

# Planning Operational Model Design Applied To Shopping and Inventories Metallurgical Sector in Cartagena Colombia

Elvira Gómez Verjel<sup>1</sup>, Arcelio Perez Simanca<sup>2</sup>, Yunellis Burgos Pereira<sup>3</sup> and Juan Jose Puello Beltrán<sup>4</sup>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena, Colombia

*First.* egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co, *second.* arcelio.perez@gmail.com, *third.* yburgos@tecnologicocomfenalco.edu.co *and fourth.* jjpuello@tecnologicocomfenalco.edu.co

*Abstract-*In the warehouse logistics there are many processes and procedures can be improved with ICTs, however, its use increases implementation costs. The needs are evident in the area of inventory in control of cost reduction, and optimization models, which allow evidence a coordinated, cost-effective and productive for business flow. One of the sectors in which problems are presented in inventory management is the engineering sector, for this reason the objective of this project is to design a model for optimizing purchasing processes and inventory applied to engineering in Cartagena city, which contributes to improving the activities in each company. The implementation of this software will enable companies in the sector control activities in terms of inputs and outputs, lead tracking of processes, contribute to streamlining operations, reducing costs and improving information flows.

*Keywords-* Inventory, Logistics, Modelo, Optimización, TIC.

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.372>

**ISBN:** 978-0-9822896-9-3

**ISSN:** 2414-6390

**14<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology:** “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

# DISEÑO DEL MODELO DE PLANEACIÓN DE OPERACIONES DE COMPRAS E INVENTARIOS APLICADO AL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

Elvira Gómez Verjel<sup>1</sup>, Arcelio Perez Simanca<sup>2</sup>, Yunellis Burgos Pereira<sup>3</sup> and Juan Jose Puello Beltrán<sup>4</sup>

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena, Colombia

First. [egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co), second. [arcelio.perez@gmail.com](mailto:arcelio.perez@gmail.com), third. [yburgos@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:yburgos@tecnologicocomfenalco.edu.co) and fourth. [jjpuello@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:jjpuello@tecnologicocomfenalco.edu.co)

*Resumen- En la logística de almacén existen muchos procesos y procedimientos que son susceptibles de mejoras tras la incorporación de las TICs, sin embargo, aun existiendo muchos esfuerzos para esto, existe necesidades asociadas a los altos costos que esto demanda y las actividades de implementación para las mismas. Las necesidades que se evidencian en el área de inventario giran entorno al control de los mismo con miras a la reducción de costos, para tal gestión de encuentran modelos de optimización los cuales permiten evidenciar un flujo coordinado, rentable y productivo para las empresas*

*Uno de los sectores en los cuales se presentan problemáticas en la gestión de inventario es el sector metalmecánico, por tal motivo el objetivo del presente proyecto es diseñar un modelo para la optimización de los procesos de compras e inventario aplicado al sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena, el cual contribuya a mejorar las actividades que de desarrollan al interior de cada compañía. La implementación de éste software permitirá a las empresas del sector poder controlar las actividades en cuanto a entradas y salidas se refiere, llevar trazabilidad de los procesos, contribuir a la simplificación de las operaciones, reducción de costos y mejora de los flujos de información.*

**Palabras clave- Inventario, Logística, Modelo, Optimización, TIC.**

## I. INTRODUCTION

Las entidades encargadas de velar por el desarrollo de innovaciones e investigaciones que generen un impacto en la sociedad y en la generación de cambios en los sectores que identifican la ciudad logran recopilar a través del plan regional de competitividad Cartagena-bolívar necesidades alrededor de la apuesta productiva Logística para el comercio exterior donde la visión se enfoca en la calidad de los servicios

logísticos, innovación de procesos y generación de valor para contribuir a mejoras pactadas en el sector.

Actualmente, la logística se ha convertido en un aspecto clave para la competitividad de las organizaciones, ya que determina el logro de un servicio predecible, consistente y confiable a costo racionales, además de cumplir con seis indicadores: Producto correcto, cantidad requerida, condiciones adecuadas, tiempo prometido, al más bajo costo y en el lugar acordado, así mismo la gestión de almacenes es un proceso crítico dentro de la cadena de suministro debido a que se encarga de la administración de los inventarios.

El proceso de gestión de inventarios es uno de los proceso que mas costos representa dentro de toda la cadena de suministro de una empresa, dado que éste proceso requiere de mucha precisión y soporte matemático para determinar las cantidades exactas y el nivel óptimo bajo el cual se debe trabajar de tal manera que no genere altos costos en el proceso. En la fig. 1 se evidencia un estudio realizado por la empresa Miebach Consulting sobre la logística en Colombia [1], en la cual se analizan procesos que intervienen en la gestión de la cadena de suministro y el costo que genera dentro de la misma.

Como se puede observar en la figura 1 se encuentra que la gestión de inventario seguido del de la gestión de transporte es el proceso que más costo le genera a las empresas y por ende su gestión se hace más compleja.

14<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering Innovations for Global Sustainability”, 20-22 July 2016, San José, Costa Rica.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.372>

ISBN: 978-0-9822896-9-3 ISSN: 2414-6390

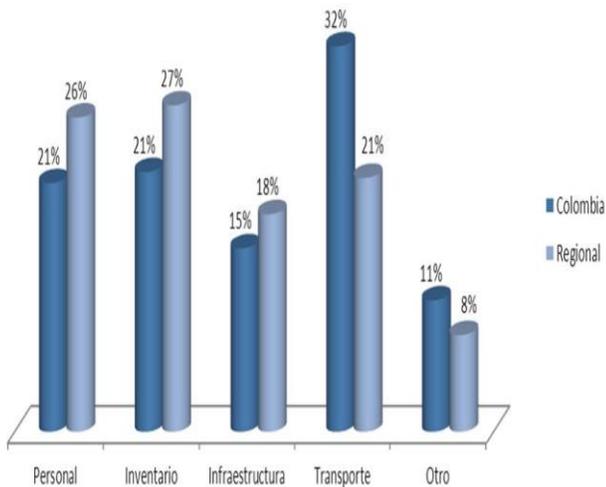


Fig 1. Factores con mayor costo logístico 2013.

Teniendo en cuenta importancia de la logística en Colombia y así mismo de la gestión de inventario y los altos costos que representan en el proceso, el presente artículo presenta el diseño de un modelo de planeación de compras e inventario que permita optimizar los procesos en las empresas del sector ferretero.

## II ESTADO DEL ARTE

En la década de los ochenta (1982) la firma consultora Booz Allen & Hamilton y específicamente su consultor Keith Oliver acuña los vocablos Supply Chain durante el desarrollo de una consultoría a un grupo de empresas. Con los vocablos Supply Chain, Oliver quiso dar a entender el conjunto de actividades derivadas de las relaciones de las empresas con sus proveedores, es decir sobre el manejo de materias primas e insumos que se adquieren a los proveedores con destino a las plantas (industria) y a las empresas comerciales: manejo de las mercancías, empaque, marcado, embalaje, despacho, cargue, transporte, y descargue en la empresa manufacturera o comercial. El concepto que Keith Oliver acuñó con los vocablos Supply Chain, entonces hacía énfasis a las relaciones con los proveedores, Upstream, únicamente (Aguas arriba).

Cuando Keith Oliver acuña los vocablos Supply Chain, la realidad productiva y comercial de la época era lineal, encadenada y las relaciones entre las empresas intervinientes eran exclusivamente comerciales. No existía la complejidad de hoy en día. Hoy los vocablos Supply Chain y Logística no son sinónimos (Council of Supply Chain Management Professionals) [2]. Supply Chain Management y Logística, como disciplinas son entes históricos en constante evolución. La logística es una parte del Supply Chain. Específicamente, Supply Chain no es una cadena de negocios con relaciones uno a uno, sino una red de múltiples negocios y múltiples

relaciones (Iambert & Cooper, 1998) [3], es decir, una red de valor, inteligente, compuesta por nodos denominados empresas u organizaciones, pero definitivamente sistemas socio-técnicos o sistemas culturales.

Supply Chain Management hace relación a la gestión de las relaciones que se diseñan y construyen entre la empresa líder, y los nodos de la Red de Valor. Estas relaciones se diseñan en función de las necesidades de los clientes o segmentos de clientes, dado el conocimiento del mercado, el desarrollo de la capacidad de respuesta hacia los clientes, el desarrollo de la capacidad cultural, y la aplicación de un estilo de liderazgo (Feres & Sahid, 2009) [4].

Dentro de los procesos que conforman la gestión del Supply Chain management se encuentra inventario como un proceso de vital importancia para la rentabilidad de las empresas, dado que de la efectiva gestión que se realice depende la rentabilidad y productividad de las empresas. Por tal motivo con el fin de realizar una excelente gestión se deben considerar las diferentes técnicas que existen para controlar todas las actividades que se desarrollan en ésta área.

Dada la necesidad anteriormente mencionadas es que surge la necesidad de diseñar modelos que contribuyan a la buena gestión de inventario, como el modelo presentado por Ford Whitman Harris (1913) [5] creado con el fin de controlar la cantidad óptima de reabastecimiento y el tiempo óptimo entre dos pedidos de un producto para una entidad.

Este modelo inicial contempló las siguientes variables:

1. El horizonte que afecta a la gestión de stocks es ilimitado; el proceso, por lo tanto, continúa de forma indefinida.
2. La demanda es continua, conocida y homogénea en el tiempo; según este concepto, se supone que la tasa de consumo es  $D$  unidades/año.
3. El plazo de entrega,  $L$ , es constante y conocido.
4. No se aceptan rupturas de stock.
5. El coste variable de adquisición resulta constante
6. La entrada del lote en el sistema es instantánea cuando ha transcurrido el plazo de entrega.
7. Se considera un coste de lanzamiento de pedido y un coste de posesión de stock igual a  $CP$ .
8. El lote tendrá siempre el mismo tamaño, para que los parámetros del modelo sean constantes.

S. K. Goyal (1985) [6], describió el modelo EOQ teniendo en cuenta la cantidad de orden económico en condiciones de retraso admisible en los pagos, en este modelo se asumió que el proveedor debe pagar por los artículos tan pronto como sean recibidos, sin embargo, en la práctica un proveedor permite un cierto período fijo para saldar la cantidad adeudada sus artículos suministrados. Por lo general, no hay ningún cargo si la cantidad pendiente se salda dentro del plazo de liquidación

fijo permitido. Se concluyó que el intervalo de tiempo de reposición económica y la cantidad a ordenar suele aumentar ligeramente bajo retraso admisible en los pagos.

X. Zhang and Y. Gerchak (1990) [7], Estudiaron un modelo con política de Inspección en un modelo EOQ con rendimiento aleatorio donde una proporción aleatoria de unidades son defectuosas. Estas unidades pueden ser descubiertas sólo a través de inspecciones costosas. El problema es, de dos variables: ambos son de mucho tamaño y fracción a inspeccionar. En primer lugar, analizamos un modelo en el que la única sanción por defectuosos inspeccionados es financiera, y luego consideramos un modelo donde no se pueden utilizar las unidades defectuosas y por lo tanto deben ser reemplazados por otros no defectuosos.

T. C. E. Cheng (1991) [8], propuso un modelo EOQ con el costo de producción por la demanda dependiente y los procesos de producción imperfectos. Se formuló el problema de decisión de inventario como un programa geométrica (GP) y se resolvió para obtener soluciones óptimas de forma cerrada.

Tersine, R, Barman. S, y Morris.J (1992) [9], en este periodo se continuó anexándole variables al modelo EOQ en el cual le incluyeron los gastos de envío, los gastos de inspección, los costos de retención en tránsito, costos pedido pendiente, reposición finito, y la calidad rechazada en su formulación. El modelo compuesto puede desagregarse en numerosos diferentes modelos híbridos deterministas mediante el uso de reglas de descomposición simples que se aplican a una variedad de diferentes situaciones operativas. Además, las extensiones EOQ compuestos para descuentos por cantidad y los cambios de precios de transición se conciben y fácilmente se puede desagregar con las mismas reglas de descomposición simples.

Modelos en la gestión de inventario se han ido presentando a través del tiempo como una opción el control y manejo de los mismo, dentro de este proceso uno de los último es el propuesto por Cárdenas y Zankar (2015) [10] el cual considera un modelo EOQ en una cadena de dos nivel el cual considera demanda variable y efecto promocional, así como la comparación entre dos escenarios uno donde se considere colaboración en el sistema y otro donde no se considere colaboración en el sistema.

### III DISEÑO DEL MODELO DE OPTIMIZACION

El modelo propuesto en el presente proyecto de investigación busca la optimización de los procesos de compras e inventario, para la integración el mercado de clientes potenciales o reales de una ferretería o negocio similar. A continuación se

describen cada una de las fases o etapas del diseño o modelo de optimización:

#### Conjuntos

Sea  $i\{1, \dots, I\}$  el conjunto de items o productos contenidos dentro del portafolios de servicios de la ferretería objeto de estudio.

Sea  $t\{1, \dots, T\}$  el horizonte de tiempo de planeacion de la logistica de compras e inventario

#### Parámetros

**demandaproyectada<sub>i,t</sub>**: demanda proyectada de productos en la ferretería  
**inventariominimopermitido<sub>i</sub>**: inventario minimo permitido de acuerdo a las politicas  
**inventariomaximopermitido<sub>i</sub>**: inventario maximo permitido de acuerdo a las politicas  
**inventarioinicial<sub>i</sub>**: Inventario inicial en bodega  
**costoinventario<sub>i</sub>**: costo promedio de inventario  
**costoreabastecimiento<sub>i</sub>**: costos de reabastecimiento por cada producto  
**costoalistamientoproductos<sub>i</sub>**: costos de alistamiento de cada producto (preparacion y disposicion de producto)

#### Variables

**productosrequeridos<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto i a comprar para almacenar en los espacios en el tiempo t

**inventariofinal<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto por encima de la meta de demanda

**productosfaltantes<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto por debajo de la meta de demanda

**decisionventa<sub>i,t</sub>**: variable binaria para definir si se vende o no ese mes

**costos**: funcion objetivo a evaluar dentro del model

#### Ecuaciones a optimizar

La función objetivo del presente modelo lo que busca es minimizar los costos asociados a la operación de inventario en las ferreterías, la cual se constituye de la siguiente forma:

La función objetivo del presente modelo lo que busca es minimizar los costos asociados a la operación de inventario en las ferreterías, la cual se constituye de la siguiente forma:

$$\sum_i \sum_t \text{costoreabastecimiento}_i * \text{productosfaltantes}_{i,t} + \sum_i \sum_t \text{costoinventario}_i * \text{inventariofinal}_{i,t} + \sum_i \sum_t \text{costoalistamientoproductos}_i * \text{decisionventa}_{i,t} \tag{1}$$

Esta función a optimizar está sujeta a las siguientes restricciones:

Garantiza la demanda de productos del primer mes en relación a los inventarios iniciales y parámetros por encima o por debajo de los requerimientos:

$$\begin{aligned}
& \text{inventario inicial}_i + \sum_t \text{productos requeridos}_{i, \text{febrero}} - \text{inventario final}_{i, \text{febrero}} \\
& + \text{productos faltantes}_{i, \text{febrero}} = \text{demanda proyectada}_{i, \text{febrero}} \quad \forall i
\end{aligned} \tag{2}$$

Garantiza el cumplimiento de la demanda para los siguientes meses en orden ascendente.

$$\begin{aligned}
& \text{inventario inicial}_i + \sum_t \text{productos requeridos}_{i,t} - \text{inventario final}_i \\
& + \text{productos faltantes}_{i,t} = \text{demanda proyectada}_{i,t} \\
& \quad \forall i, t \in T
\end{aligned} \tag{3}$$

Garantiza los requerimientos mínimos que por experiencias o políticas de la empresa se determinan para tener en inventario:

$$\begin{aligned}
& \text{inventario inicial}_i + \sum_t \text{productos requeridos}_{i,t} - \text{inventario final}_i \\
& + \text{productos faltantes}_{i,t} = \text{demanda proyectada}_{i,t} \\
& \quad \forall i, t \in T
\end{aligned} \tag{4}$$

Garantiza los requerimientos máximos que por experiencias o políticas de la empresa se determinan para tener en inventario:

$$\begin{aligned}
& \text{productos requeridos}_{i,t} \geq \text{decision venta}_{i,t} * \\
& \text{inventario minimo permitido}_i \\
& \quad \forall i, t \in T
\end{aligned} \tag{5}$$

#### Restricciones ocultas para su ejecución o no, de acuerdo a las necesidades de las ferreterías.

Garantiza que todos los productos sean adquiridos para ofertarlos a los clientes

$$\text{decision venta}_{i,t} = 1; \quad \forall i, t \in T \tag{6}$$

Garantiza que al último mes de planeación la ferretería pueda o no considerar tener inventario.

$$\text{inventario final}_{i, \text{mayo}} = 0; \quad \forall i \tag{7}$$

#### IV. CASO DE APLICACION PARA LA EVALUACION DEL MODELO DE OPTIMIZACION EMPRESA DEL SECTOR FERRETERO.

Las empresas dentro del ejercicio de sus sistemas de producción y operaciones muchas veces se enfrentan a difíciles decisiones que giran en torno a tres criterios financieros que a su vez involucran procesos estratégicos, tácticos y operacionales, estos elementos son: Criterio de supervivencia, sobre el cual se busca mantenerse en un mercado y sobrevivir a pesar de las adversidades, criterio de crecimiento en donde se busca un desarrollo y por último el criterio de utilidad, con el que pretende obtener ganancias sobre rentabilidad. Las decisiones que se toman basados en estos tres elementos, en muchas ocasiones ocasionan desfases desde el punto de vista de producción y por ende sobre la estructura de costos de una compañía, lo cual obliga a buscar otras alternativas que puedan en un momento dado.

Hernández (2008) plantea que uno de los grandes retos para la empresas modernas y aquellas que han implantado nuevos modelos de gestión es el de utilizar los recursos disponibles para conseguir con la máxima efectividad y economía los bienes y servicios que el mercado necesita y para hacer frente a las demandas del mercado de consumo se requieren diferentes tipos de actividad empresarial, como los que se plantean a continuación junto con los principales problemas que enfrentan:

- Sistemas de producción que producen bienes: Dentro de los problemas que surgen en las empresas de manufactura, que generalmente se componen de la metodología de trabajo Engineer To Order (las especificaciones del cliente requieren un diseño único o un nivel de personalización bastante elevado. ejemplo. equipos para alimentos, hornos, entre otros), Make To Order (la empresa no comienza la manufactura de un producto hasta que la orden del cliente es recibida. por lo general, la empresa cuenta con un bill of material (bom) o receta de producción y con un diseño preestablecido. se requiere que existan pronósticos y planificación cuidadosa. ej. Vehículos), Assemble To Order (el producto es elaborado en base a componentes estándar que se encuentran en almacén. la personalización del producto se realiza por medio del ensamble o combinación de componentes. ej. computadoras, muñecas, etc.), Make To Stock (La empresa produce el producto terminado independiente que existan pedidos de los clientes y lo ofrece al mercado como tal, sin optimización del producto. Productos de alto volumen. Ejemplo. Botanas, productos plásticos, etc.).

Los procesos de trabajo se desarrollan bajo un concepto de flexibilidad, de las cuales debe soportarse con una gran variedad de procesos flexibles y mano de obra muy calificada. Es aquí donde al tener una gran variedad de tareas de distintos clientes y diferentes procesos que deben atenderse con las maquinas disponibles, se crea una desorganización en el cumplimiento de los pedidos hacia los clientes, por lo que puede ser perjudicial para el cumplimiento de las operaciones

y por lo tanto la satisfacción de los clientes que ayudan a mantener el negocio.

Otro de los problemas que surgen en los Job Shop o Flow Shop son los retrasos en la entrega de productos hacia los clientes por una mala planeación de los recursos, incurriendo muchas veces en la ampliación de los turnos de trabajo, contratación de personal adicional y demás equipos necesarios que se traducen en más costos de fabricación, y en su defecto menos utilidades para la empresa. Por lo tanto es de vital importancia el apoyo de herramientas que ayuden a gestionar de forma eficaz y eficiente los recursos disponibles para atender a los clientes, lo que involucra una planeación, programación y control de las operaciones para la generación de resultados positivos en términos monetarios.

- Sistemas de producción que distribuyen bienes: los principales inconvenientes de este tipo de compañías radican en los tiempos de entregas y disponibilidad de productos para poder atender cierta demanda, lo cual se traduce en buscar metodologías que busquen gestión de los 3 elementos que Ronald Ballou en su texto titulado logística. Administración de la cadena de suministro [11], menciona como:

- o Decisiones de transporte.
- o Decisiones de inventario.
- o Decisiones de ubicación de instalaciones.

- Sistemas de producción u operaciones de servicios: Este tipo de empresas pueden presentar los mismos inconvenientes que los dos sistemas pasados, pero con la diferencia que el bien es una percepción del cliente respecto a lo que recibe.

ALUNALPES es una empresa dedicada a la comercialización y fabricación de productos en aluminio, cuenta con un amplio portafolio de productos y servicios entre los cuales se encuentran sostenedores para baño, cielo rasos, puertas corredizas y puertas de garaje eléctrica, además contempla el arte de vidrios templados que permite la elaboración e instalación de ventanas de tipo corredizas y proyectantes con accesorios y finos acabados.

Haciendo alusión a la logística de compras e inventarios, se tiene que los materiales requeridos para la elaboración de puertas y ventanas en aluminio son de vital importancia en cuanto a lugar, tiempo y modo, dado que los pedidos que maneja la compañía son dentro de tiempos considerablemente cortos que juegan un rol importante dentro de la seguridad de los clientes que se atienden, más sin embargo el proceso de abastecimiento de insumos y materia prima ha venido siendo entorpecido y por ende convirtiéndose en un ente que propicia el retraso del sistema de producción, lo cual se soporta en las siguientes causas:

- El proveedor no cuenta en determinadas ocasiones con suficiente stock de inventarios.
- La logística de distribución empleada por los proveedores no está articulada con las necesidades de producción de la empresa, razón por la cual se recibe pedido en lapsos de tiempos que comprometen la entrega de los productos terminados.
- No existen controles de calidad del material recibido, que aseguren las condiciones establecidas y estrictamente necesarias para aceptar el producto terminado.
- Producto terminado con diferentes tipos de referencias y calidad, dado que el proveedor no tiene un sistema único de referencias, lo cual hace que por razones de tiempo, los productos sean ensamblados de forma híbrida.

### Simplificación del modelo de optimización

Con el objetivo de resolver el problema de optimización de inventarios se utilizó un modelo simplificado de programación lineal entera mixta. Este modelo parte de los siguientes supuestos:

- Se utilizaron 30 productos necesarios para la construcción de puertas, ventanas y divisiones de baño (productos arquitectónicos desarrollados por la empresa ALUNALPES), los cuales son:
  - o Marco sup e inf 744
  - o Marco lat, hoja central y lat
  - o Cierre caracol
  - o Rodaja 744
  - o Tornillo 1 x 8 pan
  - o Extruempaquete
  - o Vidrio 4 mm
  - o Canal 3 x 1 1 aleta
  - o Tubolite peq
  - o Tubo 1 x 1 2 aletas
  - o Pisavidrio u
  - o Tensor 5/16
  - o Cerradura 20 mm
  - o Bisagra 3 omega
  - o Manija fija movil
  - o Tornillos 1 x 8 av
  - o Remache pop 5-4
  - o Silicona super
  - o Marco de baño
  - o Hoja de baño
  - o Riel colgante baño
  - o Platina toallero

- Soportes toalleros
- Manija baño
- Rodaja colgante bañ
- Acrílico arabesco 180x 100
- Empaque 3 mm
- Angulo 3/4
- Remache pop 5-4
- Silicona

- Para la estimación de la demanda, inicialmente se procedió a realizar un estudio para determinar el punto de equilibrio de la empresa (ver figura 2), con el cual se estandarizo una producción inicial de 18 puertas, 24 ventanas y 18 divisiones de baño para lograr utilidades en el corto plazo, articulado a una estrategia de mercado efectiva, la cual sostenía incremento del 5% mensual sobre los valores en equilibrio de la producción:

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO A PARTIR DEL MARGEN DE CONTRIBUCIÓN							
PRODUCTOS							
	A	B	C	D	E	F	
Precio de Venta	b	\$ 600.000,00	\$ 140.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 140.000,00	\$ 600.000,00
Costo Variable Unitario	a	\$ 400.000,00	\$ 80.000,00	\$ 300.000,00	\$ 400.000,00	\$ 80.000,00	\$ 300.000,00
Margen de Contribución	MC	\$ 200.000,00	\$ 60.000,00	\$ 300.000,00	\$ 200.000,00	\$ 60.000,00	\$ 300.000,00
Proporción	Pr	0,12	0,16	0,12	0,18	0,24	0,18
% Mezcla	%	12,00%	16,00%	12,00%	18,00%	24,00%	18,00%
Margen de Contribución Ponderado	MCP	\$ 24.000,00	\$ 9.600,00	\$ 36.000,00	\$ 36.000,00	\$ 14.400,00	\$ 54.000,00
Costos Fijos Mensuales	CF	\$ 17.706.282,00					
Punto de Equilibrio Unidades Total	Qe		102				
Utilidad Esperado	Z	\$ 8.000.000,00					
ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO POR PRODUCTO							
PRODUCTOS							
	A	B	C	D	E	F	
Punto de Equilibrio Unidades Total	Qe(totál)		102				
% Mezcla	%	12,00%	16,00%	12,00%	18,00%	24,00%	18,00%
Punto de Equilibrio Unidades Por Producto	Qe	12	16	12	18	24	18
Precio de Venta	b	\$ 600.000,00	\$ 140.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 140.000,00	\$ 600.000,00
Punto de Equilibrio en Pesos	Qe(\$)	\$ 7.200.000,00	\$ 2.240.000,00	\$ 7.200.000,00	\$ 10.800.000,00	\$ 3.360.000,00	\$ 10.800.000,00
ANÁLISIS DEL NIVEL DE PRODUCCIÓN							
PRODUCTOS							
	A	B	C	D	E	F	
Nivel de Producción Total	Qn(totál)		148				
% Mezcla	%	12,00%	16,00%	12,00%	18,00%	24,00%	18,00%
Nivel de Producción Unitario	Qn(u)	18	24	18	27	36	27

Fig 2. Estructura de equilibrio de costos de ALUNALPES

- Posterior al cálculo del volumen de producción a lograr por el departamento comercial, mediante el uso de árbol de materiales de cada producto, se determinaron los requerimiento de materiales de cada uno de los tres productos de la compañía, con los cuales se trabajó el modelo de optimización tal como se ilustra a continuación:

STOCK MINIMO MATERIA PRIMA- ALMACEN TALLER				
MATERIA PRIMA	VENTANA	Unidad	precio unit	Stock mínimo
marco sup e inf 744	1	MT	3.403,00	25
marco lat, hoja central y lat	2	MT	10.581,95	50
cierre caracol	1	UN	2.240,00	25
rodaja 744	4	UN	1.674,00	100
tornillo 1 x 8 pan	12	UN	14,78	300
extruempaque	6	MT	558,44	150
vidrio 4 mm	1	MT2	17.052	25
MATERIA PRIMA	DIVIBAÑO	Unidad	precio unit	Stock mínimo
MARCO DE BAÑO	6	MT	2.274,00	60
HOJA DE BAÑO	10	MT	1.802,83	100
RIEL COLGANTE BAÑO	1	MT	5.833,33	10
PLATINA TOALLERO	1	MT	666,67	10
SOPORTES TOALLEROS	2	UN	769,50	20
MANIJA BAÑO	1	UN	921,50	10
RODAJA COLGANTE BAÑ	2	UN	680,00	20
ACRILICO ARABESCO 180X 100	1	LAM	40.091,67	10
EMPAQUE 3 MM	10	MT	576,84	100
ANGULO 3/4	0,30	CM	732,67	3
REMACHE POP 5-4	60	UN	19,82	600
SILICONA	1	UN	4.620,00	10
MATERIA PRIMA	PUERTA	Unidad	precio unit	Stock mínimo
canal 3 x 11 aleta	6	MT	4.626,33	120
tubolite peq	6	MT	8.000,00	120
tubo 1 x 12 aletas	3	MT	4.250,00	60
pisavidrio U	12	MT	1.033,33	240
tensor 5/16	2	UN	823,15	40
cerradura 20 mm	1	UN	28.448,79	20
bisagra 3 omega	3	UN	534,76	60
manija fija movil	1	UN	10.000,00	20
tornillos 1 x 8 av	60	UN	53,50	1200
remache pop 5-4	60	UN	20,67	1200

Fig 3. Matriz de determinación de Stock

- Los inventarios mínimos, inventarios máximos, costos de abastecimiento y de almacenamiento fueron calculados de acuerdo al historial y método establecido por el área financiera para los insumos del presente modelo.

### Resultados de la evaluación e implementación del modelo en el sistema de producción de la empresa ALUNALPES.

Para lograr un equilibrio se propone la evaluación del modelo como apoyo a la gestión administrativa de los procesos de compras e inventarios, obteniéndose los siguientes resultados.

El modelo plantea manejar un presupuesto de compras e inventario de \$ 8, 714, 433.00, durante los primeros 6 meses del año en estudio, frente a un valor de \$ 17,976,217.00, lo cual representa un ahorro del 52% sobre el monto de planificado por el departamento de compras, tal como se ilustra a continuación:

COMPILATION TIME = 0.001 SECONDS 3 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG  
 GAMS 24.5.6 r55090 Released Nov 27, 2015 LEX-LEG x86 64bit/Linux 04/29/16 19:15:14 Page 2  
 General Algebraic Modeling System  
 Model Statistics SOLVE tecnologico Using MIP From line 295

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS 7 SINGLE EQUATIONS 751  
 BLOCKS OF VARIABLES 5 SINGLE VARIABLES 721  
 NON ZERO ELEMENTS 2,161 DISCRETE VARIABLES 180

GENERATION TIME = 0.007 SECONDS 4 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG

EXECUTION TIME = 0.007 SECONDS 4 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG  
 GAMS 24.5.6 r55090 Released Nov 27, 2015 LEX-LEG x86 64bit/Linux 04/29/16 19:15:14 Page 3  
 General Algebraic Modeling System  
 Solution Report SOLVE tecnologico Using MIP From line 295

S O L V E S U M M A R Y

MODEL tecnologico OBJECTIVE costos  
 TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE  
 SOLVER MOSEK FROM LINE 295

\*\*\*\* SOLVER STATUS 1 Normal Completion  
 \*\*\*\* MODEL STATUS 1 Optimal  
 \*\*\*\* OBJECTIVE VALUE 8714433.0190

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.024 1000.000  
 ITERATION COUNT, LIMIT 0 2000000000  
 GAMS/MOSEK Extended license detected

Fig 4. Resultados del modelo de optimización.

El modelo permite tomar la decisión de que cantidades de materia comprar y así mismo, los instantes de tiempos adecuados para efectuar la compra, tal como se ilustra la siguiente figura:

297 VARIABLE productosrequeridos.L	cantidad de producto i a comprar para almacenar en los espacios e en el tiempo t					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
2	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
5	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
6	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
7	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	120.000	120.000	154.000	159.000	164.000	169.000
9	120.000	120.000	154.000	159.000	164.000	169.000
10	60.000	60.000	77.000	79.000	82.000	84.000
11	240.000	240.000	309.000	318.000	327.000	337.000
12	40.000	40.000	51.000	53.000	55.000	56.000
13	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
14	60.000	60.000	77.000	79.000	82.000	84.000
15	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
16	1200.000	1200.000	1543.000	1589.000	1636.000	1686.000
17	1200.000	1200.000	2400.000	2400.000	2400.000	2400.000
18	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
19	60.000	60.000	120.000	120.000	120.000	120.000
20	100.000	100.000	200.000	200.000	200.000	200.000
21	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
22	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
23	20.000	20.000	40.000	40.000	40.000	40.000
24	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
25	20.000	20.000	40.000	40.000	40.000	40.000
26	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
27	100.000	100.000	200.000	200.000	200.000	200.000
28	3.000	3.000	6.000	6.000	6.000	6.000
29	600.000	600.000	1200.000	1200.000	1200.000	1200.000
30	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000

Fig 4. Cantidades a comprar en los instantes de tiempos

Así mismo, permite la optimización de las cantidades de inventarios al final de cada mes y los faltantes, logrando minimizar el uso de recursos a las actividades que compiten

entre la fabricación de puertas, ventanas y divisiones de baño, hecho que se ve reflejado en las siguientes figuras:

297 VARIABLE inventariofinal.L	inventario final por encima de la demanda estipulada				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	133.000				
2	266.000				
3	133.000				
4	532.000				
5	1596.000				
6	798.000				
7	133.000				
8	582.000				
9	582.000				
10	291.000				
11	1164.000				
12	194.000				
13	97.000				
14	291.000				
15	97.000				
16	5820.000				
17	5820.000				
18	97.000				
19	258.000	4.000	8.000	9.000	6.000
20	430.000		7.000	8.000	3.000
21	43.000		1.000	1.000	1.000
22	43.000				
23	86.000	2.000	3.000	3.000	2.000
24	43.000		1.000	1.000	1.000
25	86.000				
26	43.000		1.000	1.000	1.000
27	430.000	8.000	15.000	16.000	11.000
28	14.000				
29	2580.000				
30	43.000		1.000	1.000	1.000

Fig 4. Inventario al final de cada mes siendo reducido

297 VARIABLE productosfaltantes.L	productos por debajo de la demanda estipulada	
	Mayo	Junio
20	8.000	
22	1.000	
25	1.000	2.000
29	27.000	64.000

Fig 5. Faltantes por Inventario al final de cada mes siendo reducido y garantizando su venta al final del mes por la ultima restricción del modelo propuesto en la presente investigación.

Por último el modelo permite y garantiza que todos los productos deben ser adquiridos para la perfecta fabricación de las puertas, ventanas y divisiones de baño de la empresa ALUNALPES, tal como se ve a continuación

---- 297 VARIABLE decisionventa.L variable binaria para definir si se vende o no ese mes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
24	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
27	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
29	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

## Referencias

Fig 5. Decisión de adquisición de materiales para la fabricación de puertas, ventanas y divisiones de baño.

### Conclusiones

El diseño del modelo planteado le permitió a la empresa optimizar la gestión de inventarió, lo que condujo a estimar cantidades a pedir y tiempos establecidos en los cuales pedir de tal manera que se estuviera en los rangos de inventario factibles para la empresa.

Así mismo permitió determinar las cantidades óptimas del inventario final de cada mes y los faltantes, minimizando de esta manera el uso de recursos en las actividades de fabricación de los productos.

Por otro lado con respecto a las actividades de compra se evidenció mejoras enfocadas a la adquisición de materiales, dado que se garantiza las cantidades óptimas que deben adquirirse para cumplimiento en la producción y a su vez efectividad en la gestión de inventario.

De acuerdo al análisis realizado el diseño del modelo enfocado a la planeación de compras e inventario, con este caso de aplicación se valida el modelo como una herramienta de optimización de adquisición de compras y manejo de inventario, el cual permitirá a la empresa ser más eficiente y rentables a la hora de realizar sus procesos.

[1] Miebach Consulting, Estudio sobre tendencias logísticas en Colombia 2013.

[2] Council of Supply Chain Management Professionals. www.cscmp.org.

[3] Lambert, D., & Cooper, M. (1998). Supply Chain Management Implementations Issues and Reaserch Opprtunities. The International Journal of Logistics Management Vol 9 .

[4] Feres, E., & Sahid, C. (2009). Supply Chain Management y Logística: de cadenas a Redes Adaptativas. CIATI. Bogotá D.C. Colombia.

[5] Harris, F. W., 1913. How Many Parts to Make at Once. Factory, The Magazine of Management, 10(2), 135-136, 152.

[6] S. K. Goyal, (1985)Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments, Journal of the Operational Research Society, 36 (4), 335–338.

[7] X. Zhang and Y. Gerchak, Joint lot sizing and inspection policy in an EOQ model with random yield, IIE Transactions, 22 (1), 41– 47, 1990.

[8] T. C. E. Cheng, (1991) An economic order quantity model with demand-dependent unit production cost and imperfect production processes, IIE Transactions, 23, (1), 23–28.

[9] Tersine, R, Barman. S, y Morris.J (1991), A composite EOQ model for situational decomposition, 22 (3), 283–295.

[10] L.E. Cárdenas-Barrón, S.S. Sana, (2015) Multi-item EOQ inventory model in a two-layer supply chain while demand varies with promotional effort, Appl. Math. Modell, Applied Mathematical Modelling, 39 (21), 6725–6737.

[11] R.H. Ballou, (2004), Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición.

[12] Concejo Privado de Competitividad. (2014). Informe Nacional de Competitividad 2012-2013. Bogotá D.C.

# DISEÑO DEL MODELO DE PLANEACIÓN DE OPERACIONES DE COMPRAS E INVENTARIOS APLICADO AL SECTOR METALMECÁNICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA

Elvira Gómez Verjel<sup>1</sup>, Arcelio Perez Simanca<sup>2</sup>, Yunellis Burgos Pereira<sup>3</sup> and Juan Jose Puello Beltrán<sup>4</sup>  
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco Cartagena, Colombia

First. [egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:egomez@tecnologicocomfenalco.edu.co), second. [arcelio.perez@gmail.com](mailto:arcelio.perez@gmail.com), third. [yburgos@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:yburgos@tecnologicocomfenalco.edu.co) and fourth. [jpuello@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:jpuello@tecnologicocomfenalco.edu.co)

*Resumen- En la logística de almacén existen muchos procesos y procedimientos que son susceptibles de mejoras tras la incorporación de las TICs, sin embargo, aun existiendo muchos esfuerzos para esto, existe necesidades asociadas a los altos costos que esto demanda y las actividades de implementación para las mismas. Las necesidades que se evidencian en el área de inventario giran entorno al control de los mismo con miras a la reducción de costos, para tal gestión de encuentran modelos de optimización los cuales permiten evidenciar un flujo coordinado, rentable y productivo para las empresas*

*Uno de los sectores en los cuales se presentan problemáticas en la gestión de inventario es el sector metalmecánico, por tal motivo el objetivo del presente proyecto es diseñar un modelo para la optimización de los procesos de compras e inventario aplicado al sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena, el cual contribuya a mejorar las actividades que de desarrollan al interior de cada compañía. La implementación de éste software permitirá a las empresas del sector poder controlar las actividades en cuanto a entradas y salidas se refiere, llevar trazabilidad de los procesos, contribuir a la simplificación de las operaciones, reducción de costos y mejora de los flujos de información.*

*Abstract- In the warehouse logistics there are many processes and procedures that are susceptible of improvement following the incorporation of Tics, however, even exist many efforts for this, there needs associated with the high costs that this demand and implementation activities for the same. The needs that are evident in the area of inventory revolve around the control of the same with a view to the reduction of costs, for such a management of found optimization models which allow show a coordinated flow, cost-effective and productive for companies*

*One of the sectors in which are problematic in the management of inventory is the metalmecanico sector, for*

Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2016.1.1.372>  
ISBN: 978-0-9822896-9-3  
ISSN: 2414-6390

*for that reason, the objective of this project is to design a model for the optimization of the processes of procurement and inventory in hardware stores of the city of Cartagena, which contributes to improving the activities that develop the interior of each company. The implementation of this software will enable companies in the sector to be able to control activities in regard to inputs and outputs are concerned, carry process traceability, contribute to the streamlining of operations, reduction of costs and improvement of information flows.*

## I. INTRODUCTION

Las entidades encargadas de velar por el desarrollo de innovaciones e investigaciones que generen un impacto en la sociedad y en la generación de cambios en los sectores que identifican la ciudad logran recopilar a través del plan regional de competitividad Cartagena-bolívar necesidades alrededor de la apuesta productiva Logística para el comercio exterior donde la visión se enfoca en la calidad de los servicios logísticos, innovación de procesos y generación de valor para contribuir a mejoras pactadas en el sector.

Actualmente, la logística se ha convertido en un aspecto clave para la competitividad de las organizaciones, ya que determina el logro de un servicio predecible, consistente y confiable a costo racionales, además de cumplir con seis indicadores: Producto correcto, cantidad requerida, condiciones adecuadas, tiempo prometido, al más bajo costo y en el lugar acordado, así mismo la gestión de almacenes es un proceso crítico dentro de la cadena de suministro debido a que se encarga de la administración de los inventarios.

El proceso de gestión de inventarios es uno de los proceso que mas costos representa dentro de toda la cadena de suministro de una empresa, dado que éste proceso requiere de mucha precisión y soporte matemático para determinar las cantidades exactas y el nivel óptimo bajo el cual se debe trabajar de tal

manera que no genere altos costos en el proceso. En la fig. 1 se evidencia un estudio realizado por la empresa Miebach Consulting sobre la logística en Colombia [1], en la cual se analizan procesos que intervienen en la gestión de la cadena de suministro y el costo que genera dentro de la misma.

Como se puede observar en la figura 1 se encuentra que la gestión de inventario seguido del de la gestión de transporte es el proceso que más costo le genera a las empresas y por ende su gestión se hace más compleja.

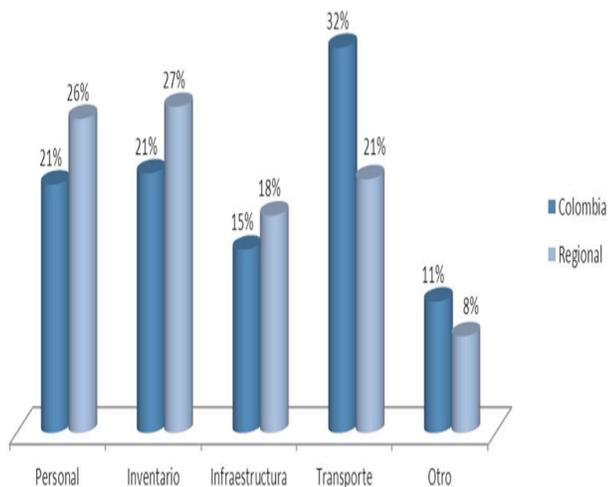


Fig 1. Factores con mayor costo logístico 2013.

Teniendo en cuenta importancia de la logística en Colombia y así mismo de la gestión de inventario y los altos costos que representan en el proceso, el presente artículo presenta el diseño de un modelo de planeación de compras e inventario que permita optimizar los procesos en las empresas del sector ferretero.

## II ESTADO DEL ARTE

En la década de los ochenta (1982) la firma consultora Booz Allen & Hamilton y específicamente su consultor Keith Oliver acuña los vocablos Supply Chain durante el desarrollo de una consultoría a un grupo de empresas. Con los vocablos Supply Chain, Oliver quiso dar a entender el conjunto de actividades derivadas de las relaciones de las empresas con sus proveedores, es decir sobre el manejo de materias primas e insumos que se adquieren a los proveedores con destino a las plantas (industria) y a las empresas comerciales: manejo de las mercancías, empaque, marcado, embalaje, despacho, cargue, transporte, y descargue en la empresa manufacturera o comercial. El concepto que Keith Oliver acuñó con los vocablos Supply Chain, entonces hacía énfasis a las relaciones con los proveedores, Upstream, únicamente (Aguas arriba).

Cuando Keith Oliver acuña los vocablos Supply Chain, la realidad productiva y comercial de la época era lineal, encadenada y las relaciones entre las empresas intervinientes eran exclusivamente comerciales. No existía la complejidad de hoy en día. Hoy los vocablos Supply Chain y Logística no son sinónimos (Council of Supply Chain Management Professionals) [2]. Supply Chain Management y Logística, como disciplinas son entes históricos en constante evolución. La logística es una parte del Supply Chain. Específicamente, Supply Chain no es una cadena de negocios con relaciones uno a uno, sino una red de múltiples negocios y múltiples relaciones (Lambert & Cooper, 1998) [3], es decir, una red de valor, inteligente, compuesta por nodos denominados empresas u organizaciones, pero definitivamente sistemas socio-técnicos o sistemas culturales.

Supply Chain Management hace relación a la gestión de las relaciones que se diseñan y construyen entre la empresa líder, y los nodos de la Red de Valor. Estas relaciones se diseñan en función de las necesidades de los clientes o segmentos de clientes, dado el conocimiento del mercado, el desarrollo de la capacidad de respuesta hacia los clientes, el desarrollo de la capacidad cultural, y la aplicación de un estilo de liderazgo (Feres & Sahid, 2009) [4].

Dentro de los procesos que conforman la gestión del Supply Chain management se encuentra inventario como un proceso de vital importancia para la rentabilidad de las empresas, dado que de la efectiva gestión que se realice depende la rentabilidad y productividad de las empresas. Por tal motivo con el fin de realizar una excelente gestión se deben considerar las diferentes técnicas que existen para controlar todas las actividades que se desarrollan en ésta área. Dada la necesidad anteriormente mencionadas es que surge la necesidad de diseñar modelos que contribuyan a la buena gestión de inventario, como el modelo presentado por Ford Whitman Harris (1913) [5] creado con el fin de controlar la cantidad óptima de reabastecimiento y el tiempo óptimo entre dos pedidos de un producto para una entidad.

Este modelo inicial contempló las siguientes variables:

1. El horizonte que afecta a la gestión de stocks es ilimitado; el proceso, por lo tanto, continúa de forma indefinida.
2. La demanda es continua, conocida y homogénea en el tiempo; según este concepto, se supone que la tasa de consumo es  $D$  unidades/año.
3. El plazo de entrega,  $L$ , es constante y conocido.
4. No se aceptan rupturas de stock.
5. El coste variable de adquisición resulta constante
6. La entrada del lote en el sistema es instantánea cuando ha transcurrido el plazo de entrega.
7. Se considera un coste de lanzamiento de pedido y un coste de posesión de stock igual a  $CP$ .

8. El lote tendrá siempre el mismo tamaño, para que los parámetros del modelo sean constantes.

S. K. Goyal (1985) [6], describió el modelo EOQ teniendo en cuenta la cantidad de orden económico en condiciones de retraso admisible en los pagos, en este modelo se asumió que el proveedor debe pagar por los artículos tan pronto como sean recibido, sin embargo, en la práctica un proveedor permite un cierto período fijo para saldar la cantidad adeudada sus artículos suministrados. Por lo general, no hay ningún cargo si la cantidad pendiente se salda dentro del plazo de liquidación fijo permitido. Se concluyó que el intervalo de tiempo de reposición económica y la cantidad a ordenar suele aumentar ligeramente bajo retraso admisible en los pagos.

X. Zhang and Y. Gerchak (1990) [7], Estudiaron un modelo con política de Inspección en un modelo EOQ con rendimiento aleatorio donde una proporción aleatoria de unidades son defectuosas. Estas unidades pueden ser descubiertas sólo a través de inspecciones costosas. El problema es, de dos variables: ambos son de mucho tamaño y fracción a inspeccionar. En primer lugar, analizamos un modelo en el que la única sanción por defectuosos inspeccionados es financiera, y luego consideramos un modelo donde no se pueden utilizar las unidades defectuosas y por lo tanto deben ser reemplazados por otros no defectuosos.

T. C. E. Cheng (1991) [8], propuso un modelo EOQ con el costo de producción por la demanda dependiente y los procesos de producción imperfectos. Se formuló el problema de decisión de inventario como un programa geométrica (GP) y se resolvió para obtener soluciones óptimas de forma cerrada.

Tersine, R, Barman. S, y Morris.J (1992) [9], en este periodo se continuó anexándole variables al modelo EOQ en el cual le incluyeron los gastos de envío, los gastos de inspección, los costos de retención en tránsito, costos pedido pendiente, reposición finito, y la calidad rechazada en su formulación. El modelo compuesto puede desagregarse en numerosos diferentes modelos híbridos deterministas mediante el uso de reglas de descomposición simples que se aplican a una variedad de diferentes situaciones operativas. Además, las extensiones EOQ compuestos para descuentos por cantidad y los cambios de precios de transición se conciben y fácilmente se puede desagregar con las mismas reglas de descomposición simples.

Modelos en la gestión de inventario se han ido presentando a través del tiempo como una opción el control y manejo de los mismo, dentro de este proceso uno de los último es el propuesto por Cárdenas y Zankar (2015) [10] el cual considera un modelo EOQ en una cadena de dos nivel el cual considera demanda variable y efecto promocional, así como la comparación entre dos escenarios uno donde se considere

colaboración en el sistema y otro donde no se considere colaboración en el sistema.

### III DISEÑO DEL MODELO DE OPTIMIZACION

El modelo propuesto en el presente proyecto de investigación busca la optimización de los procesos de compras e inventario, para la integración el mercado de clientes potenciales o reales de una ferretería o negocio similar. A continuación se describen cada una de las fases o etapas del diseño o modelo de optimización:

#### Conjuntos

Sea  $i\{1 \dots, I\}$  el conjunto de items o productos contenidos dentro del portafolios de servicios de la ferretería objeto de estudio.

Sea  $t\{1 \dots, T\}$  el horizonte de tiempo de planeacion de la logistica de compras e inventario

#### Parámetros

**demandaproyectada<sub>i,t</sub>**: demanda proyectada de productos en la ferretería  
**inventariominimopermitido<sub>i</sub>**: inventario minimo permitido de acuerdo a las politicas  
**inventariomaximopermitido<sub>i</sub>**: inventario maximo permitido de acuerdo a las politicas  
**inventarioinicial<sub>i</sub>**: Inventario inicial en bodega  
**costoinventario<sub>i</sub>**: costo promedio de inventario  
**costoreabastecimiento<sub>i</sub>**: costos de reabastecimiento por cada producto  
**costoalistamientoproductos<sub>i</sub>**: costos de alistamiento de cada producto (preparacion y disposicion de producto)

#### Variables

**productosrequeridos<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto i a comprar para almacenar en los espacios en el tiempo t  
**inventariofinal<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto por encima de la meta de demanda  
**productosfaltantes<sub>i,t</sub>**: cantidad de producto por debajo de la meta de demanda  
**decisionventa<sub>i,t</sub>**: variable binaria para definir si se vende o no ese mes  
**costos**: funcion objetivo a evaluar dentro del model

#### Ecuaciones a optimizar

La función objetivo del presente modelo lo que busca es minimizar los costos asociados a la operación de inventario en las ferreterías, la cual se constituye de la siguiente forma:

La función objetivo del presente modelo lo que busca es minimizar los costos asociados a la operación de inventario en las ferreterías, la cual se constituye de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1} \sum_{t=1} \text{costoreabastecimiento}_i * \text{productosfaltantes}_{i,t} +$$

$$\sum_{i=1} \sum_{t=1} \text{costoinventario}_i * \text{inventariofinal}_{i,t} + \sum_{i=1} \sum_{t=1} \text{costoalistamiento productos}_i * \text{decisionventa}_{i,t} \quad (1)$$

Esta función a optimizar está sujeta a las siguientes restricciones:

Garantiza la demanda de productos del primer mes en relación a los inventarios iniciales y parámetros por encima o por debajo de los requerimientos:

$$\text{inventarioinicial}_i + \sum_{t=1} \text{productosrequeridos}_{i,febrero} - \text{inventariofinal}_{i,febrero} + \text{productosfaltantes}_{i,febrero} = \text{demandaproyectada}_{i,febrero} \quad \forall i \quad (2)$$

Garantiza el cumplimiento de la demanda para los siguientes meses en orden ascendente.

$$\text{inventarioinicial}_i + \sum_{t=1} \text{productosrequeridos}_{i,t} - \text{inventariofinal}_{i,t} + \text{productosfaltantes}_{i,t} = \text{demandaproyectada}_{i,t} \quad \forall i, t \in T \quad (3)$$

Garantiza los requerimientos mínimos que por experiencias o políticas de la empresa se determinan para tener en inventario:

$$\text{productosrequeridos}_{i,t} \geq \text{decisionventa}_{i,t} * \text{inventariominimopermitido}_i \quad \forall i, t \in T \quad (4)$$

Garantiza los requerimientos máximos que por experiencias o políticas de la empresa se determinan para tener en inventario:

$$\text{productosrequeridos}_{i,t} \leq \text{decisionventa}_{i,t} * \text{inventariomaximopermitido}_i \quad \forall i, t \in T \quad (5)$$

**Restricciones ocultas para su ejecución o no, de acuerdo a las necesidades de las ferreterías.**

Garantiza que todos los productos sean adquiridos para ofertarlos a los clientes

$$\text{decisionventa}_{i,t} = 1; \forall i, t \in T \quad (6)$$

Garantiza que al último mes de planeación la ferretería pueda o no considerar tener inventario.

$$\text{inventariofinal}_{i, mayo} = 0; \forall i \quad (7)$$

#### IV. CASO DE APLICACION PARA LA EVALUACION DEL MODELO DE OPTIMIZACION EMPRESA DEL SECTOR FERRETERO.

Las empresas dentro del ejercicio de sus sistemas de producción y operaciones muchas veces se enfrentan a difíciles decisiones que giran en torno a tres criterios financieros que a su vez involucran procesos estratégicos, tácticos y operacionales, estos elementos son: Criterio de supervivencia, sobre el cual se busca mantenerse en un mercado y sobrevivir a pesar de las adversidades, criterio de crecimiento en donde se busca un desarrollo y por último el criterio de utilidad, con el que pretende obtener ganancias sobre rentabilidad. Las decisiones que se toman basados en estos tres elementos, en muchas ocasiones ocasionan desfases desde el punto de vista de producción y por ende sobre la estructura de costos de una compañía, lo cual obliga a buscar otras alternativas que puedan en un momento dado.

Hernández (2008) plantea que uno de los grandes retos para la empresas modernas y aquellas que han implantado nuevos modelos de gestión es el de utilizar los recursos disponibles para conseguir con la máxima efectividad y economía los bienes y servicios que el mercado necesita y para hacer frente a las demandas del mercado de consumo se requieren diferentes tipos de actividad empresarial, como los que se plantean a continuación junto con los principales problemas que enfrentan:

- Sistemas de producción que producen bienes: Dentro de los problemas que surgen en las empresas de manufactura, que generalmente se componen de la metodología de trabajo Engineer To Order (las especificaciones del cliente requieren un diseño único o un nivel de personalización bastante elevado. ejemplo. equipos para alimentos, hornos, entre otros), Make To Order (la empresa no comienza la manufactura de un producto hasta que la orden del cliente es recibida. por lo general, la empresa cuenta con un bill of material (bom) o receta de producción y con un diseño preestablecido. se requiere que existan pronósticos y planificación cuidadosa. ej. Vehículos), Assemble To Order (el producto es elaborado en base a componentes estándar que se encuentran en almacén. la personalización del producto se realiza por medio del ensamble o combinación de

componentes. ej. computadoras, muñecas, etc.), Make To Stock (La empresa produce el producto terminado independiente que existan pedidos de los clientes y lo ofrece al mercado como tal, sin optimización del producto. Productos de alto volumen. Ejemplo. Botanas, productos plásticos, etc.).

Los procesos de trabajo se desarrollan bajo un concepto de flexibilidad, de las cuales debe soportarse con una gran variedad de procesos flexibles y mano de obra muy calificada. Es aquí donde al tener una gran variedad de tareas de distintos clientes y diferentes procesos que deben atenderse con las maquinas disponibles, se crea una desorganización en el cumplimiento de los pedidos hacia los clientes, por lo que puede ser perjudicial para el cumplimiento de las operaciones y por lo tanto la satisfacción de los clientes que ayudan a mantener el negocio.

Otro de los problemas que surgen en los Job Shop o Flow Shop son los retrasos en la entrega de productos hacia los clientes por una mala planeación de los recursos, incurriendo muchas veces en la ampliación de los turnos de trabajo, contratación de personal adicional y demás equipos necesarios que se traducen en más costos de fabricación, y en su defecto menos utilidades para la empresa. Por lo tanto es de vital importancia el apoyo de herramientas que ayuden a gestionar de forma eficaz y eficiente los recursos disponibles para atender a los clientes, lo que involucra una planeación, programación y control de las operaciones para la generación de resultados positivos en términos monetarios.

- Sistemas de producción que distribuyen bienes: los principales inconvenientes de este tipo de compañías radican en los tiempos de entregas y disponibilidad de productos para poder atender cierta demanda, lo cual se traduce en buscar metodologías que busquen gestión de los 3 elementos que Ronald ballou en su texto titulado logística. Administración de la cadena de suministro [11], menciona como:

- o Decisiones de transporte.
- o Decisiones de inventario.
- o Decisiones de ubicación de instalaciones.

- Sistemas de producción u operaciones de servicios: Este tipo de empresas pueden presentar los mismos inconvenientes que los dos sistemas pasados, pero con la diferencia que el bien es una percepción del cliente respecto a lo que recibe.

ALUNALPES es una empresa dedicada a la comercialización y fabricación de productos en aluminio, cuenta con un amplio portafolio de productos y servicios entre los cuales se encuentran sostenedores para baño, cielo rasos, puertas corredizas y puertas de garaje eléctrica, además contempla el arte de vidrios templados que permite la elaboración e instalación de ventanas de tipo corredizas y proyectantes con accesorios y finos acabados.

Haciendo alusión a la logística de compras e inventarios, se tiene que los materiales requeridos para la elaboración de puertas y ventanas en aluminio son de vital importancia en cuanto a lugar, tiempo y modo, dado que los pedidos que maneja la compañía son dentro de tiempos considerablemente cortos que juegan un rol importante dentro de la seguridad de los clientes que se atienden, más sin embargo el proceso de abastecimiento de insumos y materia prima ha venido siendo entorpecido y por ende convirtiéndose en un ente que propicia el retraso del sistema de producción, lo cual se soporta en las siguientes causas:

- El proveedor no cuenta en determinadas ocasiones con suficiente stock de inventarios.
- La logística de distribución empleada por los proveedores no está articulada con las necesidades de producción de la empresa, razón por la cual se recibe pedido en lapsos de tiempos que comprometen la entrega de los productos terminados.
- No existen controles de calidad del material recibido, que aseguren las condiciones establecidas y estrictamente necesarias para aceptar el producto terminado.
- Producto terminado con diferentes tipos de referencias y calidad, dado que el proveedor no tiene un sistema único de referencias, lo cual hace que por razones de tiempo, los productos sean ensamblados de forma híbrida.

### Simplificación del modelo de optimización

Con el objetivo de resolver el problema de optimización de inventarios se utilizó un modelo simplificado de programación lineal entera mixta. Este modelo parte de los siguientes supuestos:

- Se utilizaron 30 productos necesarios para la construcción de puertas, ventanas y divisiones de baño (productos arquitectónicos desarrollados por la empresa ALUNALPES), los cuales son:
  - o Marco sup e inf 744
  - o Marco lat, hoja central y lat
  - o Cierre caracol
  - o Rodaja 744
  - o Tornillo 1 x 8 pan
  - o Extruempaque
  - o Vidrio 4 mm
  - o Canal 3 x 1 1 aleta
  - o Tubolite peq
  - o Tubo 1 x 1 2 aletas

- Pisavidrio u
- Tensor 5/16
- Cerradura 20 mm
- Bisagra 3 omega
- Manija fija movil
- Tornillos 1 x 8 av
- Remache pop 5-4
- Silicona super
- Marco de baño
- Hoja de baño
- Riel colgante baño
- Platina toallero
- Soportes toalleros
- Manija baño
- Rodaja colgante bañ
- Acrilico arabesco 180x 100
- Empaque 3 mm
- Angulo 3/4
- Remache pop 5-4
- Silicona

- Para la estimación de la demanda, inicialmente se procedió a realizar un estudio para determinar el punto de equilibrio de la empresa (ver figura 2), con el cual se estandarizo una producción inicial de 18 puertas, 24 ventanas y 18 divisiones de baño para lograr utilidades en el corto plazo, articulado a una estrategia de mercado efectiva, la cual sostenía incremento del 5% mensual sobre los valores en equilibrio de la producción:

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO								
PRODUCTOS								
		A	B	C	D	E	F	
Precio de venta	b	600000	140000	600000	600000	140000	600000	
Costo variable	a	400000	80000	300000	400000	80000	300000	
Margen de contribución	MC	200000	60000	300000	200000	60000	300000	
Proporción	Pr	0	0	0	0	0	0	TOTAL
% Mezcla	%	0	0	0	0	0	0	1
Margen de contribución	MCP	24000	9600	36000	36000	14400	54000	174000
Costos fijos mensuales	CF	17706232						
Punto de equilibrio Unidades total	Qe	102						
utilidad esperada	z	8000000						

Tabla 1. Estructura de equilibrio de costos de ALUNALPES

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO POR PRODUCTO								
PRODUCTOS								
		A	B	C	D	E	F	
Punto de equilibrio unidades total	Qe(total)	12%	116%	12%	18%	24%	18%	
% Mezcla	%	12	16	12	18	24	18	
Punto de equilibrio unidades por producto	Qe	600000	140000	600000	600000	140000	600000	Total
Precio de venta	b	7200000	2240000	7200000	10800000	3360000	10800000	41600000
Punto de equilibrio en pesos	Qe(S)							

Tabla 2. Estructura de equilibrio de costos de ALUNALPES

ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO POR PRODUCTO								
PRODUCTOS								
		A	B	C	D	E	F	
Nivel de producción total	Qz(total)	12%	116%	12%	18%	24%	18%	
% Mezcla								
nivel de producción unitario	Qz(u)	18	24	18	27	36	27	

Tabla 3. Estructura de equilibrio de costos de ALUNALPES

- Posterior al cálculo del volumen de producción a lograr por el departamento comercial, mediante el uso de árbol de materiales de cada producto, se determinaron los requerimiento de materiales de cada uno de los tres productos de la compañía, con los cuales se trabajó el modelo de optimización tal como se ilustra a continuación:

STOCK MINIMO MATERIA PRIMA-ALMCEN TALLER				
MATERIA PRIMA	VENTANA	UNIDAD PRECIO	UNIT	STOCK MINIMO
Marco sup e inf 744	1	MT	3403	25
Marco lat, hoja central y lat	2	MT	10582	50
Cierre caracol	1	UN	2240	25
Rodaje 744	4	UN	1674	100
Tornillo 1*8 pan	12	UN	14,78	300
Estruempaque	6	MT	558,44	150
Vidrio 4mm	1	MT2	17052	25
MATERIA PRIMA	DIVIBAÑO	UNIDAD PRECIO	UNIT	STOCK MINIMO
Marco de baño	6	MT	2274	60
Hoja de baño	10	MT	1803	100
Riel colgante baño	1	MT	5833	10
Platina toallera	1	MT	666,67	10
Soportes toalleros	2	UN	769,5	20
Manija baño	1	UN	921,5	10
Rodaje colgante bañ	2	UN	680	20
Acrílico arabesco 180*100	1	LAM	40092	10
Empaque 3mm	10	MT	576,84	100
Angulo 3/4	0,3	CM	732,67	3
Remache pop 5-4	60	UN	19,82	600
Silicona	1	UN	4620	10
MATERIA PRIMA	DIVIBAÑO	UNIDAD PRECIO	UNIT	STOCK MINIMO
Canal 3*11 aleta	6	MT	4626	120
Tubolite peq	6	MT	8000	120
Tubo 1+12 aletas	3	MT	4250	60
Pisavidrio	12	MT	1033	240
Tensor 5/16	2	UN	823,15	40
Cerradura 20 mm	1	UN	28449	20
Bisagra 3 omega	3	UN	534,76	60
Manija fija movil	1	UN	10000	20
Tornillos 1*8 av	60	UN	53,5	1200
Remache pop 5-4	60	UN	20,67	1200

Tabla 4. Matriz de determinación de Stock, con los cuales se determinan los parámetros de inventarios mínimos y máximos permiti

- Los inventarios mínimos, inventarios máximos, costos de abastecimiento y de almacenamiento fueron calculados de acuerdo al historial y método establecido por el área financiera para los insumos del presente modelo.

### Resultados de la evaluación e implementación del modelo en el sistema de producción de la empresa ALUNALPES.

Para lograr un equilibrio se propone la evaluación del modelo como apoyo a la gestión administrativa de los procesos de compras e inventarios, obteniéndose los siguientes resultados.

El modelo fue desarrollado en un sistema de modelado de alto nivel para la programación matemática y optimización denominado General Algebraic Modeling System (GAMS), pero dadas las cantidad de variables que se generan en las iteraciones del modelo y al no contar con una licencia profesional, se procedió a compilar los resultados del modelo en NEOS SERVER, el cual es un servicio online que permite resolver problemas de optimización numérica mediante el acceso a más de 60 solvers, entre ellos el CPLEX, programa de computador con el que se procesaron los resultados del presente modelo.

El modelo plantea manejar un presupuesto de compras e inventario de \$ 8, 714, 433.00, durante los primeros 6 meses del año en estudio, frente a un valor de \$ 17,976,217.00, lo cual representa un ahorro del 52% sobre el monto de planificado por el departamento de compras, tal como se ilustra a continuación:

```

COMPILATION TIME = 0.001 SECONDS 3 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG
*GAMS 24.5.6 r55090 Released Nov 27, 2015 LEX-LEG x86 64bit/Linux 04/29/16 19:15:14 Page 2
General Algebraic Modeling System
Model Statistics SOLVE tecnologico Using MIP From line 295

MODEL STATISTICS
BLOCKS OF EQUATIONS 7 SINGLE EQUATIONS 751
BLOCKS OF VARIABLES 5 SINGLE VARIABLES 721
NON ZERO ELEMENTS 2,161 DISCRETE VARIABLES 180

GENERATION TIME = 0.007 SECONDS 4 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG

EXECUTION TIME = 0.007 SECONDS 4 MB 24.5.6 r55090 LEX-LEG
*GAMS 24.5.6 r55090 Released Nov 27, 2015 LEX-LEG x86 64bit/Linux 04/29/16 19:15:14 Page 3
General Algebraic Modeling System
Solution Report SOLVE tecnologico Using MIP From line 295

S O L V E S U M M A R Y

MODEL tecnologico OBJECTIVE costos
TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE
SOLVER MOSEK FROM LINE 295

**** SOLVER STATUS 1 Normal Completion
**** MODEL STATUS 1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE 8714433.0190

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.024 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 0 2000000000
GAMS/MOSEK Extended license detected

```

Fig 4. Resultados del modelo de optimización.

El modelo permite tomar la decisión de que cantidades de materia comprar y así mismo, los instantes de tiempos adecuados para efectuar la compra, tal como se ilustra la siguiente figura:

297 VARIABLE productosrequeridos.L cantidad de producto i a comprar para almacenar en los espacios e en el tiempo t						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
2	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
3	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
4	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
5	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000	300.000
6	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000	150.000
7	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
8	120.000	120.000	154.000	159.000	164.000	169.000
9	120.000	120.000	154.000	159.000	164.000	169.000
10	60.000	60.000	77.000	79.000	82.000	84.000
11	240.000	240.000	309.000	318.000	327.000	337.000
12	40.000	40.000	51.000	53.000	55.000	56.000
13	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
14	60.000	60.000	77.000	79.000	82.000	84.000
15	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
16	1200.000	1200.000	1543.000	1589.000	1636.000	1686.000
17	1200.000	1200.000	2400.000	2400.000	2400.000	2400.000
18	20.000	20.000	26.000	26.000	27.000	28.000
19	60.000	60.000	120.000	120.000	120.000	120.000
20	100.000	100.000	200.000	200.000	200.000	200.000
21	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
22	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
23	20.000	20.000	40.000	40.000	40.000	40.000
24	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
25	20.000	20.000	40.000	40.000	40.000	40.000
26	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000
27	100.000	100.000	200.000	200.000	200.000	200.000
28	3.000	3.000	6.000	6.000	6.000	6.000
29	600.000	600.000	1200.000	1200.000	1200.000	1200.000
30	10.000	10.000	20.000	20.000	20.000	20.000

Fig 2. Cantidades a comprar en los instantes de tiempos, representándose como un plan de producción fijo para los próximos meses.

Así mismo, permite la optimización de las cantidades de inventarios al final de cada mes y los faltantes, logrando minimizar el uso de recursos a las actividades que compiten entre la fabricación de puertas, ventanas y divisiones de baño, hecho que se ve reflejado en las siguientes figuras:

297 VARIABLE inventariofinal.L inventario final por encima de la demanda estipulada					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	133.000				
2	266.000				
3	133.000				
4	532.000				
5	1596.000				
6	798.000				
7	133.000				
8	582.000				
9	582.000				
10	291.000				
11	1164.000				
12	194.000				
13	97.000				
14	291.000				
15	97.000				
16	5820.000				
17	5820.000				
18	97.000				
19	258.000	4.000	8.000	9.000	6.000
20	430.000		7.000	8.000	3.000
21	43.000		1.000	1.000	1.000
22	43.000				
23	86.000	2.000	3.000	3.000	2.000
24	43.000		1.000	1.000	1.000
25	86.000				
26	43.000		1.000	1.000	1.000
27	430.000	8.000	15.000	16.000	11.000
28	14.000				
29	2580.000				
30	43.000		1.000	1.000	1.000

Fig 3. Inventario al final de cada mes siendo reducido

297 VARIABLE productosfaltantes.L productos por debajo de la demanda e estipulada		
	Mayo	Junio
20		8.000
22		1.000
25	1.000	2.000
29	27.000	64.000

Fig 4. Faltantes por Inventario al final de cada mes siendo reducido y garantizando su venta al final del mes por la ultima restricción del modelo propuesto en la presente investigación.

Por último el modelo permite y garantiza que todos los productos deben ser adquiridos para la perfecta fabricación de

las puertas, ventanas y divisiones de baño de la empresa ALUNALPES, tal como se ve a continuación

---- 297 VARIABLE decisionventa.L variable binaria para definir si se vende o no ese mes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
9	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
11	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
12	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
13	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
14	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
15	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
16	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
17	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
18	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
19	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
20	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
21	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
22	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
23	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
24	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
26	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
27	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
29	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
30	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fig 5. Decisión de adquisición de materiales para la fabricación de puertas, ventanas y divisiones de baño.

### Conclusiones

El diseño del modelo planteado le permitió a la empresa optimizar la gestión de inventario, lo que condujo a estimar cantidades a pedir y tiempos establecidos en los cuales pedir de tal manera que se estuviera en los rangos de inventario factibles para la empresa.

Así mismo permitió determinar las cantidades óptimas del inventario final de cada mes y los faltantes, minimizando de esta manera el uso de recursos en las actividades de fabricación de los productos.

Por otro lado con respecto a las actividades de compra se evidenció mejoras enfocadas a la adquisición de materiales, dado que se garantiza las cantidades óptimas que deben adquirirse para cumplimiento en la producción y a su vez efectividad en la gestión de inventario.

De acuerdo al análisis realizado el diseño del modelo enfocado a la planeación de compras e inventario, con este caso de aplicación se valida el modelo como una herramienta de

optimización de adquisición de compras y manejo de inventario, el cual permitirá a la empresa ser más eficiente y rentables a la hora de realizar sus procesos.

### Referencias

[1] Miebach Consulting, Estudio sobre tendencias logísticas en Colombia 2013.

[2] Council of Supply Chain Management Professionals. www.cscmp.org.

[3] Lambert, D., & Cooper, M. (1998). Supply Chain Management Implementations Issues and Reaserch Opprtunities. The International Journal of Logistics Management Vol 9 .

[4] Feres, E., & Sahid, C. (2009). Supply Chain Management y Logística: de cadenas a Redes Adaptativas. CIATI. Bogotá D.C. Colombia.

[5] Harris, F. W., 1913. How Many Parts to Make at Once. Factory, The Magazine of Management, 10(2), 135-136, 152.

[6] S. K. Goyal, (1985)Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments, Journal of the Operational Research Society, 36 (4), 335–338.

[7] X. Zhang and Y. Gerchak, Joint lot sizing and inspection policy in an EOQ model with random yield, IIE Transactions, 22 (1), 41– 47, 1990.

[8] T. C. E. Cheng, (1991) An economic order quantity model with demand-dependent unit production cost and imperfect production processes, IIE Transactions, 23, (1), 23–28.

[9] Tersine, R, Barman. S, y Morris.J (1991), A composite EOQ model for situational decomposition, 22 (3), 283–295.

[10] L.E. Cárdenas-Barrón, S.S. Sana, (2015) Multi-item EOQ inventory model in a two-layer supply chain while demand varies with promotional effort, Appl. Math. Modell, Applied Mathematical Modelling, 39 (21), 6725–6737.

[11] R.H. Ballou, (2004), Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición.

[12] Concejo Privado de Competitividad. (2014). Informe Nacional de Competitividad 2012-2013. Bogotá D.C.