738	12.5

Tabla 9 Cálculo del EOQ

Fuente: elaboración propia

Siguiendo la política de revisión continua (Q, R) para los productos clase A, se tiene como resultado la siguiente política de compra asumiendo un 90% de nivel de servicio:

“Cada vez que el inventario alcanza el punto de reorden (R), se coloca una orden de tamaño EOQ (Q) solo si la suma del inventario disponible (on-hand) más el inventario ya ordenado y aun no recibido (on-order), es menor o igual al punto de reorden” (Kang et al. 2004).

En el caso del componente C33 de la clase A que se aprecia en la Tabla 9 y 10, se debe colocar al proveedor un pedido de 77,837.1 piezas cuando se llega al punto de reorden de 223,797 piezas en caso que la suma del inventario disponible y el inventario próximo a entregarse sea menor o igual a 223,797 piezas.

Componente	Desviación estándar real	Tiempo de entrega (días)	Inventario de seguridad (SS)	Punto de reorden (R)
C33	193,162	10	247,547	223,797
C297	45,066	1	57,754	58,263
C352	344	5	441	530

Tabla 10 Resultado de la aplicación del modelo Q, R para productos A

Fuente: elaboración propia

Esta revisión, debe hacerse cada vez que se efectúa un consumo de materiales. Bajo esta política, se estima un valor fijo en inventario de \$449,437 MXN el cual resulta del inventario de materiales tipo A que se alcanza en el punto máximo de inventario que es el punto de reorden. Para los productos clase B, se sugiere la aplicación de la política de revisión periódica (S, T) la cual indica que:

“Cada T unidades de tiempo se efectúa un pedido que sea de un tamaño igual al nivel de inventario deseado menos el nivel de cobertura S o nivel de inventario actual” (Juan et al. 2002).

Por ejemplo, para el caso del componente C9, se sugiere que cada quincena se coloque una orden de compra por el nivel deseado que es de 483 kg asumiendo que la cobertura actual es de cero unidades. Bajo esta política, se estima un valor fijo en inventario de \$454,921 MXN el cual resulta del inventario de materiales tipo B considerando el inventario de 15 días para satisfacer la demanda hasta la próxima revisión y la cantidad requerida durante el tiempo de entrega del proveedor. Los resultados se aprecian en la Tabla 11.

Componente	Demanda diaria pronosticada 2017	Inventario de seguridad (SS)	Inventario de cobertura S (actual)	Nivel de stock deseado (Q)
C9	5.78	310	0	483
C48	8,255.25	57,754	0	287,551
C316	8,267.52		0	286,770
C383	45.40		0	2,515
C391	7.54	441	0	1428
C394	68.79		0	4,518

Tabla 11 Resultado de la aplicación del modelo S, T para productos B

Fuente: elaboración propia

Finalmente, aplicando la política de revisión periódica (s, S) para la clasificación de componentes clase C, se sugiere que, “cada vez que el inventario disponible cae al punto de reorden s o debajo de éste, se coloca un pedido por una cantidad Q para incrementar el nivel de inventario a un nivel máximo S” (Gluch, 2007).

En el caso del componente C11 mostrado en la Tabla 12, al llegar a 43 kg o menos de esta cantidad, se debe emitir una orden de compra al proveedor por 39.7 kg que corresponde a la diferencia entre el inventario de seguridad más el EOQ (establecido como el valor máximo S) y el nivel actual de inventario. Esta revisión, debe hacerse cada mes. En términos de esta política, se estima un valor fijo en inventario de \$22,077 MXN el cual resulta del inventario de materiales tipo C que se alcanza con el nivel máximo de inventario mostrado en la Tabla 12.

Componente	Punto de reorden (R)	Inventario de seguridad	Inventario de cobertura S (actual)	Inv. de seguridad (SS) = Inv. Máximo
C11	43	35	0	39.7
C15	118	86	0	106.4
C26	26	6	0	18.92

Tabla 12 Resultado de la aplicación del modelo s, S para productos C

Fuente: elaboración propia

De manera general, el monto total del valor del inventario de materias primas aplicando el pronóstico suavizado propuesto, los modelos de gestión de inventario y definiendo las políticas de compra es de \$926,436 MXN en comparación con el valor de inventario real de \$956,207 MXN durante el mismo periodo. En el Gráfico 5, se observa la diferencia del valor de inventario real versus el valor de inventario propuesto equivalente a 3.2%.

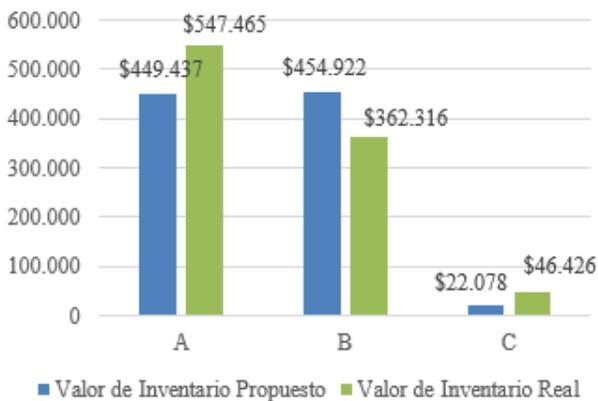


Gráfico 5 Comparación entre el valor de inventario real vs el valor de inventario propuesto

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los principales temas que en este artículo se abordaron fueron: los métodos de pronóstico de series de tiempo aplicables al producto final de una empresa embotelladora el cual permitió adaptar 3 diferentes modelos de inventario para el manejo y control de los productos del almacén de materia prima basándose en la clasificación ABC de los mismos.

Tanto la metodología como los resultados obtenidos son una propuesta objetiva y matemática para la empresa que permitiría optimizar el manejo de sus inventarios y todas las actividades de la cadena de suministro a partir de la suavización del pronóstico de su demanda.

El análisis de los resultados obtenidos muestra una reducción sustancial del error de pronóstico del 51.5% al 7.7% lo cual representa una mejora en la exactitud de la cantidad pronosticada para el producto P9 del 43.7% a través del método de suavización exponencial con tendencia de forma trimestral. A pesar de que este último porcentaje no es transferible directamente al valor de inventario de materia prima dado que la empresa no tiene implementado un inventario de seguridad.

Se observa un ajuste del 3.2% del valor del inventario de materias primas equivalente a un ahorro de 29,771 MXN de forma trimestral si se manejan nuevas políticas de inventario: una política de inventario de revisión continua Q, R para los productos de mayor impacto financiero de la clase A; una política de revisión periódica S, T para los productos de la clase B, y una política de revisión periódica s, S de forma mensual para aquellos productos percederos de menor impacto financiero y mayor volumen de la clase C.

Aunado a estos datos concretos, otros beneficios que pueden apreciarse de forma indirecta son: se reduce el estrés en la cadena de suministro a causa de pedidos urgentes para cubrir una demanda inesperada de producto terminado del cliente haciendo uso del inventario de seguridad; el proceso de análisis aplicado para el producto P9 se puede replicar a todos los productos embotellados que la empresa produce y, en consecuencia, el nivel de satisfacción de los clientes mejorará eventualmente.

Finalmente, se recomienda a la empresa que, para el logro de las políticas de inventario, se renegocie con los proveedores las políticas de compra de manera que se puedan adaptar a un nuevo esquema de suministro planificado.

Referencias

- Aguilar Santamaría, P. A. (2012). Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa. *Pensamiento & Gestión*, núm.32, pp.142-164.
- Arias, M. (2017). Impacto en el inventario de seguridad por la utilización de la desviación estándar de los errores de pronóstico. *Tecnología en Marcha*, vol. 30(1), pp. 49-54.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*. Quinta edición. México: Pearson Educación.
- Burja, C. & Burja, V. (2010). Analysis model for inventory management. *Annals of the University of Petroșani, Economics*, Vol.10 (1), pp.43-50.
- Castrejon-Mendez, A., Sanchez-Partida, D., Mora-Vargas, J. (2016). Proposal to improve control and inventory levels under uncertain scenario. *DYNA Management*, Vol. 4(1), pp.18. Doi: <http://dx.doi.org/10.6036/MN8067>
- Chapman, S. (2006). *Planificación y Control de la Producción*. México: Pearson Educación. Primera edición.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J., (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros*. Duodécima edición. México: McGraw-Hill.
- Chopra, S., & Meindl, P., (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. Tercera edición. México: Pearson Educación.
- Dooley, F. (2005). *Logistics Inventory Control, and Supply Chain Management*. *Choices*, vol. 20 (4), pp.287-291.
- Gluch, M., (2007). *Gestión de los Inventarios*. *Revista Énfasis Logística*. Retrieve el 05 de julio de 2017 del sitio web: <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/4103-gestion-los-inventarios>
- Handley, S. W. (2004). A modern view of inventory. How do you decide what level of stock is right for you? *Strategic Finance*, Jul (01), pp.30.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Novena Edición. The McGraw Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Juan A. A. & García Martín, R. (2002). *Gestión de stocks: modelos deterministas*. *Ciencia y Técnica Administrativa* pp.1-17.
- Kang, Y. & Stanley, B. G. (2004) *Information inaccuracy in inventory systems: stock loss and stockouts*. Vol.37, pp.843-859. Doi: 10.1080/07408170590969861.

Kim, C., Jun, J., Baek, J. et al. (2005). Adaptive inventory control models for supply chain management. *Int J Adv Manuf Technol* vol.26, pp.1184. Doi: 10.1007/s00170-004-2069-8.

López, J. A., Mendoza A., & Masini, J., (2013). A classic and effective approach to inventory management. *International Journal of Industrial Engineering*. Vol.20, pp.372-386.

Milena Arcusin L., Rossetti G., & Quiroga, O. (2015). Optimización del sistema de inventario de materias primas en una empresa productora de golosinas. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*. Vol.7, pp.167-181.

Nasir Ghiaseddin, K. M, & Diptendu, S. (1994). A Structured Expert System for Model Management in Inventory Control
Vol.6, issue 4, pp.409-422.

Olsson, F. (2014). Analysis of inventory policies for perishable items with fixed leadtimes and lifetimes. *Annals of Operations Research*. Vol. 217, Issue 1, pp. 399–423 doi:10.1007/s10479-014-1590-x.

Render, B., Stair, R., & Hanna, M., (2012). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Undécima edición. México: Pearson Educación.

Ruankaew, T. & Williams, P. (2013). The impact of inventory inaccuracy in the food manufacturing industry: A case of study. *Business Management Dynamics*. Vol.2, Núm. 10, pp.28-34.

Torres Navarro, C. A. & Córdova Neira, J. A. (2014). Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales. *Scientific Electronic Library Online*. Vol.30, núm.52, pp.20-30.

Valencia Cárdenas, M., Díaz Serna F. J., & Correa Morales J.C., (2015). Inventory planning with dynamic demand. A state of art review. *DYNA* Vol.82, pp.182-19.