

Modelamiento para la Planeación
y Control de Inventarios:
Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras



La gestión de inventarios es un proceso de vital importancia en operacionalización de cualquier empresa, esta involucra actividades relacionadas con la planificación, control y el almacenamiento eficiente y efectivo de los bienes, con el objetivo de generar adecuados niveles de servicio al cliente. Sin embargo, hoy en día se convierte en una actividad compleja, producto de la variabilidad e incertidumbre en los productos que se gestionan.

En la presente investigación se plantea una metodología basada en técnicas de sistema ABC, optimización y simulación, que permita minimizar la brecha entre lo contextual y la práctica de la gestión de inventarios, facilitando un mecanismo que le permitan a las empresas reducir la complejidad en la planificación y control de inventarios y a su vez un soporte para la toma las decisiones desde un ámbito gerencial.

Los resultados obtenidos diversos escenarios para poder llevar a cabo un mejoramiento de procesos y confirman la importancia de aplicar técnicas cuantitativas para la toma de decisiones.



www.ul.edu.co
Corporación Universitaria Latinoamericana
Colombia, Barranquilla
<http://libros.ul.edu.co/index.php/libros>



Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios:
Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras

Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios: Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras



Por Germán Herrera Vidal,
Juan Carlos Herrera Vega,
Dayrene Junco Villadiego,
Margarita Mancebo Calle,
Hugo Hernández Palma



Modelamiento para la Planeación
y Control de Inventarios:
Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras



***Modelamiento para la Planeación y
Control de Inventarios***

***Pequeñas y Medianas Empresas
Manufactureras***



**Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios –
Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras**

*© Germán Herrera Vidal, Juan Carlos Herrera Vega, Dayrene Junco
Villadiego, Margarita Mancebo Calle y Hugo Hernández Palma*

Libro Resultado de Investigación
ISBN 978-958-52861-4-6

Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios

Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras

Autores:

*Germán Herrera Vidal, Dayrene Junco Villadiego
Margarita Mancebo Calle
Universitaria del Sinú Seccional Cartagena*

*Juan Carlos Herrera Vega
Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco*

*Hugo Hernández Palma,
Universidad del Atlántico*



Impreso por Corporacion Universitaria Latinoamericana
Colombia | Atlantico | Barranquilla

Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios – Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras/ Barranquilla: Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana, 2020.

116 p.; tablas; 17 X 24 cm
ISBN 978-958-52861-4-6
Incluye referencia bibliográfica

Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios – Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras. I. Germán Herrera Vidal. II. Juan Carlos Herrera Vega. III. Dayrene Junco Villadiego. IV. Margarita Mancebo Calle. V. Hugo Hernández Palma

658 G367 2020 Sistema de Clasificación Decimal Dewey 22ª. edición
Corporación Universitaria Latinoamericana –Sistema de Bibliotecas

Impreso en Barranquilla, Colombia. Depósito legal según el Decreto 460 de 1995. El Fondo Editorial Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

© Ediciones Corporación Universidad Latinoamericana
Calle 58 55 -24a
<http://libros.ul.edu.co/index.php/libros>
cinpro@ul.edu.co
Barranquilla - Colombia

Producción Editorial
Estrategias y calidad Editorial
Calle 80B No. 41D-83
contacto@estrategiasycalidadeditorial.com
www.estrategiasycalidadeditorial.com

2020
Barranquilla

Hecho en Colombia

CONTENIDO

CONTENIDO

Resumen.....	12
Abstract	13
Introducción.....	13
Objetivos De La Investigación	16
<i>Objetivo General</i>	16
<i>Objetivos Específicos</i>	16
Fundamentos Teoricos.....	17
<i>Gestión De Inventarios</i>	17
<i>Modelos De Inventarios</i>	18
<i>Medidas De Desempeño De Los Inventarios</i>	18
<i>Control De Inventarios Por Metodología Abc</i>	19
<i>Políticas De Gestión De Inventarios</i>	20
<i>Almacenamiento</i>	21
<i>Cadena De Suministro</i>	21
<i>Modelos Determinísticos Y Probabilísticos De Inventario..</i>	22
<i>Modelos Determinísticos De Inventario</i>	23
<i>Modelos Probabilísticos De Inventario</i>	23
<i>Antecedentes Y Casos De Aplicación</i>	24
<i>Optimización</i>	26
<i>Simulación</i>	26

Analisis Bibliometrico	28
<i>Número De Publicaciones</i>	29
<i>Tipos De Publicaciones</i>	29
<i>Revistas Relevantes</i>	30
<i>Países O Idiomas Más Destacados</i>	31
<i>Autores Con Más Publicaciones Y Citaciones</i>	32
<i>Palabras Más Relacionadas</i>	33
Metodologia De Investigación	34
Resultados De La Investigación	35
<i>Sistema Abc De Inventarios</i>	37
<i>Modelo De Simulación</i>	41
Conclusiones.....	45
Referencias Bibliográficas.....	45



Modelamiento para la Planeación y Control de Inventarios – Pequeñas y Medianas Empresas Manufactureras

Germán Herrera Vidal Dayrene Junco Villadiego

Margarita Mancebo Calle

Universitaria del Sinú Seccional

Cartagena

Juan Carlos Herrera Vega

Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco

Hugo Hernández Palma

Universidad del Atlántico

RESUMEN

La gestión de inventarios es un proceso de vital importancia en operacionalización de cualquier empresa, esta involucra actividades relacionadas con la planificación, control y el almacenamiento eficiente y efectivo de los bienes, con el objetivo de generar adecuados niveles de servicio al cliente. Sin embargo, hoy en día se convierte en una actividad compleja, producto de la variabilidad e incertidumbre en los productos que se gestionan. En la presente investigación se plantea una metodología basada en técnicas de sistema ABC, optimización y simulación, que permita minimizar la brecha entre lo contextual y la práctica de la gestión de inventarios, facilitando un mecanismo que le permitan a las empresas reducir la complejidad en la planificación y control de inventarios y a su vez un soporte para la toma de las decisiones desde un ámbito gerencial. Los resultados obtenidos en diversos escenarios para poder llevar a cabo un mejoramiento de procesos y confirman la importancia de aplicar técnicas cuantitativas para la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVES: Planeación y control, inventarios, optimización, simulación, toma de decisiones

ABSTRACT

Inventory management is a vitally important process in the operationalization of any company, this involves activities related to the planning, control and efficient and effective storage of goods, with the aim of generating adequate levels of customer service. However, nowadays it becomes a complex activity, product of the variability and uncertainty in the products that are managed. In the present investigation a methodology based on ABC system techniques, optimization and simulation is proposed, which allows to minimize the gap between the contextual and the practice of inventory management, facilitating a mechanism that allows companies to reduce complexity in the planning and control of inventories and in turn a support for making decisions from a managerial scope. The results obtained from various scenarios for process improvement and confirm the importance of applying quantitative techniques for decision making.

KEYWORDS: Planning and control, inventories, optimization, simulation, decision making.

INTRODUCCIÓN

Las empresas de tipo manufactureras se caracterizan por la producción de bienes tangibles, por lo que generalmente, tienen inventarios, la administración adecuada o no de estos pueden llevarlas al éxito o al fracaso (Longenecker et al., 2010). Estos inventarios se van a estar presentando en las entradas productos de las materias primas, durante el proceso en forma de productos semielaborados y en las salidas representados como productos terminados.

Planear y el controlar los inventarios es uno de los contextos más complejos dentro de la gestión de la cadena de suministros. Las altas inversiones que por parte de los administradores, gerentes y responsables de la gestión de la cadena, deben asumir debido a que existe un dinero asociado a todos los materiales que en cierta manera deben ser almacenados, brindando así oportunidad de poder desarrollar mejoramiento dentro del sistema (Axsäter, 2000). Es muy común encontrar hoy en día empresas que aunque lleven a cabo una planificación y control de los inventarios regularmente caen en riesgo de excesos o escases, debido a cambios inesperados en variables como la demanda o tiempos de entrega de productos hacia el cliente. Obligándolos a tener que tomar decisiones tempranas basadas en las experticias de las personas, sobre la

cantidad y el momento en el cual se deben desarrollar las ordenes de pedidos. Toda esto genera como efecto, perdidas de clientes y bajos niveles en la calidad del servicio.

Los inventarios están muy relacionados con la sobreproducción, debido a que muchas veces se produce más de lo que los clientes solicitan, que si por seguridad o por las dudas, a su vez esta también puede ser generada cuando no se desarrollan unos adecuados planes de producción, lo que garantiza errores en la fabricación. De acuerdo con Osorio (2013), existen diversas formas de solventar el exceso o escases de inventarios, dentro de estas estrategias se encuentran: (i) Mejorar el flujo de información entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso tanto internos como externos. (ii) La consecución de nuevos puntos de distribución, lo que ocasiona un mayor interés por parte del mercado hacia la compra de los productos y de esta manera se reducen los niveles de inventarios. (iii) Buscar que los productos sean uniformes de manera que no exista una alta variabilidad en las referencias, así se reducen los índices de complejidad estática dentro del proceso. (iv) Desarrollar una buena gestión de la demanda de los productos, para que se reduzca el error entre lo pronosticado y lo producido. (v) Considerar los principios de confianza, colaboración y cooperación entre los proveedores. (vi) Establecer orden de pedidos de manera grupal, con el objeto de tener una mejor consolidación en los despachos. Y por último (vii) Minimizar los tiempos de ciclos de los pedidos entre los agentes proveedor – fabrica.

En este caso y debido la gestión de inventarios ha sido una de las actividades de gran importancia dentro de la gestión de las operaciones, por lo que determinan el éxito o fracaso de objetivos importantes, se genera el área de oportunidad, dado que los mercados son cada vez más dinámicos, veloces y exigentes, todo esto basado en los efectos de la globalización y aceleramiento de la economía y tecnología. En este sentido la aparición de los métodos de planificación y control de inventarios tienden una mano dentro la logística interna de una empresa (Valencia et al., 2015). En concordancia a esto, la optimización y simulación de inventarios ha servido de apoyo recientemente, ya que permite una mejor competitividad en el entorno empresarial. (Jianfeng et al., 2011).

Un modelo de optimización, está compuesto por un conjunto de parámetros que representan los datos conocidos, un conjunto de variables de decisión, el objetivo u objetivos a optimizar y un conjunto de limitaciones o restricciones (Mathur & Solow, 1996). Al revisar la literatura se encontró que Tsai et al., (2007) trabajaron un algoritmo que permitió optimizar la programación de los pedidos. Luego Ortiz & Caicedo (2012), propusieron un modelo de optimización de inventarios de manera que pudiera establecer cuáles eran las cantidades optimas a pedir, contemporáneamente Caicedo &

Ortiz (2014) establecen un modelo de optimización donde el objetivo primordial era determinar no solo la cantidad sino también la secuenciación de los pedidos. Más recientemente Gámez et al., (2017) diseñan un modelo de optimización de programación entera mixta en múltiples períodos, de manera que se puedan minimizar los costos de la red logística, considerando inventarios faltantes.

Por otro lado, realizar un estudio de simulación con lleva a la utilización de una herramienta de tipo informática y la manejo de métodos cuantitativos, de manera que se pueda representar eficientemente una situación real en un modelo, es importante tener en cuenta que una simulación permite predecir, evaluar y tener un mayor conocimiento del sistema estudiado. De acuerdo con Naylor & Kong, (1971) cuando se simula se consiguen mejores estrategias que permiten desarrollar experimentos y mejorar cualquier tipo de operación. Al hacer una revisión literaria, se encontró que Ruiz et al., (2017) desarrollaron un sistema de inventarios basado en el modelo Montecarlo que permita controlar y manejar de una manera óptima la cantidad de producto y almacenamiento en la compañía, disminuyendo perdida y mejorando tiempos de respuesta. Contemporáneamente Escobar et al., (2017) diseñaron un modelo de simulación Montecarlo, que permitiera poder diseñar estrategias o políticas de inventarios, a partir de un mínimo de seguridad, permitiendo la obtención de mayores utilidades y aumento en el nivel de servicio al cliente. Más recientemente Serna & Rivera, (2018) realizan un estudio de gestión de inventarios por medio de la simulación con dinámica de sistemas, donde es posible conocer el comportamiento de las variables de acuerdo a las decisiones que se tomen.

Actualmente en Colombia las pequeñas y medianas empresas cuando planifican y controlan sus inventarios, raramente contienen técnicas o herramientas que apoyen y soporten dicho proceso y que a su vez faciliten a los administrativos en la toma de decisiones. De acuerdo con estudios realizados sobre la gestión de inventarios Gutiérrez & Rodríguez, (2008) y Gutiérrez & Jaramillo, (2009), determinan y establecen que en materia de costos operacionales dentro de las empresas, estos se encuentran representados en un veinte por ciento (20%) del volumen de ventas. Adicional a esto también identificaron que aproximadamente un sesenta y cinco por ciento (65%) de las empresas presenta debilidades en materia de gestión de inventarios, debido a tres tipos de motivos: (i) A raíz de los costos elevados por el uso de herramientas y tecnologías adecuadas para una buena gestión. (ii) Por falta de conocimiento de los procesos y sus elementos que interactúan como las entradas, salidas, recursos y controles y (iii) por la falta de personal experimentado y formado en competencias de planeación y control de inventarios.

Por consiguiente para el desarrollo de esta investigación se brindan escenarios favorables para desarrollar el objetivo principal que consiste en el diseño de un modelo para la planeación y control de inventarios con consideraciones de optimización y simulación, en una empresa caso de estudio del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena – Colombia, que sirvan de apoyo para la toma de decisiones y beneficio para la rentabilidad de la empresa.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Diseñar un modelo metodológico y cuantitativo para la planeación y control de inventarios en almacenes de insumos aplicado a pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Cartagena, mediante técnicas de optimización y simulación, que permita un mejor nivel de servicios y minimización del costo de almacenamiento.

Objetivos Específicos

- Desarrollar una revisión de la literatura con respecto a los modelos teóricos para planificación y el control de inventarios que se pueden ajustar a las necesidades reales de las Pymes, mediante la búsqueda de información en bases de datos, que permita servir de soporte para el diseño de un modelo metodológico.
- Caracterizar los procesos de gestión de inventarios en pequeñas y medianas empresas de la ciudad de Cartagena, mediante la utilización de encuestas aplicadas al sector de manufactura con el fin de establecer las variables y parámetros asociados a la planificación y control de inventarios.
- Construir un modelo metodológico fundamentado en un enfoque multicriterio, de planificación y de control para la gestión de los inventarios, que sirva de apoyo para conformar un sistema en la toma de decisiones de las pequeñas y medianas empresas.
- Describir un caso objeto de estudio, que permita validar la metodología diseñada y servir de apoyo para el desarrollo de un modelo de optimización y simulación teniendo en cuenta la planeación y control de inventarios en un almacén de insumos.

- Desarrollar un modelo de optimización de inventario considerando el caso objeto de estudio, mediante la formulación y programación matemática y a su vez herramientas informáticas que permitan su solución y análisis, de tal manera que se logre una minimización de los costos totales de almacenamiento.
- Desarrollar un modelo de simulación de inventarios mediante el método de Montecarlo, que permitan la ejecución de diversos experimentos y la que definición del mejor escenario, favoreciendo el control de las cantidades almacenadas, garantizando un óptimo nivel de servicio al cliente y apoyando a la toma de decisiones en materia de costos.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Gestión De Inventarios

La razón de ser de los inventarios radica ante la necesidad que tiene las empresas de poder solventar cualquier requerimiento por parte de los clientes en algún momento dado, a su vez de poder asegurar que sus procesos de producción no se vayan a quedar sin materia prima, ambos casos generan incertidumbre hacen que se conviertan en sistemas netamente complejos. De acuerdo con Julián, Z. (2014), si estas variaciones no se manejan adecuadamente puede producir escases o desabastecimiento de inventarios, que al final quienes se ven afectados son las empresas y los clientes.

Los inventarios deben servir de amortiguador, de tal forma que permita tener cierta cantidad de unidades guardadas, de manera que cuando existan cambios bruscos en las demandas, la empresa no se afecte y pueda continuar funcionando sin ningún trauma o problema. Todo este proceso se presenta debido a la acumulación de materias primas, suministros, unidades, ejecución de trabajos y material terminado que se encuentran en la cadena de producción que comprende la logística de la empresa: almacenes, equipo de transporte entre otros.

El inventario disponible de una empresa puede convertirse en la solides significativa de la empresa, de no ser controlado puede ser todo lo contrario desperdicios y perdida para el proceso de gestión de inventarios de la empresa. Hacer buen uso de este hará la diferencia en temas económicos.

La gestión de inventarios involucra una serie de actividades relacionadas con la definición de las disciplinas o políticas que se deben aplicar, así como también los distintos controles de necesitan ejecutar, de manera que en tiempo real se sepa el nivel o la cantidad de existencias almacenadas.

El sistema de inventario tiene la responsabilidad primordial de recibir, almacenar preparar y despachar los pedidos hacia los clientes. Uno de los principales objetivos dentro de todo este proceso es la minimización de costos de almacenamiento y preparación de las órdenes, lógicamente sin afectar la calidad del proceso, del producto y del nivel de servicio hacia el cliente, ya que de acuerdo con Wild, T. (2002) estos impactarán de manera negativa en la rentabilidad de la empresa.

Los encargados de tomar las decisiones en la gestión de inventarios, se han apoyado en sistemas básicos que permiten un análisis de clasificación denominado Sistema ABC de inventarios, este permite poder clasificar los artículos según parámetros de prioridad, siendo los más comunes la rotación, el volumen y los costos unitarios. De acuerdo con Pareto, V. (1909) el análisis de ABC de inventarios prioriza los artículos según el grado de importancia o valor monetario, de esta manera se clasifican por categorías los artículos más costosos y los menos costosos.

Modelos De Inventarios

Según Heizer, J. y Render, B. (2006), los modelos de inventarios son los que permiten establecer el nivel mínimo de artículos que se deben tener de materias primas, partes, subensambles y productos terminados. Es importante considerar que para poder llevar a cabo la aplicación de estos modelos de inventarios, existe una variable a considerar como lo es la demanda, cabe resaltar que esta puede dependiente o independiente, como por ejemplo una demanda dependiente se da cuando la fabricación de un producto depende del número de partes que lo conforman y una demanda independiente está muy ligada a los productos ya fabricados y su relación con los pedidos de clientes. Cuando se presentan demandas de tipo independientes, existen tres tipos de modelos básicos como son: (i) Modelo de cantidad de pedido. (ii) Modelo de cantidad económica a producir. Y por último (iii) Modelo de descuento por cantidad.

Medidas De Desempeño De Los Inventarios

De acuerdo con Heizer, J. y Render, B. (2006) existen diferentes tipos de medidas de desempeño, entre estas se encuentran: (i) Minimización de costos, basados en buscar la mínima cuantía del costo total, focalizados en los costos de las operaciones de inventarios como preparación de orden de pedidos, almacenamiento y costos por gestión de compra de artículos. Esta reducción del costo total está relacionada directamente con las cantidades óptimas de pedidos previamente calculadas. (ii) El nivel de servicios,

el cual representa la disponibilidad de los artículos en almacén una vez que el cliente haga una solicitud, para esto se maneja un parámetro clave como la es la probabilidad de la capacidad de cumplimiento. (iii) Los costos por inexistencias, estos se ven reflejados cuando un cliente hace una solicitud y almacén no dispone de dichos artículos, en algunas empresas lo toman como ventas perdidas, penalizaciones o costos por mantener el cliente esperando.

Control De Inventarios Por Metodología Abc

En el manejo de inventarios frecuentemente se presentan entradas y salidas constantes de artículos, por tanto el control toma relevancia e importancia en todo tipo de empresas. De acuerdo con Arango, Adarme y Zapata, (2013), el manejo óptimo de los controles permitirá poder tener unos estados contables confiables.

Para que un control de inventario sea efectivo se hace necesario establecer los días correspondientes al inventario que se va realizar, luego se debe definir el personal que estará participando en la realización del mismo en la bodega; para este evento se cuenta con el acompañamiento de los auditores internos o externos de cada compañía según lo indiquen los procedimientos o fases diseñadas de manera previa (Aarón y Vargas, 2016). Normalmente las metodologías de conteo utilizadas serán las que las empresas por tradición hayan acogido y las mismas, pueden alternar técnicas diversas para su implementación (Díaz, de Felipe y Hermosa, 2014). En la actualidad, las investigaciones recientes proponen la Metodología ABC como una forma de clasificación, que al insertarse en las políticas de control de inventarios pueden beneficiar los resultados periódicos de las empresas o entes productivos.

La metodología ABC de inventarios como se había descrito con anterioridad, está conformada por tres categorías, donde los de categoría A representan los artículos de mayor valor, caso contrario sucede con los artículos representados en la categoría C. Según Navarrete y Gutiérrez, (2014), esta técnica permite poder tomar decisiones certeras ya que permite una mayor concentración en aquellos que representan un mayor activo para la empresa.

Contemporáneamente Navarrete y Gutiérrez, (2014), establecen los siguientes criterios para cada una de las categorías:

- Los artículos A, son los bienes de mayor consumo y demanda anual, por tanto, serán siempre objeto de rotación y constante seguimiento para la óptima fluidez de los procesos asociados a los mismos (Arboleda y Castillo, 2017).

- Los Artículos B, son aquellos que en orden de jerarquía se ubican en un nivel secundario y que tienen dentro del escenario de operación de la empresa un protagonismo secundario (Fergusson, Valdés y Parada, 2016).
- Los artículos C, son los de menor representatividad y que en muchos casos manejan una rotación muy lenta o que incluso a veces se contemplan como innecesarios dentro del almacén o bodega de inventarios (Figueredo et al., 2016).

Los beneficios más relevantes que se han señalado hasta el momento de la metodología de clasificación ABC son (Reyes, 2017):

- Evita la interrupción innecesaria de las operaciones de producción
- Disminuye la pérdida de oportunidades de venta
- Disminuye los altos costos por compras realizadas con mayor frecuencia
- Posibilidad de ofrecer una mayor variedad de bienes al cliente para que pueda elegir.
- Da respuesta ante un cambio repentino en la demanda ante lo pronosticado.

En orden de jerarquía se ubica la interrupción innecesaria de las operaciones, seguidamente la reducción de pérdida de cliente y oportunidades de negocio, reducción de costos, mayor dominio y variedad de productos y finalmente capacidad de respuesta a los cambios del mercado.

Políticas De Gestión De Inventarios

Las políticas basadas en el análisis ABC aprovechan el desequilibrio de las ventas delineado por las variaciones propias de cada mercado. Esto implica que cada artículo debería recibir un tratamiento ponderado que corresponda a su clase, a continuación, el planteamiento que los autores han delimitado para este postulado (Reyes, 2017):

- Los artículos de categoría A deben ser más controlados, vigilados y custodiados, adicional a esto necesitan unas excelentes condiciones de almacenamiento y buen manejo de planeación y programación.
- Los artículos de categoría B se deben estar monitoreando constantemente, dado que existe la posibilidad que suban o bajen de categoría
- Los artículos C es muy poca la vigilancia y control que se les realiza, debido a que son artículos de poco valor y poca rotación. Es importante en este tipo de

categoría determinar cuánto es el mínimo de unidades necesario que se deben tener para no incurrir en demasiados costos.

Muchas teorías se apoyan hoy día la forma de cómo se priorizan los artículos, de acuerdo con (Alonso et al., (2016) esta técnica es una de más antiguas y que se han venido desarrollando gracias al apoyo de herramientas informáticas y software de gestión de inventarios.

Almacenamiento

El almacenamiento hace referencia a los lugares donde se almacenan diversos tipos de artículos, siendo estos soportados por unas disciplinas, políticas y reglas en el manejo de los inventarios. Cabe resaltar que una adecuada política gestión permite mantener los artículos inventariados y con disposición oportuna al momento de alimentar cada uno de los procesos que se articulan con una determinada área. Es de vital importancia que al momento de establecer las estrategias de almacenamiento, se definan claramente cuál va a ser el sistema de gestión del almacén y el modelo a implementar (Robleto, 2016).

Diversos autores, definen la Gestión de Almacén como el proceso logístico que va desde las entradas hasta las salidas de mercancías, dentro de un mismo lugar (Alonso et al., 2016). Los procesos operativos dentro del mismo proceso en el desglose del almacenamiento son los siguientes: (i) Recepción de pedidos. (ii) Movimiento y ubicación; (iii) Procesamiento de pedidos; (iv) Preparación de pedidos (picking) y (v) Transporte y distribución.

Cadena De Suministro

Las compañías están obligadas hoy en día a cumplir con una serie de procedimientos que permitan poder entregar a satisfacción los productos al consumidor final. De acuerdo con García, (2016), no es solo preocuparse por la entregarle los productos sino también velar por la satisfacción de los clientes. Hoy por hoy es de vital importancia que las empresas trabajen bajo un enfoque hacia el cliente y un enfoque de procesos, dado que por estudios previamente desarrollados se ha podido demostrar que cuando se trabaja en forma conjunta se obtienen mejores resultados y mayores ganancias. De acuerdo con Ramírez et al., (2016) cuando las compañías se integran o se asocian entre sí, logran que los consumidores obtengan todo lo que necesitan. Es aquí donde empie-

za aparecer el concepto de suministros, debido al intercambio constante de recursos y productos que se dan entre las distintas relaciones de los agentes que intervienen.

Algunos tienen a confundir el término de cadena de suministros con el de logística, y creen que son sinónimos, en realidad son dos términos totalmente diferentes, aunque cabe considerar que la logística se encuentra dentro de la cadena de suministros. Es preciso mencionar que el término de cadena de suministros, hace alusión a la gestión eficiente de cada uno de los procesos que relacionan a los distintos agentes, en cambio la logística es la encargada de la gestión de los distintos flujos que existe dentro de la cadena. De acuerdo con el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) existe una diferencia respecto a los dos términos, la cadena de suministros es la que integra a los agentes pertenecientes a la cadena y la logística es la que se encarga de planear y controlar los suministros (Stadtler, 2015).

Otros investigadores de la disciplina han establecido que el concepto de cadena de suministros ha sido una evolución de las distintas tareas logísticas que en la empresa se deben desarrollar, desde el proveedor primario hasta el consumidor final, eliminando todos aquellos desperdicios que no agregan valor al producto. De acuerdo con Christopher, (2016) esta gestión integrada permiten establecer estrategias comunes entre todos los participantes.

Cabe resaltar que dentro de la cadena de suministros se generan distintos tipos de procesos, como por ejemplo procesos de compras, procesos de manufactura, procesos de gestión de la orden de pedidos, procesos de relaciones y servicios con el cliente, procesos de gestión de demanda, entre otros. Por lo anterior según Chopra, (2013) se han determinado tres tipos de fases claves como son: (i) Fase de abastecimiento, la cual se da entre la relación existente proveedor y fabricante, llamada también logística de aprovisionamiento. (ii) Fase de fabricación, consisten en transformar las materias primas en productos terminados, denominada logística de producción. Y (iii) Fase de distribución, la cual consiste en la relación entre la fábrica y el cliente, y lo que busca es hacer llegar los productos al consumidor final, denominada logística de distribución.

Modelos Determinísticos Y Probabilísticos De Inventario

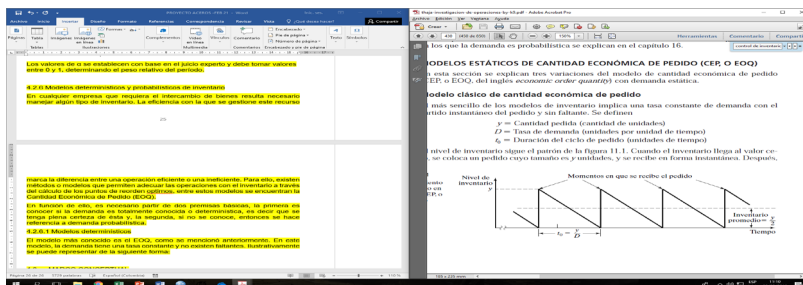
En cualquier empresa que requiera el intercambio de bienes resulta necesario manejar algún tipo de inventario. La eficiencia con la que se gestione este recurso marca la diferencia entre una operación eficiente o una ineficiente. Para ello, existen métodos o modelos que permiten adecuar las operaciones con el inventario a través del cálculo de los puntos de reorden óptimos, entre estos modelos se encuentran la Cantidad Económica de Pedido (EOQ) (Taha, 2004).

En función de ello, es necesario partir de dos premisas básicas, la primera es conocer si la demanda es totalmente conocida o determinística, es decir que se tenga plena certeza de ésta y, la segunda, si no se conoce, entonces se hace referencia a demanda probabilística.

Modelos Determinísticos De Inventario

El modelo más conocido es el EOQ, como se mencionó anteriormente. En este modelo, la demanda tiene una tasa constante y no existen faltantes. Ilustrativamente se puede representar en la figura 1.

Figura 1. Inventario bajo el modelo EOQ clásico.



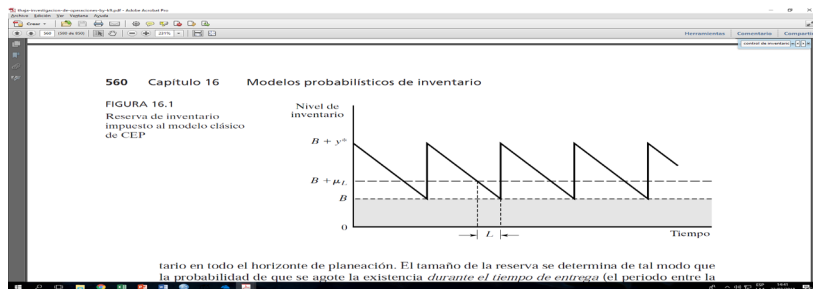
Fuente: Taha, 2004

Bajo el modelo propuesto, la demanda a una tasa constante hace que se consuman las unidades del inventario de manera uniforme, pudiendo estimar de manera precisa el punto de reorden más adecuado, sin que se llegue a comprometer las existencias.

Modelos Probabilísticos De Inventario

Es posible que, en la mayoría de los casos, no se cuente con la información suficiente para determinar de forma precisa la cantidad demandada de un producto, por tal razón, es necesario recurrir a modelos donde el comportamiento de la demanda es desconocido y, para estimarla adecuadamente, se acude a modelos probabilísticos. El modelo EOQ puede ser ajustado para probabilizarlo, de modo que este refleje el comportamiento incierto de la demanda, adecuando una reserva de inventario constante en el horizonte de planeación. La figura 2 representa un modelo EOQ probabilizado con una reserva de inventario estimada con base en cálculos probabilísticos.

Figura 2. Inventario bajo el modelo EOQ probabilístico.



Fuente: Taha, 2004

El punto entre 0 y B representa el tamaño de la reserva, la cual se determina con base en la probabilidad que se consuman las unidades durante el tiempo establecido para la entrega. El modelo propone la siguiente fórmula matemática para hallar el lote de pedido óptimo, según las variables:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

D = Cantidad de unidades requeridas en el periodo

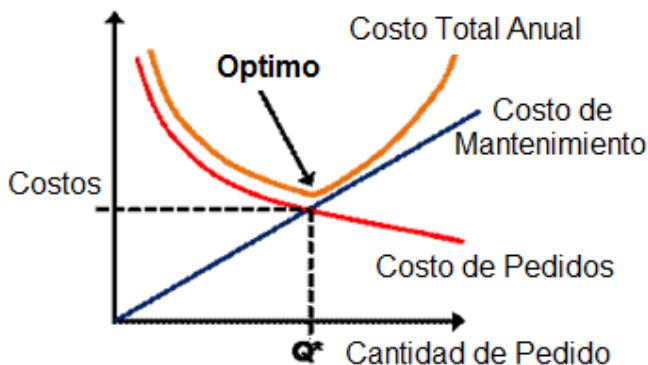
S = Costo de colocación de una orden de pedido

H = Costo de mantener almacenada una unidad

Antecedentes Y Casos De Aplicación

Los sistemas de inventarios nacen con la necesidad del hombre por mantener provisiones en la antigüedad. Conocer la cantidad exacta de alimentos o productos que eran escasos en algunas épocas del año, así podían controlar lo que en su momento tenían y lo que les haría falta.

Figura 3. Relación entre los costos asociados y costos de pedido.



Fuente: Adaptado de la página web: www.investigacion-operaciones.com

Este método es la clave para mantener control sobre el suministro de la materia prima o insumo de una organización generando confianza a la hora de emprender algún tipo de proyecto o servicio. Citando a P, J, H Bailey, (1991) A continuación se evidencian proyectos en los que se investigaron sobre la gestión de inventarios (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Casos de aplicación en gestión de inventarios.

Autor-Año	Problema	Herramientas de Solución
Arturo Enrique Taffur Melo. Et al. (2016)	Inadecuado Sistema de inventario	Metodología ABC, Diagrama de Pareto, sistema de almacenamiento Peps, implantación de software Sysplus
Francisco García Díaz. Et al. (2015)	Falta de procedimiento de control de inventarios de insumos	Clasificación Push & Pull Jerarquización ABC
Luis Andrés Martínez Winter (2014)	Información inoportuna, incompleta y poco confiable de los inventarios	Sistema informático logístico
Anahís Shirley Calderón Pacheco, (2014)	Capital inmovilizado en el almacén de insumos	Implantación de un sistema de manufactura esbelta
Ian Hendry Guerrero Jiménez (2014)	Mal aprovechamiento de espacios, y duplicidad de los productos	Implementación de nuevos sistemas de almacenamiento
Jonathan Guerrero Arrieta y Fabio Alirio Portillo (2013)	Sistema de inventario empírico	Metodología ABC de Pareto
Tomas Páez, Alandette Yulu (2013)	Problema de confiabilidad del flujo de Inventario Lógico en el almacén de materias primas	Plan de mejora aplicando criterios de confiabilidad
Mar Yuri Perdomo y Olga Lucia Largacha (2013)	Bajo nivel de servicio, disponibilidad de producto terminado	Pronósticos de inventarios
Sebastián Mendoza y Daniel Mosquera (2011)	No hay control de inventarios	Implantación del software de gestión inventarios Dsi Moda

Optimización

Según Jiménez, G (2009) La optimización tiene como finalidad encontrar una solución óptima ante un problema que se esté abordando, para esto existen unos objetivos claramente definidos, que dependiendo del contexto pueden ser de maximización, cuando lo que se buscan son las máximas ganancias, beneficios, utilidades, entre otros. Y de minimización relacionados con los mínimos costos, tiempos, distancias, recorridos, riesgos, entre otros.

Al momento de abordar un problema de optimización se requieren de tres etapas fundamentales:

- Construcción matemática del modelo, que comprende el objetivo a buscar, un conjunto de variables, parámetros y restricciones.
- Solución del problema por medio de algunos de los métodos de optimización
- Análisis de los resultados obtenidos

Un modelo de optimización, tiene tres componentes básicos: las variables de decisión que se trata de determinar, el objetivo que se trata de optimizar y las restricciones que se deben satisfacer (Mathur & Solow, 1996). Así mismo al hacer una revisión de la temática se encontró que Tsai et al., (2007) determinaron un algoritmo para optimizar producción que sirvió de herramienta práctica para la programación de los pedidos. Consecuente a esto, Ortiz & Caicedo (2012), diseñaron un plan óptimo de producción en una planta embotelladora, buscando como objetivo las cantidades optimas de pedido a un menor costo, contemporáneamente Caicedo & Ortiz (2014) diseñan un modelo matemático de optimización para mezcla de producción en una empresa de calzado, cuyo era objetivo era la de determinar las cantidades optimas y el orden de los pedidos. Más recientemente Gámez et al., (2017) diseñan un modelo de optimización de programación entera mixta en múltiples períodos, de manera que se puedan minimizar los costos de la red logística, considerando inventarios faltantes.

Simulación

Uno de los pioneros en brindar una definición aceptada y más difundida de la palabra de simulación fue dada por Naylor, B. y Kong, Ch. (1971), quien la define así: “La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real” (p. 42).

Basado en la concepción anterior, la cual está en un contexto muy amplio, ya que puede incluir desde el diseño de un prototipo o una maqueta hasta un programa o software sistematizado, Maisel, H. y Brugnoli, G. (1972), definen la simulación en un sentido más estricto, como una técnica cuantitativa, que busca la solución de problemas por medio del apoyo de una herramienta informática.

Consecuentemente a estas definiciones, Shannon, R. (1975), conciben la simulación como: “Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar modelos computarizados de un sistema o proceso real y conducir experimentos con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema” (p. 16).

Según Hernández, D. (1977), señala que la simulación significa: “Representación de la realidad y por tanto la descripción verbal y la representación esquemática o gráfica de alguna parte del mundo real constituye una simulación” (p. 27).

Otras definiciones de simulación se recogen en Thierauf, R. y Grosse, R. (1976), que definen la simulación como: “El uso de un modelo de sistema que tiene la característica deseada de la realidad, a fin de reproducir la esencia de las operaciones” (p. 33). “Una representación de la realidad mediante el empleo de un modelo u otro mecanismo que reaccionará del mismo modo que la realidad bajo una serie de condiciones dadas” (p. 33). “Una técnica numérica, para realizar experimentos con ciertos tipos de modelos matemáticos, que describen la conducta de sistemas complejos sobre un cierto periodo de tiempo” (p. 34).

Posteriormente, Banks, J., et al. (1996), consideran la simulación como:

El desarrollo de un modelo lógico matemático de un sistema, de tal forma que se tiene una imitación de la operación de un proceso de la vida real o de un sistema a través del tiempo. La simulación involucra la generación de una historia artificial de un sistema, la observación de esta historia mediante la manipulación experimental, ayuda a inferir las características operacionales de tal sistema. (p. 8).

Por otra parte, un estudio de simulación permite conducir a un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente sugerir estrategias que mejoren la operación y eficiencia, a su vez anticiparse a las restricciones o cuellos de botellas o algún otro problema que pueda ser limitante del proceso (Naylor & Kong, 1971). Al hacer una revisión de la temática, se encontró que Ruiz et al., (2017) desarrollaron un sistema de inventarios

basado en el modelo Montecarlo que permita controlar y manejar de una manera óptima la cantidad de producto y almacenamiento en la compañía, disminuyendo pérdida y mejorando tiempos de respuesta. Contemporáneamente Escobar et al., (2017) diseñaron un modelo para encontrar la política de inventario con stock de seguridad para un modelo probabilístico que maximice la utilidad diaria esperada, considerando que los productos son perecederos y, por lo tanto, solo pueden estar almacenados por un máximo número de días, y proponen una metodología basada en Simulación Montecarlo. Más recientemente Serna & Rivera, (2018) realizan un estudio de gestión de inventarios por medio de la simulación con dinámica de sistemas, donde es posible conocer el comportamiento de las variables de acuerdo a las decisiones que se tomen.

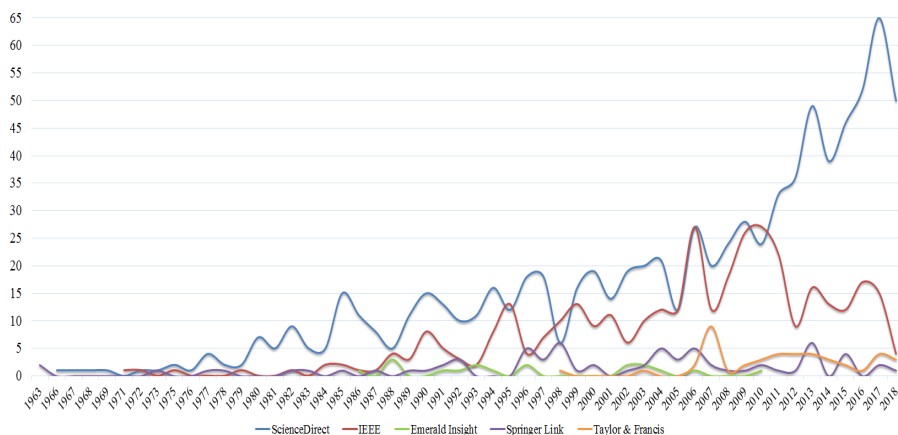
ANALISIS BIBLIOMETRICO

Para el análisis estadístico de la búsqueda de la información, te manejo información correspondiente al año 2018, para esto se aplicaron una serie de gráficas pertinentes para un mejor entendimiento. A continuación en la tabla 2 se muestra la cantidad de investigaciones desarrolladas.

Tabla 2. Revisión de la temática en base de datos

Databases	Total general	Filtro en palabras claves
IEEE Xplore	503	369
Science Direct	112.790	831
Springer	103.193	70
Emerald	9.846	18
Taylor and Francis	72.654	44

Figura 4. Numero de publicaciones por año



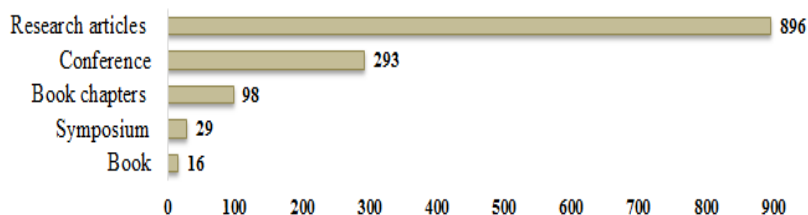
Número De Publicaciones

Para el análisis del número de publicaciones se tomó como parámetro de inicio la década de los años 60 hasta la actualidad (1963-2018). Al realizar una búsqueda sobre el término: “Planeación y control de inventarios” se puede evidenciar que empiezan aparecer las primeras investigaciones a partir del año 1963 y que ha estado en aumento en el transcurrir de los años. En la figura 4 se muestra una tendencia positiva en cuanto al número de publicaciones relacionadas con la temática en las distintas bases de datos científicas.

Tipos De Publicaciones

Al verificar las diferentes las bases de datos y filtrando la búsqueda por palabras claves, de un total de 1332 documentos, 896 documentos representados en un 67,3% corresponden a artículos de investigación, 293 documentos que equivalen a un 22% hacen referencia a publicaciones mediante conferencias, 98 documentos representados en un 7,4% corresponden a publicaciones por medio de capítulos de libros de investigación, el resto equivalente a un 3,4% corresponden a publicaciones desarrolladas por simposios y libros de investigación (Ver Figura 5).

Figura 5. Tipos de publicaciones



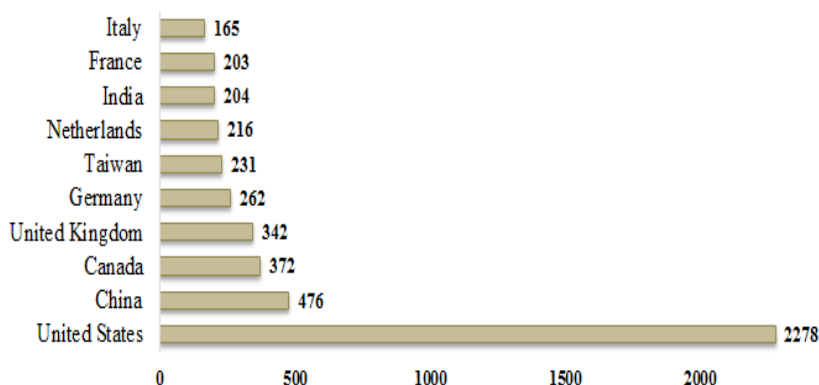
Revistas Relevantes

De la información obtenida en las diferentes bases de datos, se destaca que existen 16 revistas relevantes las cuales han publicado más de 10 investigaciones sobre la temática “Planeación y control de inventarios”. Como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Revistas relevantes



Figura 7. Países más relevantes

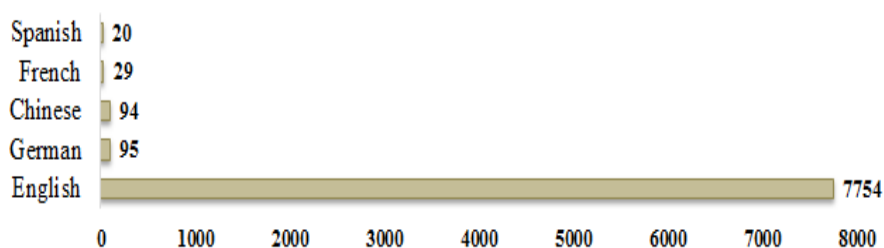


Países O Idiomas Más Destacados

Para un análisis de los países e idiomas más destacados, se utilizó como estrategia de búsqueda la base de datos scopus, sobresaltando entre los diez (10) países que más publicaciones han desarrollado de acuerdo al eje temático “Planeación y control de inventarios” se encuentran, los Estados Unidos con un 24%, China con un 5%, Canadá con un 3,9%, el Reino Unido con un 3,6%, Alemania con 2,8%, Taiwán con un 2,4%, Holanda, India y Francia con un 2,2% e Italia con un 1,7%. Cabe resaltar que existe un 25,5% de publicaciones que no denotan el país de origen. (Ver figura 7)

En cuanto al idioma prevalece el idioma ingles con un 93,1% seguido del idioma alemán y chino con un 1,1%, luego el idioma francés con un 0,3%, el español con un 0,2% y un 1% en otros idiomas. Considerando que existe un 3,2% de publicaciones que no identifican el tipo de idioma (Ver figura 8).

Figura 8. Idiomas más relevantes

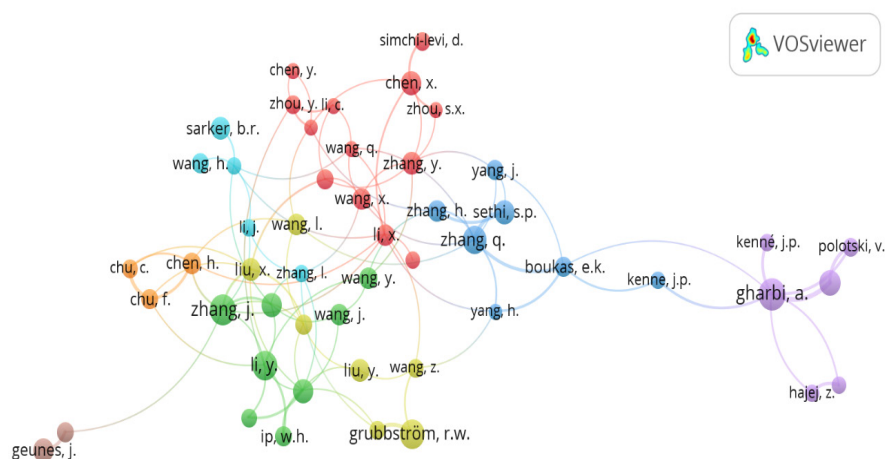


Autores Con Más Publicaciones Y Citaciones

Para el análisis de los autores, se tomó como referencia la base de datos Scopus, se logró evidenciar que un gran número de autores han realizado publicaciones referentes a la temática de investigación “Planeación y control de inventarios”. Esta información sirvió de dato de entrada para poder utilizar la herramienta informática VosViewer, la cual permitió identificar la visualización y construcción de redes bibliométricas. La Figura 9 representa los autores más relevantes con respecto a la cantidad de publicaciones desarrolladas en los últimos años. Estos están representados con círculos de mayor dimensión y con una fuente mayor tamaño.

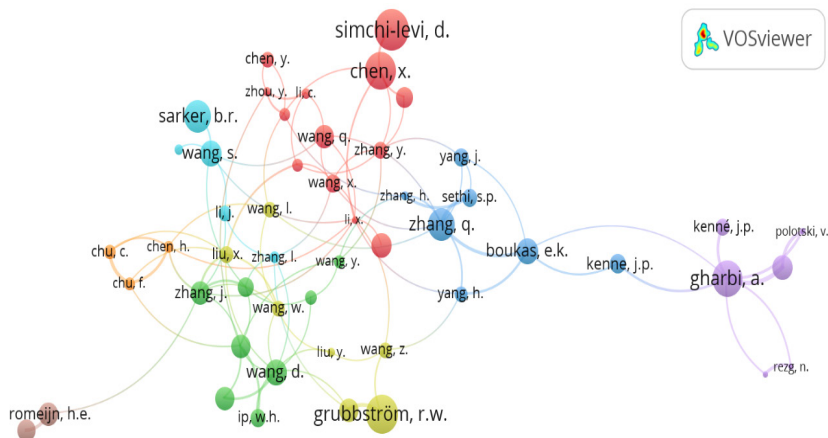
Es evidente que autores como Gharbi, A.; Kenné, J.P.; Grubbström, R.W.; Zhang, Q; Zhang, Y. y Geunes, J., son autores considerados como principales, por lo que permiten la conexión o son puentes de comunicación entre ocho (8) grupos de redes de información. Sin embargo, también hay autores que se encuentran en clúster adyacentes, que de igual forma tienen un gran valor pro la calidad de sus contribuciones e investigaciones, como es el caso de Zhang, J. y Sarker, B.R.

Figura 9. Autores más relevantes



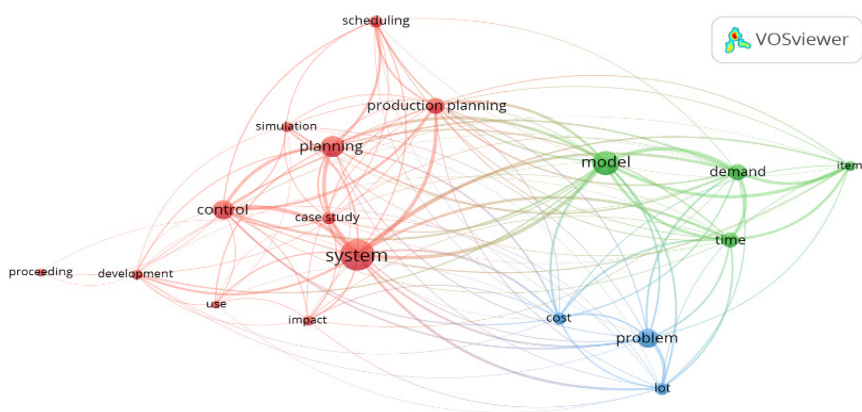
También es importante destacar dentro de la red de investigación, las citaciones que se hacen a cada uno de los autores, lo que enmarca la calidad de las contribuciones y la generación de nuevos conocimientos proporcionados a las ciencias.

Figura 10. Autores más citados



En la Figura 10 se evidencian los autores más citados y con estudios relevantes con otros autores. Resaltando principalmente a: Gharbi, A.; Simchi-Levi, D.; Grubbström, R.W.; Sarker, B.R. y Chen, X.

Figura 11. Palabras más relacionadas



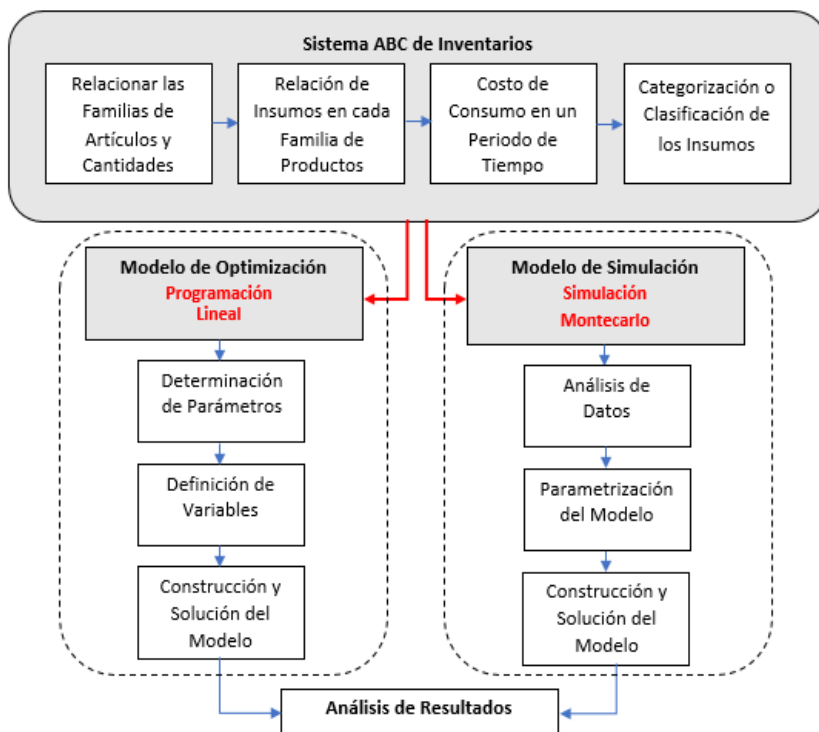
Palabras Más Relacionadas

Mediante el software VosViewer, se llevó a cabo un estudio de las palabras más utilizadas en el resumen de los documentos estudiados. Esta herramienta permitió visualizar una gran cantidad de palabras relacionadas con el tema de planificación y control de inventarios. En la figura 11, la mayoría de las ocurrencias están relacionadas con sistema, planeación, programación, control, modelo, demanda, problema y simulación.

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

Con la finalidad de identificar las políticas y minimizar los costos de inventarios, se tomó como referencia la metodología planteada en la figura 12, la cual está fundamentada con las actividades que desarrollan las empresas, donde influye complejidad y volumen de las operaciones de la entidad.

Figura 12. Propuesta metodológica.



Esta metodología se construye a partir técnicas comunes para la planeación y control de inventarios como: (i) El sistema ABC, el cual es un medio para clasificar productos, que se disponen en secuencia de orden decreciente, de acuerdo con el volumen anual de ventas o uso en unidades monetarias. En los sistemas de inventarios con varios productos no todos tienen igual rentabilidad. Por esta razón, es importante diferenciar entre los artículos rentables y los no rentables. Para ello se toman los conceptos de Pareto, que fue un economista que estudio la distribución de la riqueza en el siglo XIX

y noto que gran parte de esta pertenece a un segmento de la población pequeño. Este efecto, llamado “efecto Pareto”, también se aplica a los sistemas de inventarios: una gran parte del volumen monetario total de las ventas se debe con frecuencia a una pequeña cantidad de artículos (Nahmias, 2007). (ii) Modelo de optimización, basada en la programación lineal y la cantidad económica de pedido, para esto se necesita determinar los parámetros, definir las variables, construir y solucionar el modelo. (iii) Modelo de simulación, por medio del método Montecarlo, fundamentado en el análisis de datos, la parametrización estadística de las variables aleatorias, la construcción y solución del modelo y por ultimo experimentación de escenarios. El desarrollo de esta metodología permitirá un proponer un mejoramiento al sistema, apoyar la toma de decisiones y minimizar los costos de inventarios de manera que logren mayores beneficios para la empresa.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación Inicia con un estudio del sector de manufactura en la ciudad de Cartagena – Colombia. En esta fase se hace un análisis general de las pequeñas y medianas empresas (Pyme) en la industria manufacturera, teniendo en cuenta su clasificación de acuerdo a las diferentes actividades económicas, de igual forma el número de empresas que las conforman y sus activos totales. Según la cámara comercio de Cartagena actualmente existe una cifra de 32.535 empresas distribuido de la siguiente manera: 29.576 (91%) microempresas, 2.792 (8,6%) Pymes y grandes empresas 167 (0,5%). Seleccionando la industria manufacturera, este se encuentra representado por un total 3982 empresas equivalente a un 12%, hasta finales del año 2017, la cantidad de microempresas eran de 3.669, Pymes de 278 dividido en 224 como pequeñas y 54 medianas y en el caso de las grandes empresas una cifra de 35. En término de porcentajes el 92% equivale a microempresas, el 7% a Pymes y el 1% a las grandes industrias.

Teniendo en cuenta la cantidad de Pymes pertenecientes a cada subsector es evidente que los subsectores más representativos son los relacionados con (i) Elaboración de productos alimenticios con 38 empresas. (ii) Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo con 36 empresas. (iii) Fabricación de sustancias y productos químicos con 15 empresas. (iv) Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles con 14 empresas. (v) Fabricación de productos de caucho y de plástico con 13 empresas y (vi) Actividades de impresión y de producción de copias a partir de grabaciones originales con 12 empresas.

Dado lo anterior el sector escogido para llevar a cabo esta investigación es el metalmeccánico, dada la gran importancia para las economías mundiales, por lo que engloba a todas las empresas manufactureras que se dedican a la fabricación, reparación, ensamblaje y transformación de metales, realizando importantes aportes al desarrollo de la industria manufacturera a nivel global, fundamentalmente en países industrializados y es motor de desarrollo indispensable para los países emergentes (Armenti, 2006).

Inicialmente se desarrolló un diagnóstico a partir de una encuesta estándar que permitiera identificar las metodologías utilizadas para la toma de decisiones al respecto a la planeación y control de inventarios. En este diseño de encuesta se incluyeron preguntas que indagaran por la generalidad de la empresa y del sistema de inventarios; se consultaron los síntomas identificados por los empresarios en el problema de gestión y los aspectos metodológicos mediante los cuales se toman las decisiones. En total, se obtuvo una participación 42% de la población de las pequeñas y medianas empresas del sector metalmeccánico registradas en las cámaras de comercio de la ciudad de Cartagena. Al indagar por los niveles de inventario de materia prima, insumos y productos terminados, se pudo evidenciar que el 92% de las pymes manifestaron tener problemas con los niveles de inventario ya sea por escasos o por exceso.

Luego entonces para la aplicación de la metodología propuesta, se tomó como referencia una empresa del sector metalmeccánico ubicada en la ciudad de Cartagena – Colombia. Inicialmente se llevaron a cabo visitas de campo, por medio de observación directa y entrevistas estructuradas a los líderes del proceso de gestión logística, se pudo establecer que el proceso logístico, principalmente el área de almacén no se lleva a cabo un control de las existencias de los insumos, aparte de esto no se cuenta con un sistema de inventarios que ayuden en la administración de estos recursos, en el control y seguimiento de las existencias y necesidades diarias del proceso. Dado lo anterior uno de sus principales problemas a los que se deben enfrentar la empresa a diario es la existencia de excesos de inventarios. La empresa en distintas ocasiones se ha centrado en tener altos niveles de inventario, por falta de control de los insumos, se realizan compras sin saber que hay existencia del insumo. Lo cual da origen a un exceso de estos, este comportamiento al interior de la empresa ha conllevado al aumento de los costos, debido a que no se posee una técnica adecuada para determinar el comportamiento de la demanda, otro punto es aquel que se enfoca en la calidad de los insumos, ya que este no se almacena de la manera adecuada y el largo tiempo que se demora en la utilización de algunos insumos.

Sistema Abc De Inventarios

El ABC, Activity Based Costing o Costeo Basado en Actividades, ha sido tratado por diferentes autores, tal es el caso de Fácil, A. (2006) quien señaló que el mismo consiste en efectuar un análisis de los inventarios estableciendo capas de inversión o categorías con objeto de lograr un mayor control y atención sobre los inventarios, que por su número y monto merecen una vigilancia y atención permanente. En correspondencia con los fundamentos conceptuales del método ABC, un número pequeño de productos es responsable de un volumen grande de inversión. El propósito de la clasificación es establecer un sistema de control por excepción (Chase et al., 2005).

Al aplicar la metodología ABC, se relacionaron las familias de artículos, cantidades y porcentaje de participación u ocupación en el área de almacén, luego se desglosaron cada una de las referencias de insumos asociadas a cada familia de artículos, se relacionaron el consumo mensual de los artículos en materia de costos, luego se categorizaron o clasificaron y por último se hizo un análisis de los resultados obtenidos.

A continuación en la Tabla 3 se evidencia la clasificación de insumos ABC con base a las órdenes de compras generadas trimestralmente en los periodos del 2016 y 2017 las cuales arrojaron las siguientes cantidades con su respectivo porcentaje de ocupación en el almacén.

Tabla 3. Cantidad y porcentaje de ocupación en el almacén de insumos.

Familia de productos	Cantidad	Porcentaje de ocupación
Productos químicos	44	9%
Discos	41	8%
Gases	65	13%
Accesorios	153	30%
Soldadura	25	5%
Elementos de dotación	13	3%
Eléctricos	74	15%
Ferrosos y no ferrosos	89	18%
Total	504	100%

Teniendo en cuenta los años 2016 y 2017 el consumo total por insumo de tipo accesorio es el que presenta mayor porcentaje de ocupación, por tanto se toman de referencia para la clasificación.

Tabla 4. Clasificación de los insumos.

Porcentaje	Ítems	Cantidad	Participación	Costos	% Costos
0% - 80%	A	3	2%	\$ 139.500.182	80%
81% - 95%	B	43	28%	\$ 26.463.030	15%
96% -100%	C	107	70%	\$ 8.908.982	5%
Total		153	100%	\$ 174.872.194	

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos en el sistema ABC de inventarios, se deduce que del 100% de productos albergados en almacén solo el 2% de los productos de inventario que equivalen a una cantidad de 3 artículos representan un costo trimestral de \$139.500.182 y tienen una participación en el consumo total en un 80% ubicándose en la clasificación A. Mientras que 43% de los artículos representa un costo de \$26.463.030 con un porcentaje de participación del 15% convirtiéndose en los artículos de clase intermedia y por último se tienen los artículos de la clasificación del grupo C, con una participación del 70% , pero que repre características de 10 GB de memoria RAM y un sistema operativo de 64 bits con Windows 7. Para poder determinar las utilidades y el resultado óptimo de las variables se utilizó la ayuda del software GAMS (General Algebraic Modeling System), como su nombre lo indica es un lenguaje de modelización, más que un programa para resolver problemas de optimización. A continuación se describe la construcción matemática del modelo considerando únicamente los productos clasificados como tipo A y pertenecientes a la familia de accesorios.

En el proceso del caso de estudio interviene un conjunto “i” conformado por las familias de productos que se pueden incurrir durante un horizonte de tiempo “t”. A partir de esto se declaran cada uno de los conjuntos necesarios para la construcción del modelo:

i Familias de productos clasificados en A (i: 1,2,3)

t Horizonte de tiempo (t: 1,2,3)

Se describen los parámetros del modelo propuesto, los cuales están ligados con la demanda los inventarios, los costos de almacenamiento, de abastecimiento, costos unitarios, lead time y presupuesto.

Demanda (d_i)	Demanda promedio de productos
Demanda proyectada (dp)	Demanda proyectada de productos
Lead Time (L)	Tiempo promedio de aprovisionamiento
Inventario mínimo (S_m)	Inventario mínimo permitido de acuerdo a los datos
Inventario máximo (S_{mx})	Inventario máximo permitido de acuerdo a los datos
Inventario Inicial (S_i)	Inventario Inicial de cada producto
Inventario de seguridad (S_s)	Cantidad de producto previsto para stock seguridad
Costos de abastecimiento (Ca)	Costos de reabastecimiento por cada producto
Costo de mantenimiento (C_m)	Costos de mantenimiento de cada producto
Costos de inventario (C_{in})	Costo promedio de inventario
Costo Unitario (C_u)	Costo unitario de cada producto
Presupuesto estipulado (Pe)	Presupuesto por cada familia de producto

Las variables del modelo propuesto están ligadas a la cantidad de producto de la familia que se debe comprar durante un periodo t y la cantidad de producto a tener en inventario en un periodo de tiempo t . A continuación, se declaran las variables del modelo:

- Q1 (i, t) Cantidad de producto de la familia i a comprar en un periodo t
- Q2 (i, t) Cantidad de producto a tener en inventario en un determinado tiempo.

La función objetivo de la empresa caso estudio consiste en minimizar los costos de inventarios. La ecuación [1], muestra la formulación matemática garantiza que el proceso de compra se realice haciendo los requerimientos con las cantidades adecuadas y así mismo, que las cantidades de producto en inventario final sean razonables según el comportamiento del consumo datos arrojados en términos monetarios, con el fin de mantener el inventario en almacén sin sobre costos, sobreabastecimientos o desabastecimiento.

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^3 \sum_{t=1}^3 Cu * Q1 + \sum_{i=1}^3 \sum_{t=1}^3 Cin * Q2 \quad [1]$$

Se establecen cada una de las limitaciones del modelo, las ecuaciones [2] a [3] representan las restricciones asociadas al cumplimiento con la demanda, la ecuación [4] es la restricción sujeta al presupuesto estipulado, las ecuaciones [5] a [6] son restricciones de nivel de inventario mínimo y máximo y la restricción [7] de no negatividad.

Tabla 5. Limitaciones del modelo.

$s_i + \sum_i^3 (Q1_{it} - Q2_{it}) = dp_{it}$	Restricción de cumplimiento en el primer periodo	[2]
$Q2_{it-1} + Q1_{it} - Q2_{it} = d_{it}$	Restricción de cumplimiento de la demanda	[3]
$\sum_i^3 Q1_{it} * Cu_i \leq Pe_i$	Restricción de presupuesto estipulado	[4]
$\sum_i^3 Q2_{it} > Sm_i + Ss_i$	Restricción de inventario mínimo	[5]
$\sum_i^3 Q2_{it} < Smx_i + Ss_i$	Restricción de inventario máximo	[6]
$Q1_{it} ; Q2_{it} \geq 0$	Restricción de positividad	[7]

En las Tabla 6 y 7 se evidencia claramente con los resultados obtenidos en el modelo de optimización, teniendo en cuenta las cantidades óptimas que se deben solicitar y mantener en inventario en un periodo de tiempo. De manera que se minimicen los costos totales de inventario. El cual equivale \$1.421.748 teniendo en cuenta solo como producto la muestra de accesorios.

Tabla 6. Cantidad de producto i a solicitar en un tiempo.

Producto	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Accesorio 1	8	9	15
Accesorio 2	10	2	8
Accesorio 3	9	11	13

Tabla 7. Cantidad de producto i a tener en inventario en un tiempo t.

Producto	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Accesorio 1	6	0	0
Accesorio 2	7	0	0
Accesorio 3	6	0	0

Modelo De Simulación

El objetivo de la simulación es poder escoger una política adecuada de inventarios que resulte en un buen servicio a los clientes y a un costo razonable. Para esto se utiliza la técnica de Montecarlo que permite estudiar el comportamiento de un sistema a partir de la generación de variables aleatorias, números pseudoaleatorios y distribuciones de probabilidad. Cuanto mayor sea el número de iteraciones más estables serán los valores obtenidos. Es, en general, un procedimiento matemático que permite simular cualquier sistema físico, de cualquier tipo de rama de la ciencia, que tenga unas leyes que puedan ser traducidas a un lenguaje matemático.

Teniendo en cuenta la metodología propuesta, para efectuar la simulación de Montecarlo en esta investigación se tomaron como referencia los datos históricos de la variable aleatoria demanda para los tres tipos de accesorios categorizados en nivel A. Posteriormente se analizaron estadísticamente estos datos para determinar la distribución de probabilidad que cumpla con las distintas pruebas y que más se asemeje a

ese tipo de comportamiento. En la Tabla 8 se pueden evidenciar los tres tipos de accesorios junto con su distribución de probabilidad.

Tabla 8. Distribuciones de probabilidad de la variable demanda para cada tipo de producto.

Producto	Distribución de probabilidad
Accesorio 1	Poisson (4.67)
Accesorio 2	Poisson (6.67)
Accesorio 3	Poisson (2.30)

A continuación se muestra la construcción de las tablas de eventos para cada uno de los tipos de productos correspondiente a la familia de accesorios, teniendo en cuenta la variable aleatoria demanda y las distribuciones de probabilidades determinadas. Estas sirven para poder desarrollar evento por evento la simulación Montecarlo.

Tabla 9. Tabla de eventos de variable demanda para el tipo de accesorio 1.

Demanda	Pi	Pacum	Ri	Rf
0	0,0094	0,0094	0,0000	0,0094
1	0,0438	0,0531	0,0095	0,0531
2	0,1022	0,1553	0,0532	0,1553
3	0,1591	0,3144	0,1554	0,3144
4	0,1857	0,5002	0,3145	0,5002
5	0,1735	0,6736	0,5003	0,6736
6	0,1350	0,8087	0,6737	0,8087
7	0,0901	0,8988	0,8088	0,8988
8	0,0526	0,9513	0,8989	0,9513
9	0,0273	0,9786	0,9514	0,9786
10	0,0127	0,9914	0,9787	0,9914
11	0,0054	0,9968	0,9915	0,9968
12	0,0021	0,9989	0,9969	0,9989
13	0,0008	0,9996	0,9990	0,9996
14	0,0003	1,0000	0,9997	1,0000

Tabla 10. Tabla de eventos de variable demanda para el tipo de accesorio 2.

Demanda	Pi	Pacum	Ri	Rf
0	0,0013	0,0013	0,0000	0,0013
1	0,0085	0,0097	0,0014	0,0097
2	0,0282	0,0379	0,0098	0,0379
3	0,0627	0,1007	0,0380	0,1007
4	0,1046	0,2053	0,1008	0,2053
5	0,1395	0,3448	0,2054	0,3448
6	0,1551	0,4999	0,3449	0,4999
7	0,1478	0,6478	0,5000	0,6478
8	0,1232	0,7710	0,6479	0,7710
9	0,0913	0,8623	0,7711	0,8623
10	0,0609	0,9232	0,8624	0,9232
11	0,0369	0,9602	0,9233	0,9602
12	0,0205	0,9807	0,9603	0,9807
13	0,0105	0,9912	0,9808	0,9912
14	0,0050	0,9963	0,9913	0,9963
15	0,0022	0,9985	0,9964	0,9985
16	0,0009	0,9994	0,9986	0,9994
17	0,0004	0,9998	0,9995	0,9998
18	0,0001	1,0000	0,9999	1,0000

Tabla 11. Tabla de eventos de variable demanda para el tipo de accesorio 3.

Demanda	Pi	Pacum	Ri	Rf
0	0,1003	0,1003	0,0000	0,1003
1	0,2306	0,3309	0,1004	0,3309
2	0,2652	0,5960	0,3310	0,5960
3	0,2033	0,7993	0,5961	0,7993
4	0,1169	0,9162	0,7994	0,9162
5	0,0538	0,9700	0,9163	0,9700
6	0,0206	0,9906	0,9701	0,9906
7	0,0068	0,9974	0,9907	0,9974
8	0,0019	0,9994	0,9975	0,9994
9	0,0005	1,0000	0,9995	1,0000

La plantilla para la simulación se estructuró teniendo en cuenta los días, el número de días, el inventario inicial, los números pseudosaleatorios, el valor de la demanda, el inventario final, el inventario faltante y las cantidades a pedir. En la Tabla 12 se evidencian las políticas actuales para cada uno de los productos, junto con las diferentes políticas de inventario.

Tabla 12. Políticas de inventario a simular por tipo de producto.

Producto	Política de inventario			
	Actual	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Accesorio 1	Lote 23 Unds, Martes y Jueves, sin stock mínimo	Lote 27 Unds, Martes y Viernes, stock mínimo de 3 Unds	Lote 30 Unds, Miercoles, stock inferior 20 Unds	Lote 17 Unds, Lunes a Sabado, stock inferior 4 Unds
	\$ 1.309.333	\$ 990.333	\$ 1.139.444	\$ 3.274.167
Accesorio 2	Lote 30 Unds, Martes y Jueves, sin stock mínimo	Lote 25 Unds, Mar- tes y Jueves, stock mínimo 10 Unds	Lote 60 Unds, Jueves, stock inferior 15 Unds	Lote 18 Unds, Lunes a Sabado, Stock inferior 10 Unds
	\$ 2.295.611	\$ 3.679.167	\$ 1.922.778	\$ 468.056
Accesorio 3	Lote 8 Unds, Martes y Jueves, sin stock mínimo	Lote 12 Unds, Mar- tes y Jueves, stock inferior 10 Unds	Lote 16 Unds, Miercoles, stock inferior 7 Unds	Lote 11 Unds, Lunes, Miércoles y Viernes, stock inferior 10 Unds
	\$ 819.167	\$ 665.056	\$ 735.833	\$ 548.611

Analíticamente la aplicación de la simulación Montecarlo en esta investigación permitió obtener resultados pertinentes para la toma de decisiones, en materia de establecer políticas de inventarios para los diferentes tipos de productos. En Tabla 12 se puede analizar que para la empresa caso de estudio, para el accesorio 1, la mejor alternativa es la política del escenario 1, dado que los costos totales de inventarios porcentualmente disminuyen un 24,36%, para el accesorio 2, la mejor alternativa es la política del escenario 3 donde porcentualmente los costos disminuyen un 79,61% y de igual forma para el accesorio 3, donde la mejor alternativa es la política de escenario 3 donde la disminución representa un 33,02%.

CONCLUSIONES

Actualmente los modelos de negocios del mundo moderno están en continuo desarrollo, entrando en nuevas tendencias, nuevas áreas industriales y hasta nuevos modelos en un entorno de cada vez más dinámico y competitivo. Es por esto que para estar alineados con el crecimiento cada vez más rápido de los mercados, las organizaciones deben gestionar y tomar decisiones en la aplicación de modelos administrativos de tipo cualitativos y cuantitativos desarrolladas para tal fin. Hoy por hoy la gestión de sistemas de inventarios constituye una de las funciones más complejas en las empresas, por lo que implica mantener existencias para poder cubrir demandas inciertas en periodos de tiempo específicos. El sector manufacturero de pequeñas y medianas empresas se caracteriza por ser dinámico, por presentar altos volúmenes de artículos o insumos y por evidenciar ausencias de políticas o sistemas que apoyen a una gestión eficiente de los inventarios, trayendo consigo una alta complejidad la hora de administrar las líneas de la misma manera, desajustes en los planes de abastecimiento, bajos niveles de servicios al cliente y aumentos de los costos de almacenamiento.

En esta investigación se pudo encontrar que los sistemas de planeación y control de inventarios no son muy utilizados en las pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero y a su vez la inexistencia de un método ideal para gestionar los inventarios en las empresas. La aplicación de la metodología propuesta fundamentada en la aplicación de técnicas como el sistema ABC de inventarios, modelo de optimización y de simulación permitió demostrar su efectividad para la toma de decisiones gerenciales en la empresa caso estudio seleccionada. Proporcionando a su vez criterios de priorización dentro del almacén, minimización de costos de inventarios y establecimiento de políticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarón, S. y Vargas, J. (2016).** *“Modelo de gestión de inventarios: conteo cíclico por análisis ABC”*. Ingeniare, no 14, p. 107-111.
- Alonso, Alfonso, et al. (2016).** *“Un estudio de la gestión de inventarios en Venezuela”*. Revista de la Facultad de Ingeniería, vol. 24, no 3.
- Arango, M., Adarme, W., Zapata, J. (2013).** *“Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros”*. Dyna, vol. 80, no 181.

- Arboleda, J. y Castillo, J. (2017).** *“Modelo integrado de clasificación ABC multicriterio, aplicado en el área de picking de un centro de distribución de repuestos”*. Revista de investigación en ciencias estratégicas, vol. 3, no 2, p. 15-34.
- Armenti, P. (2006).** *“El sector metalmecánico en el área ACCA”*. Caracas. Venezuela.
- Axsäter, S. (2000).** *“Inventory Control”*. Kluwer Academic Publishers. Boston. p. 2-5.
- Bailey P.J.H. (1991).** *“Administración de Compras y Abastecimiento”*. Compañía Editorial Continental México.
- Ballou, R. (2004).** *“Logística. Administración de la Cadena de Suministro”*. 5ta edición, Editorial Pearson, México, pp. 309, 336, 346, 347
- Caicedo, A. y Ortiz, V. (2014).** *“Mezcla óptima de producción desde el enfoque gerencial de la contabilidad del throughput: El Caso De Una Pequeña Empresa De Calzado”*. Revistas Javeriana. Vol. 15 No. 37. p. 69-82.
- Chase, R., Jacobs R. y Aquilano, N. (2005).** *“Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva”*. México: Editorial Mc. Graw Hill.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2013).** *“Administración de la cadena de suministro”*. Pearson educación.
- Christopher, M. (2016).** *“Logistics & supply chain management”*. Pearson UK.
- Díaz, G., De Felipe, A. y Hermoza, Á. (2014).** *“Sistema de control de inventario aplicando los métodos ABC, Just In Time y Poka Yoke en una empresa de confecciones”*.
- EHon, S. (19/2).** *“Goals and constraints in Decisión - Making”*. Operational Research Quarterly, 23.
- Escobar, John, Linfati, Rodrigo & Adarme, Jaimes. (2017).** *“Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos”*. Ingeniería y Desarrollo. Vol. 35. No. 1. p. 219-239.
- Fácil, A. (2018).** *“El método ABC en la gestión de stock”*. Disponible en <http://aulafacil.com/gestion-stocks/curso/Lecc-29.html>.
- Fergusson, L., Valdés, D., Parada, O. (2016).** *“Procedimiento de diagnóstico de la gestión logística para entidades turísticas”*. Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Vol. 1, p. 72-90.
- Figueredo, K. et al. (2016).** *“Administración de inventario. Una propuesta al perfeccionamiento empresarial”*. Revista Caribeña de Ciencias Sociales. No 04.
- Gamez, H., Mejía, C. y Leon, R. (2017).** *“Diseño de una red de distribución a través de un modelo de optimización considerando agotados”*. Revista Ingeniare. 2017. Vol.25. No. 4. p. 619-632. ISSN 0718-3305.
- García, L. (2016).** *“Indicadores de la gestión logística”*. ECOE Ediciones.

- Gutiérrez, V. y Jaramillo, D. (2009).** *“Reseña del software disponible en Colombia para la gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento”*. Revista Estudios Gerenciales. Vol. 25. No.110, p. 125-153.
- Gutiérrez, V. y Rodríguez, L. (2008).** *“Diagnóstico regional de gestión de inventarios en la industria de producción y distribución de bienes”*. Revista facultad de ingeniería industrial de la universidad de Antioquia. Vol. 45. p. 157-171.
- Heizer, J. y render, B. (2006).** *“Dirección de la Producción Decisiones Tácticas”*. 6 ta edición, editorial Prentice Hall, Madrid, España, pp. 43, 44, 52, 127, 129, 440.
- Hillier S. F. (1991).** 9na Edición Investigación de operaciones.
- Jianfeng, H., Zhao, J. y Wu, X. (2011).** *“Research on the optimization strategy of maintenance spare parts inventory management for petrochemical vehicle”*. International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. p. 45-48. <http://dx.doi.org/10.1109/ICIII.2011.18>
- Jiménez, G. (2009).** *“Optimización”*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Primera edición.
- Longenecker, J., Moore, C. y Palich, L. (2010).** *“Administración de pequeñas empresas”*. Cengage Learning, México D.F.
- Mathur, K. y Solow, D. (1996).** *“Investigación de operaciones. El arte en la toma de decisiones”*. México: Prentice Hall. 1996. ISBN 9688806986, 9789688806982
- Groover, M. (1997).** *“Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas”*. Pearson Educación.
- Nahmias, S. (2007).** *“Análisis de la producción y de las operaciones”*. McGraw-Hill Interamericana, México Df.
- Nail, A. (2005).** *“Propuesta de Mejora para la Gestión de Inventarios Repuestos España”*.
- Navarrete, C. y Gutiérrez, O. (2014).** *“Métodos para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión de inventarios//Methods to improve efficiency and decisions in inventory management”*. Ciencia Unemi, vol. 10, no 22, p. 29-38.
- Naylor, T. y Kong, C. (1980).** *“Técnicas de Simulación en Computadoras”*. Editora Limusa. ISBN 02159952.
- Niño, N. (2011).** Universidad Nacional.
- Ortiz, V. y Caicedo, A. (2012).** *“Optimal production plan in a soft drink bottling plant”*. Revista Ingeniería Industrial. Vol. 11. No. 1. p. 69-82.
- Osorio, C. (2013).** *“Modelos para el control de inventarios en las pymes”*. Revista Panorama. Vol. 2. No. 6. DOI: <http://dx.doi.org/10.15765/pnrm.v2i6.241>.

- Quiroga, M., Jiménez, F y Maritza G. (2016).** *“La administración de los inventarios en las empresas estatales cubanas. Métodos a utilizar en la gestión de inventario”*. Universidad & Ciencia, vol. 4, no 3, p. 77-90.
- Ramírez, C. et al. (2016).** *“Desarrollo de competencias en logística y su efecto en la gestión de inventarios: impacto en empresas proveedoras de la industria automotriz Ciudad Juárez, Chihuahua”*. CULCy. No 59.
- Reyes L. y Karen A. (2017).** *“La gestión de inventarios y su relación con el retorno de la inversión en el rubro de repuestos automotrices”*. Tesis Doctoral.
- Robleto, A. (2016).** *“Evaluación del Control Interno del Almacén de la Facultad de Ciencias Económicas en el periodo 2014”*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Ruiz, V., Suarez, J., Caicedo, E. y Heredia, J. (2017).** *“Aplicación de simulación Monte Carlo en un sistema de inventarios”*.
- Sánchez, A., García, J. y Ortiz, L. (2017).** *“Metodología para la comparación de sistemas de planificación de recursos empresariales para servicios logísticos portuarios”*. Ingeniare. Revista chilena de Ingeniería, vol. 25, no 3, p. 547-560.
- Serna, D. y Rivera, Y. (2018).** *“Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios”*. Ingenierías USBMed. 2018. Vol. 9. No. 1. p. 75-85.
- Stadtler, H. (2015).** *“Supply chain management: An overview. En Supply chain management and advanced planning”*. Springer Berlin Heidelberg, p. 3-28.
- Taha, H. (2004).** *“Investigación de operaciones”*. Pearson Educación.
- Tsai, W., Lai, C. y Chang, J. (2007).** *“An algorithm for optimizing joint products decision based on the theory of constraints”*. International Journal of Production Research. Vol. 45. No. 15. p. 3421-3437.
- Valencia, M., Díaz, F. y Correa, J. (2015).** *“Inventory planning with dynamic demand”*. A state of art review. Revista Dyna. Vol. 82, No. 190. p. 182-191.
- Wild, T. (2002).** *“Mejores Prácticas en dirección de Inventario”*. Segunda edición. Ed. Butterworth-Heinemann.
- Zapata, J. (2014).** *“Fundamentos de la gestión de Inventarios”*. Editorial Esumer.