



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA  
DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**

**Jorge Mario Cano Trócoli**

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

Guatemala, mayo de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA  
DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JORGE MARIO CANO TRÓCOLI**

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

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**

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

**Jorge Mario Cano Trócoli**





Ref. EEPFI-0382-2021  
Guatemala, 04 de marzo de 2021

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**, presentado por el estudiante **Jorge Mario Cano Trócoli** carné número **200220129**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Gestión Industrial.

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

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Jozé Eduardo del Cid Castillo  
Asesor

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

Mtro. Carlos Humberto Aroche  
Coordinador de Maestría  
Gestión Industrial – Fin de Semana



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director

Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería







EEP-EIMI-030-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Mario Cano Trócoli**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2021



DTG. 195.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DEL MODELO ESTADÍSTICO DE PRONÓSTICO DE LA DEMANDA PARA ELIMINAR LA INEFECTIVIDAD DE LA PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANTTRA**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Mario Cano Trócoli**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, mayo de 2021.

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser mi fuente de sabiduría para el logro de mis metas.
<b>Mi esposa</b>	Por su amor, comprensión y apoyo para el logro de mis metas.
<b>Mi hija</b>	Por ser mi inspiración y motivación para el logro de mis metas.
<b>Mis padres</b>	Por el apoyo incondicional que me han dado para el logro de mis metas.





## AGRADECIMIENTOS A:

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



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3.1. Definición del problema.....	13
3.2. Descripción del problema.....	13
3.3. Formulación de preguntas .....	14
3.3.1. Pregunta principal .....	15
3.3.2. Preguntas auxiliares.....	15
3.4. Delimitación del problema.....	15
3.5. Viabilidad .....	16
3.6. Consecuencias de la investigación.....	16
4. JUSTIFICACIÓN .....	19
5. OBJETIVOS .....	23
5.1. Objetivo general .....	23
5.2. Objetivos específicos .....	23

6.	NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....	25
7.	MARCO TEÓRICO .....	27
7.1.	Industria de los fertilizantes .....	27
7.1.1.	Producción sostenida de alimentos .....	28
7.1.2.	Nutrición del suelo .....	29
7.1.3.	Fertilizantes.....	30
7.1.4.	El mercado de los fertilizantes.....	31
7.1.5.	Empresa MANTTRA .....	32
7.1.5.1.	Historia.....	32
7.1.5.2.	Valores de la empresa.....	34
7.1.5.3.	Productos.....	35
7.2.	Administración de operaciones y producción .....	37
7.2.1.	Historia de la administración de las operaciones y producción.....	37
7.2.2.	Administración de las operaciones .....	40
7.2.2.1.	Estrategias para la mejora de la administración de las operaciones .....	42
7.2.3.	Administración de la producción.....	44
7.2.3.1.	Objetivo de la producción .....	45
7.2.3.2.	Ciclo de vida del producto .....	46
7.2.3.3.	Sistemas de producción .....	47
7.2.3.4.	Planeación de la producción .....	50
7.2.3.5.	Estrategias para la mejora de la administración de la producción.....	53
7.3.	Administración de la demanda.....	55
7.3.1.	Patrones de la demanda.....	55

7.3.2.	Pronóstico de la demanda .....	57
7.3.3.	Enfoques de pronósticos .....	59
7.3.3.1.	Métodos cualitativos .....	59
7.3.3.2.	Métodos cuantitativos .....	60
7.3.3.3.	Medición del error de pronóstico .....	67
7.3.4.	Determinación del modelo de pronóstico por utilizar... 68	
7.3.5.	Estrategias para la mejora de la administración de la demanda .....	69
7.4.	Administración de inventarios .....	70
7.4.1.	Tipos de inventario.....	71
7.4.2.	Costos del inventario.....	71
7.4.3.	Análisis ABC .....	73
7.4.3.1.	Análisis ABC – XYZ.....	75
7.4.4.	Sistemas de control de inventarios.....	76
7.4.4.1.	Modelo de control de inventario de período único .....	76
7.4.4.2.	Modelo de control de inventario de cantidad de pedido fija.....	77
7.4.4.3.	Modelo de control de inventario de periodos fijos.....	78
7.4.5.	Estrategias para la mejora de la administración de inventarios.....	79
7.4.5.1.	Sistema EOQ.....	79
7.4.5.2.	Sistema POQ.....	80
7.4.5.3.	Sistema lote por lote (LxL).....	80
7.4.5.4.	Sistema MRP .....	81
7.4.5.5.	Sistema JIT .....	82
7.5.	La cadena de suministro .....	83

7.5.1.	Objetivo de la cadena de suministro.....	85
7.5.2.	Componentes de la cadena de suministro .....	86
7.5.3.	Actividades de la cadena de suministro .....	87
7.5.4.	Estrategias para la mejora de la cadena de suministro .....	88
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	91
9.	METODOLOGÍA .....	95
9.1.	Enfoque de la investigación .....	95
9.2.	Diseño de la investigación .....	96
9.3.	Tipo de estudio.....	96
9.4.	Variables e indicadores.....	97
9.5.	Fases de la investigación.....	101
9.5.1.	Fase 1: revisión documental del estado del arte y marco teórico .....	102
9.5.2.	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.....	102
9.5.2.1.	Determinación de la muestra .....	103
9.5.3.	Fase 3: descripción del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto y su elaboración .....	105
9.5.4.	Fase 4: descripción de la evaluación de los resultados proyectados obtenidos.....	106
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	109

11. CRONOGRAMA.....	113
12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	115
13. REFERENCIAS.....	117
14. APÉNDICES.....	125





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ciclo de vida del producto.....	47
2.	Patrones de la demanda.....	57
3.	Demanda real contra promedio móvil y móvil ponderado .....	63
4.	Demanda real contra suavizamiento exponencial y ajuste de tendencia..	65
5.	Demanda real contra proyección de tendencia .....	66
6.	Uso del análisis ABC.....	74
7.	Matriz ABC - XYZ.....	75
8.	Ejemplo de cadena de suministro.....	87
9.	Cronograma de actividades .....	113

### TABLAS

I.	Cuadro de variables e indicadores .....	99
II.	Determinación de la muestra por clasificación ABC / XYZ.....	104
III.	Recursos financieros.....	116



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\alpha$	Alfa
<b>S</b>	Azufre
<b>P</b>	Fósforo
<b>a</b>	Intersección con el eje y
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>CaO</b>	Óxido de calcio
<b>MgO</b>	Óxido de magnesio
<b>b</b>	Pendiente de la tasa de regresión
<b>n</b>	Periodo
<b>K</b>	Potasio
<b>y</b>	Pronóstico
$\Sigma$	Sumatoria



## GLOSARIO

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

<b>Inventario</b>	Lista ordenada de bienes y demás cosas valorables que pertenecen a una persona u organización.
<b>JIT</b>	Justo en tiempo ( <i>Just in time</i> ).
<b>MAD</b>	Desviación media absoluta.
<b>MAIPE</b>	Error porcentual absoluto medio.
<b>MRP</b>	Planificación de requerimientos de material.
<b>MSE</b>	Error cuadrático medio.
<b>OTIF</b>	Indicador de medición del cumplimiento al cliente en tiempo y en cantidad ( <i>On time in Full</i> ).
<b>PMP</b>	Plan maestro de producción.
<b>Productividad</b>	Medida económica que calcula cuantos bienes o servicios se han producido por cada factor utilizado
<b>Pronóstico</b>	Proceso de estimación en situaciones de incertidumbre.
<b>Tendencia</b>	Patrón de comportamiento de los elementos de un entorno particular durante un período determinado.
<b>Variación</b>	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, plantes), 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 diseño de investigación busca proporcionar un análisis de los datos históricos de producción de la empresa MANTTRA con la finalidad de proporcionar un modelo estadístico que permita mejorar y eliminar las ineficiencias actuales en la planificación de la producción.









## 1. INTRODUCCIÓN

En el interior de las organizaciones, existe gran importancia en el control y análisis de la información para la toma de decisiones que involucran 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 planteará la problemática de la empresa MANTTRA que se dedica 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 eliminar la inefectividad en la planificación de producción lo cual puede provocar 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 consiste en el análisis de la información de las toneladas métricas de producción de la empresa para clasificar los productos y presentaciones que representen el 80 % de las ventas y determinar el modelo estadístico de pronóstico de la demanda que tenga

el menor error estadístico permitiendo eliminar la ineffectividad en el proceso de planificación de la producción.

La necesidad de realizar esta investigación radica 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, para evitar los problemas planteados. La importancia de establecer un pronóstico correcto que disminuya la variabilidad en la demanda impacta directamente en la satisfacción de los clientes, permitiendo 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 considera que el trabajo de investigación es viable debido a que el coordinador de operaciones desea conocer el modelo estadístico que puede ser aplicable para el pronóstico de la demanda de los productos y presentaciones de la empresa, para mejorar el proceso de planificación de la producción. Se tiene acceso a toda la información necesaria para el desarrollo del trabajo de investigación, y se cuenta con los recursos humanos y materiales para proponer una solución a la problemática planteada.

El resultado que se espera obtener es un modelo estadístico de pronóstico de la demanda con el menor error estadístico posible, el cual permitirá mejorar el proceso de planificación de la producción para optimizar los resultados semanales y mensuales de los indicadores OEE y OTIF (*On Time In Full*) de la empresa y así mismo el aumento del nivel de satisfacción del cliente.

Por lo que los beneficiarios del trabajo de investigación serán principalmente los Departamentos de Producción, el Área Comercial y el Departamento Financiero de la empresa. Como resultado obtendrá una herramienta estadística que les permita planificar la producción que enfoque 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 propuestas para el trabajo de investigación son cuatro. Primero con la revisión de los recursos bibliográficos que enriquezcan el desarrollo de la investigación; seguido del análisis de la información de las toneladas métricas producidas por día, semana y mes para clasificar los productos y presentaciones de la empresa representativos en función de las ventas y menor variación estadística. Posteriormente se realizará la evaluación del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto. Finalmente se realizará la evaluación de los resultados proyectados con la medición anterior para determinar la efectividad de la propuesta realizada.

La investigación consistirá en cuatro capítulos para facilitar la comprensión de la propuesta de solución de la problemática planteada. En el primer capítulo se desarrollará la teoría que permite sustentar y enriquecer los capítulos posteriores. En el segundo capítulo se encontrará el 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 y el nivel de servicio necesario para evitar el quiebre de inventarios de materia prima y producto terminado.

En el tercer capítulo se realizará la evaluación del modelo estadístico propuesto para el manejo correcto de los inventarios de materia prima y producto terminado, determinando el punto de reorden, las alertas de costo de mantenimiento de los inventarios y la falta de existencias. Por último, en el capítulo cuarto, se compararán los resultados proyectados con la medición anterior a realizar la investigación para evaluar la efectividad de esta específicamente para los indicadores OTIF y OEE.

## **2. ANTECEDENTES**

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 periodos 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, manejar 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 cuadrados, 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 realiza 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 beneficia la planeación y programación de producción de la línea de confites aireados evitando los quiebres de inventario cuando la demanda presenta 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) proponen 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 conlleve 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 aporta 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 conecta 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 atrasos en producción y costos innecesarios que afectan directamente al margen de utilidad.

El estudio propone 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 realiza 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 aporta 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, explican 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 desarrolla 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 permite 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 aportan 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 que Pérez, Montalvo y Carruitero (2016) señalan 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 fue realizada 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 concluye 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 reduzcan 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) marca esta importancia en su investigación en la cual señala 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 es 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 aporta 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.

Finalmente, 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 propone 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.

Los aportes de cada uno de estos estudios presentados en esta sección permiten 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.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Definición del problema**

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

#### **3.2. Descripción del problema**

La empresa MANTTRA 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 2,014 hasta mayo de 2,020 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 periodos 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 propone 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.

### **3.3. Formulación de preguntas**

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



### **3.3.1. Pregunta principal**

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

### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Cuáles son los productos y presentación 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 mejorara de los resultados semanales medidos a través del OTIF (*On Time In Full*) y el OEE del proceso productivo?

### **3.4. Delimitación del problema**

La investigación se realizará 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, analizando los datos de producción de los productos que tienen menor variación estadística en su promedio de venta mensual para los periodos 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.

### **3.5. Viabilidad**

El gerente de operaciones de la empresa MANTTRA desea 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 posee 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 permitan realizar y respaldar la objetividad de la investigación y proponer el mejor modelo de pronóstico de la demanda.

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

### **3.6. Consecuencias de la investigación**

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

En cuanto al Departamento de Producción, la empresa se verá beneficiada en la planificación de producción durante las temporadas baja y media de tal manera que permita 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 dejando a un lado 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 verá beneficiada aumentando su indicador OTIF (*On Time In Full*) 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 permitan encaminar sus ventas hacia el pronóstico estadístico y no hacia el criterio personal del equipo de ventas.

Para el Área Financiera, el beneficio radica 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 así proyectar de mejor manera las compras de material de empaque y materia prima durante periodos más largos y evitar la toma de decisiones por reacción más que por planificación.

Por otro lado, en caso la investigación no pueda ejecutarse, el área comercial de la empresa seguirá 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, seguirá teniendo tiempos muertos por falta de producción en las temporadas baja y media, y para el Área Financiera, el flujo de efectivo seguirá 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.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

Sin importar el tamaño y línea de negocios de cualquier empresa a nivel mundial la toma de decisiones acertadas permite que los negocios se mantengan a flote y perduren en el paso del tiempo. Estas decisiones deben ir enfocadas a los procesos de planificación de la producción y la gestión de inventarios tanto de materia prima como de producto terminado, para permitir ejecutar un plan de ventas que mantenga un alto estándar de nivel de servicio y la satisfacción del cliente en cuanto a tiempos y cantidades de entrega. Para lograr mantener esta satisfacción las empresas deben lograr estimar de forma correcta la demanda futura en base a los datos históricos del negocio utilizando modelos estadísticos de pronóstico de la demanda.

El presente trabajo de investigación tiene como línea de investigación la logística integral, de la maestría en Gestión Industrial, aplicando los conocimientos obtenidos en los cursos de logística, Ingeniería de la Productividad y Finanzas industriales corporativas, proponiendo un modelo estadístico de pronóstico de la demanda que permita eliminar la ineffectividad en la planificación de la producción buscando garantizar un correcto manejo de la demanda, de los inventarios de materia prima y producto terminado y el estado de flujo de efectivo que permita incrementar el nivel de servicio al cliente final y los indicadores de gestión propios de la empresa en la cual se aplicará el estudio.

La necesidad de realizar la presente investigación radica en la ineffectividad en el proceso de planificación de la producción que tiene la empresa, ya que esta presenta regularmente quiebre de inventarios, ventas perdidas, reclamos por entregas tardías, incremento en los costos variables, malos resultados en sus indicadores de gestión e impactos financieros que representa el no poder atender todas las necesidades de sus clientes por un mal pronóstico de la demanda.

La importancia de un buen pronóstico de la demanda impacta directamente en la satisfacción de los clientes permitiendo optimizar la manera en que los recursos involucrados en el proceso productivo son utilizados para mantener los inventarios necesarios tanto de materia prima como producto terminado, permitiendo garantizar el suficiente abasto para cubrir las necesidades de los clientes evitando el quiebre de inventarios y la insatisfacción de los clientes, mejorando positivamente los indicadores de gestión de la empresa.

La motivación del investigador se enfoca principalmente en la aplicación de herramientas estadísticas disponibles en un problema real que permita establecer la correcta relación de las herramientas en la mejora de los procesos productivos impactando directamente en la satisfacción del cliente, la mejora en los niveles de servicio de la empresa, el correcto manejo de los inventarios y el pronóstico de la demanda y en los recursos relacionados con el proceso productivo y financiero de la empresa.

Los beneficios de la propuesta del establecimiento de un modelo estadístico de pronóstico de la demanda es la utilización de una herramienta de trabajo que permita mejorar el proceso de planificación de la producción para lograr inventariar productos de alta rotación, manteniendo la ocupación de la planta de producción durante todo el año, eliminando tiempos muertos por falta de producción en la temporada en donde los requerimientos de los clientes bajan, gestionar las ventas de los productos de mejor manera, evitar reclamos de parte de los clientes por entregas tardías y posibles ventas perdidas causadas por el desabastecimiento de las bodegas de producto terminado.

Los beneficiarios directos de la utilización de esta herramienta para el manejo de la demanda, inventarios y flujo de efectivo serán el departamento de producción, el área comercial y el departamento financiero de la empresa.

Para la planta de producción, permitirá mantenerla ocupada durante todo el año, evitando paros por falta de materia prima y tiempos muertos por falta de producción. El área comercial podrá mantener y mejorar sus indicadores de gestión, específicamente el OTIF (*On Time In Full*) en cuanto al manejo de los pedidos de los clientes, disminuir su tiempo de entrega y cumplir con sus requerimientos en el menor tiempo posible, y el departamento financiero, se beneficiará en controlar de mejor manera el estado de flujo de efectivo proyectando las compras de material de empaque, materia prima y disminuir la toma de decisiones reactivas en el manejo de la producción.





## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Establecer el modelo estadístico de pronóstico de la demanda aplicable a la empresa MANTTRA para eliminar la ineffectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Determinar los productos y presentación que representan el 80 % de las ventas de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de venta por período para enfocar la planificación de la producción hacia inventarios disponibles de dichos productos.
- 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 las ventas para mantener un inventario de producto listo en bodega que pueda suplir cualquier eventualidad.
- Evaluar 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 OTIF (*On Time In Full*) y OEE.

## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

La necesidad principal que el trabajo de investigación abordará en la empresa MANTTRA, consiste en la ineffectividad en el proceso de planificación de la producción. Por esta razón, no es posible evitar el quiebre de inventarios, ventas perdidas y reclamos por entregas tardías, dificultando obtener resultados positivos en los indicadores de la empresa OTIF (*On Time In Full*) y OEE del proceso productivo.

Con el establecimiento del modelo estadístico de pronóstico de la demanda adecuado para la empresa MANTTRA, se espera crear una herramienta de gestión de la planificación de la producción apropiada que permita optimizar la manera en que los recursos involucrados en el proceso productivo son utilizados, y mejorar positivamente los indicadores de la empresa.

Para la resolución de este problema, a continuación, se describe el esquema de solución del trabajo de investigación:

- Revisión documental de la teoría existente para fundamentar cada uno de los planteamientos a realizar.
- Determinación de los productos y presentación de la empresa más representativos en función de las ventas y menor variación estadística.
- Determinación del nivel de servicio de los productos y presentación de la empresa más representativos en función de las ventas y menor variación estadística.

- Evaluación de los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto en el establecimiento del punto de reorden y alertas de costo de mantenimiento y falta de existencias.
- Evaluación de los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto en los resultados del indicador OTIF (*On Time In Full*) y OEE.

## **7. MARCO TEÓRICO**

La investigación se desarrollará 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.

### **7.1. 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 Grupo 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 Grupo 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.

### **7.1.1. Producción sostenida de alimentos**

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 Fosforo (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 substancialmente 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.

### **7.1.2. 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 permitan 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.

### **7.1.3. Fertilizantes**

Los fertilizantes son sustancias sólidas o líquidas que de acuerdo con el Consejo Estadounidense de Química 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), puede 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.

#### **7.1.4. 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) 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.

#### **7.1.5. Empresa MANTTRA**

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

##### **7.1.5.1. Historia**

MANTTRA 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 dedica 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 Centro América, 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.

MANTTRA 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 Republica 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.

#### **7.1.5.2. 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.

### **7.1.5.3. 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

#### Fertilizantes granulados

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, cinc, boro, hierro, manganeso y ácidos húmicos, cada uno en los diferentes productos.

- Línea granumax: 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 azufertil: 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 tigsamag: 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 tigsabor: fertilizante granulado con un alto contenido de boro para potencializar los suelos.
- Línea tigsafos: fertilizante granulado que aporta fuertes cantidades de fosforo de origen mineral potencializando los suelos con su combinación de azufre, calcio, magnesio y boro.
- Línea rapizinc: fertilizante granulado con una excelente fuente de Zinc para potencializar los suelos.
- Línea dragox: fertilizante granulado con altas concentraciones de magnesio para potencializar los suelos con sus combinaciones con zinc, boro y azufre.

## Enmiendas

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

## **7.2. 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 de 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.

### **7.2.1. 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 propicio 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 especialidades 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.

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 con 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.

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.

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.

### **7.2.2. 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, esta 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.

#### **7.2.2.1. 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 esta 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.

### **7.2.3. 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.

#### **7.2.3.1. 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.

### **7.2.3.2. 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.

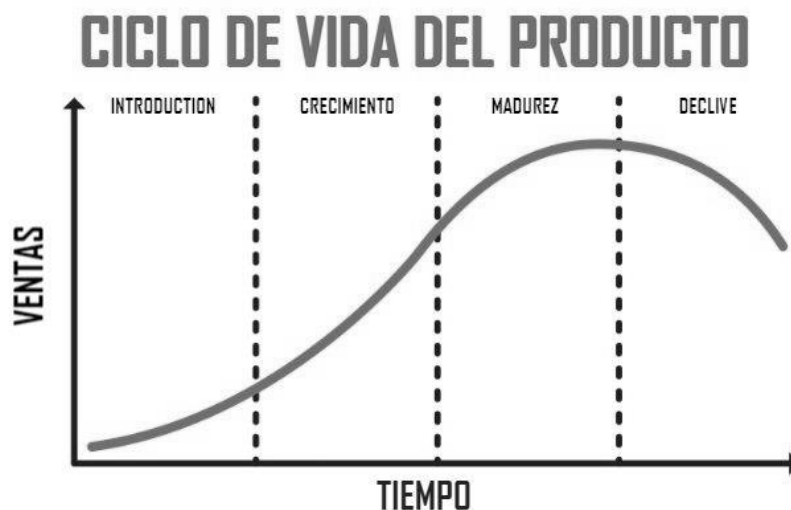
Según Domínguez (1995) y Muñoz (2009) cada etapa está definida por características propias del comportamiento del mercado, (la Figura 1, muestra la relación de las ventas en función del tiempo que determina la curva del ciclo de vida del producto).

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: The Power MBA. (2019). *Descubre como es el ciclo de vida de un producto*. Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <https://thepowemba.com/es/business/etapas-del-ciclo-de-vida-de-un-producto/>

### 7.2.3.3. **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 periodo 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, cuando 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.

#### **7.2.3.4. 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 influirán 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 periodo 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 desagregarlo 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.

#### **7.2.3.5. 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 de fijar sus metas alrededor de estrategias relacionadas con los costos productos, 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 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.



### **7.3. 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 pronosticarla es necesario determinar o descubrir los patrones básicos de la misma.

#### **7.3.1. Patrones de la demanda**

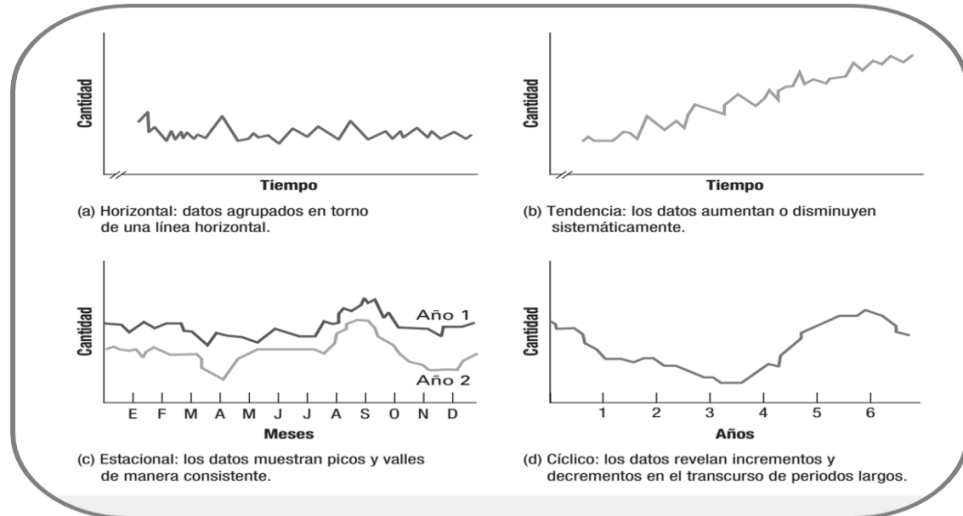
La información histórica de la demanda debe ser graficada contra una escala de tiempo para poder mostrar cualquier forma o patrón consistente que

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 periodo 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, etc., 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 periodos de tiempo.
- Patrón cíclico: esta marca una pauta de incrementos o decrementos graduales y menos previsibles en la demanda que se presentan durante periodos 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/#>

### 7.3.2. **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.

### **7.3.3. 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.

#### **7.3.3.1. 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.

### **7.3.3.2. 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, etc.). Estos datos son utilizados para predecir el futuro 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 periodo específico de tiempo (días, semanas, meses)
- Ciclos, patrón detectado en los datos que ocurre de forma repetitiva en un periodo 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:

$$\text{Pronóstico}_{n+1} = \frac{\sum \text{Demanda Real en los } n \text{ períodos anteriores}}{n}$$

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 periodos 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.

$$\text{Pronóstico}_{n+1} = \frac{\sum (\text{Ponderación para el período } n)(\text{Demanda Real para el período } n)}{\sum \text{Ponderaciones}}$$

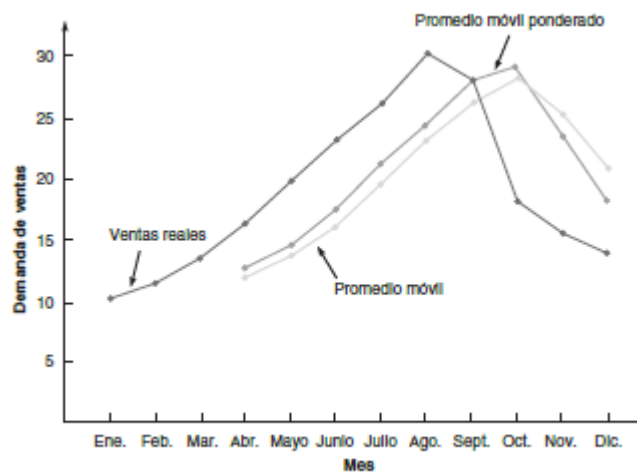
Estos métodos tanto el promedio móvil simple como el ponderado son de utilidad para realizar estimaciones cuando existen variaciones repentinas en el patrón que siguen los datos históricos utilizados (Ver Figura 3). Sin embargo, según Chase, Jacobs y Aquilano (2006) estos presentan dificultades con los 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*. Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <http://139.62.234.29/rid=1TSVV2PLH-XL3D42-1Q0/Principios-De-Administracion-De-Operacio.pdf>

- 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:

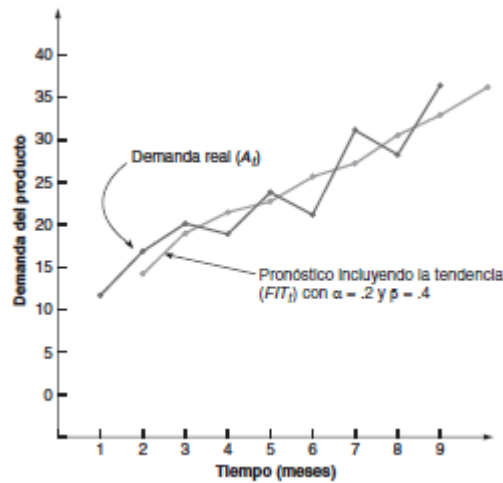
$$Pronóstico_{n+1} = Pronóstico_{n-1} + \alpha(Demanda Real_{n-1} - Pronóstico_{n-1})$$

Donde  $\alpha$  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 formula a aplicar sería:

$$\begin{aligned} & \textit{Pronóstico incluyendo la tendencia}_{n+1} \\ & = \textit{Pronóstico suavizado exponencialmente} \\ & + \textit{Tendencia suavizada exponencialmente} \end{aligned}$$

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



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

Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <http://139.62.234.29/rid=1TSVV2PLH-XL3D42-1Q0/Principios-De-Administracion-De-Operacio.pdf>

### 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:

$$\hat{y} = a + bx$$

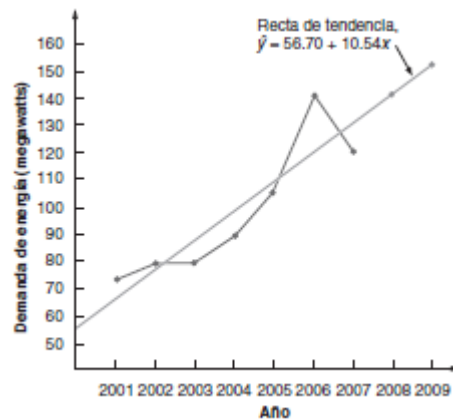
Donde  $\hat{y}$  es el valor calculado de la variable que debe pronosticarse (variable dependiente);  $a$  determina la intersección sobre el eje  $y$  de la recta

determinada; b es la pendiente de la tasa de regresión y x es la variable independiente (periodo de tiempo). Los valores de a y b se calculan a partir de las siguientes formulas:

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

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*. Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <http://139.62.234.29/rid=1TSVV2PLH-XL3D42-1Q0/Principios-De-Administracion-De-Operacio.pdf>

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 la función de la demanda estableciendo posibles repuntes o recesiones en el largo plazo.

### **7.3.3.3. 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.

#### **7.3.4. 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 dependa 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 que modelo de pronóstico deba utilizarse.

### **7.3.5. 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.

#### **7.4. 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.



#### **7.4.1. 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 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.

#### **7.4.2. 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.

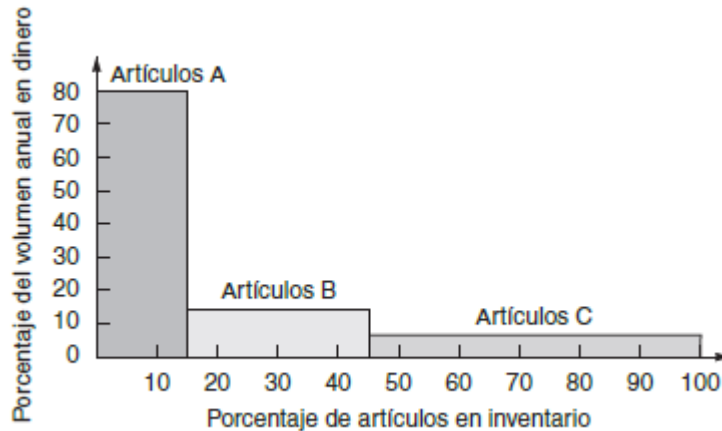
### **7.4.3. Análisis ABC**

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 periodo 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*. Consultado el 19 de septiembre de 2020. Recuperado de <http://139.62.234.29/rid=1TSVV2PLH-XL3D42-1Q0/Principios-De-Administracion-De-Operacio.pdf>

- 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.

#### 7.4.3.1. 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

	<b>X</b> Demanda estable, poca variación	<b>Y</b> Mayor variación de la demanda, ejemplo mercadería estacional	<b>Z</b> Demanda irregular, gran variación de la demanda
<b>A</b> Valor de inventario alto	AX	AY	AZ
<b>B</b> Valor de inventario moderado	BX	BY	BZ
<b>C</b> 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.

#### **7.4.4. 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.

##### **7.4.4.1. 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 como 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 esta.

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.

#### **7.4.4.2. 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.

#### **7.4.4.3. Modelo de control de inventario de periodos 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 periodo 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.

#### **7.4.5. 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.

##### **7.4.5.1. 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

#### **7.4.5.2. Sistema POQ**

El sistema POQ o modelo de cantidad fija de pedido (CFP) durante el tiempo de producción, según Salazar, B. (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.

#### **7.4.5.3. Sistema lote por lote (LxL)**

Este sistema o técnica, consiste en realizar pedidos a los proveedores iguales a las necesidades netas de cada periodo; 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 periodos futuros y despreciar los costos y las restricciones de capacidad de ordenar pedidos. (Salazar, B. 2018).

#### **7.4.5.4. 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 periodos 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.

#### **7.4.5.5. 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.

## **7.5. 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.

#### **7.5.1. 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, S. y Carretero D. (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 producto.
- 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.

### **7.5.2. Componentes de la cadena de suministro**

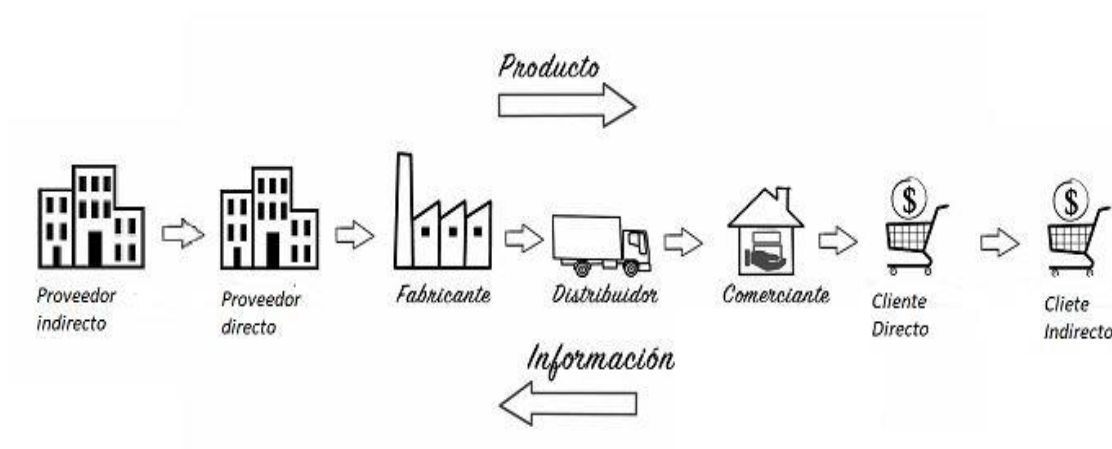
Los componentes fundamentales de la cadena de suministro según Heizer y Render (2009) como se muestra en la Figura 8 deben ser:

- 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 desarrolla 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>

### 7.5.3. **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.

#### **7.5.4. Estrategias para la 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.



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Industria de los fertilizantes

1.1.1 Producción sostenida de alimentos

1.1.2 Nutrición del suelo

1.1.3 Fertilizantes

1.1.4 El mercado de los fertilizantes

1.1.5 Empresa MANTTRA

1.1.5.1 Historia

1.1.5.2 Valores de la empresa

1.1.5.3 Productos

#### 1.2 Administración de operaciones y producción

1.2.1 Historia de la administración de las operaciones y producción

1.2.2 Administración de las operaciones

1.2.2.1 Estrategias para la mejora de la administración de las operaciones

1.2.3 Administración de la producción

1.2.3.1 Objetivo de la producción

- 1.2.3.2 Ciclo de vida del producto
- 1.2.3.3 Sistemas de producción
- 1.2.3.4 Planeación de la producción
- 1.2.3.5 Estrategias para la mejora de la administración de la producción
- 1.3 Administración de la demanda
  - 1.3.1 Patrones de la demanda
  - 1.3.2 Pronóstico de la demanda
  - 1.3.3 Enfoques de pronósticos
    - 1.3.3.1 Métodos cualitativos
    - 1.3.3.2 Métodos cuantitativos
  - 1.3.4 Selección de un método de pronóstico
  - 1.3.5 Estrategias para la mejora de la administración de la demanda
- 1.4 Administración de inventarios
  - 1.4.1 Tipos de inventarios
  - 1.4.2 Costos del inventario
  - 1.4.3 Análisis ABC
    - 1.4.3.1 Análisis ABC-XYZ
  - 1.4.4 Sistemas de control de inventarios
    - 1.4.4.1 Modelo de inventario de período único
    - 1.4.4.2 Modelo de inventario de cantidad de pedido fija
    - 1.4.4.3 Modelo de inventario de períodos fijos
  - 1.4.5 Estrategias para la mejora de la administración de inventarios
    - 1.4.5.1 Sistema EOQ
    - 1.4.5.2 Sistema POW
    - 1.4.5.3 Sistema lote por lote (lxl)

1.4.5.4 Sistema MRP

1.4.5.5 Sistema jit

1.5 La Cadena de Suministro

1.5.1 Objetivo de la cadena de suministro

1.5.2 Componentes de la cadena de suministro

1.5.3 Actividades de la cadena de suministro

1.5.4 Estrategias de mejora de la cadena de suministro

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS





## **9. METODOLOGÍA**

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

### **9.1. Enfoque de la investigación**

La investigación tendrá un enfoque mixto por las razones explicadas a continuación.

La parte cualitativa se verá reflejada en la descripción de los datos no numéricos que se obtendrán de la observación indirecta de los procedimientos de planificación de la producción, solicitud y compra de las materias primas y material de empaque que permita 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 será respaldada 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 semana que permitirán establecer los modelos de pronóstico de la demanda para reducir la ineffectividad del proceso de planificación de la producción existente y que proyecten mejores resultados para los indicadores de control de la empresa (OEE Y OTIF).

## **9.2. Diseño de la investigación**

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

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

## **9.3. Tipo de estudio**

La investigación tendrá un alcance del tipo explicativo, debido a que se pretende plasmar 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, para determinar y expresar las consecuencias de los resultados que se obtengan de la observación indirecta y del análisis estadístico de los datos numéricos de la producción por semana; explicando los hallazgos encontrados de las posibles causas de la ineffectividad del proceso de planificación de la producción existente.

#### 9.4. Variables e indicadores

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

- Toneladas métricas de producción: consiste en la información histórica de la empresa de las toneladas métricas producidas en un período determinado por producto y presentación.
- Porcentaje de Producción: se define 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: consiste en la suma consecutiva del porcentaje de producción de cada producto y presentación ordenados de mayor a menor.
- Promedio Simple: consiste en el valor medio de las toneladas métricas de producción por semana de un único producto y presentación, se calcula dividiendo la suma total de los datos entre el número de datos totales.
- Desviación Estándar: consiste en la medición de la dispersión de las toneladas métricas de producción por semana de un único producto y presentación, se calcula 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.

- **Coefficiente de Variación:** consiste en la representación porcentual de la desviación estándar en función del promedio simple de las toneladas métricas de producción por semana de un único producto y presentación, se calcula dividiendo la desviación estándar entre el promedio simple multiplicado por cien.
- **Nivel de Servicio:** representa la 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:** es el 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:** son 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 periodo 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 OTIF:** es un indicador de desempeño que refleja el porcentaje de despachos de producto terminado que llegan a tiempo y con el producto, cantidad y lugar indicado por el cliente.

- **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. **Cuadro de variables e indicadores**

	<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
<b>General</b>	Establecer el modelo estadístico de pronóstico de la demanda aplicable a la empresa MANTTRA para eliminar la inefectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial.	Producción real durante los años 2017 a 2020	Cuantitativa Continua	Toneladas métricas de producción por semana, por producto y presentación.	Análisis Documental Observación Indirecta Cuadro de Toneladas Métricas por producto, presentación y período de tiempo.

Continuación tabla I.

	<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Específicos</b>	Determinar los productos y presentación que representan el 80 % de las ventas de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de venta por período para enfocar la planificación de la producción hacia inventarios disponibles de los mismos.	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 las ventas, para mantener un inventario listo que pueda suplir cualquier eventualidad.	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.

	<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Específicos</b>	Evaluar 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 OTIF ( <i>On Time In Full</i> ) y OEE.	Beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda.	Cuantitativa Continua	Porcentaje de variación proyectada de:  Indicador OTIF Indicador OEE	Análisis estadístico de la información.

Fuente: elaboración propia.

## 9.5. Fases de la investigación

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

### **9.5.1. Fase 1: revisión documental del estado del arte y marco teórico**

Previo a llevar a cabo el trabajo de campo de la investigación, es necesario recolectar información de la literatura existente para estructurar el marco teórico que fundamente la investigación y permita proporcionar una guía para la solución más adecuada según la identificación y el planteamiento del problema. Para ello, en esta fase se realizará 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.

### **9.5.2. 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 iniciará 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 MANTTRA, 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 realizará 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 será 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, permitirá comprender claramente el flujo en el que son realizadas las actividades antes mencionadas.

Con el análisis de la información recopilada se pretende 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 llevará a cabo a través de revisión documental de los datos históricos de la cantidad de toneladas métricas producidas por semana 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 utilizará un formato elaborado en el software informativo Microsoft Excel (Ver Anexo 1).

#### **9.5.2.1. Determinación de la muestra**

Debido a que la investigación pretende 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 determinará por medio de la clasificación ABC / XYZ de los productos por presentación de la empresa MANTTRA, 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

El tamaño de la muestra quedará determinado por los productos y presentación que recaigan sobre la clasificación AX, AY, BX, BY, CX y CY según la Tabla II. La metodología que se utiliza para realizar dicha clasificación lleva el siguiente procedimiento:

Para determinar la clasificación ABC se requiere en primer lugar utilizar el diagrama de Pareto o relación 80-20. Para lograrlo se determina el porcentaje de producción acumulada de cada producto ordenado de mayor a menor en función de la cantidad de toneladas métricas totales durante los periodos de evaluación. Luego de realizado estos cálculos se clasifican 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 requiere determinar el coeficiente de variación de cada producto y presentación. Esto dará 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 50 %

Productos Z – los que se encuentren entre 50 % y 100 % o mayor

### **9.5.3. Fase 3: descripción del modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto y su elaboración**

La fase anterior será 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 determinar 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 tomará 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 permitirán 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.

#### **9.5.4. Fase 4: descripción de la evaluación de los resultados proyectados obtenidos**

Como inicio de esta última fase de la investigación, se explicarán 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 MANTTRA 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 realizará a través de una simulación del proceso de planificación de producción existente contra la propuesta de mejora en dicho proceso.

Finalmente, se explicarán los beneficios que podría obtener la empresa en los indicadores de control OTIF Y OEE comparando los resultados existentes con la proyección de dichos indicadores obtenidos de la simulación del proceso de

planificación de producción propuesto, determinando el porcentaje de variación porcentual que se pudiera obtener.



## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Con la finalidad de cumplir cada objetivo planteado, correspondientes a cada fase distinta del desarrollo de la investigación, será necesario auxiliarse de varias técnicas y herramientas que permitirán 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 auxiliará 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 será ordenada 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 serán libros de texto, blogs, revistas y tesis de postgrado.

La segunda fase se llevará a cabo en dos etapas. Para la primera etapa se utilizará 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 inefectividad del proceso de la planificación y por medio de técnicas cualitativas específicamente el análisis de contenido la información será analizada y presentada en diagramas de flujo y tablas comparativas utilizando el software informático Microsoft Visio y Microsoft Excel.

La segunda etapa se llevará a cabo utilizando la información estadística relacionada con la producción en toneladas métricas por producto y presentación

semanal 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 utilizará para el desarrollo de la investigación.

Esta información se presentará en forma tabular utilizando una técnica cuantitativa por medio de la estadística descriptiva para obtener la media aritmética, desviación estándar, coeficiente de correlación, porcentaje de la producción y porcentaje de la producción acumulado, para finalmente presentar la información utilizando un diagrama de Pareto para este fin elaborado con el software informativo Microsoft Excel.

Para la tercera fase se utilizará 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 aplicarán las técnicas de determinación del error de pronóstico y nivel de servicio que permitirán 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 será presentada de forma tabular y con gráficas de líneas utilizando el software informático Microsoft Excel que presenten la demanda real y la demanda pronosticada y su tendencia durante el tiempo.

En la cuarta fase y última de la investigación propuesta se utilizará una técnica cuantitativa por medio de la descripción de variables para calcular la tasa de variación de los indicadores OTIF y OEE de la situación existente comparada



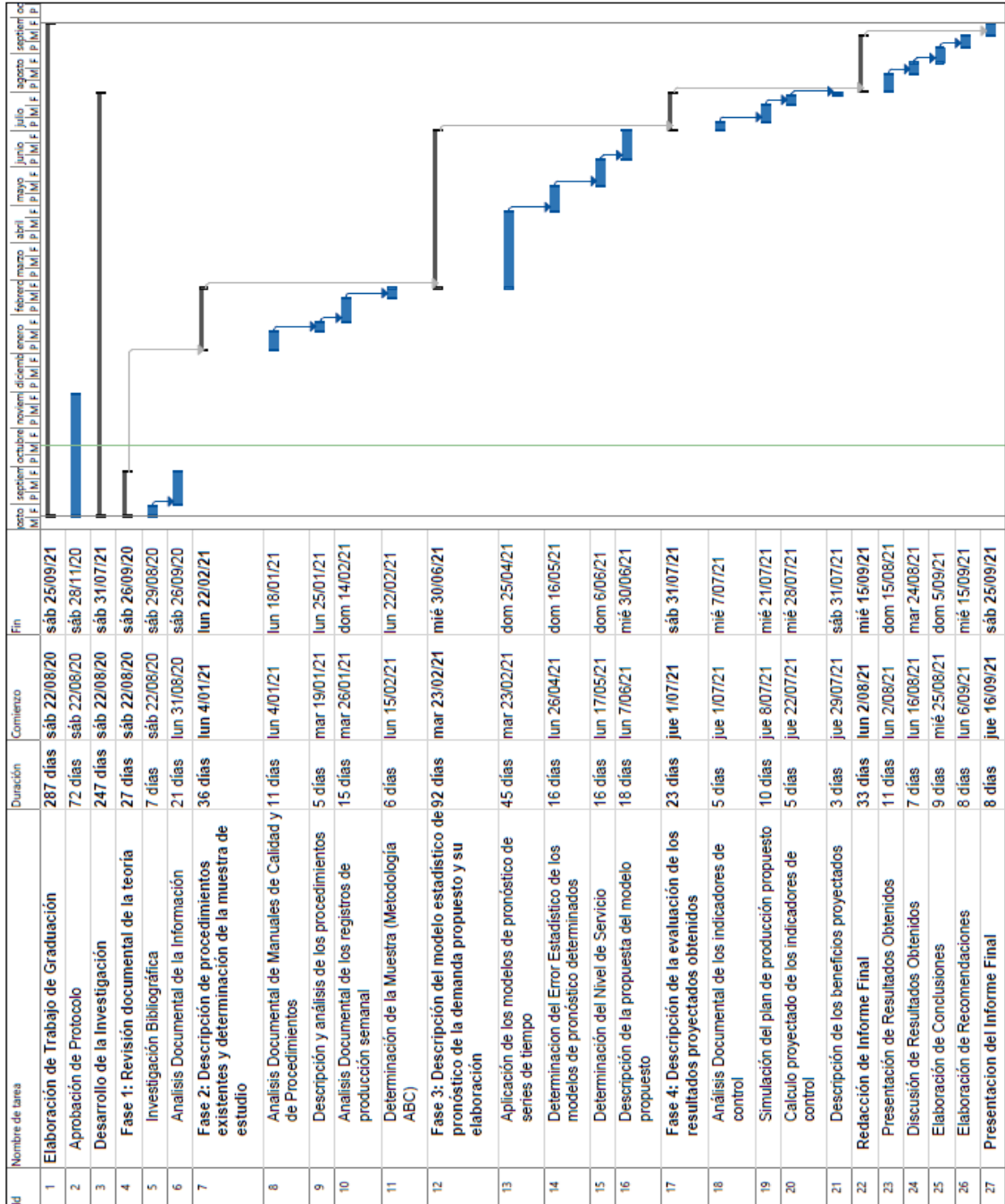
por medio de gráficos de líneas y barras con los resultados proyectados de la simulación que se realizará del proceso de planificación de la producción en base a la aplicación de los adecuados modelos de pronóstico de la demanda determinados en la fase anterior.

Finalizando se hará uso de 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, diagramas de flujo y cuadros comparativos de la situación existente y la situación proyectada luego de realizada la simulación.



# 11. CRONOGRAMA

Figura 9. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para que el estudio de investigación planteado pueda realizarse exitosamente cumpliendo con los objetivos establecidos, es necesario contar con los recursos siguientes:

- **Intelectuales:** el acceso a la información, descripción y flujo de procesos, historial estadístico de producción, será fundamental para comprender en primera instancia qué es lo que se hace dentro de la empresa e identificar con ello el punto de partida para elaborar la propuesta para la mejora del problema planteado. Para ello ya se cuenta con la autorización necesaria por parte de las autoridades de la empresa bajo el compromiso de confidencialidad de la información sensible a la misma.
- **Humanos:** esta categoría estará conformada por el investigador mismo, el profesional asesor que velará porque el estudio cumpla con los requisitos técnicos requeridos. Así mismo, de ser necesario, se cuenta con los colaboradores a cargo de los procesos de compras y finanzas para obtener o corroborar alguna información necesaria para mejorar el entendimiento de la descripción y flujo de los procesos involucrados.
- **Materiales y Tecnológicos:** se utilizarán todos aquellos componentes que permitan desarrollar la investigación. En este caso se utilizará papelería y útiles, equipo de computación para el registro de la información recolectada, equipo de impresión, servicio de internet y software informático como Microsoft Word y Microsoft Excel.

- **Financieros:** la investigación será financiada en su totalidad por el investigador mismo, los gastos a realizar quedan distribuidos de la siguiente forma:

Tabla III. **Recursos financieros**

Descripción	Tipo de Recurso	Monto
Asesoría de Trabajo de Investigación	Humano	Q. 2,500
Papelería y útiles de oficina	Material	Q. 1,000
	<b>Total</b>	<b>Q. 3,500</b>

Fuente: elaboración propia

El investigador debe contar con un presupuesto aproximado de Q. 3,500 para la correcta realización de la investigación, con el fin de cumplir con los objetivos planteados.

### 13. REFERENCIAS

1. Adler, M. (2004). *Producción y Operaciones*. Colombia: Editorial Macchi.
2. Ahn, P. (1990). Revista IBSRAM. *Quantification of sustainability in land development and urgent need for research*. (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*. 4ª edición. Madrid: Editorial Esic
5. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (2002). *Los Fertilizantes y su Uso*. 4ª edición. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
6. Ballou, R. (1991). *Logística Empresarial. Control y Planificación*. 1ª edición. España: Diaz de Santos, S.A.
7. Becerra, F. (2008). *Gestión de la producción: una aproximación conceptual*. [Publicación]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Arquitectura

8. Calvo A. (2020). *Qué tipos de fertilizantes existen y cuales usar*. [Entrada de Blog]. Recuperado de <https://www.agroptima.com/es/blog/tipos-fertilizantes/>
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*. (Trabajo de maestría). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de [http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1679/Daniel\\_Tesis\\_maestria\\_2016.pdf?sequence=1](http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1679/Daniel_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1)
10. Chávez J. y Torres R. (2012). *Supply Chain Management. Logrando ventajas competitivas a través de la gestión de la cadena de suministro*. 2ª edición. Chile: RIL editores.
11. Chase R., Jacobs F. y Aquilano, N. (2006). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*. 12ª edición. México: McGraw-Hill
12. Chopra, S. y Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, planeación y operación*. 3ª edición. México: Pearson Educación.
13. 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/>



14. 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*. (Trabajo de maestría). Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/handle/120809/878>
15. Domínguez, M. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill
16. Durán, Y. (2012). Revista Visión Gerencial. *Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas*. (1) 55-78. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892008.pdf>
17. Everett, A. (1991). *Administración de la producción y las operaciones: Conceptos, modelos y funcionamiento*. 4ª edición. México: Prentice-Hall
18. El Grupo Banco Mundial (2019). *Entendiendo la pobreza, agricultura y alimentos, panorama general*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview#1>
19. EAE Business School (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>.

20. Fink, A. (1988). *Fertilizantes y Fertilización*. España: Editorial Reverté
21. Fogarty, D., Blackstone, J. y Hoffmann, T. (1994). *Administración de la producción e inventarios*. 2ª edición. México: Compañía Editorial Continental.
22. Gaither N. y Frazier G. (1999). *Administración de Producción y Operaciones*. 8ª edición. México: International Thomson Editores
23. Heizer J. y Render B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. 7ª edición. México: Pearson Educación
24. Hillier F. y Hillier M. (2008). *Métodos cuantitativos para administración*. 3ª edición. México: McGraw-Hill Interamericana
25. Instituto de la Potasa y El Fósforo. (1990). Revista Informaciones Agronómicas No. 1. *Producción Sostenida de Alimentos en Latino América (Primera Parte)*. 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)
26. Lefcovich M. (2005). *Administración de operaciones*. [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/administracion-de-operaciones/>
27. 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.* (Trabajo

de maestría). Universidad del Pacífico, Perú. Recuperado de <http://repositorio.usjal.org/handle/11354/1972>

28. Manene, L. (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/>
29. Martínez O. (1984). *Análisis Económico*. México: Ediciones Astra
30. Mora, L. (2008). *Gestión Logística Integral: Las mejores prácticas en la cadena de abastecimiento*. 2ª edición. Colombia: Ecoe Ediciones
31. Muñoz, F. (2009). *Administración de operaciones*. 11ª edición. México: Cengage Learning.
32. Narasimham S., W. McLeavey D. y Billington P. (1996). *Planeación de la Producción y Control de Inventarios*. 2ª edición. México: Prentice-Hall
33. 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*. (Trabajo de maestría). Universidad del Pacífico, Perú). Recuperado de [http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1704/Walter\\_Tesis\\_maestria\\_2016.pdf?sequence=1](http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/1704/Walter_Tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1)
34. Prado, J. (1992). *La planeación y el control de la producción*. Colección Libro de Texto. México: Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

35. Pires, S. y Carretero Diaz. (2007). *Gestión de la Cadena de Suministros*. España: McGraw-Hill
36. 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>
37. Roncario G. (2018). *¿Qué es la Planeación Estratégica y para qué sirve?* [Mensaje en un Blog]. Recuperado de <https://gestion.pensemos.com/que-es-la-planeacion-estrategica-y-para-que-sirve>
38. Rushton A., Croucher, P. y Baker, P. (2006). *The handbook of logistics and distribution management*. Kogan Page Publishers.
39. Salazar B. (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/>
40. Schroeder R., Goldstein S. y Rungtusanatham M. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos*. 5ª edición. México: McGraw-Hill
41. Tawfik, L. y Chauvel A. (1993). *Administración de la Producción*. México: McGraw-Hill

42. Villalobos N, Chamorro O. y Fontalvo T. (2006). *Gestión de la Producción y Operaciones*. Colombia: Edumed





## Apéndice 2. Matriz de coherencia

Preguntas de investigación	Objetivos de la investigación	Variables de investigación	Método de solución propuesto	Resultados esperados
<p>¿Qué modelo estadístico de pronóstico de la demanda es aplicable a la empresa MANTTRA para eliminar la ineffectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial?</p>	<p>Establecer el modelo estadístico de pronóstico de la demanda aplicable a la empresa MANTTRA para eliminar la ineffectividad en la planificación de producción basada en el presupuesto de ventas del área comercial.</p>	<p>Información de toneladas de producción diaria, semanal y mensual por producto y presentación de los periodos 2,017 a 2,020</p>	<p>Revisión de datos históricos de producción por producto y presentación.</p>	<p>Establecer el modelo estadístico de pronóstico de la demanda con el menor error estadístico.</p>
<p>¿Cuáles son los productos y presentación que representan el 80 % de las ventas de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de venta por periodo?</p>	<p>Determinar los productos y presentación que representan el 80 % de las ventas de la empresa y que tienen la menor variación estadística en su promedio de venta por periodo para enfocar la planificación de la producción hacia inventarios disponibles de los mismos.</p>	<p>Información de toneladas de producción diaria, semanal y mensual por producto y presentación de los periodos 2,017 a 2,020</p>	<p>Clasificación ABC-XYZ Pareto</p>	<p>Establecer la relación 80-20 de los productos y presentación de la empresa. Obtener un Diagrama de Pareto para la relación 80-20 de los productos y presentación de la empresa.</p>



Continuación apéndice 2.

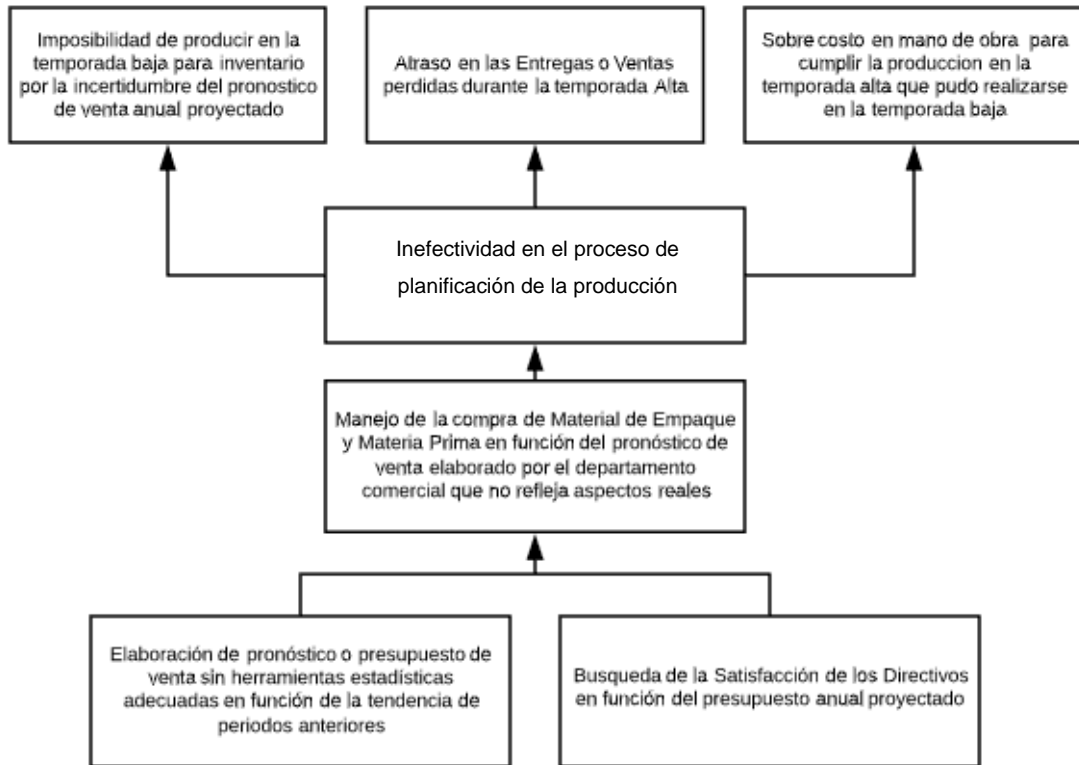
Preguntas de investigación	Objetivos de la investigación	Variables de investigación	Método de solución propuesto	Resultados esperados
<p>¿Qué nivel de servicio debe utilizarse para cada producto y presentación con base en la clasificación estadística que se realice en función de la variación promedio de las ventas?</p>	<p>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 las ventas, para mantener un inventario listo que pueda suplir cualquier eventualidad.</p>	<p>Información de toneladas de producción diaria, semanal y mensual por producto y presentación de los periodos 2,017 a 2,020</p> <p>Nivel de Servicio por producto y presentación.</p>	<p>Modelo de pronósticos probabilísticos</p>	<p>Establecer el nivel de servicio que permita mantener el inventario óptimo que debe mantenerse de los productos y presentaciones de la empresa.</p>
<p>¿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?</p>	<p>Evaluar 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.</p>	<p>Rotación de Inventarios</p> <p>Monitoreo de la Demanda</p> <p>Existencia mínima (<i>stock de seguridad</i>)</p> <p>Existencia máxima</p>	<p>Punto de Reorden</p> <p>Costo de Mantenimiento de Inventario</p> <p>Costo por falta de existencias</p>	<p>Evaluar los beneficios que da lugar el modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto en el establecimiento del punto de reorden y las alertas de costo de mantenimiento y falta de existencias.</p>

Continuación apéndice 2.

Preguntas de investigación	Objetivos de la investigación	Variables de investigación	Método de solución propuesto	Resultados esperados
<p>¿Qué beneficios aporta un buen modelo estadístico de pronóstico de la demanda en la mejora de los resultados semanales medidos a través del OTIF (<i>On Time In Full</i>) y el OEE del proceso productivo?</p>	<p>Evaluar los beneficios del modelo estadístico de pronóstico de la demanda en los resultados semanales de la empresa medidos a través del indicador OTIF (<i>On Time In Full</i>) y OEE.</p>	<p>Tiempo de Operación Paros Programados Paros Emergentes % de rechazos Producción Equivalente Lead Time de pedidos del cliente Fecha de Entrega Fecha de Recepción del Pedido</p>	<p>Calculo de OTIF (<i>On Time in Full</i>) Cálculo de OEE</p>	<p>Evaluar los beneficios que da lugar el modelo estadístico de pronóstico de la demanda propuesto en los resultados del indicador OTIF (<i>On Time In Full</i>) y OEE.</p>

Fuente: elaboración propia

### Apéndice 3. Árbol de problema



Fuente: elaboración propia