



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN  
ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN  
DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA  
EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**

**Francisco René Chavez López**

Asesorado por MSc. Luis Alejandro Samayoa Alvarado

Guatemala, octubre de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN  
ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN  
DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA  
EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FRANCISCO RENÉ CHAVEZ LÓPEZ**

ASESORADO POR MSc. LUIS ALEJANDRO SAMAYOA ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
EXAMINADOR	Inga. Ericka Nathalie López Torres
EXAMINADOR	Inga. Milbian Kattina Mendoza Mendez
SECRETARIA	Ing. Lesbia Magalí Herrera López

## **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 LA INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 10 de noviembre de 2022.



**Francisco René Chavez López**



**EPPFI-PP-1782-2022**

Guatemala, 10 de noviembre de 2022

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

**Estimado Ing. Urquizú**

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Todas las áreas - Pronósticos**, presentado por el estudiante **Francisco René Chavez López** carné número **200516190**, 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 Estadística Aplicada.

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.

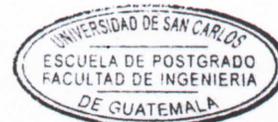
Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

**Luis Alejandro Samayoa Alvarado**  
**ECONOMISTA**  
**No. de Colegiado 24083**

Mtro. Luis Alejandro Samayoa Alvarado  
Asesor(a)

Mtro. Edwin Adalberto Bracamonte Orozco  
Coordinador(a) de Maestría



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





EEP-EIMI-1436-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**, presentado por el estudiante universitario **Francisco René Chavez López**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2022



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.103.2023

El Decano 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: **EVALUACIÓN ESTADÍSTICA MEDIANTE UN ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO Y REGRESIÓN PARA LA EXPLICACIÓN Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ALIMENTOS BALANCEADOS DE UNA EMPRESA UBICADA EN AMATITLÁN**, presentado por: **Francisco Rene Chavez Lopez** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera  
Motivo: Orden de impresión  
Fecha: 25/10/2023 18:15:00  
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera  
Decano a.i.



Guatemala, octubre de 2023

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2023 Correlativo: 103 CUI: 2376000720101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres</b>	Noraida López y Walter Chavez.
<b>Mis hermanos</b>	Hans de León y Diego Chavez.
<b>Mi sobrino</b>	Diego David de León.
<b>Mi compañera de vida y familia</b>	Ana López, Ronald, Lisbith, Andy e Ethan Girón, por aceptarme en sus vidas

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>El pueblo de Guatemala</b>	Por su aporte a la educación universal y gratuita.
<b>Mis amigos y aliados</b>	Misael Boche y Durwin Orozco.
<b>Mis compañeras y compañeros</b>	Por su entrega y pasión para hacer bien las cosas e impulsarme a ello, especialmente a Pablo Noack, Diego Rodríguez, Beatriz Márquez y Eileen Rivera.
<b>Mis guías de todo esto</b>	Dra. Aura Rodríguez y Mtro. William Fagiani.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
3.1. Contexto general .....	9
3.2. Descripción del problema .....	9
3.3. Formulación del problema .....	10
3.4. Delimitación del problema .....	11
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos .....	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN .....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Estadística.....	19

7.1.1.	Pronósticos.....	19
7.1.1.1.	Alcance de los pronósticos.....	20
7.1.1.2.	Características .....	21
7.1.1.3.	Metodologías.....	23
7.1.1.3.1.	Métodos subjetivos de pronóstico.....	23
7.1.1.3.2.	Métodos objetivos de pronóstico.....	24
7.1.1.3.3.	Precisión del pronóstico	33
7.2.	Alimentos balanceados .....	34
7.2.1.	Formulación del alimento balanceado .....	35
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	37
9.	METODOLOGÍA .....	39
9.1.	Características del estudio .....	39
9.2.	Unidad de análisis .....	39
9.3.	Operativización de las variables.....	40
9.4.	Fases del estudio .....	40
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	43
10.1.	Análisis estadístico.....	43
10.2.	Análisis y diagnóstico de regresión .....	43
10.3.	Análisis de series de tiempo.....	44
10.4.	Precisión del pronóstico .....	45
10.5.	Procesamiento de datos.....	46
10.6.	Entrevistas y apreciaciones cualitativas .....	46
11.	CRONOGRAMA .....	47

12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	49
13.	REFERENCIAS.....	51



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Bases de un pronóstico de excelencia .....	22
<b>Figura 2.</b>	Gráfica que demuestra la tendencia lineal y exponencial.....	25
<b>Figura 3.</b>	Gráfica de estacionalidad .....	26
<b>Figura 4.</b>	Gráfica de comportamiento aleatorio – ruido – .....	27
<b>Figura 5.</b>	Descomposición de una serie de tiempo: tendencia, estacionalidad y ruido .....	28
<b>Figura 6.</b>	Cronograma de actividades .....	47

## TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Operativización de variables .....	40
<b>Tabla 2.</b>	Pruebas estadísticas para el análisis de regresión.....	44
<b>Tabla 3.</b>	Pruebas de estacionaridad .....	45
<b>Tabla 4.</b>	Presupuesto.....	50



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\rho$	Coefficiente de correlación de Spearman
$p$	p valor
$\lambda$	Valor óptimo para la transformación Box Cox



## GLOSARIO

<b>Alimento Balanceado</b>	Bien de consumo intermedio compuesto por ingredientes de origen agrícola, animal y mineral para consumo animal.
<b>Atenuación exponencial</b>	Técnica estadística para el modelado de datos con el fin de pronosticar.
<b>Autorregresivo</b>	Representación de un proceso aleatorio en la que la variable respuesta depende de sus observaciones pasadas.
<b>Demanda</b>	Cantidad de una bien o servicio que el mercado requiere.
<b>Estacionalidad</b>	Variación periódica y predecible en un lapso determinado.
<b>Estacionariedad</b>	Las propiedades estadísticas o momentos de una serie no varían con el tiempo.
<b>Homocedasticidad</b>	Propiedad de un modelo donde la varianza del error es constante.
<b>Media móvil</b>	Componente de los modelos ARMA que se basa en los errores desfasados de la serie.

<b>Multicolinealidad</b>	Fuerte correlación entre las variables de un modelo.
<b>Pronóstico</b>	Estimación cuantitativa del futuro basado en análisis numéricos de sí misma o de elementos causales.
<b>Tendencia</b>	Patrón de comportamiento de una serie temporal, puede ser positiva o negativa.
<b>Variable regresora</b>	Elemento de una modelo que incide en el comportamiento de la variable respuesta.

## RESUMEN

El diseño de investigación se realiza con el propósito de iniciar la fase del pronóstico de la demanda como base para la toma de decisiones operativas y comerciales que coadyuven a la reducción de mermas y reprocesos. El objetivo es evaluar el modelo estadístico con mejor ajuste para el comportamiento y pronóstico de la demanda de alimentos balanceados fabricados en una planta de Amatitlán y que a su vez pronostique con la mejor precisión.

La metodología utilizada se enmarca en un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo correlacional debido a que se estudiará el comportamiento de la venta y su relación con otras variables o su mismo comportamiento. El diseño es no experimental u observacional pues se utilizarán datos de los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 a la presentación de los resultados obtenidos. Incluyendo información de las primeras veinticuatro semanas de 2023 con las que se harán las pruebas de desempeño de los modelos generados.

Inicialmente se identificarán las variables que pudieran afectar el comportamiento de la venta con base en criterios comerciales y operacionales, estos para integrarlos a un modelo de regresión lineal. Seguidamente se realizará un análisis de series de tiempo dónde se generarán modelos utilizando dos métodos de atenuación exponencial y un autorregresivo integrado de medias móviles.

Finalmente se comparará el error cuadrático medio para escoger el que mejor se ajusta para luego evaluar el desempeño de los pronósticos generados

con la información real obtenida durante las primeras veinticuatro semanas de 2023.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las estrategias para la reducción de costos de producción de un producto tradicionalmente se basan en la negociación de precios o bonificaciones de las materias primas o empaques utilizados. Estas pueden abordarse desde una perspectiva de planificación girada principalmente al control del comportamiento de la demanda.

Con una base estadística, un modelo que explique y extrapole el comportamiento de las ventas, se avanza en la implementación del proceso de planificación de la demanda que ofrece una orientación apropiada para programar la producción, optimizar los niveles de inventario y en cierta medida reducir los desperdicios.

De tal manera se expone en el trabajo de investigación, una evaluación estadística mediante análisis de series temporales y regresión el comportamiento de la demanda de alimentos balanceados elaborados en una empresa ubicada en Amatlán con el fin de realizar el pronóstico de la demanda de estos.

Este trabajo de investigación es una sistematización de la información de venta de alimento balanceado, reconocimiento de las variables y su significancia para explicar el comportamiento de la demanda. Así como un análisis de series temporales para encontrar el mejor modelo que explique y pronostique la demanda.

La empresa posee un horizonte de planificación de producción de una semana y se basa en un promedio simple del último mes cuando mucho. Carece

de un proceso establecido de pronóstico de la demanda, los niveles de inventarios se basan en juicios cualitativos sin estadísticas iniciales. Al no contar con un pronóstico base se tiende al desperdicio, reproceso, sentido de urgencia permanente.

Es importante contar con un pronóstico acertado y preciso como base para la toma de decisiones en la planificación de abastecimiento para contar con los insumos necesarios en el cumplimiento del programa de producción.

El modelo generado con el mejor ajuste permitirá explicar y pronosticar la demanda. El pronóstico de la demanda también permitirá al área de planificación de la producción conocer los recursos necesarios con más de una semana de anticipación y con ello estar mejor preparados para afrontar algún cambio que actualmente no se controla, así como mantener niveles óptimos de inventario de producto para la venta, reduciendo desperdicios y evitando reprocesos.

La metodología es de carácter cuantitativo, el diseño es no experimental transeccional utilizando información de venta y producción de los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022. Es de alcance descriptivo y correlacional-causal. Tipo descriptivo correlacional, y se analizará estadísticamente el comportamiento histórico de la demanda y se estudiará cómo esta se relaciona con otras variables independientes para conocer el nivel de dependencia.

En la primera fase se revisará la literatura asociada a los tópicos estadísticos y de aplicación necesarios para el logro de los objetivos de este trabajo de investigación fortaleciendo los puntos más importantes para aplicarlos de forma apropiada.

En la segunda fase se recopilará la información o datos necesario para realizar el análisis estadístico, esta se encuentra almacenada en los sistemas internos de la empresa.

Seguidamente, la tercera fase estará compuesta por el diagnóstico preliminar de los estadísticos descriptivos de los datos. Se realizará los análisis de series de tiempo y de regresión para la modelación matemática del comportamiento de la demanda para luego generar pronósticos y medir su precisión.

En la cuarta fase se interpretarán los resultados de la fase anterior y si es necesario se harán pruebas adicionales para afinar el modelo que mejor se ajusta a los objetivos de este trabajo de investigación.

En la última fase se redactará el informe final con el resultado, conclusiones y recomendaciones asociadas a otros factores que surjan en el desarrollo de este estudio.

Se cuenta con los recursos financieros, tecnológicos, infraestructurales y humanos necesarios para el cumplimiento del esquema de solución para lograr los objetivos de este trabajo por lo que se considera factible su realización.

El informe final estará dividido en tres capítulos

El primer capítulo contará con referencias literarias de estudios anteriores asociadas a los temas que se abordarán en este trabajo de investigación, estas servirán como guía y fundamento sobre la importancia y relevancia de tener un pronóstico de la demanda en la industria para el proceso de planificación.

El segundo capítulo se fundamentará teóricamente en estudios que contienen herramientas y pruebas estadísticas que servirán para la generación de los modelos que expliquen el comportamiento de la demanda, así como aquellas que sustenten la elección del que sea más adecuado que pronostique con la mejor precisión.

En el tercer capítulo se presentarán los resultados y en el cuarto capítulo se discutirá y concluirá respecto a los objetivos planteados.

## 2. ANTECEDENTES

La literatura asociada a la planificación de la demanda indica que es necesario contar con un modelo de pronóstico como base para la toma de decisiones para continuar con el desarrollo de este. De tal forma se indagan los resultados y conclusiones de otros trabajos para fundamentar la necesidad de su implementación.

La planeación de la demanda utiliza el pronóstico estadístico como primer paso para identificar características de la serie de tiempo a analizar y que su objetivo es predecir el futuro lo más preciso posible. Y como menciona Stadtler y Kilger (2005): “se logran reducciones de inventarios to especialmente los inventarios seguridad”(p.139), lo que repercute directamente en la salud financiera de la empresa al reducir el capital de trabajo detenido en este concepto.

A pesar de que Kumar y Ali (2018) enfatizan que: “el pronóstico de la demanda es esencial y es al mismo tiempo uno de los aspectos más complicados en la gestión de la cadena de suministros, es importante realizarlo y formalizarlo” (p.1-4). La mejora en la precisión de este brinda una base en las decisiones de los procesos que conforman la cadena de valor.

Hyndman y Athanasopoulos (2021) refieren: “el pronóstico del negocio se confunde con planeación y la definición de metas” (Sección 1.2, párrafo 1); esto no es enteramente cierto ya que los pronósticos intentan predecir el futuro con un bajo error basado en toda la información disponible, mientras que las metas son objetivos deseados y deben vincularse a la planificación estratégica de una

empresa. Por otro lado, la planificación genera acciones para que los pronósticos coincidan con los objetivos. En ese sentido se debe cuidar el objetivo del pronóstico de la demanda como base de la planificación de la demanda que debe estar en sintonía con los objetivos organizacionales.

Tampoco se debe confundir el pronóstico de la demanda con un presupuesto, como asevera Kolassa y Siemsen (2016, p.10). No obstante, sí se puede utilizar como una base para el planteamiento de escenarios iniciales de ingresos y egresos.

Es importante lograr identificar las variables que aportan información sobre la demanda y lograr parsimonia en el modelo. Sin embargo, se encuentran modelos más complejos, como el desarrollado por Weimar y Stillman (1990, p.217), para la simulación de un modelo de pronóstico para la industria avícola y ganadera a largo plazo en Estados Unidos, al ser esta una perspectiva del comportamiento para finalidades de decisiones de política estatal podría no ser lo más apropiado para este trabajo. Sin embargo, si se tomarán en cuenta las variables comerciales y operativas que resultan más significativas para el modelo.

El análisis de series de tiempo permite descomponer la información del comportamiento histórico de la demanda para con ella intentar predecir los sucesos que pudieran acontecer, claramente:

Es necesario conocer la procedencia de la base de datos con la que se trabaja, la estructura con la que está conformada y saber qué filtros son aplicados para tener certeza que las interpretaciones que se le dan no son puro accidente” (Nava 2013, p.11).

Nahmias y Lennon (2015), mencionan que: “los pronósticos normalmente son errados”(p.52). Por lo que sus resultados no deben ser el fin en sí de la planificación de la demanda, más bien una herramienta de esta última para que con las acciones que genere se optimicen los requerimientos de recursos en el corto, mediano y largo plazo. Al existir niveles de incertidumbre en el pronóstico, los pronósticos de juicio aportan información importante para prever cambios bruscos en la demanda. La planificación de la demanda debe lograr anticiparse y reaccionar a las volatilidades de la demanda unificando de forma coherente los pronósticos cuantitativos y cualitativos.

Como enfatiza Moon (2013): “el pronóstico de la demanda es un proceso administrativo y como tal debe estar cuidadosamente organizado, prestándole atención al personal, procesos y herramientas que lo constituyen”(Capítulo 2, párrafo 1). Brinda un estimado de la demanda basada en comportamientos históricos, sumando a los consensos de las partes interesadas.

De acuerdo con Chopra y Meindl (2016): “la planificación de las cadenas de suministro se basa en el pronóstico de la demanda (p.189), apoyan la toma de decisiones sobre los planes de abastecimiento, niveles de inventario, estrategias logísticas, programaciones de manufactura y puede utilizarse como pilar para el desarrollo de metas y métricas comerciales y de operaciones.

Finalmente concluyen Beltrán, Labán y Butrón (2019): “que el análisis de los datos en la planificación es importante debido al efecto multiplicador de costos que impactan en toda la cadena, así como el nivel de servicio de sus clientes.” (p.48). De alguna manera esto aporta un sustento sobre la importancia de buscar un modelo que ayude a explicar y pronosticar la demanda para ofrecerla como base a la tan necesaria planificación.



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

#### **3.1. Contexto general**

La optimización de los recursos en las cadenas de suministro es un aspecto importante que debe abordarse apropiadamente, principalmente porque las noticias sobre los problemas en los mecanismos de tránsito de bienes e inflación que se han percibido en el último año evidencian volatilidades que ponen en riesgo la seguridad alimentaria, principalmente porque se tuvo un precedente con el escenario pandémico del 2020.

Tomando en cuenta que Guatemala es un país que depende en gran medida de las importaciones de materias primas y que las empresas, de manera directa o indirecta, tienen un impacto sobre la seguridad alimentaria, abordar el tema de los desperdicios de recursos por la falta de análisis del comportamiento de la demanda de productos que se ofrecen cobra un nivel de relevante importancia y que es necesario analizar para contar con procesos y controles que permitan el uso óptimo de los recursos, con el fin de minimizar los desperdicios.

De tal forma se hace necesario integrar a los actores que afectan en algún grado la demanda de los alimentos balanceados que consume la industria pecuaria para su eficaz desarrollo.

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

La planificación de una fábrica de alimento balanceado para la industria pecuaria basa su programación de producción en un promedio aritmético (para

los SKUs *make-to-stock* –MTS- por sus siglas en inglés) y los pedidos de un día anterior (para los SKUs *make-to-order* –MTO- por sus siglas en inglés). Por lo que se propone identificar y analizar las variables que puedan influir en el comportamiento de la demanda de los diferentes productos para la venta, sin importar si son MTS o MTO.

La precisión y la incertidumbre del método que se utiliza no se mide. Al no estar evaluada conlleva a tomar un sentido de urgencia innecesaria en los planes de producciones y abastecimiento. Esto tiene un efecto negativo en los niveles de inventario siendo estos no óptimos con relación a la demanda real, lo que ocasiona pérdidas económicas derivados de los reprocesos, descartes, faltas de inventario y perdidas por no venta o excesos de este.

### **3.3. Formulación del problema**

A continuación, se presenta la formulación del problema de investigación, mediante la construcción de las preguntas que se deben responder en el desarrollo de este:

- Pregunta central

¿Cuál es el modelo estadístico que explica y pronostica con mejor ajuste la demanda de los alimentos balanceados para la industria pecuaria fabricados en una empresa ubicada en Amatlán?

- Preguntas auxiliares
  - ¿Cuáles son las variables que explican y pronostican significativamente el comportamiento de la demanda de alimentos balanceados?
  - ¿Cuál es el grado de correlación entre la demanda y las variables identificadas?
  - ¿Cuál es el modelo que explica y pronostica la demanda de alimentos balanceados con el menor error?

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

Se utilizará información semanal del periodo de julio de 2017 a diciembre de 2022 de los productos para la venta que fabrica la empresa dónde se elaborará el estudio.



## 4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se desarrolla dentro de la línea de investigación de los pronósticos, herramienta por la que se fortalecerá la estrategia de implementación del proceso de Planeación de la Demanda desde la Cadena de Suministros.

La importancia radica en que el pronóstico de la demanda permite generar un horizonte de sucesos, para este caso las ventas, en el cual se soportan decisiones tácticas y operativas, de mediano y corto plazo. Desde el pronóstico de la demanda la organización tiene un panorama en el que se puede desarrollar un plan de la demanda, donde se involucran juicios cualitativos y procesos de consenso. Con ello se provee hacia los siguientes niveles, de forma horizontal y vertical, un punto en común hacia el cuál se generan las estrategias de cada departamento para su cumplimiento, esto abarca a los procesos de valor: logística interna y externa, manufactura y ventas. Así como a los procesos de soporte: mantenimiento, abastecimiento, recursos humanos e informática.

El interés del investigador se enmarca en la posibilidad del establecimiento de un proceso de planificación de ventas y operaciones (S&OP por sus siglas en inglés), a largo plazo. Inicialmente logrando la credibilidad del pronóstico de la demanda como instrumento básico, de constante retroalimentación y perfeccionamiento, para los involucrados en las actividades de planificación de las operaciones de abastecimiento, manufactura y logística.

Se contará con una herramienta en la que se descansarán las decisiones que se toman de forma muy inoportuna o muy poco margen de tiempo para

reaccionar de forma apropiada. Se dispondrá de tiempo para el discernimiento de las disposiciones internas y externas que son determinantes para el logro de los objetivos de venta y producción. Se espera la reducción de reprocesos, quiebres de inventario y su contraparte (sobre stocks), urgencias, cambios no programados, contratación de servicios de respaldo por falta de capacidad de respuesta a las necesidades no contempladas, entre otros. Lo anterior se traduce en ahorros operativos y aumento en la cultura de planificación.

Los beneficiarios directos son los procesos que deben cumplir con el proceso de comercialización: abastecimiento, manufactura y logística. Externamente se benefician los socios suplidores de materias primas y empaques. Indirectamente el mismo proceso comercial y más allá, los accionistas de la empresa dónde se elaborará el estudio.

Socialmente es relevante porque la optimización de los recursos, al controlar los gastos operativos, se traduce en ahorros que permite pensar en la ampliación de capacidades productivas y con ello la contratación de personal, o bien, la generación de empleo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Evaluar estadísticamente mediante un análisis de series de tiempo y regresión, para su explicación y predicción, el comportamiento de la demanda de alimentos balanceados para la industria pecuaria de una empresa ubicada en Amatlán.

### **5.2. Específicos**

- Identificar las variables que explican y pronostican el comportamiento de la demanda de alimentos balanceados estableciendo criterios comerciales y operacionales para utilizarlos en la modelación estadística con el mejor ajuste.
- Cuantificar el grado de correlación entre la demanda y las variables través de análisis de correlación de Spearman y regresión para reconocer la significancia de cada uno de ellos y señalar los que aportan valor e información de los que no para integrarlos al modelo.
- Inferir un modelo que explique y pronostique la demanda de los productos en estudio por medio de un análisis de series de tiempo o regresión dinámica que identifique el comportamiento y su variabilidad para establecer una base con la cual planificar apropiadamente la producción, optimizar los inventarios y reducir los desperdicios.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN**

El fin de este trabajo consiste en generar un modelo estadístico explicativo y predictivo de la demanda de productos para la venta, específicamente alimentos balanceados para la industria pecuaria. Resulta importante ya que el pronóstico de la demanda es una de las bases en la cual se sostiene el proceso de planificación de la demanda que no existe dentro de la empresa de dónde se analizará la información.

Inicialmente se revisarán e identificarán los temas importantes que fortalecerá el marco teórico de donde se sostiene el desarrollo y memoria de cálculo de esta investigación. Se descargará la información y se realizará una inspección inicial a la base de datos para realizar una limpieza de la información que no aportará valor.

Seguidamente se generarán los descriptivos iniciales de los datos para el reconocimiento y cálculo de los estimadores de tendencia central y dispersión. Al mismo tiempo se identificarán las variables exógenas que pudieran afectar el comportamiento de la demanda de la variable en estudio. Con estas variables se realizará el análisis y diagnóstico de regresión mediante pruebas formales y gráficas de normalidad, homocedasticidad e independencia.

Consecutivamente se realizará el análisis de series de tiempo, con el cual se identificará la estacionariedad de la serie para su correcto procesamiento. Se definirá el modelo ARIMA, de suavizamiento exponencial o regresivo dinámico que mejor se ajuste a los datos y que cumplan con el mejor criterio de información e independencia entre sus residuos.

A partir de ello se pondrán a prueba los modelos con la generación de pronósticos mediante la precisión que tenga cada uno con respecto a los datos reales y se compararán entre ellos. De esta forma se concluirá la evaluación estadística y se indicará cuál es el modelo que mejor explica y pronostica la demanda de la variable en estudio.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Estadística**

La estadística es una ciencia que utiliza modelos matemáticos para comprender, explicar e interpretar los datos de una población o una muestra de esta e inferir parámetros propios de su origen.

#### **7.1.1. Pronósticos**

De acuerdo con Heizer, Render y Munson (2017): “Pronosticar es el arte y la ciencia de predecir eventos futuros.” (p.146). no está demás mencionar que los pronósticos estadísticos conllevan un nivel de confianza o error que únicamente los hace una herramienta que sirve como referencia para la toma de decisiones basadas en hechos históricos y se deben considerar aspectos subjetivos e intuiciones de otras partes interesadas para ahondar en su utilidad.

En la cadena de suministros, es importante contar con esta base debido a que permite tener visibilidad de los eventos y sucesos manufactureros que puedan afectar la operación.

Los pronósticos ayudan a la planificación del abastecimiento de materias primas, empaques, repuestos industriales, licitaciones de activos fijos, contratación de servicios y mano de obra, entre otros. También apoya a tener visibilidad en los estados de resultados proyectados. Todo ello aporta valor en la toma de decisiones para el lucro de la cual una empresa está constituida.

Toda la planeación empresarial está basada en pronósticos. “Las áreas funcionales que hacen uso de esta herramienta son Mercadeo y Producción” (Nahmias y Lennon, 2015, p.54).

El análisis estadístico identifica y predice dos categorías de patrones: la primera asociada al tiempo y la segunda aborda la influencia de otros factores que devienen de la demanda de los productos (Moon, 2013); en general se puede estudiar entonces el comportamiento histórico como tal y también se puede analizar las causas de dichos comportamientos. Para la primera categoría se utiliza el análisis de series de tiempo y para la segunda se utilizan técnicas de regresión.

Naturalmente, al intentar predecir no es apropiado confiar plenamente en los resultados generados, más bien sirven de referencia para tomar decisiones y se debe tener en cuenta que existen horizontes de pronósticos o alcances que son considerados para la estrategia corporativa, la táctica y operatividad.

#### **7.1.1.1. Alcance de los pronósticos**

A continuación, se presentan los objetivos y estrategias para la utilización de los pronósticos con base a su horizonte de previsión:

- Corto plazo

Para Heizer, Render y Munson (2017):“son pronósticos para la planificación entre tres meses y un año”(p.146), regularmente se utilizan para la administración de inventarios. Se utilizan para el plan de compras, programación de producción, estimaciones de capacidad de mano de obra,. Los pronósticos de

corto plazo son más precisos que los de mediano y largo plazo. Están basados en promedios móviles y atenuación exponencial de hasta tercer nivel.

- Mediano plazo

Siguiendo lo indicado por Heizer, Render y Munson (2017): “se amplía entre tres meses hasta tres años”(p.146), es utilizado para los planes de ventas, presupuesto, flujo de efectivo.

- Largo plazo

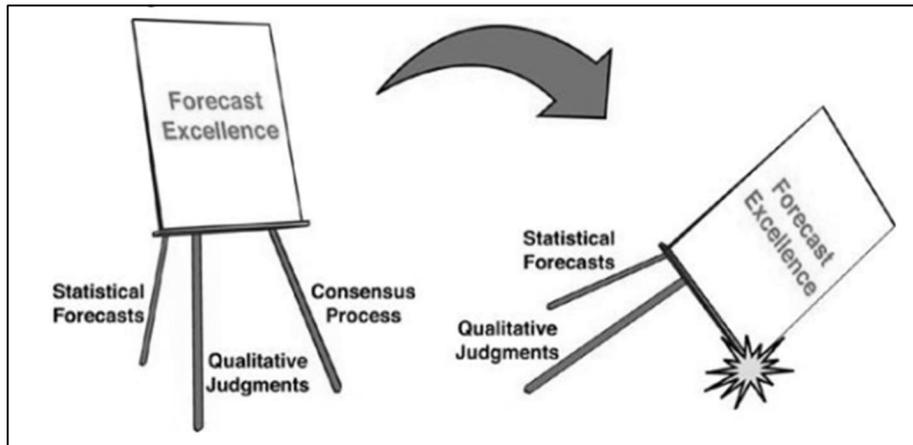
El largo plazo es un ambiente estratégico de más de tres años, conviene para la planificación de nuevos productos, consideraciones de activos fijos, investigación y desarrollo, y otras estrategias manufactureras de largo alcance.

#### **7.1.1.2. Características**

Es necesario comprender que los pronósticos poseen supuestos implícitos en ellos debido a su naturaleza y es importante reconocer su incerteza. No son la panacea ni se debe usarlos como la última palabra, para la toma de decisiones. Sin embargo, es un eslabón muy importante. El pronóstico de la demanda es una referencia para el proceso de planeación de la demanda. También se deben considerar los juicios cualitativos y el consenso para este proceso.

## Figura 1.

### *Bases de un pronóstico de excelencia*



*Nota.* Estos procesos son necesarios para la planeación de la demanda. Obtenido de M. Moon (2013). *Demand and Supply Integration* [Integración de la oferta y la demanda] (p. 66.) Pearson Education.

De tal forma se dice que los pronósticos estadísticos están generalmente errados, ya que utiliza metodologías basadas en datos históricos, que no necesariamente son repetitivos, pero si proveen información, y de eventos causales como la estación del año, los precios, promociones eventuales, entre otros. Esto basado en la pericia del analista puede ser aún más certero, pero no del todo.

De acuerdo con Nahmias y Lennon (2015): “a mayor horizonte de pronóstico es mayor el error de este” (p.57), y es mero sentido común, se puede saber que lloverá al ver una nube gris en el firmamento debido a la temporada, pero no es certero predecir el momento exacto del año en que existirá la precipitación, ni la tasa de cambio de una divisa, ni el índice de precios al consumidor que existirá dentro de cinco años.

### **7.1.1.3. Metodologías**

Los métodos para pronosticar proporcionan una guía para definir los valores futuros de los eventos que se analizan. Existen dos vertientes, los métodos cualitativos o subjetivos y los cuantitativos u objetivos, presentados a continuación:

#### **7.1.1.3.1. Métodos subjetivos de pronóstico**

Se llaman métodos subjetivos a aquellos que se basan en la intuición, percepción o el juicio de alguna parte interesada, también son conocidos como métodos cualitativos debido a su naturaleza:

- Juicio de opinión ejecutiva

Este se basa en una junta ejecutiva que posee el reconocimiento del mercado en dónde se hará el pronóstico, o tienen la capacidad de intuir, dada su experiencia, en el comportamiento de la demanda.

- Encuestas a clientes

Estas ayudan en la determinación de patrones de consumo, necesidades puntuales. “Para que estas sean efectivas deben estar debidamente diseñadas para garantizar que la información no esté sesgada y sea representativa” (Nahmias y Lennon, 2015, p.57).

- Método Delphi

Es una junta multidisciplinaria de expertos que ayudan a afinar el pronóstico para la planeación de la demanda. La diferencia con el método de juicio de opinión ejecutiva es que la manera en que la junta está conformada, la idea es neutralizar la opinión y no sesgar las decisiones por el simple hecho de tener un puesto más alto (Nahmias y Lennon, 2015, p.58).

#### **7.1.1.3.2. Métodos objetivos de pronóstico**

Se llaman así a los métodos cuantitativos de pronóstico. Para Moon (2013): “El pronóstico cuantitativo es cómo mirar en el espejo retrovisor” (p.73). Se basa en datos históricos para interpretar el comportamiento que la demanda de insumos ha tenido durante un tiempo establecido.

Para Nahmias y Lennon (2015): “los métodos objetivos de pronósticos son aquellos que se basan en el análisis de datos”(p.58). Estos métodos tienen dos formas de abordarse: desde un análisis de series de tiempo, que considera la información del pasado de lo que se desea pronosticar para generar información y los métodos causales, que introduce variables que en buena teoría afectan el comportamiento de los eventos que se están analizando.

- Análisis de series de tiempo

El análisis de series de tiempo permite interpretar el comportamiento que han tenido los eventos que se están estudiando, o que se quieren aplicar pronósticos, y son tres los componentes que se intentan identificar:

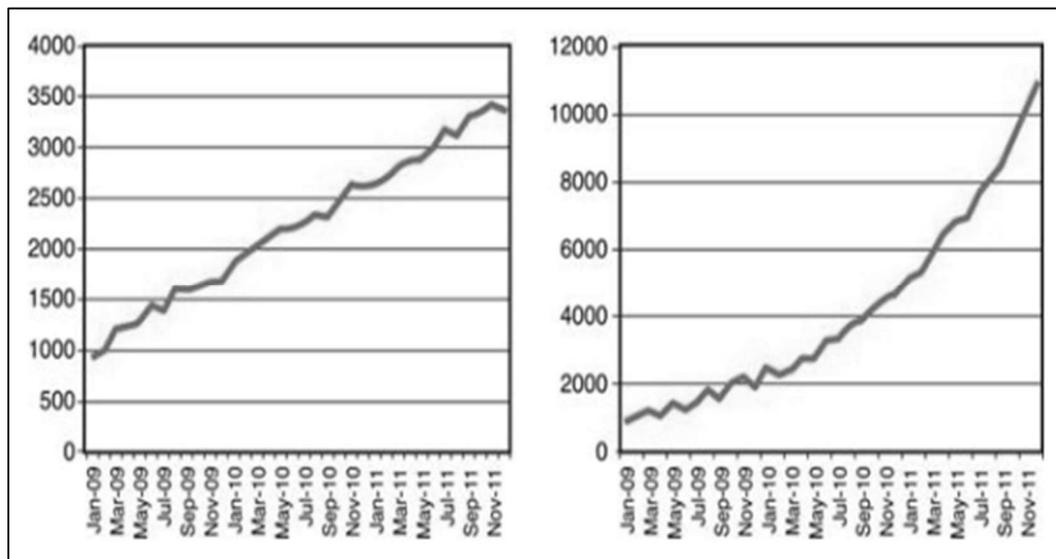
- Tendencia

Tendencia se refiere a un patrón de continuo crecimiento o decrecimiento. Puede verse como una recta o una curva durante el tiempo de análisis de datos.

En la figura se puede observar un patrón de tendencia creciente.

**Figura 2.**

*Gráfica que demuestra la tendencia lineal y exponencial*



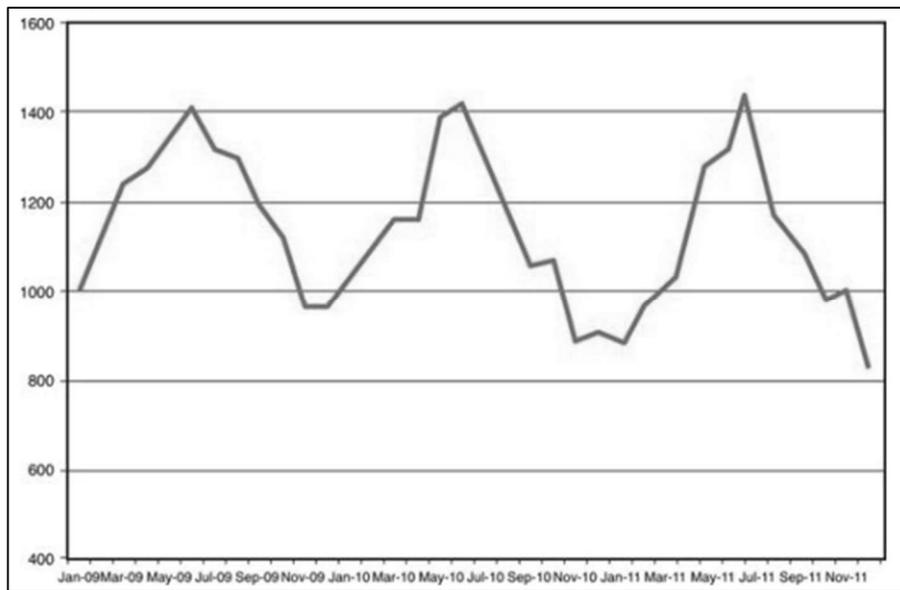
*Nota.* La gráfica presenta un aumento en los valores de los datos. Obtenido de M. Moon (2013). *Demand and Supply Integration* [Integración de la oferta y la demanda] (p. 70.) Pearson Education.

- Estacionalidad

La estacionalidad representa los ciclos repetitivos al cual la demanda está sometida.

**Figura 3.**

*Gráfica de estacionalidad*



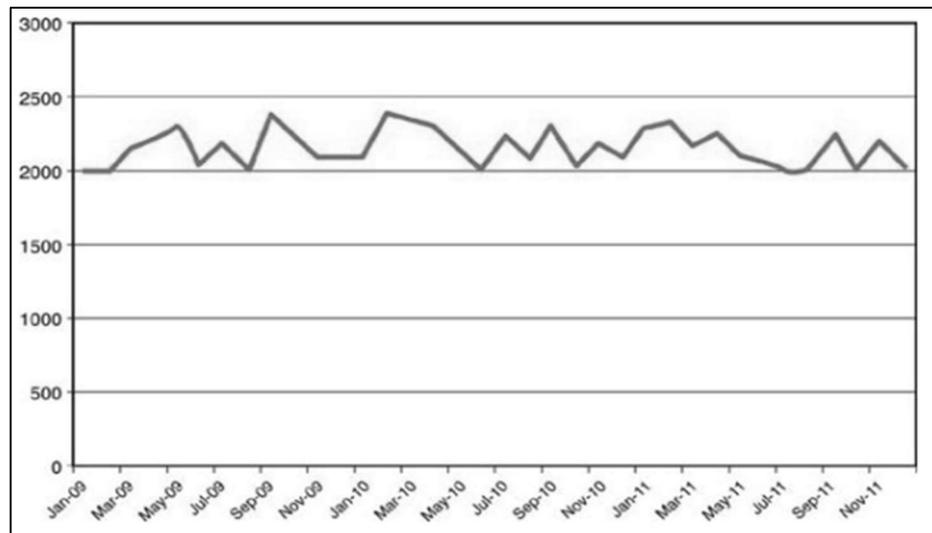
*Nota.* La característica de estas gráficas las hace predecibles, por presentar ciclos repetitivos. Obtenido de M. Moon (2013). *Demand and Supply Integration* [Integración de la oferta y la demanda] (p. 70.) Pearson Education.

- Ruido

El ruido son variaciones aleatorias que ocurren en el comportamiento de las series de tiempo. Una serie puramente aleatoria es aquella que ni tiene tendencia ni estacionalidad. Las series de tiempo que se muestran en el comportamiento de la demanda contienen cierto grado de ruido, a menor ruido es más pronosticable.

**Figura 4.**

*Gráfica de comportamiento aleatorio – ruido –*

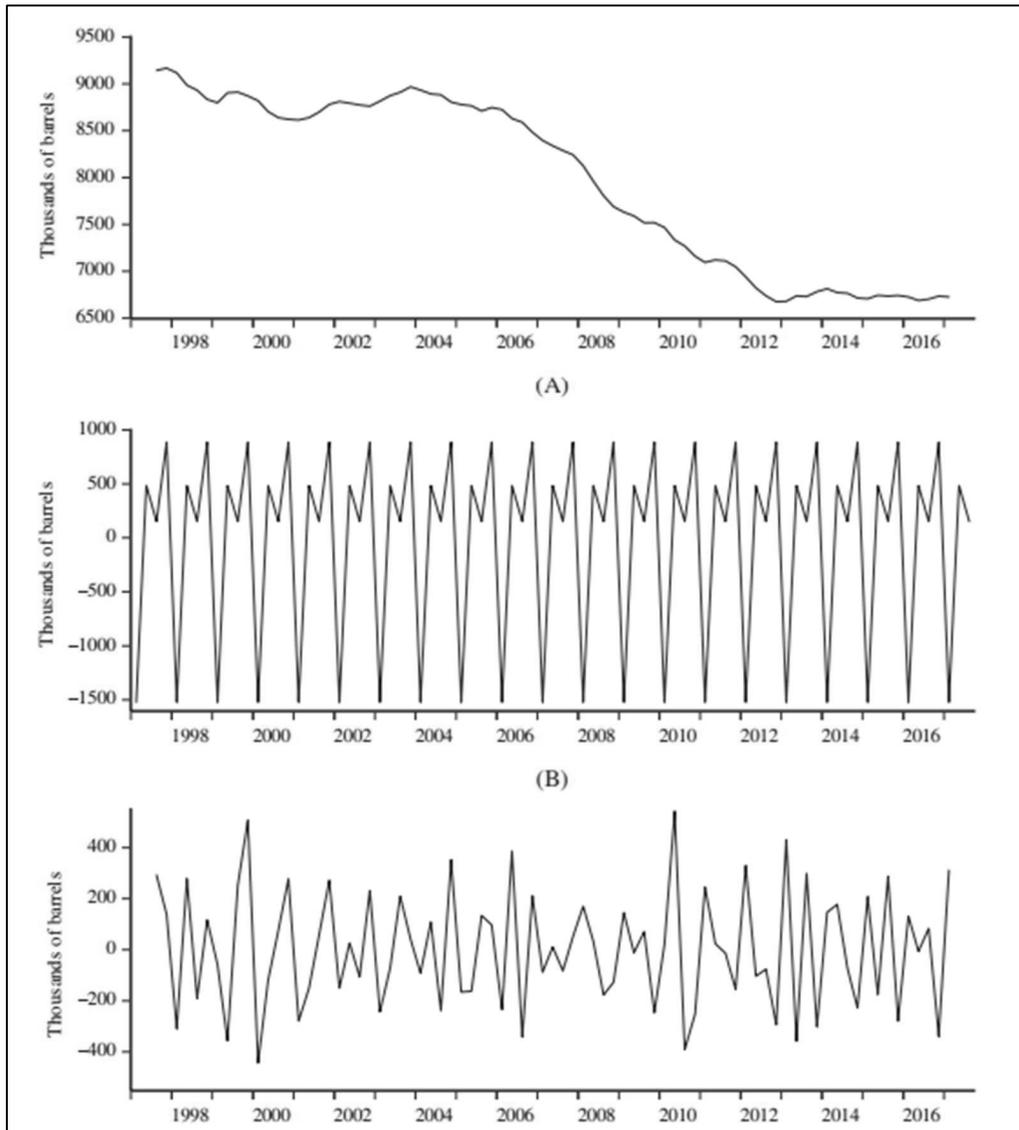


*Nota.* Obtenido de M. Moon (2013). *Demand and Supply Integration Integration* [Integración de la oferta y la demanda] (p. 71.) Pearson Education.

En general, se demuestra la descomposición de las series de tiempo en tendencia, estacionalidad y ruido como se puede observar en el siguiente grupo de gráficos:

**Figura 5.**

*Descomposición de una serie de tiempo: tendencia, estacionalidad y ruido*



*Nota.* Estos son periodos estacionales que permiten conocer mejor a un mercado. Obtenido de T. Mills (2019). *Applied Time Series Analysis* [Análisis de series de tiempo publicado] (p. 29.) Elseiver.

Existen diferentes métodos que se pueden utilizar de acuerdo a sus fórmulas y a sus características que los diferencian.

- Promedio móvil

Es el método más sencillo de pronóstico. Se basa en un promedio móvil del último ciclo de estudio de lo que se desea pronosticar y se representa de la siguiente forma:

$$Y_{t+1} = \frac{\sum Y_t}{n} \quad (\text{Ec.01})$$

Donde:

Y<sub>t+1</sub>: período a pronosticar

Y<sub>t</sub>: períodos móviles

n: tiempo de análisis

El concepto de móvil se refiere a que se determina un tiempo de análisis *n* y la sumatoria de valores son los *n* anteriores al período a pronosticar. En este método se asume que la demanda de mercado se mantiene en el tiempo (Heizer, Render y Munson, 2017, p.152).

- Promedio móvil ponderado

A diferencia del método anterior, a este se le agrega un variable de “peso” que ayuda a enfatizar una o varios de los períodos que se evalúan en el tiempo de análisis. Se representa con la ecuación:

$$Y_{t+1} = \frac{\sum(w_n Y_t)}{\sum(w_n)} \quad (\text{Ec. 02})$$

Donde:

$Y_{t+1}$ : período a pronosticar

$w_n$ : peso asignado a cada período móvil

$Y_t$ : período móvil

$n$ : tiempo de análisis

El peso que se asigna corresponde a una decisión meramente arbitraria y consensuada al no tener una fórmula para poderse generar. Se necesita de amplia experiencia ya puede modificar el resultado de forma abrupta.

Los promedios tienen la particularidad de que, a pesar de ser sencillos, la naturaleza del promedio hace que sea muy sensible a la información que se le ingresa y depende del tiempo de análisis.

Ambos, “el promedio móvil y el ponderado, se rezagan de la demanda histórica y son poco propensos a identificar tendencias debido a que son promedios” (Heizer, Render y Munson, 2017, p.154).

- Atenuación o suavizamiento exponencial

Este método es un tipo de promedio móvil ponderado, con la diferencia de que contiene una constante  $\alpha$  llamada constante de suavizado que indica el peso que se le debe asignar a cada período. Esta metodología es más potente porque genera diferentes pesos basados en el criterio del investigador o estadístico. El cálculo se basa en la siguiente ecuación general:

$$Y_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (\text{Ec. 03})$$

Donde:

$Y_t$ : Período a pronosticar.

$\alpha$ : constante de suavizado ( $0 < \alpha < 1$ )

$A_{t-1}$ : demanda actual del período anterior al que se desea pronosticar.

$F_{t-1}$ : Pronóstico anterior

Para Heizer, Render y Munson (2017):

“El concepto de la atenuación exponencial no es complejo, y se puede describir como la última estimación de la demanda es igual a la antigua previsión ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del último período y el pronóstico del último período”. (p.154)

- Autorregresivo de medias móviles (ARMA)

Este método, aunque matemáticamente más complejo, es bastante útil al reconocer la serie de tiempo como un proceso estocástico, lo que significa que es estacionario, o que sus estadísticas se mantienen en el tiempo de análisis porque basa el reconocimiento de la serie de tiempo en su propio comportamiento, es decir que se auto explica y se basa en ecuaciones de diferencia de sus valores reales junto con los errores.

Para comprender este método se introduce el concepto de rezago, y no es más que el desplazamiento en el tiempo de la información contenida en la serie de tiempo, lo que genera información de su comportamiento, esto se ata a procedimientos de matemática diferencial para determinar las constantes que explican la serie de tiempo a analizar.

El modelo se compone de dos partes, el autorregresivo y el de medias móviles, cada uno con su rezago correspondiente llamado  $p$  y  $q$ . Así pues, un

modelo autorregresivo de primer orden se denota como AR(1) y un modelo de medias móviles de primer orden se denota como MA(1). De tal forma que el método ARMA se especifica como ARMA(p,q) y se presenta de esta forma:

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \alpha_2 X_{t-2} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \beta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}$$

(Ec. 04)

Donde cada alpha y beta son las constantes generadas de la solución de la ecuación en diferencia que se desea generar.

Para la utilización de este método también se debe asumir “la ergodicidad de la serie de tiempo, que no es más que la distribución de probabilidad de una muestra de la información es constante y no cambia en el tiempo” (Mills, 2019, p.32).

- Modelos causales: análisis de regresión

El comportamiento de la demanda puede estar siendo afectado por variables exógenas a esta. Estas variables exógenas son diferentes al tiempo, en este caso se deben aplicar métodos de regresión donde se mide la correlación entre la variable dependiente (ventas, consumos), y las variables independientes (precio, temperatura, promoción, temporada del año, entre otros), y la significancia de estas para explicar el comportamiento de la dependiente.

El análisis de regresión inicia con la identificación de las variables independientes y dependientes. “En el contexto del pronóstico de la demanda la variable dependiente siempre es la demanda. Las variables independientes son aquellas que el analista tiene razón para creer que tienen influencia en la demanda” (Moon, 2013, p.96).

En estos modelos se debe tener claro que la correlación estadística no concluye causalidad entre variables. Por lo tanto, el juicio cualitativo y el consenso es importante de nuevo para generar un pronóstico de calidad.

- **Análisis de regresión múltiple**

Como menciona Hanke & Wichern (2014): “la regresión múltiple involucra el uso de más de una variable independiente para predecir a la variable dependiente” (p.235). En este caso se consideran varios factores exógenos que podrían afectar el comportamiento de lo que se desea pronosticar.

El modelo estadístico de la regresión múltiple se expresa de esta forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (\text{Ec. 05})$$

Donde:

Y: variable dependiente o respuesta

$\beta$ : coeficiente de cada variable independiente

X: variable independiente o regresora

k: cantidad de variables independiente

$\varepsilon$ : error del pronóstico

### **7.1.1.3.3. Precisión del pronóstico**

La precisión del pronóstico se determina midiendo la diferencia entre el valor pronosticado y el real, y se denota de la siguiente manera:

$$FA = A_t - F_t \quad (\text{Ec. 06})$$

Donde:

FA: precisión natural del pronóstico

At: observación real

Ft: valor pronosticado

Como indica Heizer, Render y Munson (2017): “varias medidas de precisión son utilizadas para calcular la calidad del pronóstico generado y se utilizan para comparar los diferentes métodos de pronósticos que se han generado”(p.156).

$$MAD = \frac{\Sigma(\text{Real}-\text{Pronóstico})}{n} \quad (\text{Ec. 07})$$

$$MSE = \frac{\Sigma(MAD)^2}{n} \quad (\text{Ec. 08})$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (\text{Ec. 09})$$

## 7.2. Alimentos balanceados

Cuando se refiere a alimentos balanceados quiere decir el alimento formulado para la nutrición de animales de granja y las diferentes industrias pecuarias que de estas se generan:

- Avícola: aves de corral
- Ganado porcino: relativos a cerdos
- Ganado bovino: asociado a vacas,
- Ganado ovino: sobre ovejas y corderos
- Ganado equino: caballos

El desarrollo de la industria de alimentos balanceados es clave para garantizar a su vez, la seguridad alimentaria, al ser la fuente primaria de

proteínas en la nutrición animal y, por ende, de carne y de subproductos disponibles para el consumo humano. Y es que a través del proceso de transformación y formulación adecuada que lleva a cabo la industria de los alimentos balanceados, que se traslada la proteína vegetal hacia el sector pecuario, se ayuda a generar productos de origen animal, sanos y de calidad. (Haro, 2022, p. 40)

Utilizando la definición de alimento balanceado que realizan en el RTCA:

Mezcla de ingredientes, aditivos o premezclas que se utilicen para suministrarse directamente a los animales con el propósito de llenar adecuadamente los requerimientos nutricionales, según la especie y función a que se destine. (Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana, 2012)

En ese sentido entonces se concluye que la nutrición que se le provee al animal se refleja directamente en la calidad del producto que de este se genere, regularmente proteína para consumo humano.

### **7.2.1. Formulación del alimento balanceado**

La formulación del alimento es el proceso de cuantificar las cantidades de ingredientes del alimento que necesitan combinarse para formar una mezcla uniforme que supla todos los requerimientos de nutrientes. (Nandan, 2015) Cabe señalar que la correcta formulación del alimento no solo depende de la disponibilidad de las materias primas, sino que además su proceso implica

conocimiento sobre el animal que se pretende alimentar, su metabolismo, edad y contexto ambiental dónde se encuentra.

El alimento representa el 65 – 75 % del costo total de producción para la mayoría de los tipos de aves de corral del mundo (Nandan, 2015), siendo por esto importante poder controlar la demanda de este para el buen manejo de inventario de las materias primas que se utilizan, así como del producto terminado que se produce con el fin de reducir desperdicios y evitar pérdidas que indirectamente afectan la seguridad alimentaria poblacional.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO REFERENCIAL

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estadística

2.1.1. Pronósticos

2.1.1.1. Alcance de los pronósticos

2.1.1.1.1. Características

2.1.1.1.2. Metodologías

2.1.1.1.3. Precisión del pronóstico

2.2. Alimentos balanceados

2.2.1. Formulación del alimento balanceado

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Características del estudio**

El enfoque de este trabajo es cuantitativo puesto que se analizará el comportamiento de la demanda y producción de las diferentes categorías de alimentos balanceados fabricados para la venta.

El diseño es no experimental u observacional transeccional dado que se trabajará con información de venta y producción de los años 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

El alcance de la investigación es descriptivo correlacional ya que se analizará estadísticamente el comportamiento histórico de la demanda y se estudiará cómo esta se relaciona con otras variables independientes para conocer el nivel de dependencia.

### **9.2. Unidad de análisis**

Lo población de estudio serán las ventas semanales de alimento balanceado facturadas desde el mes de julio del año 2017 a diciembre del año 2023.

### 9.3. Operativización de las variables

A continuación, se detallan las propiedades de las variables a considerar en el estudio de investigación:

**Tabla 1.**

*Operativización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Escala</b>
Ventas (y) variable dependiente	Es el intercambio de un bien o servicio y dinero. Para este trabajo será de alimentos balanceado.	Se extraerá la base de datos de las ventas de alimentos balanceados desde el programa SAP.	De razón
Tiempo (x) variable independiente.	Es la magnitud que brinda orden y secuencia a los sucesos en el pasado, presente y futuro.	Período comprendido entre julio de 2017 a junio de 2022.	De razón

*Nota.* Detalle de variables propuestas para el análisis de regresión. Elaboración propia, realizado con Excel.

### 9.4. Fases del estudio

Las fases del presente estudio de investigación se desglosan de la siguiente forma:

- Revisión de la literatura

Se buscará y leerá las referencias adecuadas para el logro de los objetivos planteados. Para esta investigación deberá ser de los temas alineados a los métodos de regresión, análisis de series de tiempo, pronósticos y su precisión, planeación de la demanda y gestión de inventarios.

- Compilación de la información

Se identificarán los códigos de producto terminado asociados a la venta para descargar la información desde SAP (sistema interno de captura de información), delimitando el tiempo entre julio de 2,017 a junio de 2,022.

- Análisis de la información
  - Se realizarán análisis estadísticos para reconocer los patrones en el comportamiento de la demanda como tendencia y estacionalidad para cada categoría de producto terminado.
  - Se estudiará la normalidad del comportamiento de los datos para definir el tipo de distribución que sigue la demanda.
  - Se correrán métodos de análisis de series de tiempo para iniciar a determinar el modelo apropiado que explique a la demanda basado en el tiempo.
  - Se realizarán ejercicios de regresión con variables independientes endógenas y exógenas que puedan apoyar en la generación del modelo que explique y ayude al pronóstico de la venta.
  - Se medirá el error de cada modelo generado para comparar la precisión del pronóstico que genera cada uno y poder proponer el más adecuado.

- Interpretación de la información

Con base a los resultados de la fase anterior se procederá a analizarlos y someter a pruebas adicionales de precisión de pronóstico al modelo propuesto.

- Redacción de informe final

Se detallará el procedimiento, resultados y pruebas adicionales realizadas durante la elaboración del trabajo de investigación para formalizar las actividades ejecutadas.

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

Para el desarrollo este trabajo se contará con la base de datos de las ventas semanales, en quintales, de alimento balanceado comprendida entre julio de 2017 a diciembre de 2022 fabricado para la venta.

### **10.1. Análisis estadístico**

Se realizará un análisis estadístico inicial para reconocer los estadísticos de tendencia central (media, mediana y moda) y dispersión (desviación estándar y rango intercuartílico), que poseen los datos.

Se generarán gráficos de cajas para visualizar de mejor forma estos estadísticos y la identificación de datos atípicos.

Paralelo a ello se identificarán variables endógenas y exógenas, a parte del tiempo, que puedan afectar el comportamiento de la venta para poder utilizarlas en el análisis de regresión que se comparará al de series de tiempo para poder generar pronósticos precisos.

### **10.2. Análisis y diagnóstico de regresión**

Se realizará el ejercicio de regresión con las variables identificadas y se analizarán los siguientes aspectos:

**Tabla 2.**

*Pruebas estadísticas para el análisis de regresión*

<b>Propiedad</b>	<b>Prueba estadística</b>
Normalidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Shapiro – Wilks</li><li>• Q-Q Plot</li></ul>
Significancia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coeficiente de determinación <math>R^2</math> y <math>R^2AJ</math></li><li>• t-student</li><li>• F-Fisher</li></ul>
Multicolinealidad e independencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cp de Mallows</li><li>• VIF (Factor de inflación de la varianza)</li><li>• Correlograma</li></ul>
Bondad de ajuste	<ul style="list-style-type: none"><li>• Criterio de información de Akaike (AIC)</li><li>• Criterio de información Bayesiano (BIC)</li></ul>
Homocedasticidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagrama residuos vs predichos</li></ul>

*Nota.* Propiedades para un análisis de correlación. Elaboración propia, realizado con Excel 365.

### **10.3. Análisis de series de tiempo**

Seguidamente se realizará un análisis de series de tiempo donde se analizará la tendencia, estacionalidad y ruido blanco para la serie de datos con la que se cuenta.

En este punto se debe reconocer si existe estacionariedad a través de las siguientes pruebas:

**Tabla 3.**

*Pruebas de estacionaridad*

<b>Prueba</b>	<b>Ecuación</b>
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (KPSS)	$KPSS = n^{-2} \sum_{t=1}^n \frac{S_t^2}{\hat{\sigma}^2}$
Dick-Fuller Aumentado (ADF)	$DF_{\tau} = \frac{\hat{\gamma}}{SE(\hat{\gamma})}$

*Nota.* Pruebas formales para reconocer la existencia de estacionariedad. Elaboración propia, realizado con Excel 365.

Luego se generarán los modelos estadísticos basados en el que mejor se ajuste con:

- Autorregresivo y de medias móviles (ARIMA)
- Suavizamiento exponencial triple (Holt-Winters)

#### **10.4. Precisión del pronóstico**

Finalmente se generarán los pronósticos con los tres modelos generados para poderlos poner en comparación a través de los errores producidos utilizando las siguientes medidas:

- Error cuadrático medio (MSE)
- Raíz cuadrada del MSE (RMSE)
- Precisión del pronóstico (FA)

El menor error brindará la conclusión hacia el objetivo general de este trabajo de investigación y se podrá indicar cuál es el modelo que mejor explica y pronostica la variable dependiente en estudio.

## **10.5. Procesamiento de datos**

La base de datos se descargará del software SAP. El desarrollo de las pruebas estadísticas, generación de gráficos, cálculo de estadísticos y demás procesamiento de datos para el análisis estadístico se efectuará en el programa R Studio y MS Excel.

## **10.6. Entrevistas y apreciaciones cualitativas**

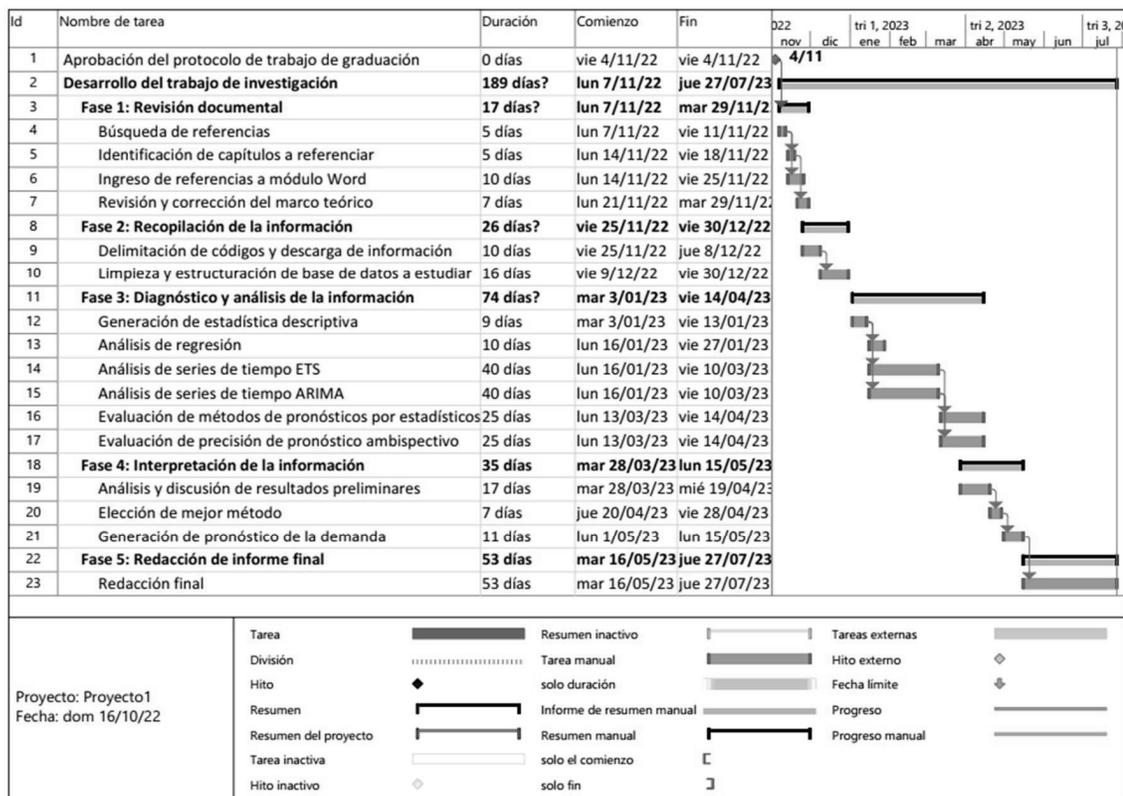
Se realizarán entrevistas con los procesos beneficiados directa e indirectamente (detallados en la Justificación), como apoyo para la identificación de las variables regresoras que aporten información al Análisis de regresión.

## 11. CRONOGRAMA

Este permite llevar un orden y planificación de las actividades a realizar para el desarrollo del proyecto.

**Figura 6.**

*Cronograma de actividades*



*Nota.* Actividades y fechas propuestas. Elaboración propia, realizado con Visio 365.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Este trabajo de investigación será financiado en su totalidad por el estudiante de maestría. La información será proporcionada por la empresa dónde se realizará el estudio. Los recursos que se necesitan se detallan a continuación:

- Humano
  - Estudiante de maestría
  - Profesional asesor
  
- Infraestructura
  - Espacio físico dónde se realizará el estudio: estudio personal
  - Oficinas administrativas de empresa
  
- Tecnológico
  - Equipo de cómputo
  - Impresora
  - Servicio de internet y telefónico
  - SAP
  - Software: R y MS Excel
  
- Suministros
  - Papelería y útiles
  - Mobiliario
  - Servicios de alimentación
  - Energía eléctrica
  - Combustible para traslados

**Tabla 4.***Presupuesto*

<b>Recurso</b>	<b>Detalle</b>	<b>Monto (GTQ)</b>
Humano	Estudiante de maestría	10,000.00
	Profesional asesor	15,000.00
Infraestructura	Estudio personal	1,500.00
	Oficinas corporativas	0.00 (lo cubre la empresa)
Tecnológicos	Equipo de cómputo	10,000.00
	Impresora	1,500.00
	Servicio de internet y telefónico	500.00/mes
	SAP	0.00 (lo cubre la empresa)
	Software: MS Excel	620.00
	Software: R	0.00 (software libre)
Suministros	Papelería y útiles	1,500.00
	Mobiliario	0.00 (ya se cuenta con él)
	Servicios de alimentación	3,000.00
	Energía eléctrica	2,000.00
	Combustible	3,000.00
<b>Total</b>		<b>48,620.00</b>

*Nota.* Detalle del presupuesto para la realización del proyecto de investigación Elaboración propia, realizado con Excel 365.

### 13. REFERENCIAS

- Altay, N. y Litteral, L. A. (2011). *Service Parts Management* [Gestión de piezas de servicio]. Springer.
- Basson, L., Kilbourn, P., & Walters, J. (2019). Forecast accuracy in demand planning: a fast-moving consumer goods case study [Presición del pronóstico en la planificación de la demanda: un estudio de caso de bienes de consumo de rápido movimiento]. *Journal of Transport and Supply Chain Management* [Diario de Transporte y Gestión de la Cadena de Suministros] 13(a427), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.4102/jtscm.v13i0.427>
- Beltrán, P., Labán, A., & Butrón, R. (2019). *Mejora del proceso de planificación de la demanda en la empresa de aceros Metalcor S. A.* [Tesis de maestría, Universidad del Pacífico]. Archivo digital. [https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2526/PatriciaJ\\_Tesis\\_Maestria\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2526/PatriciaJ_Tesis_Maestria_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Chopra, S., y Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management : Strategy, Planning and Operation* [Gestión de la cadena de suministro estrategia planificación y operación]. Pearson.
- Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana. (2012). *Reglamento Técnico Centroamericano. Productos utilizados en alimentación animal y establecimientos.(65.05.52:11)*. Centroamérica: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Ministerio de

Agricultura y Ganadería, Ministerio Agropecuario y Forestal, Secretaría de Agricultura y Ganadería y Ministerio de Agricultura y Ganadería. COMIECO.

Haro, L. (28 de junio de 2022). *Importancia de la industria de alimentos balanceados*. El Sol de México. <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/importancia-de-la-industria-de-alimentos-balanceados-8514302.html>

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Principles of Operation Management: Sustainability and Supply Chain Management* [Principios de gestión de operaciones: sustentabilidad y gestión de la cadena de suministros]. Pearson Education Limited.

Hyndman, R., y Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* [Pronóstico: principios y práctica]. OTexts.com/fpp3 <https://otexts.com/fpp3/>

Kumar, P., y Ali, A. (2018). Review on balanced supply chain for better prediction in demand [Revisión de la cadena de suministro equilibrada para una mejor predicción de la demanda]. *International Journal Online of Sports Technology & Human Engineering* [Revista Internacional en Línea de Tecnología Deportiva e Ingeniería Humana], 5(6), 1-4. <https://ijosthe.com/index.php/ojssports/article/view/81/160>

Mills, T. (2019). *Applied Time Series Analysis* [Análisis de series de tiempo aplicado]. Elsevier.

- Moon, M. (2013). *Demand and Supply Integration* [Integración de la oferta y la demanda]. Pearson Education, Inc.
- Nahmias, S. y Lennon, T. (2015). *Production and Operation Analysis* [Análisis de producción y operación]. Waveland Press, Inc.
- Nandan, R. (2015). *Handbook of Poultry Farming and Feed Formulation* [Manual de avicultura y formulación de piensos]. Anmol Publications PVT. LTD.
- Nava, A. (2013). *Procesamiento de series de tiempo*. Fondo de Cultura Económica.
- Stadtler, H. y Kilger, C. (2005). *Supply Chain Management and Advance Planning* [Gestión de la cadena de suministro y planificación anticipada]. Springer.
- Weimar, M. y Stillman, R. (1990). A long term forecasting model of the livestock and poultry sectors [Un modelo de prevision a largo plazo de los sectores ganadero y avícola]. *Conference on applied commodity price analysis, forecasting, and market risk management* [Conferencia sobre análisis aplicado de precios de productos básicos, pronósticos y gestión de riesgos de mercado]. Chicago, Illinois, Estados Unidos. <http://www.farmdoc.uiuc.edu/nccc134>