

**Universidad Latina de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Escuela de Ingeniería Industrial**

**Programa Académico: Licenciatura en ingeniería Industrial**

**Trabajo Final de Graduación  
Modalidad Proyecto**

**Tema:**

**“Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos  
basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A”**

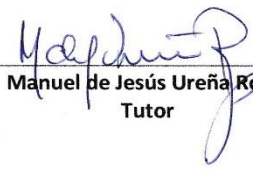
**Autor: Pablo Espinoza Obregón**


**San José, Abril y 2021**


---

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto de graduación fue aprobado para el estudiante Pablo Espinoza Obregón por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Industrial, requisito para optar por el grado Licenciatura.

  
Manuel de Jesús Ureña Rojas  
Tutor

  
Ing. Erick Virgilio Corella Solís  
Lector

  
Ing. Ivo Gustavo Valverde Agüero  
Lector quien Preside

---

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Pablo Andrés Espinoza Obregón estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual de la **Proyecto de Grado titulada (o):**

Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Es todo, firmo en Pérez Zeledón a los 7 días del mes de mayo del año 2021



---

Firma

Pablo Andrés Espinoza Obregón  
Nombre sustentante

117180711  
Cédula sustentante

## MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DEL RESPONSABILIDAD

El suscrito Pablo Andrés Espinoza Obregón con cédula de identidad número 1-1718-0711, exonera de toda responsabilidad a la Universidad Latina, Sede Pérez Zeledón; así como al Tutor Manuel de Jesús Ureña Rojas y Lectores Ing. Erick Virgilio Corella Solís y Ing. Ivo Gustavo Valverde Agüero que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de Licenciatura en ingeniería industrial de la Universidad Latina, Sede Pérez Zeledón; por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo, autorizo a la Universidad Latina, Sede Pérez Zeledón, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio web; así como en el CRAI.

Pérez Zeledón, 24 de mayo, 2021

Nombre completo del estudiante

Pablo Andrés Espinoza Obregón

Documento de identificación

1-1718-0711



## **“Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”**

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

*Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.*

Yo (Nosotros):

Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Pablo Andrés Espinoza Obregón

De la Carrera / Programa: Ingeniería industrial  
autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos  
basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) 14 del mes 5 de año 2021 a las 16:41 pm. Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores

Según orden de mención al inicio de ésta carta:



### CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN DE LECTURA DEL TFG

Fecha: 7/5/2021

(TFG E#01)

Nombre Completo del estudiante: Pablo Andrés Espinoza Obregón

Número de Carné: 20160220037


Carrera: Ingeniería Industrial

Grado: Licenciatura

Teléfono: 6109-4364 Correo Electrónico: pablo.espinoza1@ulatina.net

( ) Defensa de Tesis


( x ) Proyecto

  
\_\_\_\_\_  
Firma del (la) estudiante

1. Tema para el Trabajo Final de Graduación aprobado por la Dirección de Carrera:

Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

Por este medio autorizo que al estudiante se le asignen los lectores de su Trabajo Final de Graduación y le sean entregados los juegos (borradores) a los mismos.

  
\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del Tutor (a)

**CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN DE LECTURA DEL TFG**

(TFG E#02)

Yo, Ivo Gustavo Valverde Agüero

Docente con grado de: ( ) Licenciatura  Maestría ( ) Doctorado

Otro: Especificar \_\_\_\_\_

y en calidad de **Lector(a)**, hago constar que he leído la Tesis / el Proyecto titulada (o):

Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A.

Del / La estudiante:  
Pablo Andrés Espinoza Obregón

De la carrera:  
Ingeniería industrial

Atentamente,

  
111880566  
Firma y Cédula

\_\_\_\_\_  
Fecha

CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN DE LECTURA DEL TFG

Yo, Eric Corallo Solís (TFG E#03)

Docente con grado de:  Licenciatura ( ) Maestría ( ) Doctorado

Otro: Especificar \_\_\_\_\_

y en calidad de **Lector(a)**, hago constar que he leído la Tesis / el Proyecto titulada (o):

Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A.

Del / La estudiante: Pablo Andrés Espinoza Obregón

De la carrera:

Ingeniería industrial

Atentamente,

Eric Corallo Solís 111850989  
Firma y Cédula

7/5/2021.  
Fecha



**Agradecimientos:**

Primeramente, a Dios por la salud, por ser mi luz y mi guía en cada etapa y por permitirme gozar de una familia que me apoya.

A la empresa Deli sur s.a por la disposición de brindar información.

A mi familia que siempre me han demostrado apoyo incondicional.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mis padres y a mi hermana que siempre quieren lo mejor para mí, son las personas con las que puedo celebrar los éxitos y los buenos momentos y son mi apoyo en los tiempos de dificultad.

A Dios que es el que hace todo posible. Por ser mi roca, mi castillo y mi libertador.

## Índice

Introducción.....	xix
<b>CAPITULO 1 PROBLEMA Y PROPOSITO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Objetivo General:.....	3
1.4 Objetivos específicos:.....	3
1.5 Justificación .....	3
1.6 Alcances y Limitaciones de la investigación .....	4
1.6.1 Alcances .....	4
1.6.2 Limitaciones.....	4
<b>CAPITULO 2 FUNDAMENTACION TEORICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Marco situacional.....	6
<b>2.1.1 Alimentos DeliSur .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 Reseña histórica.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.3 Misión y Visión Empresarial.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.4 Nuestros Valores: .....</b>	<b>6</b>
2.2 ENTORNO SOCIAL EDUCATIVO DEL CANTÓN .....	6
2.3 ANTECEDENTES GENERALES DEL CANTÓN.....	7
<b>2.3.1 Posición geográfica del cantón. ....</b>	<b>7</b>
<b>Ubicación y límites del territorio. ....</b>	<b>9</b>
2.4 Marco Teórico del objeto de estudio .....	9
2.4.1 Algoritmo: .....	9
2.4.2 Aprendizaje de máquinas: .....	9
2.4.3 Deep learning: .....	10

2.4.4	Visión computarizada:.....	10
2.4.5	Clasificación:.....	10
2.4.6	Regresión.....	10
<b>Capítulo 3</b>	.....	<b>11</b>
<b>Marco Metodológico</b>	.....	<b>11</b>
3.1	Método de investigación.....	12
<b>3.1.1</b>	<b>Analítico</b> .....	12
<b>3.1.2</b>	<b>De campo</b> .....	12
<b>3.1.3</b>	<b>Deductivo</b> .....	12
3.2	Tipo de investigación.....	13
<b>3.2.1</b>	<b>Investigación exploratoria</b> .....	13
<b>3.2.2</b>	<b>Investigación descriptiva</b> .....	13
<b>3.2.3</b>	<b>Correlacional</b> .....	13
3.3	Enfoque metodológico .....	13
3.4	Sujetos y fuentes de información.....	14
<b>3.4.1</b>	<b>Sujetos de la investigación.</b> .....	14
<b>3.4.2</b>	<b>Población</b> .....	14
<b>3.4.2</b>	<b>Muestra</b> .....	14
<b>3.4.2</b>	<b>Fuentes primarias:</b> .....	15
<b>3.4.3</b>	<b>Fuentes secundarias</b> .....	15
3.5	Definición de variables .....	15
<b>3.5.1</b>	<b>Primer objetivo:</b> .....	15
<b>3.5.4</b>	<b>Definición instrumental</b> .....	16
<b>3.5.5</b>	<b>Definición operacional</b> .....	16
<b>3.5.6</b>	<b>Segundo objetivo</b> .....	16

3.5.7 Segunda variable: Precisión de la herramienta.....	16
3.5.8 Definición conceptual.....	16
3.5.9 Definición instrumental.....	16
3.5.10 Definición operacional.....	16
3.5.11 Tercer objetivo:.....	16
3.5.12 Tercera variable: costos operacionales.....	17
3.5.13 Definición conceptual.....	17
3.5.14 Definición instrumental.....	17
3.5.16 Definición operacional.....	17
3.6 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de los datos.....	17
3.6.1 Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección datos de la investigación:.....	17
3.6.2 Confiabilidad.....	17
3.6.3 Validez.....	18
3.4 Selección de técnicas de análisis de datos cuantitativos.....	18
<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>19</b>
<b>ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>19</b>
Análisis del estado actual.....	20
Análisis de ventas esperadas vs ventas reales.....	20
Análisis de predicción método de dos parámetros de Holt.....	31
<b>Análisis para pulpa de frutas.....</b>	<b>31</b>
<b>Datos de ventas.....</b>	<b>31</b>
Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de piña.....	34
Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de fresa.....	37
Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de mora.....	40

Propuesta de mejora.....	45
Software y equipo necesario. ....	45
Implementación del algoritmo .....	45
Capacitación del personal .....	46
Cálculo del pronóstico de ventas mediante el uso de un algoritmo de redes neuronales para pulpa de frutas desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.....	46
Evaluación Económica .....	58
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ....</b>	<b>60</b>
Conclusiones.....	61
Recomendaciones .....	62
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>63</b>
Bibliografía.....	64
Abreviaturas.....	66
<b>Anexos.....</b>	<b>67</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de Frutas .....</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2 Cálculo del error.....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 3 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de piña .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 4 Cálculo del error.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 5 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de fresa .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 6 Cálculo del error .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 7 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de mora .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 8 Cálculo del error.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 9 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de frutas. Año 2020.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 10 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de piña. Año 2020.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 11 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de fresa. Año 2020.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 12 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de mora. Año 2020.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 13 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de frutas .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 14 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de frutas.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 15 Cálculo del error del pronóstico.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 16 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de piña.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 17 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de piña.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 18 Cálculo del error del pronostico.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 19 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de fresa .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 20 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de fresa.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla 21 Cálculo del error del pronostico.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabla 22 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de mora .....</b>	<b>40</b>

<b>Tabla 23</b>	<b>Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de mora.</b>	41
<b>Tabla 24</b>	<b>Cálculo del error del pronóstico.</b>	42
<b>Tabla 25</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de frutas. Año 2020.</b>	43
<b>Tabla 26</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de piña. Año 2020.</b>	43
<b>Tabla 27</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del de Holt para pulpa de fresa. Año 2020.</b>	44
<b>Tabla 28</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de mora. Año 2020.</b>	45
<b>Tabla 29</b>	<b>Venta real vs proyección para pulpa de frutas</b>	46
<b>Tabla 30</b>	<b>Cálculo del error del pronóstico.</b>	47
<b>Tabla 31</b>	<b>Venta real vs proyección para pulpa de piña.</b>	48
<b>Tabla 32</b>	<b>Cálculo del error del pronóstico.</b>	49
<b>Tabla 33</b>	<b>Venta real vs proyección para pulpa de fresa</b>	50
<b>Tabla 34</b>	<b>Cálculo del error del pronóstico.</b>	51
<b>Tabla 35</b>	<b>Venta real vs proyección para pulpa de mora</b>	52
<b>Tabla 36</b>	<b>Cálculo del error del pronóstico.</b>	53
<b>Tabla 37</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de fruta. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.</b>	54
<b>Tabla 38</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de piña. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.</b>	55
<b>Tabla 39</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de fresa. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.</b>	56
<b>Tabla 40</b>	<b>Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de mora. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.</b>	57
<b>Tabla 41</b>	<b>Impacto económico de los Resultados totales entre método de Holt vs método propuesto</b>	58
<b>Tabla 42</b>	<b>Impacto económico de los Resultados totales entre método actual vs método propuesto</b>	58



<b>Tabla 43 Impacto económico de los Resultados totales entre método actual vs método de Holt.....</b>	<b>58</b>
--	-----------

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1 Venta esperada vs venta final</b> .....	21
<b>Gráfico 2 comparación entre la venta proyectada y la venta real.</b> .....	22
<b>Gráfico 3 Venta esperada vs venta final</b> .....	23
<b>Gráfico 4 comparación entre la venta proyectada y la venta real.</b> .....	24
<b>Gráfico 5 Venta esperada vs venta final</b> .....	25
<b>Gráfico 6 comparación entre la venta proyectada y la venta real.</b> .....	26
<b>Gráfico 7 Venta esperada vs venta final</b> .....	28
<b>Gráfico 8 comparación entre la venta proyectada y la venta real.</b> .....	29
<b>Gráfico 9 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de frutas</b> .....	32
<b>Gráfico 10 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt</b> .....	33
<b>Gráfico 11 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de piña</b> .....	35
<b>Gráfico 12 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt</b> .....	36
<b>Gráfico 13 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de fresa</b> .....	38
<b>Gráfico 14 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt</b> .....	39
<b>Gráfico 15 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de mora</b> .....	40
<b>Gráfico 16 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt</b> .....	42
<b>Gráfico 17 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal</b> .....	47
<b>Gráfico 18 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal</b> .....	49
<b>Gráfico 19 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal</b> .....	52
<b>Gráfico 20 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal</b> .....	54

## Introducción

En presente proyecto pretende abordar la problemática que se presenta a la hora de realizar las proyecciones de ventas en una empresa ya que en función de la precisión de las predicciones se dan gastos ya sea por exceso de producción o por el contrario costos de carecer, además de otros costos asociados.

La proyección de ventas tiene un papel de gran importancia en el éxito del plan de agregado de producción ya que en base a estas se elaboran los presupuestos de compras de insumos o mercadería, producción, requerimiento de personal, etc.

Existen diversos métodos para realizar el pronóstico de la demanda, en el presente proyectos se analizará la metodología actual utilizada por la empresa DeliSur S.A, la cual es una compañía del sector Agroindustrial, para efectos del análisis se realizarán los estudios en la línea de pulpas para los años de 2017 hasta 2020 para los cuales se efectuará la medición de la precisión de las proyecciones y su repercusión en los costos totales.

Como propuesta de mejora se presenta la implantación del uso de algoritmos basados en redes neuronales con el cual se realizarán las correspondientes pruebas de medición de errores de predicción para analizar en qué medida supone una mejora con respecto a los métodos que utiliza la empresa en la actualidad, posteriormente se realizaran análisis comparativos de la herramienta propuesta con otros métodos estadísticos que forman parte de las series de tiempo.

## **CAPITULO 1 PROBLEMA Y PROPOSITO**

## 1.1 Antecedentes

(Galeano-Arias et al, 2021) realizaron el trabajo “Análisis de calidad del vino por medio de técnicas de inteligencia artificial” el cual tiene como objetivo establecer utilizando técnicas de inteligencia artificial las variables más influyentes en la calidad sensorial del vino.

Este trabajo presenta relación a la presente investigación ya que utiliza técnica de inteligencia artificial como la regresión para encontrar las correlaciones entre las variables estudiadas la cual es un método utilizado en el presente proyecto en la generación del algoritmo de predicción de demanda.

Otro trabajo en referencia a la inteligencia artificial en la industria es la tesis “Sistema de predicción financiera para hoteles mediante Redes Neuronales Artificiales.” de Pérez Martínez et al (2017). En este trabajo se muestra como la inteligencia artificial puede ser utilizado como herramienta financiera utilizando los modelos predictivos de Deep learning.

Nohra May Galindo Ramírez (2016) realizo “Inteligencia artificial aplicada a las organizaciones” Este trabajo presenta relación con el proyecto en curso ya que nos muestra aplicaciones de la inteligencia artificial en la industria y que ventajas y desventajas nos ofrecen estas.

## 1.2 Planteamiento del problema

Actualmente la empresa DeliSur S.A maneja en su inventario la materia prima para la producción de pulpas, el método de almacenamiento consiste en utilizar barriles con agua en los que se deposita la fruta. La empresa presenta dificultades en la adaptación a la demanda de pulpas generando desperdicios de materia prima causados en muchas ocasiones por la fermentación de las frutas al pasar mucho tiempo en las bodegas de inventario así como también existen costos por déficit de inventarios.

En el presente trabajo se abordará la problemática que se presenta a la hora de realizar predicciones de ventas en sistemas de inventarios y dar solución a los siguientes interrogantes: ¿cómo podemos reducir la incertidumbre en el conocimiento de ventas futuras? ¿cómo determinar la cantidad de materia prima que debo pedir a mis proveedores? Dar solución a estos interrogantes implica un ahorro significativo para las empresas al intentar mitigar el déficit o exceso de producción.

Para abordar este problema se aplicará la inteligencia artificial creando un modelo de redes neuronales recurrentes para la elaboración de series de tiempo el cual, utilizando información histórica de demanda, crea predicciones de mayor precisión que los métodos estadísticos tradicionales.

### **1.3 Objetivo General:**

Analizar la eficacia de una herramienta que consiste en un modelo predictivo basado en inteligencia artificial para la predicción de demanda de productos.

### **1.4 Objetivos específicos:**

1. Realizar un análisis del sistema actual de pronóstico de ventas, para medir el grado de eficacia y determinar los puntos débiles que presenta.
2. Presentar una propuesta de mejora y efectuar un testeo mediante datos históricos realizando una comparación con la herramienta actual además de otros modelos estadísticos.
3. Cuantificar los beneficios económicos que aportaría la aplicación de dicha herramienta a la empresa.

### **1.5 Justificación**

Actualmente vivimos en la época de los datos, las grandes empresas de tecnología basan su modelo de negocios en la obtención y manejo de datos, esto unido a los desarrollos de algoritmos de machine learning, podemos obtener información para crear perfiles de clientes, predecir datos futuros, resolver problemas de optimización entre otros a los que con el uso de la inteligencia artificial se les pueden dar solución. La inteligencia artificial es el uso de algoritmos computacionales que imitan el funcionamiento del cerebro humano por medio del uso de redes neuronales artificiales.

El actual proyecto se enfocará en el uso de la inteligencia artificial aplicado a la predicción de ventas en la empresa DeliSur S.A en Pérez Zeledón, se implementará un modelo de redes neuronales artificiales para analizar los datos de ventas realizadas en meses anteriores y se intentara predecir con la mayor precisión posible las ventas que se producirán en los siguientes meses. El modelo basado en redes neuronales artificiales se pondrá a prueba contra los modelos estadísticos tradicionales para comparar la precisión de las predicciones,

por último, se medirán los beneficios económicos que puede traer a la empresa el aprovechar estas tecnologías.

Los problemas causados por imprecisiones en los sistemas de inventarios producen grandes pérdidas en la empresa que van desde desperdicios de productos perecederos o costos por carecer en los puntos de ventas, estos costos hacen que contar con un modelo predictivo en el sistema de inventarios sea de gran importancia para las empresas por otro lado dentro del campo de la inteligencia artificial existen muchos casos de aplicación de estas tecnologías las cuales van desde gestión de riesgo, detección de fraude, maximización de ventas etc.

## **1.6 Alcances y Limitaciones de la investigación**

### **1.6.1 Alcances**

- El presente proyecto se lleva a cabo en la empresa DeliSur Ubicada en el cantón de Pérez Zeledón de la provincia de san José, Costa Rica.
- El análisis abarcara los productos de la línea de pulpas.

### **1.6.2 Limitaciones**

- La delimitación del tiempo sobre el cual se realiza el estudio
- La cantidad de datos de ventas que se limita al tiempo de actividad de la empresa.

## **CAPITULO 2 FUNDAMENTACION TEORICA**



## **2.1 Marco situacional**

### **2.1.1 Alimentos DeliSur**

Nuestra empresa es un equipo emprendedor con una gran afición a la innovación y sobre todo con ganas incansables de servir a nuestra razón de existir, nuestros clientes.

Mediante **Alimentos DeliSur®** logramos expresar nuestras ganas de servir, ofreciendo productos alimenticios que innoven mediante la calidad, apariencia y precio.

### **2.1.2 Reseña histórica**

Desde hace aproximadamente 10 años, el proyecto **DeliSur®** ha tomado forma, con la idea de aprovechar excelentes calidades y cualidades de las materias primas y la producción regional, así como generar productos con los niveles de calidad, precios, compromiso con nuestros clientes y productores, los cuales sobrepasen las expectativas de nuestros clientes, reflejando el esmero y dedicación puesta en nuestro proyecto.

### **2.1.3 Misión y Visión Empresarial**

Somos una organización de carácter Agroindustrial y principios artesanales, procesando productos selectos de calidad, con un gran compromiso hacia los estándares de calidad colaborando al desarrollo productivo, social, ambiental.

Nuestra visión empresarial se orienta en posicionarnos dentro del mercado local e internacional como una empresa consolidada generando soluciones innovadoras en cuanto a calidad y frescura de nuestros productos disfrutando los consumidores de un alimento seguro, saludable, delicioso y nutritivo.

### **2.1.4 Nuestros Valores:**

- Amor al servicio
- Responsabilidad
- Respeto
- Dedicación al cliente

## **2.2 ENTORNO SOCIAL EDUCATIVO DEL CANTÓN**

En el año 2011, el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) realizó un estudio, del

cual se puede obtener el perfil educativo de las personas que habitan al cantón de Pérez Zeledón. Entre los datos más relevantes en que en tal censo, en el cantón habitaban un total de 139.534 personas.

Para entonces, en cuanto a nivel educativo y su entorno, involucra que más del 50 % de las personas entre los 5 y 7 años de estaban en primaria, seguido de un 27 % que asistían al colegio, luego en educación superior y otros como cursos libres o técnicos representaban un 12 % y 7 % respectivamente.

Entonces el porcentaje de analfabetismo estaba mayormente abarcado por las personas de más de 18 años, que de esa población el 4.5 pertenecían a esa categoría. Mientras tanto en 0.6 estaba representado por personas menores de 17 años, pero mayores a 10.

De entre los datos que se han obtenido, se logró encontrar el porcentaje por deserción académico de las personas, danto que la mayoría de las personas solamente han quedado rezagadas un 94 %. De esto, el 48.8% son mujeres, dejando en claro que son quienes más dejan los estudios, pero los retoman al año siguiente.

De cada 100 personas que asisten a la educación abierta 91 lo hacen a un centro público. En el cantón existe un nivel de escolaridad de un 7,7, el cual se distribuye en 7,5 hombres y 7,9 mujeres. Existe un 82%, según esa encuesta, de personas con un grado de estudios superiores, con título con una leve ventaja de los hombres con un 82,4 % sobre un 81,7 % que representan las mujeres.

## **2.3 ANTECEDENTES GENERALES DEL CANTÓN**

### **2.3.1 Posición geográfica del cantón.**

Las coordenadas geográficas que ubican al cantón son 09° 20' 28" latitud norte y 83° 44'

26" longitud oeste. La anchura máxima es de 68 kilómetros en dirección noroeste a sureste desde la confluencia del río Savegre y la quebrada Arroyo hasta la unión del río Caliente con la quebrada Guácima.

Las altitudes oscilan entre los 703 y los 580 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente. La extensión del cantón de Pérez Zeledón es de 1905.51 km<sup>2</sup> la cual representa un 38.42% del territorio de la provincia San José y a su vez un 3.33% del Territorio Nacional. En cuanto a la población, Pérez Zeledón cuenta con 122987 habitantes, aproximadamente y una densidad de 64,54 personas por kilómetro cuadrado, es decir, 221,3 habitantes por km<sup>2</sup>. En este territorio se cuenta con un aproximado de 30647 viviendas. 14

Los barrios más poblados de la cabecera del cantón, San Isidro, son: Alto de Alonso, Valverde, Unesco, La Tormenta, Boston, Cristo Rey, La Cooperativa, Sinaí, Santa Cecilia, San Vicente, Cruz Roja, San Rafael, San Luis, La Doce de Marzo, San Andrés, Dorotea, Estadio, Hospital, Sagrada Familia, El Prado, El Hoyón, La Y griega, Pedregoso, Pavones, Morazán, Lomas de Cocorí.

En lo que corresponde a los Poblados se cuentan: Villanueva, El Tuís, Alto Ceibo, Alto Huacas, Tronconales, Toledo, Alto de San Juan, Alto Las Tumbas, El Tajo, La Angostura, Bajo Ceibo, Bajo Las Esperanzas, La Suiza (parte), Santa Fe, Bajo Mora, Bijaguales, San Rafael Norte, Bocana, La Bonita, San Lorenzo, San Agustín, El Ceibo, La Ceniza, Las Esperanzas, La Guaria, El Rosario, El Roble, Quebradas, Quebrada Vueltas, Higueros, Jilguero, Jilguero Sur, Quebrada Honda (parte), La Palma, Pacuarito, Ojo de Agua, Miravalles, Morete.

Las actividades productivas del cantón giran en torno al comercio y la industria.

Entre los primeros pobladores se puede citar a don Natalio Fallas, Celestino Mora, Hilda

Cruz, Jorge Ramírez, Mercedes Valverde, Claris Monge, Patrocinio Barrantes, y doña Paulina Ceciliano.

### **Ubicación y límites del territorio.**

Geográficamente Pérez Zeledón se ubica al sur del territorio nacional. Las coordenadas geográficas medias del Cantón están dadas por  $9^{\circ} 05' 37''$  latitud norte y  $83^{\circ} 26' 83''$  longitud oeste. La anchura máxima es de 68 kilómetros, en la dirección noroeste a sureste, desde el límite con el cantón de Aguirre, sobre el río Savegre hasta confluencia del río caliente con la quebrada Guácima.

## **2.4 Marco Teórico del objeto de estudio**

La inteligencia artificial (IA): Es una disciplina académica relacionada con la teoría de la computación cuyo objetivo es emular algunas de las facultades intelectuales humanas en sistemas artificiales. Benítez, R. (2014).

### **2.4.1 Algoritmo:**

“Procedimiento para encontrar la solución a un problema mediante la reducción del mismo a un conjunto de reglas”. Benítez, R. (2014)

### **2.4.2 Aprendizaje de máquinas:**

Consiste en la implementación de procedimientos que le permiten a las máquinas mejorar su rendimiento a través de la búsqueda de regularidades y patrones que permitan predecir futuras conductas o tendencias así como la detección de procesos en marcha y que vale la pena prever. El insumo principal es la inmensa cantidad de datos que es posible obtener hoy en día con cada acción que realizamos cotidianamente (Nilsson, 1998)

### **Método de Holt:**

Este tipo de métodos se puede usar cuando la demanda no tiene tendencia ni estacionalidad observables, y se considera que la demanda es estable, pero se desconoce el valor del nivel L. Se trata de obtener una previsión a partir de la previsión anterior y el valor real observado actual. García Sabater, J. P. (2004).

#### 2.4.3 Deep learning:

Un subconjunto, dentro del aprendizaje automático donde se persigue crear modelos que sean capaces de representar conceptos complejos y / o abstractos a partir de otros más sencillos. Es decir, el modelo es capaz de crear de forma automática una jerarquía de conceptos, empezando por conceptos simples, e ir mezclando estos conceptos más simples para ir creando conceptos cada vez más complejos.

(Casas Roma et al. 2019)

#### 2.4.4 Visión computarizada:

Refiere al análisis de grandes cantidades de imágenes con el propósito de reconocer estructuras o patrones indicativos de objetos escenas o alguna actividad específica de interés. Esto implica desarrollar sistemas que reconozcan y clasifiquen las distintas propiedades gráficas que posee una imagen como brillo, contraste saturación, bordes, color y luminosidad entre otras características de una forma tal que está meta información obtenida del análisis sea manejable y operable de forma rápida y eficiente del propósito deseado (Szeliski, 2011).

#### 2.4.5 Clasificación:

“Conjunto de atributos discretos o de valor continuo, a un conjunto de clases, que pueden ser consideradas valores de un atributo discreto seleccionado, generalmente denominado “clase. (Casas Roma. 2019).

#### 2.4.6 Regresión

Se puede definir, de forma informal, como un problema de clasificación con clases continuas». Es decir, los modelos de regresión predicen valores numéricos en lugar de etiquetas de clase discretas. A veces también nos podemos referir a la regresión como predicción numérica (Casas Roma et al. 2019).

#### 2.4.7 Redes neuronales artificiales

Son un conjunto de algoritmos inspirados en el mecanismo de comunicación de la neurona biológica. Han demostrado ser una buena aproximación a problemas donde el conocimiento es impreciso o variable en el tiempo. Su capacidad de aprender convierte a las redes neuronales en algoritmos adaptativos y elaborados a la vez. (Casas Roma et al. 2019).

**Capítulo 3**  
**Marco Metodológico**

## **3.1 Método de investigación**

### **3.1.1 Analítico**

El método analítico es según explica Navarro (2011), “(...) un proceso cognoscitivo, que consiste en descomponer un objeto de estudio al separar cada parte del todo para estudiarlas por separado” (p.195).

Para este proyecto se acude al método analítico en el estudio de los datos recolectados en los que se realiza un análisis a profundidad mediante herramientas estadísticas con el objetivo de interpretar los datos y sacar conclusiones.

### **3.1.2 De campo**

‘Consiste en la aplicación de instrumentos que permitan recolectar información de primera mano que no se encuentra previamente codificada, sino más que debe ser extraída directamente de los sujetos de investigación’ (Hernández et al., 2010).

El método de campo representa una parte de suma importancia para el presente proyecto ya que este precisa de la obtención de datos para un posterior análisis e interpretación de estos.

### **3.1.3 Deductivo**

Se entiende como método deductivo a aquel que: “(...) tiene como objetivo recoger, clasificar, resumir y analizar las características de un conjunto de elementos (población o muestra), deduciendo conclusiones sobre su estructura y composición” (Babbie, 2000).

La presente investigación emplea el método deductivo ya que el proceso para la elaboración de la conclusión, recomendaciones y la propuesta final del trabajo se basan en los resultados obtenidos mediante el análisis de las características de la muestra estudiada.

## **3.2 Tipo de investigación**

### **3.2.1 Investigación exploratoria**

Los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objeto de estudio es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no ha sido abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio. (Hernández et al., 2003).

Para el presente estudio se recurre a la investigación exploratoria ya que presenta la alternativa del uso de tecnologías informáticas que actualmente no son de uso habitual en las empresas dentro del contexto en el que se desarrolla la investigación,

### **3.2.2 Investigación descriptiva**

“Consiste en describir fenómenos, situacionales, contextos y sucesos; esto es, detallar como son y cómo se manifiestan”. (Carlos Hernández, 2014).

El presente proyecto presenta aspectos referentes a investigación descriptiva ya que en las primeras etapas del estudio se da una descripción de las metodologías empleadas por la empresa.

### **3.2.3 Correlacional**

Bernal (2006) define investigación correlacional como aquella que: “(...) tiene como propósito mostrar o examinar la relación entre variables o resultados de variables” (p.113).

La presente investigación también recurre a la investigación correlacional ya que se estudiarán la relación de variables como tiempo y demanda entre otras.

## **3.3 Enfoque metodológico**

En el presente proyecto enfoca el análisis de manera cuantitativa ya busca la obtención de datos numéricos y basa sus conclusiones en metodologías estadísticas, Para estos efectos se entiende que el enfoque cuantitativo es aquel que: “(...) secuencial y probatorio. Cada Etapa procede a la siguiente y no podemos ‘brincar o eludir’ pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase” (Hernández et al, 2010, p.4).



Adicionalmente, los estudios están acompañados de aspectos analíticos en los casos que se requiere la opinión experta de los profesionales de la empresa para alcanzar una aplicación con mayor precisión de las herramientas estadísticas. Se entiende como análisis cualitativo como: “aquel que conlleva la observación y el análisis de información no numérica y que no necesariamente conlleva un proceso lineal de trabajo” (Hernández et al., 2010).

### **3.4 Sujetos y fuentes de información**

#### **3.4.1 Sujetos de la investigación.**

Los sujetos de investigación se definen como: “(...) el interés consiste en definir quiénes y que características deberán tener los sujetos (personas, organizaciones, o situaciones o factores) objeto de estudio” (Bernal, 2006, p. 164).

Los sujetos de la presente investigación son:

- El gerente de inocuidad de DeliSur, Pérez Zeledón.
- Pulpas de DeliSur, Pérez Zeledón

#### **3.4.2 Población**

Según Anderson, Sweeney y Williams, (2008), indican que: “hace mención a aquel universo poblacional investigativo que pueden cuantificarse y saberse a ciencia cierta su totalidad de existencia en unidades individuales”.

La población seleccionada para este trabajo consiste los productos de pulpas de la empresa DeliSur.

#### **3.4.2 Muestra**

“(...) la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables de estudio.” (Navarro, 2011, p. 237).

Para efectos del presente trabajo no se utiliza una muestra probabilística sino una muestra a conveniencia que consiste en los productos de pulpas vendidos desde el año 2017 hasta 2020.

### **3.4.2 Fuentes primarias:**

Muñoz (2011) define fuentes primarias como:

(...) aquel material que se recaba directamente donde tienen su origen los datos. Es la información que se toma de la fuente primaria, es decir, del punto mismo donde se origina, ya sea de un hecho, un fenómeno o una circunstancia que se desea investigar (p. 226).

Como fuente primaria se toma la opinión del gerente de inocuidad de la empresa DeliSur, esto con el fin de que aporte su conocimiento de gran importancia dado su gran experiencia en la empresa y que complemente los datos meramente estadísticos para una mejor interpretación.

### **3.4.3 Fuentes secundarias**

“Son documentos que compilan y reseñan la información publicada en las fuentes primarias”. (Del Castillo et al, 2014).

Para esta investigación se presentan las siguientes fuentes secundarias:

- Libros de texto.
- Otras investigaciones relacionadas al tema.

## **3.5 Definición de variables**

### **3.5.1 Primer objetivo:**

Realizar un análisis del sistema actual de pronóstico de ventas, para medir el grado de eficacia y determinar los puntos débiles que presenta.

### **3.5.2 Primera variable: Error de medición**

### **3.5.3 Definición conceptual**

“La diferencia entre el valor de la medición y el valor verdadero del parámetro que se está midiendo (el mensurando) se conoce como error (de medición)”. (Escamilla Esquivel et al, 2014).

### **3.5.4 Definición instrumental**

Para la medición de esta variable se emplean herramientas estadísticas como por ejemplo análisis de desviación estándar, diferencia absoluta y error medio del pronóstico.

### **3.5.5 Definición operacional**

La variable se estudia con el objetivo de conocer el estado actual del sistema de pronóstico utilizado por la empresa.

### **3.5.6 Segundo objetivo**

Presentar una propuesta de mejora y efectuar un testeo mediante datos históricos realizando una comparación con la herramienta actual además de otros modelos estadísticos.

### **3.5.7 Segunda variable: Precisión de la herramienta**

#### **3.5.8 Definición conceptual**

“La precisión consiste en la posibilidad de realizar con exactitud los patrones de medición, 0 sea los patrones primarios, incluyendo en este término las técnicas de reproducción de una ley natural, cuando no se materializa la unidad con un cuerpo”. Ramírez Tapia, M. (2010).

#### **3.5.9 Definición instrumental**

Se utilizan las correspondientes herramientas estadísticas para el análisis de precisión de los datos generados por el algoritmo de predicción como por ejemplo el análisis de desviación estándar entre otros.

#### **3.5.10 Definición operacional**

El objetivo de la evaluación de esta variable es el de evaluar los datos generados por los métodos estadísticos de predicción tradicionales y los métodos que actualmente utiliza la empresa estudiada y compararlos con los datos producidos por el algoritmo de Deep learning para medir su eficacia.

#### **3.5.11 Tercer objetivo:**

Cuantificar los beneficios económicos que aportaría la aplicación de dicha herramienta a la empresa.

### **3.5.12 Tercera variable: costos operacionales**

#### **3.5.13 Definición conceptual**

Costos Operacionales: “Son las inversiones que se destinan para crear el proceso de socialización de la empresa y los productos (la socialización para nuestro análisis la dividiremos en dos: interna y externa). También reconocidos como gastos administrativos y gastos de venta”. (Villarreal et al. 2014).

#### **3.5.14 Definición instrumental**

Para el análisis de esta variable se emplean cuadros comparativos de costos en los cuales se contemplan los costos producidos por los errores de predicción generados por el método actual de la empresa y se comparan con los costos generados por el método propuesto.

#### **3.5.16 Definición operacional**

La finalidad del estudio de esta variable es la medición de la repercusión económica de la herramienta al evaluar los costos generados por el método actual de la empresa en comparación con el ahorro que tendría una mayor precisión en las predicciones de la demanda.

## **3.6 Instrumentos y técnicas utilizadas en la recopilación de los datos**

En el presente proyecto se utiliza un muestreo para la recolección de datos de ventas históricas de los años 2017, 2018, 2019 y 2020 para la línea de productos de pulpas que ofrece la empresa DeliSur S.A

### **3.6.1 Confiabilidad y validez de los instrumentos de recolección datos de la investigación:**

#### **3.6.2 Confiabilidad**

“La confiabilidad es el grado en que la repetida aplicación de un instrumento al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados” (Hernández et al, 1997, pág. 242).

Para el presente proyecto se tiene como muestra los datos históricos de ventas de la empresa DeliSur S.A, entre los años 2017 y 2020, dado que la obtención de estos datos se recopila a través de un software que utiliza la compañía se puede afirmar que los datos presentan un alto grado de confiabilidad.

### **3.6.3 Validez**

“La validez se refiere al grado en que un instrumento mide lo que debe medir”. (Silva et al, 2015).

Para el aseguramiento de la validez de los datos se tiene que los datos provenientes del software administrativo de la empresa, emplea constantes verificaciones manuales de las cantidades de unidades en inventario lo que eleva el grado de validez ya que los datos están siendo comprobados para asegurar que el software contenga registros correctos.

## **3.4 Selección de técnicas de análisis de datos cuantitativos**

Para el análisis de los errores de los métodos de predicción a evaluar se emplean los métodos estadísticos de medición de desviación estándar, error cuadrático medio y diferencia absoluta adicionalmente se tiene que para la visualización de datos se emplean gráficos de líneas, gráficos de barras entre otros.

**CAPITULO 4**  
**ANÁLISIS DE DATOS**

## Análisis del estado actual

El siguiente análisis corresponde al estado actual del método que utiliza la empresa para realizar la proyección de ventas para la planificación de la producción, dicho método consiste en el pronóstico de la demanda basado en la experiencia del personal encargado de producción, lo que significa que no se basa en métodos cuantitativos de análisis de datos.

### Pronóstico de Demanda

Actualmente la empresa no maneja un método probabilístico para el análisis de la predicción de la demanda, el método actual consiste en realizar los pronósticos basados en el presupuesto de cada periodo.

## Análisis de ventas esperadas vs ventas reales.

La siguiente tabla muestra la comparación entre la demanda real y la venta proyectada con el método actual de proyección de ventas durante los 12 meses del año 2020 en unidades de pulpas en presentación de 490ml. En la columna 4 se muestra que porcentaje de la venta esperada se terminó vendiendo.

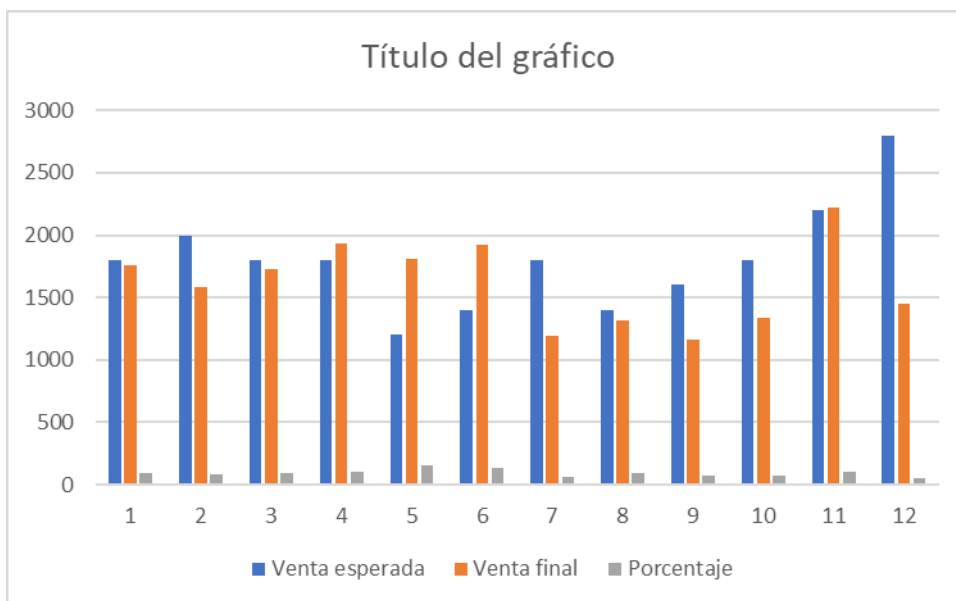
**Tabla 1 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de Frutas**

Periodo	Venta esperada	Venta final	porcentaje	Porcentaje de diferencia
1	1800	1761	97,83	-2,17
2	2000	1584	79,20	-20,80
3	1800	1727	95,94	-4,06
4	1800	1937	107,61	7,61
5	1200	1815	151,25	51,25
6	1400	1922	137,29	37,29
7	1800	1192	66,22	-33,78
8	1400	1312	93,71	-6,29
9	1600	1167	72,94	-27,06
10	1800	1334	74,11	-25,89
11	2200	2226	101,18	1,18

12	2800	1450	51,79	-48,21
----	------	------	-------	--------

Fuente: Hoja de observación de histórico de ventas.

**Gráfico 1 Venta esperada vs venta final**



Fuente: Tabla 1 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de Frutas

El grafico anterior muestra la diferencia entre la demanda proyectada de pulpa de frutas en comparación con la demanda real, podemos observar que en la mayoría de los meses existe una proyección por encima de las ventas reales.

**Tabla 2 Cálculo del error.**

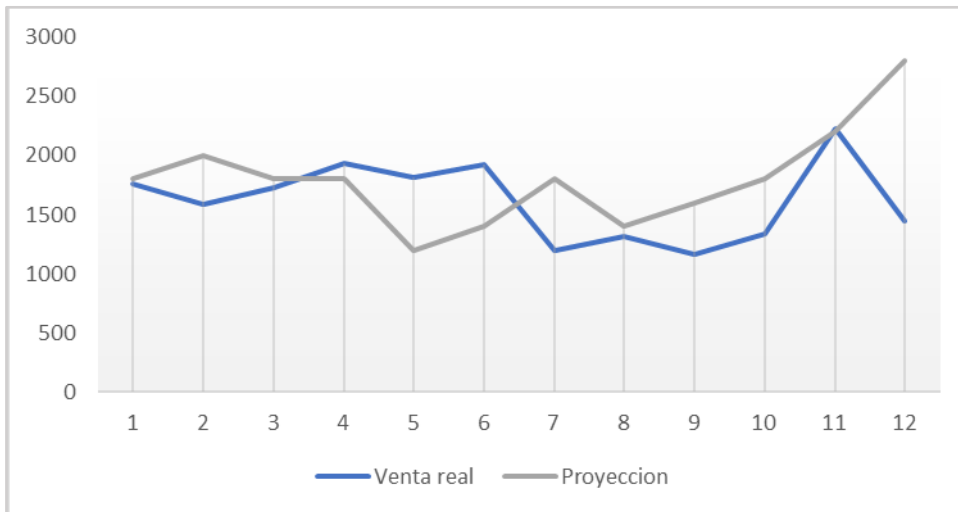
t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
1	1761	1800	39,00	-39,00	1521,00
2	1584	2000	416,00	-416,00	173056,00
3	1727	1800	73,00	-73,00	5329,00
4	1937	1800	137,00	137,00	18769,00
5	1815	1200	615,00	615,00	378225,00
6	1922	1400	522,00	522,00	272484,00
7	1192	1800	608,00	-608,00	369664,00
8	1312	1400	88,00	-88,00	7744,00
9	1167	1600	433,00	-433,00	187489,00
10	1334	1800	466,00	-466,00	217156,00
11	2226	2200	26,00	26,00	676,00



12	1450	2800	1350,00	-1350,00	1822500,00
<b>Error</b>			<b>397,75</b>	<b>-181,08</b>	<b>560,41</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 2 comparación entre la venta proyectada y la venta real.**



Fuente: Tabla No.2 Cálculo del error.

El grafico anterior muestra las ventas reales de pulpa de frutas en comparación con el pronóstico, se puede observar que el método actual de pronóstico no es capaz de predecir el patrón de ventas durante el año.

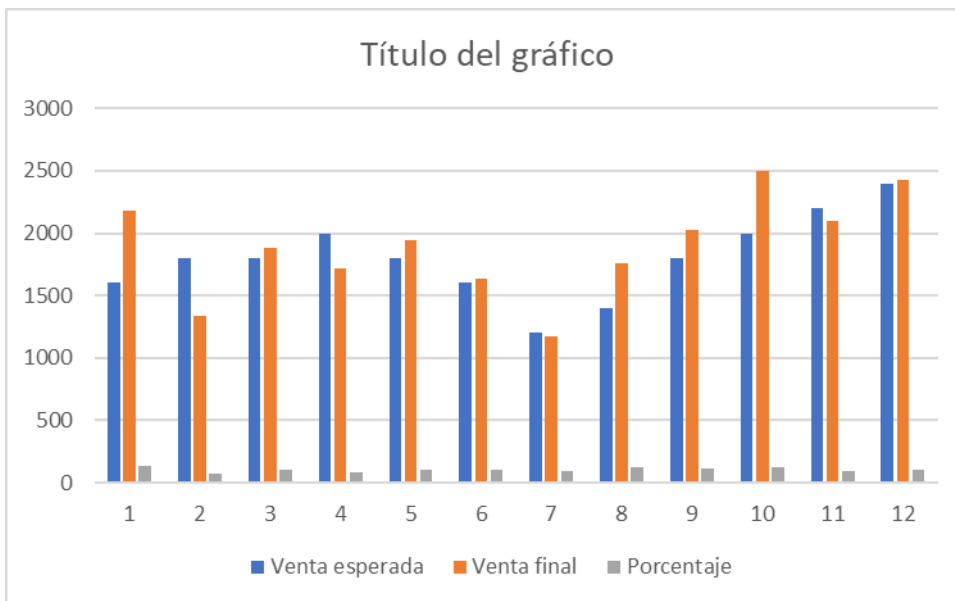
**Tabla 3 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de piña**

Periodo	Venta esterada	Venta final	porcentaje	Porcentaje de diferencia
1	1600	2185	136,56	36,56
2	1800	1336	74,22	-25,78
3	1800	1878	104,33	4,33
4	2000	1717	85,85	-14,15

5	1800	1946	108,11	8,11
6	1600	1632	102,00	2,00
7	1200	1174	97,83	-2,17
8	1400	1759	125,64	25,64
9	1800	2028	112,67	12,67
10	2000	2496	124,80	24,80
11	2200	2098	95,36	-4,64
12	2400	2432	101,33	1,33

Fuente: Hoja de observación de histórico de ventas.

**Gráfico 3 Venta esperada vs venta final**



Fuente: Tabla No.1 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de piña

El gráfico anterior muestra la diferencia entre la demanda proyectada de pulpa de piña en comparación con la demanda real, podemos observar que en el mes 1 y en el mes 10 se proyectaron ventas menores a la demanda real.

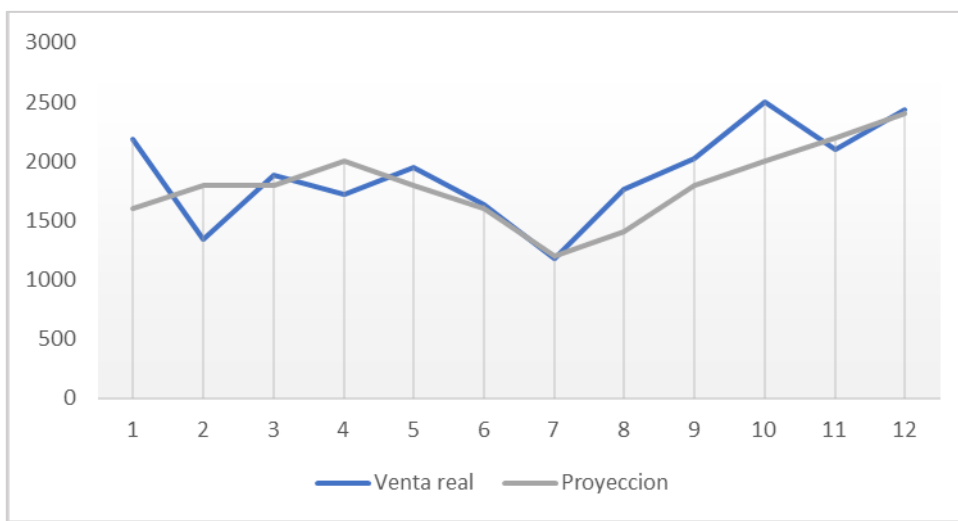
**Tabla 4 Cálculo del error.**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
1	2185	1600	585,00	585,00	342225,00
2	1336	1800	464,00	-464,00	215296,00
3	1878	1800	78,00	78,00	6084,00

4	1717	2000	283,00	-283,00	80089,00
5	1946	1800	146,00	146,00	21316,00
6	1632	1600	32,00	32,00	1024,00
7	1174	1200	26,00	-26,00	676,00
8	1759	1400	359,00	359,00	128881,00
9	2028	1800	228,00	228,00	51984,00
10	2496	2000	496,00	496,00	246016,00
11	2098	2200	102,00	-102,00	10404,00
12	2432	2400	32,00	32,00	1024,00
<b>Error</b>			<b>235,92</b>	<b>90,08</b>	<b>316,95</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 4 comparación entre la venta proyectada y la venta real.**



Fuente: Tabla No.4 Cálculo del error.

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección. Se puede observar que el método actual logro predecir el patrón general de demanda, pero presenta deficiencias en la precisión de la predicción mensual.

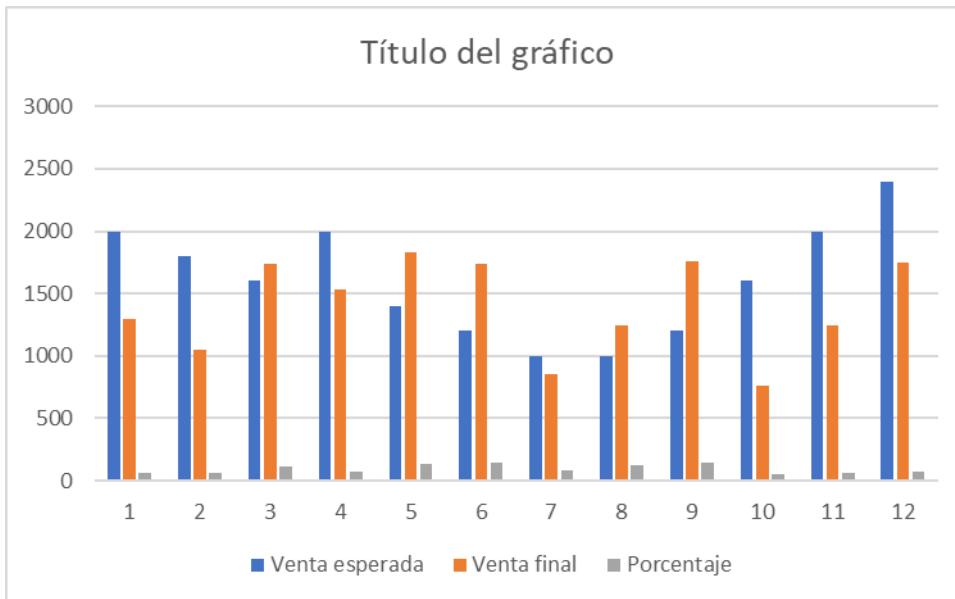
**Tabla 5 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de fresa**

Periodo	Venta esperada	Venta final	porcentaje	Porcentaje de diferencia

1	2000	1291	64,55	-35,45
2	1800	1044	58,00	-42,00
3	1600	1740	108,75	8,75
4	2000	1529	76,45	-23,55
5	1400	1830	130,71	30,71
6	1200	1734	144,50	44,50
7	1000	849	84,90	-15,10
8	1000	1247	124,70	24,70
9	1200	1761	146,75	46,75
10	1600	766	47,88	-52,13
11	2000	1243	62,15	-37,85
12	2400	1744	72,67	-27,33

Fuente: Hoja de observación de histórico de ventas.

### Gráfico 5 Venta esperada vs venta final



Fuente: Tabla No.5 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de fresa

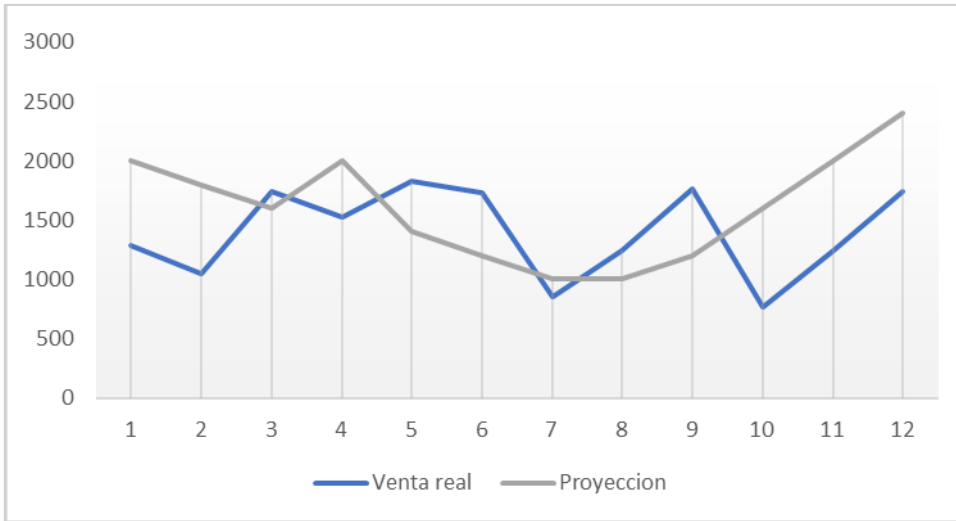
El gráfico anterior muestra la diferencia entre la demanda proyectada de pulpa de fresa en comparación con la demanda real, podemos observar que en los meses de octubre, noviembre y diciembre se proyectaron ventas muy por encima de la demanda real.

**Tabla 6 Cálculo del error**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
1	1291	2000	709,00	-709,00	502681,00
2	1044	1800	756,00	-756,00	571536,00
3	1740	1600	140,00	140,00	19600,00
4	1529	2000	471,00	-471,00	221841,00
5	1830	1400	430,00	430,00	184900,00
6	1734	1200	534,00	534,00	285156,00
7	849	1000	151,00	-151,00	22801,00
8	1247	1000	247,00	247,00	61009,00
9	1761	1200	561,00	561,00	314721,00
10	766	1600	834,00	-834,00	695556,00
11	1243	2000	757,00	-757,00	573049,00
12	1744	2400	656,00	-656,00	430336,00
<b>Error</b>			<b>520,50</b>	<b>-201,83</b>	<b>594,15</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 6 comparación entre la venta proyectada y la venta real.**



Fuente: Tabla No.6 Cálculo del error.

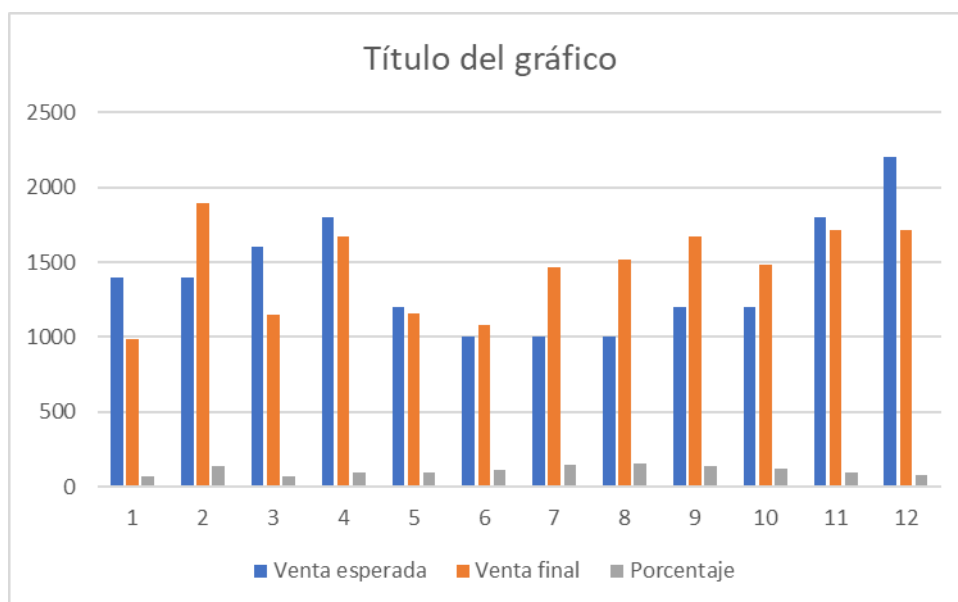
El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección. Se puede observar que el método actual no logra predecir el patrón de demanda anual.

**Tabla 7 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de mora**

Periodo	Venta esperada	Venta final	porcentaje	Porcentaje de diferencia
1	1400	984	70,29	-29,71
2	1400	1894	135,29	35,29
3	1600	1147	71,69	-28,31
4	1800	1670	92,78	-7,22
5	1200	1161	96,75	-3,25
6	1000	1083	108,30	8,30
7	1000	1468	146,80	46,80
8	1000	1515	151,50	51,50
9	1200	1675	139,58	39,58
10	1200	1481	123,42	23,42
11	1800	1717	95,39	-4,61
12	2200	1710	77,73	-22,27

Fuente: Hoja de observación de histórico de ventas.

**Gráfico 7 Venta esperada vs venta final**



Fuente: Tabla No.7 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de mora

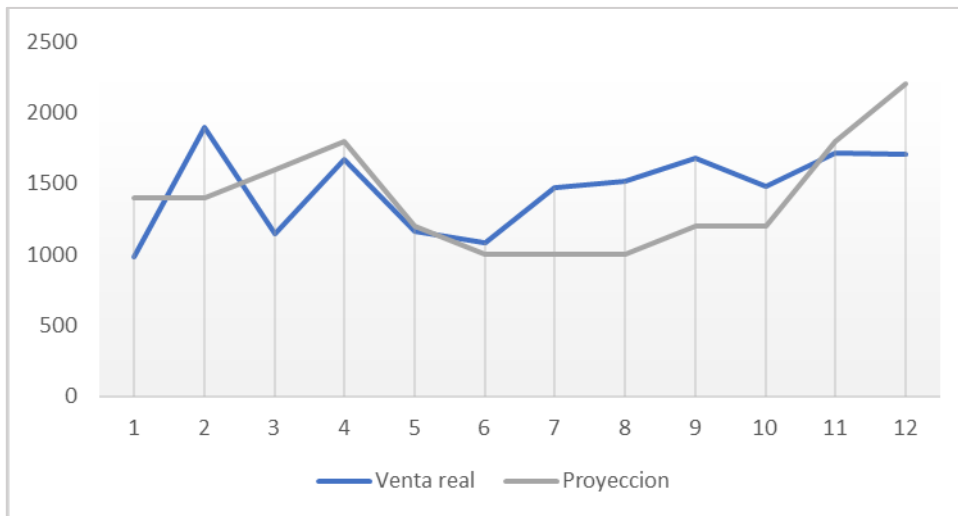
El grafico anterior muestra la diferencia entre la demanda proyectada de pulpa de mora en comparación con la demanda real, podemos observar que en la mayoría de los meses la demanda real fue mayor a la demanda proyectada.

**Tabla 8 Cálculo del error.**

t	Venta real	Proyección	et	EMP	DEE
1	984	1400	416,00	-416,00	173056,00
2	1894	1400	494,00	494,00	244036,00
3	1147	1600	453,00	-453,00	205209,00
4	1670	1800	130,00	-130,00	16900,00
5	1161	1200	39,00	-39,00	1521,00
6	1083	1000	83,00	83,00	6889,00
7	1468	1000	468,00	468,00	219024,00
8	1515	1000	515,00	515,00	265225,00
9	1675	1200	475,00	475,00	225625,00
10	1481	1200	281,00	281,00	78961,00
11	1717	1800	83,00	-83,00	6889,00
12	1710	2200	490,00	-490,00	240100,00
<b>Error</b>			<b>327,25</b>	<b>58,75</b>	<b>391,20</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 8 comparación entre la venta proyectada y la venta real.**



Fuente: Tabla No.8 Cálculo del error.

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección. El método actual presento deficiencias en los meses junio, julio y agosto ya que se proyectó un bajón de la demanda, lo cual fue contrario a la demanda real.

**Tabla 9 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de frutas. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1800	1761	2000	437,5	525	87,5	104562,5	0
2	2000	1584	2200	437,5	525	87,5	269500	0
3	1800	1727	2000	437,5	525	87,5	119437,5	0
4	1800	1937	2000	437,5	525	87,5	27562,5	0
5	1200	1815	1400	437,5	525	87,5	0	36312,5
6	1400	1922	1600	437,5	525	87,5	0	28175
7	1800	1192	2000	437,5	525	87,5	353500	0
8	1400	1312	1600	437,5	525	87,5	126000	0
9	1600	1167	1800	437,5	525	87,5	276937,5	0
10	1800	1334	2000	437,5	525	87,5	291375	0
11	2200	2226	2400	437,5	525	87,5	76125	0
12	2800	1450	3000	437,5	525	87,5	678125	0
<b>Subtotal</b>							<b>2323125</b>	<b>64487,5</b>
<b>Total</b>							<b>2387612,5</b>	



Fuente: Hoja de observación de ventas históricas.

**Tabla 10 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de piña. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1600	2185	1800	437,5	525	87,5	0	33687,5
2	1800	1336	2000	437,5	525	87,5	290500	0
3	1800	1878	2000	437,5	525	87,5	53375	0
4	2000	1717	2200	437,5	525	87,5	211312,5	0
5	1800	1946	2000	437,5	525	87,5	23625	0
6	1600	1632	1800	437,5	525	87,5	73500	0
7	1200	1174	1400	437,5	525	87,5	98875	0
8	1400	1759	1600	437,5	525	87,5	0	13912,5
9	1800	2028	2000	437,5	525	87,5	0	2450
10	2000	2496	2200	437,5	525	87,5	0	25900
11	2200	2098	2400	437,5	525	87,5	132125	0
12	2400	2432	2600	437,5	525	87,5	73500	0
<b>Subtotal</b>							<b>956812,5</b>	<b>75950</b>
<b>Total</b>							<b>1032762,5</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas.

**Tabla 11 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de fresa. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	2000	1291	2200	437,5	525	87,5	397687,5	0
2	1800	1044	2000	437,5	525	87,5	418250	0
3	1600	1740	1800	437,5	525	87,5	26250	0
4	2000	1529	2200	437,5	525	87,5	293562,5	0
5	1400	1830	1600	437,5	525	87,5	0	20125
6	1200	1734	1400	437,5	525	87,5	0	29225
7	1000	849	1200	437,5	525	87,5	153562,5	0
8	1000	1247	1200	437,5	525	87,5	0	4112,5
9	1200	1761	1400	437,5	525	87,5	0	31587,5
10	1600	766	1800	437,5	525	87,5	452375	0
11	2000	1243	2200	437,5	525	87,5	418687,5	0
12	2400	1744	2600	437,5	525	87,5	374500	0
<b>Subtotal</b>							<b>2534875</b>	<b>85050</b>
<b>Total</b>							<b>2619925</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas.

**Tabla 12 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de mora. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1400	984	1600	437,5	525	87,5	269500	0
2	1400	1894	1600	437,5	525	87,5	0	25725
3	1600	1147	1800	437,5	525	87,5	285687,5	0
4	1800	1670	2000	437,5	525	87,5	144375	0
5	1200	1161	1400	437,5	525	87,5	104562,5	0
6	1000	1083	1200	437,5	525	87,5	51187,5	0
7	1000	1468	1200	437,5	525	87,5	0	23450
8	1000	1515	1200	437,5	525	87,5	0	27562,5
9	1200	1675	1400	437,5	525	87,5	0	24062,5
10	1200	1481	1400	437,5	525	87,5	0	7087,5
11	1800	1717	2000	437,5	525	87,5	123812,5	0
12	2200	1710	2400	437,5	525	87,5	301875	0
<b>Subtotal</b>							<b>1281000</b>	<b>107887,5</b>
<b>Total</b>							<b>1388887,5</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas.

### **Análisis de predicción método de dos parámetros de Holt**

El siguiente análisis corresponde con el calculo de la demanda utilizando el método de dos parámetros de Holt con el objetivo de realizar una comparación con el método actual y el propuesto.

### **Análisis para pulpa de frutas**

#### **Datos de ventas**

**Tabla 13 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de frutas**

Meses	Años			
	2017	2018	2019	2020

Enero	1607	1657	1708	1761
Febrero	1446	1490	1536	1584
Marzo	1481	1559	1641	1727
Abril	1880	1899	1918	1937
Mayo	1708	1743	1778	1815
Junio	1754	1808	1864	1922
Julio	1055	1099	1144	1192
Agosto	1197	1234	1272	1312
Setiembre	1167	1167	1167	1167
Octubre	1294	1307	1321	1334
Noviembre	1969	2051	2137	2226
Diciembre	1350	1345	1340	1450

Fuente: hoja de observación ventas históricas

**Gráfico 9 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de frutas**

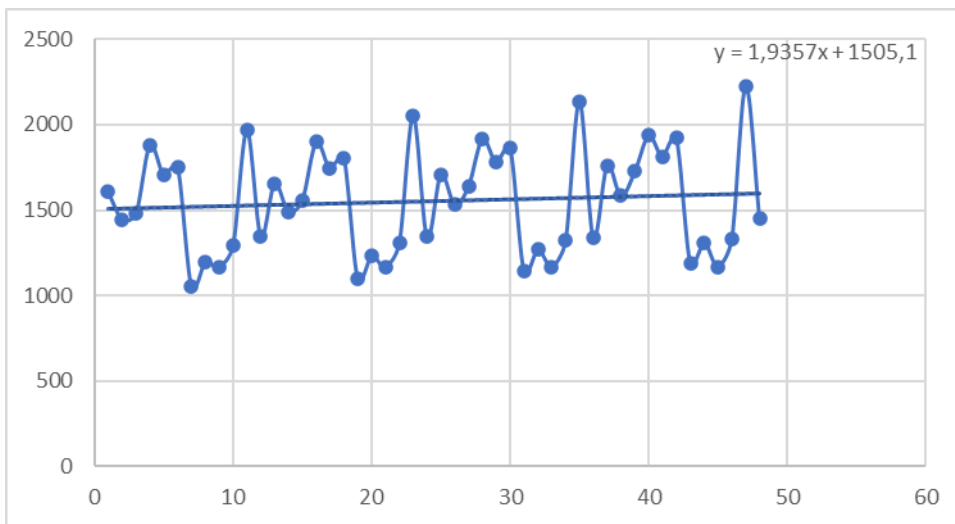


Tabla No.12 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de frutas

El gráfico anterior muestra la demanda desde el año 2017 y 2020. Se puede observar que existe una tendencia creciente con un crecimiento del 1,93%.

**Tabla 14 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de frutas.**

t	Demanda real	At	Tt	proyección	et
1	1761	1761	0		
2	1584	1647	-113	1761	177
3	1727	1658	11	1535	192
4	1937	1842	182	1669	268
5	1815	1889	48	2022	207
6	1922	1927	39	1937	15
7	1192	1466	-456	1966	774
8	1312	1205	-263	1014	298
9	1167	1087	-119	945	222
10	1334	1204	115	969	365
11	2226	1905	695	1318	908
12	1450	1857	-40	2592	1142
				<b>Total</b>	<b>415,29</b>

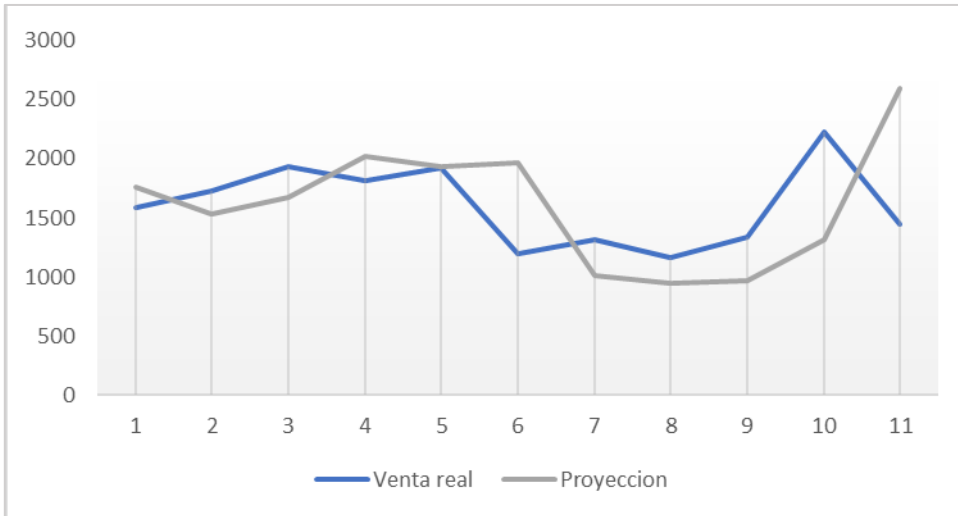
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 15 Cálculo del error del pronóstico.**

t	Demanda Real	Proyección	et	EMP	DEE
1	1761				
2	1584	1761	177,00	-177,00	29365,50
3	1727	1535	192,00	192,00	39060,13
4	1937	1669	268,00	268,00	74876,86
5	1815	2022	207,00	-207,00	40547,31
6	1922	1937	15,00	-15,00	87,68
7	1192	1966	774,00	-774,00	590382,68
8	1312	1014	298,00	298,00	92195,04
9	1167	945	222,00	222,00	51818,31
10	1334	969	365,00	365,00	137371,31
11	2226	1318	908,00	908,00	834731,40
12	1450	2592	1142,00	-1142,00	1291322,31
<b>Error</b>			<b>415,29</b>	<b>-5,61</b>	<b>564,07</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 10 Venta real vs pronostico con el método de dos parámetros de Holt**



Fuente: Tabla No.14 Cálculo del error del pronóstico.

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método de dos parámetros de Holt. El método de Holt presenta logra predecir el comportamiento general de la demanda anual pero presenta deficiencias en la precisión mensual de las predicciones.

### Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de piña

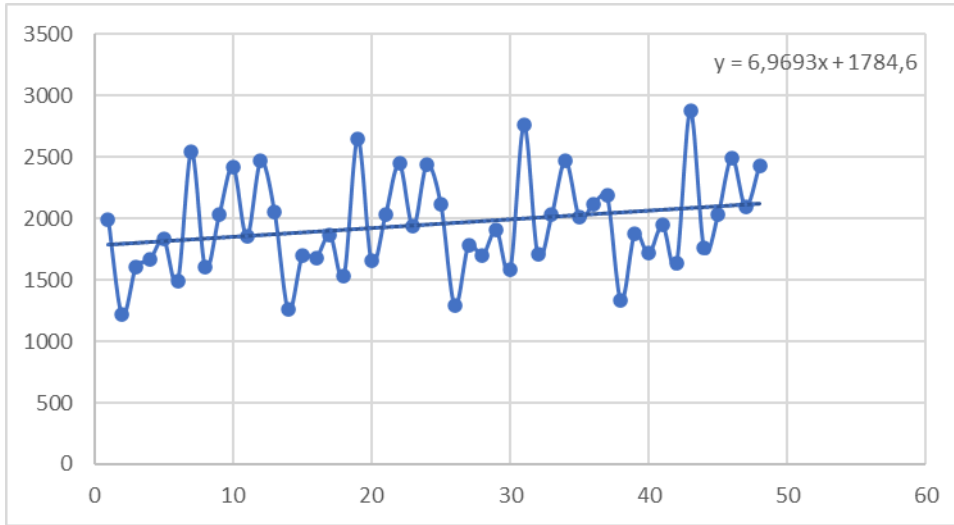
**Tabla 16 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de piña**

Meses	Años			
	2017	2018	2019	2020
Enero	1994	2056	2119	2185
Febrero	1219	1257	1296	1336
Marzo	1610	1695	1784	1878
Abril	1666	1682	1699	1717
Mayo	1832	1869	1908	1946
Junio	1490	1536	1583	1632
Juli	2543	2649	2759	2874
Agosto	1606	1655	1707	1759

Setiembre	2028	2028	2028	2028
Octubre	2422	2447	2471	2496
Noviembre	1856	1934	2014	2098
Diciembre	2469	2443	2121	2432

Fuente: hoja de observación ventas históricas

**Gráfico 11 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de piña**



Fuente: Tabla No.15 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de piña

El gráfico anterior muestra la demanda desde el año 2017 y 2020. Se puede observar que existe una tendencia creciente con un crecimiento del 6,96%.

**Tabla 17 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de piña.**

t	Venta real	At	Tt	proyección	letl
1	2185	2185	0		
2	1336	1637	-543	2185	849
3	1878	1600	-42	1099	778
4	1717	1661	59	1559	158
5	1946	1866	204	1719	227
6	1632	1787	-76	2068	436
7	2874	2462	667	1712	1162
8	1759	2245	-209	3123	1364
9	2028	2031	-214	2038	10
10	2496	2256	221	1819	677
11	2098	2232	-21	2474	376

<b>12</b>	2432	2354	120	2211	221
				<b>Total</b>	<b>568,93</b>

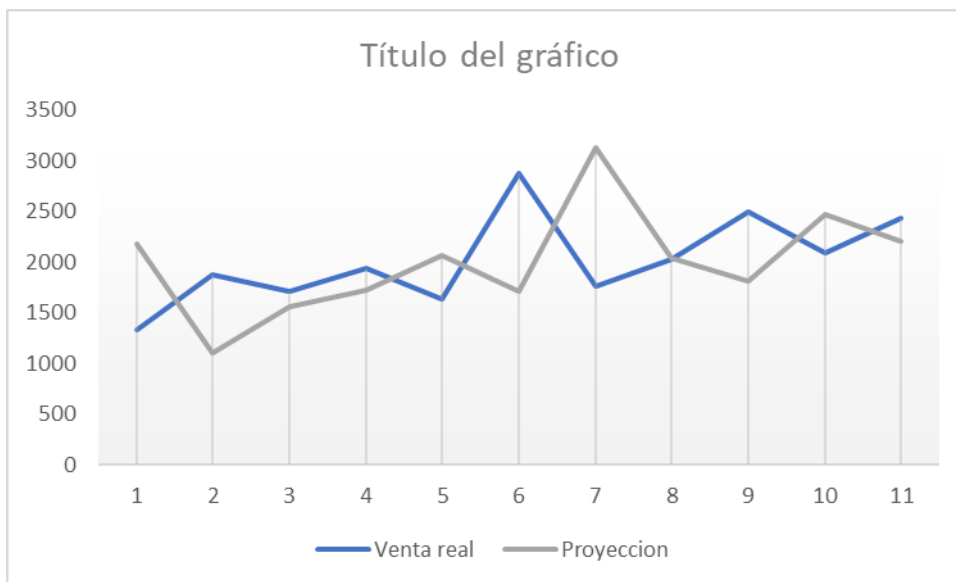
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 18 Cálculo del error del pronóstico**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
2	1336	2185	849,00	-849,00	750270,94
3	1878	1099	779,00	779,00	580366,94
4	1717	1559	158,00	158,00	19829,76
5	1946	1719	227,00	227,00	44023,67
6	1632	2068	436,00	-436,00	205373,76
7	2874	1712	1162,00	1162,00	1310608,67
8	1759	3123	1364,00	-1364,00	1907663,21
9	2028	2038	10,00	-10,00	738,85
10	2496	1819	677,00	677,00	435360,03
11	2098	2474	376,00	-376,00	154591,94
12	2432	2211	221,00	221,00	41541,85
<b>Error</b>			<b>569,00</b>	<b>17,18</b>	<b>738,27</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 12 Venta real vs pronostico con el método de dos parámetros de Holt**



Fuente: Tabla No.17 Cálculo del error del pronóstico.

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método de dos parámetros de Holt. El método de Holt presento divergencia entre los meses de julio y octubre con respecto a la demanda real.

### Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de fresa

Tabla 19 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de fresa

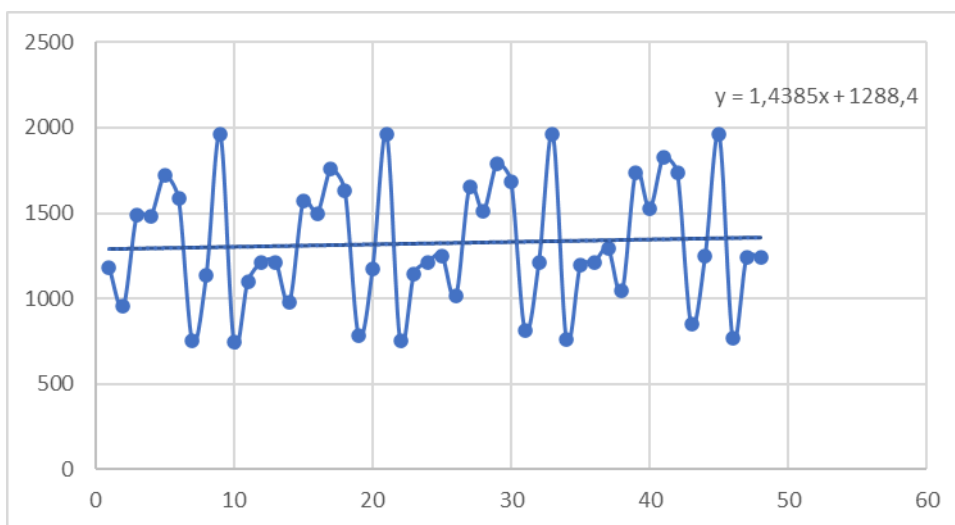
Meses	Años			
	2017	2018	2019	2020
Enero	1178	1215	1252	1291
Febrero	953	982	1013	1044
Marzo	1492	1570	1653	1740
Abril	1484	1499	1514	1529
Mayo	1722	1758	1793	1830
Junio	1583	1632	1682	1734
Juli	751	782	815	849
Agosto	1138	1173	1210	1247
Setiembre	1961	1961	1961	1961
Octubre	743	751	758	766



Noviembre	1100	1146	1193	1243
Diciembre	1212	1214	1213	1244

Fuente: hoja de observación ventas históricas

**Gráfico 13 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de fresa**



Fuente: Tabla No.18 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de fresa

El gráfico anterior muestra la demanda desde el año 2017 y 2020. Se puede observar que existe una tendencia creciente con un crecimiento del 1,43%.

**Tabla 20 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de fresa.**

t	Demanda real	At	Tt	proyección	et
1	1291	1291	0		
2	1044	1131	-158	1291	247
3	1740	1469	332	975	765
4	1529	1625	158	1797	268
5	1830	1814	188	1782	48
6	1734	1829	17	2000	266
7	849	1202	-620	1846	997
8	1247	1011	-195	588	659
9	1961	1556	537	818	1143
10	766	1236	-311	2087	1321
11	1243	1130	-108	928	315
12	1244	1166	34	1024	220

<b>Total</b>	<b>568,10</b>
--------------	---------------

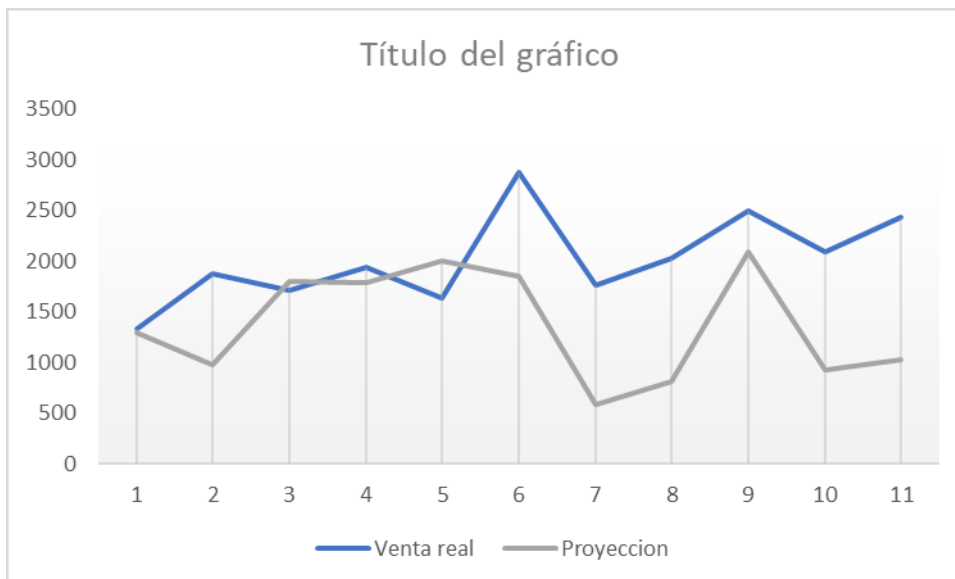
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 21 Cálculo del error del pronóstico**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
2	1044	1291	247,00	-247,00	63320,86
3	1740	975	765,00	765,00	578152,86
4	1529	1797	268,00	-268,00	74330,59
5	1830	1782	48,00	48,00	1880,40
6	1734	2000	266,00	-266,00	73244,04
7	849	1846	997,00	-997,00	1003275,40
8	1247	588	659,00	659,00	428191,77
9	1961	818	1143,00	1143,00	1295871,77
10	766	2087	1321,00	-1321,00	1757311,77
11	1243	928	315,00	315,00	96325,59
12	1244	1024	220,00	220,00	46381,50
<b>Error</b>			<b>568,10</b>	<b>4,64</b>	<b>736,09</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 14 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt**



Fuente: Tabla No.20 Cálculo del error del pronóstico.

El gráfico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método de dos parámetros de Holt. El método de Holt presentó alta variaciones entre los meses de julio y setiembre con respecto a la demanda real.

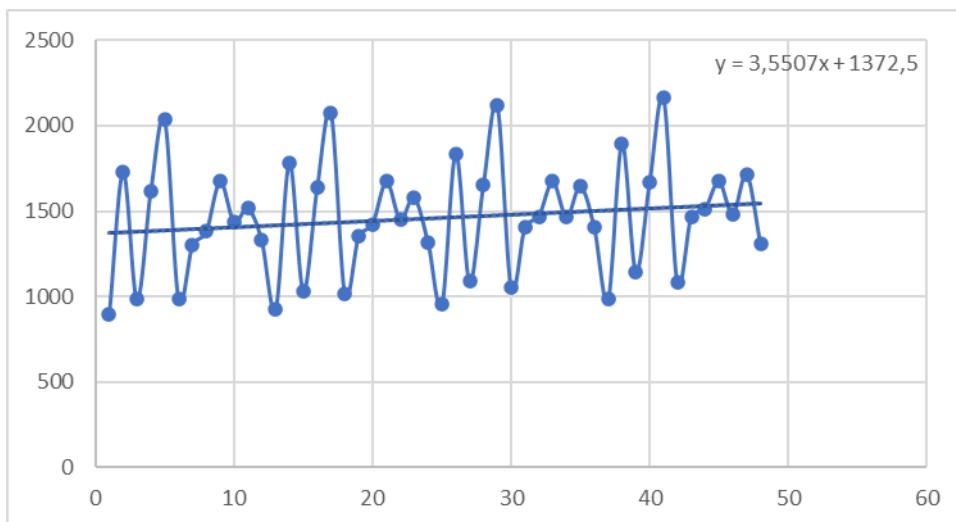
### **Análisis con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de mora**

**Tabla 22 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de mora**

	<b>Años</b>			
<b>Meses</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Enero	898	926	954	984
Febrero	1729	1782	1837	1894
Marzo	983	1035	1090	1147
Abril	1620	1637	1653	1670
Mayo	2034	2075	2118	2161
Junio	988	1019	1051	1083
Juli	1299	1353	1409	1468
Agosto	1383	1425	1470	1515
Setiembre	1675	1675	1675	1675
Octubre	1437	1452	1466	1481
Noviembre	1519	1582	1648	1717
Diciembre	1330	1320	1405	1310

Fuente: hoja de observación ventas históricas

**Gráfico 15 Datos de ventas del año 2017 al 2020 para pulpa de mora**



Fuente: Tabla No.21 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de mora

El grafico anterior muestra la demanda desde el año 2017 y 2020. Se puede observar que existe una tendencia creciente con un crecimiento del 3,55%.

**Tabla 23 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de mora.**

t	Demanda Real	At	Tt	proyección	et
1	984	984	0		
2	1894	1572	582	984	910
3	1147	1503	-62	2148	1001
4	1670	1589	84	1442	228
5	2161	1988	396	1673	488
6	1083	1544	-436	2380	1297
7	1468	1340	-206	1112	356
8	1515	1380	37	1137	378
9	1675	1584	202	1417	258
10	1481	1589	7	1784	303
11	1717	1674	84	1596	121
12	1310	1469	-202	1758	448
				<b>Total</b>	<b>526,18</b>

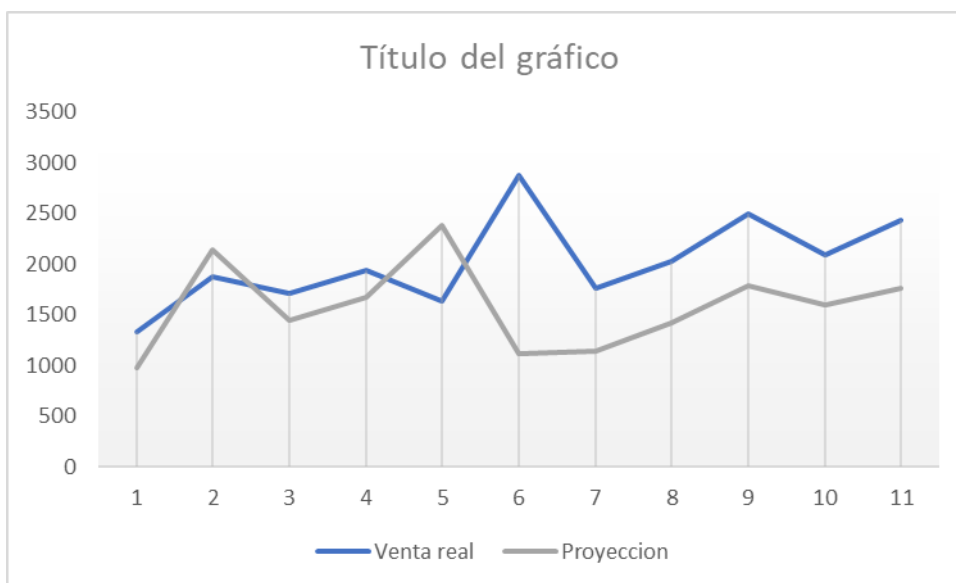
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 24 Cálculo del error del pronóstico**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
2	1894	984	910	910,00	880185,12
3	1147	2148	1001	-1001,00	946375,21
4	1670	1442	228	228,00	65629,12
5	2161	1673	488	488,00	266443,67
6	1083	2380	1297	-1297,00	1609899,58
7	1468	1112	356	356,00	147595,67
8	1515	1137	378	378,00	164983,67
9	1675	1417	258	258,00	81900,03
10	1481	1784	303	-303,00	75525,03
11	1717	1596	121	121,00	22255,21
12	1310	1758	448	-448,00	176247,31
<b>Error</b>			<b>526,18</b>	<b>-28,18</b>	<b>666,11</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 16 Venta real vs pronóstico con el método de dos parámetros de Holt**



Fuente: Tabla No.24 Cálculo del error del pronóstico

El gráfico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método de dos parámetros de Holt. El método de Holt presentó altas variaciones en los meses mayo y noviembre con respecto a la demanda real.

**Tabla 25 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de frutas. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	0	0	200	437,5	525	87,5	87500	0
2	1584	1761	1784	437,5	525	87,5	10062,5	0
3	1727	1535	1927	437,5	525	87,5	171500	0
4	1937	1669	2137	437,5	525	87,5	204750	0
5	1815	2022	2015	437,5	525	87,5	0	612,5
6	1922	1937	2122	437,5	525	87,5	80937,5	0
7	1192	1966	1392	437,5	525	87,5	0	50225
8	1312	1014	1512	437,5	525	87,5	217875	0
9	1167	945	1367	437,5	525	87,5	184625	0
10	1334	969	1534	437,5	525	87,5	247187,5	0
11	2226	1318	2426	437,5	525	87,5	484750	0
12	1450	2592	1650	437,5	525	87,5	0	82425
<b>Subtotal</b>							<b>1689187,5</b>	<b>133262,5</b>
<b>Total</b>							<b>1822450</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas

**Tabla 26 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de piña. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	0	0	200	437,5	525	87,5	87500	0
2	2185	1336	2385	437,5	525	87,5	458937,5	0
3	1099	1878	1299	437,5	525	87,5	0	50662,5
4	1559	1717	1759	437,5	525	87,5	18375	0
5	1719	1946	1919	437,5	525	87,5	0	2362,5
6	2068	1632	2268	437,5	525	87,5	278250	0
7	1712	2874	1912	437,5	525	87,5	0	84175
8	3123	1759	3323	437,5	525	87,5	684250	0
9	2038	2028	2238	437,5	525	87,5	91875	0
10	1819	2496	2019	437,5	525	87,5	0	41737,5
11	2474	2098	2674	437,5	525	87,5	252000	0
12	2211	2432	2411	437,5	525	87,5	0	1837,5

<b>Subtotal</b>	<b>1871187,5</b>	<b>180775</b>
<b>Total</b>	<b>2051962,5</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas

**Tabla 27 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del de Holt para pulpa de fresa. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	0	0	200	437,5	525	87,5	87500	0
2	1291	1044	1491	437,5	525	87,5	195562,5	0
3	975	1740	1175	437,5	525	87,5	0	49437,5
4	1797	1529	1997	437,5	525	87,5	204750	0
5	1782	1830	1982	437,5	525	87,5	66500	0
6	2000	1734	2200	437,5	525	87,5	203875	0
7	1846	849	2046	437,5	525	87,5	523687,5	0
8	588	1247	788	437,5	525	87,5	0	40162,5
9	818	1961	1018	437,5	525	87,5	0	82512,5
10	2087	766	2287	437,5	525	87,5	665437,5	0
11	928	1243	1128	437,5	525	87,5	0	10062,5
12	1024	1244	1224	437,5	525	87,5	0	1750
<b>Subtotal</b>							<b>1947312,5</b>	<b>183925</b>
<b>Total</b>							<b>2131237,5</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas

**Tabla 28 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de Holt para pulpa de mora. Año 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	0	0	200	437,5	525	87,5	87500	0
2	984	1894	1184	437,5	525	87,5	0	62125
3	2148	1147	2348	437,5	525	87,5	525437,5	0
4	1442	1670	1642	437,5	525	87,5	0	2450
5	1673	2161	1873	437,5	525	87,5	0	25200
6	2380	1083	2580	437,5	525	87,5	654937,5	0
7	1112	1468	1312	437,5	525	87,5	0	13650
8	1137	1515	1337	437,5	525	87,5	0	15575
9	1417	1675	1617	437,5	525	87,5	0	5075
10	1784	1481	1984	437,5	525	87,5	220062,5	0
11	1596	1717	1796	437,5	525	87,5	34562,5	0
12	1758	1310	1958	437,5	525	87,5	283500	0
<b>Subtotal</b>							<b>1806000</b>	<b>124075</b>
<b>Total</b>							<b>1930075</b>	

Fuente: Hoja de observación de ventas históricas

### **Propuesta de mejora**

La propuesta de mejora consiste en realizar las proyecciones de ventas de la empresa mediante el análisis de los datos de la demanda con el uso de tecnologías de inteligencia artificial, concretamente para este caso se va a utilizar un algoritmo de Deep learning de redes neuronales recurrentes.

### **Software y equipo necesario.**

En entorno de desarrollo utilizado para el análisis de datos es Google colab, una herramienta online gratuita y de libre acceso además para la recopilación de los datos se utiliza el software Excel. A nivel de equipo, estas herramientas se pueden utilizar en cualquier computadora con acceso a internet.

### **Implementación del algoritmo**

Para la implementación del algoritmo desarrollado por el autor se requiere seguir los siguientes pasos:



1. Dirigirse a la página principal de Google <https://google.com>.
2. Seleccionar Google apps.
3. Seleccionar Drive.
4. En la opción 'Mi unidad' seleccionar más y abrir Google colab.
5. Insertar el archivo con el algoritmo que se le brindara a la empresa.
6. Cargar los datos de ventas por medio de documentos elaborados en el programa Excel.
7. Ejecutar el algoritmo el cual dará como resultado las proyecciones de ventas y un gráfico de líneas.

### **Capacitación del personal**

Para la implementación y el correcto uso de la herramienta propuesta, se le brindará al personal una capacitación en la cual se explicará el uso del entorno de ejecución, la forma adecuada elaborar los datos de demanda en Excel y como cargarlos dentro de la herramienta.

### **Cálculo del pronóstico de ventas mediante el uso de un algoritmo de redes neuronales para pulpa de frutas desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.**

**Tabla 29 Venta real vs proyección para pulpa de frutas**

Año	Venta real	proyección
2019	1167	1171
	1307	1310
	2051	1839
	1345	1338
	1708	1605
	1536	1197
	1641	1586
	1918	1837
	1778	1632
	1864	1545
	1144	1128
1272	1187	
2020	1167	1172
	1321	1358
	2137	1842
	1340	1304

	1761	1554
	1584	1118
	1727	1604
	1937	1840

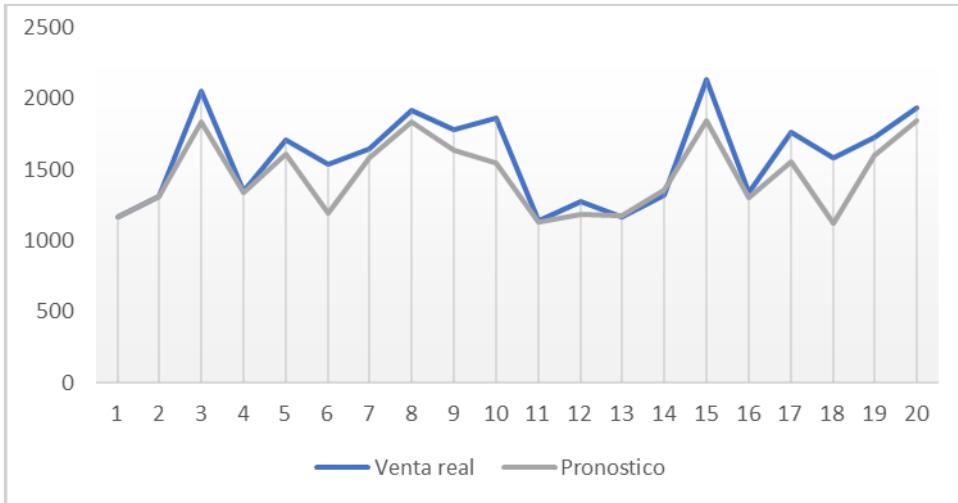
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 30 Cálculo del error del pronóstico**

t	Demanda real	proyección	et	EMP	DEE
1	1167	1171	4,00	-4,00	13,40
2	1307	1310	3,00	-3,00	7,08
3	2051	1839	212,00	212,00	45088,24
4	1345	1338	7,00	7,00	53,87
5	1708	1605	103,00	103,00	10679,14
6	1536	1197	339,00	339,00	115151,57
7	1641	1586	55,00	55,00	3062,51
8	1918	1837	81,00	81,00	6616,18
9	1778	1632	146,00	146,00	21415,37
10	1864	1545	319,00	319,00	101977,97
11	1144	1128	16,00	16,00	266,99
12	1272	1187	85,00	85,00	7282,90
13	1167	1172	5,00	-5,00	21,72
14	1321	1358	37,00	-37,00	1343,96
15	2137	1842	295,00	295,00	87225,66
16	1340	1304	36,00	36,00	1320,59
17	1761	1554	207,00	207,00	42989,84
18	1584	1118	466,00	466,00	217472,91
19	1727	1604	123,00	123,00	15212,73
20	1937	1840	97,00	97,00	9475,06
<b>Error</b>			<b>131,80</b>	<b>126,90</b>	<b>190,11</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 17 Venta real vs pronostico con el método de red neuronal**



Fuente: Tabla No.29 Cálculo del error del pronóstico

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método del algoritmo de Deep learning. Se observa que el método utilizado logra predecir el comportamiento general de demanda durante el periodo analizado y logra una mayor precisión en las predicciones con respecto al método actual y el método de dos parámetros de Holt.

**Tabla 31 Venta real vs proyección para pulpa de piña**

Año	Venta Real	Proyección
	2028	1727
	2447	2252
	1934	1805
	2443	2369
	2119	1944
	1296	1344
	1784	1705
	1699	1741
	1908	1802
	1583	1689
	2759	2183
	1707	1590
	2028	1413
	2471	2139
	2014	1776
	2121	2154
	2185	1873

	1336	1565
	1878	1479
	1717	2061

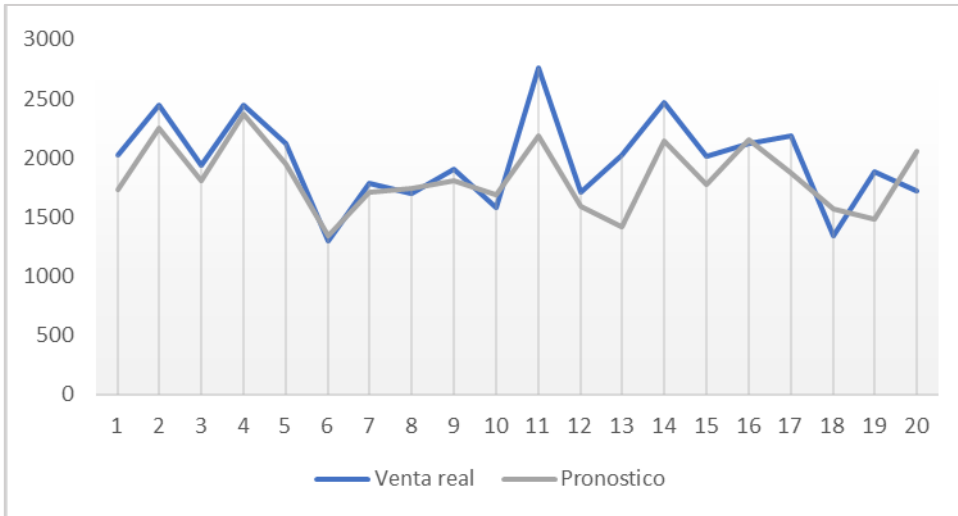
Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 32 Cálculo del error del pronóstico**

t	Demanda real	proyección	et	EMP	DEE
1	2028	1727	301,00	301,00	90805,74
2	2447	2252	195,00	195,00	38157,68
3	1934	1805	129,00	129,00	16728,81
4	2443	2369	74,00	74,00	5526,42
5	2119	1944	175,00	175,00	30744,08
6	1296	1344	48,00	-48,00	2271,48
7	1784	1705	79,00	79,00	6294,82
8	1699	1741	42,00	-42,00	1735,56
9	1908	1802	106,00	106,00	11308,18
10	1583	1689	106,00	-106,00	11164,06
11	2759	2183	576,00	576,00	332167,69
12	1707	1590	117,00	117,00	13768,65
13	2028	1413	615,00	615,00	378643,20
14	2471	2139	332,00	332,00	110449,81
15	2014	1776	238,00	238,00	56805,91
16	2121	2154	33,00	-33,00	1066,68
17	2185	1873	312,00	312,00	97556,22
18	1336	1565	229,00	-229,00	52285,44
19	1878	1479	399,00	399,00	159472,36
20	1717	2061	344,00	-344,00	118102,26
<b>Error</b>			<b>222,50</b>	<b>142,30</b>	<b>284,24</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 18 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal**



Fuente: Tabla No.31 Cálculo del error del pronóstico.

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método del algoritmo de Deep learning. Se observa que el método de redes neuronales logra predecir el patrón de demanda durante los 20 meses estudiados, se observa que entre los meses de enero y marzo de 2020 presentan variaciones en las predicciones, pero en el cálculo global presenta se observa una mayor precisión.

**Tabla 33 Venta real vs proyección para pulpa de fresa**

Año	Venta real	Proyección
	1961	1962
	751	818
	1146	1175
	1214	1321
	1252	1292
	1013	953
	1653	1551
	1514	1500
	1793	1684
	1682	1340
	815	879

	1210	1162
	1961	1782
	758	927
	1193	1303
	1213	1428
	1291	1299
	1044	997
	1740	1513
	1529	1574

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

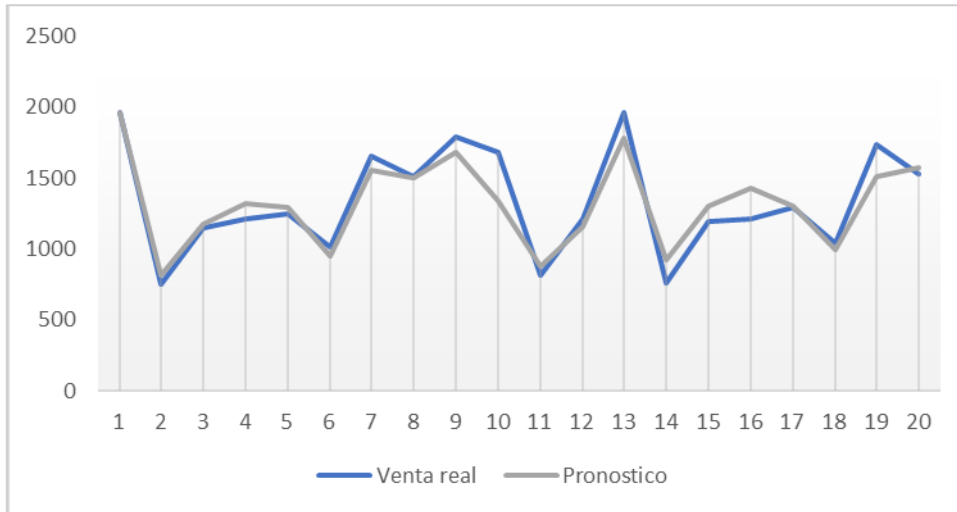
**Tabla 34 Cálculo del error del pronóstico**

t	Demanda real	proyección	et	EMP	DEE
1	1961	1962	1,00	-1,00	0,44
2	751	818	67,00	-67,00	4443,57
3	1146	1175	29,00	-29,00	821,40
4	1214	1321	107,00	-107,00	11376,38
5	1252	1292	40,00	-40,00	1572,92
6	1013	953	60,00	60,00	3640,90
7	1653	1551	102,00	102,00	10473,46
8	1514	1500	14,00	14,00	205,63
9	1793	1684	109,00	109,00	11955,21
10	1682	1340	342,00	342,00	117196,61
11	815	879	64,00	-64,00	4052,61
12	1210	1162	48,00	48,00	2336,75
13	1961	1782	179,00	179,00	32162,80
14	758	927	169,00	-169,00	28446,23
15	1193	1303	110,00	-110,00	12025,34
16	1213	1428	215,00	-215,00	46078,96
17	1291	1299	8,00	-8,00	58,68
18	1044	997	47,00	47,00	2241,07
19	1740	1513	227,00	227,00	51683,43
20	1529	1574	45,00	-45,00	1994,52

<b>Error</b>	<b>99,15</b>	<b>13,65</b>	<b>134,31</b>
--------------	--------------	--------------	---------------

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Gráfico 19 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal**



Fuente: Tabla No.33 Cálculo del error del pronóstico

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método del algoritmo de Deep learning. Se puede observar una alta precisión en el pronóstico con respecto a los otros 2 métodos analizados anteriormente.

**Tabla 35 Venta real vs proyección para pulpa de mora**

Año	Venta real	Proyección
	1675	1564
	1452	1431
	1582	1463
	1320	1153
	954	949
	1837	1696
	1090	975
	1653	1551
	2118	1924
	1051	996
	1409	1282

	1470	1352
	1675	1488
	1466	1469
	1648	1389
	1405	1021
	984	944
	1894	1660
	1147	966
	1670	1518

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

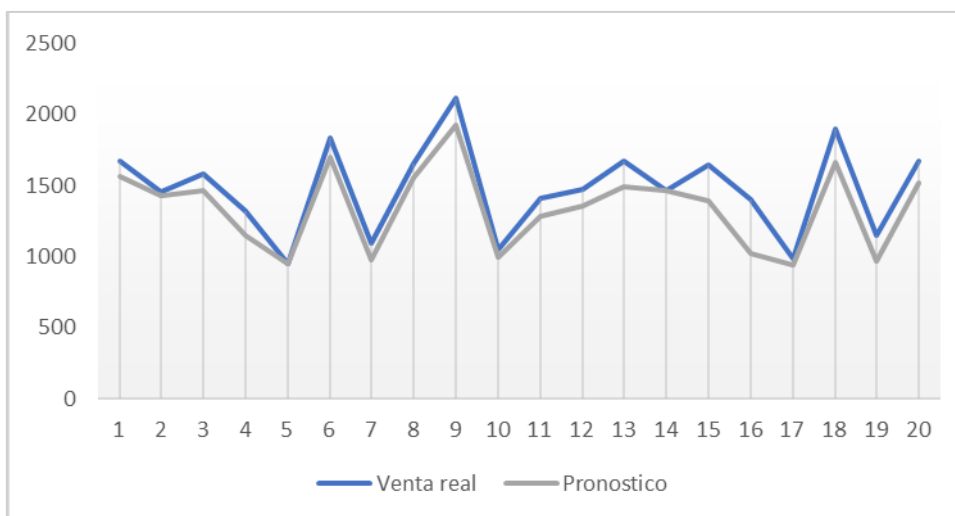
**Tabla 36 Cálculo del error del pronóstico**

t	Demanda real	proyección	et	EMP	DEE
1	1675	1564	111,00	111,00	12396,57
2	1452	1431	21,00	21,00	455,39
3	1582	1463	119,00	119,00	14242,01
4	1320	1153	167,00	167,00	28002,64
5	954	949	5,00	5,00	28,51
6	1837	1696	141,00	141,00	19976,97
7	1090	975	115,00	115,00	13303,29
8	1653	1551	102,00	102,00	10473,46
9	2118	1924	194,00	194,00	37768,00
10	1051	996	55,00	55,00	3062,51
11	1409	1282	127,00	127,00	16215,45
12	1470	1352	118,00	118,00	14004,33
13	1675	1488	187,00	187,00	35096,24
14	1466	1469	3,00	-3,00	7,08
15	1648	1389	259,00	259,00	67257,19
16	1405	1021	384,00	384,00	147717,16
17	984	944	40,00	40,00	1627,31
18	1894	1660	234,00	234,00	54915,19
19	1147	966	181,00	181,00	32884,16
20	1670	1518	152,00	152,00	23207,45
<b>Error</b>			<b>135,75</b>	<b>135,45</b>	<b>167,43</b>

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A



**Gráfico 20 Venta real vs pronóstico con el método de red neuronal**



Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

El grafico anterior pretende mostrar el patrón de demanda entre demanda real y la proyección utilizando el método del algoritmo de Deep learning. Se puede observar que la linea pronostico está por debajo de la de demanda real pero la la precisión del la proyección representa una mejora considerable con respecto a el método de Holt y em método actualmente utilizado por la empresa.

**Tabla 37 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de fruta. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1632	1778	1832	437,5	525	87,5	23625	0
2	1545	1864	1745	437,5	525	87,5	0	10412,5
3	1128	1144	1328	437,5	525	87,5	80500	0
4	1187	1272	1387	437,5	525	87,5	50312,5	0
5	1172	1167	1372	437,5	525	87,5	89687,5	0
6	1358	1321	1558	437,5	525	87,5	103687,5	0

7	1842	2137	2042	437,5	525	87,5	0	8312,5	
8	1304	1340	1504	437,5	525	87,5	71750	0	
9	1554	1761	1754	437,5	525	87,5	0	612,5	
10	1118	1584	1318	437,5	525	87,5	0	23275	
11	1604	1727	1804	437,5	525	87,5	33687,5	0	
12	1840	1937	2040	437,5	525	87,5	45062,5	0	
							<b>Subtotal</b>	<b>498312,5</b>	<b>42612,5</b>
							<b>Total</b>	<b>540925</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 38 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de piña. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co	
1	1802	1908	2002	437,5	525	87,5	41125	0	
2	1689	1583	1889	437,5	525	87,5	133875	0	
3	2183	2759	2383	437,5	525	87,5	0	32900	
4	1590	1707	1790	437,5	525	87,5	36312,5	0	
5	1413	2028	1613	437,5	525	87,5	0	36312,5	
6	2139	2471	2339	437,5	525	87,5	0	11550	
7	1776	2014	1976	437,5	525	87,5	0	3325	
8	2154	2121	2354	437,5	525	87,5	101937,5	0	
9	1873	2185	2073	437,5	525	87,5	0	9800	
10	1565	1336	1765	437,5	525	87,5	187687,5	0	
11	1479	1878	1679	437,5	525	87,5	0	17412,5	
12	2061	1717	2261	437,5	525	87,5	238000	0	
							<b>Subtotal</b>	<b>738937,5</b>	<b>111300</b>
							<b>Total</b>	<b>850237,5</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 39 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de fresa. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1684	1793	1884	437,5	525	87,5	39812,5	0
2	1340	1682	1540	437,5	525	87,5	0	12425
3	879	815	1079	437,5	525	87,5	115500	0
4	1162	1210	1362	437,5	525	87,5	66500	0
5	1782	1961	1982	437,5	525	87,5	9187,5	0
6	927	758	1127	437,5	525	87,5	161437,5	0
7	1303	1193	1503	437,5	525	87,5	135625	0
8	1428	1213	1628	437,5	525	87,5	181562,5	0
9	1299	1291	1499	437,5	525	87,5	91000	0
10	997	1044	1197	437,5	525	87,5	66937,5	0
11	1513	1740	1713	437,5	525	87,5	0	2362,5
12	1574	1529	1774	437,5	525	87,5	107187,5	0
<b>Subtotal</b>							<b>974750</b>	<b>14787,5</b>
<b>Total</b>							<b>989537,5</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 40 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método de red neuronal para pulpa de mora. Desde enero de 2017 hasta agosto de 2020.**

Mes	Yt'	Venta Real	Tamaño lote	Cu	precio venta	Mc	Sobre Stock	Co
1	1924	2118	2124	437,5	525	87,5	2625	0
2	996	1051	1196	437,5	525	87,5	63437,5	0
3	1282	1409	1482	437,5	525	87,5	31937,5	0
4	1352	1470	1552	437,5	525	87,5	35875	0
5	1488	1675	1688	437,5	525	87,5	5687,5	0
6	1469	1466	1669	437,5	525	87,5	88812,5	0
7	1389	1648	1589	437,5	525	87,5	0	5162,5
8	1021	1405	1221	437,5	525	87,5	0	16100
9	944	984	1144	437,5	525	87,5	70000	0
10	1660	1894	1860	437,5	525	87,5	0	2975
11	966	1147	1166	437,5	525	87,5	8312,5	0
12	1518	1670	1718	437,5	525	87,5	21000	0
<b>Subtotal</b>							<b>327687,5</b>	<b>24237,5</b>
<b>Total</b>							<b>351925</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

## Evaluación Económica

Lo siguiente es un resumen de la evaluación económica para realizar una comparación entre los distintos métodos de pronóstico. La tabla 41, 42 y 43 muestran la suma total de costos causados por errores de pronóstico de cada método durante el año 2020.

**Tabla 41 Impacto económico de los Resultados totales entre método de Holt vs método propuesto**

Producto	Método Holt (colones)	Método Propuesto (colones)
Frutas	1822450	540925
Piña	2051962,5	850237,5
Fresa	2131237,5	989537,5
Mora	1930075	351925
<b>Total</b>	<b>7935725</b>	<b>2732625</b>
<b>Diferencia</b>	<b>5203100</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 42 Impacto económico de los Resultados totales entre método actual vs método propuesto**

Producto	método actual (colones)	método Propuesto (colones)
Frutas	2387612,5	540925
Piña	1032762,5	850237,5
Fresa	2619925	989537,5
Mora	1388887,5	351925
<b>Total</b>	<b>7429187,5</b>	<b>2732625</b>
<b>Diferencia</b>	<b>4696562,5</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

**Tabla 43 Impacto económico de los Resultados totales entre método actual vs método de Holt**

Producto	Método actual (colones)	Método Holt (colones)
Frutas	2387612,5	1822450
Piña	1032762,5	2051962,5
Fresa	2619925	2131237,5
Mora	1388887,5	1930075
<b>Total</b>	<b>7429187,5</b>	<b>7935725</b>
<b>Diferencia</b>	<b>-506537,5</b>	

Fuente: Pablo Espinoza Obregón. Aplicación de un sistema de predicción de futura demanda de productos basado en inteligencia artificial en la empresa DeliSur S.A

## **CAPÍTULO 5:**

### **RESULTADOS:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## Conclusiones

En referencia al primer objetivo del proyecto, se realizó el análisis al método que actualmente utiliza la empresa para la realización de proyecciones de ventas, en dicho análisis se calculó entre otros indicadores la diferencia absoluta promedio entre unidades de pulpa vendidas y las unidades proyectadas el cual dio como resultado 397,75 unidades para pulpa de frutas, 235,92 unidades para pulpa de piña 520,50 unidades para pulpa de fresa y 327,25 unidades para pulpa de mora. Dichos resultados muestran una deficiencia significativa en la precisión del cálculo de proyecciones de ventas del método actual.

El segundo objetivo se analiza la propuesta del modelo de Deep learning realizando una comparación del modelo con el método estadístico de series de tiempo de dos parámetros de Holt además del método actual utilizado por la empresa para al cálculo de la demanda. Se concluye que el modelo propuesto representa una mejora significativa con respecto al método de Holt y el método actual de la empresa logrando disminuir la desviación estándar de los errores y da diferencia absoluta promedio.

En la valoración económica de la propuesta se determinó que existe una diferencia de 4.696.562,5 colones entre la aplicación de la propuesta y el método actual durante el año 2020. Dicho resultado demuestra que existe una viabilidad económica para el desarrollo de dicha herramienta de análisis en la empresa, cabe recalcar que el análisis se realizó únicamente en la línea de pulpas lo cual indica que si se aplicara en el resto de los productos de la empresa podría representar un ahorro aún mayor al evitar costos por excesos de producción o costos por carecer.



## **Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos se recomienda la aplicación del modelo de Deep learning para el análisis de los datos históricos de ventas para la realización de las proyecciones de ventas futuras y la planificación de la producción ya el uso de estas herramientas puede significar un ahorro significativo de recursos de la empresa dada la tipología de producto que se procesa en la empresa que presenta tiempos de caducidad.

Para efectos de proyecto se implementó el algoritmo de Deep learning en un entorno de desarrollo para el análisis de datos, pero para un uso más recurrente se recomienda la integración de estas tecnologías al software de gestión de la empresa el cual proporcione datos en tiempo real al algoritmo para una automatización de su uso y una actualización constante de los resultados. Para dicha integración es necesario que el software de gestión elegido por la empresa emplee tecnologías que permitan la escalabilidad a otras funcionalidades, para esto se recomienda del software sea personalizado y creado específicamente para la empresa ya que algunos software de gestión no permiten este tipo de flexibilidad a la hora de mejorar el programa.

Es importante recalcar que el modelo de Deep learning empleado en la propuesta de mejora representa una de muchas aplicaciones de la inteligencia artificial, la ciencia de datos y el machine learning por lo cual se recomienda analizar los beneficios del uso de estas tecnologías para hacer frente a distintos problemas de ingeniería en la empresa como por ejemplo el control estadístico de la calidad o el análisis de anomalías.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## Bibliografía

- Anderson, D., Sweeney, D., y Williams, T. (2008). **Estadística para Administración y Economía**. (10<sup>ma</sup> ed.). México: Cengage Learning
- Benítez, R. (2014). **Inteligencia artificial avanzada**. España. Editorial UOC.
- Casas Roma, J. Bosch Rué, A. y Lozano Bagén, T. (2019). Deep learning: principios y fundamentos. Editorial UOC.
- Bernal, C. (2006). **Metodología de la investigación para Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales**. México, D. F.: Pearson.
- Casas Roma, J. Bosch Rué, A. y Lozano Bagén, T. (2019). Deep learning: principios y fundamentos. Editorial UOC. <https://elibro.net/es/ereader/ulatinacr/126167?page=20>
- Del Castillo, C. C. y Olivares Orozco, S. (2014). **Metodología de la investigación**. México. Grupo Editorial Patricia.
- Escamilla Esquivel, A. (2014). **Metrología y sus aplicaciones**. México. Grupo Editorial Patricia.
- Galindo Ramírez, M. (2016). **Inteligencia artificial aplicada a las organizaciones**. Colombia. Universidad Militar Nueva Granada
- García Sabater, J. P. (2004). Gestión de stocks de demanda independiente. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/ereader/ulatinacr/60582?page=41>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), Censo 2011, San José Costa Rica.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). **Metodología de la investigación (5<sup>ta</sup> ed.)**. México, D.F.: Editorial McGraw-Hill.
- Luisa F. Galeano-Arias, Sergio G. Aguirre y Omar D. Castrillón-Gómez, (2021), **Análisis**

**de calidad del vino por medio de técnicas de inteligencia artificial**, Colombia,  
Universidad Nacional de Colombia

Martínez, L., Garriga González, L., & Benítez Miranda, M. (2017). Cuba. **Procedimiento para el pronóstico de la demanda mediante redes neuronales artificiales**.  
Universidad de Holguín

Municipalidad de Pérez Zeledón oficial,  
<https://www.perezzeledon.go.cr/index.php/102canton/295-ubicacion-geografica.html>

Muñoz, C. (2011). **Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis**. (2<sup>nda</sup> ed.).  
México: Pearson.

Navarro, J. (2011). **Epistemología y metodología**. México: Grupo editorial Patria  
Babbie, E. (2000). **Fundamentos de la investigación social** (1° ed.). México,D.F.:  
International Thomson Editores.

Ramírez Tapia, M. (2010). **Metrología y normalización**. México. Instituto Politécnico  
Nacional.

Silva Arciniega, M. D. R. y Brain Calderón, M. L. (2015). **Validez y confiabilidad del estudio Socioeconómico**. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Villarreal, F. y Rincón Soto, C. A. (2014). **Contabilidad de Costos I**. Colombia. Ediciones de la U.

## Abreviaturas

AT = Valor atenuado

Cu = costo unitario

Co = costo de oportunidad

DEE= Desviación estándar de los errores

EMP = Error medio del pronostico

Mc = margen de contribución

TL = tamaño del lote

Tt = tendencia del periodo t

Vr = venta real

Yt' = pronostico

## **Anexos**

**Anexo No.1 Comparación entre venta esperada con venta final para pulpa de Frutas**

Periodo	Venta esperada	Venta final	porcentaje	Porcentaje de diferencia
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

**Anexo No.2 Cálculo del error del pronóstico.**

t	Venta real	proyección	et	EMP	DEE
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
<b>Error</b>					

**Anexo No.3 Análisis de costos causados por errores de pronósticos del método actual para pulpa de frutas. Año 2020.**

Prono stico	Venta Real	Tamaño de lote	costo unitario	precio de venta	margen de contribución	Sobre Stock	Costo de oportunidad
<b>Subtotal</b>							
<b>Total</b>							

**Anexo No.4 Datos de ventas del año 2017 al 2020 de pulpa de frutas**

Meses	Años			
	2017	2018	2019	2020
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Juli				
Agosto				
Setiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				



**Anexo No. 5 Análisis de predicción de demanda con el método de dos parámetros de Holt para pulpa de frutas.**

t	Yt	At	Tt	Yt'	IetI
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
				<b>Total</b>	<b>415,29</b>

**Anexo No.6 Venta real vs proyección para pulpa de frutas**

Año	Venta real	proyección
2019		
2020		

**Anexo No.7 Impacto de los Resultados totales entre método actual vs método propuesto**

<b>Producto</b>	<b>método actual</b>	<b>método Propuesto</b>
<b>Frutas</b>		
<b>Piña</b>		
<b>Fresa</b>		
<b>Mora</b>		
<b>Total</b>		
<b>Diferencia</b>		