



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE
INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN
LA DEMANDA, PARA UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS
ENROLLABLES**

Jorge Alberto Salguero Ardón

Asesorado por el MSc. Ing. Luis Fernando Meda García

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE
INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN
LA DEMANDA, PARA UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS
ENROLLABLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE ALBERTO SALGUERO ARDÓN

ASESORADO POR MSC. ING. LUIS FERNANDO MEDA GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Selvin Estuardo Joachín Juárez
EXAMINADOR	Ing. María Martha Wolford Estrada
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE
INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN
LA DEMANDA PARA, UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS
ENROLLABLES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 26 de abril de 2022.

Jorge Alberto Salguero Ardón



EEPFI-PP-0646-2022

Guatemala, 26 de abril de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE UN MODELO DE GESTION Y CONTROL DE INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN LA DEMANDA PARA UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS ENROLLABLES**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Área de Operaciones - Logística integral**, presentado por el estudiante **Jorge Alberto Salguero Ardon** carné número **201314311**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Luis Fernando Meda García
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 18426
Mtro. Luis Fernando Meda García
Asesor(a)


Mtro. Hugo Humberto Rivera Perez
Coordinador(a) de Maestría




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





EEP-EIMI-0646-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UN MODELO DE GESTION Y CONTROL DE INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN LA DEMANDA PARA UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS ENROLLABLES**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Salguero Ardon**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

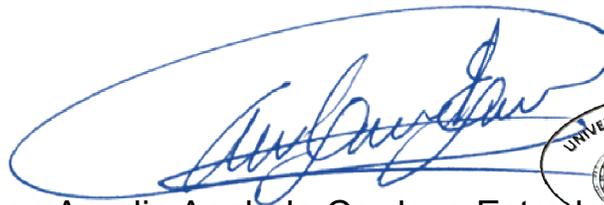
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, abril de 2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE MATERIALES E INSUMOS BASADO EN LA DEMANDA, PARA UNA EMPRESA DE FABRICACION DE CORTINAS METALICAS ENROLLABLES**, presentado por: **Jorge Alberto Salguero Ardón**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Laura Ardón, por el amor incondicional y la fortaleza que me has mostrado para superarme, y a Jorge Salguero, porque su ejemplo y cariño me acompañarán durante toda la vida.

Mi novia

Melissa Gudiel, por el cariño y motivación para cumplir las metas que juntos nos hemos trazado. Te amo.

Mis abuelas

María Peralta y Sara Cabrera, porque siempre me han guiado y aconsejado para bien.

Mi hermano

William Salguero, porque la vida es mejor desde que tengo a mi hermanito.

Mi amigo

Gerson Lorenzana, por su valiosa amistad y compañía a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió nutrirme de conocimientos.
Facultad de Ingeniería	Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.
Mis amigos	Por haberme acompañado durante la carrera.
Mi asesor	Msc. Ing. Luis Fernando Meda García, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.
Familia y amigos en general	Por el apoyo durante toda mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
3.1. Contexto general	7
3.2. Descripción del problema	8
3.3. Formulación del problema	9
3.4. Delimitación del problema	9
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	13
5.1. General.....	13
5.2. Específicos	13
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Cortina metálica enrollable	17

7.1.1.	Duela.....	17
	7.1.1.1. Perfil normal	18
	7.1.1.2. Perfil plano	18
	7.1.1.3. Perfil semiplano.....	18
	7.1.1.4. Celosías	19
7.1.2.	Eje	19
7.1.3.	Guías.....	19
	7.1.3.1. Platos	19
	7.1.3.2. Faldón	20
7.2.	Modelos de gestión de abastecimiento	20
	7.2.1. Planeación de ventas y operaciones.....	20
	7.2.2. Sistemas de planeación de los recursos de la empresa	21
7.3.	Cadena de suministro	22
7.4.	Pronósticos de la demanda.....	23
	7.4.1. Métodos de pronósticos por series de tiempo	24
	7.4.1.1. Métodos estáticos	25
	7.4.1.2. Pronósticos de media móvil simple	26
	7.4.1.3. Promedio móvil ponderado.....	27
	7.4.1.4. Suavizamiento exponencial simple	27
	7.4.1.5. Suavizamiento exponencial doble	28
	7.4.2. Métodos de previsión causal	28
	7.4.2.1. Análisis de regresión lineal.....	28
	7.4.3. Análisis de error	29
7.5.	Gestión de inventarios.....	29
	7.5.1. Modelos de inventarios.....	30
	7.5.1.1. Modelos de inventario con demanda independiente.....	31

	7.5.1.1.1.	Modelos de cantidad de pedido fijo	31
	7.5.1.1.2.	Modelo de periodo fijo o modelo P	32
	7.5.1.1.3.	Inventario de seguridad	33
	7.5.1.2.	Inventario ABC.....	33
	7.5.1.3.	Modelos de inventario con demanda dependiente	34
	7.5.1.4.	Indicadores clave de gestión de inventarios	35
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS		37
9.	METODOLOGÍA.....		41
9.1.	Características del estudio		41
9.1.1.	Enfoque		41
9.1.2.	Alcance		41
9.1.3.	Diseño		42
9.1.4.	Unidades de análisis.....		42
9.1.5.	Variables.....		42
9.1.6.	Fases.....		43
9.2.	Fases del estudio		43
9.2.1.	Fase uno: exploración bibliográfica		44
9.2.2.	Fase dos: recolección de la información.....		44
9.2.3.	Fase tres: análisis de la información.....		44
9.2.4.	Fase cuatro: cálculo de pronósticos		44
9.2.5.	Fase cinco: definición de política de inventario.....		45
9.2.6.	Fase seis: definición de indicadores de rendimiento de inventario		45

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS.....	47
11.	CRONOGRAMA	49
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	51
12.1.	Recursos necesarios.....	51
	REFERENCIAS	53
	APÉNDICES.....	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cronograma de actividades	49
----	---------------------------------	----

TABLAS

I.	Esquema de solución	16
II.	Indicadores de rendimiento de inventarios	35
III.	Variables de estudio	43
IV.	Recursos necesarios para la investigación	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
α	Alfa
Ch	Chapa
Δ	Delta
σ	Desviación estándar
cm	Centímetro
m	Metro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Calibre	Término empleado para describir el espesor de un material.
Chapeta	Accesorio alternativo a los pasadores, que se coloca en faldones volteados.
Engargolado	Proceso de manufactura que consiste en doblar una lámina metálica sobre si misma o sobre otra.
Galvalum	Revestimiento de zinc, aluminio y silicón que sirve para proteger metales.
Galvanizado	Proceso electroquímico con el cual se puede recubrir un metal con otro, mejorando sus propiedades.
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> (siglas en inglés), que se refiere a los indicadores clave de desempeño utilizados en las empresas.
Link	Eslabones empleados para la fabricación de celosías.
MAPE	<i>Mean Absolute Percentage Error</i> (siglas en inglés), que se refiere al promedio de error absoluto expresado como porcentaje de los valores reales.

Modelo EOQ	Modelo de <i>Economic Order Quantity</i> (siglas en inglés), que se refiere a un modelo de gestión donde se busca reducir los costos de los inventarios
Sistemas de MRP	<i>Material resource planing</i> (siglas en inglés), que se refiere a un plan de requerimientos de materiales para la fabricación.
Muelle	Cincho metálico cuya función en el eje de la cortina es brindar apoyo al momento de abrir y cerrar.
Perfilería	Término empleado para referirse a los perfiles metálicos para construcción.
Stock	Término en inglés que significa conjunto de mercancías o productos destinados para la venta.
Tambor	Llamado así por su semejanza con los instrumentos musicales; es una estructura circular sobre la que se enrolla el muelle.
SKU	<i>Stock keeping unit</i> (siglas en inglés): código de referencia para un artículo de inventario.

RESUMEN

La gestión de inventarios es un área crítica dentro del día a día de las organizaciones. Ya sea por la ventaja competitiva que significa, contar con existencias suficientes para satisfacer la demanda del mercado, o por el riesgo que implica tener inmovilizado efectivo por periodos inciertos de tiempo que, a pesar de la inversión, no se logre cumplir con la demanda por posibles roturas de *stock*.

La ingeniería industrial nos brinda diferentes modelos para alcanzar la mayor eficiencia posible en la gestión de los inventarios. Conocimientos sobre los cuales se apoya la presente investigación, para definir, cuál es el modelo óptimo que permita satisfacer la demanda por medio de pronósticos cuantitativos y, posteriormente, evaluar el desempeño del inventario en general por medio de índices de gestión de inventario. Se aplicará en una empresa dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables, que por la naturaleza de sus operaciones satisface productos con demanda dependiente e independiente

Esta investigación tiene como objetivo proponer el diseño de un modelo de gestión de inventario, que permita minimizar el costo general del mismo, para garantizar un nivel óptimo de servicio al cliente y evitar roturas de *stock* y pedidos no entregados.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en el diseño y aplicación de un modelo de gestión y control de inventarios de materias primas e insumos, para una empresa dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables, ubicada en la ciudad de Quetzaltenango. Actualmente no existe en la empresa una estrategia de gestión de inventarios, ya que los mismos se manejan únicamente con un sistema de “mínimos y máximos”, que frecuentemente demuestra ser un control insuficiente e inadecuado. Esto ocasiona uno de los problemas principales que son los *stocks outs* o productos agotados de artículos con alta rotación, así como *stock* de artículos que no tienen mayor movimiento.

Este problema, además de generar un estancamiento de los activos de la empresa en artículos que no vale la pena mantener una alta existencia, provoca retrasos en la entrega de pedidos a los clientes. En el peor de los casos, la anulación de estos y su consiguiente pérdida en ventas y clientes.

El reto que afronta la administración de inventarios en este tipo de empresas es que se maneja una producción con un alto nivel de personalización. Requiere una gran cantidad de insumos para su ensamblaje y genera un listado de materiales amplio.

Por lo tanto, en el desarrollo de la investigación se propone diseñar un modelo de gestión de los inventarios. Se empezará por definir el método de pronóstico adecuado, para planificar con base en ello una política de control de inventario, que en conjunto puedan responder a las interrogantes de ¿Cuánto pedir? ¿Cuándo pedir? ¿Cómo pedir? Todo lo correspondiente al

abastecimiento de materias primas e insumos requeridos para la fabricación de cortinas metálicas enrollables. Además, se definirán los indicadores adecuados del desempeño de los inventarios, que faciliten a la gerencia de la empresa tomar las decisiones oportunas.

El estudio se desarrollará en cuatro fases: en la primera fase se realizará un levantado de información; en la segunda, se elaborará un estudio de pronósticos de la demanda con base en la demanda del año 2021. Posteriormente se creará una política de inventario que permita asegurar su óptimo funcionamiento y, en la última fase, se establecerán los KPI que servirán para tener información sobre el desempeño de los inventarios.

2. ANTECEDENTES

Los primeros inventarios fueron aplicados por los egipcios, como medida de seguridad para contar con el suficiente alimento durante las épocas de sequía. De esta manera, durante las épocas de abundancia se deja de pensar únicamente en la producción del día a día y se piensa en el futuro. Principalmente, cuando se sabe que hay épocas en las cuales es imposible producir los alimentos necesarios debido al clima; con esto nace la idea de los inventarios y su propósito. Para Vidal (2010), “estos sirven para identificar las fluctuaciones aleatorias de la demanda y de los tiempos de reposición” (p. 15). Los inventarios empezaron a tomar importancia debido al descontrol y orden que se necesitaba en la industrialización.

La industria del acero, por ejemplo, se vio afectada por el descontrol en su inventario, debido a la revolución industrial. Esta industria es uno de los sectores más demandantes y competitivos del mercado, como lo pueden ser: construcción, alimentos, electrodomésticos y maquinaria pesada, entre otras. Para Vásquez y Abarca (2018) “tan sólo en 2014, el 51 % de su producción mundial se empleó en la construcción de viviendas e infraestructura” (p. 133). Así mismo, Contreras, Zuñiga, Martínez y Sánchez (2018) dicen que “dada la importancia del acero para la construcción, se estima que la correcta selección de herramientas de planificación y control de inventarios pueden ser de gran utilidad para las organizaciones y con ello brindar un mejor servicio” (p. 8).

En la actualidad, los inventarios son un activo necesario dentro de las empresas que necesitan una reserva de materiales. Según Durán (2012), “estos permiten asegurar la subsistencia del negocio y el desarrollo de sus actividades

operativas” (p. 56). Sin embargo, Agudelo y López (2018) indican que “los costos de mantener un inventario están asociados con la cantidad del *stock* almacenado, dicha representación del costo del inventario se encuentra entre el 30 % y el 35 % del valor de la empresa” (p. 75). Pero la administración de inventarios no se basa únicamente en acaparar existencias, ya que son el activo corriente de menor liquidez de la empresa y su incorrecta administración puede generar dificultades financieras.

De acuerdo con Vidal (2010):

La incorrecta administración de los recursos es uno de los mayores problemas que se dan dentro de las empresas. Ya que el *stock* de seguridad y puntos de reorden se determinan en base a la media de la demanda, y con ello se ignora aspectos que influyen directamente con el inventario. (p. 230)

Según D’Alessio (2004), un inventario “está conformado por cuatro aspectos: costo de pedir, costo de adquirir, costo de mantener y costo de rotura del inventario” (p. 307). Es por esto que un buen control en nuestra cadena de suministro nos permitirá reducir costos que se verán plasmados en el estado de resultados. Para Aguirre, Ardila, Figueroa y Romero (2015), “la eficacia de los sistemas de control de inventarios o gestión de políticas dependen de factores, tiempos de reabastecimiento, el diseño de indicadores de variables implícitas y en especial de la implementación de métodos” (p. 100).

Al momento de efectuar un correcto análisis en las diferentes variables de un inventario, estas se deben de categorizar según su importancia y urgencia para la empresa. Es por ello que se han diseñado técnicas que

facilitan el manejo de este, como lo pueden ser un inventario ABC, el cual se deriva del Grafico de Pareto.

Al hacer un inventario ABC dentro de nuestra cadena de suministros se puede clasificar la importancia en la que podemos: comprar materia prima, vender nuestro producto terminado o solucionar un problema, entre otros. Para Chopra y Meindl (2013), “es una secuencia de procesos y flujos que ocurren dentro y entre diferentes etapas y se combinan para satisfacer la necesidad de un cliente por un producto” (p. 27).

En las cadenas de suministro existen dos métodos que pueden ser pilares de otros, los cuales son: empuje y tirón. Es decir, si la empresa utiliza los pronósticos para anticiparse a la demanda de sus clientes, estamos ante el método de empuje; caso contrario al método tirón, el cual consta de satisfacer la demanda conforme se vaya proyectando. Para Chopra y Meindl (2013), “los procesos de tirón se inician con el pedido del cliente, en tanto que los de empuje se inician y realizan con anticipación a los pedidos del cliente” (p. 12).

En la presente investigación se estudiarán las cadenas de suministro mediante el proceso de tirón. Chopra y Meindl (2013) explican que este tipo de procesos se trabaja con un pedido anticipado por el cliente, pero dicho proceso enfrenta un problema: las limitaciones en sus inventarios de materia prima y producto terminado. Esto se aplicará directamente en la fabricación de cortinas metálicas enrollables, las cuales se hacen bajo pedido del cliente, según sus necesidades y características. Este sistema de producción, también conocido como trabajo por órdenes o *Job shop*, según Vidal (2013), tiene su principal énfasis o ventajas en la flexibilidad para atender una gran cantidad de órdenes diferentes.

Se ha observado una tendencia en el manejo de los inventarios únicamente como un colchón. Según Cespon (2014), estos “permiten asegurar la continuidad de las operaciones cuando en realidad los inventarios cumplen al menos cinco funciones que crean mayor valor dentro de la empresa” (p. 61). Se describen a continuación:

- Economía a escala
- Equilibrio en la oferta y demanda
- Especialización en la producción
- Actúan como colchón en la logística

En conclusión, el objetivo de los inventarios dentro de las empresas es mantener la cantidad exacta de existencias, que permitan realizar las operaciones diarias de manera ininterrumpida, sin afectar el nivel de servicio al cliente. Se profundizará en las técnicas y métodos pertinentes, para proponer e implementar una solución al problema de gestión de inventarios planteado en esta investigación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, se procederá a describir en detalle el problema que plantea la investigación, así como el impacto que tiene dentro de la empresa.

3.1. Contexto general

La empresa en donde se llevará a cabo la investigación es el mayor fabricante de cortinas metálicas enrollables de Guatemala. La planta de producción está ubicada en el departamento de Quetzaltenango y es la mayor sede de la empresa, cuya central se ubica en San Miguel Petapa, Guatemala. La organización tiene 15 años de estar en el mercado y la sede en cuestión tiene 10 años de haber comenzado sus operaciones.

La comercialización de cortinas metálicas enrollables comienza por una labor de ventas realizada por asesores, quienes ofrecen el servicio de fabricación e instalación de acuerdo con las necesidades de los clientes. Al confirmarse la venta, se ingresa el pedido al sistema y se procede a la fabricación con base en programas de producción divididos en: el rolado de láminas de acero en diferentes colores, hechos en máquinas con un sistema de rodos para crear las denominadas duelas, parte principal de la persiana. Prosigue la fabricación de los denominados accesorios: los ejes (tubos de proceso con un sistema de resortes o de flejes de acero, que al darles presión facilitan el proceso de enrollado de las cortinas) sobre los cuales enrollan las duelas, los faldones que son piezas de angulares de metal que se aseguran a la última duela, que cuentan con diferentes sistemas de seguridad que permiten asegurar el ingreso al vano que se protege con la cortina. Las guías, que

también son laminas metálicas dobladas en forma de U, que sirven como rieles para enrollar la persiana. De lo mencionado anteriormente, los accesorios requieren de una gran cantidad de piezas para su fabricación.

3.2. Descripción del problema

La fabricación de cortinas metálicas enrollables presenta varios retos, entre los cuales tenemos que cada cortina es hecha a la medida, según las necesidades del cliente, específicamente por el tamaño de la obra en la cual se debe instalar. Esto ocasiona que las operaciones se lleven a cabo de acuerdo con una producción intermitente. El abastecimiento de materiales para este tipo de operaciones resulta complicado, ya que se utiliza una combinación de proveedores locales para materiales genéricos (perfilería, pinturas, tornillos), así como abastecimiento de piezas exclusivas para el ensamblaje de las cortinas desde la central de la empresa. Cuando no se cuenta con alguno de los materiales, accesorios o piezas requeridas para el proceso de fabricación, se incurre en paros de producción y los consecuentes retrasos para la entrega del producto terminado a los clientes. Adicionalmente, la empresa ofrece el servicio de instalación de cortinas que internamente se maneja por medio de una programación de rutas semanales, las cuales dependen de que el producto terminado se encuentre listo en la bodega.

Todo lo mencionado anteriormente deja en evidencia la importancia de la correcta gestión de inventarios de insumos para fabricación, para no poner en riesgo a la empresa, ya que en este mercado existe una gran cantidad de competidores que ofrecen tiempos de entrega cortos. Actualmente, en la empresa únicamente se utiliza un sistema de “mínimos y máximos”, como criterio para definir cuándo ingresar una orden de compra de insumos de materia prima.

3.3. Formulación del problema

- Pregunta central

¿Cuál es la estrategia adecuada de gestión de inventarios que garantice el eficiente abastecimiento de materiales para una empresa con demanda variable y alto grado de personalización de productos, dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables?

- Preguntas auxiliares

- ¿De qué manera se pueden analizar y utilizar los resultados pasados de ventas de la empresa, para definir la demanda futura?
- ¿Cuáles son los criterios empleados para decidir la cantidad a pedir, cuándo pedir, *stock* de seguridad y qué proveedor utilizar?
- ¿Cómo se mide el desempeño de la gestión de inventarios en la empresa?

3.4. Delimitación del problema

El estudio se efectuará en el Departamento de logística, en el área de bodega de materias primas e insumos para la fabricación, de una empresa dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables, con sede en el departamento de Quetzaltenango.

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación propuesta se enmarca en la línea de investigación de logística integral, específicamente en las estrategias de gestión de inventarios. Surge la necesidad de esta investigación porque la actual gestión de abastecimiento de materiales para producción se realiza de manera empírica, sin una estrategia formal, en una empresa dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables.

El mercado de las cortinas metálicas enrollables requiere de un alto grado de personalización de cada producto, ya que son fabricadas con base en las medidas de la obra donde será colocada, además de que existen diferentes sistemas de seguridad, materiales y mecanismos de apertura. La empresa objeto de estudio atiende a clientes finales y también a distribuidores, los cuales tienen sus propios talleres y requieren de materiales para producción.

Ante este alto grado de variabilidad de la demanda, se observa frecuentemente desabastecimiento de materiales de inventario, lo cual causa retrasos en tiempos de entrega, anulación de pedidos por parte de clientes, incremento en costos de pedido cuando se manejan de manera urgente.

Actualmente no existe una estrategia de control y gestión de inventarios, únicamente se sigue un proceso de ingreso de órdenes de compra con base en “mínimos y máximos”, para definir las cantidades a requerir. Por tal razón, se propone una implementación de un modelo de gestión para el abastecimiento de materiales e insumos, basado en la demanda.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar e implementar un modelo de gestión y control de inventarios para el abastecimiento de materiales e insumos, basado en la demanda que ofrezca el nivel correcto de capacidad de respuesta al menor costo posible, en una empresa de fabricación de cortinas metálicas enrollables.

5.2. Específicos

- Identificar el método adecuado de pronósticos de ventas por tipo de cortina y accesorios, que asegure el óptimo abastecimiento de materiales e insumos con base en la demanda.
- Establecer una política de control de inventarios para asegurar la correcta gestión de tiempos de abastecimiento, *stocks* de seguridad y puntos de reorden de los inventarios de materia prima e insumos, para asegurar el mínimo costo del inventario y que garantice un alto nivel de servicio al cliente.
- Proponer un sistema de control que analice el desempeño del inventario con base en métricas clave, que faciliten la toma de decisiones en un proceso de mejora continua.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

La gestión de los inventarios es una de las mayores problemáticas que han enfrentado las empresas a través del tiempo; concretamente porque representan un activo no líquido y son una inversión necesaria para comercializar bienes. Una incorrecta gestión de los inventarios genera problemas en artículos de alta rotación porque con frecuencia habrá faltantes, lo cual afecta el nivel de servicio al cliente. Además, causa retrasos en las entregas de los pedidos y también genera problemas con artículos de baja rotación, ya que puede haber un sobreabastecimiento de estos. En consecuencia, la empresa tendrá activos estancados que, además, corren el riesgo de obsolescencia.

Para subsanar estos problemas, se pretende definir una estrategia de gestión y control de los inventarios de materias primas e insumos. Garantizar una correcta planificación de las compras a proveedores externos y de pedidos de abastecimiento a la central de la empresa, la cual provee artículos clave para la fabricación de las cortinas.

Se propone, por lo tanto, el siguiente esquema con la solución a desarrollar en la investigación:

Tabla I. **Esquema de solución**

Fase	Actividades	Duración
Fase 1: recolección de la información	Recolección de datos de movimientos de ventas por tipo de cortina y accesorios desde junio del año 2021 hasta junio del 2022, además de levantado de encuestas y entrevistas a personal relacionado con las operaciones de bodega.	1 mes
Fase 2: determinación del modelo de pronósticos adecuado	Graficar el comportamiento de las ventas de cada tipo de cortina y de todos los accesorios que se han comercializado, para posteriormente definir cuál es su comportamiento y hacer pronósticos para el periodo 2022, con los métodos adecuados que puedan predecir correctamente su comportamiento por medio de un análisis de error, eligiendo al que presente la menor MAPE.	2 meses
Fase 3: diseño de la política de inventario	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una clasificación ABC de los SKU del inventario de materias primas e insumos. • Establecer una explosión de materiales para conocer la demanda dependiente. • Definir el modelo de control de inventario adecuado. • Redacción de política de inventario 	2 meses
Fase 4: análisis y selección de métricas para control del desempeño del inventario	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de las métricas de desempeño apropiadas para el inventario, que faciliten la toma de decisiones y que contribuyan al proceso de mejora continua. 	1 mes

Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Excel 365.

7. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describe la teoría que servirá como base y sustento para el desarrollo de la solución al problema de investigación. Se partirá del producto final que comercializa la empresa, que es lo que genera la necesidad de procesos claros y correctamente establecidos para su apropiada producción.

7.1. Cortina metálica enrollable

Una cortina metálica enrollable es una estructura que brinda seguridad en el acceso de tiendas, comerciales, ventanas, entre otros. Sustituyen a los portones y puertas de herrería; tienen ventajas en comparación con estos porque son de sencilla instalación y requieren poco espacio. En cuanto a sus componentes principales, Ramírez (2017) explica que las cortinas metálicas enrollables constan de cuatro elementos básicos que son el eje, el faldón, las guías y el lienzo o rollo de duelas. Cabe mencionar, también, que como el propósito principal de las cortinas metálicas es brindar seguridad, existen accesorios de sistemas de seguridad que complementan este propósito.

7.1.1. Duela

Las duelas son el elemento central y más visible de las cortinas metálicas enrollables; se fabrican con lámina de 0.73 milímetros de espesor calibre 21, en material acero galvanizado o galvalum. En sus extremos tienen un engargolado que facilita el enrollado, lo cual permite a la cortina realizar la acción de subir o bajar. Son transformadas por medio de roladoras de láminas con un sistema de rodos que, de acuerdo con López (2009), este proceso por

las cargas de compresión, de corte, de flexión o de aplastamiento mejoran las cualidades del material. Además, según Soto (2021), utilizar materiales que han sido transformados por un proceso de rolado en frío representa ventajas como lo son facilidad de producir y transportar, y posibilita la fabricación en masa.

7.1.1.1. Perfil normal

En el proceso se buscan los materiales para la fabricación de las cortinas metálicas enrollables; comenzamos con el que se denomina perfil normal o perfil 153. En este perfil las duelas se fabrican con base en una lámina de 153 milímetros de ancho; como característica principal tienen dos venas marcadas por los rodos, que le brindan mayor dureza y resistencia a los impactos. Tiene una medida útil de 10 centímetros de alto y es el perfil más popular, porque cuenta con todas las características de las duelas anteriormente mencionadas.

7.1.1.2. Perfil plano

El siguiente perfil en uso y popularidad es el perfil plano, que se fabrica con láminas de 130 centímetros de ancho. Como su nombre lo indica, el área útil es completamente plana y es de 6 centímetros de ancho, con un acabado más estético y tiene la ventaja de mayor facilidad al momento de pintarla o plasmar un diseño en ellas.

7.1.1.3. Perfil semiplano

Este perfil es una variante del perfil plano, con la característica de que tiene una deflexión en sus extremos que evita que sea completamente plano; se fabrica con láminas de 151 centímetros de ancho.

7.1.1.4. Celosías

Son un tipo de cortinas que su característica principal es que no utilizan duelas para crear su lienzo; en cambio, se utilizan tubos de proceso de 5/8 chapa 20 y *links* o eslabones que unen los tubos y permiten el enrollado. Este tipo de cortinas es común verlas en centros comerciales.

7.1.2. Eje

Es el elemento de la cortina sobre el cual se enrolla el lienzo de duelas. Se fabrica con tubos de proceso livianos con medidas que van desde de 1 ¼ hasta 4 pulgadas. Estos se anclan a los cargadores de las guías; por medio de mecanismos de resortes o tambores aportan la fuerza necesaria para asistir al usuario al momento de abrir o cerrar la cortina.

7.1.3. Guías

Las guías son un par de elementos que se ubican en los extremos de la cortina. Sobre ellas se desliza el lienzo al momento de abrir o cerrar; se aseguran a las columnas por medio de pernos de camisa o soldadas al hierro de la estructura. Se fabrican con lámina negra de espesor 1.4 milímetros y se le da forma de U por medio de una roladora.

7.1.3.1. Platos

Los platos son los elementos que se encuentran en la parte superior de las guías, en donde se enrolla el lienzo de duela; tienen una parte clave que son los cargadores. Son pequeñas piezas en forma de U sobre las cuales descansa y se asegura el eje.

7.1.3.2. Faldón

Es el componente que proporciona seguridad al momento de cerrar la cortina, ya que en el faldón se colocan pasadores o chapetas que permiten la colocación de candados o chapas, para evitar la apertura no deseada de la cortina. Se colocan al final del lienzo y son fabricados con perfiles angulares que van desde 1 ¼ hasta 2 pulgadas. La utilización de este material es porque “los ángulos se aplican en la construcción de estructuras metálicas livianas y pesadas, donde las partes van unidas por soldadura o empernadas y son capaces de soportar esfuerzos dinámicos” (Díaz, 2019, p. 21).

7.2. Modelos de gestión de abastecimiento

Tras completar una breve descripción de los elementos principales que conforman las cortinas metálicas enrollables, es el momento de desarrollar la base teórica con la que se ejecutará la solución al problema planteado. En el presente trabajo se planea desarrollar un modelo que integre la elaboración de pronósticos de ventas, control del abastecimiento de inventarios y evaluación del desempeño completo de la gestión. En ese sentido, a continuación se detallarán modelos ya establecidos que servirán como base para el desarrollo del diseño que propone la investigación.

7.2.1. Planeación de ventas y operaciones

Los modelos en la gestión de la planeación de una cadena de suministro es uno de los temas más importantes dentro de la industria, ya que esta nos dará la pauta para saber si estamos ganando o perdiendo dinero. Por esa razón, debemos de comprender el comportamiento de nuestros clientes y así mismo el potencial del área de ventas. Es por ello que la planeación de ventas y

operaciones (Sales and Operations Planning [S&OP]) es una de las maneras más eficiente para diseñar un plan estratégico, táctico y operativo, capaz de satisfacer toda la cadena de suministro. Chopra y Meindl (2013) plantean que este es un modelo particularmente importante, ya que su objetivo se basa en la elaboración de un plan que integra a ventas, producción e inventarios, con la finalidad de proyectar ventas y necesidades de abastecimiento.

7.2.2. Sistemas de planeación de los recursos de la empresa

Dentro de una empresa se deben de tener sistemas de planeación orientada a los recursos (humano, materia prima, entre otros.). La correcta logística será positivamente influyente en todos los procesos de la cadena de suministro, que permitirá obtener un seguimiento transaccional mediante una información detallada.

Los sistemas de información son piedras angulares para una empresa, para la identificación y diseño de la planeación de los recursos con los que cuenta la organización para el proceso productivo y distribución del mismo, así como para solventar las necesidades de sus clientes, brindándoles un producto con calidad en el mejor tiempo posible.

Como en toda organización, los recursos son limitados debido al alto costo que estos pueden tener. Por ello se deben de tener sistemas de planificación de recursos, los cuales van de la mano en una correcta planeación. Según Heizer y Render (2008), estos modelos forman parte al trabajar con materiales de demanda dependiente, ya que estos utilizan listas de materiales, inventarios, recepciones programadas y un programa maestro de producción para determinar las necesidades de materiales.

Continuando con lo que son estos sistemas para la planificación de materiales, se sabe que para su desarrollo, según Heizer y Render (2008), la mayoría de los sistemas de MRP están informatizados, el procedimiento de MRP es sencillo, los cuales se pueden realizar a mano. El programa maestro de producción, las listas de materiales, los registros de inventario y compras, y los plazos de cada artículo constituyen los ingredientes de un sistema de planificación de las necesidades de materiales.

7.3. Cadena de suministro

Es de gran importancia conocer y comprender las partes que conforman las cortinas metálicas enrollables, ya que el desarrollo de la investigación girará en torno a los materiales y accesorios que componen los cuatro elementos de las cortinas. Por lo tanto, ahora veremos la teoría concerniente al manejo y gestión de los inventarios. Se partirá desde el entorno general, que es la cadena de suministro y su definición hasta las técnicas concretas de manejo de inventarios.

Para Chopra y Meindl (2013) una cadena de suministro es aquella que satisface la petición de un cliente, las cuales no solo incluyen al fabricante y a los proveedores, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los clientes mismos. Dentro de cada organización, supongamos un fabricante, la cadena de suministro incluye todas las funciones implicadas en la recepción y satisfacción del pedido de un cliente. Dado lo anterior, si se desea desarrollar un nuevo producto debemos de tomar en cuenta cada uno de los factores directos e indirectos que se puedan presentar en nuestra cadena de suministro.

7.4. Pronósticos de la demanda

Uno de los mayores problemas en las empresas, que recién se están incorporando a su mercado, es la falta de datos históricos para determinar un pronóstico que se acople a su demanda. Por ello es necesario tener un excelente estudio de mercado, el cual nos permitirá saber si nuestro producto será aceptado por nuestro mercado meta.

Un pronóstico de demanda es aquella herramienta que se utiliza para la toma de decisiones, el cual revela anticipadamente de cuánta materia prima, recurso humano, insumos y capital necesitaremos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes.

Los pronósticos de la demanda son herramientas muy útiles en la planificación. Estas son dependientes de la variable tiempo, los cuales se pueden trabajar a corto (menores a tres meses), mediano (mayores a tres meses y menores a un año) y largo plazo (mayor a un año), según los datos históricos que tengamos. Al obtener un correcto pronóstico se puede planificar la cantidad de materia prima, recurso humano, insumos, entre otros.

Actualmente existen tres tipos de planeación: la primera es la estratégica, en la cual se desarrolla a largo plazo y debe ser mayor a cinco años; luego está la planeación táctica, la cual es menor de cinco años y mayor a un año. Por último tenemos la planeación operativa, la cual es menor a un año; aquí planificamos cuánto se desea vender en un año, y con ello alcanzar nuestros objetivos a mediano y largo plazo.

Para pronosticar correctamente la demanda es necesario definir a qué tipo se refiere, ya que dependiendo de esto se puede definir si se emplearán los

modelos clásicos de gestión de inventarios o si será necesario el uso de un MRP. Según Bustos y Chacón (2007), la demanda independiente son aquellos artículos cuyos requerimientos están sujetos a las condiciones del mercado y no a las demandas de otros elementos inventariados o producidos en la empresa. En tanto, la demanda dependiente son artículos que su necesidad se deriva del requerimiento de otros artículos inventariados.

Para Chase y Jacobs (2004) los tipos de pronósticos que existen se pueden clasificar en cuatro tipos básicos: cualitativo, análisis de series de tiempo, relaciones causales y simulación.

En la actualidad existen diferentes tipos de técnicas de pronósticos a saber: cualitativas, series de tiempos y subjetivas. Una de las técnicas más utilizadas por las empresas son las series de tiempos, las cuales están fundamentadas en datos históricos de un producto o servicio, para determinar la demanda futura. Las series de tiempo pueden ser estacionales, con tendencias o cíclicas. Ahora bien, un pronóstico causal se realiza mediante la regresión lineal, esto se debe a que la demanda está ligada a ciertas variables. Por último, tenemos las simulaciones, las cuales se realizan mediante programas en los que podemos asignar supuestos.

7.4.1. Métodos de pronósticos por series de tiempo

Para Chopra y Meindl (2013) el objetivo de cualquier método de pronóstico es predecir el componente sistemático de la demanda y estimar el componente aleatorio. Acerca del componente sistemático de la demanda, este valor mide el resultado que se espera de la demanda, mientras el componente aleatorio se encarga de medir las variaciones o fluctuaciones esperadas del primer valor obtenido. El componente sistemático está conformado por un nivel,

que es la demanda desestacionalizada actual, una tendencia que mide la tasa de crecimiento o decrecimiento y una estacionalidad que mide las fluctuaciones de la demanda.

Según Chopra y Meindl (2007), para la realización de pronósticos por medio de series de tiempo es importante conocer sus cuatro componentes básicos:

- En primer lugar, se tiene la tendencia: indica el movimiento gradual de subida o bajada de los valores de los datos a lo largo del tiempo.
- En segundo lugar, está la estacionalidad: es la influencia que tiene una época del año en el comportamiento de la demanda.
- En tercer lugar, están los ciclos: indican qué tanto se repite cada cierta cantidad de años; para ello es necesario contar con una gran cantidad de datos históricos.
- En cuarto lugar, tenemos la aleatoriedad: La cual ocurre porque no se sigue ningún patrón perceptible, por lo que no se pueden predecir.

Además, los pronósticos por medio de series de tiempo se pueden clasificar en dos tipos: los estáticos y los adaptivos. Los primeros toman una determinada serie de datos y son el único parámetro que utilizarán para su cálculo. Los segundos, como su nombre lo indica, se van adaptando conforme transcurre el tiempo porque incorporan nuevos datos para su cálculo.

7.4.1.1. Métodos estáticos

Este tipo de pronósticos se hace mediante un cálculo con una cantidad fija de datos, donde puede que exista tendencia o estacionalidad. Se basa en obtener factores estacionales para los periodos definidos, los cuales servirán

para los pronósticos futuros. Para Chopra y Meindl (2013) un método estático supone que las estimaciones de nivel, tendencia y estacionalidad dentro del componente sistemático no varían conforme se observa la nueva demanda.

Para calcularlo, en primer lugar se deben desestacionalizar los datos a analizar. Luego, por medio de regresiones lineales se estiman los nuevos datos que representan el pronóstico y, por último, se vuelve a aplicar el factor estacional a toda la serie de datos, para asegurar que el comportamiento se ajusta a los resultados reales.

7.4.1.2. Pronósticos de media móvil simple

En relación con los métodos de pronóstico de media móvil simple, Chase y Jacobs (2014) indican que cuando la demanda de un producto no crece ni baja con rapidez y tampoco tiene características estacionales, un promedio móvil puede ser útil para eliminar las fluctuaciones aleatorias del pronóstico. Este método se basa en tomar el promedio de n periodos inmediatos pasados para pronosticar el periodo próximo. Al momento de seleccionar la cantidad de periodos para el promedio hay que tener en cuenta que cuánto más largo sea el periodo del promedio móvil, más se uniformarán los elementos aleatorios. Esto tiene sentido, ya que se comienza a apreciar un comportamiento suavizado, donde las variaciones comienzan a ser menos perceptibles a lo largo de los datos. Chase y Jacobs (2014). Pero si existe una tendencia en los datos (ya sea al alza o a la baja), el promedio móvil tiene la característica adversa de retrasar la tendencia.

7.4.1.3. Promedio móvil ponderado

Según Chase y Jacobs (2014), este método es muy parecido al promedio móvil simple, con la diferencia de que el promedio móvil ponderado permite asignar cualquier importancia a cada elemento, siempre y cuando la suma de todas las ponderaciones sea igual a uno. En cuanto a la elección de las ponderaciones es importante tomar en cuenta la experiencia y así asignar de manera eficiente los valores a cada observación. Por regla general, el pasado más reciente es el indicador más importante de lo que se espera en el futuro y, por lo tanto, debe tener una ponderación más alta. Cabe resaltar que la asignación de ponderaciones puede variar si se conoce que ha habido sesgo en los datos ocasionados por variables externas como: escasez de materiales, alza en precios de mercados mundiales, incremento en la demanda por promociones de venta.

7.4.1.4. Suavizamiento exponencial simple

La técnica de suavizamiento exponencial es un método útil cuando la serie de datos no muestran tendencia ni estacionalidad. Tiene características muy útiles para hacer pronósticos, ya que toma en cuenta una mayor cantidad de datos que las técnicas de medias móviles y con frecuencia provee mayor exactitud. Además, únicamente se necesitan tres piezas de datos para pronosticar: para Chase y Jacobs (2014) se trata del pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el periodo de pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α).

7.4.1.5. Suavizamiento exponencial doble

De los métodos de suavizamiento exponencial, es importante resaltar que al haber una tendencia entre los datos tomados en cuenta para un cálculo de suavizamiento exponencial, se va a tener un cierto retraso; es decir, el pronóstico estará por detrás de la ocurrencia real. Por lo tanto, es necesaria una segunda constante de suavizamiento. Chase y Jacobs (2014) indican que la delta reduce el impacto del error que ocurre entre la realidad y el pronóstico. Si no se incluyen ni alfa ni delta, la tendencia reacciona en forma exagerada ante los errores.

7.4.2. Métodos de previsión causal

Como su nombre lo indica, estos métodos buscan encontrar la relación entre los datos y cómo esta misma relación puede predecir el comportamiento a futuro, por medio de modelos estadísticos. Además, según Heizer y Render (2007), los métodos de previsión causal son más potentes que las series de tiempo, ya que no se basa únicamente en los datos históricos, sino que toma en cuenta diferentes factores que afectan el comportamiento de las variables.

7.4.2.1. Análisis de regresión lineal

Con la premisa de que los métodos causales se basan en modelos matemáticos para analizar los datos y realizar pronósticos, según Heizer y Render (2007), el análisis de regresión lineal es un modelo matemático que utiliza una línea recta para describir las relaciones funcionales entre las variables dependientes e independientes.

7.4.3. Análisis de error

Para concluir el tema de los pronósticos de la demanda, es necesario tocar el tema que define cuál de los métodos será el más apropiado para el análisis del comportamiento futuro de los artículos que conforman el inventario; esto se logra a través de analizar el nivel de error de cada uno. Un indicador muy útil para este análisis es la MAPE (siglas en inglés de mean absolute percent error) o media del porcentaje de error absoluto. Para Valencia (2015), el MAPE brinda información y permite la identificación del tamaño de los errores de pronóstico, comparándolos con los valores reales de la serie.

7.5. Gestión de inventarios

La gestión de los inventarios representa la búsqueda de administrar de manera óptima las existencias materiales para su transformación o comercialización, de modo que se pueda hacer frente a las variaciones de la demanda. Por lo tanto, según Heizer y Jacobs (2008), las empresas deben conseguir un equilibrio entre la inversión en inventario y el servicio al cliente; no se puede conseguir una estrategia de producción a bajo coste sin una buena gestión de inventarios.

El problema del inventario tiene que ver con guardar en reserva un artículo para satisfacer las fluctuaciones de la demanda. Para Taha (2012), el resultado es buscar un nivel de inventario que balancee las dos situaciones extremas, minimizando una función de costo apropiada.

Cabe mencionar que los inventarios se pueden clasificar en cuatro tipos genéricos: inventarios de materias primas, inventarios de trabajos en curso, inventarios de repuestos e inventarios de producto terminado.

Partimos por los inventarios de materias primas porque representan un tipo de material que, según Heizer y Jacobs (2008), ha sido comprado, pero todavía no ha sido procesado. Este inventario puede servir para desconectar (es decir, separar) a los proveedores del proceso productivo.

7.5.1. Modelos de inventarios

Los modelos de inventario tradicionales buscan optimizar la existencia de productos para la venta o fabricación, de tal modo que se invierta el capital exacto en estas existencias y contestar a las preguntas de ¿cuánto pedir? y ¿cuándo pedir? En términos generales, el costo total del inventario se divide en cuatro factores principales:

- El primer factor: en la ecuación del costo total del inventario es el costo de compra, que es el precio por unidad de un artículo de inventario.
- Segundo factor: se tiene el costo de preparación, que se refiere al costo en que se incurre por ingresar una orden de compra.
- Tercer factor: tenemos el costo de almacenamiento, que no es más que el costo de mantener las existencias de algo.
- Cuarto factor: se toma en cuenta el costo por no contar con existencias de un producto. Esto es gran parte de la problemática analizada por la presente investigación, ya que representa costos como ventas confirmadas que no se pueden entregar, o paros en producción y sus consecuentes costos de horas ociosas del personal. Además, genera ramificaciones que aumentan los costos generales de la empresa por una incorrecta gestión de los inventarios.

Volviendo al tema de los pronósticos y su relación con la gestión de los inventarios, es importante mencionar que los inventarios manejan existencias

de materiales con demanda dependiente e independiente. La diferencia entre ellos radica en que la primera es cuando se requiere un producto terminado como tal, puede ser una cortina metálica enrollable; el segundo caso son todos los materiales que la componen y que son necesarios para su fabricación.

7.5.1.1. Modelos de inventario con demanda independiente

Los modelos de inventarios que consideran una demanda independiente se pueden definir en dos variantes principales, de los cuales surgen variaciones que permiten ajustar los modelos a un comportamiento más real y práctico. A continuación, se profundiza en ambos.

7.5.1.1.1. Modelos de cantidad de pedido fijo

El funcionamiento de este tipo de modelo de inventarios se basa en monitorear el nivel de inventario hasta que llega a cierto punto definido. En otras palabras, según Chase (2014), “un modelo de cantidad de pedido fijo inicia un pedido cuando ocurre el evento de llegar a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido” (p. 554). Es decir, que este modelo tiene definida una cantidad de pedido por producto y se genera una nueva compra de abastecimiento al llegar a un nivel determinado de existencias de este, lo que obliga a mantener una revisión continua de los niveles de inventario. Además, que se documente activamente todo movimiento de las existencias, ya que esta información es lo más importante en este modelo.

Existen diferentes escenarios para el funcionamiento de estos modelos. Para Taha (2011) el más simple de los modelos de inventario implica una

demanda de tasa constante, con reposición de pedidos instantánea y sin escasez. El desarrollo de este modelo contempla variables como lo son: cantidad de pedido, tasa de demanda conocida, duración del ciclo de pedido, costo de pedir o de ingresar una orden de compra.

Otra variante que vale la pena mencionar de este tipo de modelos incluye todo lo antes mencionado, además de la posibilidad de recibir un descuento por realizar pedidos grandes. En este caso, lo que representa la complejidad del modelo es definir hasta qué punto el descuento del pedido es ventajoso, teniendo en cuenta el costo de ingresar cada pedido y de almacenar el excedente de la compra.

7.5.1.1.2. Modelo de periodo fijo o modelo P

Son modelos donde existe un periodo de tiempo definido que debe transcurrir para ingresar un nuevo pedido. Estos periodos pueden ser de semanas o de meses y a diferencia de los modelos de cantidad fija, en este caso si varía el tamaño del pedido a solicitar. De hecho, de acuerdo con Chase y Jacobs (2014), las cantidades en los pedidos varían de un periodo a otro y hacen necesario un mayor *stock* de seguridad que en los modelos de cantidad fija.

Para Taha (2011), en este modelo de inventarios hay mayor vulnerabilidad ante las variaciones de la demanda, en caso de no calcular un adecuado inventario de seguridad, ya que estamos limitados a realizar pedidos en periodos definidos. Sin embargo, para artículos que no tengan un comportamiento tan volátil, resulta de provecho este tipo de modelo porque

vuelve más sencilla la labor del abastecimiento, debiéndose preocupar por las existencias con menor frecuencia.

7.5.1.1.3. Inventario de seguridad

Chase y Jacobs (2014) indican que el inventario de seguridad se define como las existencias que se manejan además de la demanda esperada. Este es un factor importante a tomar en cuenta en cualquiera de los modelos de inventarios, ya que hasta el momento hemos estudiado el modelo EOQ con una demanda constante, lo cual es muy difícil que ocurra en la práctica. Por lo tanto, es conveniente definir un inventario de seguridad que servirá para amortiguar esas fluctuaciones de la demanda.

Existen diversas metodologías para el cálculo del inventario de seguridad, algunas basadas en minimización de costos y otras basadas en el alcance de un nivel de servicio. Para Vargas (2017) la diferencia fundamental entre ambos casos es la probabilidad que se maneja de tener faltantes durante el periodo de aprovisionamiento, y que tan grande será el impacto del faltante de dicho producto.

7.5.1.2. Inventario ABC

Ligado al tema anterior, sobre la importancia que tienen los artículos dentro de la totalidad del inventario, tenemos que para diferentes ámbitos (realización de conteos físicos, definir niveles de *stock* de seguridad o definir niveles de inventario), en primer lugar, debemos definir una manera de dimensionar la importancia de cada uno de los artículos, o bien, asignarle una por medio de métodos como lo son la regla de los inventarios ABC:

- Esta se basa en la regla 80-20 o Ley de Pareto, en la cual los artículos se clasifican de dos maneras: su valor en dinero o su valor de frecuencia de uso. En muchos casos se utiliza una combinación de las dos. Olivios y Penagos (2013) dicen que esto permite distinguir tres categorías de productos y cada una de ellas debe definirse en función de la parte de la cifra de negocios que representa.

7.5.1.3. Modelos de inventario con demanda dependiente

Heizer y Render (2008) indican que en cualquier producto todos los componentes de ese producto son artículos de demanda dependiente. Los modelos de inventario con demanda dependiente, por lo tanto, ofrecen herramientas para la planificación de los materiales con base en órdenes de producción. En el caso de la presente investigación, que analiza una empresa con un proceso meramente productivo, es conveniente usar la planificación de necesidades de materiales.

Según Heizer y Render (2008), para el uso de esta herramienta necesitamos cumplir con cuatro requisitos que son: el plan (programa) maestro de producción (qué se va a hacer y cuándo). Una adecuada explosión de materiales que permita saber a detalle las relaciones que existen entre los componentes del producto, con su forma final y la proporción necesaria de los mismos. Capacidad de consultar y obtener con precisión las existencias del inventario, ya que si la empresa todavía no ha alcanzado por lo menos el 99 por ciento de exactitud en los registros, entonces la planificación de las necesidades de materiales no funcionará.

Para Heizer y Render (2008), la información sobre las órdenes de compra que están pendientes por recibir y, por último, el plazo en el que dichas compras estarán en bodega.

7.5.1.4. Indicadores clave de gestión de inventarios

Al momento de decidir monitorear los procesos dentro de una empresa, los indicadores de rendimiento son una herramienta poderosa, pues presentan información precisa y relevante para las metas que se desean alcanzar. Una definición práctica de ellos, conocidos también como los KPI, es:

Los KPI se definen en función de dos elementos: los objetivos y los datos que podemos obtener. Para Avella (2019), los KPI son la forma de trasladar los datos en bruto al equipo y directivos, con el fin de que estos sean fácilmente entendibles, analizables y aporten conocimiento en relación con los objetivos y estrategia.

En la siguiente tabla se explicaran los indicadores clave que son relevantes para el desarrollo de nuestra investigación en tema de costos, así como el nivel de servicio al cliente en tema de inventarios:

Tabla II. **Indicadores de rendimiento de inventarios**

Nombre	Fórmula	Definición
Índice de rotación de inventarios	$Ventas/Inventario \text{ promedio}$	Es el tiempo que demora el inventario en venderse completamente. Se entiende que mientras menor sea el índice es mayor la efectividad de la gestión del inventario

Continuación de la tabla II.

Exactitud o variación de inventarios	o (Valor de la diferencia en moneda)/(Valor total del inventario)	Este indicador proporciona una perspectiva exacta de la variación de inventario que se encuentra en el sistema de la empresa vs. el conteo físico realizado. Y explica problemas como incapacidad de cumplir con pedidos o robos y pérdidas.
Costo por unidad almacenada	• (Costo de almacenamiento)/(# de unidades almacenadas).	Explica el costo que representa cada unidad almacenada respecto del gasto total en almacenamiento
Nivel de cumplimiento de despachos	• Numero de despachos cumplidos a tiempo/# total de despachos requeridos.	Este indicador evidencia los faltantes en el inventario y su impacto en las ventas

Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Excel 365.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cortina metálica enrollable

2.1.1. Duela

2.1.1.1. Perfil normal

2.1.1.2. Perfil plano

2.1.1.3. Perfil semiplano

2.1.1.4. Celosías

2.1.2. Eje

2.1.3. Guías

2.1.4. Platos

2.1.5. Faldón

2.2. Modelos de gestión de abastecimiento

2.2.1. Planeación de ventas y operaciones

- 2.2.2. Sistemas de planeación de recursos de la empresa
- 2.3. Cadena de suministro
- 2.4. Pronósticos de la demanda
 - 2.4.1. Métodos de pronósticos por series de tiempo
 - 2.4.1.1. Métodos Estáticos
 - 2.4.1.2. Pronósticos de media móvil simple
 - 2.4.1.3. Promedio móvil ponderado
 - 2.4.1.4. Suavizamiento exponencial simple
 - 2.4.1.5. Suavizamiento exponencial doble
 - 2.4.2. Métodos de previsión causal
 - 2.4.2.1. Análisis de regresión lineal
 - 2.4.3. Análisis de error
- 2.5. Gestión de inventarios
 - 2.5.1. Modelos de inventarios
 - 2.5.1.1. Modelos de inventarios con demanda independiente
 - 2.5.1.1.1. Modelo de cantidad de pedido fijo
 - 2.5.1.1.2. Modelo de periodo fijo o modelo P
 - 2.5.1.1.3. Inventario de seguridad
 - 2.5.1.2. Inventario ABC
 - 2.5.1.3. Modelos de inventario con demanda dependiente
 - 2.5.2. Indicadores clave de gestión de inventarios

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Identificar método adecuado de pronósticos
 - 3.1.1. Recopilación de información

- 3.1.2. Recolección Kárdex por SKU
 - 3.1.3. Análisis de proveedores
 - 3.1.4. Clasificación de proveedores internos y externos y sus productos
 - 3.1.5. Selección de modelo de pronósticos
 - 3.1.5.1. Análisis de tendencia, estacionalidad y demás componentes de la demanda histórica
 - 3.1.5.2. Cálculo de pronósticos
 - 3.1.5.3. Cálculo por medio de métodos de series de tiempo
 - 3.1.5.4. Cálculo por medio de simulación
 - 3.1.5.5. Cálculo de error por cada método
 - 3.1.5.6. Selección de método apropiado para cálculo de los pronósticos
 - 3.2. Diseño de política de inventario
 - 3.2.1. Determinación de tipo de modelo de inventario para cada SKU
 - 3.2.2. Selección de criterio adecuado para clasificación ABC de los SKU
 - 3.2.3. Clasificación ABC del inventario
 - 3.3. Selección de los KPI para gestión de inventarios
 - 3.3.1. Cálculo de costo de compra por SKU
 - 3.3.2. Cálculo de costo de preparación por SKU
 - 3.3.3. Cálculo de costo de almacenamiento por SKU
 - 3.3.4. Cálculo de costo por escasez por SKU
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 4.1. Identificación de método adecuado de pronósticos

- 4.2. Diseño de política de inventarios
- 4.3. Selección de KPI para gestión de inventarios

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

A continuación, se procederá a definir la metodología sobre la cual se desarrollará la investigación.

9.1. Características del estudio

En los siguientes incisos se describen las características del estudio en cuestión.

9.1.1. Enfoque

El estudio propuesto es de enfoque cuantitativo, ya que se tomarán en cuenta aspectos como la estrategia actual de manejo de inventarios. Con base en eso se utilizarán datos históricos de ventas para agregar los datos cuantitativos, que permitan dimensionar y brindar una perspectiva correcta de la situación actual, para así diseñar el modelo óptimo de gestión de inventarios.

9.1.2. Alcance

Para esta investigación se propone un alcance descriptivo, ya que se estudiará la problemática de la ineficiente gestión de inventarios actual y sus componentes, para determinar sus causas y los obstáculos que presenta la gestión de las materias primas e insumos para la fabricación. Esto implica un análisis profundo que permita describir a detalle las causas reales del problema.

9.1.3. Diseño

Se propone un diseño no experimental debido a que se estudiará la situación actual del problema de gestión de inventarios, para posteriormente analizarla y obtener una solución, por lo que no hay manipulación de variables de estudio. La toma de datos se realizará una única vez, por lo que también se trata de un diseño transversal.

9.1.4. Unidades de análisis

Se analizará el comportamiento de los inventarios de materias primas e insumos para fabricación de cortinas, por medio de los movimientos que generan los datos de ventas a partir de junio del 2020 hasta junio del 2022, los cuales se recopilarán y analizarán en su totalidad. No se tomará una muestra porque el análisis comprende la totalidad de los artículos que comprenden los dos tipos de inventarios anteriormente mencionados, que suman 135 SKU's.

9.1.5. Variables

Las variables de estudio se describen en la siguiente tabla:

Tabla III. **Variables de estudio**

Variable	Definición teórica	Definición operativa
Índice de rotación de inventarios	Número de veces que el inventario es reabastecido	(Costo de artículos vendidos) / (valor promedio de inventario)
Horas de paro de producción por desabastecimiento de materiales	Tiempo ocioso del personal de producción, generado por el desabastecimiento de materiales	Registro de tiempo ocioso en los reportes de producción de operarios y fabricantes
Valor de ventas no percibidas por desabastecimiento de materiales	Ventas que no se concretaron debido a que no se contaba con existencia del material requerido	Se obtiene por medio de los reportes de ventas
Porcentaje de ventas no realizadas respecto del total de ventas de un periodo	Detalle porcentual del impacto que tienen las ventas no realizadas sobre el total de las ventas reales	(Valor monetario de ventas no realizadas) / (valor monetario de ventas reales)
Costo de rotura de stock	Costo que genera el desabastecimiento de materiales en las áreas de producción, ventas e instalaciones	Viáticos adicionales de instaladores y horas de ocio de personal de producción
Costo de almacenamiento	Costo generado por almacenar materiales; puede ser en instalaciones propias o rentadas	Costo de almacenamiento =(metros cuadrados que ocupa el inventario) / (metros totales con que cuenta la bodega)
Exactitud de pronósticos	Error calculado por medio de diferentes métodos para definir la exactitud del pronóstico	Cálculo realizado con diferentes herramientas

Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Excel 365.

9.1.6. Fases

El estudio se llevará a cabo por medio de seis fases, las cuales se efectuarán de manera secuencial.

9.2. Fases del estudio

En los siguientes ítem se describirán las fases del estudio.

9.2.1. Fase uno: exploración bibliográfica

En la primera fase se llevará a cabo una exploración de la bibliografía disponible en el tema de pronósticos y de gestión de inventarios. Esto servirá para conocer los modelos existentes y contar con una base sólida para el análisis posterior de la información recolectada y el diseño de gestión de inventarios.

9.2.2. Fase dos: recolección de la información

En esta fase se realizará la recolección de la información de ventas desde junio del año 2020; se desglosará por artículo para contar con una perspectiva completa de la demanda que tiene cada uno. Además, se recolectará información respecto de la demanda que no ha podido ser satisfecha debido a escasez de producto o insuficiencia de existencias.

9.2.3. Fase tres: análisis de la información

En esta etapa se procederá a analizar la información recolectada, para estar seguro de que esta sea confiable, así como para descartar datos que puedan sesgar o alterar el estudio.

9.2.4. Fase cuatro: cálculo de pronósticos

Con la información recopilada se realizará un análisis de los datos de ventas para determinar cuál método de pronósticos, ya sea por medio de series de tiempo o por análisis causal, provee la mejor estimación de la demanda futura de cortinas metálicas enrollables, con base en los factores observados en

su comportamiento. También se hará una evaluación por medio de análisis de error para determinar cuál es el método más confiable.

9.2.5. Fase cinco: definición de política de inventario

Se comenzará por hacer una clasificación ABC de los productos. Se tomará como criterio la cantidad requerida en unidad de medida de cada artículo y la criticidad de cada uno respecto de todo el proceso de la fabricación de la cortina.

Posteriormente se definirán cuáles artículos corresponden a una demanda independiente o dependiente, para elegir qué tipo de modelo de gestión de inventarios es el adecuado. Luego se procederá a definir los parámetros clave que son cantidad a pedir, cuándo pedir, inventario de seguridad. Además, se diseñará un formato con explosión de materiales por tipo de cortina, para el manejo de las existencias de materiales con demanda dependiente.

9.2.6. Fase seis: definición de indicadores de rendimiento de inventario

Con base en los resultados anteriores, se efectuará un análisis del inventario con los indicadores que resulten adecuados, para obtener un diagnóstico de la situación actual y que sirva como base para medir el rendimiento en el futuro. Se dará énfasis a la problemática observada en un principio, que es referente a las ventas no concretadas por falta de abastecimiento y a los paros de producción, producto también de una incorrecta gestión de los inventarios, así como el costo monetario que representan ambos casos.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Para el desarrollo de la investigación se emplearán técnicas que faciliten la obtención de información. Que permitan obtener un diagnóstico completo de la situación de la empresa, en cuanto a la gestión de los inventarios y con la finalidad de proponer una solución óptima.

Partiendo de las técnicas de recolección de datos, se emplearán las siguientes:

- Observación: proceso general desde que se ingresa una venta en el sistema hasta que el producto terminado es despachado y, por ende, afecta las existencias del inventario.
- Entrevistas: se procederá a entrevistar al personal cuyas atribuciones estén relacionadas con el funcionamiento de la bodega y de los inventarios, para indagar sobre su percepción en cuanto a la gestión actual, sus deficiencias, aciertos, factores que consideren tienen un impacto notable en la gestión y demás preguntas relevantes.
- Registros: se recopilarán los registros del Kárdex del inventario de materias primas e insumos desde el periodo de junio 2020 hasta el periodo de junio 2022, para su posterior análisis.

Debido a que la investigación busca como producto final el diseño de un modelo de gestión de inventarios, apropiado para las actividades a las que se dedica la empresa, una vez recolectada la información necesaria se procederá a encontrar dicha solución en base al siguiente esquema:

- Recolección de datos por medio de las técnicas anteriormente mencionadas.
- Tabulación de datos de manera acorde a su naturaleza. En el caso de las entrevistas se elaborará un diagrama causa y efecto, dividiendo en las categorías que designa la herramienta todas las respuestas que den los involucrados en las operaciones de la bodega.
- Análisis por medio de gráfico de líneas por familia de artículos, que permita apreciar su comportamiento a través del tiempo identificando, ya sea tendencias, ciclicidad, estacionalidad o aleatoriedad.
- Análisis de pronósticos con el método apropiado, dependiendo el comportamiento que hayan reflejado las familias de artículos en el análisis, por medio de gráfico de líneas.
- Se realizará un análisis de error entre los métodos de pronóstico aplicados para definir; se utilizará como criterio el que presente el menor error con el método MAPE y el que de mejor manera se ajusta al comportamiento real.
- Posteriormente se definirá la política de inventario adecuada, partiendo de una segmentación ABC para facilitar el análisis de la prioridad que tiene cada SKU. Se establecerá un modelo de gestión de inventarios donde se asegure el nivel de servicio al cliente y se minimice el costo total del inventario.
- Análisis de política de inventario adecuada para materiales de demanda independiente, por medio de modelos de pedido fijo o de cantidad fija.
- Herramienta de planificación de las necesidades de materiales de los SKU con demanda dependiente.
- Por último, se definirán los KPI dentro de la política de gestión de inventarios, que permitan medir la gestión de estos.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En este espacio se evaluará la factibilidad de la investigación, por medio de un análisis de los recursos necesarios para su realización y se determinará si es posible el desarrollo de esta.

12.1. Recursos necesarios

La elaboración de esta investigación requiere de una variedad de recursos de diferentes tipos, los cuales se describen a continuación:

- Humanos: tiempo y disposición del investigador, del asesor y del personal que labora en la empresa y está relacionado con la gestión de los inventarios de materias primas.
- Tecnológicos: se cuenta con permiso de la empresa para contar con acceso a los registros de ventas que se manejan por medio del sistema informático de la empresa. Luego, realizar el análisis que requiera la investigación.
- Infraestructura y equipo: se cuenta con permiso para el uso de las instalaciones de la empresa según sea necesario para el desarrollo de la investigación, como puede ser acceso a la bodega de materias primas, de insumos, área de recepción y archivo donde se cuenta con registros de los movimientos relacionados con la gestión del inventario.
- Recursos financieros: de detalla en la tabla IV los recursos financieros necesarios para la ejecución de la investigación.

Tabla IV. **Recursos necesarios para la investigación**

Recurso	Costo
Tiempo del investigador	Q. 5,000.00
Dos resmas de hojas	Q. 100.00
Tinta de impresora para imprimir Kárdex de cada SKU estudiado	Q. 600.00
Combustible	Q 450.00
Laptop	Q 4,000.00
Asesor	Q. 2,500.00
TOTAL	Q. 12,650.00

Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Excel 365.

Se considera que los recursos mencionados anteriormente son suficientes para la realización del estudio. Constituyen un presupuesto que el investigador puede costear, por lo tanto se considera que el estudio es factible para ser ejecutado.

REFERENCIAS

1. Agudelo, D. y López, Y. (diciembre, 2018). Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios. *Ingenierías*, 9(1), 75-85. Recuperado de <https://n9.cl/fm2rc>.
2. Aguirre, S., Ardila, W., Figueroa, L., y Romero, D. (junio, 2015). Parametrización y evaluación de Política de inventario (s,Q) en hospitales: un caso de estudio en la ciudad de Barranquilla. *Prospectiva*, 13(1), 99-105. Recuperado de <https://n9.cl/04zc8>.
3. Arias, M. (marzo, 2017). Impacto en el inventario de seguridad por la utilización de la desviación estándar de los errores de pronóstico. *Tecnología en marcha*, 30(1), 49-54. Recuperado de <https://n9.cl/t07ep>.
4. Avella, M. (marzo, 2019). Importancia de los KPI en la logística y su impacto en el servicio al cliente. *Especialización en Logística Integral*, Vol. Único, 1-19. Recuperado <http://docplayer.es/186227041-Importancia-de-los-kpi-en-la-logistica-y-su-impacto-en-el-servicio-al-cliente.html>.
5. Bustos, C. y Chacón, G. (junio, 2007). El MRP en la gestión de inventarios. *Vision Gerencial*, 1(1), 5-17. Recuperado de <https://n9.cl/khhji>.

6. Cespon, R. (2014). *Administración de la cadena de suministros: manual para estudiantes, academicos y empresarios vinculados al campo de la logística*. Cuba: Universidad Central Marta Abreu De Las Villas.
7. Chopra, S. y Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro*. México: Person Educación.
8. Contreras, A., Zuñiga, C., Martínez, J., y Sanchez, D. (abril, 2018). Gestión de políticas de inventario en el almacenamiento de materiales de acero para la construcción. *Ingeniería Industria* 17(1), 5-22. Recuperado de <https://n9.cl/5ccww>.
9. D'Alessio, F. (2004). *Administración y dirección de la producción: enfoque estrategico y de calidad*. México: Pearson Educación.
10. Durán, Y. (junio, 2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*, 1(1), 55-78. Recuperado de <https://n9.cl/p5f7i>.
11. Heizer, J., y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones estratégicas*. Madrid, España: Pearson Educacion.
12. López, Y. (2009). *Diseño por flexión de elementos de acero rolado en frío* (tesis de maestría). Universidad autonoma de Aguascalientes, México. Recuperado de <https://n9.cl/oow8d>.

13. Olivos, S. y Penagos, J. (enero, 2013). Modelo de gestión de inventarios: Conteo cíclico por análisis ABC. *Ingeniare* (14), 107-111. Recuperado de <https://n9.cl/zmz74>.
14. Ramírez, J. (2017). *Estudio económico comparativo entre la rentabilidad de un servicio brindado con personal permanente y otro con personal subcontratado, en una empresa dedicada a la instalación y mantenimiento de estructuras, cortinas metálicas y motores eléctricos* (tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://n9.cl/j8ocr>.
15. Soto, C. (2021). *Análisis por desempeño de elementos de acero rolado en frío de lámina delgada para estantería industrial* (tesis de maestría). Universidad autónoma de de Aguascalientes, México. Recuperado de <https://n9.cl/9lnyb>.
16. Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.
17. Valencia, M., Correa, J. y Días, F. (enero, 2015) Métodos estadísticos clásicos y bayesianos para el pronóstico de demanda. Un análisis comparativo. *Revista de la facultad de ciencias*, 4(1), 52-67. Recuperado de <https://n9.cl/iwbuo>.
18. Vásquez, A. y Abarca, L. (marzo, 2018). Trazabilidad de la varilla de acero para construcción #3 en ArcelorMittal Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 31(1), 131-143. Recuperado de <https://n9.cl/l3ezv>.

19. Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de coherencia

ELEMENTOS DEL PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
Deficiente gestión de inventarios que provoca desabastecimiento de materiales necesarios para la fabricación de cortinas metálicas enrollables y genera paros en producción, y consecuentes retrasos en tiempos de entrega a los clientes	¿Cuál es la estrategia adecuada de gestión de inventarios que garantice el eficiente abastecimiento de materiales e insumos para la fabricación en una empresa con demanda variable y alto grado de personalización de productos, dedicada a la fabricación de cortinas metálicas enrollables?	Diseñar un modelo de gestión y control para el abastecimiento de materiales e insumos y manejo de los inventarios, basado en consumos históricos que garantice el eficiente abastecimiento de materiales necesarios para la fabricación de cortinas metálicas enrollables
Falta de disponibilidad de materiales para fabricación por no contar con una adecuada planificación de la demanda	¿De qué manera se pueden analizar y utilizar los resultados pasados de ventas de la empresa para definir la demanda futura?	Establecer un método de pronósticos de ventas con base en movimientos históricos, para asegurar un abastecimiento óptimo de materiales e insumos
Falta de un modelo establecido para la gestión de las existencias de los inventarios de materias primas, que conlleva a la realización de pedidos hechos empíricamente	¿Cuáles son los criterios empleados para decidir la cantidad a pedir, cuándo pedir, <i>stock</i> de seguridad y qué proveedor utilizar?	Establecer una política de control de inventarios para asegurar la correcta gestión de <i>lead times</i> , <i>stocks</i> de seguridad y puntos de reorden de los inventarios de materia prima e insumos.
Actualmente no existe una forma de medir el rendimiento de la gestión de los inventarios y el impacto que tiene esta en la empresa	¿Cómo se mide el desempeño de la gestión de inventarios en la empresa?	Proponer un sistema de control que analice el desempeño del inventario en base a métricas clave, que faciliten la toma de decisiones.

Fuente: elaboración propia, hecho con Microsoft Excel 365.

