

ISSN 2523-0344

Volumen I, Número I — Julio — Septiembre - 2017

Revista de Ingeniería Industrial

ECORFAN®

Indización



ECORFAN-Republic of Peru

-RESEARCH GATE

-GOOGLE SCHOLAR

-HISPANA

-MENDELEY

ECORFAN-Perú

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

SUYO-CRUZ, Gabriel. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

VILCHIS-CONTRERAS, Efren. BsC.

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC.

Revista de Ingeniería Industrial, Volumen 1, Número 1, de Julio a Septiembre 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-0344. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Septiembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

GALICIA-PALACIOS, Alexander. PhD.
Instituto Politécnico Nacional

NAVARRO-FRÓMETA, Enrique. PhD.
Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov

BARDEY, David. PhD.
University of Besançon

ROCHA-RANGEL, Enrique. PhD.
Oak Ridge National Laboratory

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín. PhD.
Universidad de la Habana

VERDEGAY-GALDEANO, José. PhD.
Universidad de Granada

OROZCO-GUILLÉN, Eber. PhD.
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta. PhD.
El Colegio de México

Consejo Arbitral

DZJ. PhD.
(Benemérita Universidad Autónoma de Puebla), México

JP. PhD.
(Posgrado - Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica - IPN), México

HHA. MsC.
(CINVESTAV - Unidad Mérida), México

SMC. MsC.
(CINVESTAV - Unidad Mérida), México

RR, Salvador-MsC.
(Universidad de Londres), México

ZM. MsC.
(Universidad de Londres), México

BCL. MsC.
(Universidad Autónoma de Yucatán), México.

CCN. MsC.
(Universidad Autónoma de Yucatán), México.

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Revista de Ingeniería Industrial.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora por JARA-CORDERO, Sergio, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis con adscripción *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*, como siguiente artículo esta Conocimiento e innovación tecnológica en la ingeniería industrial por AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth, como siguiente artículo esta Propuesta de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional por CERVANTES-MALDONADO, Alfonso con adscripción *Universidad Nacional Autónoma de México*, como siguiente artículo esta Suavizamiento de la demanda del producto final con impacto en el inventario de materias primas de una empresa embotelladora por ARROYO-GARCÍA, Dulce, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana, JUÁREZ-GARCÍA, Emmanuel y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis con adscripción *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*.

Contenido

Artículo	Página
Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora JARA-CORDERO, Sergio, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis	1-18
Conocimiento e innovación tecnológica en la ingeniería industrial AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth	19-40
Propuesta de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional CERVANTES-MALDONADO, Alfonso	41-47
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	48-62

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora

JARA-CORDERO, Sergio†*, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Recibido 2 de Junio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

Resumen

El presente artículo muestra la aplicación del método para calcular la cantidad económica a ordenar (EOQ por sus siglas en inglés) y el Punto de Reorden (ROP). Esta metodología será aplicada a los 2,768 números de parte que maneja una empresa comercializadora mayorista internacional de autopartes que abastece tanto armadoras internacionales como refaccionarias locales. El objetivo del presente, es reducir los Backorders y el mejoramiento del servicio al cliente y como consecuencia se mejoraran los costos logísticos. Todo esto, traería mayores ventas y por lo tanto un mayor beneficio económico. Con el fin de lograr la realización y cumplimiento del objetivo propuesto, se pusieron en práctica metodologías de administración de operaciones y cadena de suministro. En la etapa inicial del estudio, se detectó que el sistema de inventarios que utiliza esta empresa se presenta un gran número de materiales con EOQ y ROP calculados hace más de ocho años, mismos que no cumplen al 100% con los requerimientos de la demanda actual del mercado. Esta brecha, está influyendo negativamente en la calidad de los servicios ofertados así como la satisfacción de los requerimientos de los clientes. Es por esto, que ahí la necesidad de recalcular y actualizar el sistema de control de inventarios los nuevos valores de EOQ / ROP de todos y cada uno de los productos de la empresa.

Manejo de Inventarios, Punto de Reorden, Cantidad Económica de Pedido, Clasificación de ABC

Abstract

The present article shows the application of a method to recalculate the Economic Order Quantity (EOQ) and the Re Order Point (ROP) of a Trading company. This methodology will be applied to the 2768 Part Numbers of an international automotive spare parts trading company who supplies international automotive manufacturers and local spare parts stores. The objective is to reduce the Back Orders and improve the customer service and therefore improve the logistic costs. All of this, would bring more sales that would translate in a larger revenue. To achieve the proposed objective, some Operations Management and Supply Chain Management techniques were used. At the early stage of this analysis, it was noted that the Inventory Management System has some SKU's (Stock Keeping Units) with a Re Order Point and Economic Order Quantity calculated over eight years ago by the previous Management. These calculations do not meet with the actual and current market demands. The gap between market demand and ROP and EOQ in ERP is negatively affecting the quality of the offered services. Because of that, there is a need to recalculate the EOQ and ROP in the company's Inventory Management Software all the items sold by the company

Inventory Management, Reorder Point, Economic Order Quantity, ABC Class

Citación: JARA-CORDERO, Sergio, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis. Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-1:1-18

† Investigador contribuyendo como primer autor.

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

Introducción

Actualmente el mundo cambia a una velocidad vertiginosa, en la que lo único que permanece constante es el cambio. Muchos son los casos en los que las empresas que anteriormente fueron los líderes en segmentos y que no pudieron mantener el paso del cambio, hoy se encuentran fuera del mercado y solo son un recuerdo distante en la memoria de los consumidores. Ejemplos como estos, hay muchos, pero los más destacados y “recientes” están BlackBerry, Nokia, Blockbuster, y Kodak por nombrar algunos. Por el contrario, las empresas que se han sabido adaptar como Dell, Samsung y Netflix son hoy los líderes en sus industrias.

Empresas como Dell, Wal-Mart y Amazon han sabido diferenciarse mediante la óptima administración de su cadena de suministro e inventarios.

Según Álvarez et al. (2012), el control de inventario es de vital importancia para alcanzar el éxito en la administración de cualquier negocio.

Sin embargo, el mantener estos inventarios con un volumen alto, puede resultar paradójico debido a que los artículos que se mantienen en el inventario representan un costo que puede significar capital ocioso y este dinero a su vez, tiene un costo de oportunidad. Es por eso, que es necesario encontrar un balance entre lo que se debe de tener en inventario sin descuidar la producción y / o las ventas.

Izar et al. (2015b) señalan que la administración de inventario requiere tomar tres decisiones básicas:

A. ¿Cada cuándo debe de revisarse el sistema de inventario?

B. ¿Cuánto debe pedirse al momento de hacer un nuevo pedido?

C. ¿Cuándo es el momento de hacer el nuevo pedido?

Sin embargo, Izar et al. (2015b) mencionan que la mayoría de los modelos de inventarios buscan varios objetivos que podrían llegar a contraponerse y los más comunes son:

- Minimización de los costos incurridos en el manejo del inventario.
- Maximización de los beneficios económicos, incluyendo ahorros por descuentos.
- Maximización de la tasa interna de retorno de la inversión de los inventarios.
- Determinar una solución factible para la administración del inventario.
- Asegurar la flexibilidad en el manejo de un futuro incierto.

Silver et al. (1998) señalan que desafortunadamente las economías pasan por ciclos, estos ciclos pueden ser ya sea periodos de expansión, en los que los índices de empleo están a tope; seguidos de periodos de contracción. Por esta razón, es la que señalan que los inventarios juegan un papel vital en estos ciclos.

Chikan (2007) citado en (Izar et al. 2015b) mencionan que hay un cambio en el paradigma del manejo de inventario en las organizaciones a fin de que esto no les represente una desventaja competitiva.

Anteriormente este paradigma se basaba en tres pilares que eran: El manejo de inventarios es independiente de las actividades administrativas.

Su principal función era visto como amortiguador en caso de una demanda incierta y, las medidas de desempeño eran los costos de mantener el inventario, hacer nuevos pedidos y los faltantes. Lo que proponen Izar et al. (2015b) es que ahora estos sean parte integral de la cadena de valor y que tengan una estrecha relación con las otras áreas funcionales de la empresa.

Según Wilkins et al. (2014), es importante medir y administrar el desempeño de la Cadena de Suministro. Empresas trasnacionales como Hewlett- Packard o (HP) administran su negocio midiendo la disponibilidad (nivel de servicio), margen bruto e inventarios. Dentro de las operaciones, los Administradores de la Cadena de suministro se enfrentan a la difícil tarea de ofrecer el balance entre el nivel más alto de servicio o disponibilidad con el costo más bajo.

Wilkins et al. (2014) mencionan que para el caso de HP la disponibilidad en anaquel es crítica, debido a que, si el cliente no encuentra el producto que busca, comprara productos de la competencia. Es por eso que, como es de esperarse, personal de Mercadotecnia y Ventas, esperan siempre poder entregar todas y cada una de las órdenes que son recibidas de sus clientes; sin embargo, el análisis estadístico muestra que se requeriría un nivel infinito de inventario para poder mantener dicho nivel de servicio. Dicho enfoque resulta prohibitivo desde el punto de vista financiero, ya que, visto desde esta misma óptica, el objetivo debería de ser el reducir los niveles de los mismos e incrementar las ganancias.

Wilkins et al. (2014) aseguran que las cadenas de suministro, se enfrentan a diferentes retos. En el caso mencionado de HP, al ser una compañía global, cuenta con plantas manufactureras a lo largo de todo el mundo, principalmente en Europa.

Sin embargo, sus principales clientes se encuentran en Norteamérica. Dentro de sus principales restricciones están su tiempo de entrega (Lead Time), mismo que generalmente es de cuatro a seis semanas, mas cuatro semanas de tránsito hasta los Estados Unidos. Es por esta misma razón que HP implemento un sistema para “Demanda de Jalar” que básicamente utiliza un punto de Reorden en sus procesos de planeación para detonar las compras cuando se llega a la cantidad Mínima tolerable de inventario. Lo vital en este proceso es que dichas cantidades son ajustadas diariamente basándose en la incertidumbre de las demandas de los clientes. De esta manera, se ha mejorado tanto como la flexibilidad, como la rápida respuesta a las demandas del mercado. Cabe señalar que este tipo de modelo solo fue efectivo en productos ya establecidos y no en productos de un lanzamiento menor a seis meses. Gracias a este modelo, se tuvo una respuesta buena por parte de los proveedores ya que esto les permitía planear su propia producción y abastecimientos. Debido al rotundo éxito de este modelo, HP amplio este modelo a 80 de sus productos (lo que representa el 12% de los productos de su actual portafolio que incluye los productos con más alto volumen), después de haber empezado con solo un puñado.

En la actualidad, las empresas necesitan contar con un buen sistema de control de inventarios, ya que el creciente mercado exige un control máximo de la información.

Este tipo de controles permiten aumentar su competitividad frente a otras empresas reduciendo su tiempo de producción, ensalzando la imagen de la compañía, reduciendo gastos, entre otros; pero también preparándose para los cambios en el mercado. Aun existiendo muchos tipos de inventarios a nivel empresarial, siendo los más importantes:

- Inventarios de abastecimientos.
- Inventarios de materiales.
- Inventarios de productos intermedios o de procesos.
- Inventarios de producto terminado.

Todos los inventarios deben contener una información que refleje fielmente las operaciones de la empresa, ya sean de compraventa o de producción.

Así se podrán fijar y alcanzar unos objetivos realistas y optimizados, por lo que su rendimiento será mayor.

Según Pratt (2013) una de las más importantes y difíciles tareas del inventario está en asignar el costo del inventario entre el Costo de los Bienes Vendidos y el Inventario Final. Es por eso, que las empresas hacen estimaciones que asumen el costo del flujo de los materiales. Existen numerosas técnicas de valoración de inventarios, sin embargo, las comúnmente utilizadas por las organizaciones en la actualidad (dada su utilidad) son:

- Identificación Específica.
- Primeros en Entrar Primeros en Salir – PEPS.
- Últimos en Entrar Primeros en Salir – UEPS.

- Costo promedio constante o Promedio Ponderado.

Identificación Específica. –Specific Identification en inglés, es principalmente utilizado en artículos cuya facturación es elevada como joyería automóbiles, muebles, bienes raíces, etc.

Sin embargo, dado que la "Identificación Específica" consiste en la identificación individual de cada uno de los artículos, lo cual incrementa su grado de certeza en igual proporción al grado de complejidad de su aplicación, estudiaremos los tres métodos restantes.

Primeros En Entrar, Primeros En Salir - PEPS. - Comúnmente conocido como FIFO (First In, First Out por sus siglas en inglés), este método de valoración de inventarios se basa en la interpretación lógica del movimiento de las unidades en el sistema de inventario, por ende, el costo de las últimas compras es el costo de las existencias, en el mismo orden en que ingresaron al almacén. Cabe recalcar que esta Salida del Inventario, no se refiere a la Salida física del producto del almacén, sino que se utiliza el costo de la primera en entrar, para calcular el costo de los bienes vendidos.

Últimos En Entrar, Primeros En Salir - UEPS. - Comúnmente conocido como LIFO (Last In, First Out, por sus siglas en inglés), este método de valoración se basa en que los últimos artículos que entraron a formar parte del inventario, son los primeros en venderse. Al igual que en el PEPS o FIFO, El flujo físico es irrelevante, y lo importante es que el costo unitario de las últimas entradas, sea el que se aplique a las primeras salidas para el cálculo del Costo de los Bienes Vendidos.

Costo Promedio Constante, Promedio Ponderado o Average Unit Cost en inglés.. - Este es un método de valoración razonable de aproximación en donde se divide el saldo en unidades monetarias de las existencias, entre el número de unidades en existencia. Este procedimiento que ocasiona que se genere un costo medio, debe recalcularse por cada entrada al almacén.

Pratt (2003) menciona que la política de cada una de las empresas está a discreción de la Administración y Gerencia de la empresa ya que dependiendo de la política seleccionada podría tener diferentes resultados para la empresa. Si la empresa utiliza UEPS, en presencia en caso de inflación o incremento de precios, el costo de los bienes vendidos es mayor y podría ser de utilidad para una estrategia de menores impuestos, puesto que la utilidad reportada sería menor. En caso contrario, se encuentra el PEPS, que reportaría una mayor utilidad ya que los costos contables de los bienes serían menores.

Revisión literaria

Según Bustos-Flores et al. (2010) la función del aprovisionamiento consiste en procurar a las empresas todas las mercancías y/o materiales necesarios para la ejecución de tareas como producción, prestación de servicios o ventas en el momento oportuno, al menor costo. Algunos autores se refieren a esta actividad como Compras, sin embargo, esta es mucho más amplia ya que también se considera el almacenamiento y la gestión de inventarios.

La cantidad a adquirir va en función de varios factores como calidad-precio, financiamiento, tiempos de entrega, rebajas por volumen entre otros factores. Para esto, es necesario que se cuente con la correcta acumulación, clasificación y conservación de los diversos artículos.

Además, Bustos-Flores et al. (2010) mencionan que el principal factor a determinar en el área de compras y la gestión de inventarios es la determinación de que material comprar, a quien se le va a comprar con base en el análisis de la calidad-precio, descuentos por volumen, tiempos de entrega, financiamiento y entre otros factores.

Chase et al. (1989a) definen el inventario como un Recurso almacenado que se usa para satisfacer una necesidad presente o futura.

A su vez, Chase et al. (1989a) mencionan que los inventarios pueden cumplir con seis funciones entre las cuales se encuentran:

- I. Proveer un inventario de los bienes a fin de que anticiparse a las demandas de los clientes.
- II. Separar procesos de Producción y Distribución.
- III. Obtener alguna ventaja de los descuentos por volumen.
- IV. Protegerse de la inflación y cambio de los precios.
- V. Permitir que las operaciones sigan su flujo de manera natural al haber Inventario en Proceso.
- VI. Protegerse en caso de desabasto.

Heizer et al. (1995), indican que en una empresa el inventario puede llegar a representar hasta el 40% del capital invertido, por lo que es muy importante manejar un buen control de los inventarios. Es por eso que se hace mucho énfasis en que los reportes de inventarios sean certeros y confiables a fin de poder tomar decisiones acerca de órdenes de compra, programación y envío de materiales.

Por este motivo, las empresas deben de contar con controles de inventario para poder asegurarse de la fiabilidad de los reportes de sistemas. Una herramienta básica para esto, son los conteos cíclicos, que no son más que auditorias continuas al inventario de manera periódica para asegurarse de que el material que se tiene reportado de verdad coincida con lo que está en el almacén.

Según Bustos-Flores et al. (2010) las principales razones por las cuales las empresas justifican los inventarios están:

- Maximizar el servicio al cliente.
- Suavizar la demanda.
- Especulación.
- Lograr economías a escala.
- Enfrentar la incertidumbre.
- Maximizar la eficiencia de las unidades de compra y producción.
- Minimizar la inversión en inventarios.

Sin embargo, por cada uno de los beneficios anteriormente mencionados, existen algunos riesgos, entre los cuales, Izar et al. (2013a) mencionan: los siguientes:

- Costo de Oportunidad por tener capital ocioso.
- Riesgo por Obsolescencia debido a la rápida dinámica de la vida de los productos.

Chase et al. (1989a) definen como nivel de servicio el número de unidades que pueden ser provistas con el inventario que se cuenta en mano. Un ejemplo claro es el que, si la demanda anual de un artículo son 100 unidades, para poder contar con un 95% de nivel de servicio significa que se podrían surtir 95 piezas de manera inmediata y habría un faltante de 5 piezas. Chase et al. (1989a) asumen que las órdenes son pequeñas y distribuidas de manera aleatoria.

De acuerdo a Ochoa et al. (2011) la logística es el conjunto de todas las actividades relacionadas con el flujo de materiales desde el proveedor hasta que esta llega al consumidor final y esta contempla, además de las actividades materiales, aquellas como la planeación, organización, regulación y control de dicho flujo de materiales de una manera eficiente y por eficiente, se refiere a hacerle llegar el producto al consumidor con la cantidad y calidad requerida en el momento y lugar demandado con el menor costo posible.

Según Ochoa et al. (2011). Lo más importante en el entorno de una organización, es la competencia por ser el elemento que ha propiciado la evolución de las organizaciones, en la que se pasó de ser meramente productivas, a producir sólo lo necesario, la cantidad que es realmente requerida por el cliente, con las especificaciones deseadas, por lo que la tendencia actual es enfocar los procesos productivos o de servicios hacia una óptima prestación de servicio al cliente. Por tanto, los objetivos de toda organización, y específicamente de su subsistema de gestión logística, deben ser lograr la satisfacción de sus clientes con una alta productividad de sus recursos; en otras palabras, procurar la obtención de un máximo de output y la utilización mínima de input.

Según Izar (2013a), la correcta administración de inventarios sigue siendo uno de los puntos clave en las corporaciones ya que cumple con varias funciones, entre las que destacan: dar flexibilidad a las operaciones y producción ya que puede llegar a cubrir incertidumbre que se pueda presentar al haber ya sea un pico de la demanda o retraso por parte del proveedor, transportista, entre otros.

Esta misma flexibilidad, puede también trasladarse a la programación de la producción en caso de contar con fallas en la maquinaria, productos defectuosos, falta de componentes, entre otros.

Sin embargo, tal y como lo menciona Frazelle (2015) el cero desabasto de materiales es como tener una póliza de seguro sin deducible. El costo de mantener el inventario para nunca tener el desabasto es literalmente infinito y por lo tanto no todas las demandas de los clientes deben de ser surtidas directamente del almacén. Sin embargo, el desabasto puede resultar costoso para las empresas en términos de facturación perdida y la buena voluntad de los clientes.

Algunas de las alternativas a responder a los clientes insatisfechos pueden ser: Backorders y sustituciones por otro producto similar. Se le conoce como Backorder cuando los productos que no son surtidos a los clientes se separan en una nueva orden y el objetivo de la misma es enviar el producto una vez que el material se encuentra disponible, pero estas generan costos adicionales.

En cuanto a sustituciones, algunos clientes pueden aceptar, pero no todos las aceptan y se puede perder la venta.

Izar et al. (2013a), también mencionan que algunas empresas generan inventario para poder protegerse contra futuros incrementos en los precios, esto debido a que los inventarios representan una partida considerable en los activos de las organizaciones, razón por la cual deben de ser administrados eficientemente para que pueda cumplir con sus funciones a un costo mínimo, ya que de contar con inventario demasiado pequeño puede dar lugar a eventuales faltantes, lo que puede traer facturación perdida o paros de línea; mientras que por otro lado, el contar con un inventario elevado, puede requerir instalaciones especiales, mismas que pueden tengan capital ocioso donde se puede ocasionar el deterioro del mismo y eventualmente se convierta en obsoleto.

Según a Ochoa et al. (2011), la evolución de la logística ha transitado por cuatro diferentes etapas:

La primera, abarca de inicios del siglo XX hasta mediados de siglo en la que había una gran variedad de productos y todo aquello que se producía era vendido. Las áreas operativas de la empresa carecían de integración.

La Segunda etapa abarca de (1954-1964) se tuvo que crecer la capacidad al haber un incremento en la demanda y es en esta etapa en la que se comienza a incorporar la logística a la estrategia.

En la tercera etapa (1965-1979) comienza a haber una escasez de suministros, un incremento en los precios y una demanda dinámica. Es en este momento cuando comienza la gestión del reabastecimiento a la estrategia empresarial;

La cuarta etapa (desde 1980's a la actualidad), los clientes se vuelven sofisticados y exigentes, además de que las empresas se vuelven cada vez más competitivas.

Bustos-Flores et al. (2010) aseguran que el almacenamiento implica a su vez la conveniente clasificación y conservación de los artículos en un espacio.

Categorización A B C

Según Chase et al. (1989a), la tarea de mantener el inventario mediante conteos, realizar ordenes, recepción de materiales entre otras actividades toma tiempo y es costoso. Es por eso que, cuando los recursos son escasos, tiene lógica el hacer el mejor uso de los mismos. Por esta razón, las empresas deben de enfocar esos recursos a los productos más importantes del inventario.

Chase et al. (1989a) mencionan que en el siglo XVIII Vilfredo Pareto (1848-1923) en un estudio de la distribución de la riqueza de Milán recaía en que el 20% de la población controlaba el 80% de la riqueza.

Es a esta lógica de que lo más importante recae en poco, a la que se le conoce como el Principio de Pareto.

Álvarez et al. (2012), mencionan la importancia de las empresas al clasificar el inventario para poder contar con un mayor control sobre los productos que tienen mayor importancia de acuerdo a los criterios previamente establecidos por la empresa.

Álvarez et al. (2012), A su vez mencionan que a lo que se le conoce como ley de Pareto propone diferenciar los artículos en tres categorías, donde Categoría A, todos aquellos que son escasos e importantes; Categoría C, los productos que son de gran volumen, pero son triviales y por ultimo; Categoría B, los que no recaen en ninguna de las dos descripciones anteriores.

De acuerdo a Álvarez et al. (2012), los SKU's (Stock Keeping Unit) son separados en categorías ABC y podemos observar dicho efecto en el Gráfico 1.

La Clase "A" representa a los artículos más populares y de mayor movimiento. Estos representan el 80% del Valor Total del Stock, pero el 20% del Total de los Productos.

La clase "B" representa el siguiente más activo o los "pocos vitales", que representan el 15% del Valor del Stock y el 30% del Total de los artículos.

La clase "C" o los de lento movimiento, representan el 5% del valor del inventario, pero el 60% del total de los artículos.

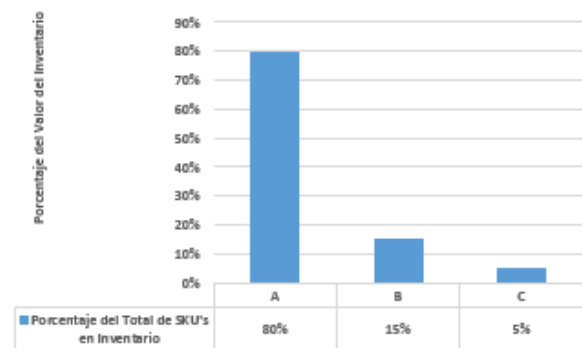


Gráfico 1 Pareto

Fuente: elaboración propia

Silver et al. (1998) asegura que es responsabilidad de los Gerentes el establecer que tan crítico es el SKU para la empresa y con esto poder jerarquizarlo.

Según Chase et al. (1989a) señalan que existen dos fuentes básicas:

Demanda Dependiente. - Es aquella que es provocada por la demanda de otros productos o servicios.

Demanda Independiente. - Es aquella que no es derivada directamente de la demanda de otros productos.

Un ejemplo entre estas dos demandas, puede ser el la Demanda de una Armadora Automotriz, en la que la cantidad de vehículos que se pueden producir y vender es la Demanda Independiente, ya que no se deriva de directamente de la producción de otros; mientras que, por ejemplo, la producción de llantas, vendría siendo una demanda dependiente de la producción de vehículos. Para este caso, lo único que se puede hacer es cubrir dicha demanda; mientras que, en la demanda independiente, lo mejor es adoptar un papel activo para influir en la demanda.

Según Chase et al. (1989a) mencionan que existen dos sistemas generales de inventario:

Cantidad Fija de Pedido o como comúnmente se le conoce, **Cantidad Económica de Pedido CEP** o (EOQ / Economic Order Quantity) por sus siglas en inglés. Este modelo esta detonado por eventos en los que el inventario llega a cierto Punto de Reorden o (ROP) y se tiene que ordenar la Cantidad marcada por el EOQ. El segundo modelo es el Modelo de Periodo Fijo en el cual la diferencia radica en que en el que, tal cual y su nombre lo indica son periodos de tiempo los que detonan los eventos que detonan la nueva orden.

Chase et al. (1989a) aseguran que para que el modelo de EOQ pueda ser funcional, tiene que estarse monitoreando de manera constante el nivel del inventario. Este inventario es perpetuo en el que cada vez que se hace un ingreso o salida de productos de almacén, se debe de actualizar el sistema de inventario a fin de saber si se ha llegado o no al ROP.

Este modelo de inventario es apropiado para artículos críticos como repuestos para reparación ya que se tiene que estar monitoreando de manera constante lo que podría prevenir el desabasto. Sin embargo, una de las ventajas de este modelo es que favorece a los artículos de costo elevado ya que el promedio de los inventarios es menor. Este modelo requiere mucho más mantenimiento debido a que constantemente se tienen que estar actualizando las entradas y las salidas del material.

Mientras que en el de Periodo Fijo, según Chase et al. (1989), no es necesario actualizar los niveles de manera periódica, sino una revisión por cada periodo asignado. Es por esto, que el Modelo de Periodo Fijo cuenta con un mayor inventario debido a que se tiene que cubrir en caso de desabasto.

Bajo estas premisas, en el Gráfico 2 se puede observar un ejemplo en el cómo se comporta la demanda de un producto una vez que llega a su ROP (7,500 Unidades). Y es en ese momento en el que se pide la EOQ para poder normalizar los niveles de inventario y contar con el punto óptimo.

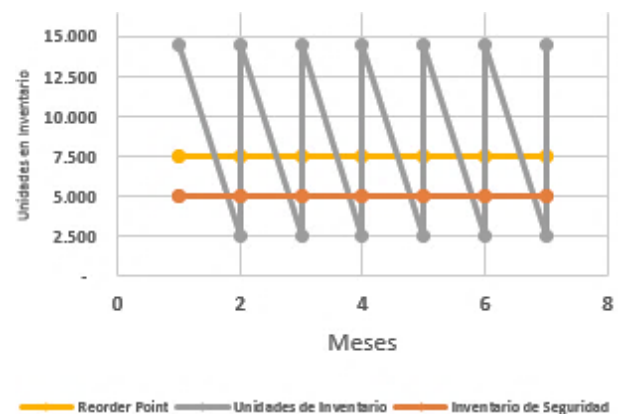


Gráfico 2 Ejemplo de Punto de Reorden (ROP)

Según Heizer et al. (1995) el modelo de EOQ se basa en los siguientes supuestos:

- La Demanda es Constante y Conocida.
- El Tiempo de Entrega o Lead Time (LT), Es constante y conocido.
- La recepción del material es en un lote y en una sola exhibición.
- No se cuentan con descuentos por volumen.
- Las únicas variables en el costo son el Ordering Cost o Costo por Ordenar y el Carrying Cost o Costo por Mantener el Inventario.
- El Desabasto puede ser completamente evitado siempre y cuando las órdenes sean hechas en el momento adecuado.

Heizer et al. (1995) a su vez mencionan que el objetivo de dicho modelo es el minimizar el costo total debido a que los costos por ordenar y el costo por mantener el inventario son constantes. Es por eso que, si se reduce el costo de ordenar y /o mantener el inventario, también se verá afectado el costo total del producto. Este efecto se puede observar en el Gráfico 3 Costo por ordenar.



Gráfico 3 Costo por ordenar

Fuente: elaboración propia

Según Bustos-Flores et al. (2010) la gestión de inventarios se ocupa en determinar la cantidad a ordenar (Tamaño de Lote) y cuando hay que pedir (ROP), de acuerdo con la capacidad de procesamiento de información y considerando otros factores como la complejidad del entorno, como la certidumbre de la demanda, así como los tiempos de entrega ya que no solo se es responsable de la decisión de compra, sino que también de darle un oportuno seguimiento hasta que la mercancía es recibida. Es decir, contar con confirmación por parte del proveedor, asegurarse si se está cumpliendo con los plazos acordados, entre otros factores.

Esto permitirá mantener el nivel de existencias lo más alto posible, para que en caso de contar con algún retraso por parte del proveedor el nivel de servicio no se vea comprometido y al mismo tiempo se pueda minimizar el costo del aprovisionamiento.

De acuerdo a García (1999) en su obra Almacenes, Planeación, organización y control, sugiere que antes de llevar a cabo la planeación en un almacén es necesario informarse acerca de: los artículos que se deben almacenar, la disposición de las áreas de recepción, almacenamiento y entrega.

El plan se puede dividir en los siguientes pasos:

- Recabar los datos.
- Solución a la localización del almacén en un nuevo plano de las áreas de la planta.
- Diseño de medios de almacenamiento y de medios de manejo de materiales.
- Distribución racional de las actividades del almacén y de las labores de su personal.

- Estudio de flujo de materiales y los sistemas de información.

La parte importante en el plan de trabajo, en la planeación de un almacén, es conocer su situación y condiciones actuales, así como las necesidades de almacenamiento presentes y futuras. No bastara con hacerle arreglos a lo existente si el negocio ha de estar en constante desarrollo y crecimiento. Se requiere conocer lo que se espera almacenar en el futuro. Además, no bastaría mejorar las condiciones del almacén si no se organizan las funciones y trabajos del personal y no se revisan y mejoran los sistemas de registro de existencias y de información de dirección.

Para efectos de conocer mejor la demanda se tiene referencia a los métodos de proyección histórica, donde señala que cuando se dispone de una cantidad razonable de información histórica y las variaciones de tendencia.

Y estacionales en las series de tiempo son estables y bien definidas, la proyección de esta información al futuro puede ser una forma efectiva de pronóstico para el corto plazo. La premisa básica es que el patrón del tiempo futuro sea una réplica del pasado, al menos en gran parte. A naturaleza cuantitativa de las series de tiempo estimula el uso de modelos matemáticos y estadísticos como las principales herramientas de pronóstico. La precisión que puede lograrse para periodos de pronósticos menores a 6 meses por lo general es buena. Estos modelos trabajan en forma adecuada simplemente debido a la estabilidad inherente de las series de tiempo en el corto plazo.

Se dice que las proyecciones de estos modelos demoran los cambios fundamentales en las series de tiempo, y que son débiles para señalar los productos críticos antes de que se presenten.

Esta no es necesariamente una limitación notable cuando los pronósticos se realizan sobre horizontes de tiempo cortos, a menos que los cambios sean particularmente espectaculares.

A su vez, Chase (2009b), clasifica en cuatro tipos básicos de pronósticos: Cualitativo, que se consideran subjetivas y están basados en estimados y opiniones. El análisis de series de tiempo, que está basado en la idea de que se puede emplear información del pasado, para predecir la demanda futura. El Pronóstico Causal, en el que supone que la demanda está relacionada con algún factor subyacente en el ambiente y, por último, los modelos de simulación que permiten manejar varios supuestos acerca de la condición del pronóstico.

Planteamiento del problema

Actualmente la presente empresa comercializadora mayorista internacional de autopartes tiene una gran área de oportunidad en el área de planeación.

Administración y control de sus inventarios ya que, en ocasiones, cuentan con exceso de inventario de algunos SKU's, mientras que por otro lado, hay SKU's que tienen desabasto al momento de surtir los productos en algunas de las órdenes de compra de los clientes. Tras un análisis de la demanda actual y después de entrevistarse con personal de ventas, administrativo y operativo, se llegó a la conclusión de que este problema se presenta debido a que el ROP que se maneja actualmente en el sistema de control de inventarios, fue calculado por la previa administración hace más de ocho años basándose en la demanda y las condiciones de mercado que existían en aquel momento. Esta falta de actualización en el sistema, genera que usualmente el stock de seguridad sea consumido en su totalidad, provocando que se cuente con facturación perdida.

El objetivo es del presente artículo es desarrollar un análisis que permita recalcular un nuevo ROP y EOQ adecuado para los productos que actualmente maneja la empresa tomando en cuenta: costo de almacenamiento, costo de ordenar y tiempo de entrega a fin de mejorar el nivel de servicio encontrando un balance en los niveles de inventario.

Al recalcular un punto de reorden actualizando la demanda implicará para la empresa un cambio de paradigma en el modelo de compra, ya que la dirección general tiene la idea de mantener inventarios altos para satisfacer las necesidades del cliente en cualquier momento sin considerar los costos que conlleva mantener esos niveles de inventario.

Metodología

La metodología a desarrollar en el caso de estudio se basa en el análisis de los productos manejados por la Comercializadora.

Estos cálculos se hacen con el fin de determinar las cantidades óptimas a pedir por producto, además de reducir el costo de inventario actual

Como Primer Etapa, se analizará el Inventario y se le asignará una nueva Clasificación de los productos según método ABC ya que la previa categorización al igual que los ROP y EOQ fueron calculados y categorizados hace ocho años y muchos de los criterios que existían anteriormente ya no están vigentes, como cambios en la demanda.

Se recopiló la información del Reporte Anual de Ventas por Producto y el Reporte Anual de Ventas Totales de la Comercializadora para poder generar las Ventas Acumuladas y el Total de Ventas.

Toda esta información se extrajo del sistema ERP y esta fue complementada además de entrevistas con personal administrativo, ventas y operativo.

En este caso, se está tomando como criterio para la selección, el volumen anual de ventas de cada producto con base a la demanda histórica en de los últimos 12 meses.

Si bien es cierto, que mientras más datos se cuenten para el análisis, generaría resultados más certeros, cabe mencionar que la estructura de ventas y operativa ha cambiado considerablemente en los últimos doce meses, por lo que se considera que estos datos son los más fidedignos a la hora de hacer el análisis. El cálculo se hizo de la siguiente manera:

Primero, se jerarquizan de mayor a menor los productos con base a su venta anual y se hace una sumatoria de estas. A esta cantidad se le considerara el 100% de lo vendido.

Segundo, Se calcula el porcentaje proporcional que cada producto representa de ese 100%. Por ejemplo:
Total, de las Ventas Anuales = 1, 983,917 Unidades

Ventas Anuales del Producto
(259420923) = 303,562 Unidades

$$\text{Porcentaje} \frac{1,983,917}{303,562} = 15.30\%$$

Este mismo proceso se repite lo mismo por cada uno de los productos y se genera el acumulado de los porcentajes. Por Ejemplo:

Porcentaje del 2do Producto más vendido
(171, 816,818):

$$\text{Porcentaje} \frac{1,983,917}{100,800} = 5.47\%$$

Porcentaje Acumulado $15.30 + 5.08 = 20.38\%$

Una vez que se cuenta con los acumulados, se separa y clasifica el inventario con el criterio ABC en el cual se identifican como Clase A aquellos productos que acumulan el 80 % de las Ventas Anuales; Como Clase B, aquellos productos que acumulan el siguiente 15% , hasta llegar al 95% acumulado; quedando como restante la Clase C con un 5%

Anteriormente los productos se contaban con una clasificación, pero en base a los nuevos criterios, se sugiere que los productos cuenten con la siguiente clasificación, misma que puede ser observada en las Tabla 1.

Clasificación ABC	Numero de Ítems Previa Clasificación	Numero de Ítems Nueva Clasificación
A	699	104
B	757	336
C	1,291	2,328
D	21	-

Tabla 1 Comparación de análisis de Inventario ABC

El resultado de este análisis, también, se puede observar mediante el diagrama de Pareto en el Gráfico 4 donde se refleja que el 80% del volumen de ventas totales de la empresa recae en la Categoría A, con un total de Ventas de 1,584,389 Unidades de productos; mientras que la Categoría B cuenta con 300,078 unidades y la Categoría C cuenta con ventas de apenas 99,450 Unidades de Producto.

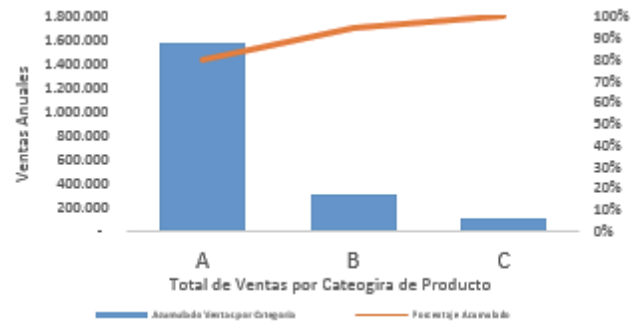


Gráfico 4 Pareto Ventas por Categoría ABC

Para la segunda etapa, se calcularán el EOQ y el ROP. Las variables a considerar, son las siguientes:

La Demanda (D) de los productos para el caso de estudio es constante, en Unidades, Determinista e independiente.

Los artículos son comprados en lotes y no son constantes; el costo de almacenamiento es constante y conocido; el reabastecimiento no ocurre en una sola exhibición y por último, el proveedor no ofrece ningún tipo de descuentos por el volumen de compra.

El Tiempo de re abastecimiento o Lead Time (LT) del proveedor ya al tratarse de una comercializadora, se trata con más de un proveedor, por lo que este es variable y puede oscilar entre los 30 hasta los 180 días

Al día de hoy, los inventarios se reabastecen en el momento en el que el que los niveles de inventario llegan al ROP Actual

Para el presente análisis, se tomarán en cuenta los siguientes Costos:

a) Costo Anual por Ordenar:

$$Annual\ Ordering\ Cost = \left(\frac{D}{Q}\right) * S \tag{1}$$

Donde:

D= Demanda Anual del Producto y

Q = Número de piezas por lote

S= Costo por realizar un pedido. En este caso, se refiere a los costos de importación o Import Factor* u Ordering Cost o como se le conoce en español, Costo por Ordenar, que en este caso, es un porcentaje del Costo de Importación del Producto que viene de distintos orígenes como Asia, Europa, Norteamérica y Sudamérica. *

*Este porcentaje, la empresa lo tiene calculado y engloba el Flete marítimo de la mercancía una vez que es entregada por el proveedor en Origen, maniobras de descarga en el puerto mexicano del contenedor, los tramites, impuestos y honorarios del agente aduanal, así como el flete terrestre de puerto hasta el almacén de la empresa.

b) AUC= Average Unit Cost o Costo Promedio Ponderado de cada SKU

c) Annual Holding Cost:

$$\text{Annual Holding Cost} = \left(\frac{Q}{2}\right) * H \quad (2)$$

Donde,

Q = Número de piezas por lote,

H = Costo Unitario de Mantener el Inventario.

Que es el porcentaje asignado al costo de manejar el inventario en valor monetario y Para Calcularlo, se utiliza la siguiente formula:

$$H = i * C \quad (3)$$

Donde:

i = En este caso, la comercializadora, tiene calculado que su Carrying Cost o Costo de Manejar el Inventario es un porcentaje del 15% del Costo del Producto. Este Costo ya incluye costos operativos.

C = Costo Unitario de la Compra.

d) Costo Total de la Compra del Artículo.

$$\text{Cost Total} = C * D \quad (4)$$

Donde:

D = Demanda

e) La Cantidad Óptima a Ordenar se encuentra cuando el Costo Anual de Ordenar es el mismo que el Costo Anual de Mantener el inventario:

$$\left(\frac{D}{Q}\right) * (S) = \left(\frac{Q}{A}\right)(H) \quad (5)$$

a) Donde se despeja Q, para encontrar el EOQ, quedando de la siguiente manera la fórmula:

$$Q^* = EOQ = \sqrt{\frac{2SD}{H}} \quad (6)$$

Tomando en cuenta los valores de S, D y H previamente calculados. Una vez que se tienen estos datos, es posible saber el número de órdenes que se deben de hacer al año para poder satisfacer las demandas de la empresa.

b) Número de Ordenes Esperadas:

$$N = \left(\frac{D}{Q^*}\right) \quad (7)$$

c) Tiempo Esperado Entre Ordenes:

$$T = \frac{\text{Número de días Laborales al año}}{Q^*} \quad (8)$$

d) El Costo Anual Total:

$$\text{Annual Total Cost} = \left(\frac{D}{Q}\right) * (S) + \left(\frac{Q}{A}\right)(H) \quad (9)$$

e) Demanda Diaria:

$$d = \frac{D}{\text{Número de días Laborales al año}} \quad (10)$$

f) ROP = Re Order Point o Punto de Re Orden:

$$\text{ROP} = d * \text{LT} \quad (11)$$

Resultados

Tras el análisis previamente mencionado, se puede notar que existen diferencias significativas entre los ROP y EOQ actuales y los nuevos sugeridos, lo que comprueba que estos no se encuentran parametrizados de manera correcta y que la actual política de inventarios de la empresa no es la adecuada.

Estas diferencias, pueden ser tanto positivas, como negativas, lo que explica el contraste que presenta la comercializadora con algunos de sus productos en los que se cuentan con exceso de inventario en algunos SKU's y por otro lado, se cuenta con SKU's que presentan desabasto y aparecen de manera constante en los reportes de cierre de mes de facturación perdida.

Como referencia, se anexa la Tabla 2. Nuevo Calculo Top 10 Productos.

Rank	Material	Q*	NEW ROP	Current ROP	Delta ROP
1	259420923	71,996	105,120	95,000	10,120
2	146611939	4,305	46,560	16,800	29,760
3	319544987	10,696	25,200	4,896	20,304
4	197774888	2,756	10,035	4,000	6,035
5	498576895	21,543	24,480	13,000	11,480
6	192898821	28,774	21,840	20,000	1,840
7	147824863	28,746	32,760	10,000	22,760
8	111826963	12,576	7,830	9,304	(1,474)
9	283460893	1,589	6,930	5,000	1,930
10	432537844	2,119	5,940	4,000	1,940

Tabla 2 Nuevo Calculo Top 10 Productos

Estas diferencias, explican el fenómeno que se ha estado presentando a lo largo de los primeros meses del año e incluso, en el último mes, llego a exceder los de 2.5 Millones de Pesos Mexicanos.

En la Tabla 3, se puede observar el resumen de los principales 10 SKU's que cuentan con facturación perdida en el último mes.

Top 10 Facturación Perdida		\$	1,967,876			
Total Facturación Perdida		\$	2,528,563			
Rank	Product	BK Qty	Avg EA	Net Total	Class	
1	175827814	3,500	\$ 290	\$1,016,378	A	
2	237840993	2,200	\$ 184	\$ 403,723	A	
3	147824863	584	\$ 325	\$ 189,715	A	
4	350652859	1,155	\$ 74	\$ 85,867	A	
5	185700989	123	\$ 471	\$ 57,966	A	
6	283460893	8	\$ 10,350	\$ 82,801	A	
7	160533966	738	\$ 68	\$ 49,870	A	
8	432537844	17	\$ 1,719	\$ 29,221	A	
9	162547950	359	\$ 74	\$ 26,625	A	
10	376814848	72	\$ 357	\$ 25,711	A	

Tabla 3 Top 10- Facturación Perdida

En algunos casos, algunos de estos SKU's aparecen mes con mes en los reportes de Facturación Perdida de Cierre de Mes, donde incluso, se notó que se tiene la tendencia en la que existían faltantes en cuatro los diez productos más vendidos por la comercializadora.

Conclusiones

Para una empresa, el mantener inventarios implica costos altos. Es por esto, que es de vital importancia el mantener las existencias al mínimo sin que se llegue a comprometer el servicio al cliente y /o continuar con una producción eficiente en caso de que se trate de una empresa de manufactura.

La administración habilidosa de los inventarios, puede hacer una contribución importante a las utilidades mostradas por la firma.

Con una correcta administración, la empresa puede realizar sus tareas de compra economizando recursos, y a su vez, también atender a sus clientes con mayor efectividad y rapidez, optimizando todas las actividades de la empresa.

Con base en los análisis realizados se puede observar que hay una diferencia considerable entre el punto de Reorden calculado con las metodologías aplicadas, y los puntos de Reorden que se tienen registrados en el Software para el control de inventario que se utiliza actualmente en la empresa.

Es por esto, que se había estado observando que se contaba con faltantes de inventario a finales de mes y más de uno de los clientes quedaban insatisfechos quedando dejando con facturación perdida a la empresa.

El hecho de haber re clasificado al inventario en ABC, resultará de utilidad, ya que esto le dará, tanto al Departamento de Compras, como de Operaciones una prioridad para mantener los inventarios de todos y cada uno de estos los productos. Por esta razón, se recomienda, dar un mayor énfasis al seguimiento del comportamiento de los productos de la Clase A que son aquellos que representan un mayor beneficio económico a la empresa. La implementación del modelo analizado en el presente artículo para el cálculo del ROP podría tener grandes ventajas para la empresa ya que esto le permitiría mejorar los actuales niveles de servicio, mismos que actualmente se encuentran alrededor del 85%. Si bien es cierto, que para algunas organizaciones este 85% podrían considerarse aceptables, quedan muy por debajo de las expectativas de Dirección General.

El objetivo de Dirección General que dicho volumen sea no mayor al 5% de las Ventas Mensuales, mismo que debe fluctuaría entre \$500,000.00 y \$750,000.00 Pesos (MXN). Este objetivo, dista demasiado del a del valor de la facturación perdida al inicio del presente proyecto, que es de aproximadamente 2.5 Millones de Pesos (MXN).

Tendencia se ha venido viendo reflejada durante los primeros cuatro meses del 2015, razón por la cual se generó el cuestionamiento por parte de los integrantes de la organización de si los puntos de Reorden en los productos de alto movimiento están calculados de manera correcta.

Si se realiza dicho ejercicio, se podría subsanar la falta de un pronóstico de demanda por parte del Equipo de ventas ya que el modelo es bastante robusto y puede hacer frente a variaciones a los parámetros.

Los nuevos puntos de Re Orden, deberían de ser ingresados al sistema ERP a fin de facilitar la gestión de compra a las personas encargadas de dicha tarea dentro de la organización.

Cabe recalcar que para que este proceso sea efectivo, el departamento de Compras debe de estar monitoreando constantemente las necesidades del inventario a fin de no caer en desabasto de ninguno de los materiales.

Otro frente que se debe de atacar, es el acercarse al proveedor para poder negociar un menor tiempo de entrega, ya que el Lead Time de Cinco meses, y con esto poder realizar un mayor número de ordenes al año con lotes más pequeños, lo que permitiría el abastecimiento constante en lugar de recibir lotes tan grandes.

Referencias

Álvarez y Rodríguez Varela, D., "Procedimiento de Mejora de la Planificación de Inventarios en la Nueva Isla en Observatorio de la Economía Latinoamericana", N° 176, 2012. Texto completo en <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/a/planificacion-inventarios-cuba.html>

Ballou, Ronald H., "Logística Administración de la Cadena de Suministro", Quinta Edición, Editorial Pearson Educación, México, 2004.

Bustos-Flores, Carlos Enrique y Chacón- Parra, Galia Beatriz Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente, Universidad de Los Andes, Venezuela, 2010. <http://www.redalyc.org/html/395/39523153011/>
Causado Rodríguez, Edwin Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 14, No. 27 pp. 163-178 ISSN 1692 - 3324 - julio-diciembre de 2015/294 p. Medellín, Colombia <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v14n27/v14n27a11.pdf>

Chase, Richard B. Production and operations management: a life cycle approach/ Richard B Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquino. 5th Ed/ 1989.

Chase, Richard B; F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquino, "Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros", Ed. McGraw Hill Ed. 12, 2009

Chikan, A. (2007) The new role of inventories in business: Real world challenges and research consequences. International Journal of production Economics, 108, 54-62

Frazelle, Edward, Inventory Strategy, maximizing financial, service and operations performance with inventory strategy / Edward Frazelle.

García Cantú, Alfonso. "Almacenes, Planeación, Organización y Control", Tercera Edición., Editorial Trillas México, 1999.

Heizer, R. and Jay H. Production and Operations Management: Strategic and tactical Decisions/ Jay Heizer, Barry Render. – 4th Ed. 1995

Izar Landeta, Juan Manuel, Ynzunza Cortes Carmen Berenice y Zermeño Pérez, Enrique “Cálculo del punto de reorden cuando el tiempo de entrega y la demanda están correlacionados”, 2015

Izar, Juan Manuel y Méndez, Héctor “Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo”, Universidad Autónoma de San Luis Potosí México, Ciencia y Tecnología, 13, 2013, pp. 217-232 ISSN 1850-0870

http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_16.pdf

Ochoa B. Jorge E. y Escalona B. Roberto, “Evaluación de la Eficacia del Sistema Logístico Empresarial, Contribuciones a la Economía”, Abril 2011, Texto completo en <http://www.eumed.net/ce/2011a/obeb.htm>

Pratt, Jamie (2013) Financial Accounting in an economic context”, 9th Edition, Indiana University, Wiley

Silver, Edward A., Pyke David F. Rein Peterson, Inventory Management and Production Planning and Scheduling. , 1998

Wilkins, Rob, Thakur-Weigold Bulbu, & Wagner , Stephan M., Managing Demand Uncertainty. People, Process and Leadership Revolutionize HP Media’s Supply Chain. Industrial Engineer Magazine.

Conocimiento e innovación tecnológica en la ingeniería industrial

AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario†, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth*

Recibido 10 de Julio, 2017; Aceptado 25 de Septiembre, 2017

Resumen

Permanentemente, las empresas se encuentran en un proceso de rediseño y mejora en el que la innovación juega un papel central en el logro de un desempeño más productivo, competitivo y rentable. En este sentido, la ingeniería industrial ha jugado un papel notable desde su aparición, a la vez que ha evolucionado su visión, rango de acción y aplicación, aspectos que son patentes en los nuevos conceptos que definen esta disciplina y los tópicos que se abordan como parte del campo laboral. La finalidad del presente documento tuvo como objetivo realizar un análisis orientado por el concepto del Institute of Industrial Engineers, para determinar las áreas de oportunidad para la investigación en temas prioritarios y emergentes para innovación y la competitividad de las organizaciones, mediante una revisión de la literatura científica publicada en idioma inglés, en revistas de investigación original y libros reconocidos por la Web of Science. Como resultado se evidenció la emergencia y fortalecimiento de temas fuertemente articulados a la innovación, además de la vigencia de otros que podrían considerarse agotados pero que probablemente han evolucionado en el seno de las organizaciones.

Innovación, Empresas, Campo laboral

Abstract

Companies are permanently in a process of redesign and improvement in which innovation plays a central role in achieving a more productive, competitive and profitable performance. In this sense, industrial engineering has played a notable role since its appearance, while its vision, range of action and application has evolved, aspects that are evident in the new concepts that define this discipline and the topics that are addressed as part of the labor field. The purpose of this paper was to conduct an analysis guided by the concept of the Institute of Industrial Engineers, to determine the areas of opportunity for research on priority and emerging issues for innovation and the competitiveness of organizations, through a review of the literature published in the English language, in original research journals and books recognized by the Web of Science. As a result, the emergence and strengthening of issues strongly linked to innovation was evidenced, as well as the validity of others that could be considered exhausted but probably have evolved within organizations.

Innovation, Business, Labor

Citación: AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth. Conocimiento e Innovación Tecnológica en la Ingeniería Industrial. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-1:19-40

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: elz.acosta.gonzaga@gmail.com

Introducción

La ingeniería industrial ha sido eje de creatividad e innovación tecnológica para el desarrollo y mejora de procesos y de las organizaciones mismas. Así, la participación y aportes de profesionales en este campo del conocimiento son de gran valor para asegurar el bienestar social y el crecimiento económico frente a los contextos de globalización y competitividad del siglo XXI. Conocer los marcos de referencia que conforman el estado del arte en la investigación y las prácticas ingenieriles, y particularmente las que conciernen a los aspectos industriales, se vuelve de gran valía para mejorar programas educativos y asegurar una formación profesional de calidad y pertinente en cuanto a las exigencias del campo laboral y de investigación.

Tal vez una característica de las últimas décadas del siglo XX y seguramente seguirá siendo así durante el XXI, es la velocidad y el volumen con que se publican datos, información y generación de nuevos conocimientos, haciendo imposible para el investigador o el profesionalista el dominio absoluto de todos los aspectos de su especialidad.

Más allá de las críticas sobre la parcelación del conocimiento en el mecanicismo Newtoniano y ante la imperiosa y a la vez paradójica necesidad de abordar los problemas sociales, ambientales y económicos desde visiones multidisciplinarias o interdisciplinarias, se hace indispensable la revisión y análisis de la literatura existente en campos específicos. Contar con estos ejercicios tiene valor para reorientar la formación profesional, a través de ubicar áreas de oportunidad y emergentes para la formación e investigación científica y tecnológica, que permitan detonar procesos de innovación para el desarrollo social y económico.

En este contexto, el objeto del ejercicio que se reporta se avocó al análisis de literatura científica original publicada en áreas del hacer ingenieril, para determinar temas prioritarios y emergentes bajo el concepto del Institute of Industrial Engineers.

El documento hace un repaso a las funciones de la ingeniería, así como al concepto y antecedentes de la ingeniería industrial, enseguida, se describen los métodos y resultados de las búsquedas en Web of Science y por último se presentan las conclusiones.

Ingeniería Industrial

Ingeniería

El surgimiento de los ingenieros obedeció a la evolución de las necesidades del ser humano. El aumento de la población y la creciente complejidad de las organizaciones sociales acrecentaron la magnitud y la diversidad de los bienes y servicios requeridos para satisfacer aquellas necesidades; en consecuencia, la provisión de los correspondientes satisfactores ya no podía lograrse con las capacidades comunes a todos los miembros del grupo social y nacieron así, los ingenieros. Este largo proceso de la historia nos ha traído a una situación insospechada: la supervivencia de la raza humana comienza a estar amenazada por causas novedosas, antítesis de las que motivaron el nacimiento de la ingeniería: esto es, las amenazas ya no provienen de las necesidades insatisfechas, sino de un cúmulo de desarrollos que transforman el mundo quizá más allá de lo prudente e impactan en formas inesperadas en la calidad de vida (Reséndiz, 2008; Niebel, 1990).

La ingeniería cumple dos funciones principales o también dicho de otra manera, realiza una función central que se desarrolla en dos etapas: en primer lugar.

Analizar y entender ciertos problemas que alguien plantea, y luego concebir las soluciones más apropiadas para los mismos. A la primera etapa se le llama diagnóstico y a la segunda diseño. Así pues, la ingeniería es una profesión que, en cualquiera de sus actividades, busca satisfacer ciertas necesidades humanas de orden material mediante el diagnóstico y el diseño aplicado a los problemas que deben abordarse para alcanzar ese propósito (Reséndiz, 2008).

Antecedentes de la Ingeniería Industrial

La principal meta económica de una nación es alcanzar un alto y creciente nivel de vida de sus ciudadanos. Así, la productividad es un determinante central, debido a que es una de las causas más radicales de la renta nacional per cápita. Se espera que cuanto mayor es la producción de bienes y servicios en cualquier país, más elevado será el nivel de vida medio de su población (Porter, 1990; OIT, 1990).

La productividad, en la actualidad, es una de las consideraciones de interés nacional, sin embargo, los esfuerzos por mejorar los niveles y la tasa de crecimiento de la productividad nacional tienen que empezar en sus unidades económicas básicas, sean éstas empresas industriales, comerciales o de servicios (Sumanth, 1999).

Una empresa capitalista se conceptualiza como un espacio físico dentro del cual tiene lugar un conjunto de procesos de transformación (de materia, energía e información), organizados y orientados hacia la producción y venta de mercancías para lograr, en forma sostenida, la máxima ganancia posible y durante el mayor tiempo posible para sus propietarios y que tiene como soporte interno determinadas relaciones sociales basadas en el trabajo asalariado (Pacheco, 2002).

El único camino para que un negocio o empresa pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o máxima ganancia posible), es aumentando su productividad. Por incremento en la productividad se entiende al aumento en la producción por hora de trabajo (Niebel, 1990).

La concepción clásica de productividad es desde el punto de vista técnico, una concepción estrecha y a posteriori. Es decir, es la relación volumétrica (no dineraria) entre los resultados de un proceso de trabajo (bien o servicio) y los insumos consumidos en su elaboración (OIT, 1990). Una definición más amplia de productividad podría ser la cualidad emergente de los procesos de trabajo que tienen lugar al interior de la empresa que hace que mejoren permanentemente y en todos los sentidos, es decir, en forma continua, sostenida e integral (Pacheco, 2002). Por lo tanto, las empresas con un nivel de productividad mayor al del promedio de su sector industrial, tienden a contar con mayores márgenes de utilidad. Por ejemplo, el aumento de la productividad de la mano de obra, puede deberse a una mejora en el trabajo. La búsqueda de este tipo de mejoras da origen a la ingeniería industrial.

A continuación, se muestran cronológicamente, los antecedentes de la ingeniería industrial (Niebel, 1990; Valdes, 1996; Sumanth, 1999; Khalil, 2000).

- En Francia en 1760, Jean Rodolphe Perronet, realizó los estudios de tiempos para la fabricación de alfileres comunes.
- En Inglaterra en 1776, Adam Smith, publica La Riqueza de la Naciones.
- En Inglaterra de 1820 a 1832, Charles W. Babbage, hace estudios de tiempo en alfileres comunes y publica el libro sobre la economía de la maquinaria y los fabricantes.
- De los años 1880 en adelante, aparece la división del trabajo y la producción en masa.
- De 1881 a 1911, Frederick W. Taylor, comienza sus trabajos sobre estudio de tiempos y presenta sus descubrimientos a través de ensayos. Siendo el principal el denominado Los Principios de la Administración Científica.
- De 1901 a 1916, Henry L. Gantt, desarrolla su sistema de salarios y bonificación y publica sus obras Trabajo, Salarios y Ganancias y Liderazgo industrial.
- De 1909 a 1917, Frank B. Gilbreth, publica su artículo titulado Sistema de Colocación de Ladrillos y da a conocer el estudio de movimientos y el compendio de Administración Científica. Y junto con Frank B. y Lillian M., publican Aplicaciones del Estudio de Movimientos
- De 1911 a 1913, Harrington Emerson publica La Eficiencia como base para la Operación y Salarios y Los Doce Principios de la Eficiencia.
- En 1914, Robert Hoxie, publica Administración Científica y Trabajo.
- Entre 1920 y 1940, aparece el control de la producción, los modelos de inventario, la teoría de filas y la ingeniería económica.
- En la década de los 30 se desarrolla el control estadístico de procesos con Walter A. Shewhart.
- En 1933, Ralph M. Barnes, recibe su PhD. Es el primer grado de doctor otorgado en Estados Unidos en el campo de la ingeniería industrial por la universidad Cornell. Su tesis se relacionó al estudio de tiempos y movimientos.
- En 1940, Morris L. Cooke y Philip Murray, publican Trabajo Organizado y Producción.
- En la década de los 40, aparecen formalmente los estudios de productividad, de ingeniería económica, teoría de inventarios, manejo de materiales, distribución de planta y ergonomía o estudios del factor humano.
- En 1948, se funda el Instituto de Ingeniero Industriales en Columbus, Ohio.
- En la década de los 50 aparecen los estudios de confiabilidad, de investigación de operaciones, análisis estadístico y técnicas de redes. Aparece el concepto de calidad total (TQM, por sus siglas en inglés) de Armand Feigenbaum.
- En la década de los 60 aparecen los estudios de diseño de sistemas, sistemas de información, teoría de decisiones, simulación y teoría de optimización.
- En los 60 y 70, nace la dinámica de sistemas, con Jay W. Forrester.

- En la década de los 70, aparecen los estudios de justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) y Kanban. El sistema planificación de requerimiento de materiales (MRP I) Así como el mantenimiento industrial.
- De 1975 a 1986, se emiten las normas MIL STD, como guías para la medición del trabajo.
- En la década de los 80 aparecen los estudios de la revolución tecnológica y la gestión de la tecnología de Tarek Khalil y Frederick Betz. Así como el concepto de manufactura de categoría mundial de Richard J. Schonberger y el MRP II.
- En las décadas de los 80 y 90, Benjamín Coriat, escribe El Taller y el Cronómetro, Pensar al Revés, El Taller y el Robot.
- Para finales de la década de los 80, el tiempo que un ingeniero industrial dedicaba a sus funciones principales era: medición del trabajo 33.4%, métodos de trabajo 21.1%, ingeniería de producción 13%, análisis y control de fabricación 9.9%, planificación de instalaciones 8.6%, administración de salarios 5.6%, seguridad 2.6%, planificación de la producción e inventarios 2.0%, control de calidad 1.1%, otros 2.7%. En este periodo surge la metodología de mejora de procesos seis sigma.
- Al inicio de la década de los 90 se empezó a considerar la importancia de la reingeniería (TRM) de Michael Hammer y James Champy, la teoría de las restricciones (TOC) de Eliyahu M. Goldratt, la organización abierta al aprendizaje (La Quinta Disciplina) de Peter M. Senge y la organización creadora de conocimiento (KCC) de Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi.
- Al final de la década de los 90 aparece el sistema de costos ABC, con Robert S. Kaplan y Robin Cooper. Tema relacionado con el Balanced Scorecard de Robert S. Kaplan y David Norton.
- En las décadas de los 90 y 00, se desarrolla la logística y la administración de la cadena de suministros (SCM, por sus siglas en inglés).
- En la primera década del siglo XXI, continúan los estudios de dinámica de sistemas de Jay W. Forrester, con el pensamiento sistémico y la modelación de sistemas complejos con John D. Sterman.

Como se puede apreciar en la evolución de la ingeniería industrial, se tiene que en sus inicios, dicha disciplina surgió con la finalidad de optimizar la productividad en las organizaciones. Sin embargo, en los últimos años ha considerado también la inclusión de la sistémica y la complejidad como disciplinas que integran factores dinámicos como el comportamiento humano, la variabilidad, el caos, la evolución, entropía, etc.

Conceptos

Ingeniería Industrial

El concepto de ingeniería industrial con mayor reconocimiento, lo proporciona el Instituto de Ingenieros Industriales:

Industrial Engineering (IE) is concerned with the design, improvement and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design, to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems (IIE, 1992).

Por otro lado, un ingeniero industrial es sinónimo de integrador de sistemas (a big-picture thinker, en otras palabras) (Allnoch, 1997).

Los ingenieros industriales están capacitados para diseñar y analizar los elementos de los cuales se componen los sistemas hombre-máquina, trabajando sinérgicamente con subsistemas diseñados a través de otras disciplinas de la ingeniería. Los ingenieros industriales se centran en la mejora de cualquier sistema que se está diseñando o evaluando. Hacen que las tareas humanas individuales sean más productivas y eficientes, optimizando el flujo, eliminando movimientos innecesarios, utilizando materiales alternativos para mejorar la fabricación, mejorando el flujo de producto a través de los procesos y la optimización de la configuración de los espacios de trabajo. Fundamentalmente, el ingeniero industrial se encarga de reducir costos y aumentar la rentabilidad a través de garantizar el uso eficiente de los recursos financieros, recursos humanos, materiales y físicos (Salvendy, 2001).

Innovación

El concepto de innovación fue reconocido por la OECD (2005) en su protocolo llamado el Manual de Oslo, donde la define como la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado producto, ya sea que se trate de un bien o servicio y sea tecnológico u organizacional.

En razón de lo anterior, la o las mejoras pueden impactar en procesos, métodos de comercialización o nuevos métodos organizativos, así como, en las prácticas internas empresariales, la organización de espacios laborales o en las relaciones exteriores (OECD, 2005).

Calidad de Vida

Actualmente en la ciencia económica existe una forma de medir el bienestar social a través la cantidad de bienes materiales y servicios útiles producidos por un país, dividido entre el número de sus habitantes, correlacionado con algunos factores económicos objetivos. Pero no debe ser confundido con el concepto de estándar o nivel de vida, que se basa primariamente en ingresos. La Organización Mundial de la Salud en su grupo estudio de Calidad de Vida la ha definido como "la percepción de un individuo de su situación de vida, puesto en su contexto de su cultura y sistemas de valores, en relación a sus objetivos, expectativas, estándares y preocupaciones" (OMS, 2003).

Áreas de estudio

El panorama actual de conocimientos de la ingeniería industrial se proporciona en el Handbook of Industrial Engineering (Salvendy, 2001) y en el Maynard's Industrial Engineering Handbook (Zandin, 2001). El Instituto de Ingenieros Industriales (IIE, 1992), se encuentra actualmente en el proceso de desarrollo de un cuerpo de ingeniería industrial específico de conocimientos. Los elementos de la ingeniería industrial (II), incluyen los siguientes:

Ingeniería de operaciones

Involucra los aspectos de gestión y control de la II y trabaja para asegurar todos los requisitos necesarios para ejecutar en forma efectiva un negocio.

Las principales áreas de conocimiento en este campo incluyen: ciclos de vida de productos y procesos, pronósticos, programación de proyectos, programación de la producción, gestión de inventarios, gestión de la capacidad, cadena de suministro, distribución y logística.

Conceptos tales como requerimientos de materiales de planificación y planificación de recursos empresariales encuentran sus raíces en este dominio.

Investigación de operaciones

Es el análisis organizado y sistemático de situaciones complejas. El análisis hace uso de ciertos métodos disciplinarios específicos, tales como probabilidad, estadística, programación matemática y la teoría de colas. El propósito de la investigación de operaciones es proporcionar una comprensión más completa y explícita de situaciones complejas, para promover un rendimiento óptimo utilizando todos los recursos disponibles. Los modelos que se desarrollan describen sistemas determinísticos y probabilísticos y se utilizan para facilitar la toma de decisiones. Las áreas de conocimiento en la investigación de operaciones incluyen la programación lineal, optimización de redes, programación dinámica, programación entera, programación no lineal, metaheurística, análisis de decisiones, teoría de juegos, sistemas de filas y simulación. Aplicaciones clásicas incluyen el problema del transporte y el de asignación.

Ingeniería de producción y diseño del trabajo

Es el diseño de un proceso de producción o de fabricación para la creación eficiente y eficaz de un producto. Una herramienta clásica incluida en esta área de conocimiento es el diseño, selección de máquinas para producir el producto, y el diseño de la maquinaria.

En estrecha relación con la ingeniería de producción, el diseño de trabajo incluye actividades tales como procesos, procedimientos y diseño de áreas de trabajo, que se orienta a la creación eficiente de bienes y servicios. El conocimiento de la simplificación del trabajo y la medición del trabajo son cruciales para el diseño funcional.

Estos elementos forman una base fundamental, junto con otras áreas de conocimiento en II, para cumplir con los principios de la manufactura esbelta.

Instalaciones y gestión de la energía

Implica el intento de lograr la óptima organización en las fábricas, edificios y oficinas. Además de abordar los aspectos de la distribución dentro de una instalación. Las personas en este campo también poseen el conocimiento de materiales y manejo de equipo, así como el almacenamiento y warehousing. Esta área también incluye la colocación óptima y dimensionamiento de instalaciones de acuerdo a las actividades que se requieren. Se incorpora el cumplimiento y uso de estándares. El aspecto de la gestión de energía de esta área abarca los sistemas atmosféricos, la iluminación y los sistemas eléctricos. A través del desarrollo de la gestión responsable de los recursos, en el dominio de gestión de la energía, los ingenieros industriales han establecido una base de trabajo en la sostenibilidad.

Ergonomía

Es la aplicación de los conocimientos en las ciencias biológicas, ciencias físicas, ciencias sociales y la ingeniería que estudia las interacciones entre el ser humano y el medio ambiente total de trabajo, como la atmósfera, el calor, la luz y el sonido, así como las interacciones de todas las herramientas y equipos en el lugar de trabajo.

La ergonomía se refiere a factores humanos. Las personas en este campo tienen un conocimiento especializado en áreas como: principios antropométricos, standing/sitting, análisis de tareas repetitivas, la capacidad de trabajo y la fatiga, la visión y la iluminación, el oído, el sonido, el ruido, la vibración, el procesamiento humano de la información, indicadores y controles, e interacción hombre-máquina.

Miembros en este campo también tienen en cuenta los aspectos organizativos y sociales de un proyecto.

Ingeniería económica

Se refiere a las técnicas y métodos que estiman la producción y evalúan el valor de las mercancías y servicios en relación con sus costos. El análisis de ingeniería económica se utiliza para evaluar la accesibilidad de un sistema. Fundamental para esta área de conocimiento son, el valor y la utilidad, la clasificación de los costos, el valor temporal del dinero y la depreciación. Estos se utilizan para realizar el análisis de flujo de caja, la toma de decisiones financieras, análisis de reemplazo, el análisis del punto de equilibrio y de costo mínimo, la contabilidad y la contabilidad de costos. Además, esta área involucra la toma de decisiones que implican riesgos e incertidumbre y la estimación de los elementos económicos. El análisis económico también se ocupa de las incidencias fiscales.

Calidad y confiabilidad

La calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren su aptitud para satisfacer necesidades expresadas o implícitas. La confiabilidad es la capacidad de un elemento para realizar una función requerida bajo condiciones establecidas por un período determinado.

La comprensión de probabilidad y estadística forman una base clave de estos conceptos. Áreas de conocimiento en la calidad y la confiabilidad son: conceptos de calidad, gráficos de control, muestreo de aceptación del lote, la rectificación de la inspección y la auditoría, el diseño de experimentos y el mantenimiento. Seis sigmas tiene sus raíces en el dominio de la calidad, sin embargo, su aplicabilidad ha crecido hasta abarcar una estrategia total de la gestión empresarial.

Gestión de la ingeniería

Se refiere a la organización sistemática, asignación y aplicación de recursos económicos y humanos en relación con la ingeniería y las prácticas empresariales. Áreas de conocimiento incluyen: la organización, el personal, el trabajo en equipo, orientación al cliente, sistemas de gestión de conocimiento, procesos de negocios, innovación tecnológica y la responsabilidad de los recursos.

Gestión de la cadena de suministros

Se ocupa de la gestión de la entrada de los bienes y servicios de fuentes externas que se requieren para que un negocio produzca sus propios bienes y servicios. La información también se incluye como una forma de entrada. Áreas de conocimiento incluyen: el diseño de operaciones competitivas, planificación y logística, gestión de clientes y relaciones con los proveedores, y las tecnologías de la información, que permiten el aprovechamiento de la cadena de suministro.

Conocimiento e innovación tecnológica

La economía mundial es cada vez más dependiente de la producción, distribución y uso del conocimiento (Chang & Chen, 2004).

Se ha estimado que más del 50% del producto interno bruto (PIB) de las economías de los principales países de la OECD se basa ahora en el conocimiento (Maskell, Eskelinen, Hannibalsson, Malmberg, & Vatne, 1996). El éxito de la innovación depende de la manera en la que el conocimiento, es obtenido y administrado, en otras palabras, éste depende de una gestión eficiente (Popescu, 2012). Esta relación ha sido soportada por varios autores (Samara, Georgiadis, & Bakouros, 2012; Hurmelinna-Laukkanen, 2011; Popescu, 2011; Du Plessis, 2007; White & Bruton, 2010; Malik, 2004; Alavi & Leidner, 2001).

Así, la importancia de la innovación descansa en las siguientes razones: a) es la base de la competitividad (Krugman, 1979), b) es una herramienta para analizar el desarrollo y crecimiento económico y c) el objetivo de la innovación es entender mejor el papel del conocimiento en las economías (Lundvall, 1998).

En un esfuerzo por comprender mejor la dinámica de la innovación, algunos investigadores han encontrado que el proceso de innovación debe ser estudiado desde el punto de vista sistémico, ya que se trata de actores, estructuras, interacciones, relaciones y artefactos no tangibles tales como el conocimiento; todos éstos en un entorno dinámico.

De hecho, muchos investigadores apoyan esta perspectiva y creen que el mejor camino para el estudio de la innovación es a través de la dinámica de sistemas y las teorías de la complejidad ya que el recurso más importante es el conocimiento al interior de las interacciones del proceso de innovación (Allen, 2014; Allen & Strathern, 2005; Cannarella & Piccioni, 2008; Carayannis & Campbell, 2012; Chang & Chen, 2004; Choi, Kim, & Lee, 2010; Fleming & Sorenson, 2001; Floysand & Jakobsen, 2011; Chris Freeman, 1996; Galanakis, 2006; Richard M. Goodwin, 1950; Richard Murphey Goodwin, 1982; Hanusch & Pyka, 2007; Hirooka, 2006; Jensen, Johnson, Lorenz & Lundvall, 2007; Kash & Rycroft, 2002; Kok, 2009; Leydesdorff, 2000; Lindsay, 2005; Lundvall, 1992; Lundvall & Johnson, 1994; MacGregor & Carleton, 2012; Malerba & Cantner, 2006; Metcalfe & Ramlogan, 2008; Nonaka, Kodama, Hirose, & Kohlbacher, 2014; Norman, Charnaw, Yip, Saad, & Lombardo, 2010; Pei & Makse, 2013; Pyka & Scharnhorst, 2009; Rycroft, 2007; Sorenson, Rivkin, & Fleming, 2006).

Una visión similar de las condiciones generales que determinan el comportamiento de las empresas y el entorno de las mismas está dada en los análisis de "sistemas de innovación", que dan continuidad a los estudios sobre la innovación en el campo de la economía. Lundvall (1992), Porter (1990), Freeman & Soete (1997) & Stoneman (1995) encontraron que la innovación es la mayor contribución al crecimiento para el bienestar económico sobre el tiempo (Christopher Freeman & Soete, 1997; Lundvall, 1992; Porter, 1990; Stoneman, 1995).

Por lo tanto, no es sorpresa que los gobiernos traten de promover la innovación para resolver los problemas económicos y sociales de sus países, incluso si estos intentos no son siempre exitosos [ver por ejemplo el “Green Paper on Innovation” por la Comisión Europea (1995) y “National Innovation Systems” por la OECD (1997)].

Debido al enfoque interactivo de la innovación, se ha hecho hincapié en la no linealidad del proceso innovador y el carácter socialmente distribuido de la producción de conocimiento (Gibbons, 2004; Lundvall, 2000; Von Hippel, 2004). Esto es porque la innovación concebida como un proceso en red focaliza su atención en los flujos de conocimiento, por lo que la innovación ya no es un concepto lineal que se circunscribe al conjunto de capacidades y habilidades relacionadas con la producción de artefactos (innovación tecnológica), sino con un cuerpo heterogéneo de conocimiento codificado (explícito) y no codificado (tácito), piezas de conocimiento que se combinan, aplican y distribuyen en procesos de interacción y aprendizaje entre diversos agentes homogéneos y/o heterogéneos de un entorno regional (empresas, universidades, centros tecnológicos, etc.)(Castro, Rocca & Ibarra, 2008).

Desde esta perspectiva, la innovación aparece como una cualidad emergente que resulta de las relaciones entre los elementos del sistema y en diversas ocasiones involucra innovaciones simultáneas.

Estas cualidades emergentes se dan en contextos en los que entran en juego bienes tangibles e intangibles, en los que la gestión del conocimiento a través de redes, pasa de ser una cualidad para el aseguramiento de la operación, a ser una capacidad competitiva y en el proceso ingenieril es el catalizador entre la promoción y la identificación de estas nuevas aptitudes sistémicas y sus mecanismos de retroalimentación positiva (Edquist, 1997; Kline & Rosenberg, 1986).

Es decir, la innovación no se genera gracias a la aplicación de la fórmula lineal: investigación básica + investigación aplicada + producción + marketing + comercialización = innovación (Sauri, González & Ruiz, 2014), sino más bien, la innovación es a) un proceso no lineal en el que no se pueden saber a priori todas las salidas posibles, b) donde el recurso más importante es el conocimiento y el proceso más valioso es el aprendizaje, c) en el que las partes del conocimiento son tácitos, adquiridos por interacción, rutina y experiencia, d) en el cual, las habilidades están distribuidas desigualmente entre individuos, organizaciones, regiones y naciones (Lundvall, 1998; Lundvall & Johnson, 1994), y además, es un proceso complejo, dinámico y multidimensional. Dado lo anterior, se tiene entonces que la innovación aparte de ser un proceso per se, también es el resultado de la transformación de un conjunto de componentes desde un estado menos coherente a un estado más coherente, singular y dinámico, es decir, presenta propiedades de un fenómeno emergente el cual solo surge de los procesos de interacción entre los elementos del sistema, es decir.

Que solo cuando sus elementos actúan en conjunto, existe la probabilidad de que surja la innovación, pero no cuando estos elementos actúan de manera aislada.

De esta forma, se tiene que la innovación es un proceso dinámico con entradas, procesos y salidas, bucles de retroalimentación positivos y negativos, es también un sistema abierto en interacción con los factores externos que lo rodean, por lo que la ingeniería industrial cuenta con las herramientas necesarias para aportar alternativas al estudio de la innovación tecnológica.

Métodos

Un esquema de revisión analítica es necesario para evaluar sistemáticamente las contribuciones de un cuerpo de literatura determinado (Ginsberg & Venkatraman, 1985). Generalmente, un proceso de esta naturaleza consiste de tres etapas: planeación (son definidos los objetivos y se identifican las fuentes clave de los datos), ejecución (se definen las palabras clave, se agrupan las publicaciones y se clasifican los resultados, es decir, se recolectan, organizan, procesan y analizan los datos), y finalmente, se reportan los resultados (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

Como procedimiento complementario también se utilizaron las siguientes tres etapas: colección de datos (en la que puede emplearse conocimiento que existe en la literatura de artículos seleccionados y la búsqueda en bases de datos), análisis (que van del review al meta-analysis) y síntesis (es el producto de la revisión) (Crossan & Apaydin, 2010).

En resumen, los métodos utilizados para realizar la revisión sistemática de literatura se centraron en las aportaciones de Tranfield, Denyer y Smart, (2003) y de Crossan y Apaydin (2010).

Las consideraciones para las tres etapas de la revisión, fueron las siguientes:

Se realizó un análisis de la literatura actual de documentos de investigación originales, concernientes a la ingeniería industrial, vigentes, relevantes, pertinentes, suficientes, visibles y de alto factor de impacto, fundamentalmente. El rango del estudio incluyó documentos publicados durante el periodo de 1966 al 2014, en la base de datos Web of Science(Thomson Reuters, 2014).

La búsqueda inicial se realizó con las palabras clave Industrial Engineering, y los criterios para seleccionar documentos fueron:

- a. Que los estudios incluyeran un modelo (cuantitativo o cualitativo) para representar, explicar, analizar o estudiar la ingeniería industrial.
- b. La búsqueda se restringió en estudios publicados en lengua inglesa.
- c. No se consideraron palabras, que pueden llegar a ser sinónimas.
- d. Para identificar artículos de revisión, se buscaron, únicamente, documentos con las frases o palabras clave: concept, literature review, state of the art, technological innovation e innovation, en el título.

El tipo de investigación, de acuerdo con las fuentes de información, es principalmente documental. La estrategia de revisión bibliográfica contiene un número de etapas diseñadas para proveer un método sistemático en la consulta de libros y revistas.

- Primeramente, se identificaron palabras clave derivadas de cada tema de estudio.
- De las palabras clave se construyeron frases compuestas.

- El primer acercamiento a las búsquedas, se realizó en Web of Science.
- Con los resultados de las búsquedas se procedió al diseño de una base de datos en el Software EndNote X7, el cual facilitó la estructuración del documento final.
- Las referencias identificadas fueron seleccionadas de acuerdo con dos criterios: primero, por los títulos de los artículos, y segundo, a través de la lectura de los abstracts. Después, se realizaron las búsquedas.
- Las búsquedas de los artículos se llevaron a cabo con el auxilio de bases de datos (EBSCO HOST y ProQuest) y revistas electrónicas (Emerald, Blackwell Sinergy, DirectoWeb e Infolatina), en Internet (directamente en los sitios web de los autores de los artículos), y por último, comunicándose directamente con los autores de los artículos más difíciles de encontrar por algún otro medio.

Para seleccionar la metodología utilizada de investigación se consideraron los criterios del estándar internacional para este tipo de documentos ISO 7144- 86 (International Organization for Standardization, 2000).

Resultados

En Google Académico, que es un buscador de Google especializado en artículos de revistas científicas, enfocado en el mundo académico, al realizar una búsqueda con las palabras "Ingeniería Industrial".

Aproximadamente se encontraron 28.800 resultados relacionados. Y con "Industrial Engineering", resultaron aproximadamente 900.000.

Al utilizar Web of Science, con el perfil de búsqueda siguiente, se ubicaron 317 artículos publicados (ver tabla 1).

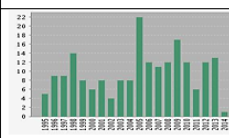
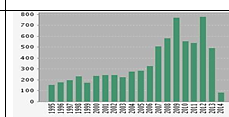
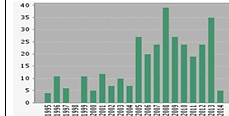
Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
Title: (industrial engineering)	317	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 1 Artículos publicados por año del área de ingeniería industrial

Fuente: Web of Science, 2014

Para cada una de las 9 áreas de estudio de la ingeniería industrial, descritas en el punto 2, se realizó entre el 11 y 22 de abril del 2014, una búsqueda de los artículos publicados anualmente en un periodo de 1966 al 2014, no obstante en las gráficas aparecen de 1995 a la fecha. La base de datos utilizada fue Web of Science. La literatura científica recuperada, en su totalidad, es en lengua inglesa. Finalmente, se diseñó una tabla para concentrar los perfiles de búsqueda correspondientes a cada palabra, palabras o frases clave.

En el área de ingeniería de operaciones (ver tabla 2), se utilizaron las palabras clave: forecasting, inventory management, supply chain, materials requirements planning y enterprise resource planning.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (forecasting)	3,408	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (inventory management)	363	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	

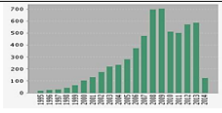
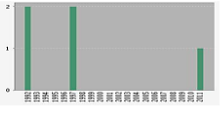
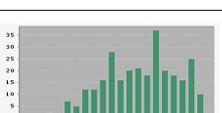
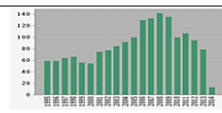
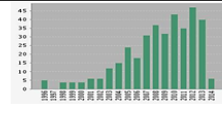
TITLE: (supply chain)	5,944	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (materials requirements planning)	8	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics or computer science or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (enterprise resource planning)		Research areas: (computer science or engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	

Tabla 2 Artículos publicados por año del área de ingeniería de operaciones
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de investigación de operaciones (ver tabla 3), se utilizaron las palabras clave: decision analysis, integer programming, linear programming, metaheuristics, nonlinear programming, network optimization, simulation y system dynamics.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Areas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (linear programming)	2,418	Research areas: (computer science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (metaheuristics)	369	Research areas: (computer science or operations research management science or engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (simulation)	131,265	Research areas: (engineering or computer science) and research domains: (science technology) and research areas: (engineering or computer science or	Citation Report feature not available. The Citation Report feature is not available from a search containing more than 10,000 records. If your search results exceed this limit, then you will see the

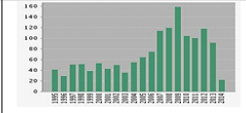
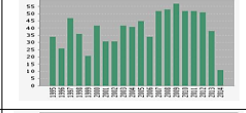
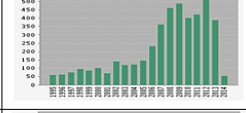
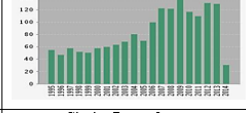
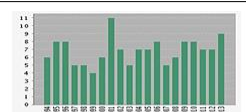
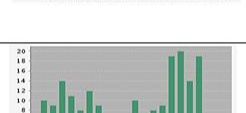
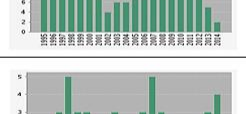
TITLE: (decision analysis)	1,811	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (nonlinear programming)	1,084	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (network optimization)	4,842	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (integer programming)	2,128	Research areas: (operations research management science or engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (System dynamics)	21,158	Research areas: (engineering or computer science or mathematics) and research domains: (science technology)	Citation Report feature not available.

Tabla 3 Artículos publicados por año del área de investigación de operaciones
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ingeniería de producción y diseño del trabajo (ver tabla 4), se utilizaron las palabras clave: fixture design, machine design, production engineering, work design, lean manufacturing y project scheduling.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Areas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (fixture design)	159	Research areas: (engineering or automation control systems or operations research management science or materials science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (machine design)	282	Research areas: (engineering or materials science or automation control systems or physics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (production engineering)	98	Research areas: (engineering or mechanics or materials science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (work design)	55	Research areas: (business economics or engineering or computer science or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (lean manufacturing)	176	Research areas: (engineering or computer science or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (project scheduling)	712	Research areas: (operations research management science or engineering or computer science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 4 Artículos publicados por año del área de ingeniería de producción y diseño del trabajo

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ingeniería de instalaciones y gestión de la energía (ver tabla 5), se utilizaron las palabras clave: material and equipment handling, storage and warehousing, atmospheric systems, electrical systems, sustainability y sizing and facilities.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (material and equipment and handling)	45	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (storage and warehousing)	62	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics or materials science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (atmospheric systems)	7	Research areas: (meteorology atmospheric sciences or chemistry) and research domains: (science technology)	
TITLE: (electrical systems)	202	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (sustainability)	6,491	Research areas: (environmental sciences ecology or engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (sizing and facilities)		Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	

Tabla 5 Artículos publicados por año del área de ingeniería de instalaciones y gestión de la energía

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de ergonomía (ver tabla 6), se utilizaron las palabras clave: anthropometric and principles, repetitive and task and analysis, work capacity, visión and lighting, human information processing, human-machine interaction y hearing or vibration or noise or sound.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (anthropometric and principles)	4	Research areas: (engineering or biophysics or orthopedics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (repetitive and task and analysis)	5	Research areas: (engineering or operations research management science or mathematics or neurosciences neurology) and research domains: (science technology)	
TITLE: (work and capacity)	148	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	

TITLE: (vision and lighting)	153	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (human information processing)	26	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (human-machine interaction)	99	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (hearing) OR TITLE: (vibration) OR TITLE: (noise) OR TITLE: (sound)	85,191	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	Citation Report feature not available

Tabla 6 Artículos publicados por año del área de ergonomía
Fuente: Web of Science, 2014

Para el área de ingeniería económica (ver tabla 7), se utilizaron las palabras clave: value and utility, time value of money, cash flow analysis, financial decision making, replacement analysis y risk and uncertainty.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (value and utility)	150	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (time and value and money)	29	Research areas: (business economics or operations research management science or engineering) and research domains: (science technology)	

TITLE: (cash flow analysis)	10	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (financial decision making)	15	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (replacement analysis)	24	Research areas: (engineering or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (risk) AND TITLE: (uncertainty)	589	Research areas: (engineering or business economics or mathematics) and research domains: (science technology)	

Tabla 7 Artículos publicados por año del área de ingeniería económica
Fuente: Web of Science, 2014

En el área de calidad y confiabilidad (ver tabla 8), se utilizaron las palabras clave: control charts, design of experiments, maintainability, six sigma, rectifying inspection and auditing y reliability.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (control charts)	870	Research areas: (engineering or mathematics or operations research management science or business economics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (design of experiments)	683	Research areas: (engineering or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (maintainability)	428	Research areas: (engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (six sigma)	609	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (rectifying inspection) OR TITLE: (auditing)	1,236	Research areas: (engineering) and research domains: (science technology)	
TITLE: (reliability)	2,343	Research areas: (engineering) and research areas: (operations research management science)	

Tabla 8 Artículos publicados por año del área de calidad y confiabilidad

Fuente: Web of Science, 2014

En el área de gestión de la ingeniería (ver tabla 9), se utilizaron las palabras clave: customer focus, teamwork and organization, knowledge systems, business processes, knowledge, innovation y technological innovation.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (customer focus)	23	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (teamwork) OR TITLE: (organization)	855	Research areas: (business economics) and research domains: (science technology) and research areas: (engineering)	
TITLE: (knowledge and systems)	4,118	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	

TITLE: (business processes)	378	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (knowledge)	25,506	Research areas: (engineering or business economics)	Citation Report feature not available
TITLE: (innovation)	22,060	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology or social sciences)	Citation Report feature not available
TITLE: (innovation and technological)	1,743	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (social sciences or science technology)	

Tabla 9 Artículos publicados por año del área de gestión de la ingeniería

Fuente: Web of Science, 2014

Y por último, en el área de la gestión de la cadena de suministros (ver tabla 10), se utilizaron las palabras clave: competitive operations, strategic planning, logistics, managing customer, supplier relationships e information technology.

Palabra(s) clave	Artículos publicados	Áreas de búsqueda	Gráfica (Artículos publicados por año)
TITLE: (competitive and operations)	42	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (strategy and planning)	695	Research areas: (engineering or business economics) and research domains: (science technology or social sciences)	

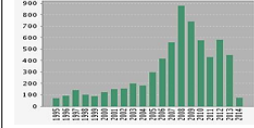
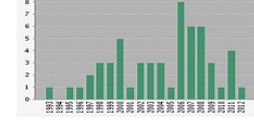
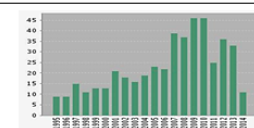
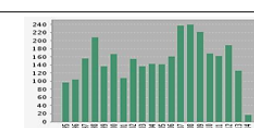
TITLE: (logistics)	7,157	Research areas: (engineering or business economics or operations research management science or mathematics) and research domains: (science technology)	
TITLE: (managing and customer)	63	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (science technology)	
TITLE: (supplier and relationships)	487	Research areas: (business economics or engineering or operations research management science) and research domains: (social sciences or science technology)	
TITLE: (information and technology)	3,696	Research areas: (business economics or engineering) and research domains: (science technology)	

Tabla 10 Artículos publicados por año del área de gestión de la cadena de suministros

Fuente: Web of Science, 2014

Conclusiones

En la medida de lo posible, se trabajó, para el presente documento, en el cumplimiento de los siguientes atributos de la información: relevancia, pertinencia, visibilidad e impacto. Por supuesto, la información de calidad será únicamente aquella que cumpla con cada uno de los atributos que se han mencionado (Creme & Lea, 2005; Evans & Gruba, 2002; Melissa, 2007; Orna & Stevens, 2004; Sampieri, Collado, & Lucio, 2003; Wayne Booth, Gregory Colomb, & Williams, 2007; Weissberg & Buker, 1990; Wilkinson, 1991).

El esquema de revisión analítica empleado para evaluar sistemáticamente las contribuciones del cuerpo de literatura especificado en este trabajo, permitió asegurar la calidad de la información, ya que se empleó un procedimiento reproducible y transparente (Ginsberg y Venkatraman, 1985, Tranfield, Denyer, y Smart, 2003, Crossan & Apaydin, 2010).

Cuyas propuestas permitieron articular un proceso integral de tres etapas: una de planeación en la que se definieron los objetivos y se identificaron las fuentes clave de los datos.

En esta misma se consideraron estrategias específicas que permitieron asegurar de manera transparente la colección y selección de artículos de acuerdo con el objetivo del trabajo. Una etapa de ejecución que fue del review al meta-analysis de la literatura, con ayuda de palabras clave definidas, esto implicó la agrupación de las publicaciones para el análisis y síntesis.

Los resultados obtenidos se agruparon en nueve tópicos centrales que surgen del perfil de la ingeniería industrial y que son: Ingeniería de operaciones, investigación de operaciones, ingeniería de producción y diseño del trabajo, instalaciones y gestión de la energía, ergonomía, ingeniería económica, calidad y confiabilidad, gestión de la ingeniería, y gestión de la cadena de suministros. Para cada tópico se seleccionaron palabras clave conforme a los criterios mencionados en la metodología y se graficaron las frecuencias de trabajos por año para cada ámbito de estos tópicos. El análisis se hizo mediante la identificación de aquellas áreas en las que la frecuencia de trabajos por año ha aumentado o disminuido al paso del tiempo.

En general, los resultados permitieron evidenciar el fortalecimiento en la generación de conocimiento sobre áreas específicas y por otro lado, la posible transformación de conceptos y enfoques, resultado de la evolución del conocimiento y de los procesos de innovación.

Lo que permite centrar los intereses de investigación en las siguientes áreas de trabajo: Pronósticos, gestión de inventarios y cadena de suministros, modelos meta-heurísticos, simulación y dinámica de sistemas, manufactura esbelta y administración de proyectos, sustentabilidad, clima laboral, análisis de valor, riesgo e incertidumbre, confiabilidad de procesos, sistemática, gestión del conocimiento e innovación, además de planificación, logística, sistemas de información, y gestión de suministros.

Por otro lado, aquellas áreas de estudio de la ingeniería industrial, que han perdido vigencia, relevancia y pertinencia, son: planeación de requerimientos de materiales, los Enterprise Resource Planning, la ingeniería de producción, el diseño del trabajo, manejo de materiales, antropometría, tiempo, y valor del dinero, efectivo y análisis de flujos, toma de decisiones financieras, y enfoque al cliente. Con esto, no se pretende argumentar, que dichas áreas, han sido olvidadas por la comunidad científica, sino que, posiblemente, han evolucionado a través de la integración en otras líneas de investigación.

El estudio realizado muestra las áreas del conocimiento de la ingeniería industrial que representan una creciente producción científica y establecen tendencia para futuros trabajos. Esto los hace relevantes y pertinentes en los procesos actuales de innovación y competitividad. Dinámicas y procesos, que en general involucran caminos no necesariamente lineales, aún más, al ser la innovación resultado de las complejas interacciones entre los diversos actores del sistema, las estrategias ingenieriles adecuadas orientarán el surgimiento innovaciones en áreas específicas, disminuyendo los costos de inversión y los tiempos requeridos para su aparición en el contexto sistémico.

Lo obtenido da fe de la dinámica que vive la ingeniería industrial, que evoluciona mediante la adaptación y adopción de nuevas perspectivas para continuar aportando elementos de mejora en los sistemas productivos, a través de la gestión del conocimiento y la innovación. Sobre todo se hace hincapié en que esta es una disciplina integradora de sistemas que actualmente considera en sus metodologías a variables que anteriormente parecían imposibles de medir.

Tales como el factor humano, y dado que fenómenos como la innovación (considerada clave en el desarrollo económico de las naciones) requieren de una perspectiva holística para su estudio, la ingeniería industrial ofrece una gama de herramientas que pueden ser útiles por su versatilidad.

Referencias

- Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS quarterly*, 107-136.
- Allen, P. M. (2014). Evolution: complexity, uncertainty and innovation. *Journal of Evolutionary Economics*, 24(2), 265-289.
- Allen, P. M., & Strathern, M. (2005). Models, knowledge creation and their limits. *Futures*, 37(7), 729-744.
- Allnoch, A. (1997). Assessing the Direction and Image of Industrial Engineering. *IIE Solutions*. May 1997. 45-51.
- Cannarella, C., & Piccioni, V. (2008). Innovation diffusion and architecture and dynamics of local territorial networks. *Trames*(2), 215-237.

- Carayannis, E. G., & Campbell, D. F. J. (2012). Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: Springer.
- Castro, S. J., Rocca, L., & Ibarra, A. (2008). Transferencia de conocimiento en las empresas de la comunidad autónoma del país vasco: capacidad de absorción y espacios de interacción de conocimiento. *Arbor*, 184(732), 653-675.
- Chang, Y.-C., & Chen, M.-H. (2004). Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective. *Technology in Society*, 26(1), 17-37.
- Choi, H., Kim, S.-H., & Lee, J. (2010). Role of network structure and network effects in diffusion of innovations. *Industrial Marketing Management*, 39(1), 170-177.
- Comisión Europea (1995). Green Paper on Innovation. (1995). COM (95) 688 final, 20 December 1995. [Bulletin of the European Union Supplement 5/95]. [EU Commission - COM Document].
- Crete, P., & Lea, M. (2005). *Escribir en la Universidad*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Du Plessis, M. (2007). The role of knowledge management in innovation. *Journal of knowledge management*, 11(4), 20-29.
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: technologies, institutions and organizations*: Psychology Press.
- Evans, D., & Gruba, P. (2002). *How to write a better thesis*. Carlton Victoria Australia: Melbourne University Press.
- Fleming, L., & Sorenson, O. (2001). Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data. *Research Policy*, 30(7), 1019-1039.
- Floysand, A., & Jakobsen, S. E. (2011). The complexity of innovation: A relational turn. *Progress in Human Geography*, 35(3), 328-344.
- Freeman, C. (1996). The greening of technology and models of innovation. *Technological forecasting and social change*, 53(1), 27-39.
- Freeman, C., & Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*: Psychology Press.
- Galanakis, K. (2006). Innovation process. Make sense using systems thinking. *Technovation*, 26(11), 1222-1232.
- Gibbons, M. (2004). Globalization, innovation and socially robust knowledge. *The University in the global age*, 96-115.
- Goodwin, R. M. (1950). A non-linear theory of the cycle. *The Review of Economics and Statistics*, 316-320.
- Goodwin, R. M. (1982). *Essays in economic dynamics*: Macmillan Press.
- Hanusch, H., & Pyka, A. (2007). *Elgar companion to neo-Schumpeterian economics*: Edward Elgar Publishing.
- Hirooka, M. (2006). Complexity in discrete innovation systems. *Emergence: Complexity & Organization*, 8(2).
- Hurmelinna-Laukkanen, P. (2011). Enabling collaborative innovation-knowledge protection for knowledge sharing. *European Journal of Innovation Management*, 14(3), 303-321.
- IIE (1992). *Industrial Engineering Terminology, Revised Edition*. Norwood, GA, USA: Institute of Industrial Engineers (IIE). Accessed 6 April 2014 at <http://www.iienet2.org/Details.aspx?id=645>.

- Jensen, M. B., Johnson, B. r., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. k. (2007). Forms of knowledge and modes of innovation. *Research policy*, 36(5), 680-693.
- Kash, D. E., & Rycroft, R. (2002). Emerging patterns of complex technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(6), 581-606.
- Khalil, T. (2000). *Management of Technology*. USA: McGraw Hill.
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. The positive sum strategy: Harnessing technology for economic growth, 14, 640.
- Kok, A. (2009). Realizing Wisdom Theory in Complex Learning Networks. *Electronic Journal of e-Learning*, 7(1).
- Krugman, P. (1979). A model of innovation, technology transfer, and the world distribution of income. *the Journal of political economy*, 253-266.
- Leydesdorff, L. (2000). The triple helix: an evolutionary model of innovations. *Research Policy*, 29(2), 243-255.
- Lindsay, V. J. (2005). The development of international industry clusters: a complexity theory approach. *Journal of international entrepreneurship*, 3(1), 71-97.
- Lundvall, B. A. (2000). Los Sistemas Nacionales de Innovación: relaciones y aprendizaje. *Los Sistemas de Ciencia e Innovación Tecnológica*, 15-31.
- Lundvall, B.-A. (1992). *National innovation system: towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter, London.
- Lundvall, B.-Å. k., & Johnson, B. r. (1994). The learning economy. *Journal of industry studies*, 1(2), 23-42.
- Lundvall. (1998). Why study national systems and national styles of innovation? *Technology analysis & strategic management*, 10(4), 403-422.
- MacGregor, S. P., & Carleton, T. (2012). *Sustaining Innovation: Collaboration Models for a Complex World*: Springer.
- Malerba, F., & Cantner, U. (2006). Innovation, industrial dynamics and structural transformation: Schumpeterian legacies. *Journal of Evolutionary Economics*, 16(1), 1-2.
- Malik, K. (2004). Coordination of technological knowledge flows in firms. *Journal of Knowledge Management*, 8(2), 64-72.
- Maskell, Eskelinen, Hannibalsson, Malmberg, & Vatne. (1996). *Employment and growth in the knowledge-based economy*.
- Melissa, W. (2007). *Como Escribir Trabajos de Investigación*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Metcalf, S., & Ramlogan, R. (2008). Innovation systems and the competitive process in developing economies. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 48(2), 433-446.
- Niebel, B. (1990). *Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos*. México: Alfaomega.
- Nonaka, I., Kodama, M., Hirose, A., & Kohlbacher, F. (2014). Dynamic fractal organizations for promoting knowledge-based transformation-A new paradigm for organizational theory. *European Management Journal*, 32(1), 137-146.

- Norman, C. D., Charnaw, B. J., Yip, A. L., Saad, S., & Lombardo, C. (2010). Designing health innovation networks using complexity science and systems thinking: the CONEKTR model. *Journal of evaluation in clinical practice*, 16(5), 1016-1023.
- OECD. (1997). *National Innovation Systems*. Francia: OECD.
- OECD. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. Francia: OECD.
- OIT (1990). *Introducción al Estudio del Trabajo*. México: Limusa Noriega.
- Organización Mundial de la Salud (2003). *Boletín de la Organización Mundial de la Salud, 2003. Recopilación de artículos*, Nueva York. No. 4: 83-99.
- Orna, E., & Stevens, G. (2004). *Cómo Usar la Información en Trabajos de Investigación*. Barcelona, España: Gedisa editorial.
- Pacheco, A. (2002). *La Productividad Bajo Sospecha*. México: Centro Nacional de Promoción Social A.C.
- Pei, S., & Makse, H. A. (2013). Spreading dynamics in complex networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2013(12), P12002.
- Popescu, D. (2011). Universities as knowledge providers in the technological innovation: Romania's situation.
- Popescu, D. (2012). Knowledge flows percolation model. A new model for the relation between knowledge and innovation. Paper presented at the Proceedings of The 18th International Business Information Management Association Conference (Innovation and Sustainable Economic Competitive Advantage: From Regional Development to World Economies), ISBN: 978-0-9821489-7-6.
- Porter, M. (1990). *La Ventaja Competitiva de las Naciones*. Argentina: Vergara.
- Porter, M. E. (1990). The competitive advantage of nations. *Harvard Business Review*, 68(2), 73-93.
- Pyka, A., & Scharnhorst, A. (2009). *Innovation networks: new approaches in modelling and analyzing*: Springer.
- Pyster, A. and D. Olwell (eds). 2013. *The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*, v. 1.2. Hoboken, NJ: The Trustees of the Stevens Institute of Technology. Accessed 6, april, 2014. www.sebokwiki.org/.
- Reséndiz, D. (2008). *El Rompecabezas de la Ingeniería*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rycroft, R. W. (2007). Does cooperation absorb complexity? Innovation networks and the speed and spread of complex technological innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(5), 565-578.
- Salvendy, G. (ed.) 2001. *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operations Management*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Samara, E., Georgiadis, P., & Bakouros, I. (2012). The impact of innovation policies on the performance of national innovation systems: A system dynamics analysis. *Technovation*, 32(11), 624-638.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.

Sauri, M. H. G., González, I. R., & Ruiz, A. F. G. (2014). Las Dinámicas de Innovación en México: Caso de Estudio. UPIICSA, IPN, México DF.

Sorenson, O., Rivkin, J. W., & Fleming, L. (2006). Complexity, networks and knowledge flow. *Research Policy*, 35(7), 994-1017.

Stoneman, P. (1995). *Handbook of the economics of innovation and technological change*: Blackwell.

Sumanth, D, (1999). *Administración para la Productividad Total*. México: CECSA.

Turner, W.C., J.H. Mize, K.E. Case and J.W. Nazemtz. 1992. *Introduction To Industrial And Systems Engineering*, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Valdes, L. (1996). *Conocimiento es Futuro*. México: CONCAMIN.

Von Hippel, E. (2004). *Usuarios y suministradores como fuentes de innovación*.

Wayne B., Gregory C., & Williams, J. (2007). *Como Convertirse en un Hábil Investigador*. Barcelona, España: Gedisa editorial.

Web of Science. Thomson Reuters. http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2E4bpgXPkq7VFU4QMDa&preferencesSaved=

Weissberg, R., & Buker, S. (1990). *Writing Up Research: experimental research report writing for students of English*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall Regents.

White, M., & Bruton, G. (2010). *The management of technology and innovation: A strategic approach*: Cengage Learning.

Wilkinson, A. M. (1991). *The Scientist's Handbook for Writing Papers and Dissertations*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.

Zandin, K.B. (ed.) 2001. *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill.

Propuesta de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional

CERVANTES-MALDONADO, Alfonso^{†*}

Universidad Nacional Autónoma de México

Recibido 2 de Agosto, 2017; Aceptado 28 de Septiembre, 2017

Resumen

El presente artículo presenta una propuesta para la elaboración de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional que toma en cuenta factores humanos, técnicos y materiales. El modelo propuesto tiene la finalidad de contar con información adecuada para establecer parámetros efectivos para la toma de decisiones en el proceso de producción de una pieza en una máquina de torno por control numérico computacional. El proceso contempló la realización de un diseño experimental para identificar parámetros adecuados de operación que permitan reducir los tiempos de ciclo del maquinado y el desgaste de la herramienta, adicionalmente se analizaron los factores de diseño y programación de la pieza, tiempos de preparación, maquinado, materiales y medición de la calidad. Mediante el diseño experimental se identifican los parámetros de operación más adecuados para la estandarización en el maquinado de una pieza tipo empleada para el presente estudio, de la misma manera se identifican los diferentes factores a contemplar en el modelo económico de manufactura en torno por control numérico computacional.

Control computacional, Modelo económico, Manufactura

Abstract

This paper presents a proposal for the elaboration of an economic model of manufacturing operations around computer numerical control that takes into account human, technical and material factors. The proposed model has the purpose of having adequate information to establish effective parameters for decision making in the production process of a part in a lathe machine by numerical control. The process involved the realization of an experimental design to identify suitable operating parameters to reduce machining cycle times and tool wear, as well as the factors of design and part programming, preparation times, machining, materials and quality measurement. The experimental design identifies the most appropriate operating parameters for the standardization in the machining of a type piece used for the present study, in the same way that the different factors to be considered in the economic model of manufacturing around by computer numerical control.

Computational control, Economic model, Manufacturing

Citación: CERVANTES-MALDONADO, Alfonso. Propuesta de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional. Revista de Ingeniería Industrial 2017. 1-1:41-47

[†] Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: acervantm@gmail.com

Introducción

La tecnología ha sufrido cambios muy importantes en los últimos años, el área de la manufactura no es la excepción, la incursión de tecnologías de información y comunicación en los diferentes ámbitos ha permitido la transformación de los procesos productivos para hacerlos más competitivos.

La competitividad que buscan las organizaciones en la actualidad, las obliga a mejorar sus procesos y hacerlos más eficientes, con puntos de comparación de empresas con los mejores niveles, de manera que sea necesario cuidar todos los aspectos de manera que no se dejen áreas de oportunidad sin cubrir que impacten en la competitividad de estas organizaciones.

Los procesos de maquinado en torno en la actualidad son mucho más productivos que en el pasado, en la actualidad es común encontrar tornos que cuentan con control numérico computacional y la interacción con sistemas CAD/CAM (de diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora), que permiten la optimización de operaciones de maquinado en cuanto a tiempos de proceso y estandarización.

Uno de los aspectos que han sido poco abordados en el maquinado en torno es el de los costos, que regularmente se trabajan con estimaciones que en ocasiones no consideran de manera adecuada los diferentes factores, lo que impacta en los costos y en la competitividad de estas organizaciones.

Existen diferentes modelos económicos para operaciones de maquinado que consideran factores técnicos principalmente, sin tomar en cuenta elementos del recurso humano y que en algunas ocasiones se consideran tiempos de procesos.

Estrems (2007) menciona que las técnicas de corte de metales han sufrido una notable evolución hasta llegar a las máquinas herramienta de control numérico de nuestros días, que son capaces de llevar a cabo operaciones de corte complicadas mediante la ejecución de un programa. El desarrollo de estos procesos ha venido marcado por factores tales como la obtención de mecanismos capaces de articular el movimiento de corte, la implantación de técnicas de control numérico y la investigación acerca de nuevos materiales para herramientas.

De acuerdo con Escamilla (2004) El maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo, de tal manera que el material remanente sea la forma de la parte deseada.

Es posible realizar maquinados en diferentes materiales, los materiales más comunes en la actualidad son metales sólidos como acero, latón, aluminio y algunos materiales plásticos muy frecuentemente utilizados en la industria como el nylamid que es un material derivado de un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas.

El maquinado en torno consiste en una pieza cilíndrica de material que gira mientras una herramienta de corte va retirando el material sobrante de acuerdo a la geometría que se requiere, en este caso con una base cilíndrica para el caso del torno, y que en el caso de otros tipos de maquinado como el fresado se pueden obtener otros tipos de geometrías regulares. Las combinaciones de diferentes técnicas de maquinado pueden ayudar a producir diferentes geometrías de mayor complejidad.

La generación de un modelo económico que considere los principales factores del proceso de maquinado puede ser de utilidad para las organizaciones dedicadas al maquinado de piezas, aportando elementos básicos a considerar para la realización de un nuevo proyecto de maquinado de piezas.

Metodología

En la literatura actual sobre modelos económicos para los procesos de maquinado los autores consideran diferentes factores. En el presente trabajo se presenta una propuesta de un modelo que considera los factores desde un enfoque de procesos.

La metodología utilizada fue la siguiente:

1. Identificación de factores de operación (RPM's, avance y dureza del material).
2. Diseño experimental factorial multinivel 3^3 (tres factores y tres niveles) de respuesta múltiple (con dos respuestas), con 27 tratamientos de acuerdo al experimento de Cervantes y Romero (2017).
3. Identificación de valores críticos (RPM's, avance, dureza, tiempo de maquinado, desgaste de herramientas de corte).
4. Identificación de costos (materia prima, mano de obra, operación de maquinaria, desgaste de herramientas, posicionamiento de herramientas, programación, pruebas, mantenimiento).
5. Medición de parámetros de tiempos y costos.
6. Propuesta de modelo económico.

Desarrollo

Los factores de operación iniciales que se consideraron son los RPM's, el avance del corte y la dureza del material, el diseño experimental factorial multinivel 3^3 se definió de la siguiente manera:

Factor/Nivel	-1	0	1
RPM	2500	3500	4500
Avance	0.1	0.2	0.3
Dureza	213	218	224

Tabla 1 Factores del diseño experimental
Fuente: elaboración propia

La tabla 1 presenta los factores tomados en cuenta en el diseño experimental, el factor RPM muestra la velocidad de giro en revoluciones por minuto considerando tres niveles, 2500 rpm, 3500 rpm y 4500 rpm; el factor avance considera el desplazamiento de la herramienta de corte en tres niveles, 0.1 mm, 0.2 mm y 0.3 mm; y el factor dureza que considera la dureza HBW asociada al tipo de material en donde se consideraron tres factores, 213, 218 y 224, de los tipos de acero 440, 4090 y 4040 respectivamente.

La tabla 2 muestra el diseño experimental propuesto, en donde se identifica un diseño factorial 3^3 (con tres factores y tres niveles) y la variable de respuesta del tiempo de proceso, donde es posible identificar que es un experimento sin réplicas con 27 tratamientos en un solo bloque.

Tratamiento	RPM	Avance	Dureza	Tiempo
1	-1	-1	-1	2.34
2	0	-1	-1	2.34
3	1	-1	-1	2.33
4	-1	0	-1	1.85
5	0	0	-1	1.82
6	1	0	-1	1.82
7	-1	1	-1	1.65
8	0	1	-1	1.63
9	1	1	-1	1.61
10	-1	-1	0	2.41
11	0	-1	0	2.4
12	1	-1	0	2.38
13	-1	0	0	1.96
14	0	0	0	1.87
15	1	0	0	1.87
16	-1	1	0	1.73
17	0	1	0	1.7
18	1	1	0	1.69
19	-1	-1	1	2.47
20	0	-1	1	2.43
21	1	-1	1	2.41
22	-1	0	1	2.12
23	0	0	1	2.1
24	1	0	1	2.1
25	-1	1	1	1.84
26	0	1	1	1.81
27	1	1	1	1.74

Tabla 2 Diseño experimental propuesto

Fuente: *Elaboración propia*

El análisis de la información se realizó mediante la aplicación de diseño experimental del software Statgraphics Centurion VXI. Se contrastaron modelos de regresión de primer orden y de segundo orden, considerando las interacciones de los diferentes factores.

La tabla 3 presenta los coeficientes de determinación y correlación de los modelos de primero y segundo orden.

Modelo	Coeficiente de Determinación (R ²)	Coeficiente de Correlación (R)
Primer orden	.957843	.978694
Segundo orden	.985611	.993232

Tabla 3 Coeficientes de determinación y correlación del modelo

Fuente: *elaboración propia utilizando el software Statgraphics Centurión XVI*

De acuerdo con los resultados de la tabla 3, se propone el modelo de segundo orden, de acuerdo a los coeficientes de determinación y de correlación.

El valor del coeficiente de determinación (R²) es del 98.6511 %, lo que indica que este modelo explica el 98.6511% de la variabilidad en la variable de respuesta Tiempo. De esta manera la ecuación de regresión para el tiempo es la siguiente: $Tiempo = 1.92667 - 0.0233333 * RPM - 0.339444 * Avance + 0.0905556 * Dureza + 0.00666667 * RPM^2 - 0.00666667 * RPM * Avance - 0.00833333 * RPM * Dureza + 0.105 * Avance^2 + 0.0166667 * Avance * Dureza + 0.0216667 * Dureza^2$.

La tabla 4 presenta el análisis de varianza de los factores definidos en el experimento (RPM, Avance y Dureza).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:RPM	0.0098	1	0.0098	5.29	0.0345
B:Avance	2.07401	1	2.07401	1118.52	0.0000
C:Dureza	0.147606	1	0.147606	79.60	0.0000
AA	0.000266667	1	0.000266667	0.14	0.7092
AB	0.000533333	1	0.000533333	0.29	0.5987
AC	0.000833333	1	0.000833333	0.45	0.5116
BB	0.06615	1	0.06615	35.67	0.0000
BC	0.00333333	1	0.00333333	1.80	0.1976
CC	0.00281667	1	0.00281667	1.52	0.2345
Error total	0.0315222	17	0.00185425		
Total (corr.)	2.33687	26			

Tabla 4 Análisis de Varianza para Tiempo

Fuente: *elaboración propia utilizando el software Statgraphics Centurión XVI*

En la tabla anterior (tabla 4) es posible visualizar que los tres factores definidos (RPM, Avance y Dureza) son significativos a un nivel alfa de 0.05, en este caso los dos factores con mayor nivel de significancia para la variable de respuesta tiempo son el avance y la dureza. El factor de revoluciones por minuto (RPM's) es significativo con valor p de 0.0345 por lo que se identifica como un factor importante en el modelo después del avance y la dureza, en el caso de las interacciones no se identifica significancia con excepción de la interacción BB que corresponde al cuadrado del avance de la herramienta de corte de acuerdo al modelo de segundo orden identificado.

La tabla 5 muestra los valores óptimos codificados que permiten contar con el valor mínimo del tiempo de maquinado.

Factor	Establecimiento
RPM	-0.0532833
Avance	0.565463
Dureza	-0.999999

Tabla 5 Factores establecidos y Óptimo

Fuente: elaboración propia utilizando el software Statgraphics Centurión XVI

En lo referente a los resultados del diseño experimental, decodificando los valores se obtiene la tabla 6 que presenta los parámetros óptimos que minimizan el tiempo de maquinado

Factor	Establecimiento
RPM	3447 rpm
Avance	0.253 mm
Dureza	213 HBW

Tabla 6 Parámetros óptimos de maquinado

Fuente: Elaboración propia utilizando el software Statgraphics Centurión XVI

En la tabla 6 es posible identificar que el valor óptimo para el factor RPM corresponde a 3447 revoluciones por minuto.

Así como el valor del avance es de $f=0.253$ mm y el valor de la dureza es de 213 HBW que corresponde a un acero 4140. Estos parámetros son los que se indican como óptimos para el proceso ya que minimizan el tiempo del proceso de maquinado. Sustituyendo los parámetros en la ecuación de regresión del modelo de segundo orden propuesto se tiene un tiempo de proceso de 1.69 minutos por pieza.

Para la identificación de los costos del proceso de maquinado se realizó la reproducción del proceso y se obtuvo el tiempo estándar de cada actividad, posteriormente se realizó un análisis de todas las actividades necesarias para contemplarlas dentro de la propuesta del modelo económico, quedando de la siguiente manera:

$$CT = \frac{cmp+cmo+cop+cpp+cac}{n} \quad (1)$$

Donde:

CT = costo total

cmp = costo de materia prima

cmo = costo de mano de obra

cop = costo de operación

cpp = costo de preparación y posicionamiento

cac = costo de aseguramiento de calidad

n = número de piezas totales del lote

$$cmp = l_{pieza} * a_{pieza} * n * 1.4 * plap \quad (2)$$

Donde:

cmp = costo de materia prima

l_{pieza} = longitud de pieza

a_{pieza} = ancho máximo de pieza

n = número de piezas

plap = precio de longitud x ancho de pieza

1.4 = factor determinado experimentalmente para la pieza tipo

$$cmo = (tmp + tnm + tch) * n * cmo \quad (3)$$

Donde:

cmo = costo de mano de obra
 tmp = tiempo de maquinado de pieza
 tnm = tiempo de no maquinado
 tch = tiempo de cambio de herramientas
 n = número de piezas
 cmoh = costo de mano de obra por hora

$$cop = \text{costos de operación del equipo por hora} \quad (4)$$

cop = para el caso de la pieza tipo se realizó la experimentación y se obtuvo un costo de operación de USD\$11.9 x hora, el costo contempla el mantenimiento preventivo del equipo y los costos asociados por consumos energéticos.

$$cpp = tpr + tpo \quad (5)$$

Donde:

tpr = tiempos de preparación entre cada pieza (contempla la obtención del “cero” de pieza en el eje Z)

tpo = tiempos de posicionamiento (contempla el tiempo de cambio de herramientas y obtención del “cero” de las herramientas en los ejes X y Z)

$$cac = tmdp + trdp + tasc \quad (6)$$

Donde:

tmdp = tiempo de medición de dimensiones de pieza (por muestreo MIL STD 105E)

trdp = tiempo de registro de dimensiones de pieza

tasc = tiempo de análisis del sistema de calidad

Conclusiones

Los procesos de maquinado en la actualidad son cada vez más complejos y de la misma manera brindan la posibilidad de realizar trabajos con niveles de especificaciones cada vez más estrictos.

Son muchos los factores que intervienen, desde la mano de obra especializada en diferentes áreas como diseño, programación, tecnología de materiales, operación de torno por control numérico computacional, estudio del trabajo y control de la calidad, donde en ocasiones un equipo de una a tres personas realiza todas las actividades mencionadas.

Los costos de maquinado en México están relacionados principalmente con el tipo de cambio del dólar de los Estados Unidos de América, por lo que tanto insumos, insertos, herramientas, solubles y los diferentes materiales a maquinar están tasados en esa moneda por lo que existe una dependencia directa con el tipo de cambio mencionado anteriormente.

El diseño experimental propuesto forma parte de una serie de acciones para la generación de un modelo económico de manufactura en torno por control numérico computacional para una pieza modelo, en donde a partir de las diferentes especificaciones que se puedan tener en futuras piezas será posible determinar los ajustes en los parámetros para obtener las piezas en tiempos mínimos y de acuerdo a las nuevas especificaciones por ejemplo en el material a utilizar.

El presente modelo es un primer paso para la intervención en las organizaciones de maquinado de piezas en la región.

Que permitirá la difusión de los factores más significativos y la sensibilización y conocimiento de mejores prácticas de manufactura para apoyar principalmente a las PYMES de este sector y posteriormente poder realizar comparaciones con las grandes empresas que utilizan estas tecnologías.

Como futuras actividades para la generación del modelo, se realizará un análisis de desperdicios, de tiempos de recarga de material y de los diferentes métodos de medición de las piezas y de la recarga para lotes de piezas, así como los costos asociados a los diferentes métodos.

Agradecimientos

El presente proyecto fue realizado con apoyo de la Secretaría de Innovación Ciencia y Educación Superior mediante el programa Investigadores Jóvenes 2016, convenio: 112/2016 ENES-UNAM.

Referencias

Castaño, E., Domínguez, J. (2008). Diseño de Experimentos para el desarrollo tecnológico y mejora industrial. (2a ed.). México: Just In Time Press.

Cervantes, A. y Romero, M. (2017). Propuesta de diseño experimental para un modelo económico de manufactura en torno por control numérico computacional. Memorias del 4º coloquio en desarrollo económico, sustentabilidad, innovación y tecnología. México.

Chen, M. C. & Su, C. T. (1998). Optimization of Machining Conditions for Turning Cylindrical Stocks into Continuous Finished Profiles. *International Journal of Production Research*, 36:8, 2115-2130.

Coronado, J. J. (2004). Economía en el maquinado para la industria metalmecánica. *Journal of Management and Economics for Iberoamerica*. Elsevier.España.

Díaz del Castillo, F. (2010). Máquinas CNC, Robots y la Manufactura Flexible. México: FES Cuatitlán, Departamento de Ingeniería

Duffuaa, S. O. & Shuaib, A. N. (1995). Rejoinder to Sarper's Note on the Machining Economics Optimization. *Computers Pos. Res.*, 22, 249-250.

Escalante, E. (2006). Seis-sigma Metodología y Técnicas. México: Limusa.

Escamilla, I. G. (2004). Optimización de las variables envueltas en el maquinado en un torno de control numérico computarizado. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Estrems, M. (2007). Principios de mecanizado y planificación de procesos. Departamento de ingeniería de materiales y fabricación, Universidad de Cartagena, Colombia.

Gutiérrez, H., De la Vara, R. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos. México: McGraw Hill.

Lakovou, E., Ip, C. M., & Koulamas, C. (1996).

Optimal Machining Speed and Tool Inventory Policies in machining Economic Systems. *IIE Transactions*, 28, 601-608.

Montgomery, D. (2012). Diseño y Análisis de Experimentos. México: Limusa-Wiley.

Torres, C., Caudillo, M., Cervantes, J., Arroyo, B. (2008). Análisis y proyección económica del proceso de torneado CNC. Memorias del 14 congreso internacional anual de la SOMIM, 651-659.

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.

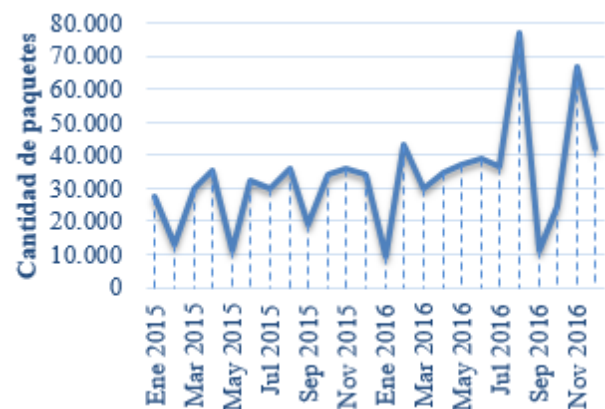


Gráfico 1 Demanda del producto P9 en 2015 y 2016

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%

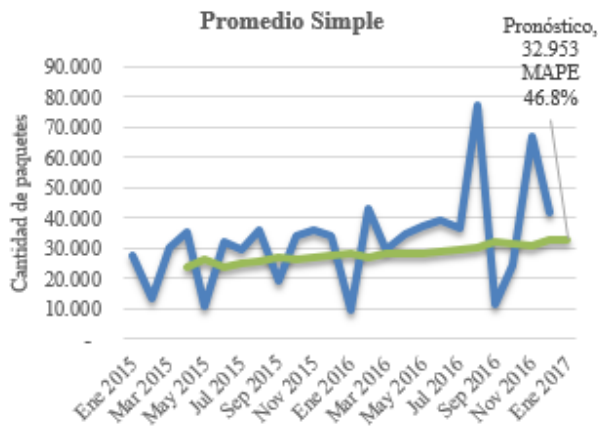


Gráfico 2 Demanda mensual estimada con promedio simple
Fuente: elaboración propia

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.

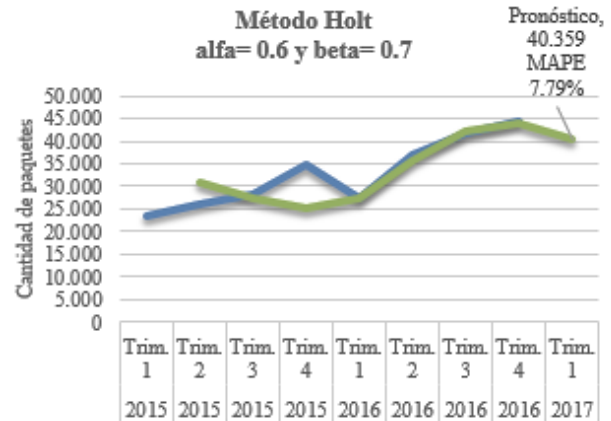


Gráfico 3 Demanda suavizada para el trimestre 1 mediante el método Holt
Fuente: elaboración propia

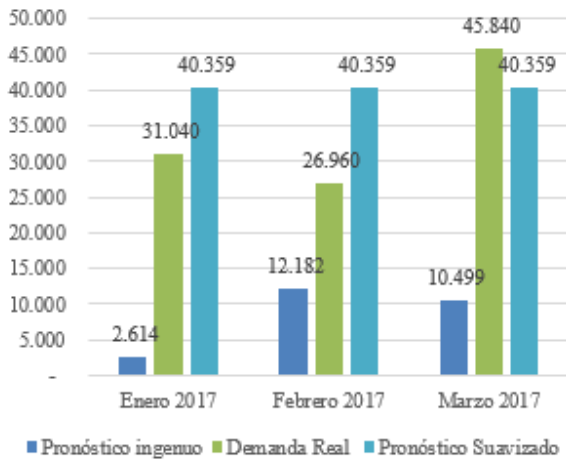
Si se compara el pronóstico ingenuo que la empresa había estimado para el primer trimestre de 2017 contra la demanda real y el pronóstico obtenido a través del método Holt.

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 EOQ se pueden apreciar en la Tabla 9.

Componente	ABC	Pronóstico Suavizado Enero-Mar 2017	Pronóstico Suavizado Enero-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%.

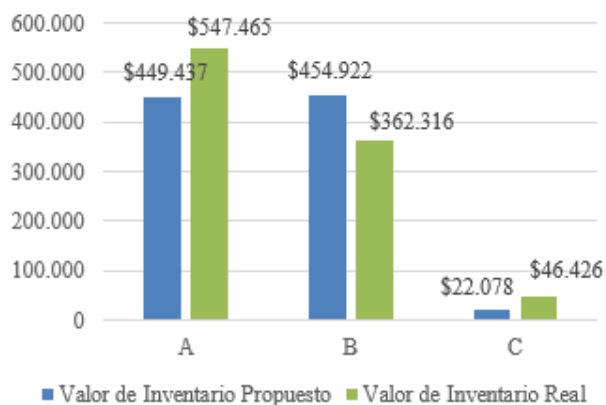


Gráfico 5 Comparación entre el valor de inventario real vs el valor de inventario propuesto

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.

Instrucciones para autores

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

**Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman
y Negritas No.11**

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo.
Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

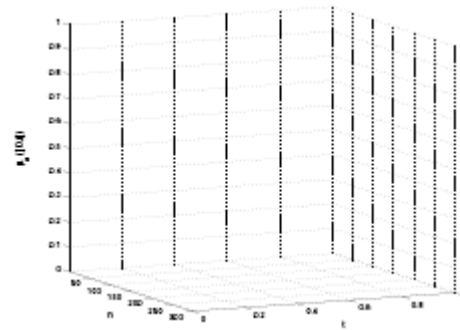


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

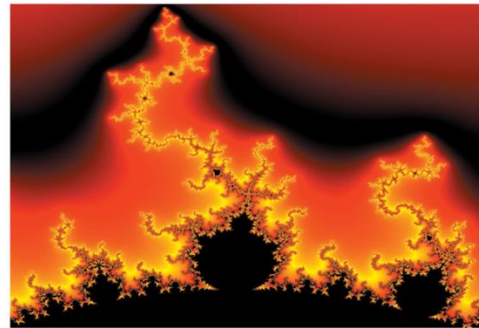


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Cusco, Perú a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Cusco, Perú a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Perú a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpressiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Perú to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Ingeniería Industrial

“Análisis para la mejora en el manejo de inventarios de una comercializadora”

JARA-CORDERO, Sergio, SÁNCHEZ-PARTIDA, Diana y MARTÍNEZ-FLORES, José Luis

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

“Conocimiento e Innovación Tecnológica en la Ingeniería Industrial”

AGUILAR-FERNÁNDEZ, Mario, DELGADO-RODRÍGUEZ, Alfredo, GARCÍA-JARQUÍN, Brenda y ACOSTA-GONZAGA, Elizabeth

“Propuesta de un modelo económico de operaciones de manufactura en torno por control numérico computacional”

CERVANTES-MALDONADO, Alfonso

Universidad Nacional Autónoma de México

“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

