



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Gestión Industrial

**OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA
PLANTA DE AGROQUÍMICOS**

Ing. Allan Eliu Prera Chacón

Asesorado por el MSc. Ing. Vilmo Santino Ramazzini López

Guatemala, marzo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA
PLANTA DE AGROQUÍMICOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. ALLAN ELIU PRERA CHACÓN

ASESORADO POR MSC. ING. VILMO SANTINO RAMAZZINI LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTE EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2022

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

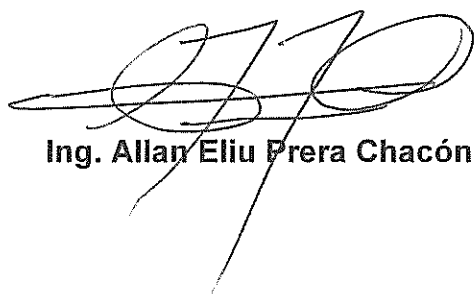
DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Javier Fidelino García Tetzaguic
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA PLANTA DE AGROQUÍMICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 15 de mayo de 2013.



Ing. Allan Elio Prera Chacón

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.147.2022

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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA PLANTA DE AGROQUÍMICOS**, presentado por: **Allan Eliu Prera Chacón**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Gestión industrial 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, marzo de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, marzo de 2022

LNG.EEP.OI.147.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA PLANTA DE AGROQUÍMICOS”

presentado por **Allan Eliu Prera Chacón** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Gestión industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 14 de agosto de 2021

Maestro
Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente.

Estimado Mtro. Álvarez:

Por este medio le informo que he revisado y aprobado el **trabajo final** de graduación titulado: "OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA PLANTA DE AGROQUÍMICOS.". Del estudiante Allan Eliu Prera Chacón, del programa de Maestría en **Artes en Gestión Industrial**.

Con base en la evaluación realizada hago constar la originalidad, calidad, validez, pertinencia y coherencia según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobados por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Cumpliendo tanto en su estructura como en su contenido, por lo cual el protocolo evaluado cuenta con mi aprobación.

—

"Id y Enseñad a Todos"



M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador de Gestión Industrial
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería

Guatemala, 23 de Julio 2021.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **“OPTIMIZACIÓN EN LA ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS EN UNA PLANTA DE AGROQUÍMICOS”** del estudiante **Allan Eliu Prera Chacón** del programa de Maestría en **Gestión Industrial**, identificada con número de carné: **100023476**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



M.A. Ing. Vilmo Santino Ramazzini Lopez

Colegiado No. 1834

Asesor de Tesis

Mis tíos

A mis tíos maternos, los que están vivos y los que están en el cielo, por ser buenas personas en todo momento y ser ejemplo de lucha en la adversidad.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Porque está siempre conmigo.

Mi madre

Por motivarme a ser mejor cada día.

Mi asesor

Por su ayuda para realizar el trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Sistemas de producción	2
1.1.1. Sistemas de empuje (<i>Push</i>).....	2
1.1.2. Sistemas de Jalar (<i>Pull</i>).....	3
1.2. Que es la previsión	4
1.2.1. Horizontes temporales de la previsión.....	4
1.2.2. Etapas en el sistema de previsión	5
1.2.3. Enfoques de la previsión	6
1.3. Visión global de los métodos cuantitativos:	7
1.3.1. Modelos de series temporales	7
1.3.1.1. Enfoque simple	7
1.3.1.2. Medias móviles	7
1.3.1.3. Alisado exponencial	8
1.3.1.4. Método de Holt-Winters	8
1.3.1.5. Proyección de tendencia.....	8

1.3.1.6.	Regresión lineal.....	9
1.4.	Plan de producción.....	9
1.5.	Sistemas de planeación de la producción	10
1.6.	Planeación jerárquica de la producción (<i>hpp - hierarchical production planning</i>).....	12
1.7.	Planeación agregada (<i>app – aggregate production planning</i>)	14
1.8.	Programa maestro de producción MPS (<i>Master Production Schedule</i>).....	16
1.9.	Explosión de materiales	22
1.10.	Planeación de los recursos de manufactura (<i>MRP II - Manufacturing Resource Planning</i>)	22
1.11.	Planeación de recursos empresariales (<i>ERP - Enterprise Resource Planning</i>).....	25
1.12.	Sistemas de inventarios	26
1.13.	Cantidad económica para pedir (<i>EOQ</i>)	27
1.14.	Disponibilidad de inventarios.....	29
1.15.	Tiempo de entrega para cada componente.....	30
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	33
3.1.	Objetivo 1: Determinar el método más adecuado para el pronóstico de la demanda de los coadyuvantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas en función del menor valor de MSE	33
3.1.1.	Análisis de datos	33
3.1.2.	Seleccionar el método de pronóstico adecuado.....	35

3.1.3.	Comparación de la demanda real con el método seleccionado.....	35
3.1.4.	Pronósticos del siguiente año con el método seleccionado.....	38
3.2.	Objetivo 2: Identificar la tendencia en los tiempos de la cadena de suministros para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89. (Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora) y para abastecer materias primas con pago de impuestos.	39
3.2.1.	Tiempos de importaciones marítimas de materias primas.....	40
3.2.2.	Tabla resumen producto terminado	50
3.3.	Objetivo 3: Establecer el punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 y para las materias primas bajo el régimen pago de impuestos.....	52
3.4.	Propuesta: Optimización de la cadena de suministros para cumplir con el tiempo de entrega al cliente en una planta de producción de agroquímicos.....	53
3.4.1.	Integración la información histórica de ventas para establecer la demanda	53
3.4.2.	Realizar el pronóstico de ventas a través del método Winter	53
3.4.3.	Realizar una revisión del pronóstico con los vendedores.....	54
3.4.4.	Cargar la información a un MRP.....	54
3.4.5.	Generar las órdenes de compra	54
3.4.6.	Generación de plan de producción	54
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55

CONCLUSIONES.....59
RECOMENDACIONES61
REFERENCIAS63
APÉNDICE67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Método <i>Push</i>	3
2.	Método <i>Pull</i>	4
3.	Plan de producción.....	10
4.	Planeación jerárquica de la demanda	14
5.	Planeación agregada	16
6.	Proceso para crear un plan maestro	21
7.	ERP.....	26
8.	Modelo EOQ	28
9.	Costo total como función a la cantidad a ordenar	29
10.	Proyección de ventas con el método Winter para la familia de coadyuvantes.....	36
11.	Proyección de ventas con el método Winter para la familia de fungicidas.....	36
12.	Proyección de ventas con el método Winter para la familia de herbicidas.....	37
13.	Proyección de ventas con el método Winter para la familia de productos insecticidas.....	37
14.	Modelo de abastecimiento de materias primas para producción	40

TABLAS

I.	Plan maestro de producción.....	22
----	---------------------------------	----

II.	Comparación de promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las ventas en el 2012.....	34
III.	Selección del método con el menor MSE	35
IV.	Proyección año 2013 con método Winter de enero a junio.....	38
V.	Proyección año 2013 método Winter de julio a diciembre	38
VI.	Tiempo de emisión de orden de compra.....	41
VII.	Tiempo medio para emisión de órdenes de compra	42
VIII.	Tiempos de traslado marítimo	43
IX.	Tiempo medio en días de traslado marítimo	43
X.	Tiempo de liberación de materias primas 29-89	44
XI.	Tiempos medios de liberación de materias primas 29-89.....	45
XII.	Tiempo de liberación de materias primas con pago de impuestos	45
XIII.	Tiempo de liberación de materias primas por control de calidad	47
XIV.	Tiempo medio de liberación de materias primas por control de calidad	48
XV.	Tiempos de producción.....	50
XVI.	Tiempo total de ciclo del producto	51
XVII.	Datos para el cálculo de la cantidad económica a pedir	52
XVIII.	Cantidad económica del pedido y punto de reorden.....	52

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
I	Cantidad de litros
Q	Cantidad óptima del pedido
Co	Coste de preparación del pedido
Ca	Costo de almacenamiento
d	Demanda diaria
S	Desviación estándar
N	Número de datos
%	Porcentaje
X	Promedio
TM	Toneladas
Z	Valor de la distribución normal
T	Valor de T de student

GLOSARIO

Almacén fiscal	El almacén fiscal es el almacenamiento de productos, de procedencia nacional o extranjera, en depósitos autorizados por aduanas. Para que estos almacenes puedan funcionar deben cumplir con los términos y requisitos que indica la ley.
Asertividad	Corresponde a la medida en que el pronóstico sea más cercano a la realidad y el error estadístico mide la diferencia entre el pronóstico y la realidad.
Coadyuvantes	Son productos que se adicionan a los tanques de aplicación con el objetivo de mejorar la actividad de los agroquímicos o facilitar la aplicación a través de la modificación de las características de la solución.
Fungicidas	Los fungicidas son sustancias que se emplean para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos perjudiciales para las plantas, o los animales.
Herbicidas	Que sirve para impedir el desarrollo de las hierbas perjudiciales que crecen en un terreno.
<i>Incoterm</i>	Los <i>Incoterms</i> son las normativas y cláusulas que rigen los contratos de compraventa del transporte de mercancías internacional.

Insecticidas	Es un compuesto químico utilizado para matar insectos.
<i>Lead time</i>	Hace referencia al tiempo que discurre desde que se genera una orden de pedido a un proveedor hasta que se entrega la mercancía de ese proveedor al cliente (puede ser un particular o una tienda).
<i>Pull</i>	Un sistema de producción que se adapta en todo momento a la necesidad del consumidor se conoce con el nombre de jalar.
<i>Push</i>	Sistema de producción en función de los pronósticos, se conoce con el nombre de empujar.
<i>Stock</i>	Es el conjunto de mercancías almacenadas por una empresa.

RESUMEN

El propósito de la investigación fue demostrar que los métodos de previsión de la demanda, el conocer los tiempos de la cadena de abastecimiento y comprar de forma oportuna, permiten cumplir con los tiempos de entrega a través de compras basadas en un stock óptimo logrando así la optimización de la cadena de suministros.

Para cumplir con el propósito, el objetivo general propone diseñar un sistema para administrar la cadena de suministros que permita cumplir con el tiempo de entrega al cliente en una planta de producción de agroquímicos.

La metodología de la investigación tiene un enfoque mixto, es decir variables cuantitativas y cualitativas, el diseño es no experimental puesto que no hubo manipulación de variables.

Se diseñó un sistema para administrar la cadena de suministros en una planta de agroquímicos para cumplir con los tiempos de entrega a los clientes.

El método de Winter es el que presenta un menor error en predecir la demanda. Se identificó una tendencia en los tiempos en la cadena de suministros y se determinó el tiempo para abastecer materias primas. Se estableció un punto de reorden para las materias primas.

Se diseñó un sistema que permite optimizar la cadena de suministros, cumpliendo con los tiempos de pedidos de los clientes.

Debido a la cantidad de productos que puede tener la empresa y a la complejidad de generar los cálculos de los métodos de pronósticos, se considera que para futuros pronósticos se puede utilizar un software, esto reducirá el error humano. También es importante ir agregando variables al método, propias de la empresa, pero sin olvidar que un método de pronóstico nunca será exacto.

Es importante consensuar cada mes los pronósticos realizados con el personal de ventas para tener un dato con menor error.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

El proceso de producción dentro de la planta se inicia con la compra de materia prima, ésta generalmente es comprada en el extranjero, la materia prima es transportada al país en contenedores y posteriormente es utilizada en la producción.

Para cumplir con los tiempos de producción y entregar a tiempo los productos a los clientes, es necesario tener la manera prima y el material de empaque en el lugar y en el momento preciso, pero debido a que el proceso de planificación de los tiempos y la coordinación de los componentes para producir, tiene distintas variables que pueden afectar este proceso, algunas veces este tiempo no es el establecido con el cliente, es por ello que resulta necesario proponer mejoras al sistema de administración de la cadena de suministros.

Muchas veces los tiempos reales respecto los ofrecidos al cliente pueden variar en un rango de incerteza muy alto hasta arriba del 100 % del tiempo establecido.

Estos tiempos pueden variar por distintos motivos, pero dentro de los principales se puede mencionar el tiempo de liberación de materias primas para poder ser utilizadas en la producción y la validación de registros.

La falta de validación de registros a tiempo evita que se puedan ordenar con suficiente tiempo de anticipación las etiquetas y panfletos que deben ser colocados a los productos para ser trasladados a los clientes.

Respecto las liberaciones de materias primas, existen distintas causas por las cuales no es liberada a tiempo, entre las que se mencionan: pólizas topadas por exceder los límites de liberaciones bajo el régimen de maquila 29-89, trámites de aprobación para obtener el dinero y liberar las materias primas, disponibilidad de transporte, disponibilidad en bodega y tiempos de aprobación de materias primas.

Otras causas menos frecuentes pueden ser, rechazos del material de empaque enviado por los proveedores, retrasos en fechas de entregas de los proveedores, rechazos de las materias primas no cumplen las especificaciones para la producción establecidas por control de calidad, entre otras.

Todas estas variables mencionadas provocan atrasos en la cadena de suministros por lo cual el cliente no obtiene su producto en el tiempo esperado.

- Formulación de pregunta central

¿Cómo se puede mejorar la cadena de suministros en una planta de agroquímicos para cumplir con la demanda de los clientes?

- Preguntas específicas
 - ¿Cómo determinar qué método de pronósticos es el más adecuado para los agroquímicos?

- ¿Cuáles son los tiempos de la cadena de abastecimiento para materias primas que se usarán bajo el régimen 29-89 y para las materias primas que se usarán con pago de impuestos?

- ¿Qué existencia debe tenerse para iniciar con el proceso de compra?

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema para administrar la cadena de suministros que permita cumplir con el tiempo de entrega al cliente, en una planta de producción de agroquímicos.

Específicos

- Determinar el método más adecuado para el pronóstico de la demanda de los coadyuvantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas, con base al menor valor de MSE que permita menor error de los pronósticos de ventas.
- Identificar la tendencia en los tiempos de la cadena de suministros, para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89. (Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora) y materias primas con pago de impuestos.
- Establecer el punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 (Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora) y para las materias primas bajo el régimen pago de impuestos.

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

La metodología de la investigación tiene un enfoque mixto, puesto que se tomó en cuenta tanto el enfoque cuantitativo y cualitativo. Cuantitativo porque se recolectaron los datos históricos del tiempo de entrega de materias primas, de la tendencia de tiempo en la cadena de suministros y los puntos de reorden, cualitativo porque se revisaron y analizaron datos históricos para conocer las características y obtener los tiempos de la cadena de suministros y determinar los pronósticos.

La investigación es de carácter no experimental, puesto que no hubo manipulación de variables simplemente se observó el entorno en su contexto natural para posteriormente analizar, el alcance es descriptivo de tipo causal porque su objetivo es determinar los tiempos de abastecimiento.

Primero se determinó el método de pronóstico adecuado, se aplicó un análisis de tendencia para medir el error del método respecto a los datos históricos, con el método de pronóstico que sea más cercano a la realidad y el menor error estadístico.

Segundo se determinaron los tiempos reales en la cadena de suministros, se realizaron consultas en hojas electrónicas con información histórica de los procesos, y se compiló de forma ordenada para elaborar el informe.

Derivado del análisis de esta información, se realizó una propuesta que permitió establecer la cantidad económica a ordenar para mantener un stock

adecuado de materias primas y abastecer a los clientes de acuerdo con su demanda.

- Variables dependientes
 - Fabricación de productos: depende de la disponibilidad de materias primas para producir, de la fecha en que se levantaron las órdenes de compra, del tiempo del traslado de las materias primas y del tiempo de liberación de las materias primas.
 - Cantidad de materia prima a comprar: depende de los pronósticos de venta, estos determinarán qué cantidad de materias primas se deben producir.

- Variables independientes
 - Tiempo de traslado de materias primas: es el tiempo necesario para que las materias primas compradas lleguen al país y a su punto de almacenamiento.
 - Demanda de productos: es la cantidad de productos que demandará el cliente.
 - Tiempo de liberación de materias primas: es el tiempo que lleva el trámite de autorización para poder utilizar las materias primas, este depende del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y la SAT.

Para determinar los pronósticos de abastecimiento se tomó a toda la población a través de las familias de productos.

Se analizaron los coadyuvantes, insecticidas, herbicidas y fungicidas para determinar el método de pronóstico para cada familia, los tiempos de la cadena de suministros y el punto de reorden para las materias primas.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación es una sistematización, debido a que se basó en la evaluación y optimización de un sistema de abastecimiento de materias primas y busca optimizar la cadena de suministros de una planta de agroquímicos.

La problemática de la empresa se presenta en el incumplimiento de los tiempos de entrega a los clientes, es decir entrega fuera de tiempo, ventas pérdidas y falta de un buen plan de producción por no tener la certeza de tener suficiente materia prima para producir un pedido. Asimismo, la producción se programaba en función de las existencias de materias primas y no en función del requerimiento de los clientes, por la falta de materias primas.

La importancia de la información previa al programa de producción semanal para que este se pueda realizar con una variación casi nula y así poder tener el producto terminado previo a la fecha acordada con el cliente.

La metodología de la investigación se planteó con un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo, el alcance y el tipo de la investigación fue de tipo descriptivo, porque se describe la cadena de suministros y se elabora una propuesta orientada a disminuir la problemática identificada. Las técnicas de investigación utilizadas fueron básicamente la observación y el análisis documental. Es un diseño no experimental, en virtud que no se efectuaron ensayos en laboratorio, debido a la naturaleza del problema de investigación.

En la optimización de la administración de la cadena de suministros se determinó cual es el mejor método para realizar los pronósticos de ventas a través del MSE, tanto para los coadyuvantes con un error de 4,800.87, fungicidas insecticidas con un error de 10,017.20 y herbicidas con un error de 61,825.94, siendo el mejor método de pronóstico el método Winter. Se estableció el tiempo de abastecimiento de las materias primas como punto de partida para finalmente obtener la cantidad óptima de pedido y el punto de reorden.

Para el esquema de solución, se compararon los datos históricos contra los datos experimentales a través de una gráfica, después se establecieron los puntos críticos de la cadena de suministros de materias primas y con esos datos se logró una optimización de la administración de la cadena de suministros.

Los capítulos que integran el informe de investigación son los siguientes:

En el capítulo 1 se describen los conceptos de sistemas de producción, que es la previsión y sus etapas, y sus diferentes enfoques. Se mencionan los aspectos más importantes de la planificación y los conceptos utilizados para la obtención de resultados.

Se hace mención de los sistemas de producción, *push* y *pull*, se explica el concepto de previsión, de sus enfoques y aspectos. Se describen los métodos cuantitativos y asociativos para la predicción de la demanda.

En la parte final del capítulo 1, se describen los modelos de inventarios, los tiempos de entrega y el sistema EOQ para el manejo de inventarios.

En el capítulo 2, se hace la presentación de resultados de la observación diagnóstica, la cual se realizó a través de una investigación documental y datos

históricos, revisando la información de los distintos departamentos involucrados en el proceso de abastecimiento y calidad. Así mismo se hace la propuesta de la implementación de un sistema de optimización de la administración de la cadena de suministros a través de un método de pronóstico, estableciendo los tiempos de abastecimiento, la cantidad económica a pedir y el punto de reorden.

El capítulo 3, se refiere a la discusión de resultados, donde se hace el análisis interno y externo de la investigación. En el análisis interno se valida cuál es el mejor método de previsión para una empresa de agroquímicos, comparando el MSE del método promedio, atenuación simple, atenuación *Dole-Brown*, atenuación doble *Holt y Winter*, observado que el método *Winter* es el que presenta el menor MSE, por lo tanto, es el método más confiable.

1. MARCO TEÓRICO

En el proceso de la planeación de la producción existen sistemas muy importantes, como los sistemas de planeación de requerimientos de materiales, los cuales se encargan de traducir necesidades de producción de productos terminados en necesidades netas de producción o compra de cada uno de los componentes de dichos productos.

Para que la planeación de requerimientos de materiales pueda entregar como resultado una asignación de componentes a fabricar o comprar en determinados períodos y recursos, se deben ingresar al sistema varios parámetros como lo son tiempos de entrega, disponibilidad de inventarios, capacidad de fabricación, entre otros, los cuales por su naturaleza tienen una incertidumbre asociada debido a imprecisiones, falta de conocimiento y subjetividad en la asignación de valores.

Casi todos los procesos de producción inician con la compra de materia prima, en este caso en particular esta materia prima es transportada al país en contenedores, para ello se requiere completar los requisitos exigidos por el país para que esta pueda ingresar y posteriormente ser utilizada en la producción.

Al ingresar esta materia prima al país, se puede utilizar para la producción en dos regímenes, una es pagando impuestos para vender el producto terminado localmente y otra es bajo el régimen 29-89 (materia prima exenta de impuestos) para distribución y venta en otros países de la región.

Para poder contar con la materia prima a tiempo en la planta de producción y aprovechar al máximo los recursos, ésta se almacena en bodegas fiscales las cuales liberan la materia prima al momento de realizarse los trámites respectivos ante las autoridades gubernamentales.

Una vez la materia prima se encuentra en el país, es necesario dar continuidad a la planificación realizada y utilizar los recursos de forma óptima determinando las variables del entorno y así definir el programa de producción semanal.

El programa puede realizarse de distintas formas y ésta se determinará por el sistema de producción implementado en la planta.

1.1. Sistemas de producción

Los sistemas de producción más comunes son los *Push* y *Pull* los cuales detonan el comportamiento de la logística de las empresas.

1.1.1. Sistemas de empuje (*Push*)

El sistema de empuje, como su nombre lo indica, los altos niveles de inventarios empujan la fuerza de ventas para ser rentables.

La planeación se hace en función de un plan de ventas anticipándose a la demanda futura con la compra de materias primas y suministros necesarios para cumplir con un plan. Como indica Nahmias (2007) informa que es aquel donde la planeación de la producción se realiza por adelantado en todos los niveles.

Figura 1. **Método Push**



Fuente: Liferder (2021). *Control de inventarios*.

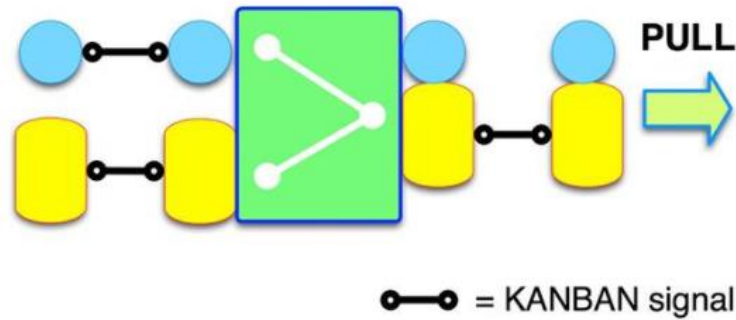
1.1.2. **Sistemas de Jalar (Pull)**

El sistema *Pull* se usa en la manufactura esbelta y lo que busca es trabajar con los niveles óptimos de inventario en función de la demanda real del cliente.

Este sistema busca ser más a la medida y se centra en las especificaciones de los clientes, únicamente se trabaja cuando existe una demanda.

Esto logra disminuir los desperdicios por exceso de producción y especialmente los costos de almacenamiento debido a que únicamente se compra lo que se utilizará en un corto plazo.

Figura 2. **Método Pull**



Fuente: Lifeder (2021). *Control de inventarios*.

1.2. Que es la previsión

Es buscar predecir acontecimientos futuros en función de los datos históricos y factores sociales, políticos y ambientales tanto presentes como futuros. La previsión se hace a través del relacionamiento entre los datos históricos como punto de partida, el clima político nacional e internacional, factores ambientales que pueden afectar la demanda y necesidades del cliente. Estos datos se pueden proyectar a través de formas intuitivas, matemáticas o la combinación de ambas como indica Heize (2001).

1.2.1. Horizontes temporales de la previsión

Los horizontes temporales de la previsión se clasifican según el periodo de tiempo que abarcan, estas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Previsión a corto plazo: son las proyecciones que se hacen para períodos de 3 meses, aunque también pueden llegar a ser hasta de un año. Se utiliza para la planificación de compras, programación de trabajos, necesidades de mano de obra, asignación de tareas y planificación de los niveles de producción.
- Previsión a medio plazo: esta se utiliza principalmente para presupuestos de ventas, planes de producción y planes operativos, este puede realizarse para un plazo de un año y menor a 3 años.
- Previsiones a largo plazo: esta previsión se le llama estratégica, son los planes para periodos mayores a 3 años, son previsiones orientadoras para tener un horizonte de lo que se quiere alcanzar.

1.2.2. Etapas en el sistema de previsión

Las etapas en el sistema de previsión se puede desglosar de la siguiente manera:

- Seleccionar los artículos en los que se va a realizar la previsión.
- Determinar el horizonte temporal de la previsión.
- Seleccionar el o los modelos de previsión.
- Recolección de datos históricos.
- Realizar la previsión.
- Comprobar los resultados.

1.2.3. Enfoques de la previsión

La previsión tiene dos enfoques, uno es cuantitativo y el otro es cualitativo. El cualitativo se basa en la percepción, experiencia y emociones, por lo cual puede fallar en muchas ocasiones.

El método cuantitativo incorpora modelos matemáticos para predecir la demanda y el enfoque es en los datos que se puedan recopilar tanto históricos como de tendencias

Las cuatro técnicas de previsión cualitativa más usadas son:

- Jurado de opinión ejecutiva: agrupa las opiniones de un grupo de expertos de alto nivel o de directivos, a menudo la combinación con modelos estadísticos, para llegar a una estimación conjunta de la demanda.
- Proposición de personal comercial: en este método, cada vendedor estima las ventas que habrá en su zona. Una técnica de previsión que se basa en la estimación de las ventas esperadas por los vendedores.
- Método Delphi: una técnica de previsión que utiliza un proceso de grupo que permite a los expertos realizar las previsiones.
- Estudio de mercado del consumidor: un método de previsión que requiere información de los clientes o clientes potenciales con respecto a los planes de compra futuros.

1.3. Visión global de los métodos cuantitativos

La visión global de los métodos cuantitativos se divide en modelos de series temporales el cual se explica a continuación.

1.3.1. Modelos de series temporales

Los modelos de series temporales son métodos matemáticos que nos sirven para realizar pronósticos de la demanda.

1.3.1.1. Enfoque simple

A través de este método se hace un corrimiento de la demanda, el dato histórico del período anterior es igual a la demanda del siguiente período, normalmente se hace de forma mensual.

La demanda del dato histórico del mes de enero será la demanda de febrero.

1.3.1.2. Medias móviles

Para Heize (2001) es un método de previsión que utiliza la media de n períodos, tomando como períodos meses, trimestres o años, de datos históricos más recientes para hacer la previsión del período siguiente.

1.3.1.3. Alisado exponencial

Según Heize (2001) este método resuelve los problemas a través de medias móviles agregándoles una ponderación, el método es fácil de utilizar y se puede aplicar, aunque no se tengan muchos datos históricos.

Es una técnica de previsión de media móvil ponderada en la que los datos se pesan por medio de una función exponencial.

El factor de ponderación que se utilizará es un pronóstico de alisado exponencial, y es un número entre 0 y 1.

1.3.1.4. Método de Holt-Winters

Este método es recomendado para demandas estacionales, para calcularlo utiliza como valores iniciales los datos históricos después de un período de tiempo específico, para disminuir las diferencias utiliza una constante llamada de suavización como lo menciona Vidal (2003).

1.3.1.5. Proyección de tendencia

Es un método que calcula la previsión a través de una serie de datos históricos que se buscan alinear a través de una tendencia, se busca encontrar una ecuación que proyecte una línea los datos futuros de la tendencia.

1.3.1.6. Regresión lineal

Es un método estadístico que considera el comportamiento de una variable dependiente y otra independiente y la relación entre ambas, esta relación se busca con el fin de proyectar cuál será el dato siguiente en función del comportamiento anterior de los datos.

Este tipo de previsión no solo se utiliza para las tendencias de ventas o proyecciones de consumo, este método sirve para identificar el comportamiento de las variables y los cambios que tienen respecto la otra.

1.4. Plan de producción

El plan de producción es un grupo de valores y variables que permiten comunicar a todos los miembros involucrados en la fabricación de productos, que suministros deben de proporcionar al siguiente punto de producción, en que tiempo deben suministrarse, quien lo debe suministrar y que debe suministrar.

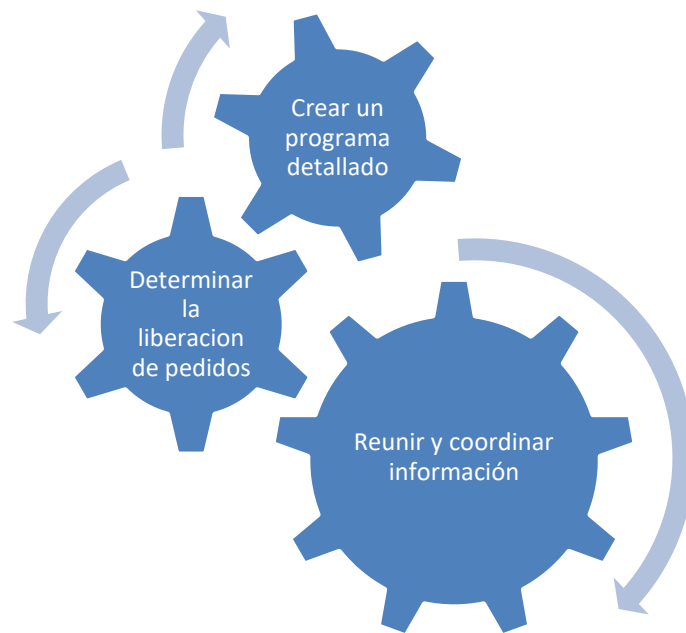
El plan de producción también se utiliza para determinar el tamaño de los lotes a producir, en qué orden producir.

La gestión y control de estos subsistemas presentes dentro del sistema de producción consta de tres fases principales:

- Reunir y coordinar la información que se requiere para formular el Programa Maestro de Producción.

- Determinar las liberaciones de los pedidos planeados utilizando el plan de requerimiento de materiales.
- Crear un programa detallado de trabajos de piso de producción y de requerimientos de recursos de acuerdo con las autorizaciones de pedidos planeadas.

Figura 3. **Plan de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

1.5. **Sistemas de planeación de la producción**

Para desarrollar el programa de producción, es necesaria la colaboración de diferentes tareas y la cooperación de varios departamentos de la organización,

normalmente los departamentos que mayor soporte brindan al programa de producción son los de contabilidad, calidad, inventarios y logística.

Dentro de un sistema de planeación de la producción se consideran tres tipos de elementos básicos que son sujetos de ser programados, los cuales son productos terminados, componentes y materias primas.

Un producto final o producto terminado, es la suma de componentes unificados de acuerdo a la necesidad del cliente, realizados a través de un sistema de producción, todos los componentes ingresan a un sistema organizado.

La planificación de la producción es un proceso para desarrollar planes tácticos con base en establecer el nivel global de la producción de manufactura y otras actividades para satisfacer mejor los niveles actuales de las ventas previstas (plan de ventas y pronósticos), mientras que se alcanzan los objetivos generales de rentabilidad, productividad, tiempos de entrega competitivos hacia el cliente, y así sucesivamente, tal como se expresa en el plan general de negocios de una compañía.

Según APICS (2008) uno de sus propósitos principales es el de establecer el ritmo de producción que permitirá alcanzar el objetivo de satisfacer la demanda de los clientes a través del mantenimiento, aumento o disminución de inventarios o pedidos de los clientes, mientras que por lo general se trata de mantener la fuerza de trabajo de forma relativamente estable. Debido a que este plan afecta muchas funciones de la empresa, se elabora normalmente con información del departamento de mercadeo y se coordina con las funciones de manufactura, ventas, ingeniería, finanzas, materiales, y así sucesivamente.

Chase (2009) plantea un plan de producción total o planeación agregada específica grupos de productos, no especifica los artículos exactos. El siguiente nivel de planeación es el MPS, que consiste en un plan de escalonamiento en el tiempo que especifica cuando se planea la forma, construir o realizar cada artículo final, detallando su modelo, características especiales. El MPS indica período por período, generalmente por semana, cuando y cuantos artículos finales de cada modelo se necesitan. En el siguiente nivel de planeación se encuentra el programa MRP, que calcula y programa todas las materias primas, las partes y suministros necesarios para fabricar el artículo final especificado por el MPS.

La planeación de la producción incluye decisiones estratégicas, tácticas y operativas. Las decisiones estratégicas hacen frente a cuestiones de largo plazo, tales como distribución de las instalaciones y la capacidad de planificación de recursos. En cuanto a las decisiones tácticas, las empresas tienen que tomar decisiones óptimas, sobre los niveles de producción, inventario y las horas extraordinarias para absorber las demandas dinámicas en un horizonte de planificación período a medio plazo.

1.6. Planeación jerárquica de la producción (HPP - *Hierarchical Production Planning*)

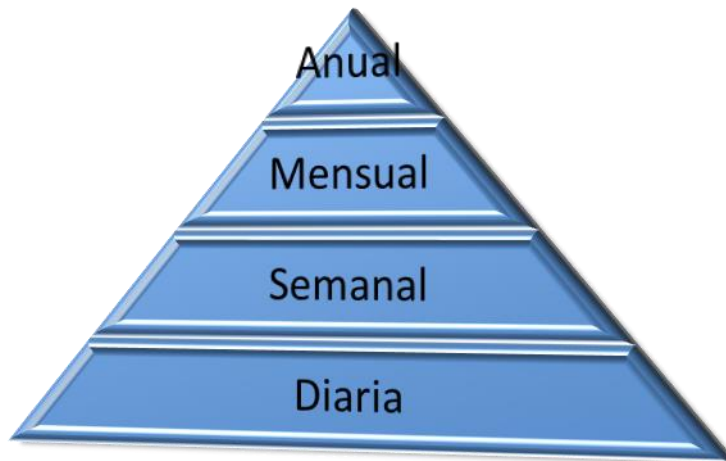
Torabi (2010) menciona que para que exista una coherencia entre las decisiones tomadas en los diferentes niveles de planificación de la producción y poder obtener planes viables y coherentes, las decisiones de nivel superior deben imponer restricciones sobre los niveles inferiores, mientras que estos últimos proporcionan retroalimentación necesaria para revisar las decisiones de alto nivel.

Este enfoque, es uno de los importantes avances en el campo de la planificación y programación de la producción y se le conoce como la planeación jerárquica de la producción.

Según Torabi (2010) en este enfoque, los resultados adoptados en un nivel de decisión más alto son considerados como los insumos del nivel más bajo en la planeación. Dado que las decisiones en cada nivel se hacen con respecto a las salidas del nivel superior, los planes de desarrollo serán más factibles y compatibles, lo que se traducirá en alcanzar los objetivos finales de la empresa.

La planeación jerárquica de la producción divide la planeación de la producción en varios subproblemas en niveles jerárquicos que se acomodan a la estructura de la compañía. Bajo este enfoque las salidas producidas por las decisiones tomadas en un nivel más alto se consideran las entradas del siguiente nivel más bajo en la estructura jerárquica. De esta forma los planes que se desarrollan son más factibles y compatibles con los niveles más altos, lo cual facilita alcanzar los objetivos de la organización. Por esto, la compatibilidad y coherencia entre las actividades de planificación entre los diferentes niveles de la jerarquía de la organización son la principal ventaja del enfoque HPP, según Torabi (2010).

Figura 4. **Planeación jerárquica de la demanda**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

1.7. Planeación agregada (APP –*Aggregate Production Planning*)

La planeación agregada busca determinar de forma óptima el proceso de producción con planificaciones que abarcan períodos cortos entre 3 y 18 meses, es un proceso organizado que trata de determinar la manera óptima de producir, con la fuerza de trabajo adecuada, no utilizando recursos innecesarios y tomando en cuenta las restricciones específicas de cada línea de producción.

Para realizar esta planificación es importante agrupar los productos por familias, buscando colocar en las mismas categorías los productos con características similares y comportamientos similares en el mercado. El fin de esta organización es que al aplicar los métodos de planificación se puedan ver las tendencias generales las cuales servirán para la toma de decisiones gerenciales.

Mediante la planeación agregada se pueden elaborar planes de largo plazo a través de un proceso metódico. Por lo general dentro del plan estratégico se incluye el plan de mantenimiento, el plan de ventas, el plan de producción, los planes de inventarios, la capacidad de planta. Cuando se realiza la planificación se debe tomar en cuenta que existen 2 tipos de planificación, una es la planificación de ventas y otra es la planificación de la operación.

La planificación de ventas debe contemplar un horizonte a un año y dividirse en secciones trimestrales, mensuales, semanales y diarias, este plan es el que sirve como base para hacer el plan de operaciones.

El plan de operaciones debe visualizar el plan de ventas y planificar en función de lo que dicta la demanda, con este plan el departamento de recursos humanos sabe la cantidad de personas que debe de contratar previo al incremento de la demanda o con cuantas personas se debe de contar cuando la demanda baja.

El Departamento de Producción debe programar las líneas de producción que usará para poder cumplir con la demanda, pero esta programación debe hacerse en consenso con el departamento de mantenimiento para programar los mantenimientos preventivos y darle seguimiento a su ejecución.

A través de la previsión también se programa el abastecimiento de materias primas y se diseñan estrategias para el incremento de las ventas en la temporada baja. La planeación agregada también sirve al departamento de ventas debido a que este plan marca las metas de los vendedores y la estrategia de mercado de la empresa debido a que este permite comparar el avance de las ventas en función de la meta y buscar alternativas para alcanzarlas y superarlas.

Figura 5. **Planeación agregada**



Fuente: Gestión táctica de las operaciones. (2012). *Planeación agregada*.

1.8. Programa maestro de producción MPS (*Master Production Schedule*)

El plan maestro de producción consiste en las cantidades y fechas en que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa. Al plan maestro de producción sólo le conciernen los productos y componentes sujetos a demanda externa a la unidad productiva.

Así, son considerados clientes otras empresas que emplean dichos productos como componentes en su propio proceso productivo, otras plantas de la misma empresa, caso de que la gestión de los materiales de ambas empresas sea independiente, y los componentes de los productos que se venden como repuestos.

El programa maestro de producción (MPS) representa lo que la compañía planea producir expresando configuraciones específicas de productos, cantidades y fechas.

Según APICS (2008) el programa maestro de producción no es un elemento de pronóstico de ventas que representa una definición de la demanda. El programa maestro de producción debe tener en cuenta el pronóstico, el plan de producción, y otras consideraciones importantes, como los pedidos de clientes, la disponibilidad de materiales, la disponibilidad de capacidad, y las políticas y objetivos de gestión. Su programación se hace a través de un formato que incluye periodos de tiempo (fechas), los pronósticos de ventas, pedidos de clientes, saldo de inventario disponible proyectado, disponible para promesa, y la cantidad necesaria de cada tipo de producto.

El plan maestro de la producción expresa el plan de producción general. Este se genera en términos de productos finales que pueden ser productos o ensambles de alto nivel a partir de los cuales se construyen varias configuraciones de productos de acuerdo con una programación de ensamble final.

Para Nahmias, (2007) el programa maestro de producción (MPS) especifica las cantidades exactas y los tiempos de producción de cada artículo terminado en un sistema productivo, refiriéndose a artículos no acumulados o agregados.

Según Nahmias, (2007) indica la cantidad de cada artículo que se debe fabricar según las necesidades del mercado para un horizonte de tiempo por lo general en semanas. De esta forma los pronósticos de la demanda futura por artículo son las entradas para determinar el MPS y no los artículos acumulados como sucede con la planeación agregada.

Para Heizer y Render (2009) el MPS debe estar en concordancia con el plan agregado de producción, el cual fija el nivel general de productos a realizar en términos amplios como familias de productos, horas estándar, o cantidad de dinero. El MPS dice que se requiere para satisfacer la demanda y alcanzar a cumplir el plan agregado de producción.

Según Chase (2009) para determinar un programa aceptable y factible que se extienda al taller o planta de producción, se hacen corridas del MPS de prueba a través del MRP. Así, las piezas de pedidos planeados resultantes (programa de producción detallado) se verifican para tener seguridad de que los recursos están disponibles y que los tiempos de terminación son razonables.

El objetivo básico de un MRP es traducir el MPS en requerimientos individuales de los componentes mediante la determinación de los requerimientos brutos y netos de cada componente de un producto final (demanda discreta por período para cada componente de inventario) para generar la información necesaria para una acción correcta de órdenes de inventario. Esta acción conduce a realizar órdenes de compra y órdenes de producción según el caso, lo cual lo convierte también en un sistema de planeación y programación, que a su vez genera salidas que sirven como entradas valiosas para otros sistemas de manufactura y logística tal como sistemas de despacho, de compras, programación de producción, sistemas de planeación de requerimientos de capacidad, entre otros.

Se considera al MRP como un sistema de planeación vertical donde las decisiones sobre las cantidades de producción se deducen de pronósticos de demanda de artículos terminados y es un método lógico y sensible a la programación de los tamaños de lote de la producción.

Para Chih-Ting Du y Wolfe (2000) un MRP es un sistema, es responsable del control de los requisitos del producto para que los materiales se puedan proporcionar en el momento adecuado y en la cantidad correcta, traduciendo el plan de producción en requerimientos detallados de materiales.

Lo interesante del proceso del MRP reside en su capacidad para llevar a cabo la planeación de prioridades a través de una reprogramación de la demanda. Esto reduce el número de lanzamientos de órdenes de compra al prever cuándo va a existir una escasez de materiales, y permite así un aumento en el rendimiento global de producción (Wong y Kleiner, 2001).

Para instalar un sistema MRP hay varios requisitos esenciales. Estos incluyen un pronóstico preciso y realista, una curva de la demanda de unidades continua, un sistema de control de inventario preciso y una lista de materiales precisa. Además, con el fin de calcular y distribuir datos útiles en forma oportuna, se requiere un sistema informático para generar los informes de excepción y reprogramación. Otro aspecto de los requisitos esenciales para un buen sistema MRP es el elemento humano, los empleados deben ser adecuadamente educados, receptivos y comprometidos con el sistema, con el fin de desarrollar plenamente el potencial de la inversión en un sistema.

Como indica Chase (2009) en forma resumida, el fin del MRP es llevar los materiales correctos en el lugar correcto y en el momento correcto.

El MRP hace recomendaciones para liberar las órdenes de reposición de materiales, determina la cantidad de todos los componentes y materiales necesarios para fabricar los productos del MPS y determina la fecha en que los componentes y materiales se requieren. El cálculo de las fechas dentro del MRP se logra a través de la explosión de la lista de materiales, ajustando la cantidad

de inventario a mano o pendiente en órdenes y el desfasamiento de las necesidades netas a través de tiempos de entrega adecuados.

Debido a esto, una especificación de las necesidades de los componentes cada período dentro de un horizonte de planeación es igualmente pronósticos, resultados de procesar los pronósticos de los productos terminados, y esto es lo que se conoce como demanda dependiente (Nahmias, 2007).

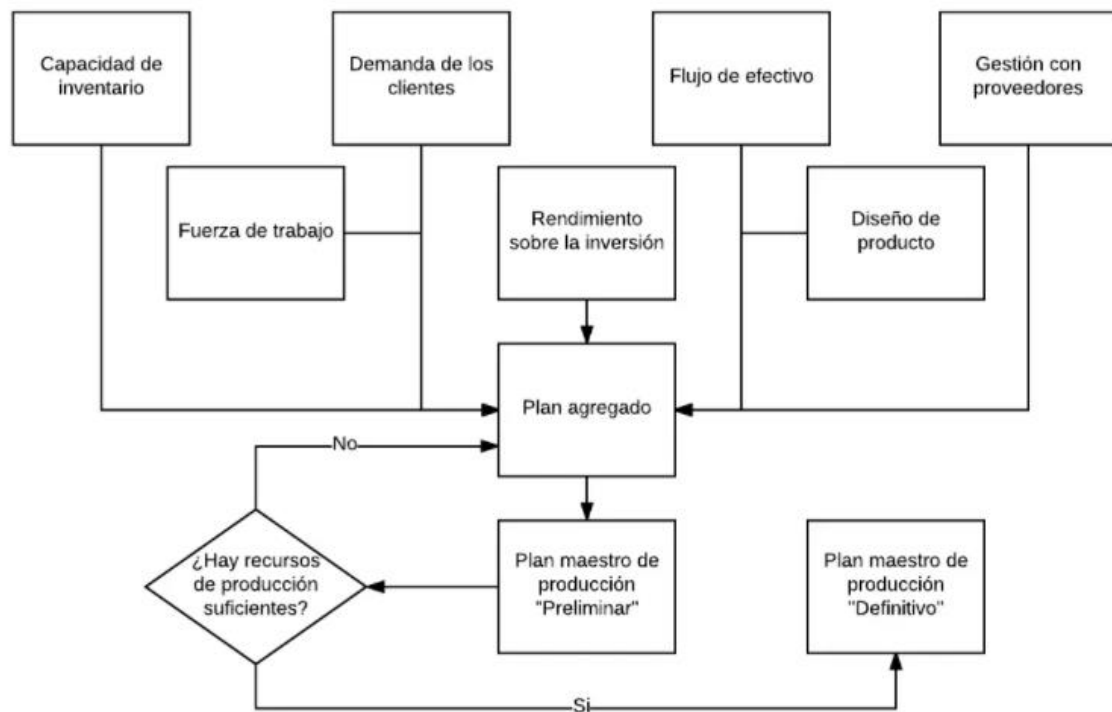
Según Vollman (2005) la planeación detallada de materiales con MRP comienza haciendo un juego con fase de tiempo de requerimientos del plan maestro de producción MPS y produce un juego resultante con fase de requerimiento para componentes y materias primas. Esto requiere como entrada básica una lista de materiales, el estatus del inventario.

Respecto al manejo de inventarios, el sistema MRP busca los mismos objetivos que cualquier sistema de inventarios: mejorar el servicio al cliente, minimizar la inversión en inventario y maximizar la eficiencia operativa de la producción.

Las empresas llevan un archivo de la lista de materiales (BOM) que es simplemente la secuencia de todo lo que conduce al producto final, se puede llamar árbol estructural del producto, diagrama esquemático o diagrama de flujo que muestra el orden de creación del artículo, según Chase (2009). Igualmente, las empresas llevan un archivo de registro inventarios que es una base de datos que contiene las especificaciones de cada artículo, el lugar donde se compra o produce, y cuánto tiempo tarda.

El MRP se extiende hasta el archivo de la explosión de materiales y el registro de inventario para crear una programación del tiempo y el número de unidades necesarias en cada etapa del proceso.

Figura 6. **Proceso para crear un plan maestro**



Fuente: Ingenioempresa (2016). *Planificación de la producción*.

Tabla I. **Plan maestro de producción**

Semanas	Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Inventario inicial	1000							
Unidades pronosticadas	775	775	775	775	700	700	700	700
Pedidos de clientes	836	791	1200	992	803	451	690	866
Inventario final								
MPS								

Fuente: Ingenioempresa (2016). *Planificación de la producción.*

1.9. Explosión de materiales

Según Cajas (2008) la lista de materiales determina lo que lleva cada producto, es una lista estructurada de todos los componentes, ingredientes y materiales necesarios para manufacturar un producto terminado en particular, ensambles, subensambles, así como partes manufacturadas o partes compradas. Actualmente se requiere una sola lista de materiales para toda la empresa. La lista de materiales sufre constantemente cambios conforme se van desarrollando productos nuevos o bien se rediseñan los mismos, para ello actualmente se cuenta con un sistema efectivo de ingeniería de cambio de orden para conservar actualizada la información de la lista o estructura de materiales.

1.10. Planeación de los recursos de manufactura (*MRP II - Manufacturing Resource Planning*)

Es un método para la efectiva planeación de todos los recursos de una compañía de manufactura. Idealmente, se ocupa de la planificación operativa en

términos de unidades, la planificación financiera en dólares, y tiene una capacidad de simulación para responder a preguntas tipo Sí - Qué.

Se compone de una variedad de procesos, unidos entre sí, la planificación empresarial, planificación de la producción (planificación de ventas y operaciones), la programación maestra de la producción, la planificación de necesidades materiales, la planificación de necesidades de capacidad, y los sistemas de apoyo para la ejecución de la capacidad y los materiales. Las salidas que entregan estos sistemas están integradas con los informes financieros, tales como el plan de negocios, informes de compromisos de compra, el presupuesto de gastos de envío, y las proyecciones de inventario en dólares. El MRPII es una consecuencia y extensión directa del MRP de ciclo cerrado.

La planeación de recursos de manufactura es una expansión del MRP que incluye otras partes del sistema productivo, y busca incorporar las demás actividades de la empresa en el proceso de planeación de la producción como las funciones financieras, contables, y de mercadeo. Según Nahmias (2007) el MPS lo considera no como una información de entrada sino como parte del sistema y por lo tanto una variable de decisión, lo que implica que todas las áreas de la empresa deben trabajar juntas para determinar un programa de producción compatible con el plan de negocios y el plan financiero de la empresa.

Una novedad importante que revolucionó al MRPII fue la integración de funciones de toda la empresa. A través de este enfoque global, el MRPII se ha convertido en la apuesta de planeación para la fabricación, comercialización, soporte técnico y financiero, y, como tal, toda la compañía ahora es capaz de generar y utilizar un solo conjunto de datos. Esto le da a la gerencia mayor capacidad de gestión que nunca, y elimina la redundancia y la duplicación de

esfuerzos dentro de las organizaciones, por ejemplo, el área financiera ahora puede utilizar las cifras generadas por el área de la manufactura.

El MRP II es una técnica muy poderosa, que toma en cuenta los recursos adicionales que se requieren aparte de los componentes necesarios para programar máquinas. Estos recursos adicionales incluyen horas de mano de obra, horas de máquinas, cuentas por pagar, etc. Todas estas cantidades se pueden utilizar bajo un formato MRP tal como se utiliza con las unidades de productos. Para el cálculo de estos recursos para cada periodo se parte de un MPS, y estos requerimientos se comparan con la capacidad respectiva para poder hacer programas que realmente funcionarán. (Heizer y Render, 2009, p. 12)

Una de las funciones principales del MRP II es incluir el sistema de compras, e igualmente con un mayor detalle al sistema productivo como la planta del taller, despachos y el control detallado de la programación.

Estos sistemas incorporan el CPR (*Capacity Requirement Planning*), este se encarga de planificar la capacidad real de producción de la empresa.

Por lo tanto, el MRP II es un ciclo cerrado donde el tamaño de lote y los programas de la planta de producción se comparan con las capacidades y se recalculan para poder cumplir con las restricciones de capacidad.

Para Heizer y Render (2009) muchos programas MRP II están atados a los archivos que brinda el MRP o reciben directamente la información del MRP. Compras, programación de la producción, planeación de la capacidad y gestión de almacenes son unos ejemplos de esta integración.

1.11. Planeación de recursos empresariales (ERP - *Enterprise Resource Planning*)

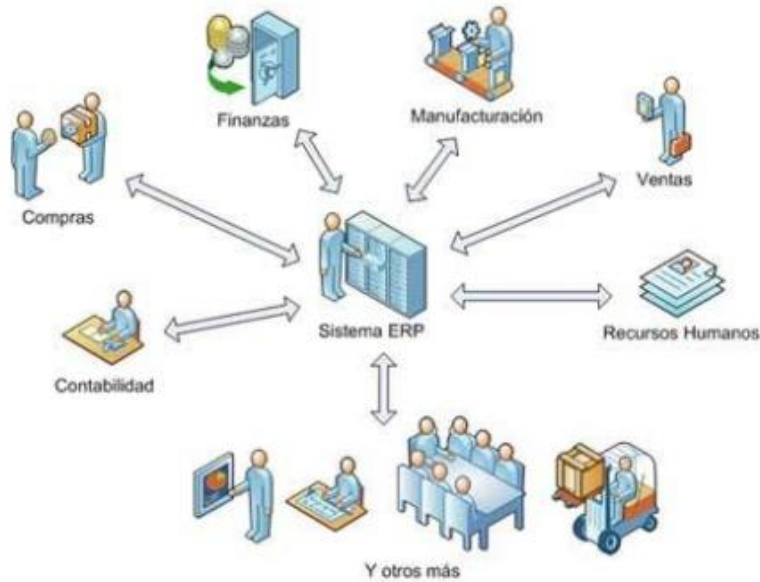
Según Miranda (2005) los avances en sistemas MRPII que incluyen relación con clientes y proveedores llevaron al desarrollo del ERP, Heizer y Render (2009). Un ERP es una aplicación integrada de gestión, de carácter modular, que cubre las necesidades de las distintas áreas de negocio de una empresa, permitiendo la conexión con aplicaciones complementarias, manejando una metodología de control de los proyectos de implantación de producto, controlando los recursos necesarios y garantizando la evolución con las necesidades globales informativa del mercado y últimas tecnologías.

Para Heizer y Render (2009) de esta forma un software de ERP les permite a las empresas automatizar e integrar muchos procesos del negocio, compartir una base de datos común y prácticas del negocio a través de la empresa, producir información en tiempo real.

El objetivo principal de un ERP es coordinar el negocio de toda una empresa, desde la evaluación de los proveedores hasta la facturación de los clientes. Este objetivo lo cumplen y ahora están evolucionando a reunir una variedad de sistemas especializados. Esto se logra utilizando una base de datos central para soportar el flujo de información entre las funciones del negocio.

Las soluciones ERP tratan de llevar a cabo la racionalización y la integración entre procesos operativos y flujos de información dentro de la empresa, con el objetivo de obtener sinergias entre los recursos que forman parte de la misma (Miranda, 2005).

Figura 7. ERP



Fuente: Tumblr (2014). *Planificación de recursos empresariales*.

1.12. Sistemas de inventarios

Para Arenas (2011) la función que cumple un sistema de inventarios de manufactura es la de trasladar el plan de producción a unos requerimientos de materiales y órdenes detalladas para los componentes. El sistema es el que determina artículo por artículo qué es lo que se debe comprar y cuándo, al igual de lo que se debe fabricar y cuándo se debe fabricar. Debido a esto, las salidas de este sistema son las que dirigen las funciones de compras y de fabricación.

El sistema de inventarios de manufactura determina igualmente las prioridades de las órdenes y determina la capacidad de producción requerida

para esto, convirtiéndose así en el corazón de la planeación de la logística de manufactura o logística interna.

Para Orlicky (1975) el propósito del inventario de manufactura es satisfacer los requerimientos de producción. La disponibilidad necesaria de materiales se puede ligar a un plan de producción, por lo cual la demanda puede calcularse o ser predecible. El plan de producción se convierte así en prácticamente la única fuente de demanda. En este caso la incertidumbre existe solo al nivel del MPS.

El inventario en proceso (WIP – *Work In Process*) representa una parte significativa de la inversión en inventarios de una empresa, y el nivel de este es función de los tiempos de entrega o Lead Times. En cualquiera de los casos, se puede decir que es más importante tener las cantidades necesarias en el momento necesario en vez que ordenar las cantidades correctas. Para la manufactura, la regla general es ordenar tanto como sea necesario para poder cubrir los requerimientos que se presentan en un determinado periodo de planeación.

1.13. Cantidad económica para pedir (EOQ)

Para Arenas (2011) el sistema de punto de reorden básicamente informa cuándo se debe realizar un pedido, y se suele combinar con algunas formas del EOQ para determinar el tamaño de la orden de abastecimiento, es decir, cuánto pedir en cada pedido.

Para establecer la cantidad económica del pedido se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = \left(\frac{2 \times D \times C_o}{C_a} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Q= cantidad óptima del pedido

d=D/Días laborables del año

RL= d x L= Punto de reorden.

D= Demanda anual

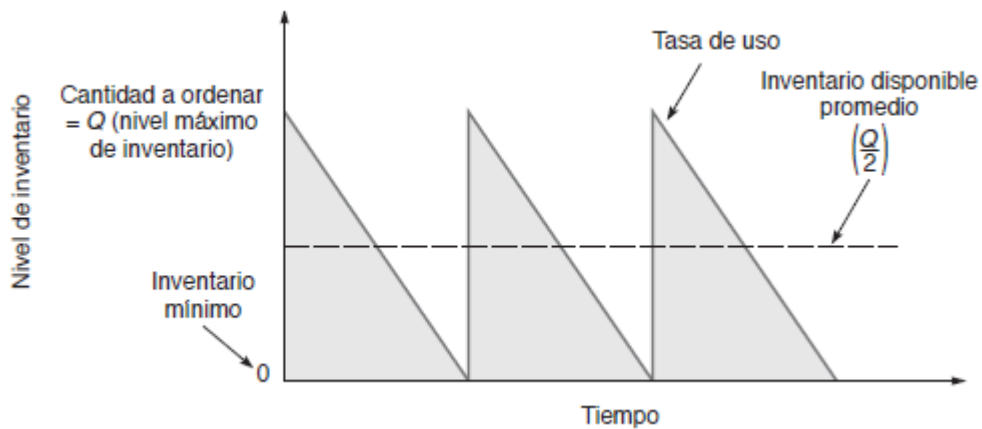
Co=Coste de preparación del pedido

Ca=Costo de almacenamiento

d= Demanda diaria

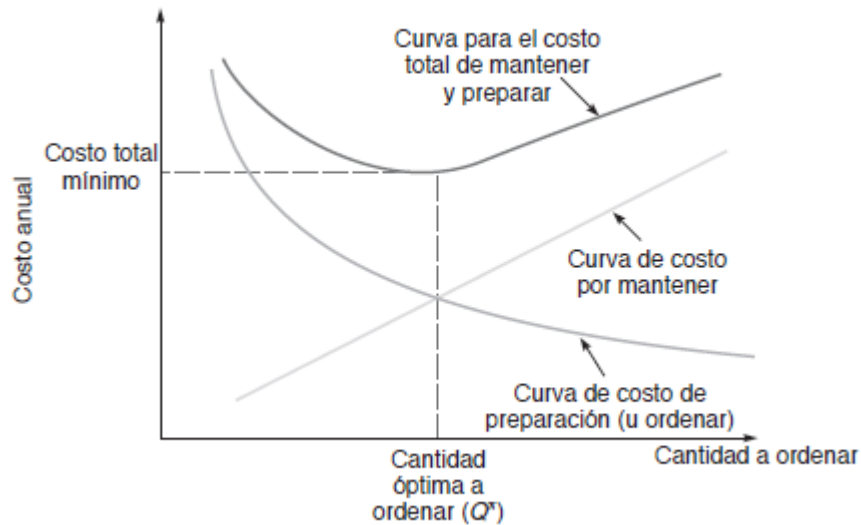
L= Plazo de entrega en días

Figura 8. **Modelo EOQ**



Fuente: Heizer (2004). *Principios de administración de operaciones*.

Figura 9. **Costo total como función a la cantidad a ordenar**



Fuente: Heizer (2004). *Principios de administración de operaciones*.

1.14. Disponibilidad de inventarios

El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de estas. Para el cálculo de las necesidades de materiales que genera la realización del programa maestro de producción se necesitan evaluar las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los materiales y componentes que intervienen, según especifican las listas de materiales. Estas necesidades se comparan con las existencias de dichos elementos en stock, derivando las necesidades netas de cada uno de ellos.

1.15. Tiempo de entrega para cada componente

Al momento de determinar cuándo son necesarios los productos o los materiales, entonces se determina cuándo adquirirlos. El tiempo necesario para adquirir (comprar, producir o montar) un artículo, es conocido comúnmente como *Lead Time*. En un artículo comprado el tiempo de entrega es el tiempo que transcurre desde que un material es encargado, hasta que esté disponible en la planta de producción.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación, se originó debido a que normalmente los vendedores indicaban que los tiempos de entrega de productos en la empresa de agroquímicos eran muy largos debido a que en planta no se tenían las materias primas e insumos necesarios para producir de acuerdo con la demanda de los clientes.

La investigación presentada, consiste en establecer un método de previsión con menor error, con la finalidad de abastecer el producto de acuerdo con la demanda.

Se efectuaron los cálculos con los métodos más conocidos para la previsión de la demanda, así como cálculos de pronósticos con el método promedio, con el método de atenuación simple, con el método *Atenuación Dole-Brown*, con el método de atenuación *doble Holts* y con el método *Winter*. Se compararon los resultados y se midió el error para determinar cuál sería el método adecuado para una empresa de agroquímicos.

Después de seleccionar el método adecuado, se realizó un modelo para el siguiente año, con la finalidad de mejorar y optimizar la cadena de suministros.

Sin embargo, para lograr producir también era necesario conocer todos los tiempos de abastecimiento para cumplir con el plan, por eso se tomaron las distintas bases de datos de los departamentos involucrados en el proceso, siendo estos: el área de compras, los tiempos de transporte, los tiempos de

almacenamiento y los tiempos de liberación por el departamento de control de calidad.

Debido a que la empresa trabaja bajo el régimen 29-89 se tuvo que hacer la revisión de tiempo para materias primas liberadas y materias primas bajo ese régimen debido a que el proceso implica un proceso de liberación.

Después de obtener los tiempos era necesario establecer un método de compras que permitiera el menor costo y a la vez cumplir con la demanda, es por ello por lo que se seleccionó el método de EOQ y así completar una mejora en la administración de la cadena de suministros a través de herramientas de control.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se evaluó cómo mejorar la administración de la cadena de suministros para una planta de agroquímicos, de acuerdo a la elección de un método de pronósticos, identificar los tiempos de la cadena de abastecimiento de materias primas y establecer el nivel de inventarios para realizar los pedidos.

El resultado de la evaluación de procesos permitió identificar la problemática, analizar métodos de pronóstico y proponer una estrategia de mejora. A continuación, se presentan los siguientes resultados, en función de los objetivos de la investigación.

3.1. Objetivo 1: Determinar el método más adecuado para el pronóstico de la demanda de los coadyuvantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas en función del menor valor de MSE

Se realizará un análisis de distintos métodos de pronóstico para determinar cuál es el adecuado para la demanda histórica de esta empresa.

3.1.1. Análisis de datos

Se analizaron dentro de la gama de productos que existen en la planta de agroquímicos, identificando cuatro familias principales los cuales se muestran segmentan en la tabla II la cual muestra las ventas en promedio por familias del año 2010 al 2012, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

Se analizaron cuatro grupos de materiales distintos los cuales tienen diferentes aplicaciones para su uso. Cada uno de ellos tiene diferentes estacionalidades, debido a que sus usos son distintos, estos tienden a consumirse en diferentes épocas del año.

Los productos sujetos a análisis se dividieron en los siguientes grupos o familias con características similares:

- Coadyuvantes
- Fungicidas
- Herbicidas
- Insecticidas

La demanda de estos productos es estacional debido a que depende de las condiciones climáticas.

Tabla II. Comparación de promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las ventas en el 2012

Grupo de productos	Promedio mensual de ventas (L)	Desviación estándar (L)	Coficiente de variación
Coadyuvantes	7,065.60	5,984.85	84.70
Fungicidas	34,332.45	11,878.19	34.60
Herbicidas	260,183.98	106,897.88	41.09
Insecticidas	22,683.38	9,929.60	43.77
Total	324,265.40	113,375.15	34.96

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.2. Seleccionar el método de pronóstico adecuado

Para la selección del método de pronóstico adecuado se realizaron comparaciones entre el método de atenuación simple, atenuación doble Brown, atenuación doble holts y Winter, tomando como criterio de elección del método de pronóstico el promedio de los cuadrados del error de cada artículo durante el período 2010 -2012 para comparar la precisión entre diferentes métodos o criterios de pronóstico y seleccionar aquel con menor MSE.

Tabla III. Selección del método con el menor MSE

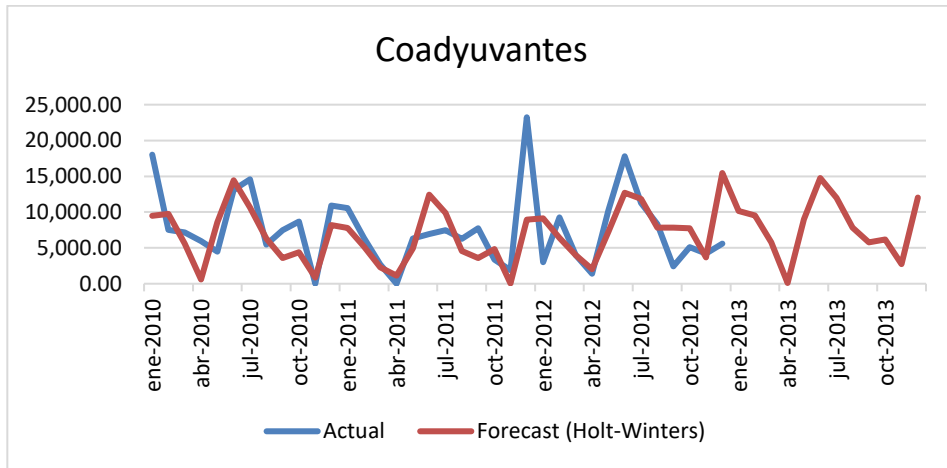
Grupo de productos	Métodos de pronóstico				
	Promedio	Atenuación Simple	Atenuación Dole-Brown-Atenuación	Atenuación doble Holts	Winters
Coadyuvantes	7,066	6,080	6,189	6,028	4,801
Fungicidas	34,332	11,988	11,749	11,697	10,017
Herbicidas	260,184	104,781	116,070	101,518	61,826
Insecticidas	22,683	9,877	10,366	9,796	7,872

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.3. Comparación de la demanda real con el método seleccionado

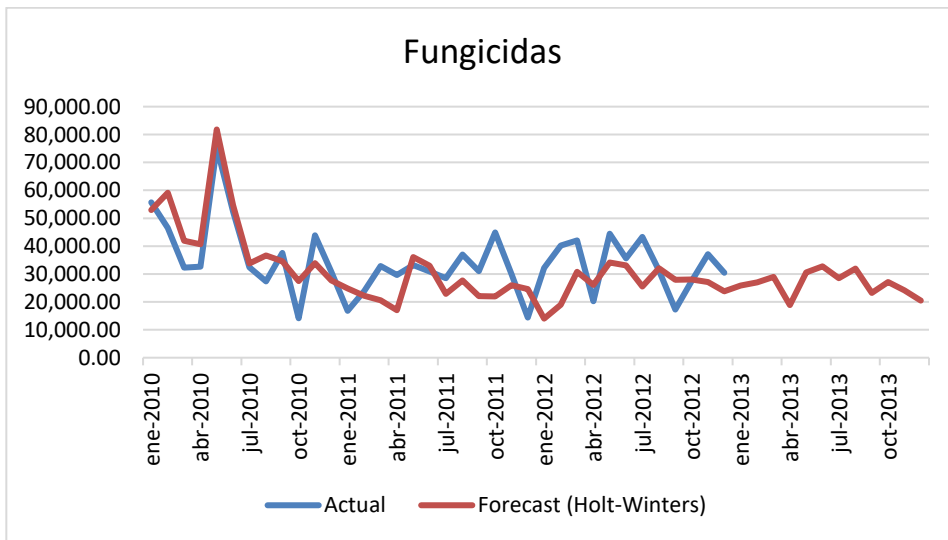
Se realizará un cotejo gráfico con la demanda histórica con la demanda histórica de ventas para demostrar la certeza del método seleccionado.

Figura 10. **Proyección de ventas con el método Winter para la familia de coadyuvantes**



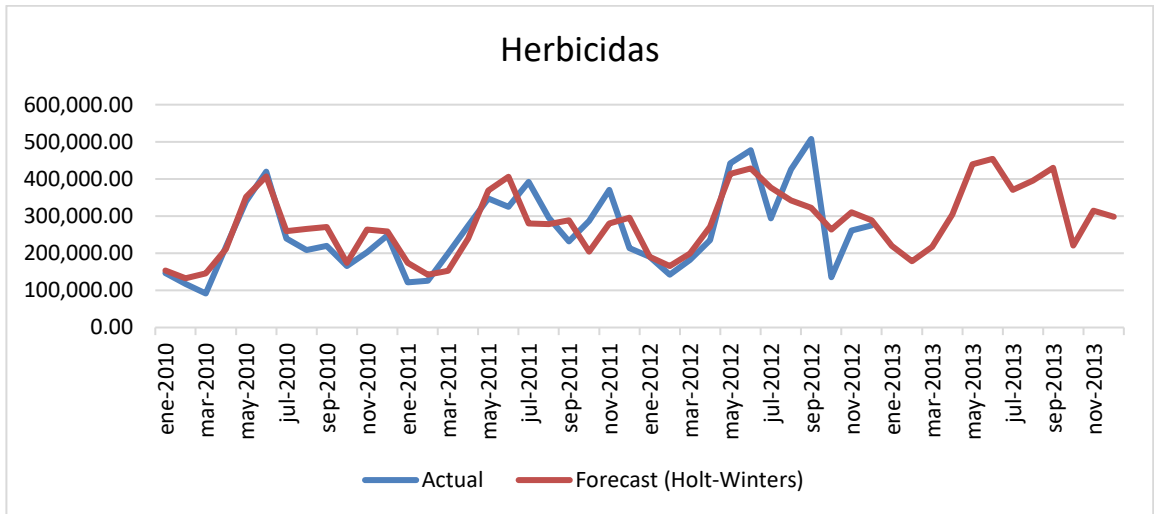
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 11. **Proyección de ventas con el método Winter para la familia de fungicidas**



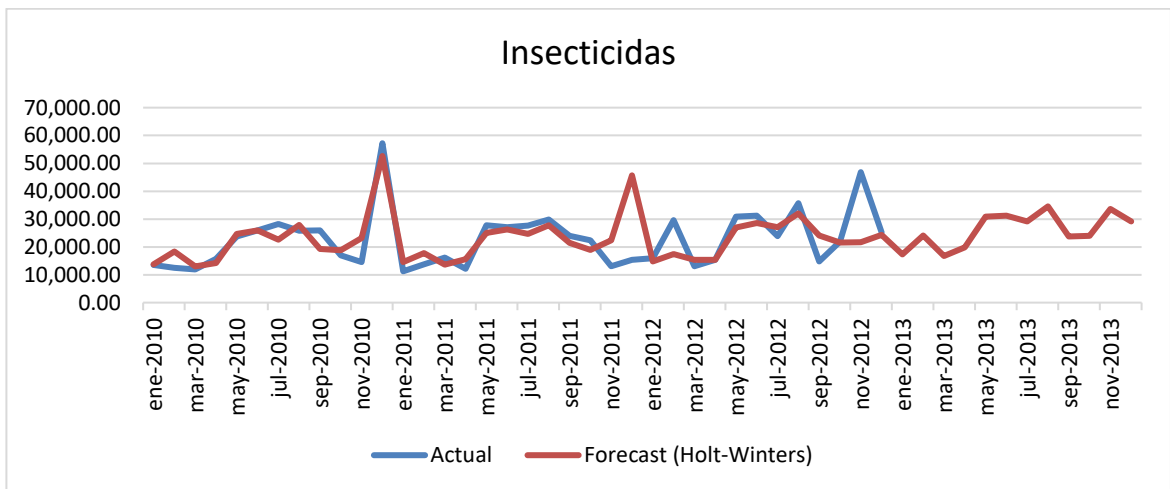
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 12. **Proyección de ventas con el método Winter para la familia de herbicidas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 13. **Proyección de ventas con el método Winter para la familia de productos insecticidas**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El método con el menor error es el *Winter* por lo cual es el método seleccionado para realizar el pronóstico.

3.1.4. Pronósticos del siguiente año con el método seleccionado

En la siguiente tabla se muestra el pronóstico modelado para el año 2013 por el método *Winter*.

Tabla IV. **Proyección año 2013 con método *Winter* de enero a junio**

Grupo de productos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Coadyuvantes	10,158	9,513	5,791	92	8,998	14,759
Fungicidas	25,875	26,975	29,013	18,842	30,558	32.771.20
Herbicidas	219,449	178,687	217,088	304,514	439,525	454,190
Insecticidas	17,297	27,089	16,709	19,872	30,873	31,182

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla V. **Proyección año 2013 método *Winter* de julio a diciembre**

Grupo de productos	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Coadyuvantes	11,966	7,844	5,763	6,169	2734.88	12,040
Fungicidas	28,530	31,854	23,177	27,110	27177.64	20,502
Herbicidas	370,535	395,544	429,937	220,911	314261.36	298,259
Insecticidas	29,172	34,596	23,704	23,975	33673.69	29,181

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla se muestran las proyecciones de ventas de las cuatro familias de productos utilizando el método *Winter*, este método nos proporcionará menor

error para poder anticipar las compras de material de empaque, liberación de materias primas y stock en las bodegas de planta.

3.2. Objetivo 2: Identificar la tendencia en los tiempos de la cadena de suministros para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89. (Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora) y para abastecer materias primas con pago de impuestos.

A continuación, se muestran los tiempos implicados en toda la cadena productiva de agroquímicos desde la importación de materias primas hasta el despacho del producto terminado a los clientes.

Los datos fueron obtenidos de hojas electrónicas de los distintos departamentos implicados, la información se encuentra de forma simplificada con los datos más importantes para el análisis de los tiempos.

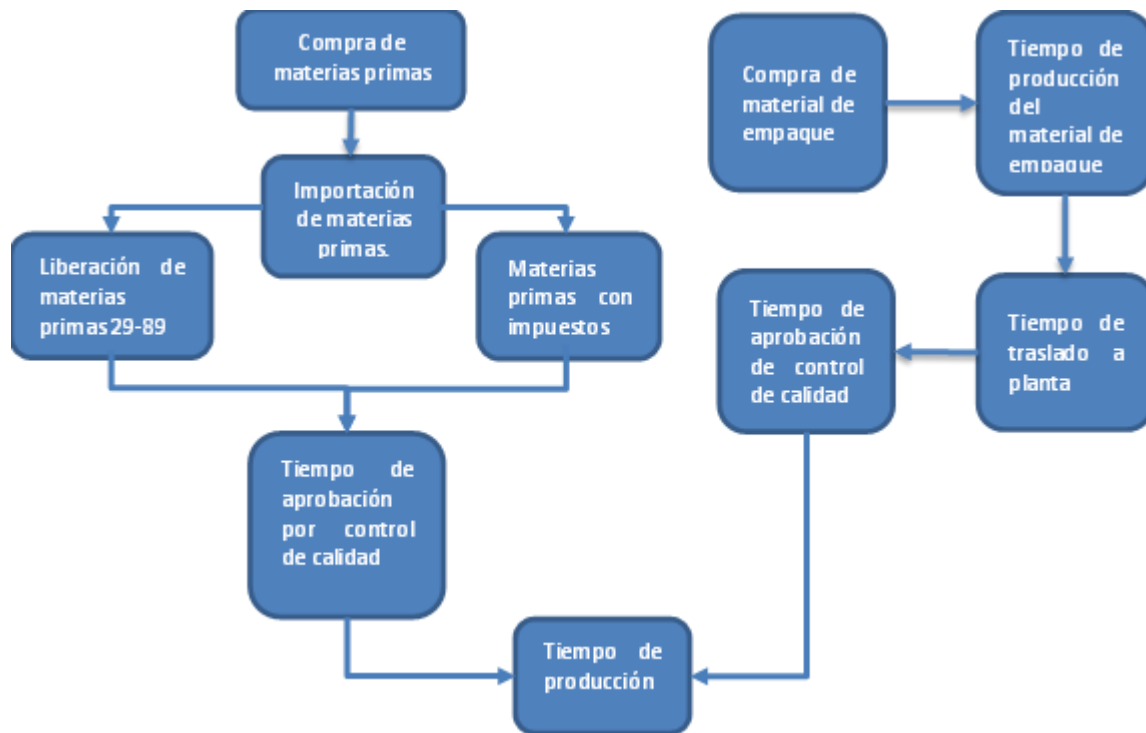
Se identificarán los siguientes tiempos:

- Tiempo de abastecimiento de materias primas
 - Tiempo de compra de materias primas.
 - Tiempos de importación de materias primas.
 - Tiempos de liberación de las materias primas por la SAT.
 - Tiempos de liberación de materias primas por control de calidad.

- Tiempos de abastecimiento de material de empaque
 - Tiempo de emisión de compra de material de empaque.
 - Tiempo de producción de material de empaque.

- Tiempos de abastecimiento de material de empaque.
- Tiempo de aprobación de material de empaque por control de calidad.

Figura 14. **Modelo de abastecimiento de materias primas para producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

3.2.1. **Tiempos de importaciones marítimas de materias primas**

Los tiempos de importación determinarán en cuanto tiempo las materias primas estarán disponibles para su uso en producción y tener una mejor planificación.

- Tiempo de emisión de orden de compra

El tiempo de emisión de orden de compra implica el tiempo desde que se emite la orden de compra al proveedor hasta la fecha de recepción de las facturas originales.

Tabla VI. **Tiempo de emisión de orden de compra**

Orden de compra	Incoterms	Proveedor	Procedencia	Consignatario	Fecha O/C	Fecha de recepción de Factura original	Días
1	CIF Puerto	B	China	Químicos	28-08-12	25-09-12	28
2	CIF Puerto	A	China	Maquila	31-08-12	25-09-12	25
3	CIF Puerto	B	China	Químicos	22-10-12	15-11-12	24
4	CIF Puerto	A	China	Maquila	01-01-12	27-01-12	26
5	CIF Puerto	C	China	Químicos	17-01-12	12-02-12	26
6	CIF Puerto	D	China	Químicos	14-01-12	10-02-12	27
Tiempo promedio							26

Fuente: Planta de agroquímicos (2020). *Documentación*.

Tabla VII. **Tiempo medio para emisión de órdenes de compra**

Tiempo de emisión de órdenes de compra			
N	6	s	1.414214
X	26	T=	2.776
NC	95 %		27.60272
Grados de libertad	4	Media	24.39728

Fuente: Planta de agroquímicos (2020). *Documentación.*

- Orden de compra: es el número de correlativo de la orden de compra.
- Incoterms: contiene el incoterm utilizado para la importación, cada incoterm tiene un significado diferente, en este caso se utiliza CIF el cual significa costo impuesto y flete.
- Proveedor: empresa que está vendiendo la materia prima.
- Procedencia: contiene el país destino de donde se importará la materia prima.
- Consignatario: las materias primas en la planta de producción se pueden hacer para la empresa o para realizar una maquila a otra empresa, la materia prima es la misma pero cada empresa compra sus materias primas.
- Fecha o/c: es la fecha en la que se emitió la orden de compra al proveedor.

- Fecha de recepción de factura original: es la fecha en que el proveedor recibió la factura original.
- Días para realizar la compra: es el tiempo transcurrido para cerrar la negociación a partir de que se emitió la orden de compra.
- Tiempo de traslado del embarque

Tabla VIII. **Tiempos de traslado marítimo**

O/C	Fecha de recepción de Factura original	ETA	Días Transcurridos
1	25-09-19	24-10-19	29
2	15-11-19	17-12-19	32
3	15-11-19	16-12-19	31
4	04-01-19	29-01-19	25
5	12-03-20	15-04-20	34
6	19-02-20	22-03-20	32
Tiempo promedio en días			30.5

Fuente: Planta de agroquímicos (2020). *Documentación.*

Tabla IX. **Tiempo medio en días de traslado marítimo**

Tiempo de traslado marítimo			
N	6	s	3.146427
X	31	T=	2.776
NC	95 %		34.06584
		Media	26.93416
Grados de libertad	4		

Fuente: Planta de agroquímicos (2020). *Documentación.*

- Fecha de recepción de factura original: es la fecha en que el proveedor recibió la factura original.
- Eta: fecha estimada de arribo del buque, es la fecha en la que llegará al puerto destino solicitado por el cliente.

Después de que las materias primas llegan al muelle, estas son trasladadas a las bodegas para su almacenamiento, estas pueden ser almacenadas con impuestos ya pagados o sin impuestos pagados bajo el régimen 29-89.

- Tiempo de liberación de materias primas con pago de impuestos y bajo el régimen 29-89

Debido a que los tiempos para tener la materia prima disponible bajo el régimen 29-89 son distintos al régimen pago de impuestos, es necesario hacer un análisis específico de sus tiempos.

Tabla X. Tiempo de liberación de materias primas 29-89

O/C	Fecha de solicitud de liberación	Detalle instrucción de liberación Planta	Fecha de entrega de documentos a Registros MAGA	Fecha de recepción de permisos SAT	Fecha de entrega de permisos MAGA Y SAT	Días transcurridos
1	10-09-19	Almacén Fiscal	27-09-19	03-10-19	08-10-19	28
2	14-11-19	Almacén Fiscal	19-11-19	28-11-19	03-12-19	19
3	14-11-19	Almacén Fiscal	19-11-19	28-11-19	03-12-19	19
5	01-03-20	Almacén Fiscal	12-03-20	18-03-20	23-03-20	22
6	05-02-20	Almacén Fiscal	20-02-20	26-02-20	02-03-20	26
Días promedio para obtener el permiso						23

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XI. **Tiempos medios de liberación de materias primas 29-89**

Tiempo medio de liberación de materias primas			
N	5	S	4.868265
X	0	T=	2.776
NC	95 %	Media	63.8
Grados de libertad	4		51.8

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Tabla de tiempo de liberación de materias primas con pago de impuestos.

Tabla XII. **Tiempo de liberación de materias primas con pago de impuestos**

O/C	Fecha de solicitud de liberación	Detalle instrucción de liberación de Planta	Fecha de entrega de documentos a Registros MAGA	Fecha de recepción de permisos SAT	Fecha de entrega de permisos MAGA	Días transcurridos
4	24-01-20	Pago Impuestos	28-01-20	29-01-20	03-02-20	10
Días promedio para obtener el permiso						10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- O/C: indica el correlativo de la orden de compra.
- Fecha de solicitud de liberación: indica la fecha en que se solicita la liberación de la materia prima.

- Detalle instrucción de liberación planta: indica si la planta trabajará la materia prima bajo el régimen 29-89 o solicitará la liberación de materias primas. Normalmente las materias primas que se exportarán son las que se trabajarán bajo el régimen 29-89.
- Fecha de entrega de documentos a registros MAGA: fecha en que se entregan los documentos al MAGA para iniciar el trámite de permisos para utilizar las materias primas.
- Fecha de entrega de permisos al SAT: fecha en que el MAGA entrega los permisos para poder utilizar las materias primas.
- Fecha de entrega de permisos de SAT y MAGA: fecha en la cual se puede disponer la materia prima para la producción.
- Días transcurridos: el número de días transcurridos para poder utilizar la materia prima para la producción.

La disponibilidad de materias primas para producción es de 63.84 días con un nivel de confianza de 95 %.

- Aprobación de control de calidad

El proceso que continúa después de la liberación de las materias primas es la aprobación por control de calidad el cual se describe en la tabla que se encuentra a continuación.

Tabla XIII. **Tiempo de liberación de materias primas por control de calidad**

Fecha	Póliza	Resultado	Fecha aprobación	Días aprobación
19-06-13	BB1	aprobado	21-06-13	2
13-08-13	BB2	aprobado	22-08-13	9
14-08-13	BB3	aprobado	22-08-13	8
22-01-13	BB4	aprobado	23-01-13	1
26-01-13	BB5	aprobado	29-01-13	3
07-02-13	BB6	aprobado	12-02-13	5
21-02-13	BB7	aprobado	22-02-13	1
23-02-13	BB8	aprobado	27-02-13	4
11-03-13	BB9	aprobado	12-03-13	1
11-03-13	BB10	aprobado	12-03-13	1
02-05-13	BB11	aprobado	04-05-13	2
02-05-13	BB12	aprobado	04-05-13	2
07-05-13	BB13	aprobado	10-05-13	3
08-05-13	BB14	aprobado	10-05-13	2
08-05-13	BB15	aprobado	10-05-13	2
09-05-13	BB16	aprobado	10-05-13	1
09-05-13	BB17	aprobado	10-05-13	1
10-05-13	BB18	aprobado	14-05-13	4
13-05-13	BB19	aprobado	14-05-13	1
25-05-13	BB24	aprobado	28-05-13	3
17-07-13	BB25	aprobado	25-07-13	8
17-07-13	BB26	aprobado	25-07-13	8
17-07-13	BB27	aprobado	25-07-13	8
19-07-13	BB28	aprobado	25-07-13	6
19-07-13	BB29	aprobado	25-07-13	6
19-07-13	BB30	aprobado	25-07-13	6
19-07-13	BB31	aprobado	25-07-13	6
14-08-13	BB32	aprobado	22-08-13	8
21-01-13	BB33	aprobado	23-01-13	2
21-01-13	BB34	aprobado	23-01-13	2
21-01-13	BB35	aprobado	23-01-13	2

Continuación tabla XIV.

22-01-13	BB36	aprobado	23-01-13	1
24-01-13	BB37	aprobado	29-01-13	5
14-02-13	BB38	aprobado	18-02-13	4
16-03-13	BB39	aprobado	18-03-13	2
05-04-13	BB40	aprobado	10-04-13	5
06-04-13	BB41	aprobado	10-04-13	4
06-04-13	BB42	aprobado	10-04-13	4
06-04-13	BB43	aprobado	10-04-13	4
08-04-13	BB44	aprobado	10-04-13	2
10-04-13	BB47	aprobado	18-04-13	8
11-04-13	BB48	aprobado	18-04-13	7
12-04-13	BB49	aprobado	18-04-13	6
07-05-13	BB50	aprobado	10-05-13	3
08-05-13	BB51	aprobado	10-05-13	2
25-05-13	BB52	aprobado	28-05-13	3
30-05-13	BB54	aprobado	11-06-13	12
03-06-13	BB55	aprobado	11-06-13	8
Promedio				4.125

Fuente: Planta de agroquímicos (2020). *Documentación.*

Tabla XIV. **Tiempo medio de liberación de materias primas por control de calidad**

Tiempo de emisión de órdenes de compra			
N	48	S	2.741525
X	4	Z=	1.96
NC	95 %		4.9
			Media
Grados de libertad	4		3.3

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Fecha: esta fecha es la de ingreso a la planta, cuando el producto ya está descargado de los camiones e ingresado al sistema.
 - Póliza: es el número de póliza con la que ingresa el contenedor a planta, esta se reporta a importaciones para que este departamento pueda realizar las operaciones pertinentes.
 - Resultado: el resultado indica cuál fue el resultado del análisis aplicado en el laboratorio e indica si cumple con los requerimientos de calidad, el producto puede ser aprobado o rechazado.
 - Fecha cc: esta es la fecha en la que el control de calidad indica si el producto fue aprobado o rechazado.
 - Días aprobación: es la resta entre la fecha que ingresa el producto a la planta y la fecha de aprobación de control de calidad.
 - Los días de aprobación de la materia prima por el departamento de control de calidad es de 4.9 días con un 95 % de confianza.
- Tiempo de producción

Previo a tener disponibilidad del producto terminado el producto debe de ingresar a producción para su transformación, este proceso se resume en la tabla que se presenta a continuación.

Tabla XV. **Tiempos de producción**

PROCESO	DÍAS
FORMULACIÓN	1
REENVASE	1
OPERACIÓN	1
TRANSPORTE	2
Σ	5

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Proceso: es la descripción de los principales procesos productivos realizados para la transformación de las materias primas y materiales de empaque en un producto terminado.
- Formulación: es el tiempo necesario para realizar la formulación del granel que se envasará para los clientes.
- Re-envase: es el proceso de envasado del granel, este incluye embalaje, etiquetado, panfletos y llenado del producto.
- Transporte: es el tiempo promedio para trasladar el producto terminado hasta el cliente.

3.2.2. Tabla resumen producto terminado

Esta tabla representa el resumen del tiempo total desde que se hace la compra de la materia prima fuera del país hasta que el producto es terminado.

Tabla XVI. **Tiempo total de ciclo del producto**

Tiempo total	Días para Importación desde emisión de OC hasta el muelle	Días para liberación	Días de aprobación por control de calidad	Días para producir	Tiempo Total en días
29-89	62	64	4	5	135
IMPUESTOS	62	39	4	5	110

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- **Importación:** es el total del tiempo promedio necesario para realizar una importación desde el país de origen hasta el país destino.
- **Liberación:** es el tiempo promedio necesario para liberar las materias primas, y que estas se pueden utilizar para la producción.
- **Aprobación por cc:** es el tiempo promedio que utiliza el departamento de control de calidad para aprobar las materias primas para su uso en producción, este tiempo incluye el ingreso al sistema.
- **Producción:** es el tiempo necesario para realizar una producción utilizando la materia prima ingresada al sistema, este es un tiempo promedio.
- **Total:** es el total del tiempo requerido desde la importación de la materia prima hasta tener un producto terminado. Es la sumatoria de importación, liberación, aprobación y producción.

3.3. Objetivo 3: Establecer el punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 y para las materias primas bajo el régimen pago de impuestos

El punto de reorden para las materias primas servirá para determinar cuándo se debe de pedir y cuál será la cantidad óptima.

Tabla XVII. Datos para el cálculo de la cantidad económica a pedir

Materia Prima	Costo de pedir	Costo de mantener el inventario	Demanda Anual (Toneladas)	Días Laborables del año	Plazo de entrega (días)
29-89	\$ 22,300	10,000	20,000	302	135
Con impuestos	\$ 21,500	10,000	16,000	302	110

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla XVIII. Cantidad económica del pedido y punto de reorden

Materia Prima	Cantidad económica de pedido en Toneladas	demanda diaria (Toneladas)	Punto de reorden (Toneladas)
29-89	299	66	8,916
Con impuestos	262	53	5,817

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la tabla se estableció que las materias primas que se usarán en el régimen 29-89 se deben solicitar al tener un inventario de 8,916TM y se deben solicitar pedidos de 299 TM.

Cuando se usará la materia prima y se le pagarán los impuestos debe solicitarse al tener un inventario de 5,817 TM y pedirse entregas de 262 TM.

3.4. Propuesta: Optimización de la cadena de suministros para cumplir con el tiempo de entrega al cliente en una planta de producción de agroquímicos

La propuesta de optimización cumple con el objetivo general de la investigación, utilizando un método de previsión, estableciendo los tiempos de la cadena de suministros y estableciendo la cantidad económica a pedir y el punto de reorden, obteniendo la materia prima a tiempo para la producción.

Para cumplir con esta optimización se necesita cumplir con los siguientes procedimientos.

3.4.1. Integración la información histórica de ventas para establecer la demanda

El nuevo sistema de planificación de la demanda consiste en conseguir periódicamente los datos reales de las ventas históricas, integrando los datos de los diferentes productos en las familias previamente establecidas y hacer el pronóstico utilizando el software *ForecastX*.

3.4.2. Realizar el pronóstico de ventas a través del método Winter

Cargar la información de los códigos al software *ForecastX* para obtener la demanda de los productos.

3.4.3. Realizar una revisión del pronóstico con los vendedores

Se realiza una revisión del método de pronóstico con los vendedores para corregir las desviaciones en función de negociaciones especiales o tendencias del mercado no contempladas en el pronóstico.

3.4.4. Cargar la información a un MRP

Cargar la información de los pronósticos al MRP junto con las existencias y realizar la planificación de compras tomando en cuenta la cantidad económica a pedir y el punto de reorden.

3.4.5. Generar las órdenes de compra

El Departamento de Compras debe realizar las compras en función de la necesidad generada en el MRP tomando en cuenta la cantidad económica a pedir y el punto de reorden.

3.4.6. Generación de plan de producción

Se debe generar un plan de producción en función de la demanda de los clientes, tomando en cuenta que se tienen las materias primas necesarias para cumplir con la demanda.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se hace un análisis de la validez interna y externa del trabajo de investigación y del análisis de los resultados obtenidos.

- Análisis interno

Los datos utilizados para la realización de los pronósticos se tomaron del histórico real de ventas, se realizaron pruebas con los métodos de pronóstico Promedio, Atenuación Simple, Atenuación *Dole-Brown*, Atenuación *doble Holts*, todos estos métodos se realizaron con el software *Forecast X*, al realizar el pronóstico con el método Winter se puede observar en la gráfica que los pronósticos son muy cercanos a la realidad, también se utilizó un método estadístico para medir el menor error, con esto se demuestra que se seleccionó el mejor método para hacer el pronóstico de la demanda.

Debido a que el método actual de pronóstico es empírico y no se hace medición del MSE, la implementación de un método estadístico permitirá prever con menor error las compras de materias primas, insumos y material de empaque para cubrir con la demanda.

Para obtener los tiempos de la cadena logística se tomaron los datos históricos del departamento de compras, importaciones, y control de calidad, tanto para materias primas con pago de impuestos y sin pago de impuestos, el tiempo se realizó a través de intervalos de confianza en cada una de sus etapas, para cada etapa se estableció un tiempo de la cadena logística con un 95 % de confianza.

Respecto al método de solicitud de pedidos, es un buen inicio de una mejora, sin embargo, existen otros métodos que pueden tomar en cuenta más variables y reducir el riesgo de faltantes de materia prima.

Sin embargo, un modelo básico tiene la ventaja de que es fácil de aplicar y se puede hacer en corto tiempo y sin necesidad de comprar algún software especializado.

Es importante tomar en cuenta que ningún sistema de pronósticos o de optimización de costos es infalible, normalmente lo que se busca al implementar un método o herramienta es mantener bajo control las variables que históricamente han tenido una fuerte influencia en los resultados.

La implementación de un método de pronóstico fue éxito, sin embargo, debido a que el método es estadístico, debe someterse a una evaluación de los vendedores y gerentes de venta para ajustarlo a los planes de venta debido a que ellos analizan cada segmento del mercado frecuentemente y considera variables económicas no incluidas en el modelo implementado.

- Análisis externo

Los resultados obtenidos corresponden a 4 familias de productos en un mercado específico, este puede no ser general para otros países debido principalmente a las leyes específicas de cada país.

Las herramientas utilizadas para evaluar los pronósticos si pueden utilizarse en otras empresas pues son las mismas fórmulas las que determinan cuál es el mejor método.

La mayoría de los métodos de pronóstico funcionan si la mayoría de las variables tienen una fluctuación estable, dentro de un rango determinado y con una fuerte correlación entre sí, pero los factores climáticos afectan fuertemente la demanda de agroquímicos.

Especialmente para los agroquímicos se han registrado cambios importantes debido al Reglamento Técnico Centro Americano.

En la industria de agroquímicos se trabajó en función de los pedidos de ventas, este es el detonante del inicio de la producción, sin embargo, puede ser un problema si la proyección tiene una diferencia muy grande respecto a la demanda real.

Para evitar estas desviaciones se trabajan con modelos estadísticos y se adaptan a los MRPS, a estos se le agrega un consenso de la fuerza de venta en períodos determinados, siendo la mejor práctica las revisiones semanales con una vista hacia los siguientes tres meses.

La experiencia de la fuerza de ventas y las mediciones en el entorno de los clientes pueden ser un parámetro que puede ayudar a tener un mejor pronóstico, pero estos datos se deben de analizar detenidamente descargando las percepciones y las emociones.

Si los pronósticos no son acertados pueden provocar faltantes de productos, pérdidas en ventas, excedentes o faltantes en los inventarios, pago de mano de obra innecesario, mayor inversión en controles, atrasos en los planes de mantenimiento, daños a la materia prima entre otros.

Debido a que uno de los principales datos que requiere el MRP son las proyecciones y las compras se cumplió con el propósito de la investigación, debido a que estos datos permiten alimentar el MRP con datos más certeros o con mayor asertividad proporcionando una mejor confiabilidad.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el método más adecuado para el pronóstico de la demanda es el método Winter dado que presenta un valor de MSE para coadyuvantes de 4,801, fungicidas de 10,017, herbicidas 61,826, insecticidas 7,871 siendo estos los menores valores de MSE respecto los otros métodos evaluados.
2. Se identificó una tendencia en los tiempos en la cadena de suministros y se determinó que el tiempo para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89 es de 135 días y para abastecer la producción de materia prima que se utilizará con pago de impuestos es de 100 días.
3. Se estableció un punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 de 8,916 TM y para las materias primas con pago de impuestos de 5,817 TM, si los pedidos se hacen con estas cantidades se reducirán los costos de almacenamiento y falta de stock para la producción.
4. Se diseñó un sistema que permitió optimizar el abastecimiento de materias primas para la producción, debido a que se estructuró un método de abastecimiento a través del pronóstico adecuado, el establecimiento del tiempo de entrega de los pedidos y estableciendo el punto de reorden para iniciar el proceso de compra.

RECOMENDACIONES

1. Validar cada mes los pronósticos realizados con el personal de ventas para tener un dato con menor error en los pronósticos de ventas.
2. Analizar debido a la cantidad de productos que puede tener la empresa y a la complejidad de generar los cálculos de los métodos de pronósticos, se considera que para futuros pronósticos se utilice un software, esto reduce el error humano. También es importante agregar variables al método, propias de la empresa.
3. Reconocer los tiempos de traslado de materias primas pueden variar en función de la oferta internacional, las nuevas reglas gubernamentales y nuevos requisitos de calidad implementados por la empresa. Es importante actualizar los tiempos de traslado de materias primas por lo menos una vez al año o cuando se detecte un cambio importante en las variables que afectan el tiempo de traslado de materias primas.
4. Estudiar el método EOQ el cual es un método básico para establecer la cantidad a ordenar, al tener un sistema de previsión con mayor madurez se puede implementar un método que tome en cuenta otras variables.
5. Analizar después de la implementación de la mejora en la cadena logística, se deben continuar con la mejora continua buscando reducir los tiempos de entrega, las proyecciones de ventas y las cantidades óptimas a solicitar, evaluando variables como el clima y descuentos por lotes.

REFERENCIAS

1. Arenas, J. (2011). *Modelo de un sistema MRP cerrado integrando incertidumbre en los tiempos de entrega, disponibilidad de la capacidad de fabricación e inventarios* (Tesis de maestría). Universidad nacional de Colombia, Colombia.
2. Carrillo, M. y Buestan, M. (2007). *Compañía para el desarrollo de pronósticos de un producto de consumo masivo* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey, México.
3. Gutiérrez, M. (2009). *Rediseño de procesos del sistema de planificación y control de la producción de la industria de Ingeniería bajo pedido basado en las Tecnologías de la información* (Tesis de doctorado). Universidad politécnica de Madrid, España.
4. Heizer, J. (2001). *Dirección de la producción decisiones estratégicas*. México: Person educación.
5. Hernández, M. (2004). *Diseño de una metodología para la planeación y programación de producción de café tostado y molido en la planta de colcafébogotá* (Tesis de licenciatura). Universidad Javierana, Colombia.
6. Hiller, F. y Lieberman, G. (2002). *Investigación de Operaciones*. México: McGraw-Hill.

7. Huiskonen, J. y Pirttilg, T. (febrero, 1998). Sharpening logistics customer service strategy planning by applying Kano's quality element classification. *International Journal of Production Economics*, 56-57(1), 253-260.
8. Ingenioempresa (16 de enero, 2016). *Planificación de la producción*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.ingenioempresa.com/>.
9. Mathur, K. y Solow, D. (1996). *Investigación de Operaciones*. México: Prentice Hall.
10. Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: Mc Graw Hill.
11. Pazos, J., Suarez, A. y Diaz, R. (2003). *Teoría de Colas y Simulación de Eventos Discretos*. Madrid, España: Pearson-Prentice Hall.
12. Planta de agroquímicos (2020). *Documentación*. Guatemala: Autor.
13. Prudencio, S. y Alejandra, M. (2009). *Designing of a Manufacturing Planning and Control System for a Fast Food Chain*. (Tesis de maestría). Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.
14. Saldarriaga, B., Felipe, A. y Duarte, N. (2004). *Implementación de un modelo MRP en una planta de autopartes en Bogotá, caso sauto Ltda.* (Tesis de licenciatura). Universidad Javeriana, Colombia.

15. Vollman, T., Berry, W., Whybark, C. y Jacobs, F. (2005). *Planeación y control de la producción: administración de la cadena de suministros*. México: Mc Graw Hill.

APENDICE

Apéndice 1. Matriz de Coherencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	CONCLUSIÓN	RECOMENDACIÓN
<p>PROBLEMA PRINCIPAL</p> <p>¿Cómo se puede mejorar la cadena de suministros en una planta de agroquímicos para cumplir con la demanda de los clientes?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Diseñar un sistema para administrar la cadena de suministros que permita cumplir con el tiempo de entrega al cliente en una planta de producción de agroquímicos.</p>	<p>Cuantitativa continua</p> <p>Cualitativa</p>	<p>Tipo de investigación: Básica</p> <p>-Nivel de investigación: Descriptivo Comparativo Causal.</p> <p>-Método Inductivo Deductivo Histórico Comparativo</p> <p>Técnicas de recolección de información Documental</p> <p>Instrumentos Fichas bibliográficas Registros Expedientes Registro anecdótico Registro de casos.</p>	<p>1. Se determinó que el método más adecuado para el pronóstico de la demanda es el método Winter dado que presenta un valor de MSE para coadyuvantes de 4,801, fungicidas de 10,017, herbicidas 61,826, insecticidas 7,871 siendo estos los menores valores de MSE respecto los otros métodos evaluados.</p> <p>2. Se identificó una tendencia en los tiempos en la cadena de suministros y se determinó que el tiempo para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89 es de 124 día y para abastecer a producción de materia prima que se utilizará con pago de impuestos es de 100 días.</p> <p>3. Se estableció un punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 de 8,916 TM y para las materias primas con pago de impuestos de 5,817 TM, si los pedidos</p>	<p>1. Es importante consensuar cada mes los pronósticos realizados con el personal de ventas para tener un dato con menor error en los pronósticos de ventas.</p> <p>2. Debido a la cantidad de productos que puede tener la empresa y a la complejidad de generar los cálculos de los métodos de pronósticos, se considera que para futuros pronósticos se utilice un software, esto reducirá el error humano. También es importante ir agregando variables a método, propias de la empresa.</p> <p>3. Es importante tomar en cuenta que los tiempos de traslado de materias primas pueden variar en función de oferta internacional, las nuevas reglas gubernamentales y nuevos requisitos de calidad implementados por la empresa. Es importante actualizar los tiempos de traslado de materias primas por lo menos una vez al año o</p>
<p>PROBLEMA SECUNDARIO</p> <p>1. ¿Cómo determinar que método de pronósticos es el más adecuado para los agroquímicos?</p> <p>2. ¿Cuáles son los tiempos de la cadena de abastecimiento para materias primas que se usarán bajo el régimen 29-89 y para las materias primas que se usarán con pago de impuestos?</p> <p>3. ¿Qué existencia debe tenerse para iniciar con</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>1. Determinar el método más adecuado para el pronóstico de la demanda de los coadyuvantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas con base al menor valor de MSE que permita menor error de los pronósticos de ventas.</p> <p>2. Identificar la tendencia en los tiempos de la cadena de suministros para abastecer materias primas bajo el régimen 29-89. (Ley de fomento y desarrollo de la actividad exportadora) y</p>				

Continuación apéndice 1.

<p>el proceso de compra?</p>	<p>desarrollo de la actividad (exportadora) y para abastecer materias primas con pago de impuestos.</p>	<p>se hacen con estas cantidades se reducirán los costos de almacenamiento y falta de stock para la producción.</p>	<p>cuando se detecte un cambio importante en las variables que afectan el tiempo de traslado de materias primas.</p>
	<p>3. Establecer el punto de reorden para las materias primas bajo el régimen 29-89 (Ley de fomento y desarrollo de la actividad (exportadora) y para las materias primas bajo el régimen pago de impuestos.</p>	<p>4. Se diseñó un sistema que permitió optimizar el abastecimiento de materias primas para la producción, debido a que se estructuró un método de abastecimiento a través del pronóstico adecuado, el establecimiento del tiempo de entrega de los pedidos y estableciendo del punto de reorden para iniciar el proceso de compra.</p>	<p>4. Se debe de tomar en cuenta que el método EOQ es un método básico para establecer la cantidad a ordenar, al tener un sistema de previsión con mayor madurez se puede implementar un método que tome en cuenta otras variables.</p> <p>5. Después de la implementación de la mejora en la cadena logística, se deben continuar con la mejora continúa buscando reducir los tiempos de entrega, las proyecciones de ventas y las cantidades optimas a pedir evaluando variables como el clima y descuentos por lotes.</p>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

