



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Artes en Gestión Industrial

**MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA
EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA
AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Ing. Jorge Mario Cano Trócoli

Asesorado por el MSc. Ing. Joze Eduardo del Cid Castillo

Guatemala, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA
EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA
AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JORGE MARIO CANO TRÓCOLI

ASESORADO POR EL MSC. ING. JOSE EDUARDO DEL CID CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTE EN GESTIÓN INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdova 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 Vladimir 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 Córdova Estrada
DIRECTOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Kenneth Lubeck Corado Esquivel
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:

**MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA
EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA
AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 17 de octubre de 2020.

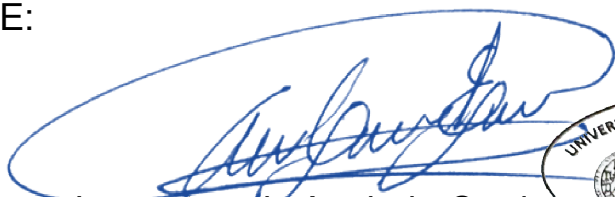
Ing. Jorge Mario Cano Trócoli

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

LNG.DECANATO.OI.427.2022

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: **MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por: **Jorge Mario Cano Trócoli**, 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, junio de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, junio de 2022

LNG.EEP.OI.427.2022

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:

“MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AGROPECUARIA MANTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA”

presentado por **Jorge Mario Cano Trócoli** 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 Cofi
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Guatemala, 10 de enero de 2022

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 **informe final** de graduación titulado: **"INFORME FINAL DE GRADUACIÓN: MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA."**. Del estudiante Jorge Mario Cano Trócoli, 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, 18 de octubre de 2021.

M.A. Ing. Edgar Dario Álvarez Cotí,
Director de Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gestión Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Álvarez:

Por este medio hago de su conocimiento que en mi calidad de asesor he revisado y aprobado el informe final del trabajo de graduación titulado **"MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA PROMOVER LA EFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA AGROPECUARIA MANTTRA, UBICADA EN LA CIUDAD DE GUATEMALA"**, elaborado por el estudiante **Jorge Mario Cano Trócoli** quién se identifica con el número de carné **200220219**.

Agradeciendo su atención y apoyo a la presente, quedó a la orden ante cualquier duda que pueda surgir.

Sin otro particular, me suscribo, atentamente.



MSC. Ing. Químico Jozé Eduardo del Cid Castillo
Colegiado Activo No. 2395

ING. JOZE EDUARDO DEL CID CASTILLO
INGENIERO QUÍMICO
COLEGIADO ACTIVO NO. 2395

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi fuente de sabiduría para el logro de mis metas.

Mi esposa

Por su amor, comprensión y apoyo para el logro de mis metas.

Mi hija

Por ser mi inspiración y motivación para el logro de mis metas.

Mis padres

Por el apoyo incondicional que me han dado para el logro de mis metas.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la academia y <i>alma mater</i> del aprendizaje.
Escuela de Estudios de Postgrado	Por brindarme el conocimiento necesario y la oportunidad de alcanzar esta meta.
Facultad de Ingeniería	Por ser la facultad que propició mi desarrollo académico y profesional.
Empresa Mantra	Por permitirme desarrollar la experiencia necesaria en mi vida profesional.
Ing. Joze del Cid	Por su apoyo incondicional, dedicación y paciencia para concretar esta investigación.
Ing. Fernando Gutiérrez	Por su amistad y apoyo profesional para alcanzar esta meta.
Lic. Eduardo Marroquín	Por su apoyo, paciencia y sabiduría transmitida a lo largo de estos últimos 8 años.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XV
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXXIII
1. MARCO REFERENCIAL	1
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Industria de los fertilizantes	11
2.1.1. Nutrición del suelo	13
2.1.2. Fertilizantes	14
2.1.3. El mercado de los fertilizantes	15
2.1.4. Empresa Mantra	16
2.1.4.1. Historia	16
2.1.4.2. Valores de la empresa.....	18
2.1.4.3. Productos.....	19
2.2. Administración de operaciones y producción	21
2.2.1. Historia de la administración de las operaciones y producción	21
2.2.2. Administración de las operaciones	24

	2.2.2.1.	Estrategias para la mejora de la administración de las operaciones	26
2.2.3.		Administración de la producción.....	28
	2.2.3.1.	Objetivo de la producción	29
	2.2.3.2.	Ciclo de vida del producto	30
	2.2.3.3.	Sistemas de producción	31
	2.2.3.4.	Planeación de la producción	34
	2.2.3.5.	Estrategias para la mejora de la administración de la producción	37
2.3.		Administración de la demanda	39
	2.3.1.	Patrones de la demanda	40
	2.3.2.	Pronóstico de la demanda.....	42
	2.3.3.	Enfoques de pronósticos	43
	2.3.3.1.	Métodos cualitativos.....	44
	2.3.3.2.	Métodos cuantitativos.....	45
	2.3.3.3.	Medición del error de pronóstico	51
	2.3.4.	Determinación del modelo de pronóstico por utilizar	52
	2.3.5.	Estrategias para la mejora de la administración de la demanda.....	53
2.4.		Administración de inventarios.....	54
	2.4.1.	Tipos de inventario	55
	2.4.2.	Costos del inventario	55
	2.4.3.	Análisis ABC.....	57
	2.4.3.1.	Análisis ABC – XYZ.....	59
	2.4.4.	Sistemas de control de inventarios.....	60
	2.4.4.1.	Modelo de control de inventario de período único.....	60

2.4.4.2.	Modelo de control de inventario de cantidad de pedido fija.....	61
2.4.4.3.	Modelo de control de inventario de períodos fijos	62
2.4.5.	Estrategias para la mejora de la administración de inventarios	63
2.4.5.1.	Sistema EOQ.....	63
2.4.5.2.	Sistema POQ.....	64
2.4.5.3.	Sistema lote por lote (LxL)	64
2.4.5.4.	Sistema MRP	65
2.4.5.5.	Sistema JIT	66
2.5.	La cadena de suministro.....	66
2.5.1.	Objetivo de la cadena de suministro.....	69
2.5.2.	Componentes de la cadena de suministro.....	70
2.5.3.	Actividades de la cadena de suministro.....	71
2.5.4.	Estrategias de mejora de la cadena de suministro	72
3.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	75
3.1.	Fase 1: Revisión documental del estado del arte y marco teórico.....	75
3.2.	Fase 2: Descripción de procedimientos existentes y determinación de la muestra de estudio por análisis bajo la metodología ABC / XYZ de las toneladas métricas de producción	75
3.2.1.	Determinación de la muestra.....	76
3.3.	Fase 3: Descripción del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto y su elaboración	78

3.4.	Fase 4: Descripción de la evaluación de los resultados proyectados obtenidos	79
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	81
4.1.	Clasificación de <i>SKU'S</i>	81
4.1.1.	Aplicación de la técnica ABC / XYZ.....	82
4.2.	Nivel de servicio	85
4.3.	Pronóstico de la demanda.....	86
4.3.1.	Formulación de pronósticos de la demanda.....	86
4.3.2.	Selección del modelo de pronóstico de la demanda	92
4.4.	Proyección de indicador OEE.....	102
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	105
5.1.	Análisis de la clasificación de <i>SKU'S</i>	105
5.2.	Análisis de la determinación del nivel de servicio.....	105
5.3.	Análisis de la determinación del modelo de pronóstico de la demanda	107
5.4.	Análisis de la proyección del indicador OEE	108
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES	113
	REFERENCIAS	115
	APÉNDICES.....	123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ciclo de vida del producto	31
2.	Patrones de la demanda	41
3.	Demanda real contra promedio móvil y móvil ponderado	47
4.	Demanda real contra suavizamiento y ajuste de tendencia	49
5.	Demanda real contra proyección de tendencia	50
6.	Uso del análisis ABC	58
7.	Matriz ABC - XYZ	59
8.	Ejemplo de cadena de suministro	71
9.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> AX de enmiendas	88
10.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> AX de fertilizantes	88
11.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> AY de enmiendas	89
12.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> AY de fertilizantes	89
13.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> BX de enmiendas	90
14.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> BX de fertilizantes	90
15.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> BY de enmiendas	91
16.	Series de tiempo para <i>SKU'S</i> BY de fertilizantes	91
17.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> AX de enmiendas	94
18.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> AX de fertilizantes.....	95
19.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> AY de enmiendas	96
20.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> AY de fertilizantes.....	97
21.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> BX de enmiendas	98
22.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> BX fertilizantes.....	99
23.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> BY de enmiendas	100

24.	Modelo propuesto para <i>SKU'S</i> BY de fertilizantes	101
25.	Proyección del indicador OEE	103

TABLAS

I.	Operacionalización de variables	XXVII
II.	Determinación de la muestra por clasificación ABC / XYZ	77
III.	Clasificación ABC / XYZ en unidades de <i>SKU'S</i>	83
IV.	Clasificación ABC / XYZ en % del total de <i>SKU'S</i>	83
V.	Clasificación ABC / XYZ en TM producidas	83
VI.	Determinación del tamaño de muestra	84
VII.	Nivel de servicio por clasificación ABC / XYZ	85
VIII.	Series de tiempo por clasificación ABC / XYZ	87
IX.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> AX de enmiendas.....	94
X.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> AX de fertilizantes	95
XI.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> AY de enmiendas.....	96
XII.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> AY de fertilizantes	97
XIII.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> BX de enmiendas.....	98
XIV.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> BX de fertilizantes	99
XV.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> BY de enmiendas.....	100
XVI.	Medidas de exactitud para <i>SKU'S</i> BY de fertilizantes	101
XVII.	Proyección del indicador OEE	102
XVIII.	Resumen de métodos estadísticos a utilizar.....	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
α	Alfa
S	Azufre
P	Fósforo
a	Intersección con el eje y
kg	Kilogramo
N	Nitrógeno
CaO	Óxido de calcio
MgO	Óxido de magnesio
b	Pendiente de la tasa de regresión
n	Período
K	Potasio
%	Porcentaje
y	Pronóstico
Σ	Sumatoria
Tm	Tonelada métrica

GLOSARIO

CEP	Cantidad económica de pedido.
CFP	Cantidad fija de pedido.
Cíclico	Que ocurre en períodos de tiempo constantes.
Costo	Cantidad monetaria que se da o se paga por algo.
CPM	Método de ruta crítica (<i>Critical path method</i>).
Cualitativo	Que considera únicamente los componentes de algo.
Cuantitativo	Que considera las cantidades de los componentes de algo.
Demanda	Cantidad de bienes o servicios que consumen los consumidores a diferentes precios.
Estacionalidad	Variación de la demanda de bienes o servicios de acuerdo con la temporada o época del año.
Exponencial	Crecimiento que se da con aumentos rápidos y de forma notoria.

Flexibilidad	Capacidad para adaptarse con facilidad a los cambios instantáneos de la demanda.
<i>Forecast accuracy</i>	Precisión de pronóstico.
Inventario	Lista ordenada de bienes y demás cosas valorables que pertenecen a una persona u organización.
JIT	Justo en tiempo (<i>Just in time</i>).
MAD	Desviación media absoluta.
MAPE	Error porcentual absoluto medio.
MRP	Planificación de requerimientos de material.
MSD	Desviación cuadrática media.
PMP	Plan maestro de producción.
Productividad	Medida económica que calcula cuántos bienes o servicios se han producido por cada factor utilizado.
Pronóstico	Proceso de estimación en situaciones de incertidumbre.
Tendencia	Patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período determinado.

Variación

Cambio o alteración que hace que algo sea diferente de su estado original.

RESUMEN

La previsión o *forecasting* como se le conoce en el entorno económico al proceso de pronosticar la demanda, se define como el arte y la ciencia de predecir la demanda futura para un producto, componente o servicio en particular basándose en datos históricos, información promocional y estimaciones de mercado, aplicando diversas técnicas cualitativas y cuantitativas de previsión.

Prever la demanda cada día se ha convertido en un componente fundamental de los sistemas de planeación de toda organización y en definitiva de la economía en general. Los pronósticos de la demanda ejercen una gran influencia en la determinación de factores claves de los procesos, tales como la capacidad instalada de una empresa (equipos, almacenes, plantas), requerimientos financieros (inventario, flujo de caja), estructura organizativa (recurso y capital humano), negociaciones con proveedores y muchos factores más, ejerciendo extensa influencia en cualquier sistema productivo y constituyendo un factor fundamental para el éxito de cualquier organización.

El presente trabajo de investigación busca proporcionar un análisis de los datos históricos de producción de la empresa Mantra con la finalidad de proporcionar un modelo estadístico que permita mejorar y promover la efectividad en la planificación de la producción.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Definición del problema

El proceso de planificación de la producción de planta Mantra se realiza por medio del presupuesto de ventas realizado por el área comercial. Este se encuentra sin base estadística de pronóstico ocasionando quiebre de inventarios en material de empaque, materia prima, ventas perdidas y reclamos por entregas tardías.

- Descripción del problema

La empresa Mantra cuenta con una planta de producción con capacidad para suplir 14,000 toneladas métricas en promedio por mes de fertilizante granulado y enmiendas en polvo en diferentes presentaciones, desde saco de 25, 45.36 y 50 kilogramos hasta empaque de 1000 y 1,500 kilogramos, sin dejar a un lado la presentación granel.

El sistema de gestión de la producción es reactivo, planifica la producción semanal con base en los pedidos que ingresan durante la semana anterior y no se puede aprovisionar una cantidad de producto para inventario debido a que el pronóstico de venta se realiza bajo el criterio del área comercial, el cual desde el año 2014 hasta mayo de 2020 no cumple con las ventas establecidas y no se ha logrado certeza del pronóstico de venta.

Por ser un producto para la agricultura tanto artesanal como tecnificada (que básicamente depende de los ciclos de lluvia de cada país), la tendencia de venta tiene tres ciclos durante el año comprendidos de la siguiente manera: durante los meses de enero a marzo se conocen como temporada baja, abril a agosto como temporada alta y septiembre a diciembre como temporada medía.

Debido a que el pronóstico de venta no tiene una base estadística y no considera los períodos anteriores en cuestión de venta, es sumamente incierto. Esto impide un manejo adecuado de la producción durante los meses de temporada baja y media, así como un manejo inadecuado de las compras de material de empaque y materias primas de importación, colocando a la empresa en una situación en la temporada alta donde se ve en la necesidad de incrementar los costos variables en tema de mano de obra, así como reclamos con los clientes por entregas tardías, y en algunos casos, ventas perdidas.

Por lo tanto, se propuso realizar un estudio de análisis de la demanda con base en los datos históricos de producción, con la finalidad de determinar un método estadístico con el menor error posible que permita proyectar la compra de materias primas de importación, material de empaque y los productos que puedan almacenarse durante la temporada baja para suplir así las ventas de la temporada alta y evitar el quiebre de inventarios, reclamos de clientes y ventas perdidas.

- Formulación de preguntas

Para el enfoque y desarrollo de esta investigación se desarrolló una pregunta central y cuatro preguntas auxiliares.

- Pregunta principal

¿Qué modelo estadístico de pronóstico de la demanda es aplicable a la empresa Manttra para promover la efectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cuáles son los productos y presentaciones que representan el 80 % de las ventas de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de venta por período?
- ¿Qué nivel de servicio debe utilizarse para cada producto y presentación con base en la clasificación estadística que se realice en función de la variación promedio de las ventas?
- ¿Qué beneficios aporta un buen modelo estadístico de pronóstico en el manejo de inventario de material de empaque y materia prima, el manejo del plan de producción semanal y el estado de flujo de efectivo para el abastecimiento correcto de inventario de producto terminado?
- ¿Qué beneficios aporta un buen modelo estadístico de pronóstico en la mejora de los resultados semanales medidos a través del OEE del proceso productivo?

- Delimitación del problema

La investigación se realizó en la planta de producción de la empresa Manttra ubicada en el kilómetro 21 ruta al Atlántico del municipio de Palencia de la ciudad de Guatemala, con el análisis de los datos de producción de los productos que tienen menor variación estadística en su promedio de producción trimestral para los períodos comprendidos de enero del 2017 al mes de diciembre del año 2020 y dedicando los meses de enero a junio del año 2021 para el modelado del pronóstico de la demanda adecuado.

- Viabilidad

El gerente de operaciones de la empresa Manttra deseó encontrar respuestas al problema de pronosticar la demanda de las ventas para generar un buen plan de trabajo para el año 2021 que permita generar un impacto positivo y trascendental en las operaciones de la empresa.

Por esta razón, se obtuvo la autorización para utilizar las instalaciones de la planta de producción, el contacto con el personal involucrado en el proceso de logística y la información de producción, compras, evaluación de proveedores, y tiempos de entrega de los proveedores comprendidos del año 2017 al 2020, que permitieron realizar y respaldar la objetividad de la investigación y proponer el mejor modelo de pronóstico de la demanda.

Por esta razón, se afirmó que es viable llevar a cabo este trabajo de investigación.

- Consecuencias de la investigación

Las consecuencias de realizar la investigación recayeron tanto en el Departamento de Producción, el área comercial y la parte financiera de la empresa. Por esta razón, se explicará cómo afectó a cada una de las partes involucradas.

En cuanto al Departamento de Producción, la empresa se benefició en la planificación de producción durante las temporadas baja y media de tal manera que permitió inventariar productos de alta rotación para suplir un porcentaje alto de las ventas de la temporada alta y mantener la ocupación de la planta de producción a su mayor capacidad durante todo el año reduciendo tiempos muertos por falta de producción en los meses bajos y medios, evitando así incrementar el tiempo de operación de la temporada alta.

Para el área comercial, la empresa se benefició aumentando su cumplimiento en cuanto al manejo de los pedidos de los clientes, disminuyendo su tiempo de entrega y cumpliendo con sus requerimientos en el menor tiempo posible, suponiendo un beneficio en la disponibilidad de producto que permitió encaminar sus ventas hacia el pronóstico estadístico y no hacia el criterio personal del equipo de ventas.

Para el área financiera, el beneficio radicó en que se podrá controlar mejor el estado de flujo de efectivo en función de una ocupación estable de producción semanal en la planta de la empresa y proyectar de mejor manera las compras de material de empaque y materia prima durante períodos más largos y evitar la toma de decisiones por reacción más que por planificación.

Por otro lado, en caso la investigación no se hubiera podido ejecutar, el área comercial de la empresa seguiría teniendo problemas en cuanto al cumplimiento con los clientes, ventas perdidas y quiebre de inventarios de materia prima y material de empaque que suceden por un mal pronóstico de la demanda. El Departamento de Producción, seguiría teniendo tiempos muertos por falta de producción en las temporadas baja y media, y para el área financiera, el flujo de efectivo seguiría viéndose afectado por los incrementos de los costos en mano de obra variable y posible incremento en los costos fijos de mano de obra por la necesidad de contratar personal para operación a 24 horas.

OBJETIVOS

General

Establecer el modelo estadístico de pronóstico de la demanda aplicable a la empresa Mantra para promover la efectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial.

Específicos

- Delimitar los productos y presentaciones que representan el 80 % de la producción de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de producción por período.
- Determinar el nivel de servicio que debe utilizarse para cada producto y presentación con base en la clasificación estadística que se realice en función de la variación promedio de la producción.
- Estimar los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda en el manejo de inventario de material de empaque y materia prima, el manejo del plan de producción semanal y el estado de flujo de efectivo en el abastecimiento correcto de inventario de producto terminado.
- Evaluar los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda en los resultados semanales de la empresa medidos a través del indicador OEE.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

La investigación realizada se enmarca en un estudio con un enfoque mixto cualitativo-cuantitativo, de diseño no experimental con un alcance del tipo descriptivo.

- Enfoque de la investigación

La investigación se realizó con un enfoque mixto por las razones explicadas a continuación.

La parte cualitativa se reflejó en la descripción de los datos no numéricos obtenidos de la observación indirecta de los procedimientos de planificación de la producción, solicitud y compra de las materias primas y material de empaque que permitieron establecer un juicio concluyente de las causas que provocan la ineffectividad del proceso de planificación de la producción existente.

Por otro lado, la parte cuantitativa de la investigación se respaldó por el análisis estadístico de los promedios, coeficientes de variación y tendencia de los datos numéricos obtenidos de la observación indirecta de la producción en toneladas métricas por trimestre que permitieron establecer los modelos de pronóstico de la demanda para promover la efectividad del proceso de planificación de la producción existente y que proyecten mejores resultados para el indicadores de control de la empresa (OEE).

- Diseño de la investigación

La investigación se realizó en base a un diseño no experimental, debido a que no existió un control de las variables a estudiar. Es decir, que no se realizó manipulación explícita y directa con el fin de analizar las consecuencias en los resultados. Todos los aspectos propuestos en la investigación se analizaron y mostraron tal y cómo ocurren, sin recurrir a ensayos que condicionen los resultados específicos obtenidos del análisis estadístico de la producción en toneladas métricas por trimestre y sus resultados del manejo de promedios, coeficiente de variación y tendencia.

Adicionalmente, la investigación tuvo un diseño de tipo transversal ya que los datos se obtuvieron en una única toma al inicio de la investigación realizando posteriormente en otras fases de investigación el análisis, estudio estadístico y evaluaciones pertinentes que den respuesta a las interrogantes planteadas en la investigación.

- Tipo de estudio

La investigación tuvo un alcance del tipo explicativo, debido a que se plasma de una manera simple y fidedigna las situaciones estudiadas, mediante el análisis de la información documental y numérica de los procesos de planificación de la producción y solicitud y compra de materia prima y material de empaque que realiza la empresa, determinando y expresando las consecuencias de los resultados que se obtuvieron de la observación indirecta y del análisis estadístico de los datos numéricos de la producción por trimestre; explicando los hallazgos encontrados de las posibles causas de la ineffectividad del proceso de planificación de la producción existente.

- Variables e indicadores

Las variables e indicadores que se analizaron en la investigación son los siguientes:

- Toneladas métricas de producción: consistió en la información histórica de la empresa de las toneladas métricas producidas en un período determinado por producto y presentación.
- Porcentaje de producción: se definió como la fracción porcentual que representa la producción total de un único producto y presentación en función del total de producción de todos los productos y presentaciones.
- Porcentaje de producción acumulada: consistió en la suma consecutiva del porcentaje de producción de cada producto y presentación ordenados de mayor a menor.
- Promedio simple: consistió en el valor medio de las toneladas métricas de producción por trimestre de un único producto y presentación, se calculó dividiendo la suma total de los datos entre el número de datos totales.
- Desviación estándar: medición de la dispersión de las toneladas métricas de producción por trimestre de un único producto y presentación, se calculó extrayendo la raíz cuadrada de los cuadrados de la diferencia entre cada medición y el promedio simple dividido entre el número de datos de la medición.

- Coeficiente de variación: representación porcentual de la desviación estándar en función del promedio simple de las toneladas métricas de producción por trimestre de un único producto y presentación, se calculó dividiendo la desviación estándar entre el promedio simple multiplicado por cien.
- Nivel de servicio: probabilidad esperada de no llegar a la falta de inventario de un único producto y presentación de las toneladas métricas de producción, su determinación se requiere para calcular los inventarios de seguridad.
- Punto de reorden: nivel de inventario de una materia prima, material de empaque y producto terminado por presentación, que indica que es necesario realizar una orden de reabastecimiento, considerando los tiempos de entrega, tiempos de producción y las existencias de seguridad.
- Costos de inventario: todos aquellos que están relacionados con el almacenamiento, aprovisionamiento y mantenimiento de inventario de materia prima, material de empaque y producto terminado por presentación en un período de tiempo determinado.
- Inventario de seguridad: cantidad de inventario de materia prima, material de empaque y producto terminado extra que se debe tener en almacén para cubrir posibles imprevistos y cambios repentinos en la demanda.

- Indicador OEE: es un indicador que se utiliza para medir el aprovechamiento integral del conjunto de máquinas industriales involucradas en el proceso productivo.

A continuación, se presenta un resumen de las principales variables, tipos, indicadores e instrumentos a utilizar durante el desarrollo de la investigación, cada uno relacionados con los objetivos planteados para la investigación:

Tabla I. **Operacionalización de variables**

Objetivo	Nombre de variable	Tipo de variable	Indicador	Instrumento
Delimitar los productos y presentaciones que representan el 80 % de la producción de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de producción por período	Producción real durante los años 2017 a 2020	Cuantitativa continua	Porcentaje de producción Porcentaje de producción acumulada Promedio simple, desviación estándar y coeficiente de variación de la producción por producto y presentación	Análisis estadístico de la información diagrama de Pareto
Determinar el nivel de servicio que debe utilizarse para cada producto y presentación con base en la clasificación estadística que se realice en función de la variación promedio de la producción	Nivel de servicio	Cuantitativa continua	Probabilidad de nivel de servicio para cada producto y presentación	Análisis estadístico de la información Distribución normal estándar

Continuación tabla I.

Objetivo	Nombre de variable	Tipo de variable	Indicador	Instrumento
Estimar los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda en el manejo de inventario de material de empaque y materia prima, el manejo del plan de producción semanal y el estado de flujo de efectivo en el abastecimiento correcto de inventario de producto terminado.	Beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda.	Cuantitativa continua	Punto de reorden de inventario Costo de inventario Inventario de seguridad Éxito de compra	Análisis estadístico de la información
Evaluar los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda en los resultados semanales de la empresa medidos a través del indicador OEE.	Beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda	Cuantitativa continua	Porcentaje de variación proyectada de: Indicador OEE	Análisis estadístico de la información.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

- Técnicas de análisis de la información

Con la finalidad de cumplir cada objetivo planteado, correspondientes a cada fase distinta del desarrollo de la investigación, fue necesario auxiliarse de varias técnicas y herramientas para analizar la información recolectada de manera adecuada para generar las conclusiones necesarias que reflejen los logros de la elaboración del estudio.

La primera fase se auxilió de la observación indirecta para la recopilación de toda la información documental necesaria de los temas relacionados para la realización de la propuesta; la cual se ordenó por categorización de acuerdo con su contenido para posteriormente elaborar resúmenes y síntesis en el marco teórico y antecedentes del estudio de la bibliografía seleccionada y fuentes existentes. Estas fuentes y bibliografías seleccionadas fueron libros de texto, blogs, revistas y tesis de postgrado.

La segunda fase se realizó en dos etapas. Para la primer etapa se utilizó la observación indirecta y la revisión documental de los manuales de calidad y de procedimientos de la empresa sujeta a estudio con la finalidad de comprender claramente el flujo en el que son realizadas las actividades de planificación de la producción, solicitud y compra de materias primas, material de empaque y control de inventarios, con el objetivo de determinar las causas de la ineffectividad del proceso de la planificación y por medio de técnicas cualitativas específicamente el análisis de contenido la información se analizó y presentó en tablas comparativas utilizando el software informático Minitab 18 y Microsoft Excel.

La segunda etapa se llevó a cabo utilizando la información estadística relacionada con la producción en toneladas métricas por producto y presentación trimestral durante los últimos cuatro años previo al inicio de la investigación con la finalidad de realizar la clasificación ABC / XYZ de los mismos dando como resultado la muestra que se utilizó para el desarrollo de la investigación.

Esta información se presentó en forma tabular utilizando una técnica cuantitativa por medio de la estadística descriptiva para obtener la media aritmética, desviación estándar, coeficiente de variación, porcentaje de la producción y porcentaje de la producción acumulado, para finalmente presentar

la información en tablas de resumen elaboradas con el software informativo Microsoft Excel.

Para la tercera fase se utilizó una técnica cuantitativa por medio de la estadística descriptiva para determinar media aritmética, desviación estándar, varianza y coeficiente de correlación para posteriormente aplicar la teoría y formas de cálculo de los modelos de pronóstico de series de tiempo; entre ellos, promedios móviles, suavizado exponencial y proyecciones de tendencia. Adicional a ello se aplicaron las técnicas de determinación del error de pronóstico y nivel de servicio que permitieron realizar una propuesta de los modelos de pronóstico y nivel de servicio adecuados para cada producto y presentación analizados según la muestra determinada para eliminar la ineffectividad en el proceso de planificación de la producción.

La información final se presentó de forma tabular y con gráficas de líneas utilizando el software informático Microsoft Excel y Minitab 18 que presentan la demanda real y la demanda pronosticada y su tendencia durante el tiempo.

En la cuarta fase y última de la investigación propuesta se utilizó una técnica cuantitativa por medio de la descripción de variables para calcular la tasa de variación del indicador OEE de la situación existente comparada por medio de gráficos de líneas y barras con los resultados proyectados de la simulación que se realizará del proceso de planificación de la producción con base a la aplicación de los adecuados modelos de pronóstico de la demanda determinados en la fase anterior.

Por último, se utilizaron las técnicas cualitativas de análisis de datos para describir los beneficios que podrían obtenerse de la aplicación de la propuesta en los procesos de manejo de recurso humano, ocupación de producción y el

impacto en el flujo de efectivo resultante de la mejora en el proceso de planificación de la producción, utilizando el análisis de contenido y cuadros comparativos de la situación existente y la situación proyectada luego de realizada la simulación en el indicador OEE.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una sistematización derivada de la necesidad de promover la efectividad del proceso de planificación de la producción de la empresa Mantra.

En el interior de las organizaciones, es necesario el control y análisis de la información para la toma de decisiones que involucren bienes económicos; sin embargo, cuando se trata de la información para el análisis de clientes, el control se reduce a un pequeño grupo de personas que conforman los departamentos de ventas o áreas comerciales de las empresas. Este problema se repite en la mayoría de las empresas de la industria guatemalteca afectando directamente la cadena de suministro, la planeación de la demanda, y el nivel de servicio que pueda proporcionarle al cliente.

Para ello, es importante utilizar los diferentes modelos estadísticos que existen con el fin de disminuir las grandes variaciones en la demanda y gestionar de una manera eficaz los inventarios, los recursos humanos involucrados en los procesos operativos y principalmente el flujo de efectivo de la empresa.

En el presente trabajo de investigación se planteó la problemática de la empresa Mantra dedicada a la producción de fertilizantes granulados y enmiendas agrícolas en polvo en la ciudad de Guatemala, la cual carece de un modelo estadístico de pronóstico de la demanda que le permita promover la efectividad en la planificación de producción para eliminar los posibles quiebres de inventario, elevación de costos de mano de obra indirecta, ventas perdidas y posibles reclamos por parte de los clientes por entregas tardías.

El método propuesto para resolver la problemática planteada consistió en el análisis de la información de las toneladas métricas de producción de la empresa clasificando los productos y presentaciones que representen el 80 % de las ventas y determinando el modelo estadístico de pronóstico de la demanda que tenga el menor error estadístico permitiendo promover la efectividad en el proceso de planificación de la producción.

La necesidad de haber realizado esta investigación radicó en mejorar el proceso de planificación de la producción que tiene la empresa, la cual genera una planificación reactiva ocupando la planta de producción en función de los pedidos confirmados de los clientes y no basándose en un pronóstico correcto de la demanda, evitando los problemas planteados.

La importancia de haber establecido un pronóstico correcto que disminuya la variabilidad en la demanda impactó directamente en la satisfacción de los clientes, y permitió optimizar la manera en que son asignados los recursos involucrados en el proceso productivo, para mantener los inventarios que permitan garantizar el suficiente abasto para cubrir sus necesidades.

Se consideró que el trabajo de investigación es viable debido a que el coordinador de operaciones deseo conocer el modelo estadístico que puede ser aplicable para el pronóstico de la demanda de los productos y presentaciones de la empresa, mejorando el proceso de planificación de la producción. Se tuvo acceso a toda la información necesaria para el desarrollo del trabajo de investigación, y se contó con los recursos humanos y materiales para proponer una solución a la problemática planteada.

El resultado que se obtuvo es un modelo estadístico de pronóstico de la demanda con el menor error estadístico posible, el cual permitió mejorar el

proceso de planificación de la producción optimizando los resultados mensuales del indicador OEE de la empresa y así mismo el aumento del nivel de satisfacción del cliente.

Por lo que los beneficiarios del trabajo de investigación fueron principalmente los Departamentos de Producción, el área comercial y el Departamento Financiero de la empresa. Como resultado obtuvieron una herramienta estadística que les permitió planificar la producción enfocando sus recursos económicos, financieros, tecnológicos y humanos hacia los productos y presentación de alta rotación durante el año, incrementando los resultados de los indicadores de gestión de la empresa y finalmente incrementando el nivel de servicio hacia los clientes mejorando los tiempos de entrega de sus pedidos.

Las fases realizadas para el trabajo de investigación fueron cuatro. Primero se realizó la revisión de los recursos bibliográficos que enriquecieron el desarrollo de la investigación; seguido del análisis de la información de las toneladas métricas producidas por trimestre para clasificar los productos y presentaciones de la empresa representativos en función de las ventas y menor variación estadística. Posteriormente se realizó la evaluación del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto y finalmente la evaluación de los resultados proyectados con la medición anterior para determinar la efectividad de la propuesta realizada.

La investigación consistió en cinco capítulos para facilitar la comprensión de la propuesta de solución de la problemática planteada. En el primer capítulo se desarrolló la investigación de estudios previos relacionados con los temas propuestos. En el segundo capítulo se revisó la teoría que permite sustentar y enriquecer los capítulos posteriores. En el tercer capítulo se presentaron las fases que fueron desarrolladas para satisfacer la investigación propuesta para

posteriormente en el cuarto capítulo presentar los resultados obtenidos del análisis de los datos de las toneladas métricas producidas durante los períodos 2017 a 2020 para identificar los productos y presentaciones de la empresa más representativos, el nivel de servicio necesario para evitar el quiebre de inventarios de materia prima y producto terminado y la evaluación de los modelos estadísticos de pronóstico de series de tiempo. Por último, en el capítulo quinto, se presenta la discusión de los resultados obtenidos para satisfacer el estudio propuesto.

1. MARCO REFERENCIAL

Predecir o pronosticar la demanda de productos y servicios implica realizar estimaciones futuras de lo que sucederá con los requerimientos de los clientes utilizando los datos de ventas o producción de períodos anteriores.

Un pronóstico adecuado de la demanda proporciona a las empresas información valiosa que permiten tomar decisiones acertadas sobre la planificación de la producción reduciendo desperdicios y costos de producción, manejo de la mejor manera los inventarios necesarios para ejecutar el plan de ventas de tal manera que permitan cumplir con sus clientes en tiempo y cantidad, y tener una visión clara del flujo de caja para el manejo estratégico del pago de proveedores, el manejo del recurso humano y los recursos para mantener el buen funcionamiento de las operaciones durante la temporada de repunte.

Los modelos estadísticos de pronóstico de la demanda tienen grandes aplicaciones para cualquier tipo de industria y tamaño de negocio. Estos se relacionan directamente con los modelos estadísticos de manejo y control de inventarios y los beneficios que las empresas obtienen luego de un buen manejo de los pronósticos.

Un método estadístico de uso común para el análisis, determinación y optimización de los pronósticos de la demanda es la metodología de mínimos cuadrado Castellanos (2019) propone el uso de esta metodología para mejorar el pronóstico de venta de una empresa dedicada a la producción de confitería aireada.

En su investigación realizó un análisis comparativo del estado inicial de la empresa en la cual su pronóstico de venta se realiza por medio del criterio de la alta gerencia y los datos históricos de ventas con un modelo propuesto basado en dicha metodología, dando como resultado una reducción del error de pronóstico de venta del 17 % al 9 %. La metodología matemática planteada benefició la planeación y programación de producción de la línea de confites aireados evitando los quiebres de inventario cuando la demanda presentaba un comportamiento estacional.

El aporte del autor a través del estudio es que el modelo de tendencia por mínimos cuadrados puede aplicarse a cualquier tamaño de industria o empresa y tipos de producto, beneficiando a las empresas en la mejora de la rentabilidad, optimización del cálculo de la demanda, mejorando la administración de los inventarios y evitando el quiebre de inventarios con mayor demanda.

Otra aplicación del uso de modelos estadísticos de pronóstico para determinar las necesidades de productos y servicios de los clientes es la optimización de la cadena de suministro de una organización.

Para ello López, Pérez y Villamonte (2017), propuso en su investigación el uso de dichas técnicas estadísticas y la identificación de materias primas claves para optimizar la cadena de suministros de la empresa en la que desarrollaron su investigación, dando como resultado una propuesta de implementación de una estrategia combinada en donde tanto cliente como productor permitan determinar la cantidad necesaria de inventario de materias primas claves o estratégicas que conlleva mantener un *stock* de seguridad que beneficie la atención de los requerimientos de los clientes.

Luego de la implementación los autores exponen que la propuesta permitió un incremento en ventas de US \$239,475 por año, con una tasa interna de retorno del 57 % y con un año de recuperación. Esta investigación aportó grandes conclusiones relacionadas con el uso de modelos estadísticos de pronóstico en la mejora de la administración de los inventarios, la atención de los requerimientos de los clientes en cuanto al tiempo y cantidad entregada, el uso eficiente de los recursos operativos, humanos y financieros, la calidad de los productos y servicios, sus costos relacionados y el continuo funcionamiento del proceso productivo.

Finalmente conectó directamente al Departamento de Compras con la efectividad del área de producción, la reducción de costos operativos y el aseguramiento del programa de producción, como resultado de proveer la materia prima necesaria y en el momento oportuno.

La aplicación de modelos de administración y proyección de la demanda se relaciona directamente con el uso de métodos adecuados de administración de los inventarios. Es por ello por lo que Reyes (2017) en su trabajo de investigación hace mención que cuando se adopta un sistema incorrecto de administración de inventarios se ocasionan retrasos en producción y costos innecesarios que afectan directamente al margen de utilidad.

El estudio propuso la implementación de un método o sistema de administración de inventarios a través de la clasificación ABC de las materias primas disponibles que en conjunto con la aplicación de modelos estadísticos de pronóstico dieron como resultado la reducción significativa de los costos asociados con la incorrecta gestión del inventario, minimizar los paros de producción por quiebre de inventarios y la garantía de las existencias necesarias para los requerimientos de producción.

Una recomendación importante que realizó el autor es que para que un método o sistema de administración de inventarios sea exitoso es necesario conocer a detalle cada uno de los elementos que componen el inventario de una organización, desde su clasificación hasta la forma en que debe ser auditado el mismo, y mantener los controles necesarios que garanticen la exactitud de los inventarios.

Esta investigación finalmente aportó que cuando se utilizan métodos estadísticos de pronóstico en conjunto con un adecuado sistema de gestión del inventario, cualquier organización se puede beneficiar en la reducción de tiempos inoperativos por quiebre de inventarios y los costos relacionados con el proceso productivo, garantizando el *stock* suficiente para mantener adecuados tiempos de entrega de productos y servicios requeridos por los clientes.

En un mundo de los negocios en donde se entregan productos y servicios que cada día se vuelve más inestable en cuanto a la demanda de estos obliga a las organizaciones a invertir gran cantidad de tiempo para el análisis y determinación del modelo correcto de gestión de inventarios aplicables a la misma. Para ello Calle, Matute y Yampasi (2016) en su estudio realizado en una empresa peruana dedicada a la comercialización de maquinaria con servicio postventa, explicaron la importancia de la generación de un correcto *stock* de seguridad a través de la aplicación del concepto de nivel de servicio.

La empresa en la que se desarrolló la investigación en su situación inicial presenta problemas específicos en la deficiente gestión de inventarios, almacenamiento y distribución de sus productos por el constante quiebre de inventarios. La propuesta permitió llevar a cabo un rediseño del modelo que utiliza la compañía para la gestión del inventario dando como resultado un adecuado nivel de rotación de este y el aumento en la rentabilidad de la empresa,

concluyendo que su correcta gestión permite asegurar la rentabilidad del negocio, y la mejor asignación de recursos financieros sobre el inventario de artículos de mayor rotación para actuar adecuadamente ante cualquier cambio no previsto de la demanda.

Los autores aportaron a este estudio que la correcta determinación del nivel de servicio como herramienta para determinar el *stock* de seguridad que garantice cubrir los cambios imprevistos de la demanda de los clientes y el manejo adecuado de inventarios enfocado en productos y servicios que generan mayor rotación, influye directamente en los costos implícitos en el mantenimiento del *stock* y evitar ventas perdidas por el quiebre del inventario.

El mantenimiento del inventario requiere de grandes esfuerzos financieros para toda organización y los costos incurridos por un inadecuado manejo tanto de la demanda futura de los requerimientos de productos y servicios de los clientes y de los inventarios necesarios para cubrirlos se ha convertido en una problemática generalizada en la mayoría de las organizaciones. Es por ello por lo que Pérez, Montalvo y Carruitero (2016) señalaron en su investigación que para mejorar la atención a los clientes en cuanto a cubrir adecuadamente en tiempo y cantidad sus necesidades es necesario una adecuada administración de la cadena de suministro y cada uno de sus componentes.

Esta investigación se realizó con fines académicos y propone demostrar que, con una adecuada gestión de la cadena de suministros, inventarios y una mínima disminución del error del pronóstico del 1 % impacta directamente en la rentabilidad de la organización y los costos relacionados con la gestión del inventario. Este estudio concluyó que aplicando herramientas adecuadas de pronóstico se puede reducir el error del pronóstico de 24 % a 17.9 % generando

un ahorro de US\$ 159,302 anuales debido, principalmente, a la reducción del *stock* de seguridad y del costo de mantenimiento del inventario.

El aporte de los autores se basa principalmente en la adecuada gestión de la cadena de suministro aplicando modelos estadísticos de pronóstico que disminuyan el error estadístico para incrementar la tasa de rotación, la satisfacción del cliente y reducen el *stock* de seguridad y los costos relacionados con el mantenimiento y políticas de inventario.

Utilizar métodos teóricos para la gestión de inventarios es de gran importancia porque permiten garantizar que a pesar de que no son totalmente exactos definen los lineamientos bajo los cuales se debe realizar el tratamiento de los inventarios. Fernández (2011), marcó esta importancia en su investigación en la cual señaló que cuando una pequeña empresa basa su gestión de inventarios en técnicas empíricas y esta crece, comienza a enfrentar grandes problemas generando costos innecesarios por la pérdida de ventas, agotamiento o quiebre de inventarios y la mala imagen que la organización genera por la insatisfacción de los clientes.

La propuesta de la investigación fue clasificar todos los componentes del inventario por su valor económico y nivel de demanda estableciendo categorías para determinar la relación de Pareto de los productos de mayor rotación que permita priorizar los recursos financieros e impactar positivamente en el modelo de gestión de inventarios; dando como resultado la implementación de un sistema de gestión de inventarios con revisión en períodos de un mes y nivel de servicio del 95 % que permita mantener los *stocks* de seguridad necesarios para evitar los faltantes ante los cambios imprevistos de la demanda de los clientes.

Este estudio propuesto por Fernández (2011), aportó aspectos importantes en la administración general de las organizaciones. Por un lado, la mejora del servicio al cliente reduciendo sustancialmente el agotamiento de las existencias de los componentes del inventario de mayor rotación y la eliminación o reducción de todos los costos que implica la pérdida de ventas y la obsolescencia de las existencias.

La estandarización de los procesos de distribución también son un elemento clave para gestionar de mejor manera la demanda y los inventarios de toda empresa. Esta estandarización de los procesos relacionados con la producción, distribución, almacenaje y despacho de los bienes y servicios a los clientes debe ir acompañado por el fortalecimiento e implementación de tecnología.

Alvarado (2018) en su trabajo de investigación propuso la aplicación del modelo de clasificación de inventarios ABC haciendo énfasis en el uso de tecnología de vanguardia para implementar un sistema ERP, que optimice cada uno de los procesos involucrados; concluyendo que luego de la estandarización de los procesos y la implementación de tecnología en los mismos permitió que los usuarios que realizan las actividades de cada proceso las ejecuten de forma más ordenada, eliminando todas las actividades que no agregaban valor al proceso. También reduciendo los tiempos involucrados en la realización de las actividades y los costos relacionados con el agotamiento del inventario de los componentes de mayor demanda.

La optimización de los procesos involucrados en la cadena de suministro de toda organización permite mejorar sustancialmente la relación existente entre los clientes, proveedores y la propia organización permitiendo gestionar de forma oportuna los recursos necesarios para satisfacer en tiempo y cantidad los pedidos requeridos por los clientes de una organización.

Mayorga y Mora (2020) en su trabajo de investigación, proponen la importancia de la adopción de modelos de abastecimiento de recursos e insumos para la organización sujeta a investigación que permita condiciones flexibles y estratégicas para alinear estratégicamente la cadena de suministros en función de la demanda tanto real como proyectada de las ventas de la organización. La propuesta de investigación inicia con la clasificación de los artículos que produce la organización a través de la metodología ABC / XYZ y posteriormente la determinación estadística del modelo de series de tiempo óptimo para la gestión de dichos artículos ya clasificados, concluyendo que la implementación de la propuesta de solución permitiría a la organización garantizar un nivel de servicio superior al noventa por ciento sin quiebres de inventario y reduciendo sustancialmente las compras semestrales que afectan el flujo de efectivo.

Finalmente, un buen control de pronóstico y cálculo de los materiales necesarios para controlar y disminuir los costos necesarios para abastecer una organización de los elementos necesarios para cumplir con la demanda y los tiempos de entrega establecidos por los clientes es de gran importancia para la salud de los negocios en la actualizada, para ello existen sistemas de planificación de requerimientos de calidad conocidos como MRP por sus siglas en inglés, estos sistemas se utilizan para calcular la totalidad de insumos y recursos necesarios para cumplir con los clientes tomando en cuenta la demanda real o proyectada a través de métodos estadísticos de series de tiempo.

Castañeda (2020) en su trabajo de investigación propone la importancia del uso de una metodología MRP I para el manejo adecuado de la planificación de compras de una organización guatemalteca encargada de la producción de tapaderas plásticas para envases de linaza, desarrollando un análisis de proyección de la demanda a través de métodos de análisis de series de tiempo y diseñando una propuesta de modelo de MRP I para influir en la forma en que la

empresa compra los materiales necesarios para la producción tanto en cantidades como en el tiempo pertinente concluyendo que la organización podría disminuir sus costos de materia prima en un 21 % eliminando el exceso de inventario con el que cuenta en la actualidad.

Los aportes de cada uno de estos estudios presentados en esta sección permitieron demostrar que la utilización de modelos estadísticos para pronosticar la demanda futura influyen directamente en los procesos de planificación de la producción, la gestión de los inventarios y el adecuado control de los recursos financieros para cualquier tamaño y tipo de organización, proporcionando mejoras sustanciales en la satisfacción del cliente, disminución de los costos relacionados con la pérdida de ventas, tiempos improductivos y la mala calidad resultantes de un inadecuado proceso de administración o gestión del inventario.

2. MARCO TEÓRICO

La investigación se desarrolló con base en la teoría recopilada sobre la administración de operaciones y producción, cadena de suministros, demanda e inventarios, recalcando los beneficios de una correcta aplicación de cada una, que permita mejorar los procesos de atención al cliente, producción, compras y el área financiera en el flujo de efectivo. La misma se realizará en una empresa productora de fertilizantes para la agroindustria, lo que hace necesario conocer todos los aspectos relacionados con los fertilizantes, tipos, aplicaciones y la industria misma a nivel mundial.

2.1. Industria de los fertilizantes

La agricultura tanto tecnificada como artesanal a nivel mundial ha sido uno de los medios más importantes para la reducción de la extrema pobreza, su desarrollo está relacionada directamente con la industria de los fertilizantes, la cual mantiene un crecimiento superior en comparación con otros sectores industriales, según el Banco Mundial (2019) este desarrollo agrícola la cual representa un 33 % del PIB a nivel mundial y el crecimiento de la industria de los fertilizantes deben impulsar en conjunto la prosperidad alimentaria con la finalidad de prepararse para alimentar a la población que en treinta años se espera llegue a 9700 millones de personas.

El Banco Mundial (2019), adiciona que este crecimiento impulsado por la agricultura se encuentra en riesgo por el cambio climático y la reducción de los nutrientes en los suelos por el uso extensivo de los mismos, reduciendo considerablemente los rendimientos de los cultivos, es aquí donde la industria de

los fertilizantes se vuelve un apoyo indispensable para el incremento de los rendimientos de los cultivos y la recuperación de los suelos cultivables a nivel mundial.

La producción de alimentos cada día se ve más afectada por el incremento demográfico y el bajo rendimiento de los cultivos en las áreas que se encuentran bajo cultivo, según el Instituto de la Potasa y el Fósforo (1990) el reto para la agricultura y la producción sostenida de alimentos es obtener rendimientos altos en las áreas cultivadas y mantenerlos durante el paso del tiempo de forma que incremente constantemente durante cada ciclo de cosecha, y al mismo tiempo reducir el impacto sobre el medio ambiente.

Este incremento y manejo adecuado de los suelos para el incremento de los rendimientos de los cultivos, está ligado en su totalidad en el manejo de la nutrición de los suelos y por ende de los cultivos ya que los suelos se encuentran sustancialmente reducidos en nutrientes.

Ahn (1990) asegura que debido a que las condiciones de los suelos cultivables son sumamente cambiantes de una región a otra, es necesario la búsqueda de metodologías adecuadas en el manejo de suelos y cultivos para mantener altos rendimientos de producción y sostenibilidad en el manejo del medio ambiente.

Las políticas alimentarias deben en su generalidad promover una estrategia de nutrición que incluya la seguridad alimentaria para todas las personas de cada nación, según La Asociación Internacional de la industria de los Fertilizantes (2002) para lograrlo se requiere garantizar suministros estables y seguros de alimentos nutricionalmente adecuados, y en las cantidades suficientes para cubrir la totalidad de las necesidades. Para ello cada país debe promover la producción

de alimentos suficientes y de buena calidad como estrategia fundamental tomando la investigación agrícola y los servicios de extensión adecuados para impactar en beneficio de la nutrición y dieta de los sectores más desfavorecidos.

2.1.1. Nutrición del suelo

La calidad del suelo es uno de los principales aspectos que proporcionan incremento y alta calidad en la producción de alimentos. Quintero (1980) define la nutrición del suelo como la capacidad de este para mantener la productividad, mejorar la calidad del agua y del aire, y mantener la seguridad alimentaria de la población. Esta capacidad es medida por sus propiedades fisicoquímicas y biológicas que permiten analizar la situación inicial e identificar los puntos críticos para el desarrollo sostenible en su uso y el análisis del impacto en el manejo de los suelos.

El suelo está conformado por minerales presentes en distintos tamaños y funciona como una bodega de agua y nutrientes necesarios para que por medio de las raíces de la planta está reciba todo el soporte necesario para su crecimiento y producción. Según la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (2002), conocer las condiciones del suelo es de suma importancia para determinar el estado de fertilidad del suelo para la cual es necesario la presencia de al menos dieciséis elementos que permitan el crecimiento y producción de la gran mayoría de plantas, las cuales recogen estos de la solución del suelo.

Estos elementos pueden ser clasificados en macro y micronutrientes y a la vez los macronutrientes en primarios y secundarios. Para el caso de los macronutrientes primarios están conformados por la presencia en el suelo de elementos tales como el nitrógeno, fósforo y potasio, los secundarios por azufre,

calcio y magnesio y los micronutrientes por el hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloro y boro. La presencia de cada uno de estos elementos en los suelos es requerida en distintas cantidades y para cada uno de ellos existen valores óptimos necesarios para el correcto crecimiento y producción de las plantas.

La gran variedad de tipos de suelos a nivel mundial hace que sea importante la adición de los nutrientes necesarios para las plantas por otros medios en función a las carencias de dichos nutrientes, una solución para esta deficiencia es el uso de fertilizantes apropiados para dicho fin.

2.1.2. Fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias sólidas o líquidas que se utilizan para devolver al suelo los nutrientes que han sido absorbidos por las plantas o que no los posee el suelo para aportarlos a estas.

Como lo menciona Finck (1988) los fertilizantes y su uso tiene por objetivo principal devolver al suelo los nutrientes de los que carece o que han sido eliminados del suelo por la planta de manera que el suministro natural de elementos se mantenga disponible para la planta y conseguir altos rendimientos y calidad en la producción de alimentos.

Los tipos de fertilizantes que existen, según propone Calvo (2020), pueden ser por su origen, su composición y su presentación. Según su origen estos se clasifican en minerales cuando proceden principalmente de la extracción minera y son transformados para conseguir su composición y presentación a través de procesos químicos y físicos, orgánicos cuando son recolectados de los residuos

de los propios cultivos o de las deyecciones animales y de síntesis producidos químicamente a partir de varios compuestos.

La autora continúa indicando que según su composición los fertilizantes pueden clasificarse en nitrogenados, fosfatados y potásicos principalmente, aunque también existen algunos que contienen otros nutrientes necesarios para la nutrición de los suelos. Finalmente, por su presentación los fertilizantes se clasifican en sólidos o líquidos, los fertilizantes sólidos pueden presentarse como granulados, en pellet o en polvo y su composición puede incluir desde un macroelemento secundario como micronutrientes en diferentes proporciones y los fertilizantes líquidos pueden presentarse como suspensiones o soluciones aplicables a la industria agrícola en los sistemas de riego o a través de pulverizadoras.

2.1.3. El mercado de los fertilizantes

La demanda mundial de fertilizantes para cubrir los nutrientes vegetales necesarios para la producción agrícola mantiene una tendencia al alza, con una tasa de crecimiento promedio anual de 1.7 % en la última década, registrando un récord de consumo global según La Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (2018), es de 183.4 millones de toneladas para el año 2015 y aunque en los últimos años la demanda crece a un ritmo menor (1.10 % promedio anual), la fabricación de fertilizantes se mantiene sin cambio.

La fabricación de fertilizantes a nivel mundial se encuentra en la actualidad operando a un 78 % de su capacidad instalada y esta se concentra en un número muy reducido de países y empresas. En Guatemala, la industria de fertilizantes se encuentra conformada por alrededor de 8 empresas productoras las cuales buscan cubrir las necesidades del mercado guatemalteco y en su mayoría el

mercado americano, exportando hacia Estados Unidos, México, Belice, Centroamérica, Panamá, Colombia, Chile, Ecuador y Argentina en su mayoría.

2.1.4. Empresa Mantra

Mantra es una organización de origen guatemalteco dedicada a la fabricación y comercialización de insumos para la agricultura.

2.1.4.1. Historia

Mantra fue fundada en el año 1993 por inquietud de dos amigos con gran experiencia en el ámbito agrícola, en sus inicios ambos se dedican a la investigación del mercado de los fertilizantes desarrollando tecnologías muy poco conocidas en Guatemala.

Para el año 1997 se establece la empresa formalmente iniciando operaciones en el pacífico de Guatemala para abastecer las necesidades de los mercados de Guatemala, El Salvador, Costa Rica y Panamá, ampliando operaciones para el año 2,002 por medio de una sociedad con GBM México, estableciendo la primera planta de producción de fertilizantes granulados en México.

En el año 2003 se establece la operación a las afueras de la ciudad capital, en el kilómetro 21 de la ruta que conduce al atlántico para abastecer las necesidades del mercado de Belice, Honduras y Nicaragua. Un año después consolida toda su producción en una sola planta en esta ubicación con capacidad de abastecer todos los mercados participantes.

Esta planta en sus inicios se dedicó en su totalidad a la producción de fertilizantes granulados conformando su cartera de productos en tres líneas principales:

- Línea de fertilizantes granulados de elementos secundarios y microelementos.
- Línea de fertilizantes granulados acondicionadores de suelo.
- Línea de fertilizantes mezclas físicas.

Para el año 2007 se inicia con la integración vertical de los procesos y la ampliación de la capacidad de la fábrica, realizando alianzas estratégicas con empresas como *Scotts* para la distribución en Centroamérica, de toda la línea de fertilizantes de liberación controlada. Un año después se finaliza con la ampliación e integración vertical de las líneas de producción logrando ya no ser solamente una planta de producción de fertilizantes granulados, sino que adicional integra dos unidades más de producción.

Esta integración permitió convertir la planta en una de las más completas a nivel latinoamericano proveyendo los servicios de extracción de minerales, procesos de refinación, granulados de elementos secundarios y micronutrientes y, por último, el complejo más moderno de mezclas físicas que permiten proveer fertilizantes con un mejor control de contenidos porcentuales de nutrientes.

Mantra posee la capacidad de producir alrededor de 125,000 toneladas métricas de fertilizantes al año, generando más de 200 oportunidades de empleo y conformando su producción en cinco líneas de productos cada una especializada para el sector al que fueron creadas.

Manttra enfoca sus esfuerzos de negocio en el mercado latinoamericano, posicionando sus marcas en Estados Unidos, México, Belice, Centroamérica, Panamá, Uruguay Paraguay, Ecuador, Argentina, Chile, Colombia y República Dominicana, concentrando toda su operación productiva y administrativa en la planta de producción ubicada en el kilómetro 21 de la ruta que conduce hacia el Atlántico, en el municipio de Palencia, de la Ciudad Capital.

2.1.4.2. Valores de la empresa

Enfocados en la satisfacción del cliente como principal valor, Manttra desarrolla programas especialmente diseñados alrededor de cada cultivo y en constante investigación para ofrecer las mejores alternativas y el producto más innovador del mercado, basándose en cuatro pilares conformados por la visión, misión, compromiso y propuesta de valor para el cuidado del medio ambiente.

- Visión: ser líderes del mercado en productos y servicios para el sector agroindustrial, a través de un equipo humano altamente motivado y guiado por la satisfacción de los clientes.
- Misión: producir y comercializar productos de alta calidad, de manera eficiente y competitiva, a través de investigación y desarrollo de tecnología propia, para satisfacer las necesidades del mercado agroindustrial.
- Compromiso: forjar un compromiso de unión con nuestros clientes para mejorar y desarrollar conjuntamente nuestros productos, ya que las tendencias y las exigencias del mercado mundial son cambiantes.
- Cuidado del medio ambiente: recomendamos el uso de productos a través de la aplicación de dosis adecuadas de nutrientes, para optimizar el uso

del suelo y mantener su productividad en el tiempo. Contamos con los elementos necesarios para fabricar productos sin poner en riesgo la salud de las personas y el medio ambiente.

2.1.4.3. Productos

Manttra divide su carta de productos en tres grandes líneas, cada una enfocada para un mercado e industria específica, estas líneas de productos son:

- Fertilizantes granulados
- Enmiendas

Los fertilizantes granulados son productos que Manttra ofrece al mercado de la agricultura para la aplicación al suelo, estos productos constan de gránulos esféricos de dimensión uniforme para su fácil aplicación manual o tecnificada. Estos proveen en un solo gránulo la combinación de hasta ocho elementos nutricionales necesarios para la producción agrícola. Dichos elementos y sus combinaciones pueden ser, azufre, calcio, magnesio, zinc, boro, hierro, manganeso y ácidos húmicos, cada uno en los diferentes productos.

- Línea G: fertilizantes granulados que aportan combinaciones únicas de elementos primarios como lo son el azufre, calcio y magnesio destinados para el acondicionamiento del suelo y una combinación más que adiciona zinc y boro convirtiéndose en un excelente potencializador de los suelos.
- Línea A: fertilizantes granulados que aportan en su totalidad altas cantidades de azufre y en combinación con calcio, magnesio, zinc, boro, hierro, manganeso y ácidos húmicos se convierten en un excelente potencializador de suelos con alto contenido de azufre.

- Línea T: fertilizantes granulados, que aportan una combinación de equilibrio entre calcio y magnesio como acondicionadores de suelo y que, en combinación con zinc, boro, ácidos húmicos y en algunos productos azufre se convierten en el perfecto potencializador de suelos.
- Línea B: fertilizante granulado con un alto contenido de boro para potencializar los suelos.
- Línea F: fertilizante granulado que aporta fuertes cantidades de fósforo de origen mineral potencializando los suelos con su combinación de azufre, calcio, magnesio y boro.
- Línea R: fertilizante granulado con una excelente fuente de Zinc para potencializar los suelos.
- Línea D: fertilizante granulado con altas concentraciones de magnesio para potencializar los suelos con sus combinaciones con zinc, boro y azufre.

Una enmienda agrícola son fertilizantes destinados a mejorar la calidad de los suelos en términos de estructura y composición permitiendo ajustar sus nutrientes y su acidez o basicidad según sea el requerimiento, Manttra proporciona al mercado una variedad de productos destinados para este fin.

- Línea enmienda agrícola: fertilizantes pulverizados que proporcionan al suelo fuentes de fósforo, azufre, calcio, magnesio, silicio y potasio.

- Línea *reacthor*: fertilizantes pulverizados que proporcionan al suelo fuentes de azufre, calcio, magnesio y potasio producidos con materiales calcinados.

2.2. Administración de operaciones y producción

La administración de las operaciones y producción según Gaither y Frazier (1999) se define como la gestión de todo el sistema de producción de una organización, considerando todos los insumos necesarios para el proceso de conversión que permita obtener los productos y servicios que la organización ofrece a sus clientes. Esta disciplina es sumamente importante ya que permite mantener a las organizaciones en niveles competitivos en los mercados mundiales que se mantienen en constante cambio.

Para llevar una adecuada gestión de operaciones se debe partir del enfoque de los pronósticos que permitan determinar cada una de las acciones a futuro necesarias para gestionar los recursos necesarios que permitan cubrir las necesidades de bienes y servicios en el presente.

2.2.1. Historia de la administración de las operaciones y producción

La administración de la producción y operaciones se puede afirmar que ha existido desde que la humanidad ha producido bienes y servicios para cubrir sus propias necesidades. De acuerdo con Villalobos, Chamorro y Fontalvo (2006) su origen se basa no en términos cronológicos, sino en las contribuciones más importantes que han surgido por la necesidad de mejorar los procesos de fabricación y prestación de servicios a la humanidad. Entre ellas se encuentran:

En Inglaterra durante el siglo XVIII la revolución industrial propició la sustitución por máquinas de la fuerza humana, animal e hidráulica, propiciando la creación de los sistemas de fabricación, el uso de la potencia mecánica por vapor y la organización lógica y adecuada para la realización de cada una de las actividades involucradas en cada proceso. La difusión de este evento fue acelerada con el desarrollo del motor eléctrico y a gasolina, desarrollando los conceptos de producción masiva, la mercadotecnia y la automatización.

La especialización de las tareas o división del trabajo permitió la creación de productos en tareas pequeñas y especializadas asignando recurso humano para la producción en línea, aumentando las habilidades de los operadores y reduciendo los tiempos inoperantes por cambios de tareas, finalmente propició la invención de máquinas especializadas para cada tarea.

Whitney aporta el desarrollo del concepto de estandarización para la fabricación de armas para el gobierno estadounidense. Este concepto en conjunto con la especialización de tareas permitió desarrollar las líneas de montaje móvil que dio como resultado el incremento de la tasa de producción y la productividad directa de cada actividad (Villalobos, Chamorro y Fontalvo, 2006).

La observación de una situación para descubrir el mejor método de trabajo, aporte de la administración científica que permitió desarrollar los métodos de medición del trabajo y la capacitación del recurso humano para desarrollar el mejor método y retroalimentar a la gestión del proceso.

Movimiento de las relaciones humanas, en los años veinte; Mayo y Roethlisberger por medio de una investigación en una planta de producción lograron demostrar que los factores psicológicos son tan importantes para

determinar el desempeño de las operaciones como el diseño científico del cargo; es decir, la motivación, el ambiente de trabajo técnico y físico son parte importante para mejorar la productividad (Villalobos, Chamorro y Fontalvo, 2006).

Modelos de toma de decisiones, este desarrollo permitió que naciera un nuevo campo, la investigación de operaciones utilizando estos modelos para representar los sistemas productos en términos matemáticos, con el propósito de determinar los valores más satisfactorios para las variables de decisión, para mejorar el desempeño del sistema bajo la aplicación de restricciones.

Para los años 50 con la invención de la computadora y el transistor se logra dar paso al crecimiento de la capacidad de las organizaciones para procesar datos, permitiendo desarrollar técnicas de planificación como el MRP y el CPM.

Producción flexible, luego de la segunda guerra mundial, se desarrolla en japon una alternativa a la producción en serie, donde se requería recurso humano calificado y provisto de herramienta automática flexibles para fabricar volúmenes pequeños de varios productos, garantizando una alta calidad y costos razonables de producción (Villalobos, Chamorro y Fontalvo, 2006).

Estos aportes a la mejora de los procesos de producción y planificación han propiciado el avance de los procesos involucrados en la gestión de las operaciones y de la producción, siendo un proceso dinámico y que cada vez se convierte en un elemento clave para el correcto funcionamiento de toda organización.

2.2.2. Administración de las operaciones

Para crear bienes o servicios sin importar el tipo y tamaño de organización, es necesario realizar actividades que permitan transformar insumos en productos dispuestos para satisfacer las necesidades de los clientes o usuarios finales que permitan generar utilidades a las organizaciones, para ello la administración de operaciones según Heizer y Render (2009) es la disciplina que se encarga de entender, organizar y optimizar cada una de estas actividades o tareas necesarias para incrementar la productividad y cumplir con los objetivos estratégicos de toda organización.

Esta disciplina de administración toma cada día mayor importancia para las organizaciones, ya que la dinámica cambiante del mercado mundial se manifiesta de forma más rápida con el paso del tiempo.

Según Heizer y Render (2009) esta dinámica obliga que el estudio de las operaciones de toda organización se enfoquen en el incremento de la productividad por medio de la globalización de los recursos, la disposición de las organizaciones a trabajar bajo estándares de entrega justo a tiempo, la asociación con todas las cadenas de suministro tanto internas como externas involucradas, la velocidad con la que es posible desarrollar nuevos productos y personalizar los ya existentes, la declaración de confianza o delegación de autoridad en los colaboradores, la producción limpia y amigable con el medio ambiente y la ética en todos los procesos de la organización.

El reto principal de todo administrador de las operaciones de una organización es el incremento de la productividad, para ello es importante que la transformación de los recursos para obtener bienes o servicios disponibles para

la cubrir las necesidades del usuario final se realice de la forma más eficiente y agregando mayor valor a estos.

Chase, Jacobs y Aguilano (2006) definen la productividad como la medida en que son consumidos los recursos para obtener los bienes o servicios finales, está relaciona las entradas (insumos) con las salidas (bienes o servicios) de cualquier proceso de fabricación y mejorarla implica ser más eficientes, ya sea manteniendo constantes las entradas (insumos) y aumentando las salidas (reducir los productos o servicios fuera de especificación) o manteniendo constantes las salidas y reduciendo las entradas.

Para realizar esta medición de la eficiencia con la que son consumidos los recursos en función de la producción de bienes o servicios puede ser realizada de dos formas, una involucrando únicamente una entrada (productividad de un solo factor) o involucrando todas las entradas (productividad total).

Heizer y Render (2009) refuerzan el concepto que la tarea primordial de los administradores de operaciones debe ser el incremento de la productividad para confirmar la eficiencia de los procesos involucrados, este incremento depende de tres variables que representan el mayor porcentaje de esfuerzo que la organización coloca sobre estos recursos, una de ellas es la mano de obra que puede beneficiar la medición si se conforma por una fuerza laboral motivada, educada y saludable, otra variable se refiere al capital invertido en las mejoras de los procesos y finalmente la gestión o administración que se debe asegurar del correcto uso de las variables anteriores.

La productividad sin importar si es de un solo factor o total debe ser aplicada, medida y mejorada en todos los procesos involucrados en las

operaciones de toda la organización, esta medición debe realizarse bajo conceptos y criterios éticos y socialmente responsables.

Heizer y Render (2009) confirman que la ética y responsabilidad social involucran grandes retos para los administradores de las operaciones ya que no solamente es necesario desarrollar, producir y entregar bienes y servicios de calidad y seguros para su uso, sino también mantener procesos amigables y limpios con el medio ambiente y procesos éticos y responsables de negociación tanto con proveedores como clientes o usuarios finales para mantener un mercado satisfecho y un ambiente socialmente responsable y ético de mejora.

2.2.2.1. Estrategias para la mejora de la administración de las operaciones

El enfoque de las tareas involucradas en los procesos de administración de las operaciones requiere la definición de planes a largo plazo para asegurar la mejora de la productividad de los procesos involucrados y la competitividad de la organización, para ello es importante que no se descuide el análisis de variables tales como el entorno de la competencia y del mercado y el estudio de los recursos propios de la organización.

EAE Business School (2017) determina que para lograr la mejora sostenible es necesario fijar los objetivos, el camino a recorrer y la programación de las acciones necesarias para cumplir con los objetivos de la compañía, y lograr la ventaja competitiva que haga que las empresas se diferencien claramente de la competencia. Es decir, la administración de las operaciones debe claramente justificar que el valor agregado que da a los productos y servicios sea el que el cliente esté satisfecho en pagar.

Los objetivos planteados por la organización para lograr la ventaja competitiva y mantenerse en el mercado debe involucrar a todas las áreas de la empresa, para ello la administración de operaciones requiere la aplicación de estrategias enfocadas que permitan mantener el crecimiento de la productividad, tomando en consideración la forma en que son utilizados los recursos tanto físicos como humanos para lograr la satisfacción del cliente o usuario final y que este reciba la calidad y valor agregado de los bienes o servicios por los que está o estará dispuesto a entregar sus recursos financieros.

De forma general, la administración de las operaciones es la encargada de planificar, organizar, gestionar recursos, dirigir y controlar los procesos productivos a fin de optimizar. Para ello, Lefcovich (2005) explica que las estrategias que debe tener la administración de las operaciones van enfocadas a lograr:

- Determinar la forma óptima en que los recursos económicos y tecnológicos se utilizan para cumplir con los objetivos estratégicos definidos por la alta dirección.
- Determinar todos los aspectos que generan ventaja de la organización sobre la competencia y las intenciones de la competencia que pudieran colocar en desventaja ante el mercado de la misma organización.
- Determinar, analizar y actualizar la posición en la que se encuentran los bienes y servicios de la organización dentro del ciclo de vida del producto con la finalidad de reforzar las estrategias para cada uno de ellos que permitan mantenerlos en la etapa de crecimiento.

- Determinar y analizar cada una de las causas que pudieran estar causando problemas tales como atrasos en la entrega de los bienes y servicios, averías y fallas en la maquinaria, accidentes con el recurso humano y posible contaminación del medio ambiente, para que de forma estratégica puedan ser eliminadas y mejorar la productividad de los procesos involucrados de la organización.

2.2.3. Administración de la producción

La producción se define como la adición de valor a un servicio o bien por medio de la transformación o secuencia de actividades necesarias para este fin, Villalobos, Chamorro y Fontalvo (2006) definen el proceso de producción como la extracción o modificación de bienes con la finalidad de hacerlos aptos para cubrir y satisfacer las necesidades de los usuarios finales. Por otro lado, Domínguez (1995), lo define como la sección de la organización que se encarga de convertir un conjunto de insumos o entradas en otro de bienes o servicios añadiendo valor a los mismos para el usuario final.

Para lograr añadir valor a los resultados obtenidos del proceso de producción se requiere considerar al proceso como un sistema conformado por subsistemas de transformación, y que es controlado para evaluar su desempeño de tal manera que permita tomar decisiones correctas sobre el sistema cuando este presenta alguna falla. Por lo tanto, se debe considerar este sistema como un conjunto complejo de acciones necesarias para cumplir con las necesidades de los usuarios finales, sin dejar de considerar todas las actividades que involucren la prestación del servicio o la entrega del bien, incluyendo transporte y comercialización.

Además, como el proceso productivo o la producción supone la adición de valor a los bienes o servicios entregados al usuario final, el resultado de la producción debe ser algo útil para que el usuario final acceda a pagar un precio mayor al costo de los insumos.

2.2.3.1. Objetivo de la producción

El objetivo general de la producción es proporcionar bienes y servicios específicos, en un tiempo determinado a un costo mínimo con la mayor calidad posible. Según Muñoz (2009) este objetivo se logra si las empresas enfocan sus sistemas productivos en cuatro dimensiones básicas, los bajos costos de producción, mejorando de forma considerable los tiempos de entrega, mejorando, aumentando o manteniendo la calidad y confiabilidad del producto y finalmente innovando hacia nuevas tecnologías y siendo flexibles en los procesos propios de la prestación del servicio o bienes que se entregan al usuario final.

Lograr estos objetivos de manera conjunta es una tarea sumamente complicada que puede llevar a los administradores de la producción a desanimarse en el intento, es por ello que se debe buscar lograr la mayoría de ellos o todos pero no en el mismo grado de éxito sacrificando en algunos casos uno o varios que permitan el éxito de otros para lograr cumplir con los objetivos operativos de cada uno de los departamentos relacionados en el proceso productivo y así contribuir al logro de la estrategia empresarial.

Otro objetivo importante de la administración de la producción es formar parte de las decisiones relacionadas con el producto, el proceso, la capacidad, la tecnología, la localización, la distribución del proceso y la logística de abastecimiento y distribución. Según Muñoz (2009) las decisiones relacionadas con el producto toman una gran importancia en la competitividad empresarial ya

que está influye directamente sobre los costos, calidad, plazos de entrega, éxito comercial, configuración productiva y es una gran fuente de mejora de la ventaja competitiva.

2.2.3.2. Ciclo de vida del producto

El comportamiento de los productos en el mercado se encuentra definido por su ciclo de vida el cual se define como el conjunto de etapas por las cuales pasa un producto durante su existencia en analogía con la evolución de los seres vivos, Domínguez (1995) aporta a este concepto que cada bien o servicio pasa por etapas marcadas por la forma en que las ventas cambian en función del tiempo.

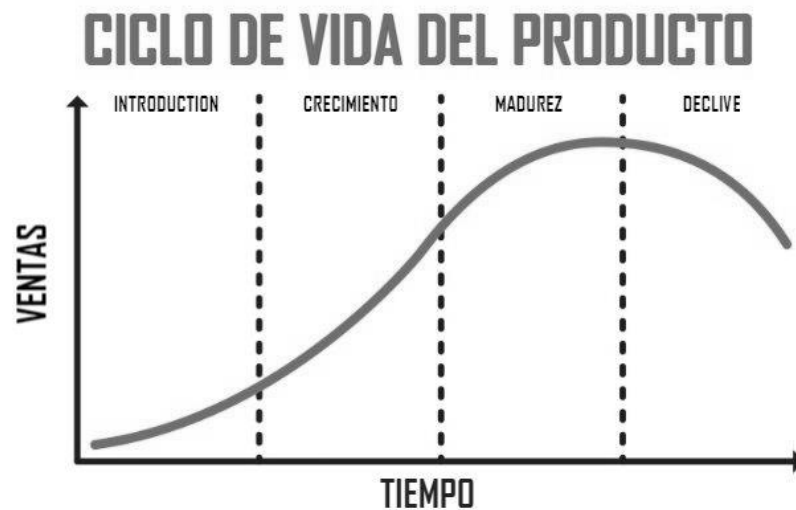
Estas etapas inician con la introducción pasando por la etapa de crecimiento, madurez y declive o salida del mercado, la determinación de la etapa en que se encuentra el bien o servicio es importante porque permite determinar la estrategia que se debe tomar para mantener el producto en crecimiento y evitar que este pueda salir del mercado y amarrar dicha estrategia a los procesos y procedimientos propios del sistema productivo.

Según Domínguez (1995) y Muñoz (2009) cada etapa está definida por características propias del comportamiento del mercado, (la figura 1, muestra la relación de las ventas en función del tiempo que determina la curva del ciclo de vida del producto).

La etapa de introducción presenta novedades en el concepto y pocos competidores, las ventas se incrementan lentamente y la marca tiene una imagen débil; la etapa de crecimiento se marca por un crecimiento en las ventas considerable y entran muchos competidores al mercado la oferta obliga el

descenso de los precios y se conoce mucha información del comportamiento del consumidor; la etapa de madurez se marca por un descenso en la velocidad de crecimiento de las ventas, la competencia es más fuerte y el mercado empieza a saturarse de forma progresiva. Por último; la etapa de declive se caracteriza porque el crecimiento de las ventas cesa por completo.

Figura 1. **Ciclo de vida del producto**



Fuente: Recursos de autoayuda. (2019). *¿Qué es el ciclo de vida de un producto?* Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <https://www.recursosdeautoayuda.com/ciclo-de-vida-del-producto/>.

2.2.3.3. Sistemas de producción

Un sistema es el conjunto ordenado de actividades y procedimientos que interactúan para lograr un fin en específico, basándose en esta definición, un sistema productivo es el conjunto organizado de procedimientos y actividades que permiten a través de su aplicación transformar recursos en bienes y servicios que cumplan con los requerimientos de los clientes y disponerlos para la venta.

Villalobos, Chamorro y Fontalvo (2006) clasifican la transformación o procedimiento de transformación en función a la intervención del recurso humano, la continuidad de este y la naturaleza del procedimiento.

En función del grado de intervención del recurso humano la transformación o proceso de producción puede ser: manual, en donde todas las operaciones son en su totalidad ejecutadas por personas; mecánica o semiautomática, cuando la ejecución es realizada en conjunto entre personas y máquinas, y automática cuando la participación del recurso humano se limita a la supervisión del proceso de producción. Según la continuidad del proceso estos pueden ser continuos cuando el proceso no se interrumpe durante el período de tiempo establecido; en serie cuando la producción se da en masa a intervalos de tiempo irregulares e intermitente cuando se realiza el proceso para cantidades limitadas en intervalos de tiempo regulares.

Además, tomando como base la naturaleza del proceso estos pueden ser procesos de integración cuando es necesario la incorporación de varios componentes o insumos para obtener un elemento nuevo dispuesto para la venta, de desintegración cuando un insumo es necesario fraccionarlo para obtener varios elementos nuevos y de modificación cuando solamente se requiere cambiar la forma del insumo para convertirlo en un producto o servicio dispuesto para la venta sin alterar la naturaleza del objeto.

Heizer y Render (2009) proponen que también en los sistemas de producción o transformación pueden clasificarse en producción en masa o producción rígida y producción flexible, considerando lo siguiente:

- Producción rígida

En este sistema se considera la producción de grandes cantidades de productos similares en un período de tiempo irregular, con un alto grado de mecanización buscando obtener economías a escala, disminuyendo su costo medio a medida que aumenta el volumen de la producción. Es decir, cuanto mayor es el volumen de producción menor deberá ser su costo por unidad producida, logrando generar mejores utilidades conforme mayor volumen de producto dispone a la venta.

Chase, Jacobs y Aquilano (2006) indican que para lograr obtener las economías a escala se debe tener una relación despreciable o poco importante entre los costos variables y los costos fijos; es decir, la importancia debe estar enfocada en los costos fijos para que el costo promedio pueda ser disminuido por el volumen de la producción. Adicional, este sistema debe considerar por lo menos alguna de las siguientes características: La producción debe ser en línea, se requiere una alta inversión en maquinaria, debe ser totalmente estandarizado en sus procesos y piezas a utilizar, con tareas limitadas por puesto de operación y con suficientes insumos almacenados para garantizar la continuidad del proceso.

- Producción flexible

Este sistema tiene como objetivo producir series cortas de un número elevado de productos de manera que la empresa pueda adaptarse con facilidad a la demanda existente y sus cambios durante un período de tiempo, caso contrario al sistema anterior Chase, Jacobs y Aquilano (2006) indican que el objetivo en tema de costos no es minimizar los costos si no adaptar las

características de los productos a la demanda cambiante del mercado y a la misma velocidad con la que esta cambia.

Las principales características de este sistema es que se produce a series cortas y de gran variedad de productos, con maquinaria polivalente que permite realizar diferentes tareas, con recurso humano cualificado que realizan diferentes tareas, mejorando la calidad con el trabajo en equipo y tomando decisiones participativas.

2.2.3.4. Planeación de la producción

La planeación o planificación es el proceso por el cual se determinan los pasos e insumos necesarios para lograr un objetivo en particular, cuando se habla de planeación o planificación de la producción según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) este requiere de la determinación de la cantidad, actividades y tiempos necesarios para cumplir con la demanda requerida por los clientes o usuarios finales, ajustando cada una de las variables involucradas en el proceso productivo tales como, la tasa de producción, el recurso físico y humano disponible, el nivel de existencia, el costo relacionado con el tiempo de trabajo extraordinario, y las posibles subcontrataciones entre otras.

Según Heizer y Render (2009) el proceso de planeación implica la división de su importancia en plazos de tiempo, la planeación a largo plazo ayuda a determinar los aspectos estratégicos y de capacidad, a mediano plazo se desarrolla para ajustar la productividad a los cambios que se detectan en el análisis de la demanda logrando la construcción de los planes de producción agregada; por último, a corto plazo se utiliza para desagregar el plan a mediano plazo permitiendo generar planes o programas en períodos de tiempo mínimos

(semanas, días y horas) incluyendo factores de carga laboral, secuencia de producción, ejecución de los planes y el despacho del producto o servicio.

- Planeación a largo plazo

La planeación estratégica del proceso productivo, implica determinar la manera en que cada uno de los eslabones de la cadena productiva influyen para alcanzar los objetivos de la organización de manera sostenible en el futuro, para ello, el administrador de la producción debe considerar según Roncario (2018) todas las variaciones que puedan surgir tanto dentro como fuera de la organización y determinar el plan estratégico de la producción que permita proporcionar las directrices reales para cada uno de los involucrados en dicho proceso.

Los beneficios de una buena planeación estratégica radican en que todos los miembros de la organización actúen de forma proactiva, dando un sentido de dirección a todos los equipos involucrados para identificar y establecer prioridades para la organización que permitan que cada decisión que se tome esté alineada con los objetivos de toda la organización.

- Planeación a mediano plazo

La planeación agregada o a mediano plazo es, según Heizer y Render (2009) una herramienta muy útil para determinar cada uno de los factores internos y externos de la organización que se relacionan directamente con las finanzas, la capacidad productiva y la disponibilidad de recursos físicos y humanos para lograr cubrir la demanda de los clientes en un período de tiempo determinado. La estrategia para preparar un plan agregado o a mediano plazo

implica que se considere que no se trata de cambiar la demanda o requerimientos de los clientes sino mitigar y absorber las variaciones en la misma.

Para desarrollar un plan a mediano plazo o plan agregado efectivo se deben considerar alternativas o mezclas de estas para alcanzar los objetivos o metas trazados por la organización en el plan estratégico, según Gaither y Frazier (1999) estas alternativas son de capacidad o de demanda:

- Determinar, analizar y fijar el nivel de existencia disponible que permita cubrir las variaciones de la demanda en períodos futuros.
- Determinar y fijar la tasa de producción necesaria para cubrir la demanda del mercado en función a la estacionalidad del o los productos de tal manera que permita hacer variar el tamaño de la fuerza laboral.
- Mantener de forma constante el tamaño de la fuerza laboral y hacer variar la tasa de producción por medio del tiempo operativo para cubrir la demanda requerida por los clientes o usuarios finales.
- Subcontratación, adquiriendo de forma temporal mayor capacidad en los períodos de demanda pico.
- Cuando la fuerza laboral no requiere de calificación específica, una alternativa es la contratación de fuerza laboral de tiempo parcial, esta se aplica de forma común en el sector de los servicios.
- En las temporadas en la que la demanda se reduce, es posible hacer variar la misma realizando promociones, lanzando ofertas o

descuentos sobre el precio o cantidad de producto o servicio ofrecido o incrementando la inversión en publicidad.

- Planeación a corto plazo

Por último, en el proceso de planeación o planificación de la producción es necesario tomar el plan a mediano plazo y desagregarse para lograr obtener el plan de producción maestro. Según Chase, Jacobs y Aguilano (2006) el objetivo de este es formalizar el plan de producción y convertirlo en las necesidades específicas necesarias para el manejo total de la producción e inventarios para retroalimentar todo el flujo de la operación y metas específicas de producción.

Esta desagregación del plan a mediano plazo tiene como finalidad según Villalobos, Chamorro y Fontalvo (2006) proporcionar en un horizonte de tiempo medido en meses, semanas, días y horas cuales son los bienes o servicios específicos que se deben llevar a cabo, determinar las alternativas de programación, requerir los materiales y recursos humanos necesarios definiendo las prioridades que se requieren utilizando eficientemente la capacidad del proceso.

2.2.3.5. Estrategias para la mejora de la administración de la producción

La administración de la producción debe enfocarse en realizar sus actividades específicas para impactar en el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa y por ende satisfacer al cliente o usuario final, para ello según Adler (2004) las áreas involucradas con la producción de toda organización debe fijar sus metas alrededor de estrategias relacionadas con los costos productivos, la calidad de los bienes o servicios, el tiempo en que estos

son proporcionados y la flexibilidad con la que responde a los cambios imprevistos de la demanda.

La productividad relacionada con los recursos humanos y materiales necesarios para llevar a cabo el proceso productivo determinan la eficiencia y efectividad con la que estos son utilizados los cuales componen la estrategia relacionada con el costo ya que la productividad de estos factores es inversamente proporcional con el costo unitario del bien o servicio.

La cantidad de desperdicios también influyen en el costo del bien o servicio, pero también de forma directa en la calidad del producto esta estrategia debe reforzarse con el cumplimiento de las características propias del bien o servicio, elevando las mismas y manteniendo las especificaciones propias dentro de las tolerancias requeridas. Con respecto a la estrategia relacionada con el tiempo requiere que el proceso productivo genere tiempos de entrega rápidos, despachos en tiempo y la velocidad con la que son elaborados los nuevos productos que desarrolla la organización.

La flexibilidad es otra estrategia que permite mejorar los procesos de producción. Esta se refiere directamente a los cambios imprevistos de la demanda de un producto o servicio en específico y la forma en que los administradores de la producción reaccionan ante dichos cambios. La diferenciación como ventaja competitiva de las organizaciones sobre la competencia obliga a que la flexibilidad de una organización permita atender por un lado los cambios imprevistos de la demanda o desarrollar productos o servicios personalizados para cubrir necesidades únicas del usuario final.

La medición correcta de los beneficios de un buen plan de producción y las estrategias planteadas permite mostrar cambios y progresos de un plan de

trabajo planteado para el logro de un resultado específico, para el caso de la medición de los beneficios de una estrategia planteada para la mejora de la administración de la producción está el indicador OEE.

Este indicador por sus siglas en inglés *overall Equipment effectiveness* se utiliza para medir la eficiencia de la maquinaria del que se compone un sistema productivo, este indicador por sí solo es capaz de indicar mediante un valor porcentual que nivel de eficiencia real tiene un proceso productivo midiendo al mismo tiempo la disponibilidad de los equipos, el rendimiento de los mismos y la calidad con la que se producen los bienes y servicios, permitiendo a la organización determinar el rendimiento que se puede obtener reduciendo los tiempos en las que el sistema se detiene, las causas por las que se reduce el rendimiento y la calidad con la que estos producen.

2.3. Administración de la demanda

La totalidad de los bienes o servicios que adquiere el mercado de consumidores en un período de tiempo determinado con la finalidad de cubrir sus necesidades se define como demanda de bienes o servicios, según Martínez (1984) esta definición debe considerar que la adquisición de estos bienes o servicios se realiza de forma voluntaria utilizando criterios tanto objetivos como subjetivos.

Para ello, los factores que se deben contemplar para la determinación de la demanda de un bien o servicio específico es por un lado la dependencia provocada por la necesidad de los clientes de otros bienes o servicios y por otro lado la independencia del bien o servicio requerido en relación con otros, en el primer caso en la realidad del mercado solo se debe cubrir ya que las organizaciones no pueden influir en los cambios de dicha dependencia.

Cuando los bienes o servicios de una organización son independientes de la demanda de otros las organizaciones deben según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) adoptar un papel activo para lograr influenciar positivamente en la demanda de los usuarios finales a través de su fuerza de ventas, ofreciendo incentivos, bajando los precios, invirtiendo en publicidad. Otro concepto importante para considerar es que el poder manejar de forma adecuada la demanda y posteriormente pronosticar es necesario determinar o descubrir los patrones básicos de la misma.

2.3.1. Patrones de la demanda

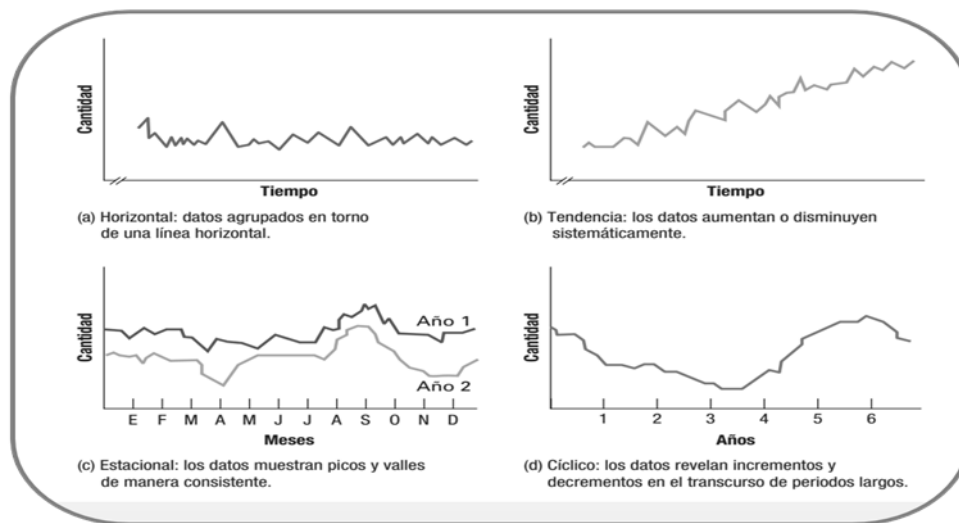
La información histórica de la demanda debe ser graficada contra una escala de tiempo para poder mostrar cualquier forma o patrón consistente que existiera, los patrones son la forma general que adopta una serie de tiempo, para el caso de la demanda, permite mostrar las variaciones que esta tiene de un período a otro de tiempo.

Según Gaither y Frazier (1999) la demanda se ve afectada por factores externos que están fuera del alcance de las empresas como los indicadores tempranos que causan especulación y aumento de precios e indicadores coincidentes como cifras de desempleo; y factores internos propios de las decisiones que toma la organización con respecto a diseño de bienes y servicios, precios, promociones publicitarias, incentivos para el personal, entre otros. Estos factores provocan las variaciones en la demanda y pueden ser clasificados de la siguiente manera (ver figura 2):

- Patrón horizontal: indica que la fluctuación de la demanda se mantiene en torno de una media constante.

- Patrón de tendencia: indica que el incremento o decremento de la demanda se da de forma sistemática a través del tiempo.
- Patrón estacional: indica que los incrementos o decrementos de la demanda son repetibles durante los períodos de tiempo.
- Patrón cíclico: esta marca una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsibles en la demanda que se presentan durante períodos de tiempo más largos.

Figura 2. **Patrones de la demanda**



Fuente: Universidad Nacional de Trujillo. (2016). *Planeamiento y Control de Operaciones*.

Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de

<http://pcoplasencia.blogspot.com/2016/#>.

2.3.2. Pronóstico de la demanda

Los pronósticos o pronosticar, según Heizer y Render (2009) es la ciencia y arte de vaticinar lo que sucederá en el futuro, este vaticinio o predicción puede ser subjetiva, intuitiva o una combinación de estas, su necesidad y precisión se ve generada a través de las condiciones cambiantes de los negocios que se dan como resultado de los rápidos cambios tecnológicos, la competencia mundial y el impacto que los negocios puedan dar al medio ambiente.

Por lo general, estos pronósticos o vaticinios se clasifican según el horizonte futuro de tiempo que el mismo pretende cubrir (corto, mediano y largo plazo). Pronosticar a corto plazo es útil para determinar los componentes de la planificación de la producción a corto plazo o plan de producción maestro, a mediano plazo se utiliza para determinar los planes operativos de la organización relacionados con las ventas, producción, presupuesto y flujo de efectivo.

Por último, pronosticar a largo plazo es útil para el desarrollo de nuevos productos, determinar las necesidades de inversión de capital, los cambios de ubicación o expansión de las instalaciones de la organización. Cuando una organización requiere realizar pronósticos de la demanda de sus bienes o servicios debe sin falta considerar la etapa del ciclo de vida en que se encuentran los mismos, cuando estos se encuentran en la etapa de introducción o crecimiento se deben aplicar técnicas de pronóstico a largo plazo y los que se encuentran en las etapas de madurez y declinación requieren utilizar técnicas de pronóstico con plazos de tiempo más cortos.

Los pronósticos son utilizados en las organizaciones para la planificación de operaciones futuras en tres aspectos o tipos principales, Heizer y Render (2009) los clasifica en: pronósticos de tipo económico abordando temas como

ciclos de negocio, tasas de inflación, captación de fondos para operación e inversión e indicadores de planeación, los pronósticos de tipo tecnológico útiles para la planeación de nuevos productos que requieran procesos y equipos nuevos y los pronósticos de la demanda que permiten proyectar los requerimientos del mercado de productos o servicios para orientar la producción, capacidad de la empresa, sistemas de programación y la planeación financiera, de mercadeo y la gestión del talento humano.

La importancia del pronóstico según Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011) radica en que permiten determinar los recursos necesarios, programarlos y adquirirlos en los tiempos y cantidades necesarias, así mismo permite programar la utilización de la maquinaria, los recursos humanos y tiempos de producción de forma eficiente y efectiva para cumplir con la demanda.

2.3.3. Enfoques de pronósticos

Pronosticar la demanda de un bien o servicio en una organización requiere de utilizar o definir el enfoque adecuado para el mismo, Villalobos, Chamorro y Fontalvo (2006) dividen el enfoque de pronóstico en dos , los pronósticos cualitativos y los cuantitativos, los primeros requieren de aspectos subjetivos como la intuición y la experiencia de un grupo relacionado con la venta y distribución del bien o servicio, por otro lado el enfoque cuantitativo requiere del uso de modelos matemáticos apoyados en datos históricos y variables de causa para determinar el pronóstico.

2.3.3.1. Métodos cualitativos

Los métodos para determinar el pronóstico de la demanda con enfoque cualitativo requieren de la experiencia y conocimiento de los involucrados en el proceso de venta de los bienes o servicios, para ello, Chase, Jacobs y Aquilano (2006) proponen entre otras, cinco técnicas descritas a continuación:

- La técnica acumulativa se refiere a que la persona más cercana al cliente o usuario final tiene la suficiente experiencia y conocimiento para determinar las necesidades futuras.
- La investigación de mercados se utiliza principalmente para investigar las preferencias del mercado sobre un bien o servicio con la finalidad de buscar ideas nuevas o de mejora para eliminar o beneficiar los disgustos o gustos de una clase particular de estos.
- Los grupos de consenso se basan en la idea de que un grupo de colaboradores de la organización pueden definir un pronóstico confiable de la demanda, para ello se requiere del uso de reuniones con intercambio de ideas sin restricciones de todos los niveles de la organización.
- La analogía histórica es otra técnica de cálculo de la demanda con enfoque cualitativo en la que se realiza la comparación de la situación ideal de un producto similar y existente en el mercado.
- El método de Delfos es una técnica que tiene su origen en los grupos de consenso con la particular idea que este oculta la identidad de los individuos que participan de la actividad, para ello se utilizan cuestionarios

que luego de ser respondidos se obtienen los resultados y el proceso se repite con preguntas nuevas hasta alcanzar al menos tres rondas.

2.3.3.2. Métodos cuantitativos

Los métodos cuantitativos de pronóstico son aquellos que por medio de modelos matemáticos permiten relacionar la información histórica con lo que pudiese suceder en el futuro, estos se clasifican en modelos de series de tiempo y modelos asociativos.

- Modelos de pronósticos de series de tiempo

Las series de tiempo son secuencias de datos específicos organizados en función de espacios de tiempos iguales (horas, días, semanas, meses, trimestres, semestres, años, entre otros). Estos datos son utilizados para predecir el futuro ya que según Heizer y Render (2009) esta información pasada puede no tomar en cuenta otras variables que pudiesen ser valiosas para realizar el pronóstico. Analizar los datos históricos significa diferenciar los componentes de estos y proyectarlos al futuro, esta diferenciación implica cuatro componentes:

- Tendencia, movimiento gradual de los datos en el tiempo siendo estos hacia arriba o hacia abajo.
- Estacionalidad, patrón repetitivo de los datos después de un período específico de tiempo (días, semanas, meses).
- Ciclos, patrón detectado en los datos que ocurre de forma repetitiva en un período de tiempo medidos en años.

- Variaciones aleatorias, implican señales que no pueden ser precedidas que se dan por casualidad o situaciones inusuales.
- Pronóstico por promedio móvil

El método o modelo de pronóstico de series de tiempo por promedio móvil se utiliza cuando según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) la demanda de un bien o servicio se mantiene estable durante el tiempo. Es decir, que la demanda no presenta estacionalidad ni variaciones rápidas durante el tiempo. Existen dos formas de realizar el cálculo del pronóstico a partir de los promedios móviles, uno implica un promedio simple y el otro un promedio ponderado que utiliza factores de ponderación que son definidos por el responsable de la demanda,

Para determinar el pronóstico por medio del promedio móvil simple se aplica la siguiente expresión matemática.

$$Pronóstico_{n+1} = \frac{\sum Demanda Real en los n periodos anteriores}{n} \quad (Ec. 1)$$

Este cálculo implica determinar el número de períodos (n) ideal siempre y cuando la información histórica no presente patrones específicos o algún tipo de tendencia.

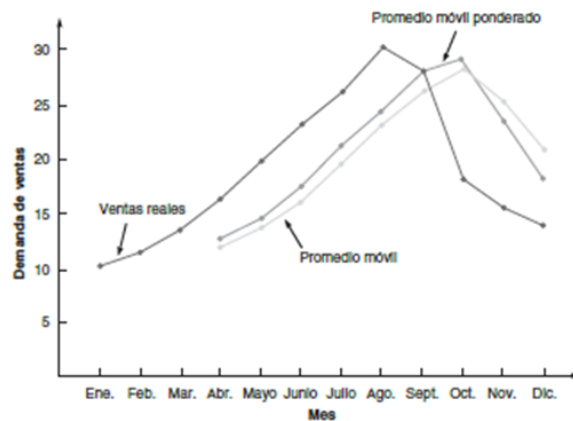
La aplicación de métodos cuantitativos para determinar valores futuros requiere que previo a realizar los cálculos matemáticos los mismos sean graficados para de forma visual poder determinar si estos presentan alguna tendencia o patrón específico durante períodos de tiempo específicos; si esto sucede se hace necesario utilizar ponderaciones para que los pronósticos respondan rápidamente con las variaciones de la demanda. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión.

$$Pronóstico_{n+1} = \frac{\sum (Ponderacion \text{ para el periodo } n)(Demanda \text{ Real para el periodo } n)}{\sum Ponderaciones} \text{ (Ec. 2)}$$

Estos métodos tanto el promedio móvil simple como el ponderado son de utilidad para realizar estimaciones cuando existen variaciones repentinas en el patrón que siguen los datos históricos utilizados (ver figura 3). Sin embargo, según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) estos presentan dificultades con los datos obtenidos, entre ellas se mencionan:

- Cuando se aumenta el tamaño de n, las variaciones de suavizan de mejor manera, pero ante cambios reales en los datos le resta sensibilidad a la metodología.
- Causan retraso en los valores reales ya que su cálculo no refleja las tendencias que pueden tener los datos históricos.
- Se requiere de grandes cantidades de datos históricos para su modelación.

Figura 3. **Demanda real contra promedio móvil y móvil ponderado**



Fuente: Heizer y Render. (2009). *Principios de administración de operaciones*.

- Suavizamiento exponencial

La suavización exponencial según indica Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011), es un método que se basa en la premisa que se puede determinar un promedio nuevo a partir del anterior y de la más reciente demanda que se haya observado, su cálculo se realiza a partir de la siguiente fórmula.

$$Pronóstico_{n+1} = Pronóstico_{n-1} + \alpha(Demanda Real_{n-1} - Pronóstico_{n-1}) \quad (Ec. 3)$$

Donde α es la ponderación o constante de suavizamiento, la cual toma un valor entre 0 y 1 y debe ser determinada por la persona o equipo que se encarga de realizar los pronósticos, aunque, generalmente se parte de un intervalo de 0.05 a 0.50.

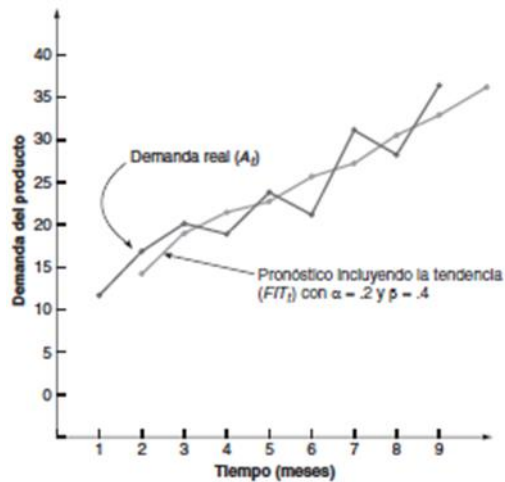
Esta puede afectarse para dar más o menos peso a datos más recientes o anteriores, la selección de esta debe ser el apropiado ya que esto hará la diferencia entre un pronóstico apropiado y uno inapropiado.

Este modelo como cualquiera que involucre promedios móviles falla cuando encontramos tendencia en los datos históricos evaluados, para ello Heizer y Render (2009) propone utilizar el método con una pequeña variante que permita ajustar los retrasos encontrados en la tendencia (ver figura 4). Para ello se requiere el uso de dos constantes de suavizamiento, una para el promedio y otra para la tendencia, la fórmula a aplicar sería.

$$Pronóstico\ incluyendo\ la\ tendencia_{n+1} = PSE + TTSE \quad (Ec. 4)$$

Estableciendo que PSE es el pronóstico suavizado exponencialmente, y TSE es la tendencia suavizada exponencialmente.

Figura 4. **Demanda real contra suavizamiento y ajuste de tendencia**



Fuente: Heizer y Render. (2009). *Principios de administración de operaciones*.

- **Proyecciones de tendencia**

Esta técnica o modelo permite ajustar una recta de tendencia a los datos históricos para luego proyectar dicha recta para obtener los datos futuros en plazos medianos y largos de tiempo, como lo explica Heizer y Render (2009) este modelo permite desarrollar las ecuaciones matemáticas que se ajusten a la tendencia que tengan los datos históricos utilizados para la evaluación, un método común utilizado es el de mínimos cuadrados, la cual se describe de la siguiente manera.

$$\hat{y} = a + bx \quad (\text{Ec. 5})$$

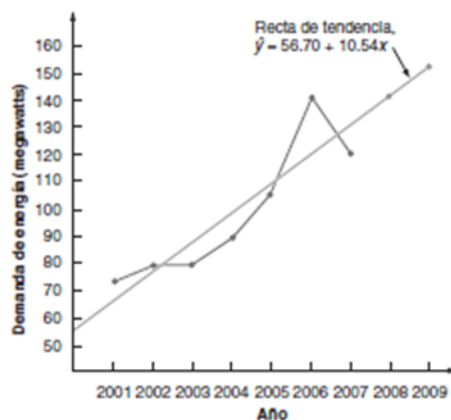
Donde $\hat{y}$ es el valor calculado de la variable que debe pronosticarse (variable dependiente); a determina la intersección sobre el eje y de la recta determinada; b es la pendiente de la tasa de regresión y x es la variable

independiente (período de tiempo). Los valores de a y b se calculan a partir de las siguientes fórmulas.

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (\text{Ec. 6})$$

El uso de este método implica que el responsable de la demanda determine por medio de la gráfica de los datos utilizados la tendencia que presentan los datos a lo largo del tiempo, esto es de suma importancia porque permitirá determinar el tipo de ecuación de tendencia que podrá ser utilizada para realizar la predicción futura (ver figura 5).

Figura 5. **Demanda real contra proyección de tendencia**



Fuente: Heizer y Render. (2009). *Principios de administración de operaciones*.

Luego de determinar la forma que toma los datos históricos o tendencia este método permite aplicar distintas curvas para proyectar la demanda, desde ecuaciones lineales, cuadráticas, cúbicas, o exponenciales entre otras.

- Modelos de pronósticos asociativos

Los modelos de pronóstico asociativos, también conocidos como modelos causales, según Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011) desarrollan una relación causa y efecto entre la demanda y otras variables que no precisamente son el tiempo. La aplicación más común para estos métodos son los modelos de regresión, los modelos econométricos, los modelos insumo-producto y los modelos de simulación.

La principal característica de los pronósticos asociativos es que se utilizan para pronosticar los puntos de inflexión en función de la demanda estableciendo posibles repuntes o recesiones en el largo plazo.

2.3.3.3. Medición del error de pronóstico

Al utilizar métodos cuantitativos sin importar que modelo se aplica es importante determinar la exactitud general del modelo aplicado al realizar la comparación de los valores pronosticados con los valores reales, Heizer y Render (2009) explican que esta medición del error se utiliza para comparar los distintos modelos, vigilar los pronósticos y asegurar el buen desempeño, las tres medidas más populares son:

- MAD, desviación media absoluta: esta mide el error global del pronóstico, su cálculo se determina a partir del promedio los valores absolutos de cada error individual de la predicción.
- MSE, error cuadrático medio: al igual que el MAD mide el error global del pronóstico, pero presenta desventaja en su medición ya que acentúa las

desviaciones más significativas, su cálculo se lleva a cabo como el promedio de los cuadrados de cada error individual de la predicción.

- MAIPE (error porcentual absoluto medio): esta medición permite dimensionar el error medido de mejor manera puesto que el mismo no depende de los datos de entrada, para calcularlo se debe determinar el valor absoluto del error como porcentaje de la demanda real.

2.3.4. Determinación del modelo de pronóstico por utilizar

Para determinar el modelo de pronóstico más adecuado para cada situación en particular se requiere considerar según Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011) los siguientes factores:

- La sofisticación del usuario y del sistema, ya que el modelo de pronóstico debe estar acoplado al nivel de conocimiento del usuario y la condición de los sistemas que estén en uso.
- Tiempo y recursos disponibles, haciendo que la selección del modelo depende del tiempo disponible para la recopilación de los datos.
- Aplicación de la decisión, ya que el modelo debe relacionarse con las decisiones que se requieren en cuanto a exactitud, horizonte de tiempo y el número de conceptos a pronosticar.
- Disponibilidad de los datos, en función a su calidad y la verificación que pueda darse en busca de patrones inusuales o extraños.

- Patrón de datos, esto es de suma importancia porque del dependerá específicamente qué modelo de pronóstico deba utilizarse.

2.3.5. Estrategias para la mejora de la administración de la demanda

Estimar la demanda de bienes y servicios de una organización de forma adecuada requiere de grandes esfuerzos de análisis de información necesarios para impactar directamente en el cumplimiento de los objetivos estratégicos propuestos por la alta dirección. Para ello es importante que el responsable de la demanda de la organización posea información histórica real que le permite mejorar los procesos involucrados en la cadena de suministro y que los responsables de la administración de los procesos productivos puedan proyectar eficientemente todas las actividades necesarias que permitan colocar bienes y servicios a disposición de los clientes o usuarios finales.

Para que estos pronósticos sean cada vez más eficientes y útiles a la organización, Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham (2011) proponen que los procesos de compras y ventas están directamente relacionados en la mejora de la administración de la demanda.

Determinar adecuadamente la demanda de un bien o servicio permite a corto, mediano y largo plazo mejorar los procesos de compra de insumos necesarios para la producción apoyándose en procesos más estratégicos de compra, mejorando la relación con proveedores, generando ventajas económicas cuando se realizan sociedades con las cadenas de suministros de los proveedores, ahorro en los costos de almacenaje cuando el proveedor es quien maneja el inventario de la organización.

Por último, es importante recalcar que la administración de la demanda permite a las empresas mejorar la precisión de los pronósticos, reducir los tiempos de entrega, inversiones de inventario y disminuir la obsolescencia de los productos por un mal pronóstico.

2.4. Administración de inventarios

La inversión necesaria para una adecuada operación de los procesos de producción de toda organización requiere enfocar grandes esfuerzos en mantener existencias necesarias para dicho fin, estas se definen como inventario y generalmente representan un gran porcentaje del activo de la organización y es por ello la importancia de identificar los mejores métodos de gestión de los inventarios.

El objetivo principal de la administración o gestión de los inventarios según Heizer y Render (2009) es encontrar el punto exacto en donde se equilibran la atención de los clientes y los costos relacionados con el mantenimiento y la compra de existencias suficientes para cubrir los requerimientos de los clientes.

La función de los inventarios sin importar su tipo es agregar flexibilidad a las operaciones que consumen estos de una organización, permite la separación de las actividades del proceso de producción, enfrentar de forma adecuada los cambios imprevistos de la demanda e impactar el flujo de efectivo tomando ventaja de las compras de inventarios con descuentos por cantidad y protegerse de los cambios en los precios de estos.

2.4.1. Tipos de inventario

Con el objetivo de cumplir las funciones del inventario estos se clasifican según Heizer y Render (2009) en cuatro tipos de inventarios que toda empresa mantiene:

- El inventario de materias primas comprende todos los insumos necesarios en el proceso productivo para la creación de bienes o servicios, su uso principal es separar a los proveedores del proceso de producción eliminando la variabilidad en calidad, cantidad y tiempos de entrega.
- El inventario de producto en proceso (WIP) por sus siglas en inglés, se compone de todos los insumos que ya han sido procesados parcialmente en el sistema de producción, pero que no se puede considerar como bien o servicio dispuesto a la venta.
- El inventario MRO (mantenimiento, reparación y operaciones) se compone de todos los insumos necesarios para que la maquinaria y procesos productivos se mantengan operando de forma continua.
- El inventario de bienes terminados, constituido por productos completados, que cumplen con las normas de calidad para satisfacer a los clientes y que están a la espera de ser despachados.

2.4.2. Costos del inventario

El mantenimiento de los inventarios requiere una alta inversión pues pueden llegar a representar por lo menos el 50 % de los costos operativos de una organización, Chase, Jacobs y Aquilano (2006) consideran que al tomar cualquier

decisión que afecte el tamaño de cualquier inventario es necesario considerar los siguientes costos:

- Costo de mantenimiento, este incluye los costos necesarios para operar el almacenamiento, manejo, seguros, daños y desperdicios, obsolescencia, depreciación e impuestos, estos favorecen los niveles bajos y la frecuente reposición de estos.
- Costo de configuración o cambio de producción, este se incurre ya que al cambiar la producción de bien a otro es necesario realizar las configuraciones necesarias para continuar con los procesos productivos, estos se favorecen si la configuración del proceso productivo permite tamaños de lote pequeños, tarea importante de la metodología justo a tiempo.
- Costo de pedir, este se incurre cuando se realiza y prepara una orden de compra o producción específicamente en las áreas administrativas y de oficina.
- Costo de faltantes, este se incurre cuando las existencias necesarias para la operación continua del proceso productivo se agotan y que genera paros productivos provocando posibles ventas perdidas e insatisfacción del cliente.

La relación de estos costos y su minimización permite determinar cuál debe ser la existencia óptima que se debe comprar y mantener en los inventarios de la organización.

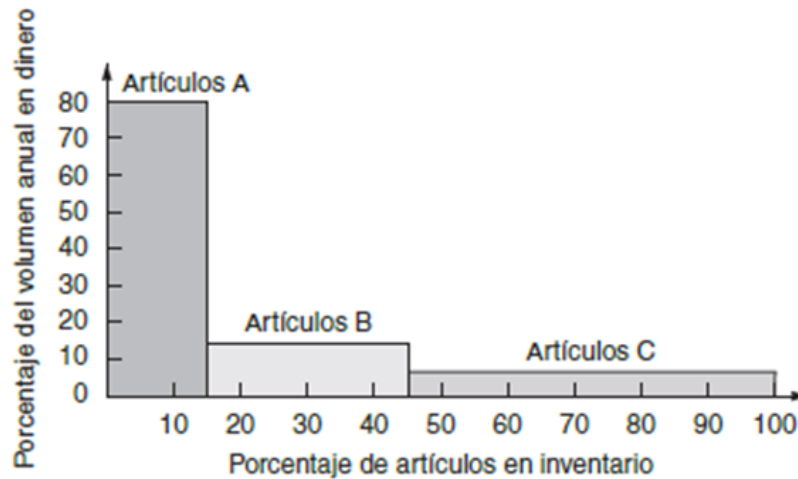
2.4.3. Análisis ABC

La inversión de recursos necesarios para proporcionar la cantidad adecuada de existencias en los inventarios de una organización requiere de mucha atención por parte de los involucrados en la administración de estos. Para ello Heizer y Render (2009) proponen que el paso inicial para determinar el sistema con el que una organización debe administrar sus inventarios requiere de la aplicación del análisis ABC.

Este análisis se basa en el principio de Pareto aplicado a cada uno de los componentes del inventario para dividirlos en tres clasificaciones diferentes en función del volumen (monetario o de cantidad) que representan cada uno de ellos en un período específico, con la finalidad de organizar los esfuerzos financieros en apoyar la mayor inversión en los componentes más cruciales (relación 80) y menores esfuerzos en los componentes triviales (relación 20).

La clasificación se realiza determinando el porcentaje que representa cada uno de los componentes del inventario en función de la inversión que representa la compra y mantenimiento de este. En la figura 6 se observa cómo queda determinada la clasificación de los productos bajo este método.

Figura 6. **Uso del análisis ABC**



Fuente: Heizer y Render. (2009). *Principios de administración de operaciones*.

- Los artículos clase A son los que representan un alto volumen (monetario o de cantidad) y que representan la menor cantidad de componentes del inventario.
- Los artículos clase B son los que representan un volumen medio (monetario o de cantidad) y que regularmente representan el 30 % de los artículos presentes en el inventario.
- Los artículos clase C representan un volumen bajo (monetario o de cantidad) regularmente el 5 % y que generalmente representan el 50 % de los artículos que conforman el inventario.

La ventaja de aplicar el análisis ABC según Heizer y Render (2009) radica en que permite establecer políticas y controles para cada una de las clases determinadas. Estas políticas implican que los recursos de compras que se

dedican al desarrollo de proveedores deben ser mayores para los artículos A que para los artículos C, los artículos A deben tener un mayor control, mayor seguridad y exactitud en sus registros y con una verificación frecuente, y el pronóstico de los artículos clase A debe ser más cuidadoso que para los demás tipos o clases de artículos.

2.4.3.1. Análisis ABC – XYZ

Esta es una variante del análisis ABC que se utiliza como herramienta de control del inventario para generar estrategias de aprovisionamiento. Este análisis según Rushton, Croucher y Baker (2006) se aplica de igual manera que el análisis ABC agregando la regularidad o irregularidad con la que rotan los inventarios a lo largo del tiempo (clasificación XYZ). Para ello es necesario determinar el coeficiente de variación de los consumos reales de cada uno de los componentes del inventario, luego estos se organizan en una matriz ABC - XYZ como la que se muestra en la figura 7.

Figura 7. Matriz ABC - XYZ

Matriz ABC/XYZ	X Demanda estable	Y Demanda variable	Z Demanda Irregular
A Valor de inventario alto	AX	AY	AZ
B Valor de inventario moderado	BX	BY	BZ
C Valor de inventario bajo	CX	CY	CZ

Fuente: Grupo Atox. (2017). *Análisis ABC/XYZ*. Consultado el 20 de septiembre de 2020.

Recuperado de <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/analisis-abc-xyz>.

Finalmente, el análisis ABC y su variación ABC – XYZ permite guiar el desarrollo de las políticas de administración de inventarios, mejorando los pronósticos, el control físico, la confiabilidad en el proveedor y la reducción de los inventarios de seguridad.

2.4.4. Sistemas de control de inventarios

Administrar adecuadamente los inventarios de una organización requiere de la determinación del sistema adecuado de control de inventarios que permita. Según Heizer y Render (2009) establecer las políticas operativas que permitan mantener, solicitar, recibir y controlar las existencias adecuadas de los componentes del inventario de la organización.

2.4.4.1. Modelo de control de inventario de período único

La aplicación de este modelo para administrar las existencias de los inventarios de una organización según Rushton, Croucher y Baker (2006) es aplicable a organizaciones cuya demanda de bienes o servicios es estacional, como por ejemplo productos perecederos o que no pueden mantenerse durante largos períodos, para ello es importante considerar la posición de la utilidad de la organización y cómo puede afectarse el costo marginal de la operación relacionada con las cantidades de pedido que se realicen al proveedor y que no sobrestimen o subestimen la demanda del bien o servicio.

El análisis marginal es el punto de partida para determinar por este modelo el nivel óptimo de existencia de los componentes del inventario, determinando el punto en que el beneficio de comprar la siguiente unidad es menor que el costo de esta unidad considerando la probabilidad que esta unidad se venda o no,

estableciendo las políticas del tamaño de pedido mínimo que minimice el impacto de los costos del inventario y que la probabilidad de no vender lo que se solicita sea menor que está.

Este sistema de inventario es de gran utilidad para gran variedad de aplicaciones como, por ejemplo, reservaciones adicionales para vuelos en líneas aéreas, artículos de moda, artículos para eventos deportivos o musicales o artículos que se vuelvan obsoletos después de cierto tiempo.

2.4.4.2. Modelo de control de inventario de cantidad de pedido fija

Este modelo de control de inventario puede ser aplicado en las organizaciones cuya demanda, tiempo líder, precio por unidad y costo de mantener y preparar es constante y uniforme durante el período de medición, su aplicación permite según Heizer y Render (2009) determinar la cantidad y el momento específico en que se debe realizar un nuevo pedido para recuperar las unidades agotadas del inventario.

Aplicar y construir este modelo para el control de los inventarios de una organización requiere como la mayoría de los modelos determinar la relación funcional de las variables relacionadas con el costo del inventario y determinar la cantidad de pedido óptima que minimice el costo total.

La cantidad de pedido óptimo determinado por medio de este modelo supone que la demanda de bienes o servicios además de ser conocida esta es constante en el tiempo, la realidad es que la demanda varía de un instante a otro. Para ello es importante determinar el nivel de servicio o inventario de seguridad

con el que se requiere atender cada uno de los componentes del inventario para poder atender estas variaciones evitando que el inventario se agote.

Determinar la cantidad óptima de inventario de seguridad, permite al modelo establecer la probabilidad de que un inventario no se agote, para ello es importante determinar las posibles variaciones de la demanda para considerar en los pedidos de los proveedores la cantidad adicional a pedir en función de la incertidumbre de la demanda; cabe resaltar que Heizer y Render (2009) recomiendan que para que este modelo funcione correctamente se debe implementar un sistema de revisión continua de las existencias y las variaciones de la demanda para evitar el agotamiento del inventario.

2.4.4.3. Modelo de control de inventario de períodos fijos

Este modelo de control de inventarios al igual que el modelo de cantidad de pedido fijo según Heizer y Render (2009) puede ser aplicado a la mayoría de las industrias. Para ello se requiere que la revisión de las existencias se realice de forma periódica en intervalos fijos de tiempo y se debe determinar una cantidad de existencia meta que obliga a la organización a realizar la compra de inventario del siguiente pedido en un tiempo igual al período de revisión más el tiempo líder de entrega y la cantidad óptima a solicitar debe ser igual a la cantidad necesaria para reponer la existencia meta fijada.

Este modelo de control de inventarios es de gran utilidad para las organizaciones ya que las cantidades requeridas para reponer el inventario y llevarlo a la existencia meta determinada por la organización se ajusta de acuerdo con la demanda y el intervalo con el que se deben realizar los pedidos siempre

es fijo, no obstante, es necesario siempre considerar el nivel de servicio que permita cubrir posibles cambios no esperados de la demanda.

2.4.5. Estrategias para la mejora de la administración de inventarios

La ejecución de los procesos productivos de la organización de forma efectiva, eficaz y continua requiere que los procesos de compras garanticen la disponibilidad de cada uno de los insumos necesarios para poner a disposición del usuario o cliente final los productos o servicios necesarios para cubrir sus necesidades, para ello se requiere que las organizaciones adopten estrategias de gestión de inventarios que permitan mantener los volúmenes necesarios de inventario para cubrir la demanda y cumplir con los objetivos estratégicos trazados.

2.4.5.1. Sistema EOQ

El sistema EOQ o modelo CEP por sus siglas en español (cantidad económica de pedido), según Manene (2015) este se basa en una demanda constante y conocida para minimizar los costos de inventario al máximo obteniendo la cantidad óptima que se debe solicitar a un proveedor determinado para que los costos de mantenimiento y de ordenar sean los más bajos posibles, para llevar a cabo la aplicación de este sistema es necesario:

- Que la demanda sea conocida, constante e independiente, para que el aporte que realice el modelo sea lo más preciso posible.
- Que no existan descuentos por volumen que no permitan plasmar compras más eficientes en diferentes instantes de tiempo.

- Que el tiempo de reposición del inventario es cero y que cuando se agoten las existencias éstas se repondrán inmediatamente.
- Que la frecuencia de reposición del inventario es constante y no varía en el tiempo.

Estas condiciones suponen que con la aplicación de este modelo o sistema no existe quiebre de inventarios y que siempre se solicitará la misma cantidad de reposición al proveedor, este modelo tiene como ventajas la sencillez de su aplicación y que es un modelo estable a pesar de que utiliza predicciones y estimaciones de la demanda.

2.4.5.2. Sistema POQ

El sistema POQ o modelo de cantidad fija de pedido (CFP) durante el tiempo de producción, según Salazar (2018) se ajusta a las nuevas modalidades de entrega de unidades por parte del proveedor y a la aplicación de los métodos de producción de manufactura o ensamble, realizando entregas de forma parcial a un ritmo constante. Su aplicación es muy similar al sistema EOQ, con la variación que este sistema utiliza períodos de tiempo constantes y cantidad de requerimiento variables según la demanda de producción o venta.

2.4.5.3. Sistema lote por lote (LxL)

Este sistema o técnica, consiste en realizar pedidos a los proveedores iguales a las necesidades netas de cada período; es decir, este método es aplicable cuando es posible manejar inventario en existencia igual a cero, para lograr minimizar los costos de mantenimiento del inventario. Sus características principales son comprar exactamente lo necesario al proveedor para no tener que

trasladar inventarios a períodos futuros y despreciar los costos y las restricciones de capacidad de ordenar pedidos (Salazar, 2018).

2.4.5.4. Sistema MRP

La planificación de recursos materiales o MRP por sus siglas en inglés permite determinar con su aplicación las cantidades de cada uno de los insumos y componentes necesarios para fabricar una determinada cantidad de productos o servicios y el momento en que deben estar disponibles para este fin. Para ello es necesario según Manene (2015) determinar estas cantidades en función del plazo de fabricación o compra de los componentes involucrados. Este sistema requiere de la información obtenida de tres fuentes principales:

- Plan Maestro de Producción (PMP), este contiene la cantidad y fecha en que deben estar disponibles los productos para la entrega al cliente o usuario final, regularmente estos períodos de tiempo son constantes y su uso habitual es en semanas de planificación.
- El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las existencias que están disponibles en un instante de tiempo, el estado de los pedidos en curso o pendientes de ingresar a la bodega para tenerlos como existencias disponibles y las existencias ya comprometidas en el instante de tiempo en que se elabora el estado del inventario.
- La descripción de los componentes y sus cantidades necesarias para obtener un bien o servicio dispuesto para la venta.

Finalmente, como resultado de unir esta información se obtiene, (1) el plan de producción maestro que determinen la fuerza laboral necesaria para cubrir el

plan, (2) el plan de aprovisionamiento que considere el tiempo de entrega de los proveedores y (3) el informe de excepciones que dé a conocer los posibles cambios al plan inicial.

2.4.5.5. Sistema JIT

Este sistema fue desarrollado en Japón durante los años ochenta integrando los procesos de gestión de la producción y de los inventarios. Este sistema se fundamenta en la premisa de que no es necesario fabricar un bien o servicio hasta que este se requiera, según Heizer y Render (2009) debe existir un requerimiento confirmado por parte del cliente para generar una orden de fabricación que permita tener a disposición el bien o servicio para su entrega el usuario final; este sistema beneficia a la organización en el impacto de la inversión y mantenimiento de las existencias ya que los niveles de *stock* se minimizan.

Otra ventaja que proporciona este sistema es que conduce a la organización a eliminar los desperdicios relacionados con el proceso productivo y el mantenimiento de los inventarios, para ello es importante que los departamentos de compras de las organizaciones realicen negociaciones contractuales que permitan la entrega de los pedidos en los momentos exactos que requiere el proceso productivo y en las cantidades requeridas y con las especificaciones de calidad requeridas.

2.5. La cadena de suministro

La cadena de suministro está conformada por cada una de las actividades involucradas para llevar a cabo la venta de un bien o servicio, desde la búsqueda y compra de los componentes del producto, el proceso productivo, el

almacenamiento y la distribución del bien o servicio al usuario final y cada una de las actividades auxiliares necesarias para cumplir este fin.

Administrarla de forma correcta y adecuada permite que todas las actividades involucradas sean parte importante en el logro de los objetivos estratégicos de la organización.

Los procesos relacionados con la cadena de suministro y su gestión tienen como base la planeación estratégica de la organización, de tal manera que permita lograr que cada una de las pequeñas cadenas de suministro de los procesos involucrados de la organización logren acuerdos para alcanzar el éxito propuesto por la organización permitiendo reaccionar a los repentinos cambios de la demanda, y utilizar según Heizer y Render (2009) sistemas óptimos de logística tanto de entrada como de salida, la especialización del manejo de los impuestos, fletes, aduanas y aspectos políticos.

También es necesario la confianza para lograr eficiencia y efectividad, entablando relaciones entre los involucrados que permitan compartir información generando transparencia y visibilidad construidas sobre la confianza mutua, las relaciones positivas y la compatibilidad en la cultura organizacional.

Administrar efectivamente la cadena de suministro requiere que la organización considere los siguientes aspectos:

- Datos precisos de jalar, estos se generan al compartir la información de los puntos de venta para generar una programación efectiva.
- Reducción del tamaño del lote, desarrollando embarques económicos menores que una carga de unidad completa, otorgamiento de descuentos

con base en volumen total anual y no en el tamaño de los embarques y reducción de costos de ordenar por compra anticipada.

- Reabastecimiento en una etapa, esto significa que el monitoreo y manejo del inventario se realice por un miembro de la cadena con base en el jalar para evitar generar información incorrecta.
- Inventario administrado por el proveedor, utilizando uno varios proveedores locales para mantener el inventario del fabricante entregando estos directamente al departamento que usa dicho inventario.
- Pedidos por contrato, generando acuerdos para comprar ciertos artículos a un proveedor, que se liberarán hasta que se den las instrucciones por parte del comprador.
- Estandarización, buscando la mayor cantidad de componentes con similares características que puedan convertirse en la menor cantidad de componentes distintos.
- Aplazamiento, este consiste en el retraso del mayor tiempo posible de cualquier modificación o personalización del producto minimizando los cambios en el sistema productivo y maximizando los cambios a nivel externo.
- Envío directo, mejorando los costos y tiempos de reenvío utilizando los canales directos de los proveedores hacia el usuario final.
- Instalación de paso, es decir, centros de distribución de productos terminados manejados por operadores logísticos.

- Ensamble en canal, muy similar a la instalación de paso, pero en este caso se envían componentes y módulos individuales en vez de productos terminados para que este distribuidor ensamble, pruebe y envíe.

En función que las empresas buscan aumentar su participación en el mercado mediante estrategias de calidad, personalización, reducción de costos y la reacción rápida ante los cambios de la demanda, van dando la importancia que requiere la cadena de suministro, volviéndose más efectivos entre más rápido convierten a los proveedores en socios como parte de la estrategia del negocio.

2.5.1. Objetivo de la cadena de suministro

Cumplir y superar los requerimientos de los clientes o usuarios finales de manera que la organización aumente sus ingresos a través del incremento de las ventas debe ser el objetivo principal de la cadena de suministro, para cumplir este objetivo según Pires y Carretero. (2007) se requiere de:

- Ser flexibles ante los cambios no previstos de la demanda.
- Determinar los canales óptimos de comunicación y coordinación.
- Reducir o eliminar las pérdidas en el proceso productivo.
- Eficientizar la gestión de los inventarios.
- Cumplir con los requerimientos de los clientes tanto en cantidad como en tiempo optimizando los tiempos necesarios para la distribución de los bienes o servicios.

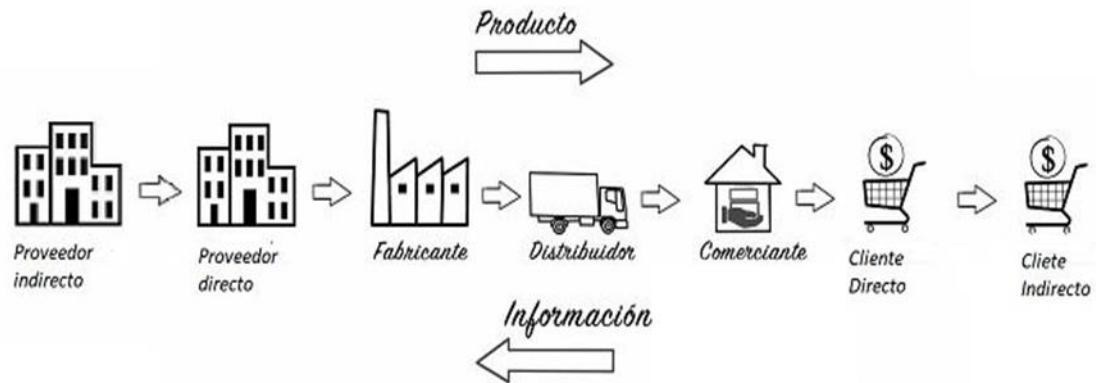
La gestión de la cadena de suministro requiere del cumplimiento de estas actividades para mantener el cumplimiento de su objetivo, esto requiere que este proceso sea dinámico manteniendo un flujo de información continuo en todo el proceso y las relaciones entre proveedores, clientes y miembros internos controladas.

2.5.2. Componentes de la cadena de suministro

Los componentes fundamentales de la cadena de suministro según Heizer y Render (2009) como se muestra en la figura 8 deben ser:

- Proveedores capaces de suministrar insumos, bienes o servicios a la organización.
- Transporte necesario para movilizar de un punto a otro insumos, bienes y materias primas.
- Productores capaces de convertir entradas en salidas dispuestas para su uso.
- Clientes, aquellos cuyas necesidades deben estar cubiertas.
- Comunicación, característica básica para que las operaciones entre cada elemento de la cadena fluyan y se desarrollen correctamente.
- Tecnología, para la optimización del tiempo invertido en realizar las tareas requeridas.

Figura 8. Ejemplo de cadena de suministro



Fuente: Chávez. (2017). *Supply Chain Management*. Consultado el 23 de septiembre de 2020.

Recuperado de

<http://evaluador.doe.upv.es/wiki/index.php/Definici%C3%B3ndeCadenadeSuministro>.

2.5.3. Actividades de la cadena de suministro

Las actividades relacionadas con la cadena de suministro regularmente son las mismas, pero es importante recalcar que estas también dependen del tipo de producto o servicio que se está proporcionando al usuario final. En algunos casos será necesario realizar actividades de producción, compra o distribución y en otras posiblemente solo la compra y distribución, sin importar el tipo de cadena en función al bien o servicio estas deben según Heizer y Render (2009) al menos realizar las siguientes actividades para alcanzar su objetivo:

- Planeación del proceso productivo
- Gestión de los inventarios
- Procesar órdenes de compra
- Despachar

- Dar seguimiento a los imprevistos
- Dar seguimiento al cliente
- Generar garantías del bien o servicio
- Procesar pagos

Finalmente es importante recalcar que estas actividades mínimas de cualquier tipo de cadena de suministro requieren que los responsables de la gestión las conozcan, controlen, mejoren e implementen cambios dentro de un proceso de mejora continua que permitan cumplir con las estrategias definidas por la alta dirección.

2.5.4. Estrategias de mejora de la cadena de suministro

Una de las metas de la cadena de suministro es lograr generar relaciones a largo plazo con todos los miembros involucrados en la misma incluyendo las cadenas de suministro de los proveedores estratégicos de la organización, de una forma ética y socialmente responsable, para lograr esta meta u objetivo Heizer y Render (2009) proponen las siguientes tres estrategias:

- Reducir costos en la compra de los componentes de los inventarios de la organización generando la competencia entre muchos proveedores para obtener la oferta más baja, aunque la finalidad es lograr relaciones a largo plazo esta estrategia podría permitir generar mayor margen de utilidad al reducir los costos de inventario.
- Pocos proveedores, esta implica que se busca una mejor posición de formar relaciones de largo plazo con proveedores dedicados que buscar atributos de corto plazo, provocando la sociedad de estos para que sean parte del desarrollo y cumplimiento de los objetivos estratégicos de la

organización, aunque su limitante está que al momento de tener que realizar un cambio de socio su costo es sumamente alta

- Integración vertical, esta estrategia implica desarrollar la habilidad para producir bienes o servicios que antes se compraban o comprar un proveedor o distribuidor, esto generando la oportunidad de reducir costos, adquirir calidad y mejorar los tiempos de entrega.

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología propuesta para resolver el problema planteado se desarrolló en cuatro fases principales que en función de su adecuada realización permitieron cumplir con los objetivos de investigación. A continuación, se describe la forma en que se llevó a cabo cada fase.

3.1. Fase 1: Revisión documental del estado del arte y marco teórico

Previo a llevar a cabo el trabajo de campo de la investigación, fue necesario recolectar información de la literatura existente para estructurar el marco teórico que fundamentó la investigación y permitió proporcionar una guía para la solución más adecuada según la identificación y el planteamiento del problema. Para ello, en esta fase se realizó la observación indirecta de la literatura consultada y redacción de síntesis, resúmenes y extractos de información, de fuentes bibliográficas y digitales relacionados con el tema.

3.2. Fase 2: Descripción de procedimientos existentes y determinación de la muestra de estudio por análisis bajo la metodología ABC / XYZ de las toneladas métricas de producción

El estudio se inició describiendo los procedimientos de planificación de la producción, compra de materia prima y material de empaque y el control de inventarios que utiliza la empresa Mantra, para determinar la situación existente, con la finalidad de detectar las causas de la ineffectividad del proceso de planificación de la producción que provocan la insatisfacción del cliente y los resultados de los indicadores de control establecidos para este fin. Así mismo, el

análisis de los procedimientos de compra de materia prima, material de empaque y control de inventarios se realizó con la finalidad de determinar cómo estos impactan en el manejo de la producción y los recursos financieros necesarios para la operación de la planta de producción.

Para comprender la forma en que se realizan estos procedimientos fue necesario utilizar el análisis documental de los procedimientos existentes establecidos en el manual de calidad y manual de operaciones con los que cuenta la empresa. Esto junto con la observación indirecta, permitieron comprender claramente el flujo en el que son realizadas las actividades antes mencionadas.

Con el análisis de la información recopilada se pretendió obtener la relación existente entre los diversos factores involucrados para detectar las causas que permitan describir la ineffectividad del proceso de planificación de la producción y dar cumplimiento a la primera parte de la fase planteada.

La segunda parte de esta fase se llevó a cabo a través de la revisión documental de los datos históricos de la cantidad de toneladas métricas producidas por trimestre de los años 2017 al 2020 para determinar el tamaño de la muestra utilizando la metodología ABC / XYZ, que se explica en el apartado siguiente. Para llevar a cabo la recolección de estos datos se utilizó un formato elaborado en el programa informático Microsoft Excel.

3.2.1. Determinación de la muestra

Debido a que la investigación pretendió determinar un modelo estadístico de pronóstico de la demanda que permita eliminar la ineffectividad del proceso de planificación de la producción, la muestra de estudio se determinó por medio de

la clasificación ABC / XYZ de los productos por presentación de la empresa Mantra, utilizando los productos que tomen la siguiente clasificación:

Tabla II. **Determinación de la muestra por clasificación ABC / XYZ**

	X	Y	Z
A	AX	AY	AZ
B	BX	BY	BZ
C	CX	CY	CZ

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El tamaño de la muestra quedó determinado por los productos y presentación que recaen sobre la clasificación AX, AY, BX, BY según la tabla II. La metodología que se utilizó para realizar dicha clasificación llevo el siguiente procedimiento:

Para determinar la clasificación ABC se requirió en primer lugar utilizar el diagrama de Pareto o relación 80-20. Para lograrlo se determinó el porcentaje de producción acumulada de cada producto ordenado de mayor a menor en función de la cantidad de toneladas métricas totales durante los períodos de evaluación. Luego de realizado estos cálculos se clasificaron los productos según el porcentaje acumulado obtenido según los siguientes criterios:

- Productos A – los que se encuentren entre 0 y 80 %
- Productos B – los que se encuentren entre 80 % y 95 %
- Productos C – los que se encuentran por encima del 95 %

Por otro lado, para determinar la clasificación XYZ se requirió determinar el coeficiente de variación de cada producto y presentación. Esto dio como resultado la clasificación según los siguientes criterios:

- Productos X – los que se encuentren entre 0 y 30 %
- Productos Y – los que se encuentren entre 30 % y 60 %
- Productos Z – los que se encuentren por encima de 60 %

3.3. Fase 3: Descripción del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto y su elaboración

La fase anterior fue fundamental para identificar los productos y presentaciones que serán sujetos de análisis para la determinación de los modelos estadísticos de pronóstico de la demanda que se ajusten mejor a cada uno de los productos o grupo de productos analizados.

Así mismo se determinó el nivel de servicio para cada uno que permitan llevar a cabo la propuesta de solución que permita eliminar la infectividad en el proceso de planificación de la producción, impactando en los beneficios propuestos de la investigación en los procesos de planificación de la producción, administración de los inventarios, manejo de los procesos de compra de materias primas y material de empaque y en el control del flujo de efectivo para que los procesos productivos se ejecuten de la mejor manera que permita mantener la satisfacción del cliente y la reducción de costos con el manejo adecuado de los planes de producción.

Para llevar a cabo este análisis estadístico se tomó como base los modelos cuantitativos de pronóstico de series de tiempo aplicando los métodos de

promedios móviles, suavizamiento exponencial y proyección de tendencia, analizando adicionalmente los errores de cada modelo para determinar cuál es el modelo con menor error y proponerlo como solución para el pronóstico de la demanda de cada producto o grupo de productos analizados.

Los resultados de esta fase del trabajo de investigación permitieron plantear la propuesta de solución para la mejora del proceso de planificación de la producción en base a los métodos analizados y proponer la ejecución del análisis estadístico como control para la determinación de las necesidades a mediano plazo del plan de producción, compra de materia prima y material de empaque, requerimiento de recurso humano y recursos financieros para mantener la ocupación de la planta durante todo el año a su mayor capacidad evitando tiempos muertos o paros ociosos del proceso de producción.

3.4. Fase 4: Descripción de la evaluación de los resultados proyectados obtenidos

Como inicio de esta última fase de la investigación, se explicaron los beneficios en la mejora de los procesos de planificación de la producción, solicitud y compra de materia prima y material de empaque, control de inventarios, manejo del recurso humano, ocupación de la planta y el impacto en el flujo de efectivo que la empresa Mantra podría obtener al utilizar la propuesta de modelo de pronóstico de la demanda para cada producto y presentación, determinados en la fase anterior. Esto se realizó a través de una simulación del proceso de planificación de producción existente contra la propuesta de mejora en dicho proceso.

Finalmente, se explicaron los beneficios que podría obtener la empresa en el indicador OEE comparando los resultados existentes con la proyección de

dicho indicador obtenido de la simulación del proceso de planificación de producción propuesto, determinando el porcentaje de variación porcentual que se pudiera obtener.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se presentan los resultados de la investigación realizada en función de cada objetivo planteado.

4.1. Clasificación de *SKU'S*

La aplicación de la técnica ABC con el apoyo del análisis XYZ para la administración de inventarios es útil para concentrar recursos en los productos que aportan el mayor beneficio a la compañía. Esta técnica se basa en el diagrama de Pareto y la consideración de la variación de la demanda con la finalidad de segmentar de mejor manera los productos.

Este análisis se basa en primer lugar en el cálculo del porcentaje acumulado de producción, venta o existencia de un producto en particular para darle su clasificación ABC y posteriormente analizar la variación de los mismos durante los períodos de análisis para realizar una segunda clasificación, esto con la finalidad de realizar un conglomerado de productos que permita desarrollar y aplicar de mejor manera el pronóstico relacionado con cada tipo de producto o insumo involucrados en el inventario, producción o venta.

Para satisfacer el primer objetivo planteado se realizó una clasificación de los *SKU'S* de los productos que la empresa Manttra tiene en su catálogo de producto realizando lo siguiente:

- Se realizó una separación de los productos fertilizantes granulados y enmiendas en polvo con la finalidad de eliminar posibles errores en el

análisis estadístico o sesgo dentro de la determinación de los resultados esperados.

- Se realizó un análisis de la información recolectada de las toneladas métricas producidas durante los años 2017 al 2020 organizando los datos en forma trimestral para el desarrollo de la investigación.
- Se realizaron los cálculos estadísticos necesarios para aplicar la técnica ABC / XYZ con la finalidad de agrupar los productos bajo la clasificación AX, AY, BX, y BY que determinarán la muestra para las pruebas necesarias para dar cumplimiento al segundo objetivo planteado.

4.1.1. Aplicación de la técnica ABC / XYZ

La clasificación ABC / XYZ se realizó para los 51 *SKU'S* del proceso de fabricación de enmiendas en polvo y 167 *SKU'S* del proceso de producción de fertilizantes granulados utilizando la metodología planteada en el marco teórico del presente trabajo de investigación (ver sección 2.4.3. Análisis ABC).

La clasificación ABC se realizó por medio del porcentaje de producción acumulado de los productos tanto de enmiendas en polvo como fertilizantes granulados de los 16 trimestres de los años 2017 al 2020, así mismo la clasificación XYZ se determinó a partir del coeficiente de variación de estos, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla III. **Clasificación ABC / XYZ en unidades de SKU'S**

Enmiendas en polvo				Fertilizantes granulados			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	3.00	1.00	1.00	A	15.00	15.00	6.00
B	1.00	5.00	7.00	B	6.00	12.00	16.00
C	-	5.00	28.00	C	1.00	16.00	80.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla IV. **Clasificación ABC / XYZ en % del total de SKU'S**

Enmiendas en polvo				Fertilizantes granulados			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	63.83 %	6.85 %	4.94 %	A	41.94 %	29.03 %	8.75 %
B	1.04 %	10.84 %	7.33 %	B	3.31 %	4.76 %	7.20 %
C	0.00 %	1.29 %	3.88 %	C	0.04 %	1.72 %	3.25 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tabla V. **Clasificación ABC / XYZ en TM producidas**

Enmiendas en polvo				Fertilizantes granulados			
	X	Y	Z		X	Y	Z
A	92,625.95	9,933.00	7,161.93	A	97,350.39	67,388.17	20,299.50
B	1,515.30	15,733.12	10,637.94	B	7,691.56	11,056.36	16,705.08
C	-	1,871.45	5,629.30	C	89.00	3,989.13	7,540.10

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Luego de la determinación de estas matrices de clasificación ABC / XYZ se determina el tamaño de la muestra necesaria para la realización del análisis estadístico de pronóstico para satisfacer el tercer objetivo planteado, para ello se obtiene la siguiente tabla de clasificación y tamaño de muestra.

Tabla VI. **Determinación del tamaño de muestra**

Enmiendas			Fertilizantes		
Clasificación	SKU	Conteo	Clasificación	SKU	Conteo
AX	P005001	3.00	AX	P005002 P005025 P005053	15.00
	P005002			P005003 P005027 P005054	
	P005003			P005006 P005028 P150016	
				P005019 P005034 P150024	
AY	P100001	1.00	AY	P005021 P005052 P152901	15.00
				PG00001 P100020 P100019	
				P100001 P005038 P150011	
				P005037 P100021 P100008	
BX	P005007	1.00	BX	P100013 P150029 P050004	6.00
				P100026 P152907 P005032	
BY	P125001 P125002	5.00	BY	P150014 P152915 P150018	12.00
	P004501			P150030 P005026 P005014	
	P005004			P100006 P152903 P005033	
	P005005			P005023 P005024 P150022	
Tamaño de Muestra		10.00	Tamaño de Muestra		48.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Las tablas III, IV, V, VI representan las matrices necesarias para corroborar la muestra determinada para su análisis, en la tabla III encontramos para ambos grupos clasificados la cantidad de SKU'S que conforman la muestra, la tabla IV en función al porcentaje representativo del total analizado, la tabla V muestra las Tm que representan cada grupo de clasificación y finalmente la tabla V especifica por cada grupo y subgrupo de la muestra los SKU'S que pertenecen a cada uno de ellos.

4.2. Nivel de servicio

La probabilidad esperada de no llegar a una situación de quiebre de inventarios o desabastecimiento durante el siguiente ciclo de reabastecimiento se conoce como nivel de servicio. En la gestión de la cadena de suministro es un valor que permite determinar la cantidad de producto que se debe mantener listo en bodega para atender cualquier imprevisto dentro del proceso normal de producción o venta durante los períodos de reabastecimiento determinados por la duración del ciclo o *lead time*.

Es importante aclarar que este concepto es relevante en procesos de producción, compra o venta donde la demanda futura es incierta. Para satisfacer el cumplimiento del segundo objetivo planteado se realizó el cálculo y análisis del nivel de servicio determinado a partir de la optimización de los costos de mantenimiento por unidad durante el tiempo de entrega y el costo marginal por unidad de la falta de existencias, sin dejar a un lado el tiempo de reposición (*lead time*) de cada uno de los *SKU'S* analizados, para ello se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla VII. Nivel de servicio por clasificación ABC / XYZ

Enmiendas en polvo			Fertilizantes granulados		
Clasificación	Rango de N.S.		Clasificación	Rango de N.S.	
AX	88.00 %	97.00 %	AX	89.00 %	97.00 %
AY	78.00 %	88.00 %	AY	82.00 %	89.00 %
BX	73.00 %	78.00 %	BX	67.00 %	82.00 %
BY	50.00 %	73.00 %	BY	50.00 %	67.00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Estos resultados representados en la tabla VII muestran los rangos de nivel de servicio en que deben ser atendidos los productos propios de cada grupo y subgrupo analizado para así cubrir las posibles variaciones en la demanda real durante cada período futuro.

4.3. Pronóstico de la demanda

La predicción de lo que posiblemente sucederá en el futuro tomando en consideración el histórico o pasado de lo ya ocurrido se le conoce como pronóstico, en toda organización que se dedique a la producción, compra venta y comercialización de bienes y servicios se utilizan para predecir la demanda futura que le puede permitir proyectar la inversión en los inventarios necesarios para solventar las necesidades futuras de consumo o entrega de productos y servicios, con la finalidad de mantener en alto la satisfacción del cliente. En esta sección se presentan los resultados obtenidos para satisfacer el tercer objetivo propuesto para cumplir con el trabajo de investigación.

4.3.1. Formulación de pronósticos de la demanda

La formulación de los pronósticos de la demanda se realizó a partir de la muestra obtenida de la aplicación de la técnica ABC / XYZ (ver sección 4.1.1. Aplicación de la técnica ABC / XYZ), configurando la data inicial en un período de 16 trimestres y expresada en toneladas métricas de producción.

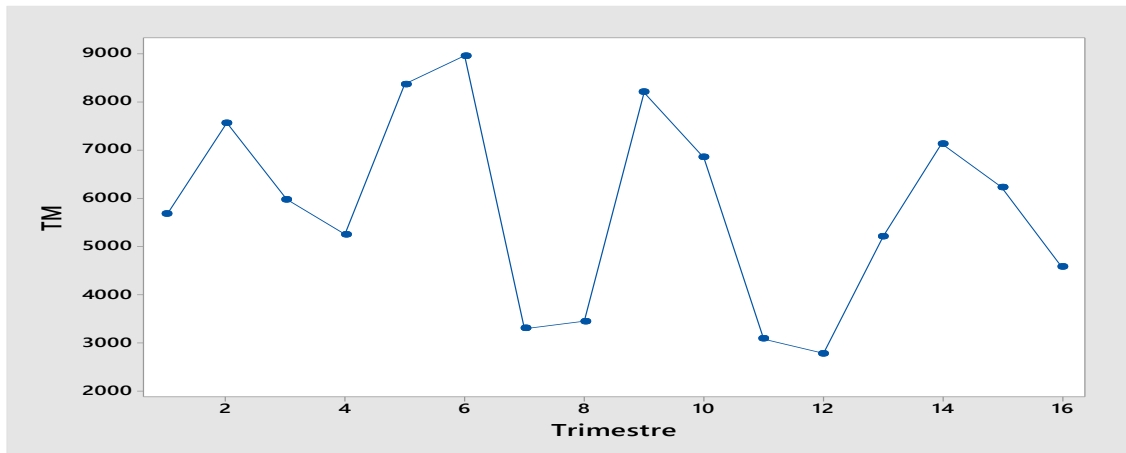
Tabla VIII. Series de tiempo por clasificación ABC / XYZ

Período	Enmiendas en Polvo				Fertilizantes Granulados			
	AX	AY	BX	BY	AX	AY	BX	BY
2017-1T	5,673.20	561.00	174.70	1,311.80	6,304.56	671.40	559.54	904.99
2017-2T	7,568.00	1,195.00	162.85	969.88	7,109.40	964.25	578.81	547.60
2017-3T	5,974.75	375.00	149.60	1,658.55	9,332.85	2,253.05	530.25	1,157.40
2017-4T	5,248.75	1,120.00	229.00	944.72	9,065.88	2,752.75	255.00	500.75
2018-1T	8,371.35	1,125.00	217.80	2,447.15	5,974.80	3,135.80	622.45	1,445.26
2018-2T	8,953.05	150.00	-	1,578.88	9,715.65	7,874.80	280.25	1,206.33
2018-3T	3,298.65	-	58.05	1,113.16	4,309.38	5,428.30	824.45	822.26
2018-4T	3,445.40	75.00	203.85	306.00	3,277.17	3,132.68	621.75	1,054.85
2019-1T	8,204.95	3,175.00	161.30	362.64	5,176.89	2,325.12	362.55	598.70
2019-2T	6,851.50	-	-	646.44	5,557.10	6,232.50	371.76	414.65
2019-3T	3,090.15	350.00	-	93.42	5,084.08	4,582.00	573.05	466.95
2019-4T	2,781.00	1,578.00	158.15	550.93	2,152.47	1,409.60	148.16	176.95
2020-1T	5,210.70	-	-	277.66	3,598.60	3,901.99	417.50	127.25
2020-2T	7,136.55	179.00	-	293.18	8,053.35	9,130.20	426.55	598.62
2020-3T	6,232.65	-	-	2,041.72	7,068.60	7,305.85	561.50	458.54
2020-4T	4,585.30	50.00	-	1,137.03	5,569.60	6,287.87	558.00	575.26

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Tomando como base la data inicial resumida en la tabla VIII se realizan gráficas de serie de tiempo para poder evaluar las características (patrones de la demanda) para cada uno de los grupos evaluados y así poder utilizar el mejor modelo estadístico de pronóstico de la demanda para cada uno de los grupos, para esto se utilizó el programa informático Minitab 18.

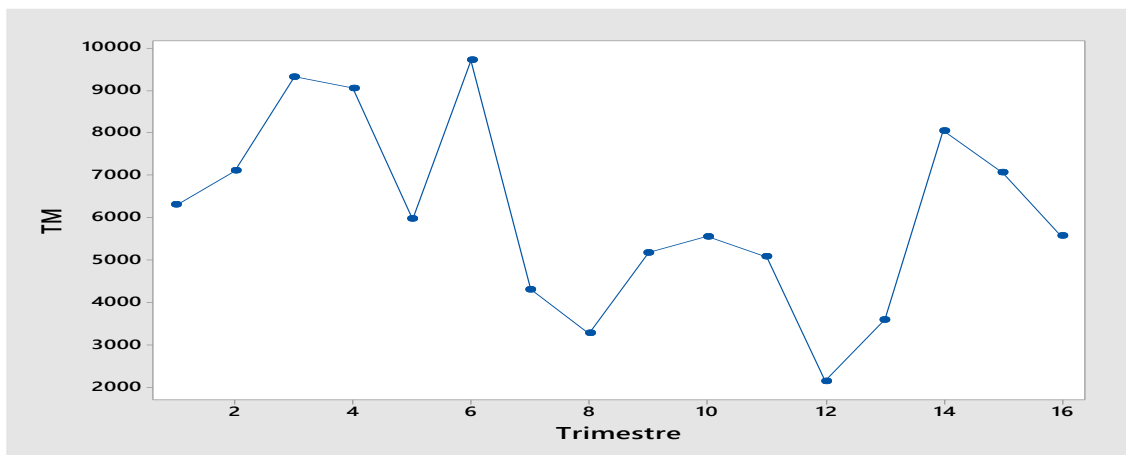
Figura 9. **Series de tiempo para SKU'S AX de enmiendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Según se puede observar para la figura 9, el grupo de productos enmiendas bajo la clasificación AX muestran un patrón estacional con picos y valles constantes durante 2 períodos de medición.

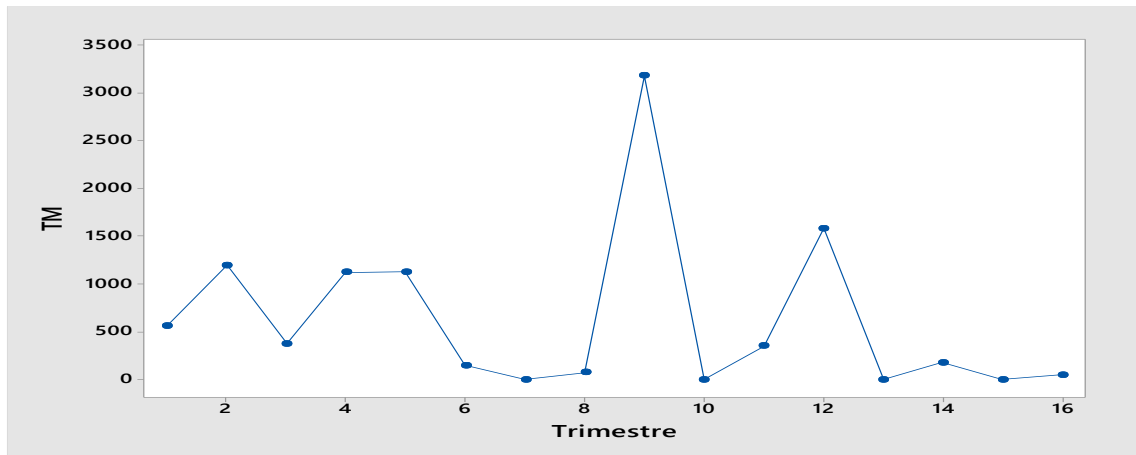
Figura 10. **Series de tiempo para SKU'S AX de fertilizantes**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

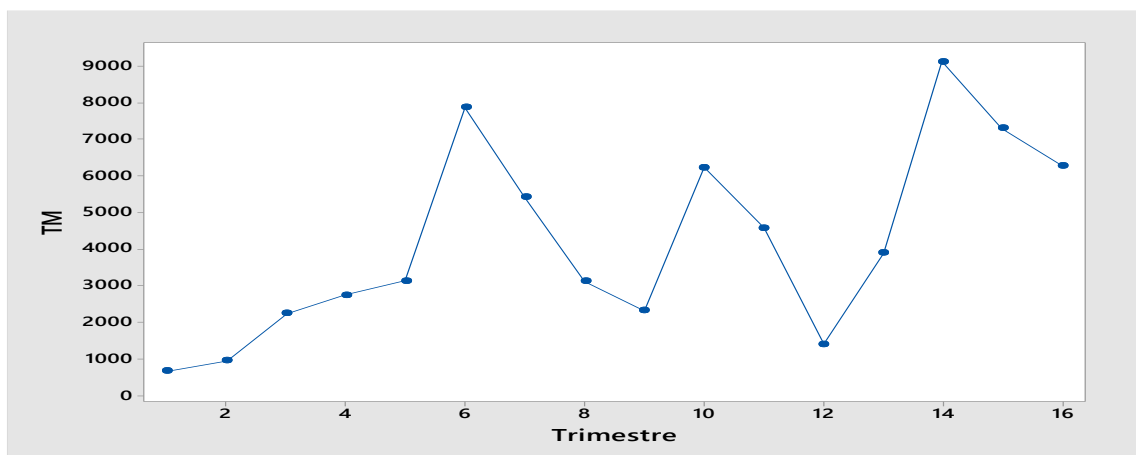
La figura 10 nos muestra que los productos fertilizantes bajo la clasificación AX muestran un patrón cíclico con tendencia hacia la baja.

Figura 11. **Series de tiempo para SKU'S AY de enmiendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

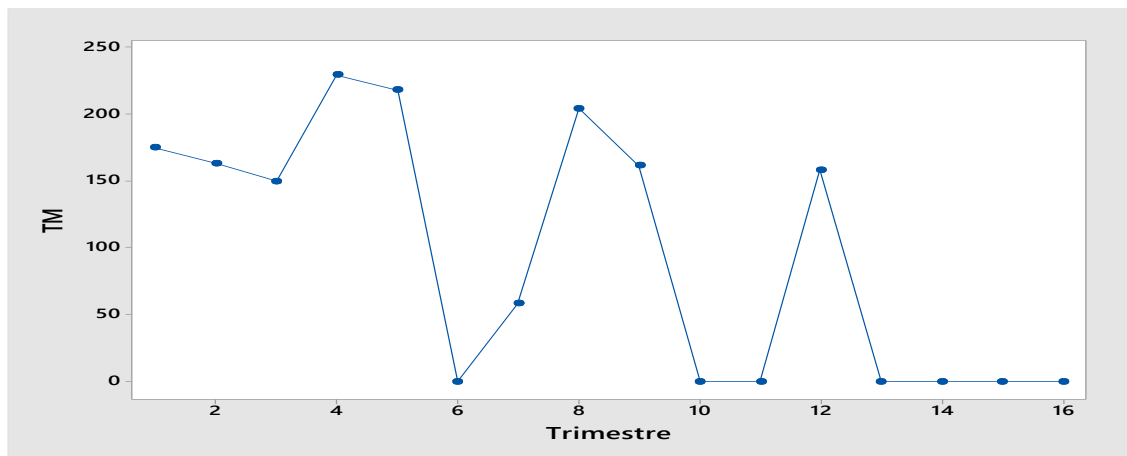
Figura 12. **Series de tiempo para SKU'S AY de fertilizantes**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

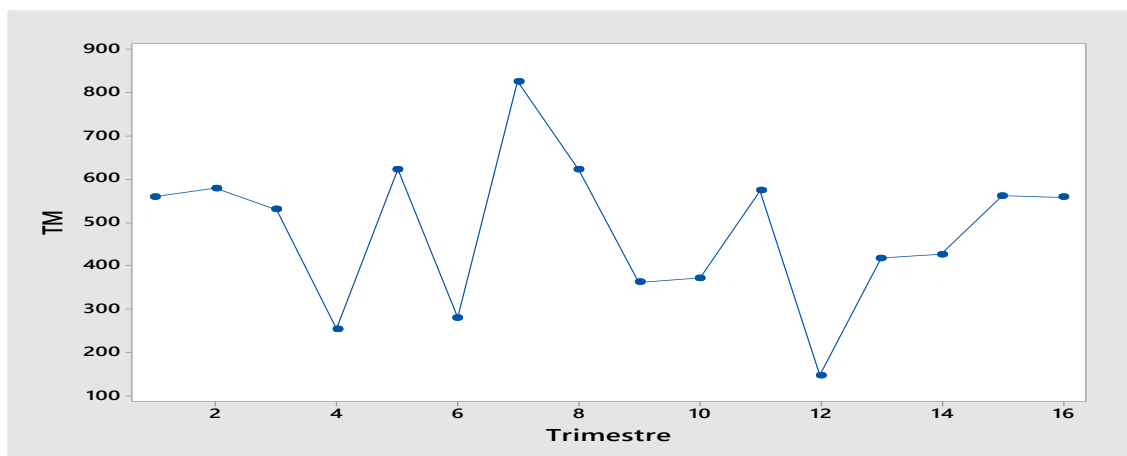
Las figuras 11 representando las series de tiempo para los productos bajo clasificación AY de enmiendas y fertilizantes muestran un patrón horizontal a pesar de tener picos y valles durante el paso del tiempo.

Figura 13. **Series de tiempo para SKU'S BX de enmiendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

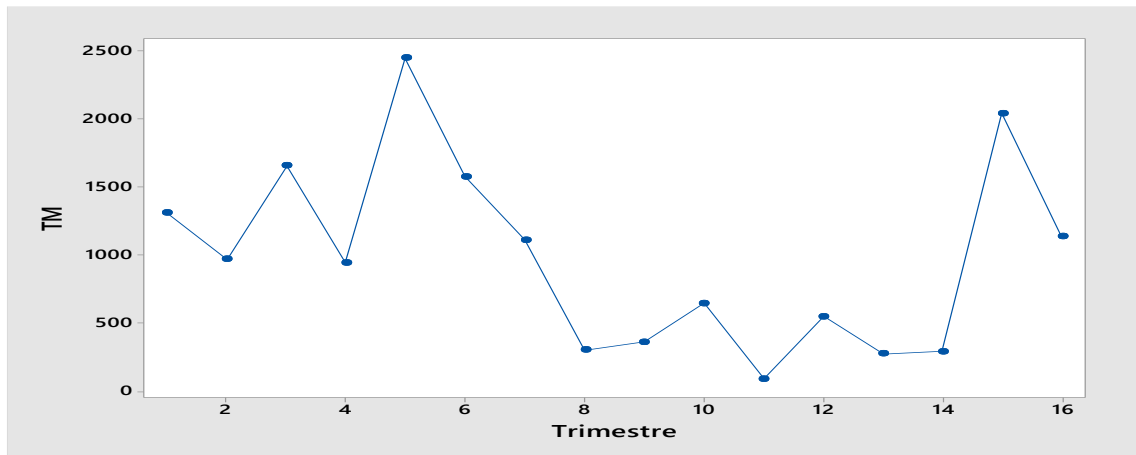
Figura 14. **Series de tiempo para SKU'S BX de fertilizantes**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

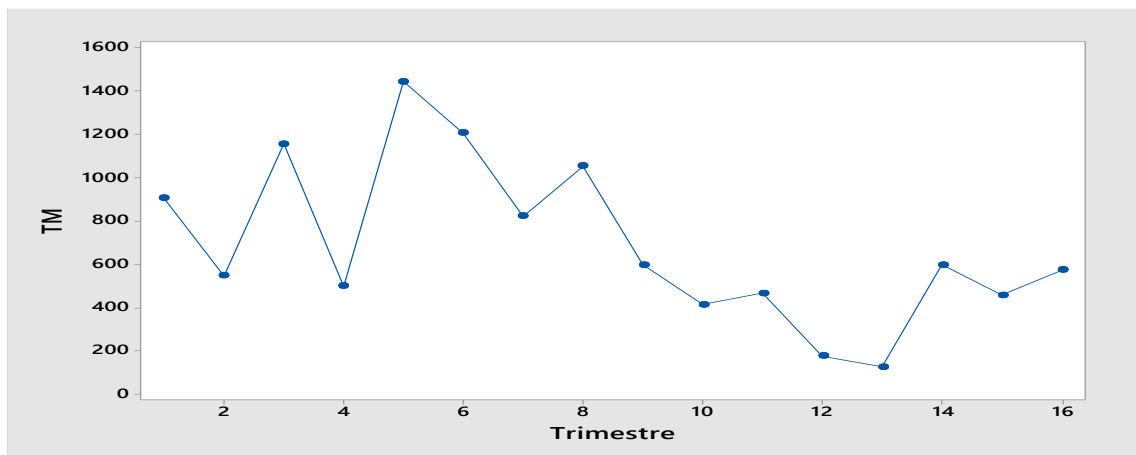
Los productos tanto fertilizantes como enmiendas que cayeron bajo la clasificación BX muestran también un patrón horizontal con una pequeña tendencia a la baja a lo largo del horizonte tiempo.

Figura 15. **Series de tiempo para *SKU'S* BY de enmiendas**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Figura 16. **Series de tiempo para *SKU'S* BY de fertilizantes**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Finalmente, los productos bajo la clasificación BY tanto para los grupos fertilizantes como enmiendas, presentan un patrón de tendencia hacia la baja en el horizonte tiempo.

Este análisis realizado por medio de gráficas de series de tiempo permitió tener información importante sobre las características de la demanda propias de cada grupo y subgrupo evaluado como la estacionalidad, ciclicidad y tendencia para la parametrización de los métodos estadísticos de análisis utilizados para la determinación del mejor modelo de pronóstico aplicable a cada uno de ellos.

4.3.2. Selección del modelo de pronóstico de la demanda

Para determinar el modelo de pronóstico de la demanda óptimo para cada grupo de evaluación, se sometieron las muestras a los siguientes métodos estadísticos de pronóstico de series de tiempo con el programa informático Minitab 18:

- Método de regresión lineal
- Método de regresión cuadrática
- Método de regresión exponencial
- Método de Pearl – Leed o curva S
- Método de promedio móvil
- Método de suavizamiento exponencial simple
- Método de suavizamiento exponencial doble
- Método de *Winters* multiplicativo
- Método de *Winters* aditivo

Es importante mencionar que algunos métodos no pudieron ser aplicados a todos los grupos de datos evaluados porque las series de tiempo no pudieron ser

modelados por uno u otro. Realizada la evaluación de cada método con la data generada se realizó un resumen que se presenta a continuación de cada uno de los métodos evaluados para cada grupo y subgrupo adicionando también las medidas de exactitud MAPE (error porcentual absoluto medio), MAD (desviación absoluta media) y MSD (error cuadrático medio).

Por último, se tomó como medida de decisión para la recomendación o aplicación del modelo estadístico de pronóstico de la demanda el que diera como resultado el menor MAPE (error porcentual absoluto medio) de todos los métodos evaluados, es importante mencionar que aunque se recomienda que sea utilizado un valor MAPE aceptable entre el veinte y treinta por ciento.

El modelado realizado bajo la data obtenida en algunos caso no permitió escoger un modelo que cumpliera con este criterio, por lo que se recomendó utilizar el que menor MAPE tuviera de todos los modelos evaluados y su posterior revisión al cumplimiento de un nuevo período de producción finalizado, para ajustar esta medida de exactitud de pronóstico.

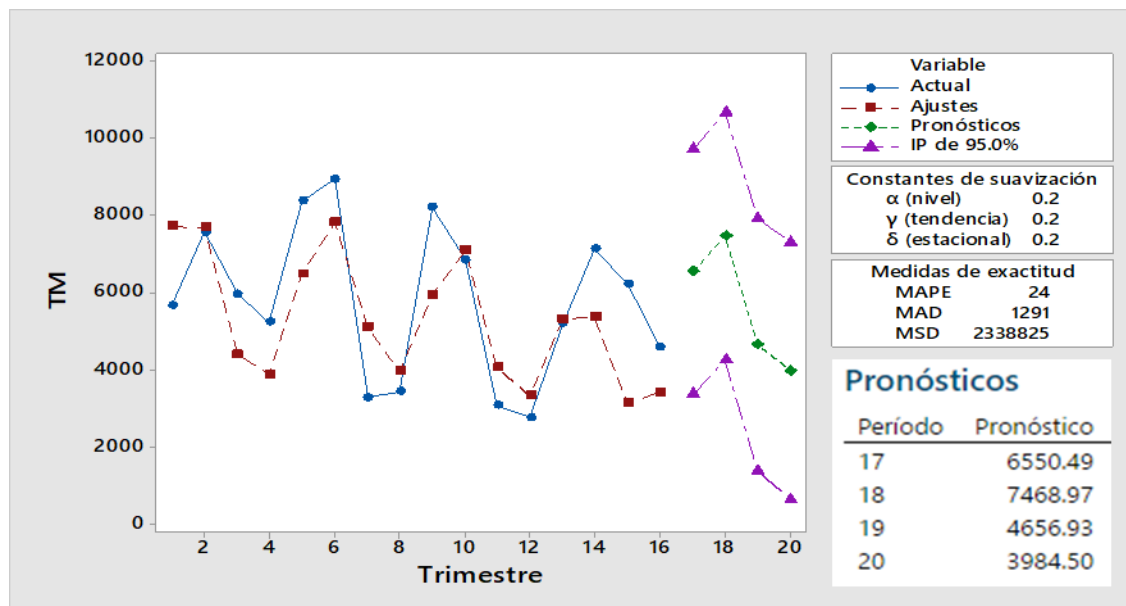
A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada grupo y subgrupo evaluado, (ver tablas de la IX a la XVI) que resumen los métodos y sus medidas de exactitud, así como (ver figuras 17 a la 24) nos muestran las gráficas de proyección de los modelos propuestos para cada uno de los grupos y subgrupos evaluados.

Tabla IX. Medidas de exactitud para SKU'S AX de enmiendas

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	34.00	1,620.00	3,432,277.00
Regresión cuadrática	34.00	1,631.00	3,416,581.00
Regresión exponencial	32.00	1,612.00	3,533,500.00
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	N/A	N/A	N/A
Promedio móvil	41.00	2,054.00	6,707,345.00
Suavizamiento exponencial simple	37.00	1,655.00	3,849,030.00
Suavizamiento exponencial doble	41.00	1,955.00	6,025,201.00
Winters multiplicativo	24.00	1,291.00	2,338,825.00
Winters aditivo	25.00	1,337.00	2,407,585.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 17. Modelo propuesto para SKU'S AX de enmiendas



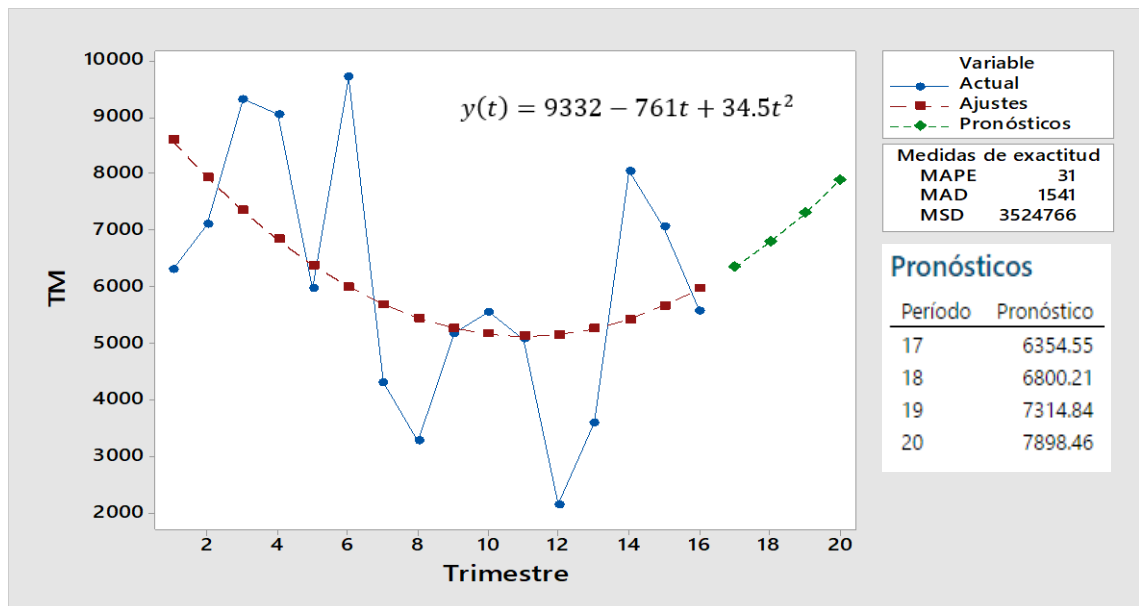
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla X. **Medidas de exactitud para SKU'S AX de fertilizantes**

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	35.00	1,691.00	3,949,431.00
Regresión cuadrática	31.00	1,541.00	3,524,766.00
Regresión exponencial	32.00	1,624.00	4,021,405.00
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	70.00	4,388.00	73,451,702.00
Promedio móvil	41.00	2,042.00	6,481,946.00
Suavizamiento exponencial simple	38.00	1,785.00	4,785,205.00
Suavizamiento exponencial doble	36.00	1,914.00	5,637,240.00
<i>Winters</i> multiplicativo	60.00	2,821.00	11,213,555.00
<i>Winters</i> aditivo	59.00	2,637.00	10,516,866.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 18. **Modelo propuesto para SKU'S AX de fertilizantes**



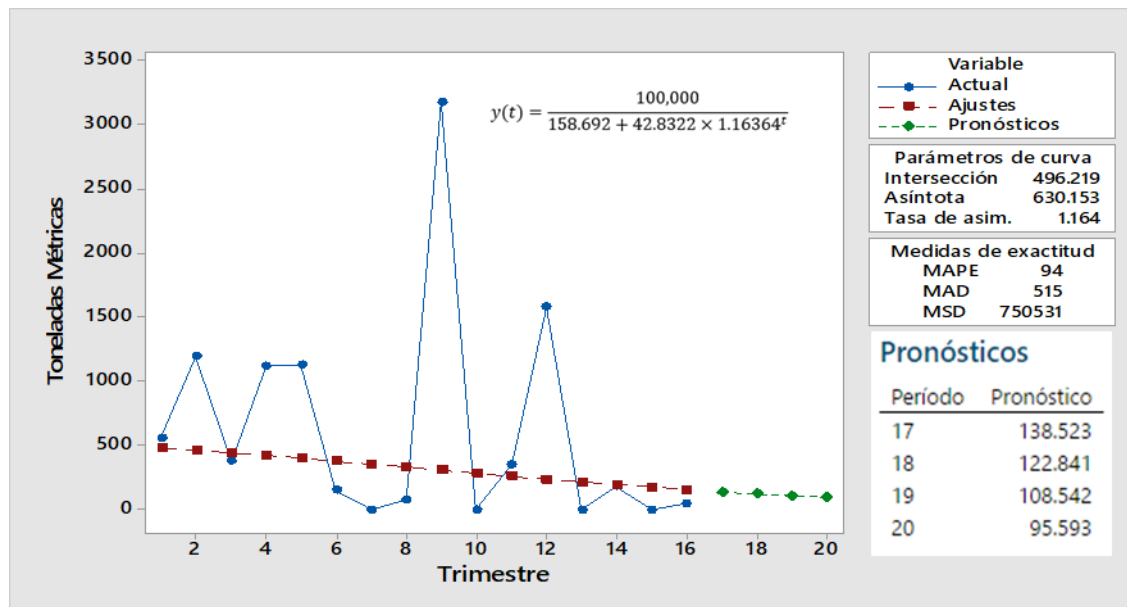
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XI. Medidas de exactitud para SKU'S AY de enmiendas

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	188.00	582.00	650,591.00
Regresión cuadrática	172.00	567.00	623,530.00
Regresión exponencial	N/A	N/A	N/A
Pearl - Leed o curva S	94.00	515.00	750,531.00
Promedio móvil	142.00	883.00	1,765,729.00
Suavizamiento exponencial simple	220.00	655.00	745,495.00
Suavizamiento exponencial doble	209.00	704.00	844,098.00
Winters multiplicativo	288.00	743.00	914,088.00
Winters aditivo	303.00	681.00	805,854.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 19. Modelo propuesto para SKU'S AY de enmiendas



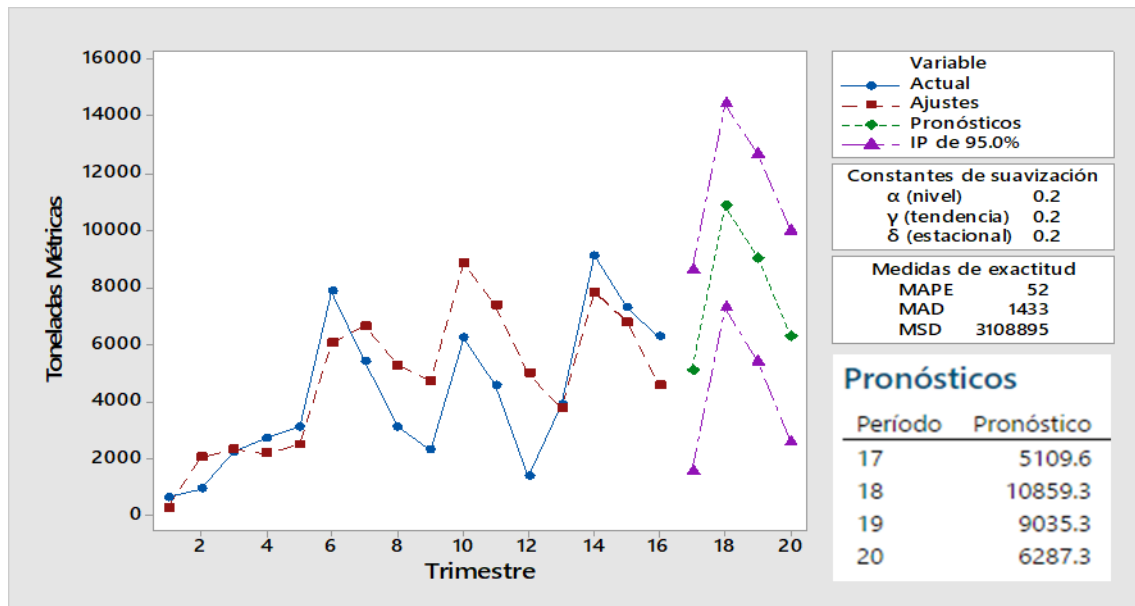
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XII. **Medidas de exactitud para SKU'S AY de fertilizantes**

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	56.00	1,485.00	3,912,480.00
Regresión cuadrática	53.00	1,448.00	3,884,144.00
Regresión exponencial	51.00	1,554.00	4,332,519.00
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	N/A	N/A	N/A
Promedio móvil	54.00	2,136.00	6,831,690.00
Suavizamiento exponencial simple	56.00	1,767.00	5,810,165.00
Suavizamiento exponencial doble	57.00	1,769.00	6,022,717.00
Winters multiplicativo	52.00	1,433.00	3,108,895.00
Winters aditivo	77.00	1,669.00	3,846,003.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 20. **Modelo propuesto para SKU'S AY de fertilizantes**



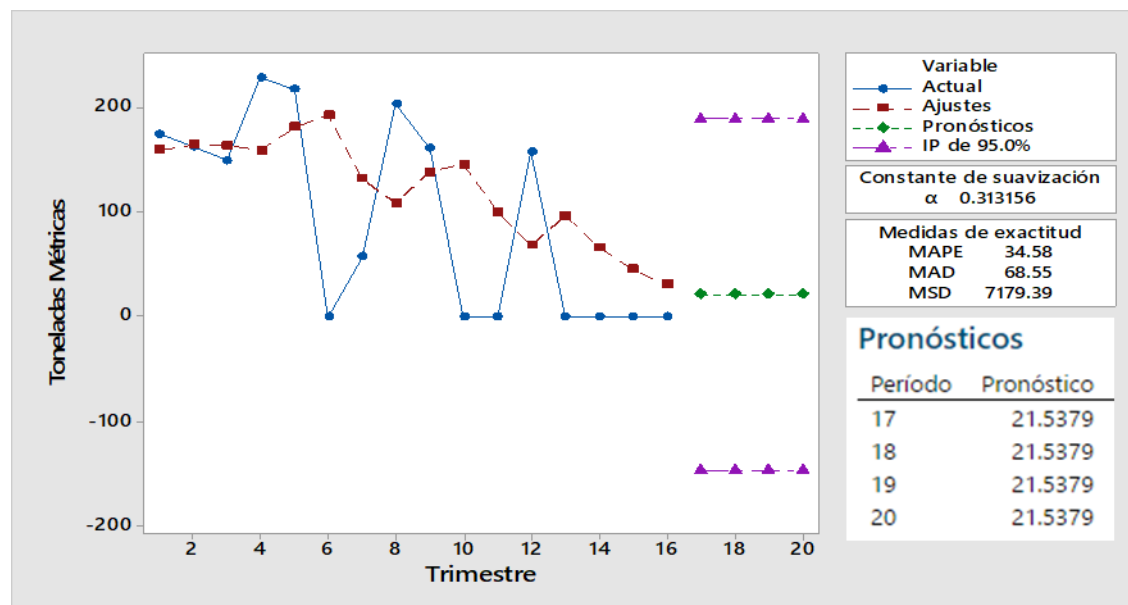
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XIII. Medidas de exactitud para SKU'S BX de enmiendas

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	40.65	55.24	4,441.41
Regresión cuadrática	39.48	54.38	4,421.70
Regresión exponencial	N/A	N/A	N/A
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	N/A	N/A	N/A
Promedio móvil	44.20	70.50	10,444.10
Suavizamiento exponencial simple	34.58	68.55	7,179.39
Suavizamiento exponencial doble	38.81	60.48	5,314.42
<i>Winters</i> multiplicativo	46.41	77.42	9,196.84
<i>Winters</i> aditivo	44.80	74.97	9,260.26

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 21. Modelo propuesto para SKU'S BX de enmiendas



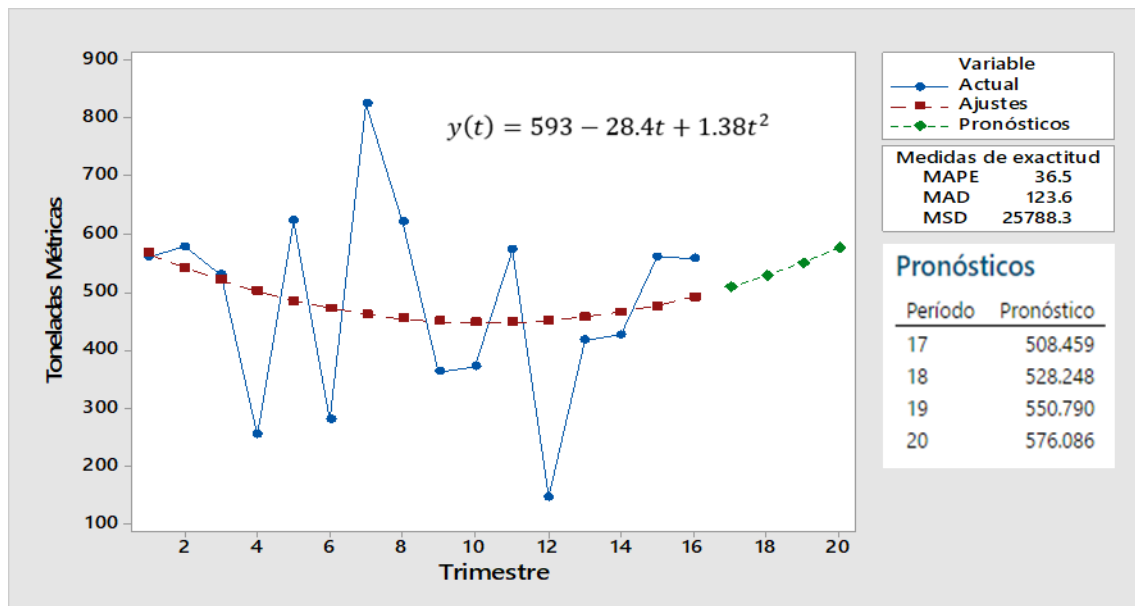
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XIV. Medidas de exactitud para SKU'S BX de fertilizantes

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	39.10	132.60	26,465.30
Regresión cuadrática	36.50	123.60	25,788.30
Regresión exponencial	37.30	137.40	27,563.00
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	N/A	N/A	N/A
Promedio móvil	59.20	207.40	69,802.00
Suavizamiento exponencial simple	42.60	135.40	28,983.30
Suavizamiento exponencial doble	39.90	144.30	29,919.00
<i>Winters</i> multiplicativo	38.60	195.50	63,606.60
<i>Winters</i> aditivo	36.30	183.00	57,139.80

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 22. Modelo propuesto para SKU'S BX fertilizantes



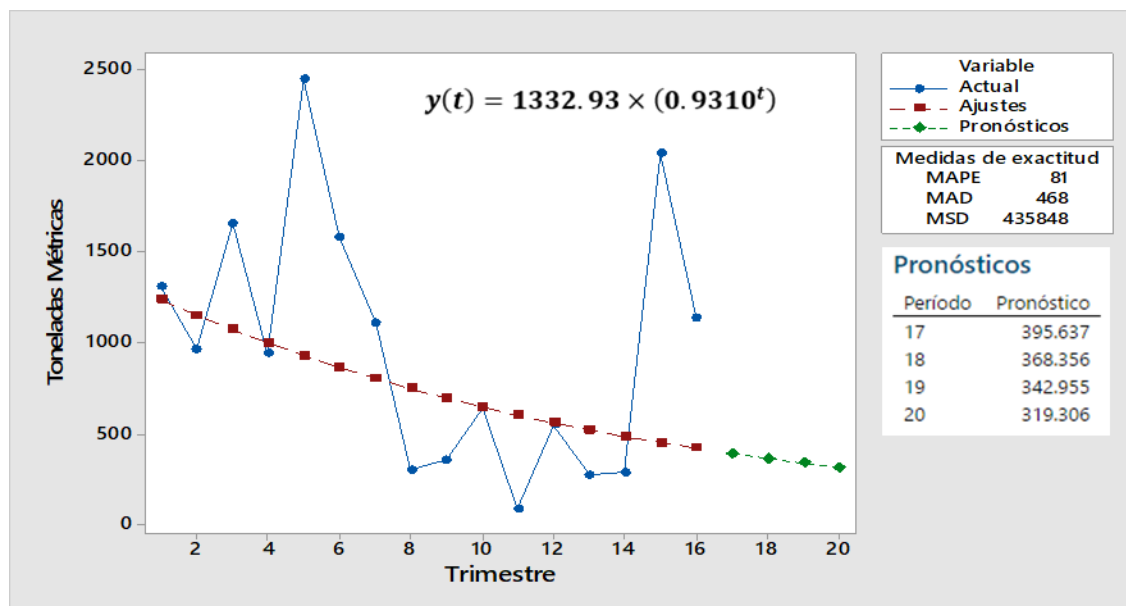
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XV. Medidas de exactitud para SKU'S BY de enmiendas

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	120.00	515.00	399,555.00
Regresión cuadrática	100.00	484.00	352,246.00
Regresión exponencial	81.00	468.00	435,848.00
<i>Pearl - Leed</i> o curva S	N/A	N/A	N/A
Promedio móvil	105.00	645.00	635,335.00
Suavizamiento exponencial simple	99.00	484.00	457,748.00
Suavizamiento exponencial doble	85.00	468.00	465,536.00
<i>Winters</i> multiplicativo	119.00	541.00	534,690.00
<i>Winters</i> aditivo	127.00	563.00	560,222.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 23. Modelo propuesto para SKU'S BY de enmiendas



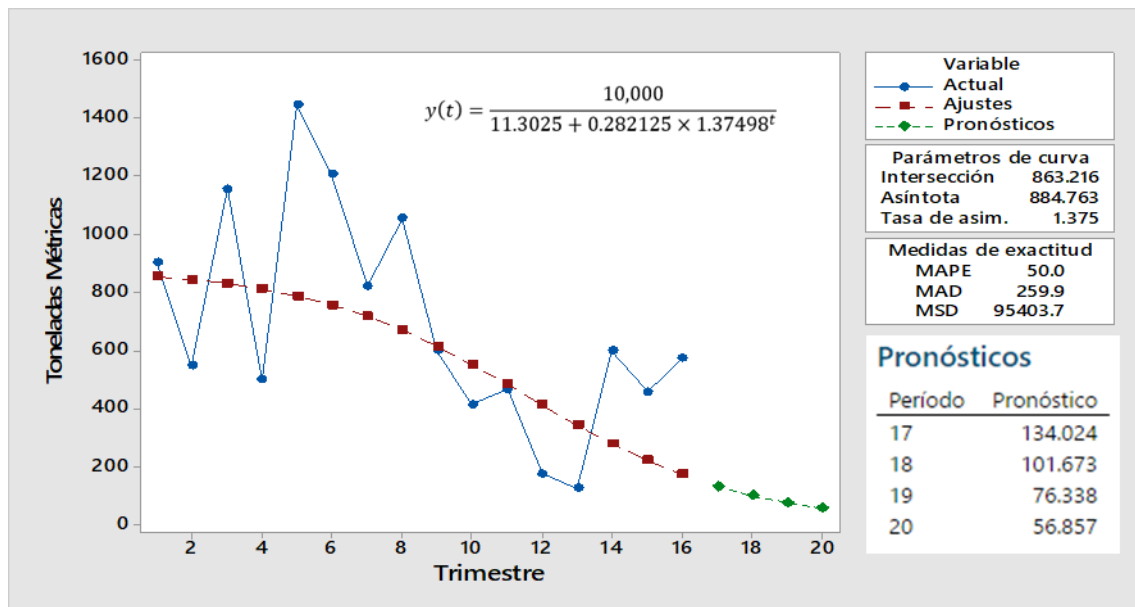
Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

Tabla XVI. Medidas de exactitud para SKU'S BY de fertilizantes

Método	MAPE	MAD	MSD
Regresión lineal	59.70	256.70	90,089.00
Regresión cuadrática	61.50	258.90	89,035.80
Regresión exponencial	52.60	262.20	99,502.50
Pearl - Leed o Curva S	50.00	259.90	95,403.70
Promedio móvil	58.00	346.00	177,883.00
Suavizamiento exponencial simple	65.00	291.00	113,743.00
Suavizamiento exponencial doble	59.00	311.00	133,572.00
Winters multiplicativo	73.00	338.00	146,729.00
Winters aditivo	71.00	333.00	140,922.00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Figura 24. Modelo propuesto para SKU'S BY de fertilizantes



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

4.4. Proyección de indicador OEE

La empresa Mantra utiliza el OEE como un indicador de proceso que les permite asegurar la calidad de los productos con la menor cantidad de paros innecesarios en el sistema y con la mayor velocidad de producción, su resultado permite tomar las medidas necesarias a las situaciones que pudieran estar causando bajos rendimientos en el proceso general.

La base del análisis fue proyectar el resultado de dicho indicador para los cuatro trimestres del año 2021 tomando en consideración los modelos estadísticos de pronóstico de la demanda determinados para la muestra establecida realizando una simulación del proceso productivo semanal desde su planificación, compra de materias primas y material de empaque y el manejo de flujo de efectivo para la empresa, dando como resultado lo siguiente datos.

Tabla XVII. **Proyección del indicador OEE**

Período	OEE enmiendas	OEE fertilizantes	Observaciones
2017-1T	68.48 %	54.75 %	Datos reales
2017-2T	72.35 %	55.48 %	
2017-3T	70.90 %	58.96 %	
2017-4T	71.72 %	60.05 %	
2018-1T	73.59 %	61.91 %	
2018-2T	74.67 %	62.22 %	
2018-3T	74.79 %	63.77 %	
2018-4T	75.39 %	63.90 %	
2019-1T	78.51 %	64.56 %	
2019-2T	76.59 %	65.28 %	
2019-3T	78.68 %	67.85 %	
2019-4T	78.77 %	68.40 %	
2020-1T	77.81 %	68.45 %	
2020-2T	78.74 %	68.76 %	
2020-3T	82.34 %	73.83 %	
2020-4T	85.36 %	74.75 %	

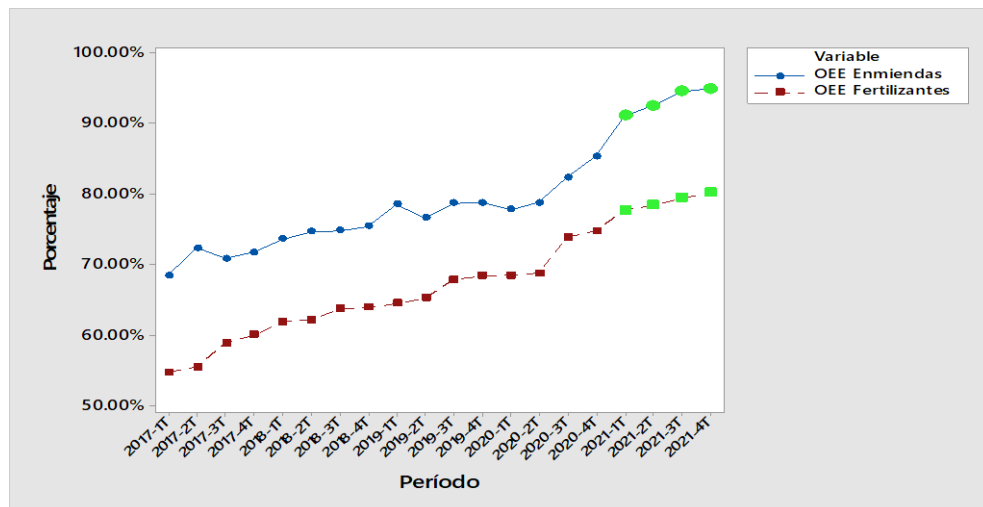
Continuación tabla XVII.

2021-1T	91.08 %	77.73 %	Proyección
2021-2T	92.48 %	78.42 %	
2021-3T	94.50 %	79.42 %	
2021-4T	94.90 %	80.18 %	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Es importante mencionar que esta proyección fue realizada bajo una simulación en condiciones óptimas de operación, pero puede variar a lo largo del tiempo por factores tales como fallas en la maquinaria, el suministro de recursos para la operación de la planta de producción o situaciones relacionadas con el personal, que pudiera afectar la disponibilidad, eficiencia de los equipos o la calidad de los productos entregados. En la gráfica siguiente podemos observar los resultados proyectados del indicador OEE.

Figura 25. **Proyección del indicador OEE**



Fuente: elaboración propia, empleando Minitab 18.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente sección se presenta la discusión de los resultados obtenidos de la investigación realizada en función de cada objetivo planteado.

5.1. Análisis de la clasificación de *SKU'S*

La aplicación de la técnica de clasificación ABC / XYZ realizada para los grupos de productos enmiendas y fertilizantes que produce la empresa Mantra permitió que se obtuviera la muestra necesaria para la aplicación de los métodos estadísticos de pronósticos de la demanda que dieran cumplimiento al objetivo principal de la presente investigación.

Esta clasificación permitió ordenar los *SKU'S* en primer lugar por su importancia en el porcentaje acumulado de producción (ABC) y en segundo lugar por su coeficiente de variación (XYZ), generando matrices de clasificación en donde finalmente se utilizaron los productos que se ubicaron en las celdas de clasificación AX, AY, BX y BY, para el caso de los productos enmienda se tomarán 10 productos que representan el 82.56 % de los esfuerzos de producción generados durante los períodos de evaluación y para el caso de los fertilizantes 48 productos que representan el 79.04 %.

5.2. Análisis de la determinación del nivel de servicio

Luego de realizada la clasificación de los *SKU'S* para obtener la muestra de evaluación para los productos enmiendas y fertilizantes y su subclasificación AX, AY, BX y BY, se tomó en consideración los costos involucrados por la falta

de existencia que permita suplir pedidos emergentes o que no pueden esperar a ser producidos durante el *lead time* o tiempo de reposición y los costos de mantenimiento por unidad almacenada a la espera de ser despachada.

Este análisis dio como resultado para cada grupo de productos (enmiendas y fertilizantes) de la empresa Mantra sujetos a evaluación rangos de nivel de servicio que permitirán si la metodología es implementada dentro de los procesos de planificación de la producción determinar la cantidad de producto necesario que deberán mantener durante los ciclos de recuperación para evitar perder una venta o retrasar los pedidos emergentes que pudieran ser despachadas directamente de producto en bodega.

Para ambos grupos de producto los rangos de nivel de servicio se mantienen entre 50 y 97 % respectivamente, para el caso de los productos enmienda el grupo AX requiere un nivel de servicio del 88 al 97 %, el grupo AY del 78 al 88 %, el grupo BX del 73 al 78 % y finalmente el grupo BY un nivel de servicio del 50 al 73 %.

Los productos fertilizantes por su lado el grupo AX requiere un nivel de servicio del 89 al 97 %, el grupo AY del 82 al 89 por ciento, el grupo BX del 67 al 82 % y finalmente el grupo BY un nivel de servicio del 50 al 67 %.

Finalmente se proyectó el incremento de capital de trabajo que se tendría que cubrir para mantener en stock el inventario necesario para cubrir los niveles de servicio determinados en la muestra de análisis lo cual dio como resultado un incremento del 12.50 % al 22.50 % si el nivel de servicio fuese aplicado en al menos un 25.00 % del valor determinado en el análisis.

5.3. Análisis de la determinación del modelo de pronóstico de la demanda

Determinada la muestra con la que se realizó el estudio final que propone la investigación se procedió a realizar para cada grupo de productos (enmiendas y fertilizantes) y su posterior subclasificación (AX, AY, BX, BY) se realizaron para cada una de ellas un gráfico de series de tiempo que permitió determinar los patrones de la demanda propios de cada grupo y subgrupo, de esta manera se puede observar que, para ambos grupos de producto y su subgrupo AX se determina estacionalidad de 4 períodos, para el subgrupo AY se determina un patrón horizontal con variaciones positivas y negativas pero a nivel general la mayoría de los datos se mantienen sobre una línea horizontal, para el subgrupo BX se determina una tendencia positiva aunque con una pendiente relativamente pequeña y finalmente para el subgrupo BY se determina una tendencia negativa para los últimos períodos de evaluación.

Este primer análisis permitió orientar al investigador a buscar el mejor método estadístico de pronóstico de series de tiempo, para cada grupo y subgrupo en particular se realizaron la aplicación de 9 métodos estadísticos y se determinó a partir de las medidas de exactitud MAPE (error porcentual absoluto medio), MAD (desviación media absoluta) y MSD (desviación cuadrática media) dejando el MAPE como la medida de decisión primordial, de tal manera que esta aplicación de los métodos permitió determinar que para cada grupo y subgrupo de productos se debe aplicar los métodos estadísticos que se resumen a continuación:

Tabla XVIII. **Resumen de métodos estadísticos a utilizar**

Grupo	Subgrupo	Método para aplicar
Enmiendas	AX	<i>Winters</i> multiplicativo
	AY	<i>Pearl leed</i> o curva S
	BX	Suavizamiento exponencial simple
	BY	Regresión exponencial
Fertilizantes	AX	Regresión cuadrática
	AY	<i>Winters</i> multiplicativo
	BX	Regresión cuadrática
	BY	<i>Pearl leed</i> o curva S

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Finalmente, para cada método determinado como el óptimo para cada grupo y subgrupo de productos de la empresa Manttra se realizó el pronóstico para los siguientes cuatro períodos que permitió realizar la simulación del proceso productivo para satisfacer el último objetivo propuesto para la investigación.

5.4. Análisis de la proyección del indicador OEE

Con los métodos estadísticos de pronóstico para la demanda de producción determinado y sus respectivos pronósticos se realizó una simulación del proceso completo de planificación para los siguientes 4 períodos de la producción pasando por el proceso de producción, compras, logística de despacho y la proyección de necesidades de flujo de efectivo para el departamento de finanzas, con esta simulación se realizó una proyección de los resultados que se podrían obtener para el indicador OEE de la planta de producción, para lo cual se determinó que aplicando estos métodos estadísticos, el nivel de servicio para cada grupo y subgrupo determinado se logra para el grupo enmiendas un

crecimiento del 11.17 puntos porcentuales y para el grupo fertilizantes un crecimiento del 7.26 puntos porcentuales.

Manteniendo este crecimiento porcentual se estima que para los productos enmiendas en el período siguiente a la proyección su indicador OEE llegue a un valor por encima de 100 por ciento lo que obligará en su momento a modificar los estándares de medición, en cuanto al grupo fertilizantes se prevé que este valor se logre en los siguientes tres períodos posteriores a la proyección lo cual también será necesario la modificación de los estándares de medición, como parte del proceso de mejora continua de la empresa Manttra.

Este beneficio en el indicador OEE proyectado luego de la simulación practicada comprueba el estudio de Castellanos (2019) en el cual luego de su propuesta del uso de modelos estadísticos de pronóstico de la demanda en una empresa de confitería aireada beneficio la planeación y programación de producción evitando los quiebres de inventario cuando la demanda presentaba un comportamiento estacional.

Otro beneficio de la aplicación de la metodología aplicada en el estudio fue la clasificación de los productos por medio de la técnica ABC / XYZ comprobando el estudio de Reyes (2017) en donde propone la implementación de un método o sistema de administración de inventarios a través de la clasificación ABC y la aplicación de modelos estadísticos de pronóstico de series de tiempo, dando como resultado la reducción significativa de los costos asociados a la incorrecta gestión del inventario, minimizando los paros de producción por quiebre de inventarios y garantizando las existencias necesarias para los requerimientos de producción.

Por último, como propuso Pérez, Montalvo y Carruitero (2016) en su estudio con fines académicos en donde propusieron demostrar que con una adecuada gestión de la cadena de suministros, inventarios y una mínima disminución del error del pronóstico del uno por ciento se impacta directamente en la rentabilidad de la organización y los costos relacionados con la gestión del inventario, confirmando que el beneficio proyectado obtenido de la simulación del indicador OEE de la empresa Mantra permite eliminar el quiebre de inventarios y por ende elevar el nivel de servicio al cliente.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la técnica ABC / XYZ para la clasificación de los productos de la empresa Mantra determinó cuales productos representan el 80.25 % de la producción total de la empresa y así mismo el 79.54 % de las ventas totales de la empresa, confirmando que para dichos productos es necesario la inversión de la mayor cantidad de recursos físicos, humanos como financieros para mantener la atención del cliente final (ver tabla VI).
2. El cálculo del nivel de servicio permite determinar bajo criterio probabilístico de suceso la cantidad de inventario del cual cada producto debe disponer en bodega listo para su despacho, considerando que esto representará un incremento en el capital de trabajo de la empresa.
3. El modelado de los datos obtenidos considerando los métodos de análisis de series de tiempo permitió, por medio de la determinación de las medidas de exactitud cuál es el mejor modelo aplicable a cada grupo y subgrupo analizado considerando que algunos modelos no permitieron llegar a una medida de exactitud aceptable en el rango del 20 % al 30 %. (ver tabla XVIII).
4. La simulación realizada del proceso de planificación por medio de la técnica MRP permitió proyectar los valores del indicador OEE determinando un posible incremento del 11 % y 7 % para cada grupo analizado considerando que la simulación fue realizada en condiciones óptimas de operación y sin considerar posibles fallos que afecten la medición del indicador.

RECOMENDACIONES

1. Actualizar al finalizar cada período de producción la clasificación ABC / XYZ para determinar las posibles variaciones en los SKU'S que conforman la matriz de análisis para dinamizar el proceso de pronóstico.
2. Realizar un nuevo cálculo al determinar alguna variación en los SKU'S que conforman la matriz de análisis del nivel de servicio de cada grupo y su impacto en el capital de trabajo determinado al inicio de la investigación.
3. Comparar al cierre de cada período de producción el valor real contra el pronóstico determinado utilizando el indicador *forecast accuracy* para determinar la certeza del pronóstico determinado.
4. Evaluar de forma periódica los métodos estadísticos de series de tiempo aplicados para determinar si es necesario mantener o ajustar el modelo propuesto.
5. Simular el proceso productivo al finalizar cada período del horizonte tiempo para proyectar utilizando la técnica MRP las necesidades de materia prima, material de empaque y recurso humano y que el departamento de finanzas proyecte el flujo de efectivo necesario para cubrir dichas proyecciones.

REFERENCIAS

1. Adler, M. (2004). *Producción y Operaciones*. Colombia: Editorial Macchi.
2. Ahn, P. (enero, 1990). Quantification of sustainability in land development and urgent need for research. *Revista IBSRAM*, (15), 3-5.
3. Alvarado, J. (2018). *Estandarización de procesos de distribución para implementar un ERP (Enterprise Resource Planning) que genere competitividad en una empresa distribuidora de productos para la mesa y cocina* (Tesis de maestría). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9193/>.
4. Anaya, J. (2007). *Logística Integral: la gestión operativa de la empresa*. Madrid, España: Editorial Esic.
5. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (2002). *Los Fertilizantes y su Uso*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
6. Ballou, R. (1991). *Logística Empresarial. Control y Planificación*. España: Díaz de Santos, S.A.

7. Banco Mundial (15 de marzo, 2019). Entendiendo la pobreza, agricultura y alimentos, panorama general. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#1>.
8. Becerra, F. (2008). *Gestión de la producción: Una aproximación conceptual*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
9. Calle, D., Matute F. y Yampasi, E. (2016). *Rediseño del modelo de gestión de inventarios para SINOMAQ, S.A.: Aumentando el nivel de servicio y optimizando el stock de repuestos* (Tesis de maestría). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1679/Daniel_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1.
10. Calvo, A. (10 de enero, 2020). Qué tipos de fertilizantes existen y cuales usar. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.agroptima.com/es/blog/tipos-fertilizantes/>.
11. Castañeda, S. (2020). *Modelo de planificación para el requerimiento de materiales en la fabricación de tapadera para envases de linaza, utilizando la herramienta MRP I en una empresa manufacturera de plásticos* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
12. Castellanos, L. (2019). *Evaluación de una metodología matemática de mínimos cuadrados para optimizar pronósticos de venta de productos de confitería aireados, en una fábrica ubicada en el municipio de Escuintla* (Tesis de maestría). Universidad San Carlos

de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/13069/>.

13. Chase, R., Jacobs, F. y Aquilano, N. (2006). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
14. Chávez, J. y Torres, R. (2012). *Supply Chain Management. Logrando ventajas competitivas a través de la gestión de la cadena de suministro*. Chile: RIL editores.
15. Chávez, A. (16 de agosto, 2017). Supply Chain Management. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://evaluador.doe.upv.es/wiki/index.php/Definici%C3%B3ndeCadenadeSuministro>.
16. Chopra, S. y Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. 3ª edición. México: Pearson Educación.
17. Delgado, H. (2011). *Diseño de un modelo de gestión de operaciones para los productos estratégicos de IRCR, S.A., una empresa distribuidora de productos de cuidado personal* (Tesis de maestría). Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/handle/120809/878>.
18. Domínguez, M. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill.

19. Durán, Y. (marzo, 2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Revista Visión Gerencial*, 1(1), 55-78. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892008.pdf>.
20. EAE Business School (12 de febrero, 2017). Estrategia de operaciones: la clave para el éxito de una empresa. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/estrategia-de-operaciones-la-clave-para-el-exito-de-una-empresa/#:~:text=La%20estrategia%20de%20operaciones%20en,y%20una%20hoja%20de%20ruta>.
21. Everett, A. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: Conceptos, modelos y funcionamiento*. México: Prentice-Hall.
22. Fink, A. (1988). *Fertilizantes y Fertilización*. España: Editorial Reverté.
23. Fogarty, D., Blackstone, J. y Hoffmann, T. (1994). *Administración de la producción e inventarios*. México: Compañía Editorial Continental.
24. Gaither, N. y Frazier, G. (1999). *Administración de producción y operaciones*. México: International Thomson Editores.
25. Grupo Atox. (18 de octubre, 2017). Análisis ABC/XYZ. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://www.atoxgrupo.com/website/noticias/analisis-abc-xyz>.

26. Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
27. Hillier, F. y Hillier, M. (2008). *Métodos cuantitativos para administración*. México: McGraw-Hill Interamericana.
28. Instituto de la Potasa y El Fósforo. (mayo, 1990). Producción Sostenida de Alimentos en Latino América. *Revista Informaciones Agronómicas*, (1), 6-8. Recuperado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3943514C42097DE385258013006A55CD/\\$FILE/Inf-Agro1.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/3943514C42097DE385258013006A55CD/$FILE/Inf-Agro1.pdf).
29. Lefcovich, M. (16 de junio, 2005). *Administración de operaciones*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/administracion-de-operaciones/>.
30. López, C., Pérez, A. y Villamonte, J. (2017). *Gestión de la demanda para optimizar la Supply Chain de la Empresa VAN S.A.C” Gest* (Tesis de maestría). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de <http://repositorio.ausjal.org/handle/11354/1972>.
31. Manene, L. (16 de septiembre, 2015). *Modelos y Estrategias para la Gestión de inventarios y reaprovisionamientos*. [Mensaje en un Blog] Recuperado de <https://actualidadempresa.com/modelos-y-estrategias-para-la-gestion-de-inventarios-y-aprovisionamientos/>.
32. Martínez, O. (1984). *Análisis Económico*. México: Ediciones Astra.

33. Mayorga J. y Mora J. (2020). *Optimización de la cadena de suministros para la planta de producto terminado en la empresa Cukra Industrial S.A.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua. Recuperado de <http://ribuni.uni.edu.ni/3729/1/95428.pdf>.
34. Mora, L. (2008). *Gestión Logística Integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. Colombia: Ecoe Ediciones.
35. Muñoz, F. (2009). *Administración de operaciones*. México: Cengage Learning.
36. Narasimham, S., W. McLeavey, D. y Billington, P. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios*. México: Prentice-Hall.
37. Pérez, W., Montalvo, M., y Carruitero, W. (2016). *Rediseño del modelo de planificación y gestión de inventarios de productos terminados en una empresa de colchones* (Tesis de maestría). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1704/Walter_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1.
38. Pires, S. y Carretero, Diaz. (2007). *Gestión de la cadena de suministros*. España: McGraw-Hill.
39. Prado, J. (1992). *La planeación y el control de la producción. Colección Libro de Texto*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

40. Recursos de autoayuda. (10 de enero, 2019). ¿Qué es el ciclo de vida de un producto? [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.recursosdeautoayuda.com/ciclo-de-vida-del-producto/>.
41. Reyes, M. (2017). *Implementación de un sistema de administración y manejo de inventarios en la bodega de materia prima de una empresa productora de agroquímicos, mediante un sistema ABC* (Tesis de maestría). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8259>.
42. Roncario, G. (22 de marzo, 2018). ¿Qué es la Planeación Estratégica y para qué sirve? [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://gestion.pensem.com/que-es-la-planeacion-estrategica-y-para-que-sirve>.
43. Rushton, A., Croucher, P. y Baker, P. (2006). *The handbook of logistics and distribution management*. Estados Unidos: Kogan Page Publishers.
44. Salazar, B. (15 de junio, 2018). Control de inventarios con demanda determinística. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://logisticayabastecimiento.jimdofree.com/gesti%C3%B3n-de-inventarios/control-de-inventarios-con-demanda-deterministica/>.
45. Schroeder, R., Goldstein, S. y Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. México: McGraw-Hill.

46. Tawfik, L. y Chauvel A. (1993). *Administración de la producción*. México: McGraw-Hill.
47. Universidad Nacional de Trujillo. (2016). *Planeamiento y Control de Operaciones*. Perú: Autor.
48. Villalobos, N, Chamorro, O. y Fontalvo, T. (2006). *Gestión de la producción y operaciones*. Colombia: Edumed.

APÉNDICES

Apéndice 1. Instrumento de recolección de datos

[illegible]

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 2. Base de datos enmiendas

SKU	Periodos																Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P005001	4,473.50	5,237.35	5,309.20	4,054.60	4,833.75	4,926.30	2,799.00	3,137.50	6,550.40	5,210.80	2,800.15	2,210.25	3,899.40	5,057.30	5,407.20	4,058.05	69,964.75
P005002	745.65	1,827.70	460.00	680.45	2,788.75	2,778.10	375.50	152.60	1,082.55	1,123.00	-	90.40	862.10	1,835.10	625.90	98.00	15,525.80
P100001	561.00	1,195.00	375.00	1,120.00	1,125.00	150.00	-	75.00	3,175.00	-	350.00	1,578.00	-	179.00	-	50.00	9,933.00
PG00001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	770.80	4,569.02	1,605.61	216.50	7,161.93
P005003	454.05	502.95	205.55	513.70	748.85	1,248.65	124.15	155.30	572.00	517.70	290.00	480.35	449.20	244.15	199.55	429.25	7,135.40
P125001	993.75	-	927.50	500.00	950.00	325.00	-	175.00	-	-	-	-	-	-	1,600.00	1,000.00	6,471.25
P004501	-	217.98	101.30	113.72	-	717.08	849.56	-	70.79	488.34	93.42	120.38	272.16	-	189.68	441.72	3,813.12
P002501	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,861.18	1,050.08	2,911.25
P005004	240.05	114.15	62.25	-	1,085.85	186.80	-	-	187.85	158.10	-	35.80	5.50	103.50	-	-	2,179.85
P005005	78.00	312.75	67.50	131.00	286.30	-	263.60	131.00	104.00	-	-	394.75	-	-	-	-	1,768.90
P005006	79.85	383.15	111.30	-	-	-	-	-	-	25.40	-	-	-	18.10	-	1,002.90	1,674.05
P005007	174.70	162.85	149.60	229.00	217.80	-	58.05	203.85	161.30	-	-	158.15	-	-	-	-	1,515.30
P125002	-	325.00	500.00	200.00	125.00	350.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,500.00
P004001	-	1,190.24	-	-	205.28	24.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,419.76
P050001	-	-	-	-	-	-	-	312.50	926.00	-	-	-	125.00	-	-	-	1,363.50
P005008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	333.30	269.20	533.80	110.90	-	1,247.20
P100002	21.00	25.00	-	20.00	-	-	-	-	538.00	303.00	-	-	-	10.00	-	100.00	1,017.00
P005009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17.40	236.85	555.13	182.35	-	13.45	1,005.18
P100003	-	96.00	-	-	-	-	-	-	-	528.00	100.00	-	-	-	-	-	724.00
P050002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	650.00	-	-	650.00
P005010	99.60	148.95	-	-	-	-	-	-	75.95	-	-	-	-	125.55	-	-	450.05
P005011	56.60	103.20	-	87.75	-	-	-	-	51.55	-	-	8.15	34.10	-	78.85	-	420.20
P004002	-	52.84	102.12	-	-	228.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	383.16
P125003	-	-	-	-	-	-	-	90.00	290.00	-	-	-	-	-	-	-	380.00
P005012	38.00	-	-	-	-	-	-	-	126.30	76.90	-	-	64.20	72.55	-	-	377.95
P050003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	125.00	250.00	-	-	375.00
P005013	53.90	65.50	-	65.40	40.25	27.15	13.00	-	21.05	30.50	26.25	-	-	-	-	25.00	368.00
P004003	268.04	86.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	354.12
P005014	95.80	257.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	353.35
P004502	56.84	-	-	-	-	14.22	-	-	-	-	-	-	-	88.47	126.59	-	286.11
P125004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	283.50	283.50
P004004	-	57.52	51.40	-	-	150.00	-	13.60	-	10.44	-	-	-	-	-	-	282.96
P125005	-	-	-	-	203.75	55.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	258.75
P005015	75.00	12.95	-	27.15	91.10	10.95	16.50	-	-	-	21.60	-	-	-	-	-	255.25
P005016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54.25	127.10	-	50.00	231.35
P005017	23.40	-	30.35	54.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.10	-	122.85
P125006	105.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105.00
P125007	-	100.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00
P100004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.00	100.00
P150001	-	-	-	-	-	-	-	-	94.50	-	-	-	-	-	-	-	94.50
P004005	-	34.04	52.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86.68
P005018	-	-	-	-	-	25.00	-	-	-	-	-	-	-	50.50	-	-	75.50
P005019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.00	-	-	75.00
P004006	68.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68.40
P005020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62.10	-	-	-	-	62.10
P004007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.36	-	24.00	49.36
P125008	41.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41.25
P004008	-	25.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.16
P100005	-	-	-	-	-	-	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.00
P005021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23.35	-	-	-	23.35
P005022	-	-	-	-	-	-	-	-	12.85	-	-	-	-	-	-	-	12.85

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Apéndice 3. Base de datos fertilizantes

SKU	Periodos																Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
PG00001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	628.50	1,548.00	400.00	1,701.99	4,481.20	2,096.00	4,091.57	14,947.26
P005054	1,221.80	1,135.35	1,262.35	798.50	449.25	3,072.70	590.30	621.50	476.40	497.45	238.35	137.95	534.20	1,091.05	1,140.35	323.55	13,591.05
P005028	1,252.40	398.40	1,430.55	1,968.70	2,174.90	-	-	77.00	723.60	746.80	525.15	251.70	709.20	1,274.45	494.00	1,199.10	13,225.95
P005053	724.80	1,071.30	1,605.50	268.20	653.20	1,491.85	266.25	247.95	665.00	765.00	945.65	90.00	454.65	1,323.05	1,625.20	587.80	12,785.40
P100001	-	-	-	1,063.00	42.00	2,550.00	493.00	1,305.00	-	2,923.00	-	-	-	1,540.00	2,632.00	24.00	12,572.00
P005021	340.75	994.20	639.50	723.50	727.60	1,183.75	532.50	82.35	1,149.10	1,181.75	568.25	677.90	150.00	688.05	604.60	235.35	10,479.15
P005006	713.30	843.20	1,157.25	1,434.50	128.00	831.45	756.20	513.05	136.50	432.10	296.20	237.50	269.50	661.70	304.60	222.15	8,937.20
P150016	189.00	676.50	144.00	1,029.00	244.50	288.00	240.00	243.00	570.00	1,008.00	679.50	144.00	364.50	1,032.00	768.00	744.00	8,364.00
P005019	172.00	392.45	190.00	437.00	25.00	737.00	284.60	621.00	237.60	96.00	170.10	40.00	267.15	380.25	541.50	638.50	5,230.15
P005037	156.00	216.00	675.00	569.00	166.50	1,421.55	72.00	110.00	154.00	50.00	209.00	96.60	478.00	104.00	125.50	538.20	5,141.35
P150017	-	-	-	766.50	240.00	2,020.50	-	37.50	1,794.50	-	-	-	-	-	-	-	4,859.00
P150004	1,641.00	2,059.50	1,019.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,720.00
P005027	422.05	160.30	631.45	542.30	361.75	624.45	306.85	237.50	-	161.70	362.95	-	54.95	139.20	405.85	308.00	4,719.30
P100013	292.00	272.00	535.00	152.00	1,192.00	636.00	1,320.00	305.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4,704.00
P005003	102.05	340.00	656.00	354.80	137.05	306.35	194.25	122.15	292.75	298.60	370.35	276.35	75.25	293.25	355.95	93.90	4,269.05
P100003	-	-	-	-	-	-	-	704.00	-	1,659.00	-	-	-	1,000.00	332.00	-	3,695.00
P100026	-	-	-	-	-	558.00	344.00	320.00	769.00	594.00	547.00	-	383.00	175.00	-	-	3,690.00
P100020	-	-	-	-	-	742.00	767.00	-	235.00	-	-	-	-	1,045.00	400.00	500.00	3,689.00
P005038	2.90	27.85	334.15	507.60	696.30	279.70	100.30	70.30	100.00	64.50	515.50	43.00	53.00	83.00	264.85	107.10	3,250.05
P005052	88.25	194.00	420.65	602.35	185.80	225.50	150.35	56.95	148.95	20.25	224.75	23.50	256.45	156.00	243.10	62.60	3,059.45
P100021	3.00	2.00	4.00	-	2.00	181.00	604.00	7.00	993.00	116.00	425.00	-	278.00	250.00	6.00	-	2,871.00
P005025	385.20	96.20	347.60	223.55	131.90	173.10	500.15	0.75	208.60	68.45	102.50	81.90	-	132.35	269.50	140.50	2,862.25
P005034	386.00	364.70	258.00	430.00	150.85	100.00	97.65	-	46.15	169.00	317.75	55.00	-	266.00	64.00	116.00	2,821.10
P005002	31.90	232.80	94.00	157.10	306.50	188.00	155.10	213.65	338.00	-	79.05	20.55	232.75	234.00	107.95	390.15	2,781.50
P100002	-	-	-	-	-	-	-	226.00	-	2,495.00	-	-	-	-	-	-	2,721.00
P150029	-	25.50	87.00	102.00	183.00	-	39.00	30.00	-	499.50	676.50	400.50	441.00	216.00	-	-	2,700.00
P152907	-	-	-	-	-	104.00	208.00	123.88	32.12	-	364.00	-	104.00	442.00	650.00	546.00	2,574.01
P100019	-	57.00	6.00	11.00	10.00	274.00	1,178.00	556.00	27.00	212.00	29.00	10.00	11.00	6.00	104.00	11.00	2,502.00
P150002	1,033.50	-	1,107.00	-	1.50	-	19.50	39.00	-	154.50	46.50	27.00	-	-	-	-	2,428.50
P150011	10.50	58.50	199.50	21.00	93.00	576.05	303.00	262.50	-	795.00	-	-	84.00	-	-	-	2,403.05
P100008	-	-	-	-	751.00	163.00	-	-	-	-	-	-	368.00	480.00	156.00	384.00	2,302.00
P150024	246.00	210.00	288.00	76.50	220.50	259.50	96.00	145.50	60.30	60.00	72.00	84.00	48.00	96.00	144.00	144.00	2,250.30
P050004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	350.00	225.00	459.50	-	250.00	850.00	-	2,134.50
P152901	29.06	-	208.00	19.88	78.00	234.00	139.18	94.82	123.94	52.00	131.53	32.12	182.00	286.00	-	364.00	1,974.54
P005032	207.00	305.40	412.40	327.15	-	389.50	-	43.00	-	15.00	-	-	-	58.00	21.50	86.00	1,907.95
P100012	-	-	-	-	-	70.00	250.00	-	1,014.00	-	4.00	226.00	312.00	-	-	-	1,876.00
P005022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	700.00	875.00	200.00	50.00	1,825.00
P005045	-	-	-	-	-	848.10	102.30	28.15	27.25	436.25	214.30	63.05	5.00	10.00	-	7.50	1,741.90
P150014	144.00	289.50	139.50	75.00	115.50	-	244.50	49.50	-	123.00	160.50	-	-	48.00	120.00	192.00	1,701.00
P150030	-	132.00	231.00	4.50	264.00	67.50	175.50	303.00	90.00	87.00	84.00	-	84.00	30.00	27.00	33.00	1,612.50
P100006	160.00	141.00	-	75.00	405.00	-	-	404.00	424.00	-	-	-	-	-	-	-	1,609.00

SKU	Periodos																Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P152915	264.59	-	-	-	-	-	130.00	104.00	156.00	88.71	182.00	62.61	52.00	104.00	156.00	286.00	1,585.91
P005023	230.65	-	350.00	76.50	127.50	315.50	-	409.05	-	-	-	-	-	-	-	-	1,509.20
P005043	-	-	-	-	-	862.30	5.70	-	-	-	50.00	-	-	5.00	50.00	475.00	1,448.00
P002502	25.60	25.33	625.00	-	-	505.55	20.50	27.30	17.00	21.50	25.00	10.00	49.28	25.00	11.00	-	1,388.06
P100011	1.00	77.00	45.00	25.00	102.00	-	-	300.00	12.00	-	-	-	-	-	104.00	696.00	1,362.00
P005026	2.00	19.31	12.25	13.00	177.30	11.25	226.45	76.25	92.55	25.05	109.25	51.40	201.50	126.40	114.50	-	1,258.46
P005017	100.00	252.25	278.45	33.65	188.80	166.10	125.85	26.25	62.35	-	-	-	5.45	-	-	-	1,239.15
P152913	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	523.65	-	156.00	312.00	52.00	104.00	1,147.65
P005030	73.00	-	198.40	34.80	52.00	54.00	26.70	14.50	67.00	-	-	-	556.40	-	-	-	1,076.80
P453601	-	-	-	-	227.71	146.33	81.01	-	-	271.45	-	-	52.80	95.62	133.54	44.41	1,052.86
P005036	-	-	-	-	-	-	-	-	78.75	-	60.00	-	111.40	103.70	52.50	632.45	1,038.80
P100015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,037.00	-	-	-	1,037.00
P152903	238.59	-	-	-	-	-	156.00	130.00	-	-	103.00	-	-	97.88	52.00	156.00	933.48
P005024	-	-	-	-	-	253.40	-	0.05	75.85	100.20	155.95	55.80	-	151.62	95.40	43.90	932.17
P100014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	916.00	-	-	-	916.00
P150018	90.00	63.00	96.00	36.00	55.50	120.00	48.00	48.00	24.00	48.00	-	-	48.00	24.00	144.00	-	844.50
P005035	-	-	-	-	-	120.00	360.00	192.00	145.00	-	-	-	-	48.00	-	-	817.00
P005012	27.90	-	-	92.90	107.75	-	202.50	0.60	-	-	-	24.15	19.00	114.50	69.10	125.45	783.85
P005018	99.35	-	215.45	169.20	-	48.00	165.90	41.65	-	-	-	-	-	-	44.00	-	783.55
P005014	58.95	75.00	51.50	126.50	10.15	81.50	-	41.00	-	-	37.30	34.15	32.00	94.15	-	47.00	689.20
P090704	-	-	-	-	-	-	634.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	634.90
P005033	-	-	72.00	-	214.00	-	43.00	43.25	-	43.00	43.00	43.00	-	43.00	64.50	-	608.75
P150022	-	-	-	-	-	132.00	-	-	-	-	151.50	54.00	24.00	96.00	-	144.00	601.50
P005011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75.00	256.45	-	262.00	593.45
P150012	-	-	61.50	379.50	36.00	48.00	31.50	-	25.50	-	-	-	-	-	-	-	582.00
P004601	-	-	153.18	306.00	-	-	-	-	-	-	52.58	-	-	13.34	-	26.17	551.27
P005029	-	-	-	-	-	-	-	51.00	400.00	81.25	-	-	-	13.00	-	-	545.25
P005046	12.50	134.85	150.00	25.00	36.50	25.00	-	-	36.50	-	-	-	26.00	-	-	61.50	507.85
P150013	36.00	19.50	91.50	28.50	138.00	120.00	48.00	-	-	-	13.50	-	-	-	-	-	495.00
P005051	-	-	14.55	-	79.65	23.10	8.50	73.00	-	62.75	53.60	-	27.90	86.20	26.15	6.95	462.35
P004603	-	-	128.11	305.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	434.09
P005008	153.15	76.50	-	43.45	25.50	-	-	102.00	-	-	-	-	-	-	-	-	400.60
P005041	-	-	-	-	-	-	-	-	25.15	-	50.00	-	-	-	-	52.65	390.30
P150008	76.50	84.00	106.50	13.50	30.00	72.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	382.50
P150028	84.00	100.50	144.00	25.50	15.00	-	7.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	376.50
P453602	80.60	63.46	161.80	9.25	-	54.11	-	-	0.23	-	-	-	-	-	-	-	369.46
P002503	18.68	-	14.33	-	-	32.18	50.65	19.05	-	19.03	114.30	31.85	21.75	11.83	28.50	0.48	362.60
P090703	-	-	-	-	-	330.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	330.15
P005007	-	-	21.50	-	-	240.00	-	-	50.80	-	-	-	-	-	-	-	312.30
P100017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	208.00	104.00	312.00
P090708	-	-	-	24.49	66.21	194.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	284.80

Continuación apéndice 3.

SKU	Periodos																Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P005049	-	12.50	-	1.00	51.00	88.00	105.00	17.55	-	-	-	-	-	4.00	-	-	279.05
P090710	-	-	-	-	19.99	149.66	-	-	-	-	-	-	99.77	-	-	-	269.42
P005009	35.70	15.75	55.20	-	37.70	-	96.35	-	-	14.65	-	-	-	-	-	-	255.35
P004602	0.16	-	102.00	153.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	255.16
P150005	97.50	-	72.00	18.00	-	-	-	-	-	7.50	3.00	52.50	-	-	-	-	250.50
P050001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250.00
P005020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250.00	-	-	240.00
P090706	-	-	-	-	79.82	136.96	17.23	-	-	-	-	-	-	-	240.00	-	234.01
P152908	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234.00	-	-	-	-	234.00
P100004	-	78.00	2.00	-	-	-	-	-	-	41.00	-	-	40.00	52.00	-	-	213.00
P150019	-	-	-	36.00	144.00	25.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	205.50
P150009	189.00	7.50	4.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201.00
P152905	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53.53	-	52.00	64.24	12.24	182.00
P100032	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	52.00	78.00	50.00	-	181.00
P005044	-	-	-	-	-	-	43.00	-	-	21.50	-	-	43.00	-	43.00	25.00	175.50
P090702	-	-	-	-	-	165.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	165.98
P090712	-	-	-	9.98	-	147.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	157.82
P152914	-	-	-	-	52.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.00	156.00
P005039	3.05	3.05	-	25.50	5.00	0.60	-	44.15	12.50	-	-	-	-	-	-	61.80	155.65
P152902	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	146.94	-	-	-	-	146.94
P005005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133.00	133.00
P090701	-	-	-	40.00	-	90.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	130.70
P150003	-	76.50	-	-	-	-	-	-	-	-	51.00	-	-	-	-	-	127.50
P005048	-	4.90	19.25	74.25	-	-	-	-	-	-	11.05	-	-	-	14.50	-	123.95
P150025	-	-	-	-	121.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121.50
P005015	-	19.60	52.00	1.25	12.50	-	26.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112.30
P150026	-	-	-	-	-	-	-	-	16.50	-	-	30.00	49.50	-	-	15.00	111.00
P005040	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104.50	104.50
P152912	-	-	-	-	-	52.00	-	-	-	-	52.00	-	-	-	-	-	104.00
P005057	-	-	-	-	49.45	-	-	-	-	-	-	-	-	52.00	-	-	101.45
P005031	-	-	-	-	-	-	50.70	-	-	21.50	-	-	-	21.50	-	-	93.70
P100027	7.00	9.00	12.00	4.00	11.00	8.00	4.00	6.00	2.00	4.00	1.00	3.00	2.00	4.00	6.00	6.00	89.00
P005016	-	15.00	26.90	-	26.00	-	2.80	14.95	-	-	-	-	-	-	0.95	-	86.60
P100023	-	-	-	-	-	26.00	-	33.00	-	-	26.00	-	-	-	-	-	85.00
P050006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.00	26.00	26.00	-	78.00
P100016	1.00	12.00	23.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.00	14.00	-	-	77.00
P152909	-	-	12.24	-	-	26.00	-	-	-	-	26.00	-	-	12.24	-	-	76.48
P005004	-	-	72.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72.00
P150027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.00	-	-	24.00	72.00
P150007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.00	64.00	-	-	70.00
P100018	21.00	2.00	2.00	3.00	4.00	-	9.00	-	-	6.00	4.00	-	-	2.00	5.00	8.00	66.00

SKU	Periodos																Totales
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
P005050	6.90	27.65	28.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63.35
P005047	55.90	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	1.00	58.90
P100033	-	47.00	-	-	-	-	-	-	-	10.00	-	-	-	-	-	-	57.00
P152906	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.53	-	26.00	53.53
P100022	-	-	-	-	1.00	26.00	-	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	53.00
P050005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.00	-	26.00	-	52.00
P100010	-	-	-	-	50.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.00
P005055	-	-	21.50	-	-	-	-	-	29.15	-	-	-	-	-	-	-	50.65
P090707	-	-	-	17.23	11.79	19.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48.98
P005010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.50	26.00	47.50
P152910	26.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.00
P152911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.00	26.00
P150006	-	-	-	18.00	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.00
P150020	-	-	-	24.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.00
P152916	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.94
P100025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.94	-	-	-	-	-	-	22.00
P100030	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	22.00	-	-	-	-	-	21.00
P070002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.30	-	-	-	-	-	20.30
P090709	-	-	-	19.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.95
P090711	-	-	-	19.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.95
P150023	-	-	-	-	-	-	18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.00
P150001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.50	-	-	-	-	-	16.50
P150010	-	-	-	-	-	-	16.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.50
P150015	-	-	-	-	-	-	12.00	-	-	4.50	-	-	-	-	-	-	16.50
P005056	-	-	-	-	-	1.25	-	-	12.90	-	-	-	-	-	-	-	14.15
P152904	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.76	13.76
P100024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00	1.00	4.00	-	6.00	13.00
P005001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.55	-	-	-	12.55
P150021	-	-	-	-	-	-	-	-	12.00	-	-	-	-	-	-	-	12.00
P090705	-	-	-	-	-	9.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.98
P070001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.80	9.80
P002501	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.60	4.78	9.38
P100009	8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00
P100007	-	-	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	6.00
P005013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.90	-	5.90
P100029	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	2.00	-	-	1.00	4.00
P100031	-	1.00	1.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00
P100005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.95	-	-	-	-	-	1.95
P100028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00
P100034	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	1.00
P050002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50	-	-	-	-	-	-	0.50
P050003	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50
P005042	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50
P050008	-	0.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.50

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.