CIINDET 2008

6º Congreso Internacional sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico,
8 al 10 de octubre de 2008, Cuernavaca, Morelos., México.

Desarrollo de un modelo dinámico para la administración de inventarios en una empresa proveedora de la cadena de suministro del clúster automotriz de Coahuila: El caso de Metalwork & Stamping.

A. D. Ramírez Benítez [1], **C.** Sánchez Ramírez [2], **P.** Pérez Villanueva.[3]

Resumen: La dinámica actual de la industria automotriz, exige de sus proveedores el cumplimiento en cantidad, calidad, tiempos de entrega y costos de sus requerimientos, debido a lo anterior, estas empresas recurren a las mejores prácticas que les permitan cumplir con dichas exigencias. Una de estas prácticas, es la administración de los inventarios, pues se vuelve un factor crítico y fundamental en el desempeño de las empresas. Entre los beneficios de mantener un buen control de los inventarios está la reducción de los tiempos de entrega en los pedidos y la mejora de la planeación de la producción, que se traduce en el aumento de la competitividad de la empresa. Es por lo anterior, que el presente artículo tiene como objetivo mostrar los resultados obtenidos en el desarrollo de un modelo dinámico que permita analizar y controlar los inventarios dentro de una empresa proveedora de la Cadena de Suministro del Clúster Automotriz de Coahuila.
Palabras Clave: Inventarios, Dinámica de Sistemas, Clúster Automotriz, Simulación.

Abstract: The current dynamics of the automotive industry, demands of their suppliers the fulfilment in quantity, quality, times of delivery and costs of their requirements, due to the above, these companies use the best practices that allow them to fulfil with these requirements. One of these practices is the inventory management, because is a critical and fundamental factor in the performance of the companies. Between the benefits to have a good control to the inventory is the reduction in delivery times for orders and the improving the planning of production, which increases the competitiveness of the company. For this reason, the main objective of this article is show the results obtained in the development of a dynamic model that allows to analyze and to control the inventories inside a company supplier of Supply Chain Management of Automotive Cluster of Coahuila
Keywords: Inventories, Dynamic Systems, Automotive Cluster, Simulation.

Angela Dariela Ramírez Benítez[1]
Cuauhtémoc Sánchez Ramírez[2]
Pedro Pérez Villanueva[3]
Dirección de los autores: Calle Ciencia y Tecnología No. 790, Fracc.: Saltillo, 400, C.P. 25290, Saltillo, Coahuila, México
e-mail: angelar@comimsa.com
e-mail: csr@comimsa.com
e-mail: pperez@comimsa.com

Introducción

El dinamismo que se observa en el mercado global, hace necesario que las empresas incrementen su nivel de respuesta, con el objetivo de adaptarse a los cambios que se presentan en la demanda. Y al lograr lo anterior, se posicionen como una empresa confiable, convirtiéndose este factor como su mejor ventaja competitiva. [1]

La industria automotriz es una de las más dinámicas a nivel mundial, no sólo por el número de fabricantes que existen, sino también por todos los proveedores (directos e indirectos) y distribuidores que forman parte de la cadena de suministro y valor, en esta industria, la competencia es una constante. [2]

En las cadenas de suministros de la industria automotriz, un factor crítico de desempeño, es el control y análisis de los sistemas de inventarios que requieren un análisis logístico detallado con el fin de lograr los mejores resultados. Los inventarios de materias primas, de proceso y los productos finales, representan grandes inversiones, constituyendo una potencialidad para lograr mejoras en el sistema. [3]

El problema de gestionar eficientemente el sistema de inventarios cobra su importancia hace ya varias décadas, la implementación de diversos métodos y técnicas han logrado desarrollos importantes a nivel de tecnologías para abordar este tema, pero aun no se recogen los resultados esperados por los expertos. [4]

Se han utilizado a lo largo del tiempo técnicas clásicas para lograr un control adecuado de las existencias y los costos que estos implican. [5] De manera particular, el problema de los inventarios reside en que las empresas tratan de optimizar individualmente sus beneficios; muchas veces sin tener en cuenta el efecto causado a su cliente o proveedor. Diseñan políticas de inventario sin considerar la capacidad de respuesta de su contraparte comercial, creando un clima de incertidumbre que de manera inmediata se traduce en altos costos logísticos para ambas partes debido a la falta de coordinación. [6]

Una de las técnicas empleadas para la administración de los inventarios, es la metodología de Dinámica de Sistemas, que desarrolló Jay Forrester [7]; la cual tiene entre sus principales ventajas el análisis dinámico de sistemas complejos.

Para el desarrollo de esta investigación se tomó como caso de estudio a una empresa Mexicana proveedora del cluster automotriz en el estado de Coahuila, la cual presenta una inestabilidad en el control de sus inventarios debido a la incertidumbre en la demanda de los pedidos de sus clientes. Por lo que se propondrá un modelo basado en la metodología de Dinámica de Sistemas, que le permita tener a la empresa mayor competitividad, mejorando tiempos de entrega y servicio, al lograr administrar eficientemente sus inventarios.

Antecedentes

Metalwork & Stamping es una empresa Mexicana, que se dedica a la elaboración de partes estampadas para la industria automotriz, específicamente, componentes para chasis.

Su principal mercado son empresas del Clúster Automotriz de la Región Sureste de Coahuila (Magna Formex , Metalsa y The Brown Corporation), entiéndase por Cluster a un grupo de compañías interconectadas que están geográficamente cerca una de otra y que trabajan en un sector similar. [8]

El presente trabajo se enfoca en el sistema de inventarios del proceso de producción de la empresa. Actualmente se manejan 46 números de parte, con una producción anual de aproximadamente 400 000 piezas; la fuerza laboral con la que dispone la empresa es de alrededor de 300 empleados distribuidos en 3 turnos.

Los principales clientes de Metalwork & Stamping se muestran en la siguiente Figura 1.

Fig. 1 Clientes de la empresa

Descripción del problema: El principal objetivo de la empresa, es el cumplimiento de los pedidos de los clientes, tanto en tiempo y cantidad; por lo que variables como la demanda, prioridad del pedido, cantidad y número de partes a procesar, lo hacen más complejo generando inestabilidad en el sistema de inventarios de la empresa.

Aunado a lo anterior, hay algunos números de parte que deben ser procesados en más de una operación, por lo que se recurre a proveedores externos y una vez que estas operaciones hayan sido realizadas, se regresan a la empresa para que se les asigne una prioridad y sean procesadas, almacenadas y entregadas al cliente. En la Figura 2, se muestra un diagrama de flujo con estas actividades.

Una característica importante a resaltar en el proceso de Metalwork & Stamping es que la materia prima que recibe la empresa es proporcionada por sus clientes (Magna Formex, Metalsa y The Brown

Corporation.) para que esta sea procesada, por lo que el control de los inventarios se vuelve una aspecto crítico del proceso, ya que este se debe conservar en las mejores condiciones hasta que sea procesado y embarcado.

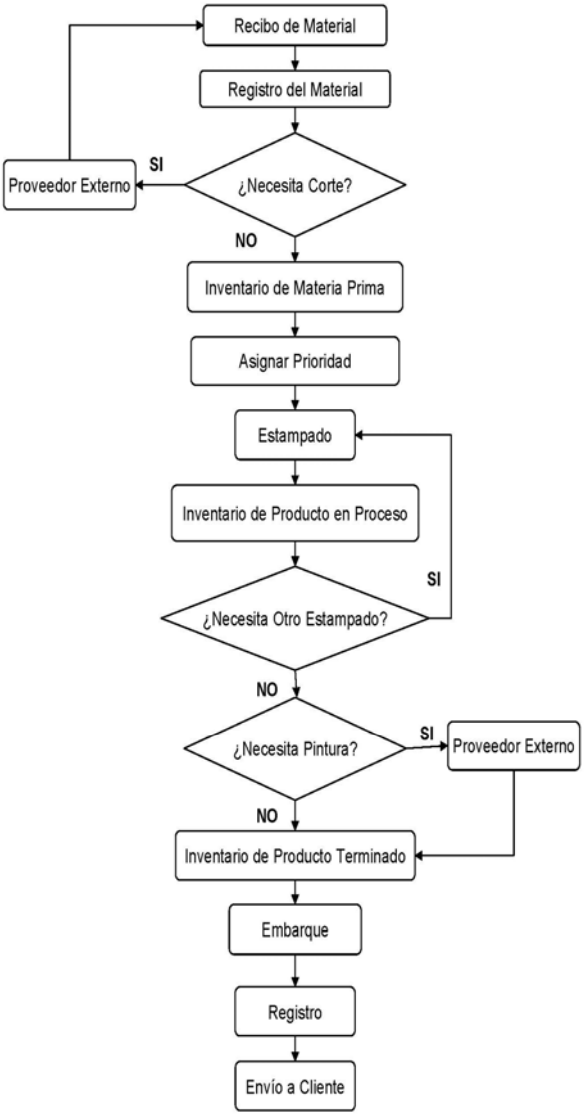

Fig. 2 Diagrama de flujo de material en Metalwork & Stamping

Metodología Propuesta

La metodología que se propone para la mejora en la administración de los inventarios en Metalwork & Stamping, consiste de las siguientes fases:

- Descripción del problema
- Conceptualización del sistema
- Formalización
- Comportamiento del modelo
- Evaluación del modelo
- Explotación del modelo

De acuerdo a Aracil, la modelación de sistemas es la representación de un cierto aspecto de la realidad que facilita la integración de diferentes puntos de vista, basándose en la utilización de simbología fácil de comprender. Modelar se convierte en un proceso iterativo, puesto que es conveniente cuestionarse constantemente, así como probar el modelo y refinarlo con la finalidad de perfeccionarlo, para que sea más cercano a la realidad que se busca representar. [9-10]

Descripción del problema: Como se describió en la sección Antecedentes, el problema se enfoca en cumplir en tiempo y cantidad los pedidos de los clientes, con el fin de aumentar la competitividad de la empresa.

Conceptualización del Sistema: Para desarrollar esta fase se recurrió a la elaboración de un diagrama causal, el cual consiste en la representación gráfica donde se representan los elementos clave del sistema y la manera como estos interactúan. Los diagramas causales son fundamentales dentro de la dinámica de sistemas pues sirven de guía para la elaboración y comprensión de los modelos. A continuación se presenta la metodología para construir diagramas causales propuesta por Sterman [11], la cual fue empleada como base para el desarrollo de esta investigación.

- Definición del problema
- Identificar las variables clave
- Desarrollar el modo de referencia
- Desarrollar los diagramas causales
- Limitaciones del diagrama causal.

Al diagrama causal también se le suele llamar hipótesis dinámica, puesto que ilustran la estructura de retroalimentación del sistema. [12].

Definición del problema: El primer punto es definir el problema, el cual consiste en cumplir en tiempo, forma y cantidad con los requerimientos de los clientes incrementando la capacidad de respuesta de la empresa.

Identificar Variables Clave: Como segundo punto de esta metodología se definen las variables claves.

Demanda: Son los requerimientos de producto terminado de los clientes a la planta; dependiendo de los clientes estos pueden llegar a la empresa por semana o diario. Las unidades que se consideran son en piezas por día.

Recibo: Es la recepción de la materia prima, este tienen la particularidad de que puede llegar en 3 diferentes formas, rollo, laminas o blanks. Dependiendo de la forma se registra su llegada pueden ser kilos en el caso de los rollos o piezas en el caso de las láminas y blanks.

Operación: Es el tiempo que toma el proceso, en el caso particular al estampado de las piezas. Las unidades en las que se expresa la variable son: piezas por segundo.

Tiempo de ciclo: Es el tiempo máximo que tarda la materia prima en transformarse. Las unidades a considerar serán piezas por segundo.

Inventario de materia prima: Son las unidades almacenadas a la espera de que se les asigne la prioridad de producción, al igual que la variable "recibo", estas pueden contabilizarse en kilos o unidades dependiendo de la forma en que arriben a la empresa.

Disponibilidad percibida: Es la diferencia de la demanda menos el inventario de producto terminado, para esta variable se consideró expresarla en porcentaje.

Envíos: Es el número de envíos de producto terminado realizados por la empresa hacía los clientes.

Nivel de Servicio: Es un porcentaje que permite medir el nivel de desempeño del modelo respecto a los tiempos de entrega.

Costos de Ruptura del inventario: Se da cuando hay un pedido en curso pero no puede satisfacerse a partir del inventario disponible. Hay dos clases de ruptura: Por pérdida de ventas y por retardo de la venta. [13]

Capacidad de Producción: Es el nivel máximo nivel de producción que puede alcanzar la empresa con su infraestructura disponible, esta se encuentra dada en piezas por minuto

Inventario de Producto en Proceso: Se refiere al número de piezas de producto no terminado en un proceso esperando en una fila o almacén el siguiente proceso (WIP=Work In Process).

Inventario de producto terminado: Es el número de piezas de producto terminado que se encuentra en almacén a la espera de ser enviadas al cliente.

Costos de Inventarios: Es la suma monetaria de los tres tipos de costo a los cuales se recurren. (Mantenimiento, Adquisición y Ruptura del inventario).

Costos por Mantenimiento del Inventario: Son los que incurre la empresa por almacenar productos durante un periodo de tiempo y son aproximadamente proporcionales a la cantidad de media de artículos disponibles. Estos se dividen en cuatro: Por espacio, por capital, por servicio e inventario, y por riesgo del inventario. [13]

Costos de Operación: Es el costo al que se incurre al poner en marcha la producción para surtir un pedido.

Desarrollar el modo de referencia: El tercer punto de la metodología es la generación de modos de referencia, los cuales son patrones de comportamiento que las variables clave siguen a través del tiempo. A continuación se describen los más importantes:

- Inventario de Materia prima

En la Figura 3 se muestra el comportamiento esperado de la variable "Inventario de Materia Prima", se observa como un patrón "diente de sierra"

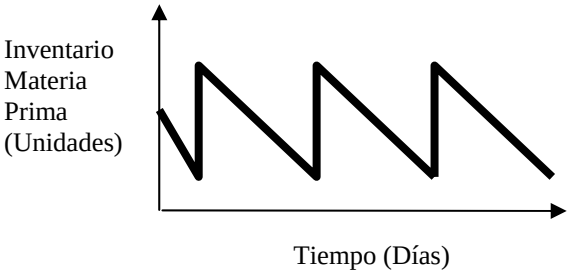

Fig. 3 Modo de referencia de la variable "Inventario de Materia Prima"

- Demanda del modelo

Este representa el número de requerimientos que genera un cliente para la empresa, como se hizo mención anteriormente, la frecuencia del pedido depende del cliente y del número de parte. El modelo de referencia que se espera para la demanda es una grafica que muestre cierta variabilidad como se observa en la Figura 4

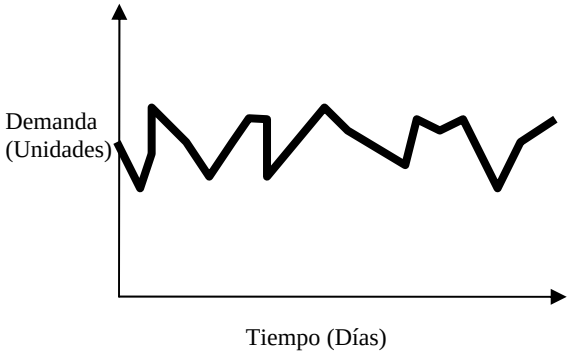

Fig. 4 Modo de referencia de la variable "Demanda"

- Inventario de producto terminado

Una variable clave para el desarrollo del modelo es la de "inventario de producto terminado", la cual esta dada por el número de unidades que se encuentran almacenadas listas para ser enviadas al cliente, El comportamiento esperado es similar al que presenta la demanda. Ver Figura 5.

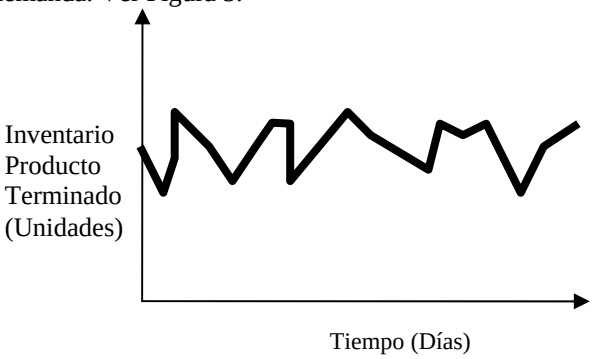

Fig. 5 Modo de referencia de la variable "Inventario de Producto Terminado"

Desarrollo de los diagramas causales: El modelo fue desarrollado utilizando el programa Vensim, en el se puede observar claramente cuales son y como interactúan las variables.

La primera fase para el desarrollo del modelo causal fue identificar a la variable Demanda. la cual influye a Recibo, esta variable tiene una influencia sobre el inventario de Materia Prima, que a su vez influye sobre la variable Operación 1 y esta ultima afecta a la variable producto en proceso.

La variable "Proveedor (corte)" fue incluida para representar la materia prima que debe ser cortada fuera de la empresa, la cual regresa después de ser procesada afectando nuevamente a la variable "inventario de materia prima". Ver Figura 6.

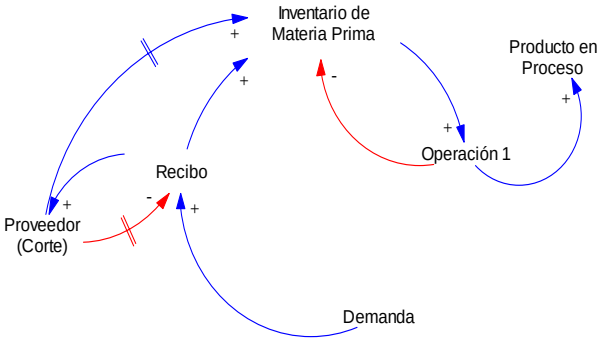

Fig. 6 Diagrama de la llegada de la materia prima a la empresa.

La segunda fase consistió en agregar el proceso de producción de la empresa, utilizando las variables "Capacidad de producción 1 y 2" y "Tiempo de ciclo 1 y 2", para la variable "operación 1 y 2" la cual se refiere al estampado de las piezas. Se enumeran con la finalidad de diferenciar entre aquellas piezas que deben ser procesadas en más de una operación, finalmente las dos operaciones recaen en la variable "Almacén de Producto Terminado". Ver Figura 7.

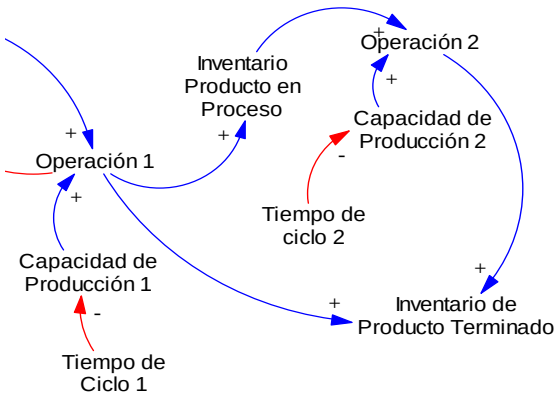

Fig. 7 Diagrama del proceso de producción de la empresa.

En la tercera fase se agregó la variable "proveedor (pintura)" la cual se incrementa por el numero de piezas de producto terminado que deben pintarse, estas son enviadas a un proveedor externo, para posteriormente regresar a la empresa, incrementando la variable "Inventario de Producto Terminado" donde esperan para ser enviadas al cliente. En esta misma fase se considera la variable "Disponibilidad Percibida", la cual es un porcentaje de la proporción de la demanda entre el inventario de producto terminado Ver Figura 8.

La cuarta fase inicia agregando las variables correspondientes al envío del producto terminado. Ver Figura 9.

En la Quinta fase del modelo fueron considerados los Costos por ruptura del inventario, Costos de operación y Costos por mantenimiento del inventario. Estos se engloban en una sola variable llamada "Costo de Inventario". Ver Figura 10

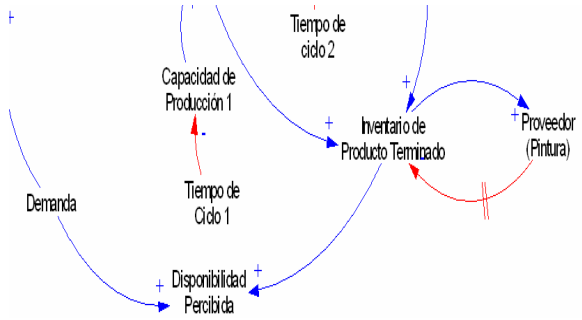

Fig. 8 Diagrama agregando la variable "Proveedor (Pintura)" y "Disponibilidad Percibida"

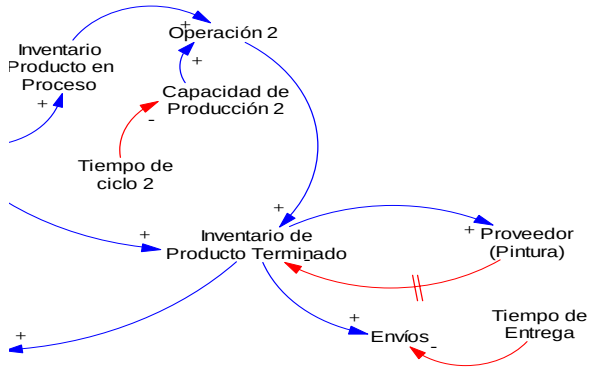

Fig. 9 Diagrama considerando Envío de Producto terminado.

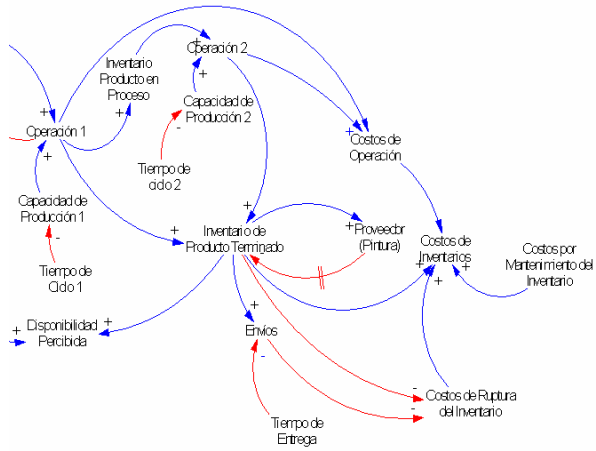

Fig. 10 Diagrama considerando los Costos

Finalmente la variable Nivel de servicio fue agregada dando como resultado el diagrama causal final. Ver Figura 11

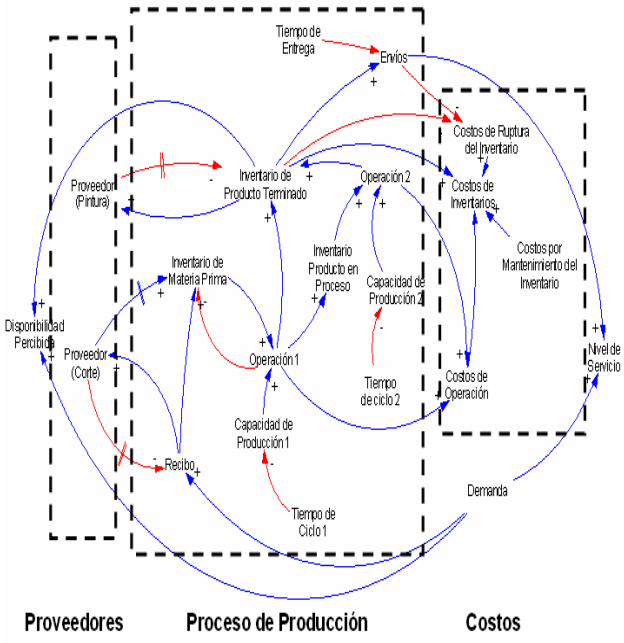

Fig. 11 Diagrama causal final

Limitaciones: El modelo sólo analiza el proceso de producción para la administración de los inventarios y no considera otros procesos como: Mercadotecnia, Ventas, etc.

Conclusiones y Trabajo Futuro.

El presente artículo es el primer resultado de un trabajo de investigación que apoyará a la toma de decisiones de la empresa Metalwork & Stamping, buscando la mejora en el cumplimiento de los pedidos de los clientes.

El modelo presentado se desarrolló buscando el apego a la problemática real de la empresa para lo cual la metodología de Dinámica de Sistemas mostró ser una herramienta versátil para el análisis de sistemas dinámicos complejos como el que se tiene en la empresa.

El trabajo futuro incluye el desarrollo de las fases 3, 4, 5 y 6 de la metodología de dinámica de sistemas, para lo cual se tiene considerado el uso del software STELLA (Systems Thinking Educational Learning Laboratory with Animation).

Referencias.

[1] José Elías Jiménez Sánchez, "Los factores críticos de éxito de la cadena de suministro", Publicación Técnica No 237, Sanfandila, Qro. 2004 ISSN 0188-7297

[2] Revista Ejecutivos de Finanzas, el poder de los negocios. 30 de septiembre de 2006. Núm. 4506, disponible en línea en http://ejecutivosdefinanzas.org.mx/articulos.php?id_sec=27&id_art=712

[3] S. Axsälter. "Inventory Control. Kluwer Academic Publishers". Boston, 2000, pp 2-5

[4] Cardona, H. C. David; Cataño P. J. Eduardo; Correa E. Alexander; y Peña Z. G. Elena "Análisis de un sistema de inventarios en una PYME de confección". II Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. (2001).

[5] Sipper y Bufin. Planeación y control de la producción. Mc Grawhill, 1992.

[6] José Elías Jiménez Sánchez, "Estado del arte de los modelos matemáticos para la coordinación de inventarios en la cadena de suministro", Publicación Técnica No 281, Sanfandila Qro. 2005, ISSN 0188-7297

[7] Forrester, Jay W., "Industrial Dynamics", Waltam, MA: Pegasus Comunications 466 pp.

[8] Porter, M. 2000. Location competition and economic development: Local cluster in a Global Economy 2004, 14, pp: 15-34

[9] Hugo Hernando Andrade Sosa, Jaime Daniel Mejía Castro, Ricardo Vicente Jaime Vivas. "Micromundos: una aplicación de dinámica de sistemas en el estudio de la macroeconomía Keynesiana" Grupo SIMON de Investigaciones en Modelos y Simulación 2002.

[10] Aracil Javier, "Dinámica de Sistemas" 4° Edición, 1995

[11] Sterman Jhon D., "Business Dynamics" Systems Thinking and Modeling for a Complex World. 2000

[12] Jaén Sebastián "Ayudas para la elaboración de diagramas causales" disponible en línea en http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/311/**Causales**.pdf 2005

[13] Ballou Ronald H. "Logística: Administración de la cadena de Suministro" 5° edición, 2005.

Angela Dariela Ramírez Benítez.

Ingeniera Industrial egresada del Instituto Tecnológico de Saltillo en el año de 2006. Actualmente es aspirante a obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología con especialidad en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura del Posgrado Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT-CONACYT) sede COMIMSA.

Cuauhtémoc Sánchez Ramírez

Es candidato a Doctor en Ciencia y Tecnología con especialidad en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura dentro del Programa Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT) sede COMIMSA.
Actualmente participa de manera activa en el desarrollo de proyectos relacionados con la logística y la administración de la cadena de suministros automotriz. Obtuvo el titulo de Ingeniero en Electrónica en el año de 1999 por parte del Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz. Para el año 2002, la misma institución le otorgó el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Industrial, enfocándose en la administración estratégica de las operaciones industriales.

Pedro Pérez Villanueva
Es Ingeniero Industrial y de Sistemas por la Universidad Autónoma de Coahuila y Maestro en Sistemas de Información por la misma Universidad. Obtuvo el Doctorado en Ingeniería Industrial y Sistemas de Manufactura dentro del Programa Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (PICYT-CONACYT) sede COMIMSA. Cuenta con 15 años de experiencia en el área de diseño y sistemas de manufactura, sistemas inteligentes y en el área de ensamble y desensamble de productos. Actualmente es Profesor-Investigador en el PICYT sede COMIMSA.