

**PROPUESTA DE MODELO PREDICTIVO DEL PRECIO DEL PAN MEDIANTE USO
RNA. “UN CASO DE ESTUDIO SECTOR PANIFICADOR, BOGOTÁ”.**

DANIEL EDUARDO DIAZ MOLINA

**Proyecto integral de grado para optar por el título
INGENIERIA INDUSTRIAL**

Orientador

NELSON MAURICIO REYES CASTAÑO

Ph.D ADMINISTRACIÓN GERENCIAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERIAS

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

BOGOTA D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma del Presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora de programa de Ingeniería Industrial

Dra. Mónica Yinette Suárez Serrano

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

MAGALY MOLINA OYUELA-MAMÁ

HERMINDA OYUELA DUARTE-MAMAABUELA

ANA MARIA DIAZ DIAZ-MADRASTRA

LUAURA VALENTINTA TONCON MOLINA

KEVIN ANDRES DIAZ DIAZ

CARLOS ALBERTO MOLINA OYUELA

CARLOS ALFONSO DIAZ REYES

EDUARDO MOLINA PARRA

GISELA MARIA DIAZ DIAZ

PAULA ANDREA DIAZ DIAZ

C2

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. ANTECEDENTES	26
2.1 Manual de requerimientos de materiales (MRP)	28
2.2 Redes neurales artificiales para pronósticos (RNA)	28
2.3 Redes neurales artificiales para predecir el precio de productos	29
3. JUSTIFICACIÓN	31
4. OBJETIVOS	34
4.1 Objetivo general	34
4.2 Objetivos específicos	34
5. DELIMITACIÓN	35
6. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	36
7. MARCO REFERENCIAL	37
7.1 Marco conceptual	37
7.1.1 <i>Planificación y control de la producción</i>	37
7.1.2 <i>Redes Neuronales Artificiales (RNA)</i>	40
7.1.3 <i>Manual de requerimiento de materiales (MRP)</i>	42
7.1.4 <i>Plan maestro de producción (MPS)</i>	45
7.1.5 <i>Niveles de planeación</i>	48
7.1.6 <i>Pronósticos de la demanda</i>	52
7.1.7 <i>Eficiencia, eficacia y efectividad</i>	54
7.1.8 <i>Lotificación (modelos determinísticos, aplicado a MPS)</i>	57

7.1.9	<i>Modelos predictivos</i>	61
7.1.10	<i>Tipo de redes neuronales</i>	63
8.	MARCO TEÓRICO	66
8.1	Planeación y control de la producción	66
8.2	Redes neuronales	69
8.2.1	<i>Redes neuronales artificiales (RNA) basadas en pronósticos</i>	69
8.2.2	<i>Manual de requerimiento de materiales (MRP)</i>	70
8.2.3	<i>Plan maestro de producción (MPS)</i>	73
8.2.4	<i>Niveles de planeación, jerarquía de la producción enfocados al MPS</i>	75
8.2.5	<i>Lotificación pronósticos de la demanda</i>	77
8.2.6	<i>Modelos predictivos</i>	79
8.2.7	<i>Tipo de redes neuronales</i>	80
8.3	Marco histórico	81
8.4	Marco legal normativo	82
9.	DISEÑO DE METODOLOGÍAS	88
9.1	Tipo y métodos de investigación	88
9.2	Fuentes y técnicas de información	88
9.3	Fuentes temáticas	88
9.4	Fases (Anexo 1. Cronograma Excel)	89
9.4.1	<i>Fase exploratoria</i>	89
9.4.2	<i>Fase descriptiva</i>	89
9.4.3	<i>Fase análisis</i>	89
9.4.4	<i>Fase de diseño</i>	90
10.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	91

11. CARACTERIZACIÓN DE DESARROLLO PROPUESTA EMPRESA DE ESTUDIO	118
12. DESARROLLO DEL CÓDIGO	141
13. CONCLUSIONES FINALES PROYECTO PANIFICADOR	142
BIBLIOGRAFÍA	143

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Variación del IPC productos solicitados para la elaboración del pan</i>	19
Figura 2 <i>Variación de empresas panificadoras constituidas en Colombia</i>	20
Figura 3 <i>Diagrama de árbol incertidumbre en el control de la planeación y programación de la producción</i>	25
Figura 4 <i>Variación del precio internacional por tonelada de trigo</i>	32
Figura 5 <i>Definición de planificación y control de la producción</i>	37
Figura 6 <i>Definición de Red Neuronal Artificial (RNA)</i>	40
Figura 7 <i>Manual de requerimientos de materiales (MRP)</i>	42
Figura 8 <i>Plan Maestro de Producción (MPS)</i>	46
Figura 9 <i>Definición de niveles de planeación</i>	48
Figura 10 <i>Jerarquía de la producción (PJP) y Holacracia</i>	50
Figura 11 <i>Pronósticos de la demanda</i>	52
Figura 12 <i>Definiciones de eficiencia, eficacia y efectividad</i>	55
Figura 13 <i>Lotificación (modelos determinísticos, aplicado a MPS)</i>	58
Figura 14 <i>Modelos predictivos</i>	61
Figura 15 <i>Tipos de redes neuronales</i>	64
Figura 16 <i>Proceso administrativo</i>	67
Figura 17 <i>Planificación y control de producción</i>	68
Figura 18 <i>Estructuración de una red neuronal</i>	70
Figura 19 <i>Entradas requeridas MRP</i>	72
Figura 20 <i>Factores generativos MPS o PMP</i>	74
Figura 21 <i>Niveles de planeación, jerarquía de la producción enfocados al MPS</i>	77
Figura 22 <i>Normativas que regulan la inocuidad e higiene de los productos de panadería</i>	83
Figura 23 <i>Sistema sector panificador</i>	91
Figura 24 <i>Diagrama producción de pan</i>	93
Figura 25 <i>Listado de materiales</i>	96
Figura 26 <i>Desarrollo de la red neuronal</i>	99

Figura 27	<i>Valores de estudio investigación</i>	100
Figura 28	<i>Visualización final atributos base de datos</i>	102
Figura 29	<i>Visualización final atributos base de datos</i>	103
Figura 30	<i>Panel de descriptivos con la iteración</i>	104
Figura 31	<i>La ecuación de valores nulos</i>	105
Figura 32	<i>Valores nulos de DataFrame inicial</i>	106
Figura 33	<i>Valores nulos de DataFrame inicial en gráfico de barras</i>	107
Figura 34	<i>Limpieza general de datos</i>	108
Figura 35	<i>Filtración de base de datos (Dropna())</i>	109
Figura 36	<i>Seudo aleatorio pre-DataFrame</i>	111
Figura 37	<i>Serie temporal de tiempos DataFrame de estudio</i>	112
Figura 38	<i>Generación de Pre-DataFrame Predicción</i>	113
Figura 39	<i>Variables de estudio investigación escogidas como datos de entrada</i>	114
Figura 40	<i>Descripción de la fórmula para establecer precio del pan</i>	115
Figura 41	<i>Generación DataFrame de estudio: análisis de descriptivos</i>	116
Figura 42	<i>Productos de estudio: productos de pan escogidos por la organización</i>	119
Figura 43	<i>Carga de datos usando link: generación de DataFrame de estudio</i>	120
Figura 44	<i>Carga de datos usando link: generación de DataFrame de estudio</i>	121
Figura 45	<i>Procesamiento de los datos variables Ohe, encoded x_numerical</i>	122
Figura 46	<i>Análisis Sesgo (precio vs costos)</i>	123
Figura 47	<i>Declaración de variables en el procesamiento de los datos</i>	124
Figura 48	<i>Matriz Array almacenado en variable 'X' []</i>	125
Figura 49	<i>Arquitectura de la red neuronal</i>	126
Figura 50	<i>Código modelo predictivo con uso de la función de perdida (Predicción)</i>	127
Figura 51	<i>Evaluar el modelo de los datos: MSE MAE error medio cuadrático, error medio absoluto</i>	128
Figura 52	<i>Descripción métricas de rendimiento red neuronal</i>	129
Figura 53	<i>Estadísticos de descriptivos</i>	130
Figura 54	<i>Visualización de datos</i>	132
Figura 55	<i>Campana de Gauss predicción de la demanda creada por la red neuronal</i>	134
Figura 56	<i>Campana de Gauss comparación predicción de la demanda datos reales</i>	135

Figura 57 *Validación y evaluación de indicador Roc.*

137

Figura 58 *Visualización de clúster K-means*

139

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

(RNA): Red Neuronal Artificial es un modelo matemático que imita la forma en que el cerebro humano procesa y analiza la información. Es una estructura compuesta por unidades de procesamiento llamadas neuronas, organizadas en capas, que se conectan y comunican entre sí mediante conexiones ponderadas.

MRP: Sistema de gestión y planificación o control de inventario se basa en una lista de materiales que especifica los componentes y las cantidades necesarias para fabricar un producto.

MPS: Plan detallado de coordinación y planificación de la cantidad o el momento en que se producirán los diferentes productos. se basa en la demanda prevista, las capacidades de producción y los tiempos de entrega de los proveedores.

IPC: Índice de Precios al Consumidor. Es un indicador económico que mide la variación del precio promedio de una canasta de bienes y servicios consumidos por los hogares de un país durante un período de tiempo determinado.

Python: lenguaje de programación de alto nivel interpretado, diseñado para ser fácil de leer y escribir. Fue creado en 1991 por Guido van Rossum y se ha convertido en uno de los lenguajes de programación más populares en la actualidad.

Google Colaboratory: plataforma en línea gratuita basada en la nube para escribir y ejecutar código en Python. Es desarrollada y mantenida por Google y utiliza el servicio de Google Drive para almacenar y compartir notebooks interactivos.

RESUMEN

El propósito principal de este estudio es utilizar un modelo basado en redes neuronales artificiales (RNA) programado en Python a través de Google Colaboratory como entorno de ejecución, para predecir el precio del pan. La finalidad es ofrecer una proyección razonable de la demanda, que pueda ser empleada en la formulación de estrategias y técnicas de producción para el sector panificador, con el objetivo de mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos o optimizar la toma de decisiones en el modelo de negocio del futuro precio del pan. Asimismo, se espera que esta investigación permita identificar distintos desafíos relacionados con el aumento de los precios del pan.

PALABRAS CLAVE: Modelo Predictivo, MRP, MPS, IPC, Incertidumbre, Gestión en la toma de Decisiones, Redes neuronales artificiales y ocultas, Python, Google Colaboraty, Función de activación Red Neural, K-Means.

sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La canasta básica familiar está en constante aumento esto hace que muchas comunidades estén descontentas por el aumento repentino en los precios de productos de uso básico debido a diversas variables y factores inestables.

Tanto las grandes como las pequeñas empresas productoras de pan están sujetas a cambios en el sistema, y muchos autores argumentan que los entornos de producción son propensos a constantes cambios debido a factores internos o externos que pueden afectar la rentabilidad de un producto en su venta final. Sin embargo, en relación al precio del pan, llevándolas muchas veces a un aumento significativo de su producción. Por lo tanto, es esencial mantener una planificación y pronósticos precisos al hablar de la producción de pan.

Esta investigación propone un modelo basado en redes neuronales artificiales (RNA) dirigido a las pequeñas y medianas empresas panificadoras que les permita predecir el precio del pan, lo que sería de gran utilidad para el manejo de recursos utilizados en este tipo de industrias y ayudaría a generar una mayor rentabilidad.

Por consiguiente, la estructura inicial para el desarrollo de la investigación está constituida por el planteamiento del problema, justificación, objetivo general y objetivos específicos, enfocados reducir la incertidumbre de los precios futuros del pan en las pequeñas y medianas empresas del sector. Luego se da paso al marco referencial y finalmente a la metodología correspondiente a la evolución de la investigación.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con datos del sector, en Colombia se consume un promedio de 22 kilogramos de pan por persona al año. Este alimento representa alrededor del 16% de la canasta básica familiar, lo que demuestra su importancia en la dieta diaria de los colombianos. En cuanto al mercado de venta de pan, aproximadamente el 80% de las ventas están dirigidas a personas, el 15% a empresas y el 5% al sector estatal. [1].

La panificadora en estudio está situada en el suroccidente de Bogotá y lleva operando en el sector por más de 5 años. La empresa se destaca por vender una variedad de pan dulce y salado durante su horario de atención, que va desde las 6:00 am hasta las 9:30 pm. La panadería cuenta con un equipo compuesto por un panadero, un ayudante de panadería, un operario de caja y dos meseras. Su capacidad de producción diaria es de 1 bulto de pan, lo que equivale a 50 kilogramos de harina. Sin embargo, actualmente la empresa se encuentra en crisis, debido al aumento de precios en las materias primas, lo que ha llevado a considerar la necesidad de aumentar el precio del pan para mantener la calidad del producto.

« Es importante destacar que las panaderías fueron exentas del impuesto nacional al consumo que se encontraba fijado en un 8%, como parte de las medidas que decidió implementar el gobierno para reactivar la economía y proteger a aquellas actividades económicas que se estaban viendo más afectadas por las restricciones impuestas para contenerla COVID-19; pero en el 2022, con la entrada en vigencia de la reforma tributaria (Ley 2155 de 2021) los consumidores tendrán que asumir nuevamente la tarifa de 8%, lo que puede castigar las ventas del sector debido a que los consumidores pueden verse obligados a restringir la cantidad de productos panificados que consumen. Esta situación puede agravarse por los aumentos en la inflación, que según los analistas del Banco de la República estiman que este indicador alcanzará el 3,6% ubicándose por encima de la meta fijada (3%).» [2]

De acuerdo a lo anterior se puede decir que debido al alza en la inflación que se está presentando actualmente en el país y a la reactivación del impuesto nacional de consumo, el sector panificador está afectado ya que los costos de materia prima evidencian un crecimiento exponencial.

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que se dedican a la panadería se ven afectadas por la falta de métodos y gestión de sus recursos, ya que no cuentan con un Sistema de Gestión, Planificación y Control de inventarios (MRP) que le permita generar estrategias de control en la programación de la producción ya que muchas veces consideran que su demanda tiene una variación muy leve. Esto provoca que haya una gran incertidumbre en cuanto al control de gastos y costos de la operación, así como una falta de conocimiento sobre la cantidad de producción y una ineficiencia en la capacidad productiva. Además, estas empresas carecen de procesos documentados, métricas o proyectos, lo que implica una falta de planeación.

En Colombia, la producción de trigo es limitada y se ve afectada por la demanda internacional inelástica, lo que representa un desafío para las pequeñas y medianas empresas (PYMES) dedicadas a la panadería. Estas empresas no tienen empresas proveedoras de tipo Joint Venture dedicadas a producir y distribuir la materia prima necesaria para la producción de pan, por lo que recurren a suposiciones basadas en la experiencia diaria para determinar su punto de reorden de stock de almacenamiento, lo que reduce la productividad del proceso y genera incertidumbre en la estabilidad financiera de la organización. Otra causa de este problema radica en la falta de importancia que se le da a los porcentajes en la fórmula de la receta del pan, lo que afecta directamente la calidad del producto y su rentabilidad.

Debido a que el pan es un producto de consumo diario forma parte de la canasta familiar, tiene una demanda importante y es muy competitivo. Sin embargo, la producción de pan suele tener una planificación mínima en relación a la oferta de materias primas, lo cual no debería ser una excusa para no intervenir en este proceso. Por el contrario, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) dedicadas a la panadería pueden resultar muy rentables a largo plazo si se toman medidas adecuadas para mejorar su gestión y eficiencia.

Es relevante señalar que si las pequeñas y medianas empresas (pymes) implementan un sistema de control de gastos de materiales con un enfoque push, podrán prever o estimar la cantidad de producción necesaria en función de variables como la demanda y la oferta, entre otras. Asimismo, podrán responder preguntas como: ¿cuánto deben

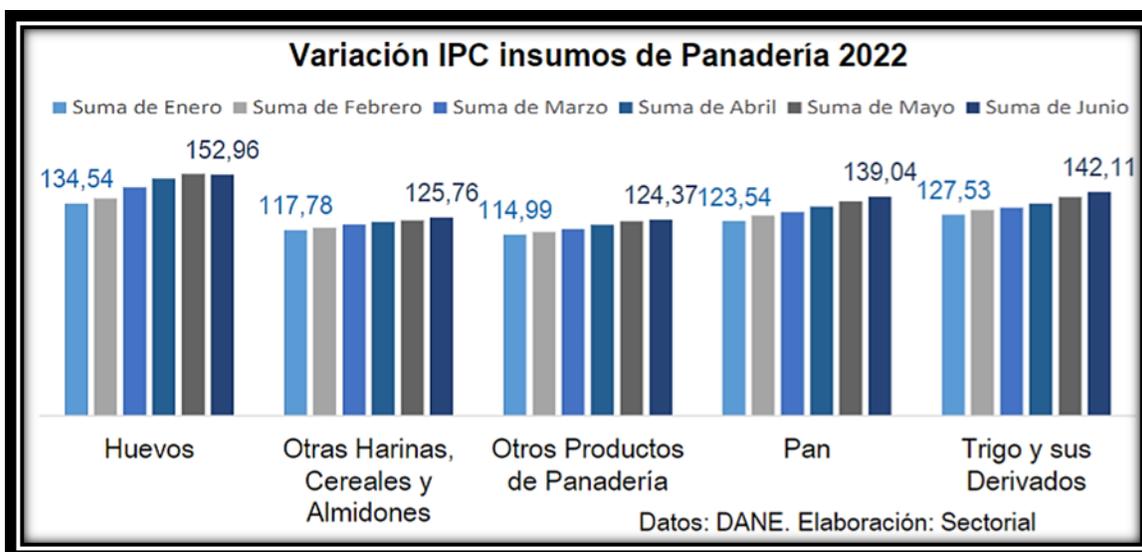
producir?, ¿cuándo deben solicitar recursos? o ¿cómo deben administrar los recursos solicitados? Para lograr esto, es posible utilizar una Red Neuronal Artificial (RNA) de predicción de datos, que permite identificar alzas y series temporales de tiempo en los precios de las materias primas, la mano de obra o cualquier variable que pueda afectar el precio final del pan. Esto puede ayudar a generar y planificar estrategias de producción, que permitirá reducir los desperdicios y superar la etapa de maduración de la organización. Además, se fomentará una cultura de gestión de la producción que permita equilibrar las necesidades de los recursos, maximizar la eficiencia o la eficacia de la producción. Al analizar nuevas estrategias en relación a técnicas de pronósticos, se encontrará una tendencia para mejorar la rentabilidad de las ventas o minimizar los costos de producción, aumentando de esta manera las utilidades para todos los involucrados.

«Durante lo que va de este año el pan ha subido de precio en un 14,22 %, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). La razón tras esta alza es que los insumos, a su vez, se han encarecido. La Cámara Fedemol de la Andi explica que esto se debe, en parte, a la guerra entre Ucrania y Rusia porque son importantes exportadores de trigo y aceites. Se estima que ambos países representan, en conjunto, el 30 % del comercio mundial de dicho cereal.» [3]

En otras palabras, el DANE ha reportado que el precio del pan ha aumentado un 14.22%, debido a que en Colombia la producción de trigo es limitada por ende se agota rápidamente y su precio se incrementa, lo que lleva a importar el producto. Esto afecta directamente el costo de la materia prima aumentando considerablemente los costos del proceso productivo. Además, estos costos están sujetos al riesgo de aumentar nuevamente si continúa la guerra entre Ucrania y Rusia, ya que estos países son los principales productores de trigo a nivel mundial.

Figura 1

Variación del IPC productos solicitados para la elaboración del pan



Nota. La Figura representa los datos del DANE y analiza el crecimiento del Índice de Precios al Consumidor (IPC) para la preparación de pan en Colombia. Tomado de: Sectorial reportes. [En línea] Disponible: <https://acortar.link/0BceFt> [Aceso: abril, 24, 2023]

En la figura número 1 los precios al consumidor han experimentado un aumento significativo debido a diversos factores. La figura anterior muestra que todos los productos necesarios para la producción del pan han sufrido un aumento durante el primer semestre de 2022.

La Asociación Nacional De Fabricantes de Pan (ADEPAN) también de acuerdo con sus reportes, comenta que el precio de la materia prima para la fabricación de pan ha aumentado entre un 40 y 50% en el año 2022.

Ellos comentan su preocupación por que habrá dificultades para familias, mientras un pan estaba en \$300, hoy está en \$400. [4].

Otro factor para contemplar, como principales causas en la incertidumbre de los precios al consumidor del pan, es la inmensa presencia de Macroempresas en Colombia, según EMIS, la cifra para el año 2021 es de 336 empresas.

Figura 2

Variación de empresas panificadoras constituidas en Colombia



Nota. La figura representa una cuantificación de cuantas macro empresas existen en Colombia dedicadas a la producción de pan. Tomado de: Cifras de Emi. [En línea] Disponible: <https://acortar.link/gGMXWT> [Aceso: abril, 24, 2023]

En la figura 2 refleja la competitividad de los mercados en el sector colombiano; el comportamiento de la gráfica es negativo para las grandes empresas entre el 2020 y el 2021 con una reducción de 28 organizaciones cerradas, representado el indicador más bajo en los últimos 3 años.

«Según ADEPAN, los pequeños productores y comercializadores si se han visto afectados por el aumento de los costos de producción, en el 2021 se han cerrado cerca de 4.000 establecimientos del sector y perdido alrededor de 20.000 empleos. Además, en el país se importa cerca del 99% del trigo que usa la industria, por lo que debido a la crisis logística global se ha incrementado el valor de las compras externas de materias primas.» [5]

Esto quiere decir, que las alzas en las materias primas para la fabricación del pan en Colombia, es una de las variables que más afectan a los pequeños productores del país.

Al respecto, Marcela Morales directora de ADEPAN afirma que las pymes panificadoras son las más afectadas porque es muy difícil afrontar o redistribuir los nuevos costos. [6]

Las grandes empresas emplean diversas aplicaciones informáticas (como el ERP) para administrar sus operaciones diarias. De esta forma, reservan lugares específicos para el almacenamiento a gran escala de materias primas, lo que les permite mantener los precios de venta del producto a pesar de los aumentos en los costos internacionales de estas materias primas. Esto resulta en una concentración del mercado que dificulta el crecimiento y la continuidad de las pymes.

Por ello, se propone un modelo predictivo para el "precio futuro del valor del pan" mediante la utilización de redes neuronales (RNA) con el fin de mejorar la planificación de eventos futuros y aumentar la probabilidad de éxito. Este modelo pronostica la demanda de consumo de pan a nivel de Bogotá, lo que permite generar estrategias de producción y propuestas para intervenir en la situación actual, de manera tal que se pueda encontrar posibles soluciones. Todo esto busca aumentar la previsibilidad de los datos, así como mejorar la toma de decisiones para lograr una gestión eficiente del mercado de pan en la ciudad.

Mediante un Diagrama de Árbol se representa gráficamente los índices referenciales de causa y efecto que originan la problemática general en el sector panificador. Se identificaron 3 variables que contribuyen a la incertidumbre en la planificación de la producción. Estas variables están respaldadas por evidencias generales que explican cómo afectan negativamente las políticas de control de producción e inventario, así como las estrategias con proveedores y clientes. Como resultado, la planificación se vuelve ineficiente, lo que lleva a la identificación de las tres causas generales: el costo de producción, la oferta y demanda, los métodos y técnicas de producción.

Costos de producción: esta variable tiene una tendencia al alza que afecta directamente a las materias primas en la industria panificadora. Debido a la baja producción de trigo en Colombia, se debe importar el insumo, lo que se ve afectado por el aumento del precio del dólar. Por lo tanto, las pequeñas panaderías compran harina sin tener en cuenta que su precio aumentará con el tiempo, como se muestra en la Figura 1. Esto tiene un efecto negativo en la proporcionalidad del suministro del insumo, ya que las grandes empresas acaparan la materia prima, haciendo que el suministro sea escaso, se incrementen los costos indirectos de los insumos y la producción.

Oferta y demanda: esta variable es la más inelástica que tiene un impacto central en el presupuesto de los consumidores y las estrategias de planificación.

La evolución de esta variable se ve afectada por factores como la disponibilidad de insumos en la canasta familiar, lo que significa que las familias compran la misma cantidad de pan independientemente de su precio. Por ejemplo, si una persona compra 5 panes por \$2000 pesos, el siguiente año no podrá comprar la misma cantidad con los mismos \$2000 pesos del año anterior. Esto es aplicable a cualquier persona que sea cabeza de hogar y tiene un efecto negativo en su presupuesto, así como en la capacidad de compra, lo que debe ser considerado en la planificación de las estrategias del mercado panificador. En cuanto al índice de precio al consumidor esto aumenta de forma exponencial al precio de los productos, como la harina de trigo, huevo, entre otros. [7]

Métodos: en las pequeñas empresas panificadoras, la incertidumbre es un factor diario que afecta su capacidad de producción y la cantidad de pan que deberían producir. A menudo, se utiliza un enfoque empírico para estimar la demanda hipotética, pero esto se ve obstaculizado por la falta de documentación de los procesos y el desconocimiento de las normativas. Esto afecta significativamente las técnicas de producción, así como los estándares del proceso. El problema se encuentra en la planificación y programación de la demanda, ya que no se consideran variables que puedan afectar el valor del pan ni se recopilan datos de series temporales de tiempo para explicar el comportamiento del precio futuro del producto. Esto lleva a tomar decisiones no informadas y a generar problemas como la falta de personal capacitado, desconocimiento de inventarios, compra de materias primas al tanteo y, en última instancia, el desempleo estructural.

La investigación acerca del aumento del precio pan demuestra lo afectado que puede llegar a estar un sector por diversas variables como maquinaria, mano de obra, cambios en la naturaleza, medidas, métodos y materiales, esto permite argumentar algunas variables que afectan la alta demanda inelástica de productos elaborados para panificadoras, pero también evidencia las posibilidades de crecimiento de este sector.

Dentro de la producción de alimentos en Colombia, la industria panificadora representa el 16 %. [8]. Este estudio se enfoca en la planificación y programación de la producción

del sector panificador, analizando las variables que afectan el valor del pan; comparando esos datos con el pasado para tomar decisiones adecuadas al enfrentar la demanda del mercado. Esta estrategia no solo mejorará la organización del espacio, sino que también aumentará la capacidad de producción, la eficiencia en el uso de los recursos, la efectividad en los procesos, la calidad o cantidad del producto terminado y controlará la previsibilidad de eventos futuros, para que la empresa en estudio pueda mantenerse y competir en el mercado.

La solicitud de la empresa panificadora de Bogotá D.C para realizar un modelo predictivo para el precio del pan es un enfoque adecuado para enfrentar las nuevas alzas en el valor final del pan. Un modelo predictivo puede ayudar a prever cambios en la demanda y en el precio de las materias primas, lo que permitiría a la empresa ajustar su producción de manera más eficiente. Es importante que la empresa establezca un precio objetivo para el pan que tenga en cuenta tanto los costos de producción como los objetivos de rentabilidad de la empresa. Además, la empresa debería considerar la posibilidad de diversificar su línea de productos o buscar proveedores alternativos de materias primas para mitigar el impacto de las alzas de precios en una sola fuente de insumos.

Finalmente, la empresa debería ser consciente de la importancia de mantener altos estándares de calidad en su producción de pan. La calidad del producto es una consideración clave para los clientes que puede afectar la reputación y la rentabilidad de la empresa.

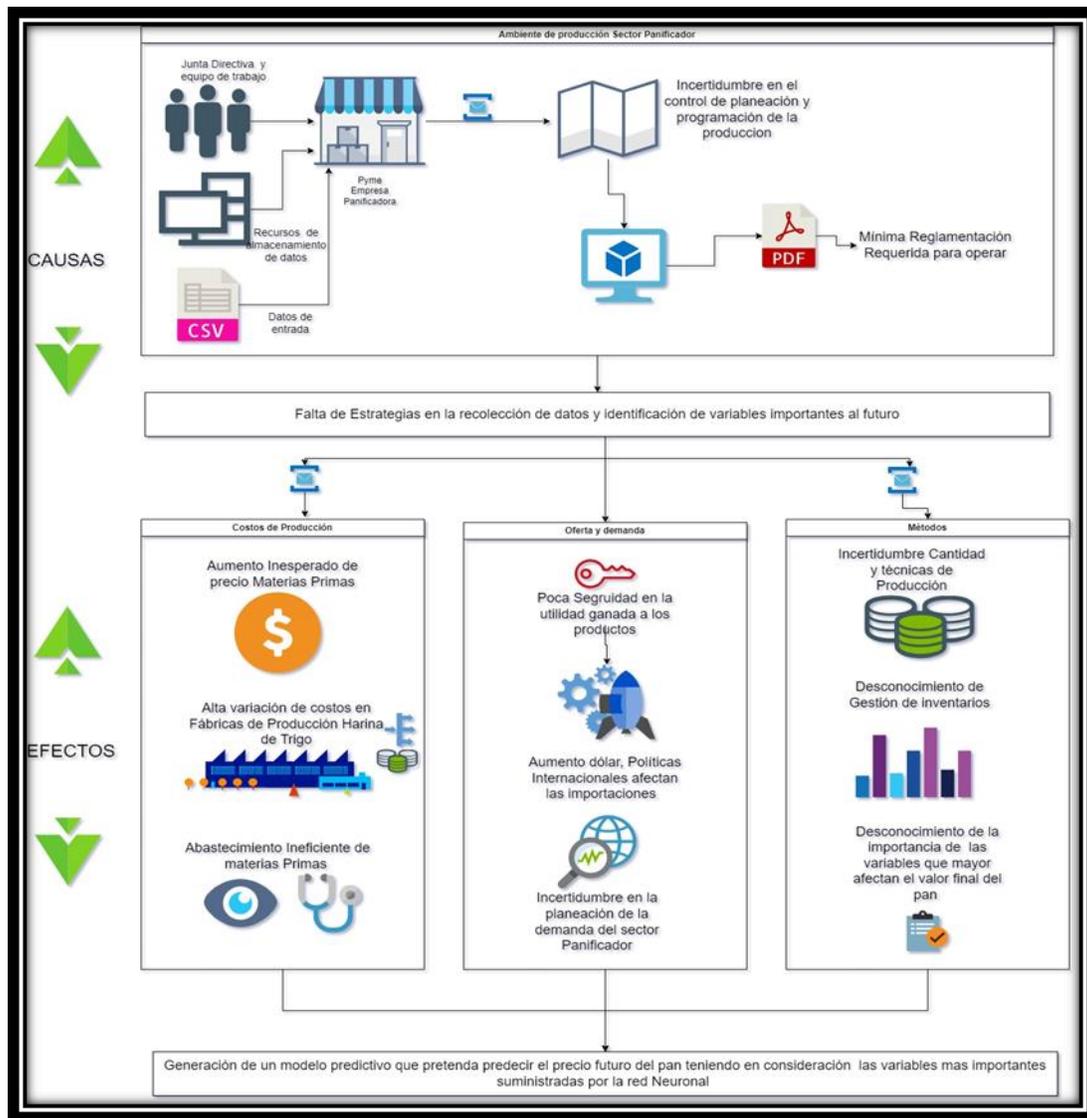
El investigador propone utilizar herramientas de pronósticos para planear y satisfacer la demanda en una pyme panificadora. Esto le permitiría prolongar las etapas de expansión y consolidación de la empresa, estandarizando el proceso de producción a través de formatos de control que recojan las variables cotidianas del modelo de negocio. En otras palabras, se busca implementar un enfoque más estructurado en la planificación y producción de la empresa panificadora, lo que a su vez puede llevar a una mayor rentabilidad en el mercado.

Para comprender la situación problemática, es importante visualizar el diagrama de árbol en la figura número 3 de abajo hacia arriba, donde se origina la problemática general de la incertidumbre en la planificación de la producción en el sector panificador. Esta

problemática está influenciada por tres variables mencionadas anteriormente, las cuales afectan las políticas de control de producción, inventarios y estrategias con los proveedores. Como resultado, se genera una ineficiencia en la planificación, se identifican tres causas generales: el costo de producción, la oferta o la demanda y los métodos utilizados.

Figura 3

Diagrama de árbol incertidumbre en el control de la planeación y programación de la producción



Nota. La figura 3 describe de forma desglosada las causas y los efectos que genera la incertidumbre en el control de la producción por ambientes que afectan el valor final del precio de pan para generar un modelo predictivo para el sector panificador.

2. ANTECEDENTES

Los primeros datos del sector panificador en el mundo datan del antiguo Egipto. Usado inicialmente como una ofrenda a los dioses, pero se caracterizaba por ser duro y debido a su cocción hacía que mantuviera una textura negra. Este se convierte en un alimento esencial, pero también en una forma de intercambiar los bienes y servicios, que en ese entonces se necesitaban como modo de economía. Así nacen los primeros panaderos, personas agricultoras de trigo que deseaban ofertar un producto diferente.

«La gran historia del pan comienza durante la prehistoria, al final de la era del Paleolítico Superior, 10.000 aC J-C. La cuna del pan está en Medio Oriente, donde el trigo blando ya se encuentra en la región de Jericó. A -8,000 aparecen las primeras huellas de la agricultura. La gran historia del pan está estrechamente vinculada a la evolución de las herramientas y al advenimiento de las civilizaciones mediterráneas. Los cereales que se utilizan son cebada, centeno o espelta. Los hombres muelen las semillas cosechadas entre dos piedras. Mezclado con agua, la papilla se come como está y más tarde, en forma de tortitas finas, cocidas bajo las cenizas o sobre piedras calientes.» [9]

En resumen, los datos sobre la producción de pan datan de la prehistoria, al final de la era del Paleolítico Superior, 10.000 a C J-C, en el Medio Oriente con los griegos, el trigo duro se convierte en blando, desde que deciden fermentar la masa para generar un color blanco y esponjoso en la región de Jericó. A -8,000.

Los antiguos egipcios contribuyeron a la evolución de la panificación mediante la creación de diversas técnicas, que involucraban la combinación de cereales con el fin de ampliar la oferta y satisfacer la necesidad de una alimentación más completa. Por otro lado, los romanos contribuyeron al desarrollo de la industria panificadora al introducir maquinaria especializada para la mezcla, fermentación y horneado del pan.

En la antigüedad, los ingredientes más comúnmente utilizados para hacer pan eran la cebada, el centeno y la espelta. De hecho, la búsqueda del pan se consideraba el propósito de la vida en la Biblia, ya que simbolizaba la unión en comunión. Con el transcurso del tiempo, el pan se popularizó y se convirtió en un alimento común en todas las clases sociales “El pan es recomendable para nuestro equilibrio dietético gracias a

su aporte de hidratos de carbono complejos, proteínas vegetales e incluso fibra dietética.” [10]

En Colombia no hay un dato fehaciente de la primera panificadora, sin embargo, existen datos sobre el primer productor de harina: Molinos del Boquerón, ubicada entre el cerro de Monserrate y el cerro de Guadalupe. Este usaba las aguas del río San Francisco para moler el grano y es la primera empresa que logró aumentar el precio final del pan en los años de 1.875 donde ocurrió el primer conflicto por el precio final del pan, llamado “Motin del pan”. [11]

Según este reportaje, en Colombia existía un monopolio que tendía a aumentar el costo de producción del pan en un 20% y prohibía la venta del pan de cuarto. En ese momento, las materias primas necesarias para la elaboración del pan eran fácilmente accesibles y el país, que todavía se llamaba "Estados Unidos de Colombia", estaba en desarrollo. Las formas de producción tradicional condicionaban todo el proceso productivo del pan y las pymes en Bogotá eran los principales clientes, con una gestión comercial logística local.

Debido al aumento de la oferta y demanda del pan aunado a la situación política y económica de la época, el presidente de ese entonces, Santiago Pérez, estableció un impuesto sobre la producción de trigo para financiar la construcción de redes de iluminación y alcantarillado en Bogotá. Este impuesto generó un costo adicional en el proceso de producción del pan, lo que resultó en un aumento en el precio que debía ser asumido por el consumidor. Esto causó protestas incluso antes de que se implementara el impuesto. [11]

El precio del pan en Colombia se había mantenido estable después del conflicto mencionado anteriormente. Sin embargo, en la actualidad, hay que tener en cuenta los nuevos acontecimientos como una coyuntura para el sector panificador, ya que, debido a diversas causas internacionales y cambios imprevistos en la economía, se está reviviendo un capítulo complicado para las panaderías, siendo las pymes las más afectadas.

2.1 Manual de requerimientos de materiales (MRP)

Es una herramienta que construye un sistema de gestión en la planeación de recursos, el cual busca encontrar nuevas estrategias en la toma de decisiones para la creación de un producto o servicio. Durante la Segunda Guerra Mundial, los ejércitos fueron los primeros en adoptar herramientas de ayuda para la planificación y toma de decisiones, ya que el uso de esta metodología les proporcionaba una ventaja estratégica, operativa y técnica sobre los ejércitos que no las utilizaban. Los beneficios de su aplicación se reflejaron en la entrega de suministros a los soldados en combate, la producción de armamento, la movilización de las tropas y, lo más importante, en la gestión de los recursos.

Al respecto Zambrano, J. en su trabajo de grado titulado “Propuesta de un modelo de inventario dependiente que beneficie a la industria panificadora”, destaca la necesidad de adoptar un MPR para mejorar la eficiencia de la producción basándose en la estimación de la oferta y la demanda. La producción de pan depende de la disponibilidad de otros artículos, por lo tanto, es importante implementar un MPR para optimizar los procesos de producción. [12]

Dicha investigación es útil tomarla en cuenta puesto que servirá de guía para el estudio, dado que el manejo de un sistema de inventarios dependiente ayuda a facilitar y optimizar los procesos de producción de las empresas del sector panificador.

2.2 Redes neurales artificiales para pronósticos (RNA)

Las redes neuronales tienen la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones complejos que pueden ser difíciles de identificar por otros métodos. Estas técnicas son altamente adaptables ya que pueden ser utilizadas en una amplia gama de problemas y tipos de datos. Una de las mayores ventajas de las redes neuronales es su habilidad para aprender automáticamente, a través del proceso de entrenamiento en el que se ajustan los pesos y conexiones de la red para reconocer patrones específicos. Esto permite a las redes neuronales predictivas adaptarse y mejorar su precisión con el tiempo, dicha habilidad las hace extremadamente valiosas para la construcción de modelos predictivos y la resolución de problemas complejos.

Al respecto los autores Afanador, M., et al., enfatizan en su trabajo de grado llamado "Diseño de un modelo de pronóstico de demanda basado en Machine Learning y un modelo multi-objetivo para planeación de la producción en una industria panificadora" la necesidad fundamental de que toda empresa manufacturera cuente con una planeación de producción y pronósticos de la demanda para poder llevar a cabo su actividad productiva de manera efectiva. [13]

Esta investigación sirve de referencia para el actual estudio pues da a conocer la importancia de contar con un aplicativo que integra los pronósticos de demanda y la planeación de la producción.

Existen diversas investigaciones que pretenden predecir el precio de los artículos o bienes y servicios esto con el fin de establecer el precio óptimo y pagar el precio adecuado del producto.

2.3 Redes neurales artificiales para predecir el precio de productos

Lucija Bukvić et al en el artículo Price Prediction and Classification of Used-Vehicles Using Supervised Machine Learning establece la comparación entre los constantes cambios en el mercado con la volatilidad de los precios en los vehículos, atrayendo la necesidad de los clientes y vendedores con establecer precios adecuados para los vehículos con el análisis de las características del vehículo ((1) año de producción del automóvil, (2) tipo de motor, (3) estado, (4) kilómetros recorridos, (5) caballos de fuerza, (6) número de puertas y (7) masa del automóvil [60].

En esta investigación el modelo de predicción seleccionado es la regresión lineal simple o comparado con la regresión múltiple y multivariada al ejecutar una comparación con el precio el año y el kilometraje recorrido es el modelo que mayor acierta en el error medio cuadrático esto es evidencia en la Grafica número 9 pero no se evidencia la cantidad de cualitativa del error medio cuadrático.

Fernando Villada propone una red neural de tipo recurrente la investigación Redes Neuronales Artificiales aplicadas a la predicción del precio del oro establece una serie temporal de tiempos de revistas de Londres para establecer una época bursátil de 22 días, esta red neural presenta unos indicadores de rendimiento $RMSE = 11.9432$, $MAPE$

= 0.7105 estos valores indican que la red neuronal tiene un rendimiento aceptable pero no óptimo en la predicción del precio de los productos. [30]

Pedro Hultiron Tierrablanca en Predicción de Precios de Productos Agrícolas Mediante Redes Neuronales Recurrentes presenta la caracterización de 3 productos Maiz, Soja, Trigo con una red neural recurrente Elman la cual pretende comparar el modelo Sarima con el modelo Elman por medio aplicar de ventanas para representar el error medio cuadrático por lotes y verificar el rendimiento de los modelos en Google Colab el fin de este modelo es multiplicar el DataFrame de entrada y sumado a la épocas establece que el 73 % de los productos predicen mejor con el modelo RNN elman. [61]

Por otro lado, Anthony Daniel Mora Saavedra propone una red neuronal Arima para establecer un pronóstico para el porcentaje del IPC en el Ecuador con unas épocas de 1 año además de usar variables precio en tonelada de productos, índice de precio de insumos, ingresos de petróleo entre otros para centrarse en comparar la capacidad predictiva de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) con modelos estadísticos tradicionales, como ARIMA y VAR, en el pronóstico del Índice de Precios al Consumidor (IPC) con una serie temporal de tiempos en período de 2000 a 2017, la red neuronal que pretende predecir el porcentaje del IPC presenta un buen rendimiento en la predicción del porcentaje del índice de precio al consumidor, con errores y desviaciones relativamente bajos en comparación con los valores reales con un valor bajo del 2.2225%. [62]

En conclusión, a partir de las investigaciones mencionadas, se consolida la afirmación de la necesidad de usar redes neuronales artificiales para la predicción de precios de productos estos estudios presentan resultados variados, pero en general demuestra un rendimiento aceptable al comparar modelos y aplicados en caso reales de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

En el sector manufacturero, la producción es una actividad clave para las empresas, debido a la gran cantidad de factores que intervienen en ella. La planificación de la producción supone un desafío para las mismas, ya que la falta de un plan sólido, confiable para gestionar y programar las órdenes de producción puede generar costos adicionales. En este sentido, los pronósticos de demanda son fundamentales para una buena planificación de la producción, ya que permiten alinear los recursos con las necesidades del mercado actual. Por esta razón, los productores necesitan cada vez más herramientas tecnológicas que les permitan realizar procesos de predicción y planificación sólidos, que se adapten a los detalles específicos de los procesos de producción y ventas.

Para el caso de estudio, se propone el modelo predictivo como estrategia principal para abordar la incertidumbre en los costos de producción de materias primas en la industria panificadora. La falta de consideración de variables críticas para la gestión de recursos podría conducir al cierre de las pymes panificadoras, por lo que es esencial controlar todas las variables de entrada, como inventarios, estándares de producción, desperdicios del proceso, así como la adquisición y almacenamiento de materias primas. De igual manera se deben controlar las variables de salida, como costos y gastos operativos, para favorecer la producción. Es urgente que las panificadoras adopten un modelo predictivo para prever el futuro precio del pan, al igual que planificar y aprovechar mejor sus recursos.

La variación anual del precio al consumidor (IPC) sobre el pan es preocupante, además de generar la poca posibilidad de adquisición de este producto, las materias primas que se necesitan también se encarecen, este indicador sube directamente proporcional al costo de compra del producto, y las pymes no están preparadas para asumir estos gastos. [6]

Figura 4

Variación del precio internacional por tonelada de trigo



Nota. La figura compara el precio internacional del trigo por Tonelada en el periodo 2019 al 2022, se detalla la línea punteada (pronostico) con respecto a la línea solida (datos reales del precio). Tomado de: Indexmundi. [En línea] Disponible: <https://acortar.link/0BceFt>. [Aceso: abril, 24, 2023].

De acuerdo con la información proporcionada en la figura número 4 extraída de Indexmundi, el valor de una tonelada de trigo ha aumentado en 700 millones durante el período comprendido entre 2019 y 2022. Este aumento ha llevado a las panificadoras a buscar nuevas estrategias para elaborar pan, tales como la utilización de diferentes tipos de cereales y la implementación de masas innovadoras. Dado que el trigo es el principal ingrediente para la producción del pan, el aumento en su costo ha tenido un impacto significativo en el precio final del producto.

En Colombia, el incremento del precio del trigo se ve influenciado por diversas dinámicas político-económicas, tales como la crisis de la cadena de suministro de contenedores, la apreciación del dólar y la situación de conflicto entre Rusia y Ucrania. Esto significa que las panificadoras deben llevar a cabo un análisis minucioso de sus proveedores y aliados estratégicos (UPSTREM) para determinar cuál es la tendencia futura de la volatilidad de precios para poder tomar decisiones informadas.

La empresa panificadora objeto de estudio requiere planificar estrategias de procesamiento que tomen en cuenta la variación de precios y el control en la adquisición de materias primas en el tiempo, sin comprometer sus ganancias. Para lograr esto, es necesario implementar un sistema de inventario que permita el seguimiento de los puntos de retorno de materia prima y así optimizar la gestión de la misma.

Las grandes panificadoras controlan cuidadosamente su nivel máximo de inventario influyendo en el precio del mercado mediante el control de sus propios campos de trigo y la implementación de empaques flexibles que mejoran la conservación del producto. Es por eso que las pymes panificadoras necesitan un modelo predictivo para predecir el precio futuro del pan y optimizar sus recursos para aumentar las utilidades. Esto se puede lograr mediante herramientas de análisis de pronósticos, como el aprendizaje automático y las redes neuronales, que permiten cuantificar la hipotética demanda como factor de salida, simular eventos de aprendizaje para enfrentar decisiones futuras y mantener la estabilidad de las pymes. La caracterización de datos y la identificación de la serie temporal de tiempo son importantes para enfocar los pronósticos de redes neuronales en estrategias que permitan la cercanía con la administración de recursos y adelantarse a los acontecimientos futuros que enfrentan constantemente las pymes panificadoras.

Esta propuesta tiene un enfoque que corresponde al perfil de un Ingeniero Industrial, ya que busca la gestión y optimización de procesos con el objetivo principal de lograr el desarrollo sostenible y la competitividad de las pymes panaderas como estrategia de crecimiento.

4. OBJETIVOS

Para el desarrollo de la investigación se expone el siguiente objetivo general acompañado de los objetivos específicos.

4.1 Objetivo general

Diseñar un modelo predictivo que permita pronosticar el precio del pan en el sector panificado utilizando lenguaje de programación Python.

4.2 Objetivos específicos

- Realizar la gestión del tratamiento de datos para seleccionar las variables de entrada del dataset sintético, cumpliendo con los requisitos de calidad de los datos.
- Construir la red neural para el procesamiento de los datos, de acuerdo a las correlaciones entre las variables.
- Validar la técnica de procesamiento de datos ajustando apropiadamente los requerimientos del problema planteado.

5. DELIMITACIÓN

El presente proyecto dará inicio a partir del análisis y creación de variables relevantes para la predicción de un modelo de negocio sobre el futuro precio del pan, tales como los precios de los ingredientes, la inflación, costos de precios de la materia prima, el costo de producción, costo de la mano de obra, entre otras, y concluirá con la construcción del modelo predictivo en una duración de 4.5 meses como base de un modelo de negocio del sector panificador.

6. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo desarrollar un modelo predictivo mediante redes neuronales artificiales (RNA) para detectar y examinar las variables que tienen mayor impacto en el costo final del pan, con el fin de reducir la incertidumbre en las prácticas de producción del sector panificador en Bogotá?

7. MARCO REFERENCIAL

Para llevar a cabo esta investigación es necesario presentar las principales ideas teóricas y prácticas de autores relevantes en la bibliografía, con información que respalde los datos de la investigación en diferentes áreas como la historia, la teoría y la normativa, entre otras.

7.1 Marco conceptual

El objetivo de este marco es guiar la investigación para presentar conceptos y teorías basados en la planificación de la producción, las redes neuronales, el MRP, el MPS, los niveles de planificación, la jerarquía de la producción, el pronóstico de la demanda, la eficiencia, la eficacia, la efectividad y la lotificación, aplicados a un modelo predictivo que fundamenta el proyecto y lo contextualiza.

7.1.1 Planificación y control de la producción

En la figura número 5 se relaciona el concepto de El control y la planificación de la producción es un proceso integral que engloba una serie de actividades diseñadas para mejorar la visibilidad y la eficiencia de los sistemas productivos. Esto se logra a través de la planificación, control de tareas y cronogramas que priorizan el cumplimiento de los requisitos de calidad y cantidad de las unidades producidas. Las empresas que mantienen un enfoque disciplinado y ordenado en su producción pueden analizar las tendencias y la incertidumbre, lo que les permite mejorar la gestión del inventario, establecer puntos de reorden y gestionar las cantidades solicitadas por la producción, basándose en datos recopilados diariamente acerca de las situaciones que afectan la producción.

Figura 5

Definición de planificación y control de la producción

Autor	Título	Aporte del Autor	Año publicación
S. Chapman	Planificación y control de la producción	“Control de la actividad de producción (CAP) se ocupa de fiscalizar el orden de prioridad	2006

		con el que se desarrollan las actividades y une los conceptos de planeación con el control de la producción.” [14]	
R. Garza y C. González	Modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro	«El proceso de planificación incluye los pronósticos de ventas y pedidos con ello la planificación de la producción o la correspondencia de las futuras demandas del cliente. En este proceso se trazan los objetivos de desarrollo y producción de productos que son demandados por los clientes, minimizando el flujo de materia prima, productos terminados, materiales de empaque, dinero e información en cada ciclo del producto. Decidir cuánto, qué y cómo producir para satisfacer las demandas de los clientes es una tarea ardua y particularmente compleja, en la cual se balancea, todos los recursos necesarios: humanos, materiales, financieros e informáticos para cumplir la misión de la organización». [15]	2004
G Barcelli-Gómez	Gestión, planificación y control de la producción	“La planificación y control de la producción comprende los procedimientos y la información que se utiliza para lograr que	2017

		<p>funcione eficaz y eficientemente el sistema productivo y sus procesos de transformación.</p> <p>La planificación y control de producción puede estructurarse con un enfoque jerárquico, basado en los diferentes niveles de tiempo” [16]</p>	
G. Welsch, R. Hilton, P. Gordon	Presupuesto Planificación y Control	<p>«Las cinco funciones de la gestión de recursos constituyen el proceso administrativo, pues son ejercidas en forma coincidente y continua al administrar una empresa. El proceso administrativo se vale de enlaces y de la retroalimentación. Por ejemplo, la planificación debe preceder la actividad de organizar, y el controlar debe seguir las demás funciones. Por tal motivo, el proceso administrativo se representa en 1. Planear, 2. Controlar 3. Dotar al personal de los recursos necesarios 4. Dirección e influencia interpersonal 5. Controlar los enlaces secuenciales que van desde la planificación al control y a la continua retroalimentación desde las funciones 2, 3, 4 y 5</p>	2005

		hacia la planificación. Es esencial la continua retroalimentación para mejorar el desempeño y para la replanificación» [17]	
--	--	---	--

Nota. Definición del concepto de planificación y control de la producción según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 5 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.2 Redes Neuronales Artificiales (RNA)

En la figura numero 6 es necesario considerar la aplicación del aprendizaje automático por los autores en los sistemas productivos para procesar grandes volúmenes de datos de manera similar a la red neuronal humana. En este sentido, un conjunto de redes neuronales puede aprender y adaptarse en función del algoritmo a las condiciones específicas de entrada y salida del producto, con el objetivo de reconocer tendencias y patrones de distribución de datos en el sistema.

Figura 6

Definición de Red Neuronal Artificial (RNA)

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
F. Villada, N. Muñoz y E. García	Redes Neuronales Artificiales aplicadas a la predicción del precio del oro	“Las redes neuronales artificiales (RNA) son sistemas de aprendizaje inspirados en el funcionamiento del cerebro humano. De esta forma simulan e imitan sistemas permitiendo establecer relaciones no lineales entre las variables de entrada y salida” [18]	2016

A. Nacelle	Redes neuronales artificiales	“Son redes de neuronas que procesan información basadas en las redes neuronales biológicas capaz de resolver funciones altamente no lineales que corresponden a sistemas cuyo comportamiento puede ser complejo y frecuentemente impredecibles o caóticos generalmente difíciles (o imposibles) de modelar.” [19]	2009
W. Rivas, B. Manzón y F. Mejías	Redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones	“Las redes neuronales aplican modelos de campos tan diversos como el diseño de análisis de series temporales y reconocimiento de patrones, procesamientos o señales y control en virtud de una prioridad importante” [20]	2017
C. Lozada, N. Acosta, D. Paredes y G. Vique	Predicción de demanda eléctrica utilizando redes neuronales artificiales para un sistema de distribución de energía eléctrica	«Para realizar el proceso de entrenamiento se debe seleccionar de forma adecuada el tamaño del vector de entrada, el cual contiene los datos seleccionados previamente para este proceso. El tamaño del vector de entrada debe contener un patrón que marque una tendencia en el tiempo; asimismo, se debe contar con un vector de salida u objetivo que corresponde a la salida deseada de datos de entrenamiento.» [21]	2022

W. Rivas, B. Mazón y F. Mejía.	Redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones	“El perceptrón multicapa o MLP (Multi-Layer Perceptron) se suele entrenar por medio de un algoritmo de retro propagación de errores o BP (Back Propagation) de ahí que dicha arquitectura se conozca también bajo el nombre de red de -retro propagación.” [20]	2017
--------------------------------	---	---	------

Nota. Definición de Red Neuronal Artificial (RNA) según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 6 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.3 Manual de requerimiento de materiales (MRP)

En la tabla número 7 se relaciona el MRP es una herramienta de organización sistemática que se centra en la gestión eficiente de los recursos. La principal característica de este sistema es la construcción de un manual de requerimiento de materiales que detalla las tareas necesarias para la producción. Esto permite que las actividades de producción sean más sencillas y jerárquicas, lo que facilita su implementación con el apoyo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

En general, el MRP es crucial para optimizar procesos, mejorar la calidad de los productos y servicios ofrecidos por las empresas. Además, subrayan la importancia de implementar y utilizar adecuadamente las tecnologías de la información para mejorar la eficiencia y competitividad en la cadena de suministro.

Figura 7

Manual de requerimientos de materiales (MRP)

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
D. Erlenkotter	Ford Whitman Harris and the	«One of the memorials to Harris written after his death concluded	1990

	Economic Order Quantity Model	with these words: Many local patent lawyers obtained their start under his kindly advice and training. His kindness and adherence to principles will long remain an inspiration to all who knew him. Although we may remember Ford Whitman Harris primarily for his contribution of the EOQ model, his life has a significance and meaning for us that extends far beyond this single accomplishment. » [22]	
X. Canaleta	Estudio desde el punto de vista de teoría de sistemas del modelo de Wilson para la gestión de inventarios	<p>«Modelo de Wilson Derivado del autor anterior</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La demanda del producto es constante, uniforme y conocida. 2. El tiempo transcurrido desde la solicitud hasta su recepción (plazo de entrega) es constante. 3. El precio de cada unidad de producto es constante e independiente del nivel de inventario y del tamaño del pedido. 4. El coste de almacenamiento depende del nivel medio de existencias. 5. Las entradas en el almacén se realizan por lotes o pedidos de tamaño constante y el coste de realización de cada pedido es 	2018

		<p>también constante e independiente de su tamaño.</p> <p>6. No se permiten rupturas de stock.</p> <p>7. El bien almacenado es un producto individual que no tiene relación con otros productos.» [23]</p>	
J. Delgado y F. Marín.	<p>Evolución en los sistemas de gestión empresarial.</p> <p>Del MRP al ERP</p>	<p>“MRP 1 Entre las principales aportaciones derivadas del uso de sistemas MRP cabe destacar: la unificación de la información para diferentes áreas de la empresa. Por ejemplo, el establecimiento de un fichero maestro de artículos puede eliminar las redundancias y contradicciones en la información.” [24]</p>	2000
J. Rivera, E. Ortega y J. Pereyra	<p>Diseño e implementación del sistema MRP en las pymes</p>	<p>«En el contexto actual, la calidad de los bienes y servicios ofrecidos es un factor fundamental, lo que significa mejorar los procesos que forman parte de la cadena de valor de la empresa, MRP proporciona soluciones para lograr este propósito y con una implementación adecuada puede llegar a convertirse en fuente de ventaja competitiva y sostenible en el tiempo.</p> <p>A Plan maestro de producción B Lista de materiales (BOM) C Registros de inventario» [25]</p>	2014

D Alviso	MRP II Evolución y Desarrollo	«Debemos convenir que cualquier sistema MRP II realiza una simulación respecto a acontecimientos futuros; es la extensión de estas posibilidades como las decisiones para una etapa de producción (que fabricar, en qué cantidad y cuándo) están coordinadas con las decisiones para otras etapas, es natural extender el alcancé de MRP II para incluir planeación de capacidad, control de piso de máquinas y compras.» [26]	2005
A. Correa y R. Gómez	Tecnologías de la información en la cadena de suministros	“A partir del análisis de los estudios e informes descritos en este artículo, se identificó un bajo grado de implementación de las TIC’s en las PYMES y un alto uso por parte de las grandes empresas y operadores logísticos, los cuales cuentan con gran capacidad de inversión y una estructura organizacional que facilita la implementación de estas tecnologías.”.[27]	2009

Nota. Manual de requerimientos de materiales (MRM) según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 7 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.4 Plan maestro de producción (MPS)

En la tabla número 8 se ataren las investigaciones del Programa Maestro de Producción como un documento formal que incluye un plan estratégico detallado para convertir los

requerimientos en materiales, que considera aspectos específicos de la producción, la materia prima, los niveles de inventario, el almacenamiento y la mano de obra. Esto proporciona una visión general del Plan Maestro de Producción (MPS) en la gestión de la producción y las operaciones. En general, los autores destacan la importancia del MPS para administrar la producción de manera efectiva y eficiente en términos de tiempo, recursos y capacidad limitada.

Figura 8

Plan Maestro de Producción (MPS)

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
N. Villalobos, O. Chamarro y T. Fontaivo	Gestión de la Producción y Operaciones	«El MPS formaliza el Plan de Producción y lo convierte en requerimientos específicos de materias primas y capacidad. Entonces evalúa las necesidades de mano de obra, materia prima y equipo para cada trabajo. Por esto, el plan agregado maneja la producción entera con el sistema de inventarios estableciendo metas de producción específicas y respondiendo a la retroalimentación de todo el flujo de operaciones.» [28]	2011
N. Gaither & G. Frazier	Administración de producción y operaciones	«Los MPS se puede considerar como dividido en cuatro secciones, cada una de ellas separado por un tiempo al que se conoce como “congelado” la parte subsecuente, de las siguientes semanas se conoce como “en firme”;	2000

		<p>la siguiente de unas cuantas semanas, se conoce como compleja y la última parte también de pocas semanas, como “abierto”, Congelada significa que esta primera parte del programa maestro de producción no puede modificarse excepto bajo circunstancias extraordinarias y solo con autorización de los niveles más elevados de la organización -en firme- significa que puede haber cambios en esta sección pero solo en situaciones excepcionales -completa- significa que se ha asignado a los pedidos toda la capacidad de producción disponible -abierta- significa que no se ha asignado toda la capacidad de producción y en esta sección se acomoda a la programación de nuevos pedidos » [29]</p>	
R. Chase & J. Roberts	Administración de operaciones	<p>«Todos los sistemas de producción tienen capacidad y recursos limitados. Esto plantea un trabajo difícil para el programador maestro. Aunque el plan total proporciona un marco general operativo, el programador tiene que especificar exactamente qué se va a producir. Estas decisiones se toman al tiempo que se reacciona a las presiones de diversas áreas funcionales, como el departamento de</p>	2009

		ventas (cumplir el plazo prometido al cliente), finanzas (reducir al mínimo el inventario), administración (maximizar la productividad y el servicio a clientes, minimizar las necesidades de recursos) y manufactura (tener programas uniformes y minimizar los tiempos de preparación).» [30]	
--	--	---	--

Nota. Plan Maestro de Producción (MPS) según varios autores, relacionados con la investigación.

En la Figura número 8 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.5 Niveles de planeación

En la figura número 9 se evidencia la planeación es un proceso de toma de decisiones que tiene como objetivo alcanzar un futuro deseado. La planeación estratégica, por su parte, es un proceso que involucra a toda la organización y se enfoca en alcanzar los objetivos de largo plazo del nivel organizacional, siendo responsabilidad de la alta gerencia. Varias investigaciones han concluido que las pymes que utilizan la planeación estratégica tienen un mejor desempeño que aquellas que no lo hacen. No obstante, también hay empresas que no presentan una relación clara entre el uso de la planeación estratégica y el desempeño, lo que puede deberse a diversos factores, como modelos, herramientas utilizadas, tamaño y actividad de la empresa, entre otros.

Figura 9

Definición de niveles de planeación

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
I. Chiavenato	Planeación estratégica.	«Planeación estratégica: Es la más amplia y abarca a la organización entera. Sus características son:	2021

	Fundamentos y aplicaciones	<p>Horizonte de tiempo: proyección a largo plazo, incluyendo consecuencias y efectos que duran varios años.</p> <p>Alcance: comprende la organización como un todo, todos sus recursos y áreas de actividad, se preocupa por alcanzar los objetivos del nivel organizacional.</p> <p>Definición: está en manos de la alta gerencia de la organización (en el nivel institucional) y corresponde al plan mayor, al que se subordinan todos los demás planes.» [31]</p>	
M. Moreta	Planeación estratégica en pymes: limitaciones, objetivos y estrategias	<p>“Varias investigaciones concluyen que las PYMES que utilizan la planeación estratégica tienen un mejor desempeño que aquellas que no lo hacen. Sin embargo, existe un número representativo de empresas que no presentan tal relación, debido al uso de diferentes modelos y herramientas, así como tamaño y actividad. “[32]</p>	2018
A. Serrano	Aproximaciones teóricas a la planeación estratégica y la contabilidad gerencial como elementos	<p>“La hipótesis según la cual sostenibilidad y crecimiento en las pymes está afectado por la planeación en la gestión administrativa. De esta manera, se hace necesario la revisión del concepto de planeación estratégica y</p>	2019

	clave en la gestión de las pymes en Colombia	la influencia positiva que esta puede generar, desde un enfoque tanto contable como administrativo". [33]	
--	--	---	--

Nota. Definiciones de niveles de planeación según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 9 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

En la figura número 10 se presenta la jerarquía de producción se compone de diferentes niveles de decisión, por lo que es importante que el sistema de información que soporte estas decisiones sea flexible y adaptable a diferentes situaciones y entornos. Para lograr esto, se recomienda un enfoque jerárquico que permita una construcción con ajuste rápido del modelo para lograr una toma de decisiones más ágil y eficiente.

En relación a la Holocracia, se trata de un modelo de organización que se enfoca en el propósito de la empresa, establece roles de forma clara y definida. Esto podría aplicarse en la jerarquía de producción para lograr una mayor sinergia y eficiencia en las decisiones tomadas en el sistema de producción, al evitar la dependencia de un único individuo y delegar la toma de decisiones en diferentes roles y niveles.

Figura 10

Jerarquía de la producción (PJP) y Holocracia

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
A. García et al.	Los Modelos Matemáticos y el Sistema de Información para Planificación	«El sistema de ayuda a la toma de decisiones debe ser dinámico y adecuarse a los distintos problemas y entornos de decisión, por ello, es en la parte de ingeniería, donde se incluyen los elementos necesarios para la definición, en un entorno	2005

	Jerárquica de la Producción	concreto, de la jerarquía de decisión. Esto conlleva a que, si se pretende tener un sistema de información de ayuda a la toma de decisiones (PJP) que sea flexible para poder adecuarse rápidamente a los cambios, es necesario facilitar la tarea de construcción y adecuación del modelo jerárquico.» [34]	
J. Osorio et al	Planificación jerárquica de la producción en un job shop flexible	“Reconoce que en el sistema de gestión la producción organiza diferentes niveles u horizontes con problemas de decisión particulares, con una gestión en el manejo agregado del tiempo y de los datos de las entidades identificables, y con la exigencia fundamental de lograr sinergia entre las diferentes decisiones que se toman en tal sistema” [35]	2008
O. Boiteux, A. Corominas y A. Lusa	Estado del arte sobre planificación agregada de la producción	“La jerarquía de los planes en la función productiva se inicia con la planificación estratégica o largo plazo, con un horizonte temporal superior al año. En este nivel se determina la capacidad instalada (instalaciones, proveedores, procesos productivos, etc.), que se convierte en restricción para los planes de orden inferior.” [36]	2007

B. Robertson	Holocracia	“La Holocracia se centra en la organización y/o su propósito, no es las personas y sus deseos o necesidades”.[37]	2015
--------------	------------	---	------

Nota. Definiciones de jerarquía de producción (PJP) según varios autores, relacionados con la investigación

En la Figura número 10 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.6 Pronósticos de la demanda

En la figura 11 se relacionan los terminaos del pronóstico de la demanda como una técnica que permite predecir el comportamiento futuro de una variable de entrada, con el objetivo de brindar una imagen hipotética de dicha variable. Es un proceso esencial en la planificación empresarial, ya que permite estimar las ventas futuras, ajustar la producción, los niveles de inventario, planificar la capacidad y los recursos necesarios para satisfacer la demanda prevista. Los autores señalan que existen diferentes métodos para realizar el pronóstico de la demanda, desde métodos cuantitativos basados en el análisis estadístico hasta métodos cualitativos basados en la opinión de expertos o la información de mercado.

Figura 11

Pronósticos de la demanda

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
S. Solórzano	Técnicas de pronósticos de la demanda para los negocios ferreteros del	“Las técnicas de pronóstico de demanda son herramientas que pueden influir de manera significativa en el crecimiento de los negocios, ya que estas aportan una forma lógica y planificada de administrar los inventarios para	2022

	la libertad	sacar el mayor provecho de ellos, Con el busca hacer estimaciones futuras sobre el comportamiento de alguna variable” [38]	
J. Hanke & D. Wichern	Pronósticos en los negocios	«¿En vista de las imprecisiones inherentes al proceso, por qué es necesario pronosticar? La respuesta es que todas las organizaciones operan en una atmósfera de incertidumbre y que, a pesar de este hecho, se deben tomar decisiones que afectan el futuro de una organización. Para los gerentes de organizaciones, las conjeturas académicas son más valiosas que las no académicas. Este libro expone varias formas de realizar pronósticos, que se basan en métodos lógicos de manipulación de datos que se generaron por sucesos históricos» [39]	2006
M. Salazar	Pronósticos de demanda por medio de redes neuronales artificiales	“La utilización de redes neuronales artificiales para pronósticos de serie de tiempos es relativamente nuevo en literatura, sin embargo, lo positivo de los resultados en las aplicaciones prácticas la convierten en un área prometedora.” [40]	2007
D. Buissonneau	Pronóstico de Demanda	“Los pronósticos son una herramienta que permite modelar las	2021

J. Mosquera y J. Gómez	para la empresa Parisino S.A.S	El	diferentes necesidades que se tienen dentro de la cadena de suministro, abarcando las materias primas para producción, así como también las necesidades de los clientes finales. Es importante contar con pronósticos en las compañías para reducir el riesgo y el rasgo de incertidumbre de lo que pueda suceder” [41]	
------------------------	--------------------------------	----	---	--

Nota. Pronóstico de la demanda según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 11 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.7 Eficiencia, eficacia y efectividad

En la tabla número 12 se relacionan los términos eficiencia, eficacia y efectividad son fundamentales para la evaluación y medición de resultados en diversos proyectos y sectores económicos. La eficiencia se refiere a la optimización de recursos para alcanzar un objetivo específico, mientras que la eficacia se enfoca en lograr los objetivos establecidos de manera precisa y adecuada. Por otro lado, la efectividad se relaciona con el alcance de los objetivos de manera completa y satisfactoria para todas las partes involucradas.

La efectividad se convierte en un ahorro en la gestión de los recursos, lo que sugiere la importancia de la estrategia de procesos en la consecución de los estándares, necesidades y expectativas del cliente. En este sentido, es crucial que los índices de medición sean claros y precisos, de modo que se puedan evaluar los resultados obtenidos y se puedan tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia, eficacia y efectividad de los procesos.

Figura 12*Definiciones de eficiencia, eficacia y efectividad*

Autor	Título	Aporte del autor	Año Publicación
A. Suárez	Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud	“Como se aprecia, en el idioma español el término eficiencia expresa el poder lograr un efecto, una consecuencia, lo cual también puede interpretarse como alcanzar un propósito. Por lo tanto, cuando alguien o una organización se propone conseguir un efecto y lo consigue, ha sido eficiente”. [42]	2000
		“Por su parte, la eficacia es la fuerza para poder obrar, es decir, disponer de la capacidad ejecutiva necesaria para poder hacer algo. Por lo tanto, si alguien o una organización dispone de los recursos para hacer algo que se propone o necesita y además posee la capacidad de usarlos en función de ese propósito organizacional”. [42]	
		«Por último, el término más complicado de resumir es efectividad, que es calidad de efectivo y el término efectivo tiene seis acepciones principales y tres	

		<p>complementarias; de ellas, la que más se ajusta a la intención de este trabajo es la siguiente: "Real y verdadero, en oposición a lo quimérico, dudoso o nominal". Por lo tanto, si alguien o una organización hace cosas que conduzcan a un efecto o una consecuencia real, verdadera y que no deja lugar a dudas, ha demostrado efectividad.» [42]</p>	
G. Quintero et al.	Aspectos teóricos sobre eficacia, efectividad y eficiencia en los servicios de salud	<p>«El análisis de la eficiencia en la planeación constituye un instrumento valioso al que deben acceder los gestores en salud para lograr impacto al convertir óptimamente recursos en resultados de un modo efectivo, buscando el mejor balance entre calidad y eficiencia, promoviendo la incorporación de nuevas técnicas empresariales en su gestión. Ser eficientes significa gastar mejor, y no menos, y que para lograr un sistema eficiente hay que evaluar, de manera continuada, los diferentes componentes del sistema sanitario.» [43]</p>	2017

<p>Y. Lagos, J. Montilla y K. Uparela</p>	<p>Eficiencia, eficacia y efectividad en los proyectos</p>	<p>«En este sentido es importante considerar la eficiencia, la eficacia y la efectividad como factores fundamentales que influyen de manera directa para que un proyecto pueda ser exitoso. En efecto, al ser un proyecto efectivo se logran los resultados esperados con los mejores medios posibles, es decir, que se utilizan menos recursos para lograr un objetivo, o por el contrario se logran más objetivos con los mismos recursos, por tal motivo, al minimizar recursos y conseguir el resultado esperado un proyecto logra ser eficaz, debido a que se logra el éxito que se desea sin privar de alguna forma los recursos empleados para este.»</p> <p>[44]</p>	<p>2020</p>
---	--	--	-------------

Nota. Definiciones de eficiencia, eficacia y efectividad según varios autores, relacionados con la investigación.

En la Figura número 12 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.8 Lotificación (modelos determinísticos, aplicado a MPS)

Los modelos de lotificación son utilizados en procesos de producción en los cuales los pronósticos cambian en tiempo y cantidad de pedido generado, lo que puede resultar en problemas para calcular la cantidad óptima de pedido y materia prima requerida para la

producción. Para abordar esta situación, los modelos de lotificación van cambiando según el número de pedidos para mantener un stock suficiente, lo que es fundamental en los sistemas productivos y la planificación de la producción.

En resumen, los modelos de lotificación presentados en la tabla 9 son fundamentales en la planificación de la producción, esta aplicación requiere una comprensión adecuada de los diferentes enfoques y técnicas disponibles. Por lo tanto, es importante tener en cuenta las diversas contribuciones de los autores en este campo para lograr una coherencia y cohesión adecuadas en la aplicación de estos modelos en situaciones reales de producción.

Figura 13

Lotificación (modelos determinísticos, aplicado a MPS)

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
C. Talens	Modelos de planificación de la producción multinivel con lotes	«También se han presentado algoritmos heurísticos aplicables a problemas de lotificación complejos, como es el caso del problema con múltiples niveles y capacidad limitada Estas técnicas se pueden agrupar en: -1 Descomposición basada en Lagrange (Tempelmeier and Derstroff -2 Modificación del coeficiente Katok- proponen una heurística de dos etapas, donde la modificación del coeficiente se utiliza para encontrar una solución inicial y en la segunda	2017

		etapa se trata de mejorar la solución inicial.» [45]	
C. Serna	Desarrollo de modelos de programación matemática fuzzy para la planificación de la producción en contextos de incertidumbre. un caso aplicado a la industria automotriz	«En el enfoque dado por Graves, los costos de la fuerza de trabajo son agregados al modelo, de igualdad en los gastos, por contratar y despedir trabajadores; aspectos que no están definidos en los otros dos modelos. Los costos de preparación por su parte sólo se definen en los modelos Shapiro y Pochet y los tres incluyen funciones objetivas a los costos de inventario. En los sistemas Pochet y Shapiro se tienen definidas restricciones para las limitaciones de capacidad, sin embargo, en enfoque de Graves genera aspectos que puede ser fácilmente incluidos. Si bien los tres modelos multiproducto, en Graves sólo se consideran productos finales con demanda independiente contrario a los modelos de Shapiro y Pochet en los cuales se parte de una lista de materiales para definir las restricciones en la	2009

		demanda interna de los productos.» [46]	
J. Castillo	Marco Histórico Para La Aplicación de MRP en las Industrias	«La técnica usada para determinar el tamaño de lote es un determinado componente, material o insumo, que tenga un menor costo total. el uso de sistemas de loteo o comparación de otras técnicas, no garantiza la viabilidad, ya que, en una situación real, además del costo total se debe tener en cuenta otras variables tales como la capacidad del proveedor para abastecer el componente, así como, la vida útil del material a solicitar, por ejemplo, para alimentos perecederos se recomienda usar la técnica de lote por lote (LxL) ya que así sólo se solicitaría lo que se necesita y evitaría tener este insumo en almacén por un largo tiempo.»[47]	2020
S, Estellés	Definición, métodos de estimación y efectos de las desviaciones en el punto	«Según Baganha et al. (1996) cuando la demanda sigue una distribución geométrica, los -undershoots- también siguen la misma distribución con la misma media y varianza. La oscilación	2010

	de pedido en políticas de gestión de inventarios	de la distribución de los - undershoots-cambia con los parámetros de la distribución de la demanda. Además, según los autores los errores en el cálculo del undershoot son mayores, si los tamaños de lotes son mayores» [48].	
--	--	--	--

Nota. Lotificación (modelos determinísticos, aplicado a MPS) según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 13 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.9 Modelos predictivos

Es importante poseer una comprensión adecuada del negocio y del problema antes de comenzar a construir un modelo predictivo. También hacen hincapié en la necesidad de disponer de datos limpios y preparados para su uso. Proponen una metodología específica para la elección y ajuste de modelos predictivos, empleando técnicas como validación cruzada, búsqueda de hiperparámetros o selección de características. En la tabla número 10, enfatizan la importancia de seleccionar modelos que sean lo suficientemente complejos para capturar la estructura de los datos, pero no demasiado complejos para evitar el sobreajuste y la falta de generalización. Los autores sugieren que la creación exitosa de un modelo predictivo requiere un enfoque sistemático y una comprensión profunda del problema en cuestión.

Figura 14

Modelos predictivos

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
E. Siegel	Predictive Analytics	"La clave para comenzar bien con la analítica predictiva es	2020

		tener una pregunta clara que el modelo pueda responder, junto con una comprensión detallada del contexto y las limitaciones del problema en cuestión". [49]	
E. Provost & T. Fawcett	Data Science for Business	"Los datos son la materia prima del análisis predictivo, y es crucial asegurarse de que estén limpios y listos para su uso antes de comenzar a construir un modelo. Para hacer esto, es necesario tener una buena comprensión del negocio y del problema en cuestión".[50]	2020
M. Kuhn & K. Johnson	Applied Predictive Modeling	"La metodología presentada en este libro se basa en un proceso iterativo de selección de características, ajuste de modelos y evaluación del rendimiento utilizando técnicas de validación cruzada y búsqueda de hiperparámetros. Este enfoque se basa en la premisa de que un modelo predictivo efectivo es el resultado de un proceso sistemático de ajuste y evaluación de múltiples modelos". [51]	2013

K. Murphy	Machine Learning	"Elige modelos que sean lo suficientemente complejos para capturar la estructura de los datos, pero no demasiado complejos para evitar el sobreajuste y la falta de generalización. El sobreajuste puede ocurrir cuando un modelo se ajusta demasiado bien a los datos de entrenamiento y pierde la capacidad de generalizar a nuevos datos" [52]	2020
-----------	------------------	---	------

Nota. Modelos predictivos según varios autores, relacionados con la investigación.

En la tabla número 14 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico.

7.1.10 Tipo de redes neuronales

Las redes neuronales mencionadas en la tabla 11 caracterizan las RNN en densas son el tipo más sencillo de red neuronal, en las que cada unidad de una capa está conectada a todas las unidades de la capa anterior. Estas redes son altamente efectivas, ya que cada capa puede aprender representaciones más abstractas y complejas de los datos de entrada. Esto permite que la red aprenda tareas desafiantes como clasificación de imágenes o reconocimiento de voz. Los autores también resaltan que las redes neuronales con capas densas y múltiples, conocidas como redes neuronales convolucionales o recurrentes, son muy útiles para procesar señales y datos de alta dimensión. Estas redes han demostrado ser especialmente beneficiosas para el procesamiento de datos complejos.

Figura 15*Tipos de redes neuronales*

Autor	Título	Aporte del Autor	Año Publicación
I Goodfellow, Y. Bengio, & A. Courville.	Deep learning	«En una red neuronal densa, todas las unidades en una capa están conectadas a todas las unidades en la capa anterior. Esta estructura de capas densas es el tipo más simple de red neuronal y puede ser muy poderosa. Cuando se usan muchas capas, cada capa de la red puede aprender una representación más abstracta y compleja de los datos de entrada, lo que permite que la red aprenda tareas difíciles como la clasificación de imágenes o el reconocimiento de voz.»[53]	2016
Y. LeCun, Y. Bengio & G. Hinton	Deep learning. Nature	«Las redes neuronales profundas con capas densas y múltiples niveles de procesamiento, también conocidas como redes neuronales convolucionales y redes neuronales recurrentes, han demostrado ser particularmente efectivas para el procesamiento de señales y datos de alta dimensión. Las redes neuronales	2015

		convolucionales se utilizan comúnmente para tareas de visión por computadora, mientras que las redes neuronales recurrentes se utilizan para tareas de procesamiento del lenguaje natural y de secuencias de tiempo». [54]	
K. He et al.	Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition	«Las redes neuronales profundas con capas densas son muy efectivas en el aprendizaje de características de alto nivel de los datos de entrada. Sin embargo, a medida que se agregan más capas, se vuelven más difíciles de entrenar debido a la degradación del gradiente. Para abordar este problema, proponemos el uso de bloques residuales que permiten a la información fluir directamente a través de la red sin degradarse, lo que facilita la optimización de redes neuronales profundas con capas densas». [55]	2016

Nota. Tipos de redes neuronales según varios autores, relacionados con la investigación.

En la figura número 15 se relacionan los autores de la investigación relevantes para los cuales serán mencionados en profundidad en el marco teórico

8. MARCO TEÓRICO

El siguiente Marco teórico pretende explicar de forma desglosada cada cita del anterior marco con fin de brindar un hilo conductor de escuelas de pensamiento, corrientes teóricas, conceptos, términos y estructuras sobre la planeación de la producción enfocado en la gestión de recursos.

8.1 Planeación y control de la producción

Stephen Chapman sostiene que la planificación y control de la producción es un sistema integrado de gestión de recursos cuyo principal propósito es ordenar las actividades de producción de manera prioritaria. Este sistema propone metodologías para determinar la productividad en la construcción del producto o servicio. Para implementar un sistema de control de actividades de producción (CAP), es esencial contar con una planificación adecuada del proceso, lo que implica que son sistemas distintos pero complementarios que benefician los objetivos de la organización al establecer la prioridad de las actividades que conducen al éxito mediante la planificación de recursos y el control detallado de las actividades apoyados en indicadores de gestión. [14]

Para R. Garza y C. González la planificación de la producción “es una actividad que permite la optimización de las operaciones de producción y distribución, satisfacer la mayoría de los pedidos de los clientes en el tiempo requerido y a un costo más bajo. La aplicación de las técnicas matemáticas en este proceso garantiza una toma de decisiones más rápida y eficiente.” [15]

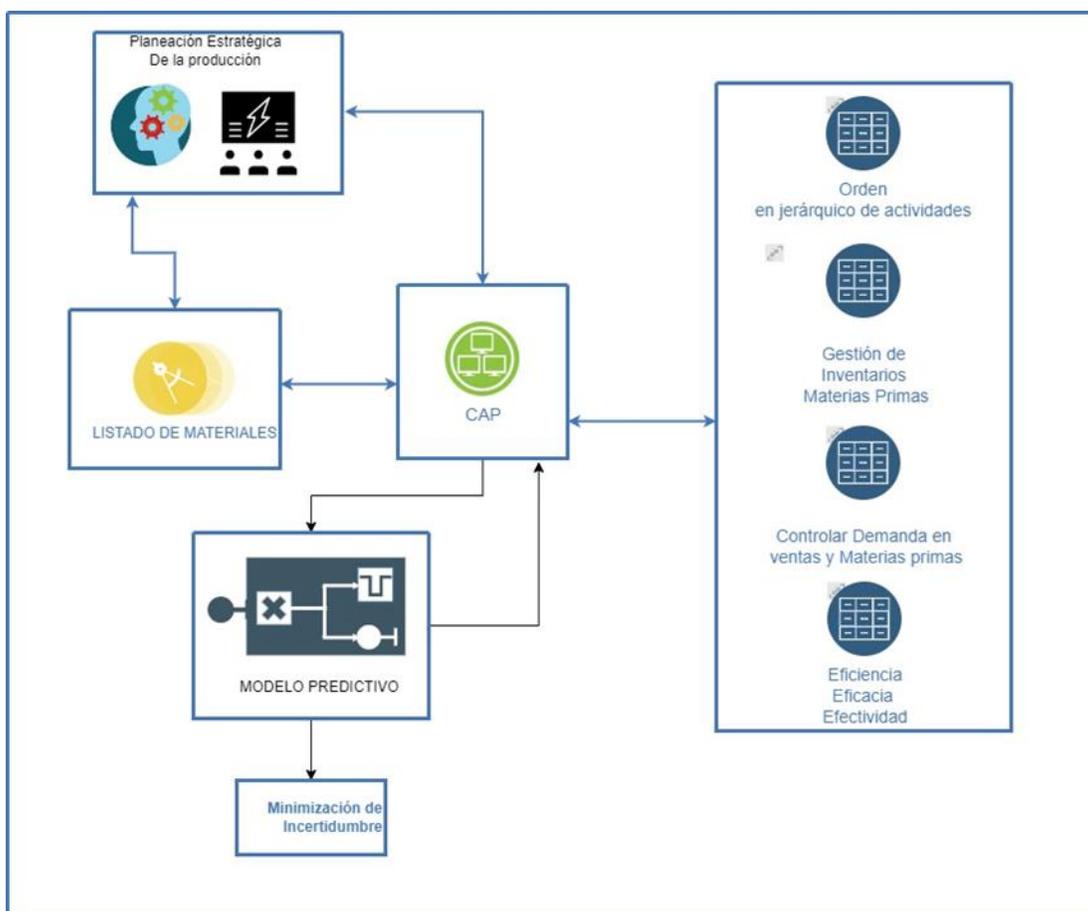
En otras palabras, la planificación de la producción se enfoca en satisfacer la demanda externa mediante un modelo que considera diversas variables como pronósticos de ventas, capacidad, ubicación y envío. Además, se promueven objetivos de producción sostenibles al tener en cuenta una cadena de suministro cíclica que mantiene los flujos de inventario de materias primas y permite una armonía perfecta entre el cliente y los proveedores. Cuando el flujo está en armonía, las partes interesadas pueden detallar cada etapa del proceso para lograr un equilibrio entre los recursos y la demanda.

G Barcelli-Gómez tiene una perspectiva diferente a la del análisis anterior, ya que considera que la planificación de la producción no necesita estar en armonía para cumplir eficientemente con la estrategia de planificación. Para este autor, el recurso principal es

el eje central de la estructura de la planificación y control de presupuestos, lo que permite organizar secuencialmente los gastos, actividades, garantizar los recursos necesarios para capacitar al personal y cumplir con los objetivos estratégicos. La dirección y la interacción interpersonal también influyen en el control, la retroalimentación se caracteriza como una red de neuronas que da peso a los sistemas para aprender de las cinco variables que contribuyen a la planificación y control bajo las funciones administrativas de las empresas para aumentar la productividad.

Figura 17

Planificación y control de producción



Nota. El diagrama representa los factores que integran la planeación y control de producción.

En la figura número 17 enfoca la planificación de la producción en el control del inventario de materias primas, para compensar las limitaciones de capacidad, siempre y cuando

haya una alta rotación de inventario. También es esencial contar con un control de actividades de producción (CAP) para evitar romper la cadena cíclica de pasos que propone el modelo push reflejado en la figura anterior.

8.2 Redes neuronales

8.2.1 Redes neuronales artificiales (RNA) basadas en pronósticos

F. Villada et al, señalan que el pronóstico es una de las variables necesarias para la planeación y control de la producción, también conocido como CAP. Afirman que, al utilizar herramientas de aprendizaje, como las redes neuronales artificiales (RNA), se puede mejorar la actividad de producción al reducir la incertidumbre, analizar patrones como lo hace una neurona viva, comprendiendo el comportamiento a través de los datos de entrada y salida del sistema. [18]

A. Nacelle, compara las herramientas de redes neuronales con el concepto de sinapsis, ya que ambas modifican o relacionan las neuronas y las respuestas dependiendo de las interacciones o condiciones del sistema. La comparación se basa en el comportamiento de relaciones lineales en pronósticos que facilitan la toma de decisiones por estímulos externos que se adaptan al cambio. De esta manera, los sistemas de producción pueden interpretar grandes volúmenes de información, dar peso a las conexiones que reconocen los cambios y la adaptabilidad al cambio. [19]

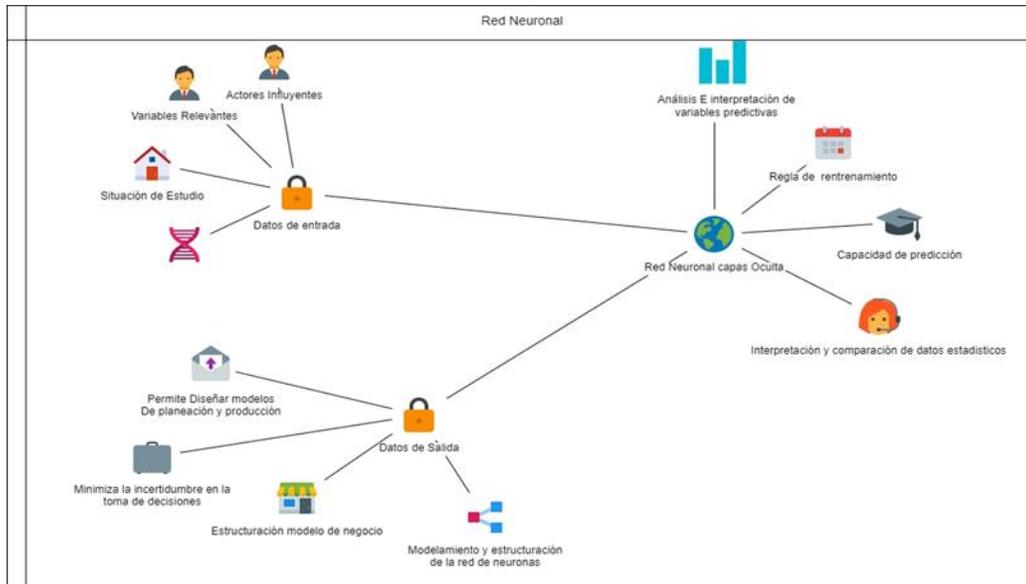
En cuanto a W. Rivas et al, argumentan que los modelos o sistemas de producción están estrechamente relacionados con las tendencias de las series temporales utilizadas para los pronósticos. Por lo tanto, es crucial contar con herramientas como redes neuronales que permitan el reconocimiento de patrones y la interpretación de señales para reducir los costos de producción, ajustarse a las propiedades de los datos y comportamientos de tendencias. [20]

C. Lozada et al, sugieren que para comprender los patrones de comportamiento en los procesos de redes neuronales, se debe considerar el horizonte temporal de tiempo y el tamaño del lote adecuado. Los modelos de redes neuronales pueden verse afectados por variables categóricas y cuantitativas, lo que puede generar errores. Por lo tanto, se recomienda el uso de modelos de redes neuronales de perceptrón multicapa para

reprogramar el aprendizaje automático y cuantificar los pesos dados a las redes, lo que elimina la incertidumbre por grandes cantidades de datos y permite simular varios eventos de prueba y entrenamiento. [21]

Figura 18

Estructuración de una red neuronal



Nota. La figura muestra la estructura de una red neuronal como perceptrón multicapa o MLP (Multi-Layer Perceptron).

En la figura número 18 ilustran los conceptos de los autores para definir la RNN como una estructura de capas similares a una neurona con la capacidad de aprender del entorno o las variables atributos para reconocer pesos entre sus redes.

8.2.2 Manual de requerimiento de materiales (MRP)

Luego de reconocer la importancia de las redes neuronales como oportunidad de mejora con la predicción de pronósticos y uso de técnicas MRP se propone un ejercicio explicativo con el cual desglosara la identificación de variables que se solicitan para el uso de herramientas MRP I y MRP II. El panadero desea preparar 20 panes para los amigos cercanos pues desea otorgar un detalle. Para ello debe considerar el gramaje con el que quedará cada pan; los materiales requeridos son: leche, huevo, harina, manteca, levadura y el uso de herramientas como sobadoras hornos o mezcladoras

además de un tiempo para preparar cada etapa del proceso del cual deberá mezclar, fermentar, sobar y hornear. Para esto el panadero verifica la disponibilidad de materiales en una lista, propone un presupuesto y detalla un plan agregado de cómo hacer cada pan.

J. Delgado y F. Marín sugieren recolectar información de diferentes fuentes para crear productos con un sabor equilibrado y único. Para lograr esto, recomienda establecer un orden de prioridades, mantener un proceso estandarizado mediante el uso de la lista de materiales (Lista de boom), el control y la política de inventarios. De esta manera, se pueden eliminar sobrecostos, movimientos innecesarios, y aplicar técnicas de producción con un costo mínimo. [24]

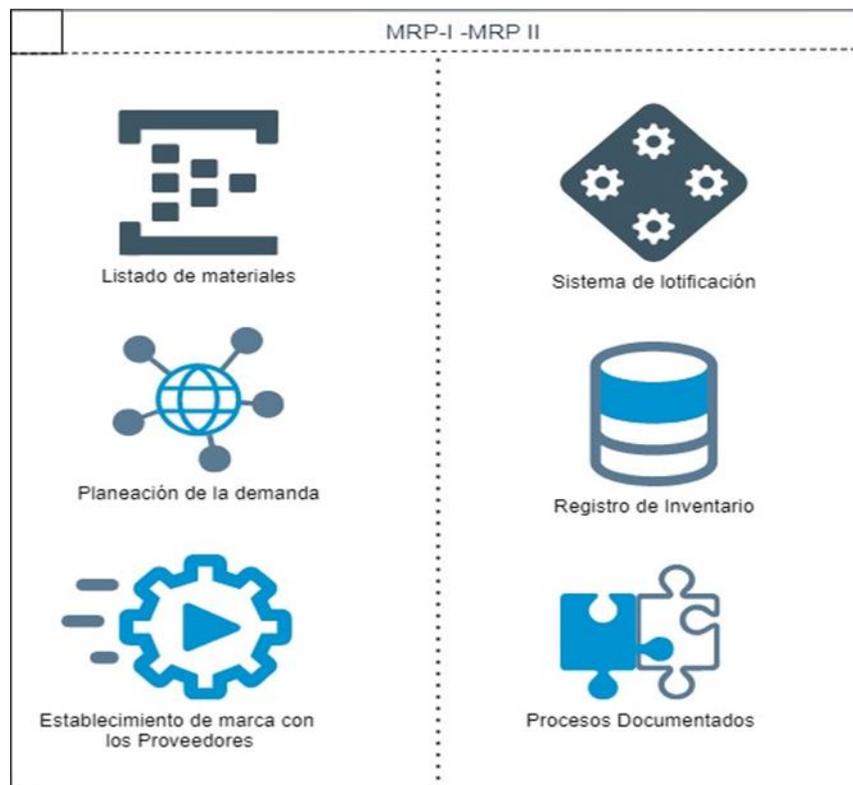
En cuanto a J. Rivera et al, respaldan la idea de mantener el MRP utilizando como variables de entrada el plan maestro de producción (MPS), la lista de materiales (BOM) y los registros de inventario, con el objetivo de lograr estabilidad y ventaja competitiva en las organizaciones que cumplan con estas variables y garanticen la seguridad en la implementación de técnicas de producción. Aquellas empresas que no cumplan con estas condiciones de producción idóneas se verán en desventaja frente a las que sean más rentables y competitivas, por lo que se deben generar estrategias de mejora continua en los procesos. [25]

Por otra parte, Delia Alviso concluye que los sistemas MRP II anticipan las variables futuras que pueden afectar la normalidad del proceso de producción. Para ilustrar esto, utiliza la analogía del chef que debe planificar un presupuesto para preparar sus platillos, pero si el precio de los insumos fluctúa, el chef debe ajustar su presupuesto y replantear su producción. El autor sugiere que el MRP II aborda este problema al prever los eventos futuros y al referirse a la capacidad de planificación como la capacidad de almacenamiento de materias primas. Al planificar la cantidad de materia prima que se debe almacenar, se puede cuantificar la producción en un horizonte de tiempo determinado y se puede controlar los precios de los insumos. La conclusión es que la capacidad de planificación es importante para la planificación de la producción y la reducción de costos. [26]

Por último, A. Correa y R. Gómez, sostienen que los procesos de planificación de recursos empresariales como el MRP II y los sistemas ERP son adecuados para grandes empresas con gran capacidad de almacenamiento de inventario al igual que el uso de herramientas TIC. Sin embargo, para las pymes o pequeños productores como el chef en el ejemplo, es suficiente conocer cuánto producir para reducir la incertidumbre; para lograrlo, es posible utilizar tecnologías que permitan el control de inventarios y recursos mediante técnicas de producción y modelos CAP. [27]

Figura 19

Entradas requeridas MRP



Nota. En la figura se muestra la estructura de las entradas del manual de requerimiento de materiales según autores.

En la figura número 19 establece los elementos que los autores mencionan como relevantes para la construcción de un modelo MRP. Estos estudios y enfoques ofrecen diferentes perspectivas sobre el uso del MRP y su aplicación en la planificación de

recursos y producción, brindando pautas valiosas para optimizar los procesos y reducir costos en diferentes contextos empresariales.

8.2.3 Plan maestro de producción (MPS)

Para construir un sistema de producción MRP eficiente, aprovechar al máximo los recursos, es crucial documentar de manera detallada y estructurada las tareas y actividades necesarias para crear el producto, tal como se muestra en el ejemplo práctico de investigación del chef. Después de hacerse las preguntas importantes, como el presupuesto necesario, los insumos requeridos, el tiempo de preparación y el inventario disponible, el chef ha superado la primera fase de evolución del MRP.

N. Villalobos et al., sostienen que para administrar los recursos y comprender los requerimientos de capacidad o materia prima, es necesario detallar las especificaciones en el manual de requerimientos de materiales. Esto permitirá formalizar y convertirlo en demandas internas para la planificación y control de la producción, considerando variables como la mano de obra, el almacenamiento y el inventario. En el caso del chef, el desafío no es producir pan, sino identificar cuándo debe hacerlo, considerar todas las tareas que componen el plan agregado, como el tipo de empaque y el estado en que se entregará el producto. [28]

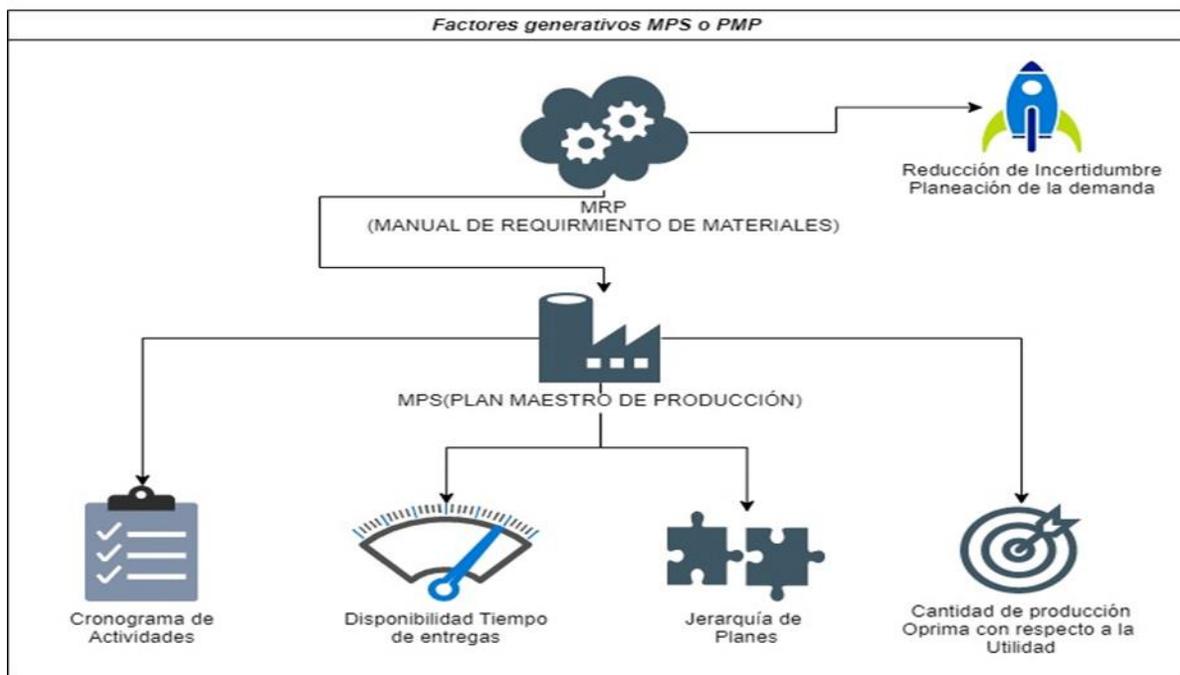
Gaither & Frazier explican que el Plan Maestro de Producción (MPS) es la respuesta a la demanda externa de productos y consiste en un programa detallado de producción que se extiende a través de un horizonte de tiempo. Esta herramienta responde a las preguntas de ¿cuándo producir? y ¿en qué momento producir? Los autores destacan que el MPS tiene varias fases, la primera es la "congelación", en la cual se define el listado de materiales y el proceso de producción, y solo se cambia en circunstancias excepcionales. La siguiente fase es "en firme", que contempla cambios solo en situaciones excepcionales. La fase "completa" asigna la capacidad total a los pedidos de producción y la fase "abierta" se enfoca en procesos flexibles para nuevos pedidos que no tienen toda la capacidad de producción instalada. [29].

Por otro lado, R. Chase y J. Roberts. argumentan que los sistemas de producción siempre enfrentan limitaciones en términos de capacidad y recursos debido a los cambios constantes del sistema, lo que representa una barrera de entrada. En las pymes,

la incertidumbre sobre lo que se producirá y cuánto se gastará dificulta la planificación del MPS, el chef debe usar su experiencia para secuenciar actividades y anticipar recursos. Para superar estas restricciones, las empresas deben integrar diferentes departamentos, niveles operativos y minimizar el inventario para maximizar la productividad y la satisfacción del cliente, mientras se reduce la necesidad de recursos manufacturados. La planificación debe ser uniforme y basada en medidas de tiempo preparadas de antemano. [30]

Figura 20

Factores generativos MPS o PMP



Nota. En la figura se muestran las condiciones generales de las actividades o factores en requerimiento generativos del MPS o PMP según autores mencionados.

En la figura número 20 se establece el diagrama de factores generativos del MPS, al establecer que los sistemas de producción siempre enfrentan limitaciones en términos de capacidad y recursos, pero se pueden superar mediante la integración de diferentes departamentos y niveles operativos. Para llegar al objetivo de las empresas pueden optimizar la utilización de recursos, mejorar la planificación de la producción y satisfacer las demandas del mercado de manera eficiente.

8.2.4 Niveles de planeación, jerarquía de la producción enfocados al MPS

Según Idalberto Chiavenato, los sistemas de producción MRP I y II se enfocan en estrategias que consideran niveles de planificación y técnicas jerárquicas para la toma de decisiones, utilizando la planeación estratégica como guía de actividades organizacionales. Esta planificación une cada área como una membrana central dentro de la organización para lograr procesos flexibles y unificar cada característica en diferentes fases: horizonte de tiempo, alcance, objetivos a nivel organizacional, definición de planes tácticos y planeación operativa. [31]

Se ha destacado por parte de expertos que al hablar de MPS, es importante tener en cuenta la planificación y la jerarquía de la producción, ya que se trata de un sistema que se deriva de un plan maestro y tiene como objetivo detallar un plan agregado de la producción dividido en diferentes niveles. Por su parte, María Augusta Moreta concluye que las pymes que aplican la planeación estratégica y las distintas fases de jerarquía logran una mejor posición competitiva en comparación con aquellas que no utilizan estas técnicas. Según la autora, al enfocarse en roles por función en lugar de por cargos, se pueden establecer nuevos modelos de gestión de recursos. [32]

En cuanto a A. Serrano, las pequeñas productoras enfrentan incertidumbres en términos de sostenibilidad y crecimiento, esto se ve afectado por la falta de alineación entre los objetivos organizacionales y la productividad. El autor sugiere que la planeación estratégica es la membrana más importante de las organizaciones, y que es necesario gestionarla de manera estratégica para influir positivamente en las diferentes áreas de la organización, incluyendo enfoques contables, con el fin de garantizar la sostenibilidad y el crecimiento. [33]

La estructura de planificación tiene un impacto en los diferentes niveles de actividades jerárquicas. Según A. García et al, los sistemas jerárquicos son beneficiosos para la toma de decisiones ya que el entorno en el que opera el sistema puede ser afectado por las decisiones tomadas. Además, al tener un sistema jerárquico, se puede crear un ambiente seguro para la producción, lo que permite al Plan de Juego de Producción (PJP) secuenciar las decisiones tomadas de manera efectiva y encontrar procesos flexibles para adaptarse rápidamente a los cambios. [34]

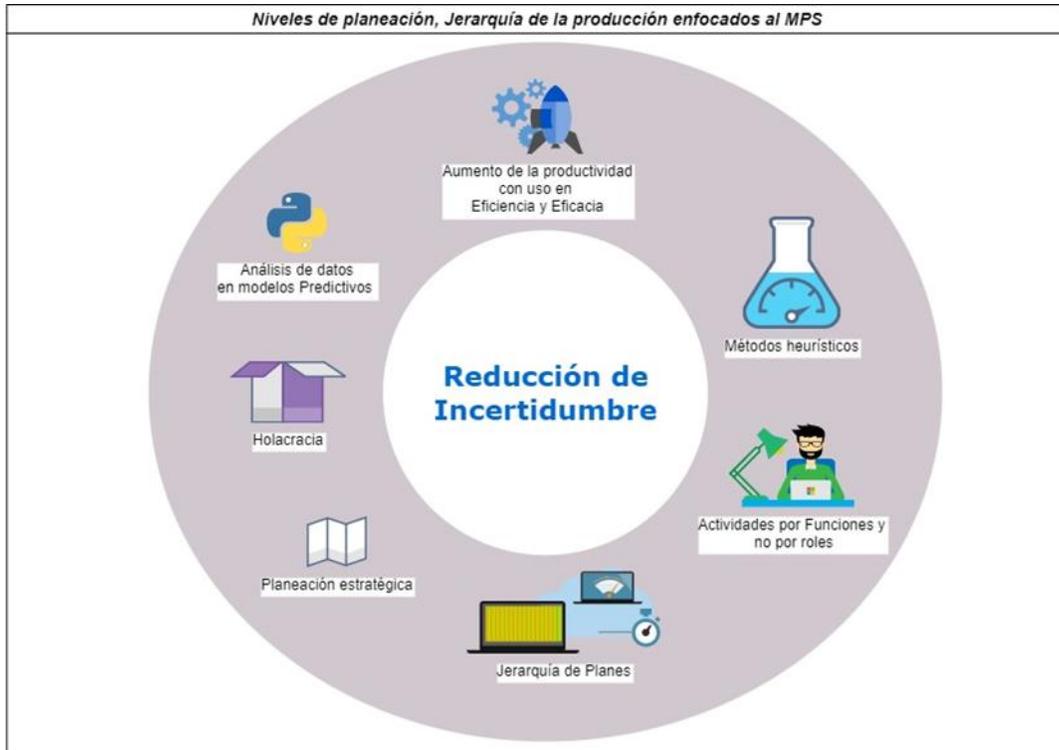
Según J. Osorio et al., los sistemas de gestión de recursos enfrentan desafíos en términos de los niveles de orientación en la toma de decisiones. La sinergia y la satisfacción del cliente son objetivos finales que deben ser alcanzados dentro de las organizaciones. [35]

En cuanto a O. Boiteux et al., afirman que la estructuración de la jerarquía de producción también implica considerar la "Jerarquía de planes". Este enfoque se basa en reconocer las capacidades instaladas, los proveedores, el almacenamiento y los niveles de inventario, lo que resulta crucial para identificar las restricciones del proceso. Al considerar estos factores, se puede lograr un aumento exponencial en la productividad. [36]

Finalmente, Brian Robertson propone una forma única de aplicar los conceptos de la Holocracia a la función de seguir la corriente o el propósito organizacional futuro. En lugar de considerar estas actividades como roles, sugiere tratarlas como funciones para evitar la presencia de líderes heroicos que consideran su trabajo como único. De esta manera, se puede fomentar la sinergia de las actividades en la organización, ya que el objetivo no es que un rol en particular realice las tareas, sino que se entienda que estas actividades corresponden a una función específica. [37]

Figura 21

Niveles de planeación, jerarquía de la producción enfocados al MPS



Nota. En la figura se representa los niveles de planeación jerárquica en forma circular a la reducción de incertidumbre información según los autores citados.

Basados en la figura 21 que representa los niveles de planeación jerárquica en forma circular para la reducción de la incertidumbre de la información, según los autores citados y la elaboración propia. La planeación jerárquica es fundamental para la reducción de la incertidumbre y el manejo efectivo de la información en una organización. Los diferentes niveles de planeación representados en forma circular indican una interrelación y retroalimentación constante entre los niveles estratégico, táctico y operativo.

8.2.5 Lotificación pronósticos de la demanda

En el trabajo, Carla Talens Fayos propone la lotificación de la producción como un enfoque basado en algoritmos heurísticos aplicables a problemas de capacidad limitada. Este enfoque considera diferentes situaciones, como la descomposición basada en Lagrange y la Modificación del coeficiente, para encontrar una solución inicial y luego

mejorarla continuamente aplicando nuevas heurísticas de bifurcación y corte. También se considera el modelo de función basado en costos en inventarios, como el modelo de Shapiro, que propone nuevas estrategias al CAP. Sin embargo, ninguna de las técnicas utilizadas para determinar el tamaño del lote considera la planeación, solo la demanda independiente. La planeación jerárquica puede ayudar a las pymes a reconocer su nuevo punto de retorno en inventarios, de igual manera clasificar su sistema de lote o pedidos, y a tomar decisiones en función de cambios en los costos de los insumos y otros factores. Por ejemplo, en el caso de un chef panadero, la planeación jerárquica podría implicar considerar si buscar un proveedor que venda productos más económicos o ajustar la lista de materiales en función de las fluctuaciones en los precios de los insumos. [45]

Por su parte, Conrado Augusto Serna plantea diferentes modelos multi-producto y señala que el sistema de Graves agrega nuevas variables como la fuerza de trabajo y modelos de igualdad en los gastos de contratación y despido de trabajadores, que no están presentes en el modelo de Pochet y Shapiro. Sin embargo, los tres sistemas incluyen funciones de costo en los inventarios y restricciones basadas en la capacidad. La diferencia radica en que el enfoque de Graves está en la definición de la demanda interna de los productos, mientras que el modelo de Pochet y Shapiro comienza con una lista de materiales. [46]

Según Jesús Castillo Valdez, las técnicas utilizadas para determinar el tamaño de lote no deben basarse en la minimización de costos ya que hay otros factores que afectan el costo total y la rentabilidad a largo plazo. Se deben considerar situaciones como proveedores, capacidad de almacenamiento y vida útil de los insumos. Valdez propone que, en el caso de alimentos perecederos, la técnica más eficiente es el lote por lote, ya que solo se pediría lo que se necesita y no se almacenaría materia prima durante un largo periodo de tiempo. [47]

Finalmente, S. Estellés Miguel analiza el uso de inventarios cruzados y undershoot en comparación con las técnicas de lotificación. Si una organización solo tiene en cuenta la distribución de la demanda, se enfrentará a una distribución lineal no estacionaria y a una mala administración de los recursos. Los autores identifican errores de cálculo en grandes tamaños de lote, pero para lotes pequeños se deben considerar preguntas

estratégicas y metodologías de producción para eliminar variables de undershoots e incertidumbre en la administración de inventarios y lotes de producción. [48]

8.2.6 Modelos predictivos

Los autores destacan la importancia de comprender el contexto y el problema antes de construir un modelo predictivo. Según E. Siegel, es esencial comenzar con una pregunta clara que el modelo pueda responder efectivamente. Si la pregunta es ambigua o demasiado amplia, puede ser difícil para el modelo proporcionar una respuesta precisa. Por lo tanto, es fundamental que la pregunta esté bien definida y enfocada en un problema específico para maximizar la eficacia del modelo de aprendizaje automático. [49].

Por su parte Provost y Fawcett destacan la importancia de tener datos limpios y una comprensión detallada del negocio antes de construir un modelo predictivo. Es crucial que los datos utilizados sean precisos, completos y estén libres de errores, ya que cualquier problema con los datos puede afectar negativamente la precisión del modelo. También es necesario tener un conocimiento profundo del negocio para elegir las variables adecuadas y garantizar que el modelo esté enfocado en los aspectos importantes del problema. Es esencial que los científicos de datos trabajen en colaboración con los expertos en el negocio para garantizar que se estén utilizando los datos correctos y que el modelo aborde las necesidades específicas del negocio para garantizar la precisión y relevancia de los resultados del modelo de aprendizaje automático. [50]

En cuanto a Kuhn y Johnson, proponen una metodología rigurosa para elegir y ajustar modelos de aprendizaje automático que se adapten a las necesidades específicas de cada problema. La evaluación rigurosa de los modelos es esencial para determinar su capacidad de abordar las necesidades del problema. [51]

Por otro lado, K. Murphy destaca que es importante elegir modelos con la complejidad adecuada para capturar la estructura de los datos sin caer en el sobreajuste. El sobreajuste ocurre cuando el modelo se ajusta demasiado a los datos de entrenamiento y pierde su capacidad de generalización. Por lo tanto, es necesario evaluar cuidadosamente la complejidad del modelo y su capacidad para generalizar a nuevos

datos. En resumen, estos autores subrayan la importancia de una metodología sistemática y rigurosa para la selección y ajuste de modelos de aprendizaje automático, equilibrando la complejidad del modelo con su capacidad para generalizar a nuevos datos. [52]

8.2.7 Tipo de redes neuronales

Según Goodfellow, Bengio y Courville, es fundamental utilizar redes neuronales profundas para procesar datos de alta dimensión y aprender representaciones complejas de los mismos. Estos autores consideran que las redes neuronales densas son importantes debido a su simplicidad y capacidad de representación, sugieren que las redes neuronales profundas con capas densas o múltiples niveles de procesamiento son altamente efectivas en el trabajo predictivo de datos de alta dimensión. Además, destacan que las redes neuronales convolucionales son útiles para mejorar la eficacia y flexibilidad de las redes neuronales densas en diversas aplicaciones de aprendizaje profundo. [53]

En cuanto a Y. LeCun et al, enfatizan la importancia de las redes neuronales profundas con múltiples capas densas para aprender representaciones complejas, abordar tareas difíciles de clasificación y reconocimiento de patrones. En su artículo en Deep Learning Nature, sugieren el uso de bloques residuales para resolver el problema de la degradación del gradiente en estas redes neuronales profundas y mejorar su optimización. Las redes neuronales profundas también tienen la capacidad de aprender patrones que no son perceptibles para el ser humano, lo que las hace muy efectivas en la detección de patrones en grandes conjuntos de datos. [54]

K. He et al, presentan una solución para el problema de la disgregación de gradiente en el entrenamiento de redes neuronales profundas con capas densas. Proponen una arquitectura de red neuronal que utiliza bloques residuales para reducir la degradación del gradiente y lograr una mayor eficacia en la actualización de pesos. Esta arquitectura, conocida como ResNet, ha demostrado resultados impresionantes en la clasificación de imágenes, gracias a su capacidad para aprender representaciones más profundas y complejas de las imágenes de entrada. En resumen, los bloques residuales y la arquitectura ResNet son soluciones efectivas para el problema de la disgregación de

gradiente en redes neuronales profundas con capas densas, permitiendo la construcción de representaciones más complejas de los datos de entrada. [55]

8.3 Marco histórico

El sistema MRP se centra en el manual de requerimiento de materiales para organizar la producción. Fue inspirado por el trabajo de Ford Harris en el desarrollo de EOQ, un método de gestión empresarial que busca establecer una cantidad económica de pedidos para integrar el almacenamiento y reducir costos sin interrumpir la producción. A pesar de su importante contribución, Harris no recibió reconocimiento por su trabajo. [22]

En 1934, Xavier Canaleta presentó el modelo de Wilson, que es similar al modelo EOQ de Ford Harris pero incluye un análisis de demanda uniforme y conocida. Este modelo considera los tiempos muertos, mantiene los precios constantes y el costo de almacenamiento depende del nivel de producto en estante. Las entradas en el almacén se realizan por lotes de tamaño constante y el costo de realizar cada pedido es también constante e independiente de su tamaño. Este modelo no permite rupturas de stock y garantiza la disponibilidad de productos. Al optimizar estas variables, es posible optimizar el volumen de compra de cualquier producto.

En el estudio sobre la evolución de los sistemas de gestión empresarial del MRP al ERP, se describe cómo el MRP fue utilizado durante la Segunda Guerra Mundial para gestionar la logística de suministros militares, incluyendo alimentos, armas, municiones y transporte, así como en el desarrollo del código Morse. La película "Enigma" muestra cómo los ejércitos han sido pioneros en la adopción de tecnologías para facilitar tareas a gran escala. En particular, se evidencia cómo los sistemas de organización surgieron en los ejércitos, donde se utilizaron máquinas para ayudar en la toma de decisiones.

J. Delgado y F. Marín, resaltan la importancia de este método para los años 70, cuando las empresas y la tecnología se ven alineadas para crecer de forma exponencial, con ayuda del procesamiento rápido de datos, pues al crear las sociedades como APICS (American Production and Inventory Control Society) moderniza la necesidad de implementar esta metodología MRP en todas las empresas americanas, promoviendo el

innovar en el sector empresarial con herramientas informáticas para la administración de tareas. [24]

J. Rivera et al., destaca la relación entre el MRP y la calidad en el servicio, y cómo estos sistemas pueden ayudar a cumplir los objetivos estratégicos de las empresas a través de procedimientos rápidos y flexibles adaptados a las exigencias del mercado. Se mencionan los términos del plan maestro de producción, listado de materiales, registro de inventarios como herramientas clave para el desarrollo de nuevos planteamientos de negocios y se destaca la capacidad de evolución del MRP. [25]

Por su parte Alviso Cruz Alma Delia, señala que el MRP I permite planificar cualquier elemento, pero sugiere que se debe evolucionar hacia el MRP II, que incluye nuevas variables como la garantía de un lugar para cumplir los procedimientos con éxito. Sin embargo, según el autor, la variable más importante para el uso de este sistema es la capacidad de anticiparse a los eventos futuros, aprovechar los recursos y la capacidad para lograr objetivos estratégicos. El objetivo es convertir el sistema en un ciclo cerrado y trascender la planificación a través de la aceptación de datos relativos. [26]

8.4 Marco legal normativo

Es fundamental destacar que, en el contexto jurídico normativo, las empresas dedicadas al rubro de la panificación necesitan implementar diversas estrategias para acatar las distintas regulaciones del gobierno colombiano que buscan garantizar la seguridad e higiene de los productos elaborados con harina y trigo.

Es de gran importancia disponer de actividades de referencia en la clasificación internacional de actividades económicas, ya que su objetivo es unificar las categorías utilizadas por las organizaciones para presentar informes estadísticos en función de su actividad. Esto facilita la búsqueda de información de diversas empresas al agruparlas en categorías comunes.

Según la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y la Cámara de Comercio de Colombia, las panaderías pertenecen al CIIU 1081, que corresponde a la división 10 grupo 108 clase 1081. [56]

Figura 22

Normativas que regulan la inocuidad e higiene de los productos de panadería

Autor	Título	Definición	Año Publicación
DIAN	Resolución Número 000114	“Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) es la clasificación internacional de referencia de las actividades productivas. Su objetivo principal es proporcionar un conjunto de categorías de actividades que puedan utilizarse para la recopilación y la presentación de informes estadísticos de acuerdo con esas actividades.” [56]	2020
DIAN Estatuto Tributario Nacional	Resolución 000030 de 2019 Artículo 617 Requisitos de la factura de venta	“Cuando el contribuyente utilice un sistema de facturación por computador o máquinas registradoras, con la impresión efectuada por tales medios se entienden cumplidos los requisitos de impresión previa. El sistema de facturación deberá numerar en forma consecutiva las	2019

		facturas y se deberán proveer los medios necesarios para su verificación y auditoría.” [57]	
Ley 9 de 1979	Reglamentado Parcialmente por el Decreto Nacional 1594 de 1984	<p>«ARTÍCULO 13 Seguridad en el almacenamiento de materias primas.</p> <p>ARTÍCULO 29 Aseguramiento de residuos en las canecas correspondientes</p> <p>ARTÍCULO 42 Control de agentes emisiones atmosférica por equipos de panadería</p> <p>ARTÍCULO 60. Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles</p> <p>ARTÍCULO 80 Verificación contra los riegos a la salud</p> <p>ARTÍCULO 103 Prevención de los agentes biológicos en todas las etapas del proceso.</p> <p>ARTÍCULO 112 Mantenimiento de equipos y herramientas.</p> <p>ARTÍCULO 119 Control de riesgos en manipulación de hornos y equipos</p> <p>ARTÍCULO 124 Dotación.</p>	1979

		<p>ARTÍCULO 125. Toda Organización deberá presentar espacios autorizados para vertimiento de residuos sólidos.</p> <p>ARTÍCULO 174 Prohibición de almacenamiento de sustancia peligrosas en cocina.</p> <p>ARTÍCULO 201 Control de plagas.</p> <p>ARTÍCULO 254 Limpieza y desinfección de utensilios de contacto directo de alimentos.</p> <p>ARTÍCULO 289 Alimentos que no requieran de envolturas deberán sobre guardar la integridad del alimento». [58]</p>	
Cámara de comercio	Decreto 1879 de 2008	<p>“Artículo 1 Registro en Matricula Mercantil Cámara de comercio</p> <p>Certificado de Saneamiento expedido por la norma Ley 9 de 1979.</p> <p>Registro RUT</p> <p>Registro RIT</p> <p>Uso de suelo autorizado por planeación territorial.</p>	2008

		Curso y Certificado de alimentos.” [59]	
--	--	---	--

Nota. Normativas que propone el estado colombiano para regular la inocuidad e higiene de los productos elaborados a base de harina y trigo.

De acuerdo con la figura numero 22 la Resolución 000030 de 2019 de la DIAN, al utilizar la facturación por computador, los contribuyentes deben cumplir con los requisitos necesarios para llevar a cabo el sistema de facturación. Esto incluye la estructuración de los números consecutivos de las ventas y la organización necesaria para facilitar la revisión por parte de auditorías externas. Estos reglamentos establecen que todas las facturas electrónicas deben contar con un número consecutivo y cumplir con los requisitos básicos para su elaboración, con el objetivo de llevar un control administrativo en la declaración de impuestos y establecer los pagos correspondientes. [57]

La Ley 9 de 1979 establece que los productos o servicios destinados al consumo humano deben estar certificados para garantizar su inocuidad y evitar la contaminación cruzada. Esta ley es crucial para el sector panificador y las pymes. El artículo 13 de la ley se enfoca en la seguridad del almacenamiento de materias primas, requiriendo que los productos sean estibados y no tengan contacto con el suelo para prevenir la contaminación por agentes internos o externos.

La Ley establece varias disposiciones para el control de la generación de basura y residuos en las panificadoras, incluyendo el uso de herramientas específicas para el depósito de residuos y la prohibición del vertimiento de residuos líquidos en la calle. Además, se exige el control de las emisiones de gas de los hornos y la verificación continua de la locación para prevenir riesgos en la salud. La Ley también establece medidas de prevención de agentes biológicos en todas las etapas del proceso de panificación, incluyendo la prohibición del uso de accesorios y el cumplimiento de la entrega de dotación para las actividades.

El mantenimiento preventivo de los equipos y herramientas es obligatorio según el artículo 112, mientras que el artículo 119 exige la anticipación y control de riesgos asociados al uso de hornos y equipos. La entrega y uso correcto de la dotación necesaria para las actividades organizacionales es requerida por el artículo 124, mientras que el

artículo 125 establece la obligación de contar con espacios autorizados para el vertimiento de residuos sólidos fuera de lugares que puedan contaminar el alcantarillado.

El artículo 174 prohíbe el almacenamiento de sustancias peligrosas y la mala manipulación de las herramientas de cocina. El artículo 201 exige medidas de regulación y control de plagas en la locación de la empresa. El artículo 254 destaca la importancia de la limpieza y desinfección de utensilios para la inocuidad de los alimentos. Finalmente, el artículo 289 indica que los alimentos sin envoltura deben protegerse de la contaminación cruzada hasta la venta, y luego deben entregarse al cliente en bolsas adecuadas.

La ley 9 de 1979 es crucial para mantener la inocuidad de los productos de panadería y para consolidar una pequeña empresa en el sector. Los artículos más importantes incluyen la certificación de productos, seguridad en el almacenamiento de materias primas, control de emisiones de gas, prevención de agentes biológicos, mantenimiento de equipos y herramientas, control de riesgos y regulación de plagas. Además, la limpieza y desinfección de utensilios es esencial para asegurar la inocuidad de los alimentos. Las empresas deben tener planes de regulación y control además de seguir prácticas de manufactura adecuadas para evitar sanciones y cierres. [58]

Para finalizar con el marco legal, es importante asegurarse de que, hasta la fecha en que se presente este trabajo de grado, la pequeña empresa panificadora cumpla con los requisitos establecidos por la Cámara de Comercio en el Decreto 1879 de 2008. Esto incluye tener la matrícula mercantil registrada, un certificado de saneamiento emitido según la Ley 9 de 1979, registro en RUNT y RIT, un certificado de uso del suelo autorizado por la planificación territorial y, por último, pero no menos importante, que los operarios de producción hayan recibido el curso y certificado de alimentos. [59]

9. DISEÑO DE METODOLOGÍAS

El proyecto se llevará a cabo mediante la realización de actividades claves, las cuales estarán agrupadas según las fases de exploración, descripción, análisis y diseño. Además, estas actividades han sido creadas en base a los objetivos específicos establecidos para el proyecto.

9.1 Tipo y métodos de investigación

Para el planteamiento de la propuesta es basado en enfoque cuantitativo e inductivo de corrientes básicas y teóricas en investigaciones aplicadas al MRP e MRP II de carácter utilitario. Para proponer nuevas herramientas de producción enmarcadas en el desarrollo sostenible y redes de valor que promuevan la investigación con problemas prácticos.

9.2 Fuentes y técnicas de información

Este caso de estudio busca recopilar información de fuentes externas para reducir la incertidumbre en el sector panificador para pequeños productores. Se busca analizar tendencias y obtener información para desarrollar pronósticos, dado que las pymes carecen de sistemas y capacitación tecnológica, lo que resulta en altos costos.

De igual manera, se utilizarán fuentes primarias suministradas por la Universidad América, como EMIS University y datos DIAN, para construir un modelo predictivo a partir de variables como IPC, mano de obra e importaciones entre otras que formarán los datos de entrada.

9.3 Fuentes temáticas

El propósito de esta investigación es establecer los conceptos básicos para el modelamiento de la planificación de la demanda, la recolección de información de MRP y plan agregado de producción, en relación a la producción de pan. Se utilizarán pronósticos de tendencia histórica para proporcionar datos de entrada, como el IPC y el costo de materiales y mano de obra, con el fin de prever eventos futuros y planificar estrategias en la toma de decisiones. Para ello, se empleará el entorno de ejecución Google Colab y la programación Python.

9.4 Fases (Anexo 1. Cronograma Excel)

En estas etapas se define el camino a seguir para desarrollar un modelo predictivo que permita prever el precio futuro del pan, proponer una estructura para la planificación de un modelo de negocio en el sector panificador y así cumplir con los objetivos planteados en esta investigación.

9.4.1 Fase exploratoria

En esta fase se realiza una exploración por diferentes fuentes para recolectar información que permita ver la demanda histórica de los precios de la materia prima requerida para fabricar el pan y los factores que afectan su variabilidad. Para esta fase se proponen las siguientes actividades:

Búsqueda y creación de fuentes de información importantes que afecten el precio del pan en cualquier tipo de costo.

Identificación de fuentes: investigar en fuentes públicas de datos económicos y comerciales los precios de la harina, el trigo, la levadura, precio del dólar, año de importación de productos, entre otras variables que influyen en el costo y venta del pan.

Evaluación de la calidad y relevancia de los datos encontrados.

Preparación y transformación de datos para que Python a través de Google Colab, reconozca los tipos de datos para su predicción.

Generación Data Set Sintético 1000 Registros (1889, 5)

9.4.2 Fase descriptiva

En esta fase se proponen las siguientes actividades:

K(MEANS) Comportamiento del grupo de datos

Árbol de decisión para la toma de decisión de clasificación

Visualización de estadísticas descriptivas

9.4.3 Fase análisis

En esta fase se realizarán las siguientes actividades:

Identificación de la arquitectura necesaria para la red neuronal

Comparación de diferentes arquitecturas de redes neurales

identificación en arquitectura de la red neuronal final para el modelo de negocio

9.4.4 Fase de diseño

Por último, en esta fase tendrá como objetivo diseñar estrategias que permitan a la pequeña industria panificadora predecir el futuro precio del pan, teniendo en cuenta la información recolectada en las fases de exploración, descripción y análisis. En esta fase se proponen las siguientes actividades:

Visualización de las métricas predictivas

Posibles Cambios en la capacidad de la red neuronal

Resumen estadístico de la predicción.

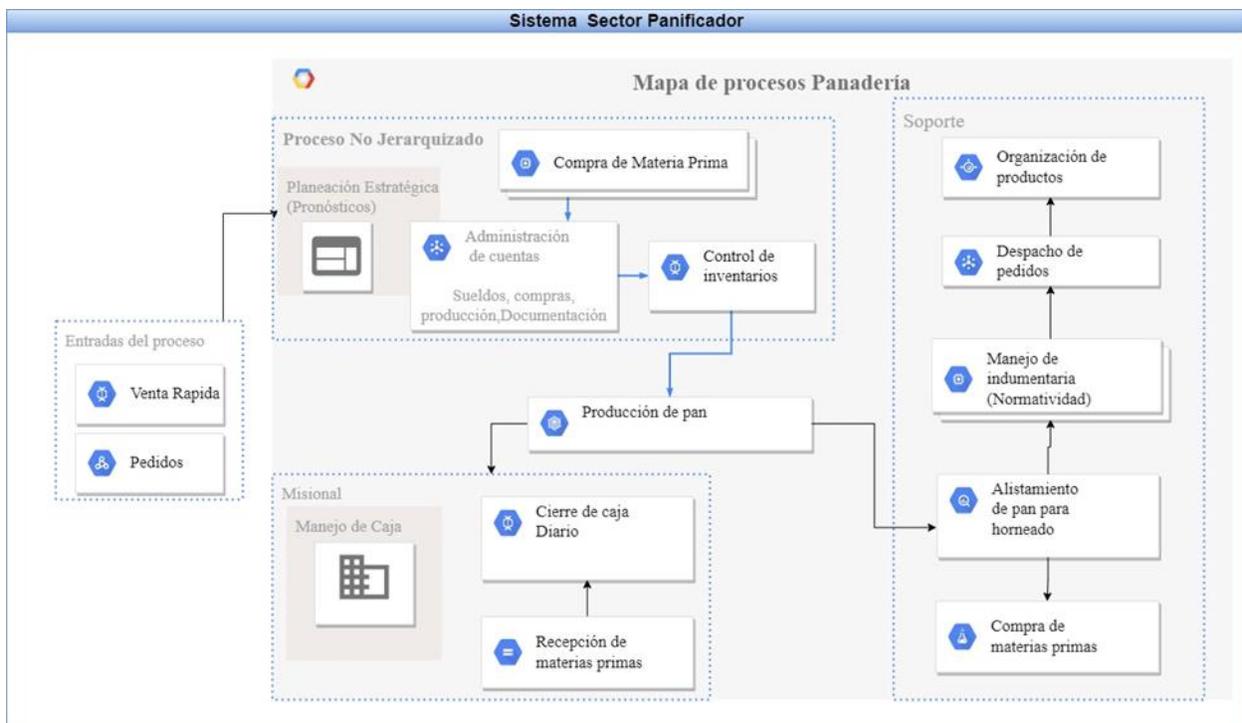
10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para avanzar en el desarrollo de la propuesta, es imprescindible mostrar en detalle el proceso productivo del pan. Al comprender este proceso, los lectores podrán tener una visión clara de la problemática a abordar y lo alinea con el objetivo de diseñar un modelo predictivo que permita pronosticar el precio del pan

El uso de redes neuronales en este tipo de sector es poco usado como herramienta de pronóstico y análisis este permitirá minimizar gastos, controlar la producción y maximizar las utilidades, además de minimizar la incertidumbre en el modelo de negocio del sector panificador.

Figura 23

Sistema sector panificador



Nota. El diagrama representa el mapa del proceso de la producción de pan actual en la empresa de estudio.

En la figura 23 muestra el mapa de proceso representado actual de la panadería de estudio, el cual no cuenta con la jerarquización de operaciones, este centra sus operaciones en la producción de pan.

El modelo de negocio panificador está situado de izquierda a derecha cuenta con entradas del proceso como venta rápida y pedidos, la venta rápida implica cualquier venta de pan a un vendedor inesperado, visitando el local comercial este proceso inicia el flujo con la cuantificación de pronósticos de venta, el administrador decide que cantidad de pan hacer en el día para luego pasar esa orden de producción al panadero, este proceso está situado en el centro del mapa representado el mal enfoque de atención en las panaderías.

“El proceso de producción de pan trabaja para encontrar el camino del éxito, en el gusto de sus comensales” esto es lo que considera el dueño del local panificador ignorando las diferentes tendencias en el mercado. por ende, este proceso se sitúa en el medio del mapa.

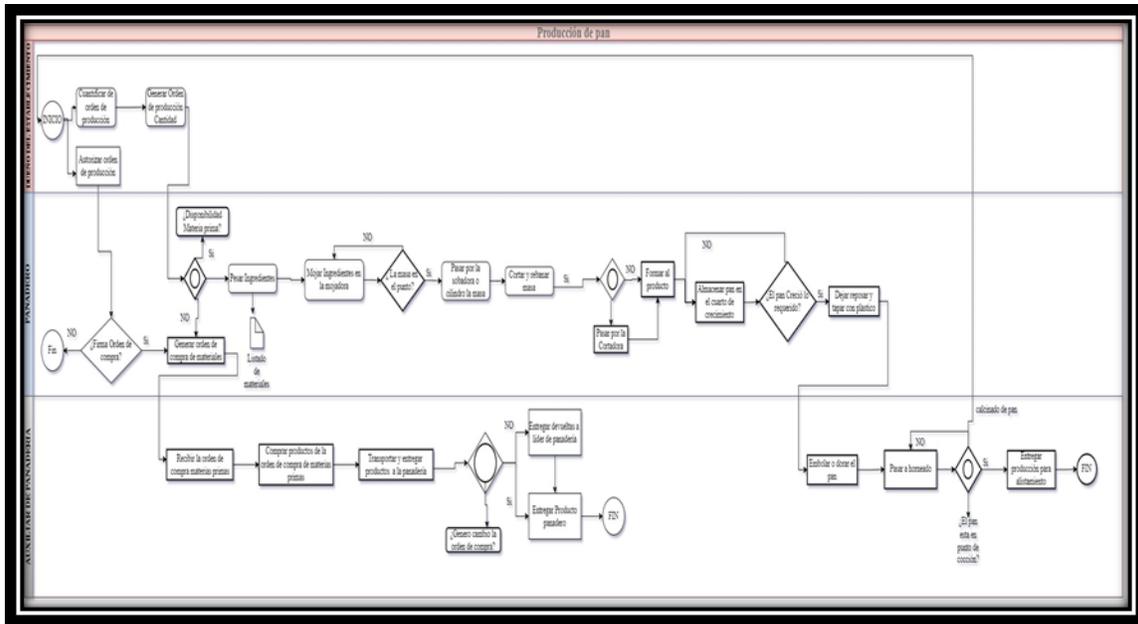
Proceso misional de caja, determinan la liquidez de la panificadora, este proceso inicia al terminar cada turno al entregar cuentas de lo vendido al líder o encargado del turno este proceso no tiene una forma de ser medido, pues no se maneja un inventario de los productos expuestos en ventas, la auxiliar entrega el dinero total de caja sin medida de comprobantes.

Procesos de Soporte alistamiento de pan para horneado esta actividad la suele hacer el mismo panadero o el dueño del local el cual determina la cantidad de producción que se va a hornear es importante mencionar que esta medida es llevada por arroaz.

Después de que el pan se encuentre en punto de cocción este sale de producción para venta al público, el pan es organizado en vitrinas para que el cliente seleccione la cantidad de pan que desea de llevar.

Figura 24

Diagrama producción de pan



Nota. El diagrama representa el proceso de producción de pan de la empresa en estudio.

El diagrama de procesos en la figura 24 bosqueja las actividades realizadas para producir pan, las entradas del proceso están definidas por las ventas rápidas y los pedidos que genera la panadería por medios digitales o clientes que conocen la calidad del producto para fines que estos consideren como comercial, eventos entre otros.

El flujo de producción inicia con la orden de compra del cliente que puede ser recibida por el líder o dueño de la panadería, en caso de que sea por pedidos el dueño o líder inicia el flujo pautando las fechas de producción y la cantidad de unidades a producir.

En caso de que sea venta rápida inicia con el flujo de pronóstico empírico del dueño de la panadería.

El dueño de la panadería analiza la viabilidad en la cuantificación de la orden de compra y genera una orden de producción verbal hacia el panadero de cuantos panes hacer, qué tipo de pan y la hora que se requiere ese lote producción.

El panadero luego recibir la orden de producción, realiza una pregunta ¿Existe la cantidad de materia prima necesaria para producir la cantidad de pan requerida? No, dispone de la cantidad de materia prima, realizar una orden de compra de materias primas y esta es autorizada (Verbal) por el líder o dueño de la panadería.

el líder o dueño de la panadería realiza la entrega de la orden de compra al auxiliar de panadería, este realiza la tarea de comprar los productos solicitados en la orden de compra de materias primas.

Luego de comprar y llegar de regreso a la panadería, el auxiliar simultáneamente entrega las vueltas de la orden de compra en materias primas al líder o dueño de la panadería y los productos solicitados por el panadero.

Cuando se dispone de la cantidad necesaria de materias primas, el panadero procede a pesar los materiales requeridos para hacer el lote producción.

El panadero moja (Mezcla) los ingredientes necesarios según el listado de materiales (variables necesarias para producir pan el tipo de pan, tamaño y unidades requeridas).

El panadero espera el tiempo necesario para que la masa esté listo, el panadero realiza una pregunta ¿La masa está en el punto requerido? Si, esta lista la masa sacar de la mojadora y pasar al mesón. No esta lista la masa, el panadero debe mojar por más tiempo la masa hasta que esté en la consistencia requerida.

Cuando la masa haya cumplido los estándares del panadero y este en el mesón de trabajo. El panadero decide simultáneamente si la masa requiere pasar por el cilindro o por los rodillos para aplanar la masa.

El panadero mide, pesa o calcula la cantidad de masa a cortar para pre disponer la masa para darle la forma, en caso de que la masa requiera pasar por la cortada este debe ser usada con aceite de oliva para que no se peque a hendiduras de la cortada. Por último, se le brinda la pre-presentación final de pan.

El panadero brinda la forma al pan, este almacena el pan en una lata de medidas 45x85 CM, el panadero dispone del espacio necesario de la lata según corresponda.

El panadero entrega la lata de pan al auxiliar con el fin de que las almacene de forma organizada en el cuarto de crecimiento, Este al pasar el tiempo dispuesto por el panadero, el auxiliar realiza la pregunta al panadero ¿el pan creció lo requerido? Si, autorizan tamaño sacar del cuarto de crecimiento. No autorizan tamaño no sacar, dejar el tiempo que el panadero decida.

Al sacar el pan del cuarto de crecimiento, este es dejado a reposar y almacenado en plásticos para esperar el turno de horneado correspondiente.

posteriormente de que el panadero decida cuál es el pan que va hornear este genera una acción sobre el auxiliar. El auxiliar toma las latas que van a pasar por el horno y procede a embolar o dorar el pan. En cada inicio de turno el auxiliar se encarga de precalentar el horno cuando el panadero se lo requiera.

Luego de que el pan este embolado, pasa a ser horneado por el tiempo dispuesto por el panadero. Si el pan cumple el tiempo, pero no está listo se deja hornear el tiempo que requiera por orden del panadero, Si el pan está listo en el punto requerido es sacado y dispuesto para que inicia el proceso de soporte almacén de producto terminado.

En caso de que el auxiliar deje calcinar el pan por error o factores humanos este debe iniciar todo el flujo correspondiente de nuevo.

Figura 25

Listado de materiales

Lista de materiales			
Elementos e ingredientes de panadería	Ingredientes de primer orden Harina Levadura Margarina-Manteca Agua purificada	Listado de maquinaria Horno Batidora(Mojadora) Cortadora, Nevera Cuarto de crecimiento	Utensilios de producción Cuchillos Rodillos Latas de aluminio 45x85 Mesón grande aluminio
	Ingredientes de segundo orden Azúcar Bocadillo Extracto Sal Arequipe Aromas Esencias Condiment Leche Mantequilla Huevos Aceite Mermelada Nata o crema Batida Frutas Chocolate	Servicios Públicos Agua Luz Gas	Atención al cliente Vitrinas Licencia de sanidad (BPM) Sillas tipo comedor y enceres. Bolsas o empaques
	Personal Requerido Panadero Auxiliares de panadería y Atención al cliente Líder o Dueño de panadería		
Tipo de pan	Pan Grande (SPV 5.000) Aprx(20Und) 1/2 Libra de Azucar 1/2 Libra de Levadura 9 Libras de Harina Sal 3 onzas Manteca 4/2 Libras 9 Huevos	Pan Hojaldrado o de sal (500) Aprox 144 und 1/2 Libra de Azucar 1/4 Libra de Levadura 9 Libras de Harina Sal 3 onzas Manteca 4/2 Libras Cuchara de color	Pan Roscón dulce (500) Aprox 100 Und 1/2 Libra de Azucar 1/4 Libra de Levadura 9 Libras de Harina Sal 3 onzas Manteca 4/2 Libras Bocadillo o Arequipe

Nota. En la figura se muestra la estructura de las entradas del manual de requerimiento de materiales según los estudios de campo.

El listado de materiales de la figura 25 corresponde a la forma en la cual se detalla los productos a producir según los autores el listado de boom organiza la forma en la cual se produce el pan. En consideración a los autores la panadería prioriza.

Ingredientes de primer orden: La clasificación de comoditis en primer orden permite identificar aquellos elementos que son indispensables para la calidad y el sabor deseado del producto final, asegurando su presencia y proporciones adecuadas en la elaboración de pan.

Ingredientes de segundo orden: Estos son comoditis opcionales varían según las preferencias personales, el estilo de producción específico. Su función es realzar o complementar los sabores principales de los ingredientes de primer orden.

Lista de maquinaria: La lista de maquinaria proporciona información sobre las herramientas y técnicas utilizadas en el ámbito de la industria alimentaria para llevar a cabo tareas específicas, como mezclar, hornear, cortar.

Utensilios de producción: Los utensilios de producción son herramientas y equipos utilizados en la industria para llevar a cabo procesos de producción.

Atención al cliente: Elementos fundamentales para brindar una experiencia satisfactoria. Estos elementos contribuyen a la presentación adecuada de los productos, el cumplimiento legal, la comodidad del cliente y la protección de los productos durante su entrega o venta y producción.

Personal requerido para operar: Conjunto de empleados o colaboradores necesarios para llevar a cabo las operaciones diarias de la panificadora. Estos son los individuos encargados de realizar tareas específicas y contribuir al funcionamiento

Servicios públicos: Los servicios públicos son los servicios esenciales proporcionados por entidades gubernamentales o empresas estatales que son necesarios para operar un negocio de manera adecuada. Estos servicios son fundamentales para garantizar el funcionamiento de las actividades diarias.

Tipo de pan: En esta Lean muestra 3 tipos de pan existente en la panadería de estudio.

Pan grande: Descripción de ingredientes para preparar panes de valor comercial de 5.000 pesos colombianos aproximadamente 20 unidades. En este lean muestra la cantidad de ingredientes a preparar para producir la cantidad de pan solicitada.

Pan hojaldrado o de sal: Descripción de ingredientes para preparar panes de valor comercial de 500 pesos colombianos aproximadamente 144 unidades. En este lea muestra la cantidad de ingredientes a preparar para producir la cantidad de pan solicitada.

Pan roscones o de dulce: Descripción de ingredientes para preparar panes de valor comercial de 500 pesos colombianos aproximadamente 100 unidades. En este lea muestra la cantidad de ingredientes a preparar para producir la cantidad de pan solicitada.

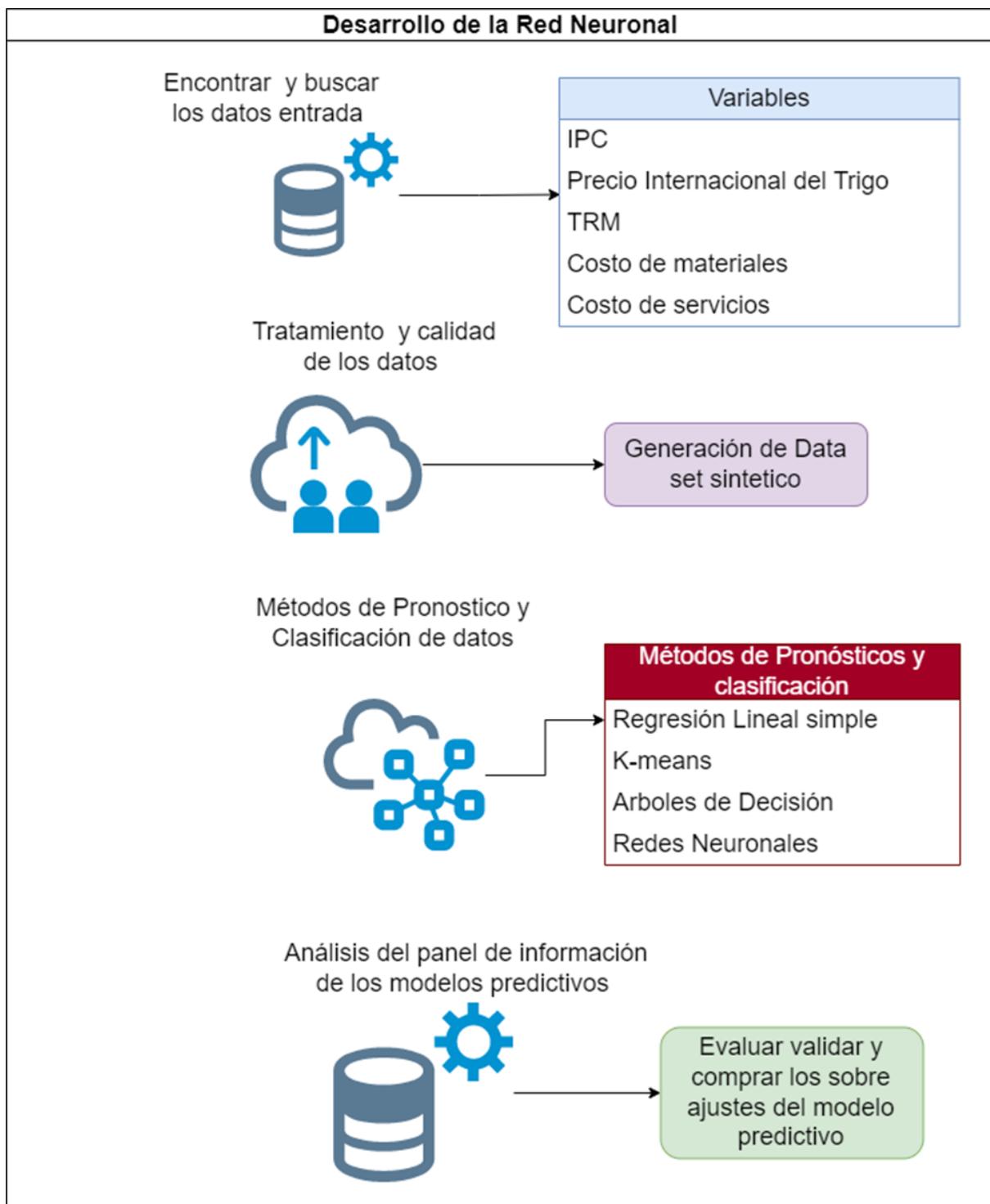
Desarrollo de objetivos Específicos: El proceso de producción pan está sometido a particulares del ambiente, como la inestabilidad de precios o la alta dependencia de otros factores como el sistema político empresarial y las subidas del dólar entre otras variables, en general la incertidumbre del sistema de producción y adquisición de materia prima.

Esta red neuronal nace con la necesidad de reducir la incertidumbre en la planeación de la demanda de la panadería para afrontar preguntas de ¿cómo establecer los precios necesaria de pan y competir en el mercado? al desglosar estas condiciones, el sistema de producción encuentra las mudas de los procesos como la sobreproducción o insatisfacción en la cantidad de producción de pan estas son las variables que más afectan la etapa de maduración de la panadería

Este proyecto aborda la problemática del pronóstico del futuro precio del pan con el fin de reducir la incertidumbre y motivar estrategias de venta. En este trabajo se modelará la construcción de una red neuronal, para ello se recorre el siguiente diagrama.

Figura 26

Desarrollo de la red neuronal



Nota. En la figura anterior se describe el proceso realizado para la construcción de la red neuronal.

El anterior diagrama de la figura número 26, describe el desarrollo realizado para la construcción de la red neuronal esta tiene la tarea de predecir el futuro precio del pan en función a los datos de entrada de la panificadora de estudio. Este método gestiona la forma en la que las panaderías minimizan la incertidumbre en la cantidad de producción, aprovechando la cualidad de las redes neuronales al encontrar patrones o tendencias no lineales en la predicción de la demanda en los modelos de negocio del sector panificador.

Las redes neuronales convulsionales de características predictivas destacan, por la amplia capacidad de aprendizaje automático sobre los atributos de entrada o base de datos. En contraste con las redes neuronales tradicionales, donde las características deben ser diseñadas pausadamente o seleccionadas manualmente para cumplir con una tarea en específico.

Teniendo en cuenta estas características, la posibilidad del análisis de datos que brindan estas herramientas predictivas halla respuestas dependiendo del modelo de negocio de cada recolector de datos, esto construye la planeación estratégica de la organización con el fin de tomar decisiones informadas sobre los cambios en el sistema de negocio del sector panificador de forma transversal.

Esta red neuronal centra el enfoque en el análisis de panel de predictivos del futuro precio del pan con el fin de oportunidades mejora en planeación y control en el modelo de negocio de la panadería.

Figura 27

Valores de estudio investigación

Variables de estudio Investigación					
mes_trigo	precio_dolar_trigo_ton	precio_COP_trigo_ton	año_impo		
	impo_canti_miles_ton	fecha_ipc	ipc %	fecha_trm	trm

Nota. Primeras Variables de estudio, escogidas por la investigación y el equipo de trabajo.

El estudio de investigación de la figura número 27 demuestra los criterios desarrollados en el campo de trabajo, establecen las variables que mayor influyen en el precio final del pan en conjunto con el equipo de planeación estratégica.

Esta jerarquización de variables se hace de forma empírica y cualitativa pues la experiencia en este grupo de trabajo supera los 20 años de experiencia en el sector panificador. Por ende, se genera la siguiente caracterización de las variables.

Costo de la Harina: Insumo más costoso y volátil los proveedores suben el precio por demanda del producto.

Precio del trigo en dólares: Este producto al ser mayormente exportado la divisa a manejar es dólar.

Precio Trigo Por tonelada: La relación existente entre el precio pagado en dólares y las toneladas gastadas.

Años de Importación Trigo: Serie Temporal de tiempos bosqueja linealidad y patrones entre variables

IPC: Variación del IPC de los productos básicos de la canasta básica familiar afecta en el precio final por incremento de materias primas no previstos.

Fecha IPC: Serie temporal de tiempos del Índice de precio al consumidor registrado en Colombia.

TRM: Variación del dólar o Tasa Representativa del Mercado Registrada en Colombia

Fecha TRM: Variación diaria del dólar registrada en Colombia

Estas variables son el primer data set a observar en la plataforma GitHub.

<https://raw.githubusercontent.com/itachiwey/trigo/main/dasborad-1.csv>

Nota: Este archivo se encuentra disponible en la plataforma GitHub.

Esta información es extraída de varias fuentes de información en particular la plataforma EMIS Professional suministrada por la licencia de Universidad de América.

En este caso la empresa de estudio no tiene registros de sus procesos, como se mencionó anteriormente este proceso productivo es mínimamente planificado por ende encontrar datos propios de la organización es una tarea titánica al no llevar un control sobre todas las etapas del proceso.

Los datos importados en la plataforma, es el siguiente paso. Para ello se usa la herramienta Google colab instalar librerías de numpy y pandas. Paquetes básicos de esta herramienta, con el objetivo de que el código de Python entienda los datos suministrados.

[Calidad tratamiento datos.ipynb - Colaboratory \(google.com\)](#)

Nombre archivo: Calidad_tratamiento_datos

Instalar Librerías numpy y pandas

Al establecer `pd.options.display.float_format = '{:15.2f}'.format`, Instrucción formato de visualización los números de punto flotante en pandas. En este caso, se establece un formato de dos decimales después del punto decimal y un ancho de campo de 15 caracteres.

Examinar los datos aleatoriamente:

Impresión Inicial la base de datos importada de GitHub

Panel o tablero de descriptivos de los datos.

Figura 28

Visualización final atributos base de datos

```
[ ] df.info()

<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 374 entries, 0 to 373
Data columns (total 9 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  ---
0   mes_trigo              361 non-null   object
1   precio_dolar_trigo_ton 361 non-null   object
2   precio_COP_trigo_ton   361 non-null   object
3   año_impo               63 non-null    float64
4   impo_canti_miles_ton   63 non-null    float64
5   fecha_ipc              301 non-null   object
6   ipc %                  301 non-null   float64
7   fecha_trm              374 non-null   object
8   trm                    374 non-null   object
dtypes: float64(3), object(6)
memory usage: 26.4+ KB
```

Nota. La figura anterior evidencia como se trataron los datos para la correcta interpretación de datos

Al examinar el panel de descriptivo de la figura número 28, evidencia el error 374 esto es por el no uso correcto del formato para las celdas que contengan fechas esto lee los registros como objeto o cadenas de texto. Las celdas que contenga este signo (\$) lo asigna como variable objeto. Por ultimo las casillas que corresponden a NaN o casillas que están en vacías.

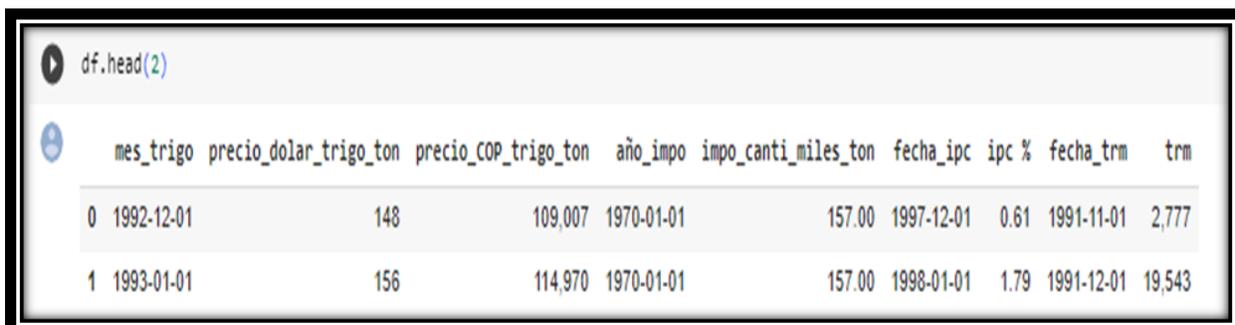
En este punto las variables 'año_impo' y 'impo_canti_miles_ton' no aportan valor para la totalidad de los datos por ahora la determinación es no eliminar la variable ya que hay que examinar y determinar cuál es el total de valores faltantes dentro de cada columna.

Para cambiar los formatos de precio es necesario usar la función iteración con el de reemplazar las columnas ('precio_dolar_trigo_ton', 'precio_COP_trigo_ton', 'trm') y eliminar el símbolo '\$'.

Seguidamente el mismo proceso con las fechas. Esta función (pd.to_datetime) identifica las fechas y las estandariza para generar la lectura sobre ellas.

Figura 29

Visualización final atributos base de datos



```
df.head(2)
```

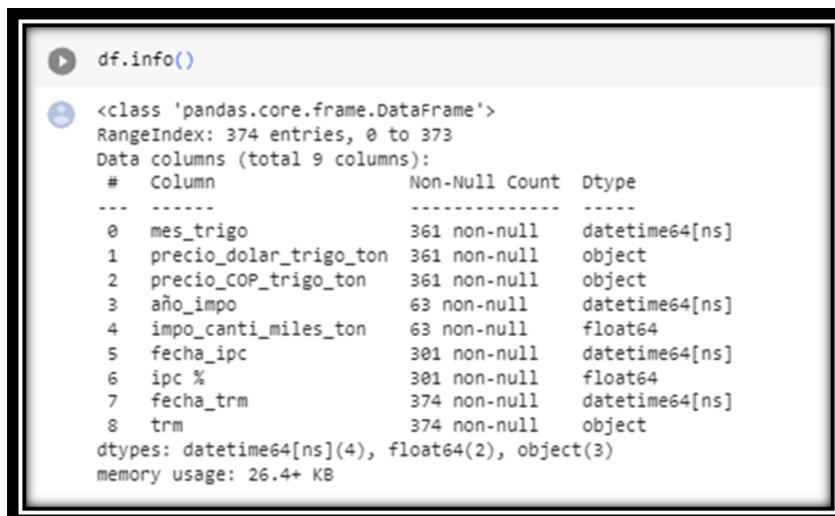
	mes_trigo	precio_dolar_trigo_ton	precio_COP_trigo_ton	año_impo	impo_canti_miles_ton	fecha_ipc	ipc %	fecha_trm	trm
0	1992-12-01	148	109,007	1970-01-01	157.00	1997-12-01	0.61	1991-11-01	2,777
1	1993-01-01	156	114,970	1970-01-01	157.00	1998-01-01	1.79	1991-12-01	19,543

Nota. La figura evidencia la transformación y limpieza de datos con la función iteración.

En la figura número 29 la visualización de dos columnas de registro luego de ser tratadas e iteradas por Python, En este punto los atributos de los datos son entendidas con los formatos correctos, esto se representan como los datos pre-parados.

Figura 30

Panel de descriptivos con la iteración



```
df.info()
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 374 entries, 0 to 373
Data columns (total 9 columns):
#   Column                Non-Null Count  Dtype
---  ---                ---
0   mes_trigo             361 non-null   datetime64[ns]
1   precio_dolar_trigo_ton 361 non-null   object
2   precio_COP_trigo_ton  361 non-null   object
3   año_impo              63 non-null   datetime64[ns]
4   impo_canti_miles_ton  63 non-null   float64
5   fecha_ipc             301 non-null  datetime64[ns]
6   ipc %                 301 non-null  float64
7   fecha_trm            374 non-null  datetime64[ns]
8   trm                   374 non-null  object
dtypes: datetime64[ns](4), float64(2), object(3)
memory usage: 26.4+ KB
```

Nota. En esta Figura se aprecia el panel de descriptivos después de la transformación de los datos el DataFrame describe por 9 columnas con los formatos correctos para su debida interpretación.

En esta figura número 30 evidencia el cambio en la transformación de los datos para que Python lea correctamente el dato. Observe la figura, celda Dytipes muestra un resumen de la cantidad de objetos clasificados y encontrados por Python como series temporales de tiempos.

El nuevo panel de descriptivos muestra que los datos de la base han sido tratados y procesados de manera que Python pueda interpretarlos correctamente. Algunas de las transformaciones realizadas incluyen el cambio de nombre columnas, eliminación de comas en valores numéricos, llenado de valores nulos con ceros y conversión de tipos de datos.

El total de casillas nulos es de un 23 % del total de la base de datos. A priori sería mejor eliminar estas columnas, pero como es bien sabido el sector panificador no es un sector que se caracterice por almacenar datos por ende se mantienen estas columnas con el fin de trabajarlas.

Para evaluar la calidad de los datos, es necesario calcular el porcentaje de los valores nulos por variable en las columnas en un DataFrame, utilizando la función `apply()` y una expresión lambda. Este devuelve una serie booleana que indica qué valores en la columna son nulos. Los valores nulos son representados por `True` y los valores no nulos como `False`, para generar el cálculo porcentual es necesario usar.

Figura 31

La ecuación de valores nulos

Función matemática

$$\text{Porcentaje de valores Nulos} = \frac{(\text{Cantidad de valores nulos en 'x'})}{(\text{Total de Filas en 'x'})} * 100$$

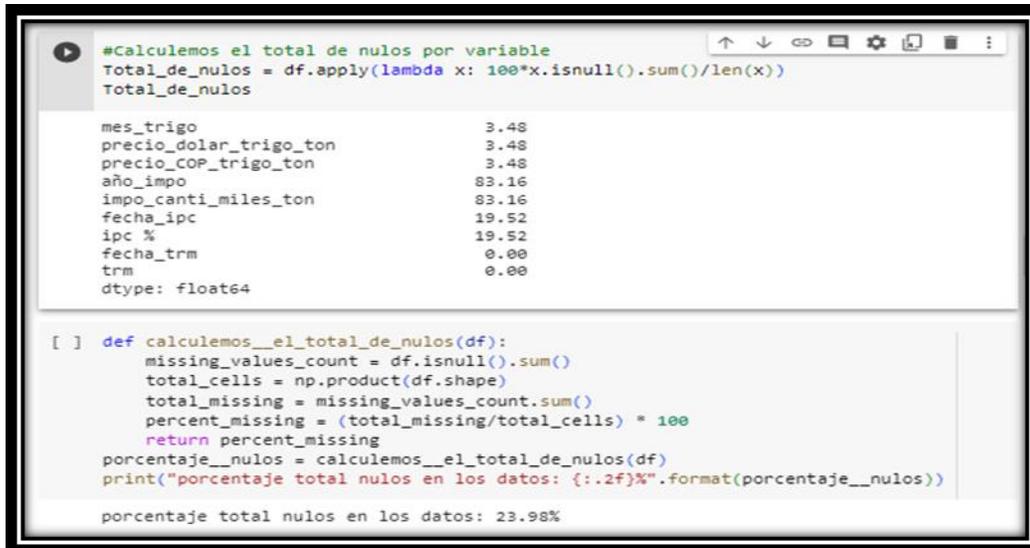
Código Python

$$("100*x.isnull().sum()/len(x)") = \text{Porcentaje de valores Nulos}$$

La figura 31 representa la ecuación que calcula el porcentaje de valores nulos dividiendo la cantidad de total de filas en el DataFrame 'x' por el número total de filas en 'x' y multiplicándolo por 100 para obtener el resultado en forma de porcentaje. Este mide el porcentaje de valores nulos en la columna multiplicando la cantidad de valores nulos por 100 y dividiendo por el número total de registros.

Figura 32

Valores nulos de DataFrame inicial



```
#Calculamos el total de nulos por variable
Total_de_nulos = df.apply(lambda x: 100*x.isnull().sum()/len(x))
Total_de_nulos

mes_trigo                3.48
precio_dolar_trigo_ton   3.48
precio_COP_trigo_ton     3.48
año_impo                 83.16
impo_canti_miles_ton     83.16
fecha_ipc                19.52
ipc %                   19.52
fecha_trm                0.00
trm                     0.00
dtype: float64

[ ] def calculamos_el_total_de_nulos(df):
    missing_values_count = df.isnull().sum()
    total_cells = np.product(df.shape)
    total_missing = missing_values_count.sum()
    percent_missing = (total_missing/total_cells) * 100
    return percent_missing
porcentaje_nulos = calculamos_el_total_de_nulos(df)
print("porcentaje total nulos en los datos: {:.2f}%".format(porcentaje_nulos))

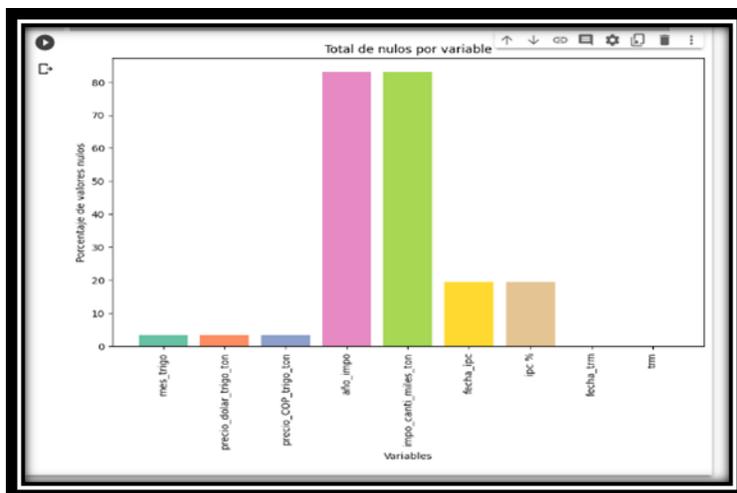
porcentaje total nulos en los datos: 23.98%
```

Nota En esta figura se evidencia el código realizado para determinar la calidad de los datos por medio de calcular el total de nulos

En la figura número 32 evidencia el porcentaje de valores nulos de cada columna del DataFrame inicial, con estos datos pre evaluamos que la columna Trm contiene el menor valor de datos nulos por ende se clasifica esta variable como serie de tiempos del DataFrame Pre eliminar.

Figura 33

Valores nulos de DataFrame inicial en gráfico de barras

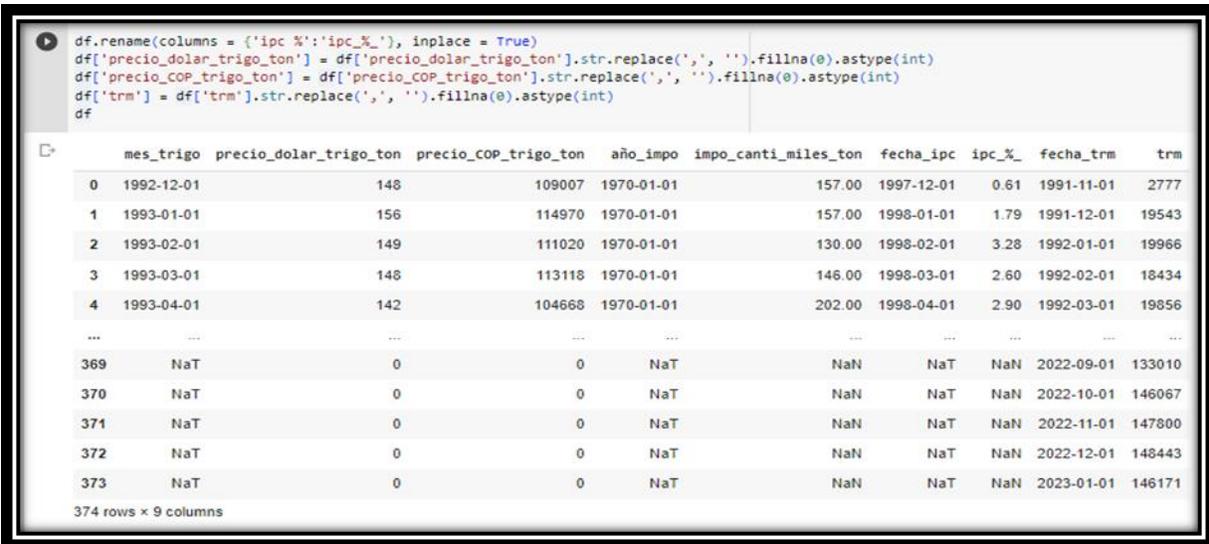


Nota. En este Grafico de barras evidencia el porcentaje de la evaluación de la calidad de los datos con respecto a los valores nulos del DataFrame.

El gráfico de barras de la figura 33 evidencia que los atributos o celdas que menor importancia genera son la cantidad de miles de toneladas con un 83% está es la variable que más celdas nulas contiene, es decir no generan valor. seguidamente está el IPC con un 19 % de casillas nulas. Por otro parte están las columnas que mayor generan valor son representadas por el 0% al TRM y con 3.5 % el precio del trigo o la tonelada de trigo.

Figura 34

Limpieza general de datos



Nota. La figura ilustra el código resultado de la limpieza de datos en las columnas.

En la figura número 34 detalla el tamaño total del DataFrame (374 filas y 9 columnas), ver que hay un 23% de datos nulos en el conjunto de datos. Esto indica que aproximadamente una cuarta parte de los valores en el DataFrame están ausentes o son desconocido.

Para generar un correcto tratamiento en el DataFrame de entrada, es necesario limpiar seguidamente filtrar los datos por eso se usa la herramienta `dropna()` de la librería de pandas, con el fin de eliminar los valores nulos, lo que ayuda a garantizar la calidad en la base de datos.

Figura 35

Filtración de base de datos (Dropna())

```
df = df.dropna()
df
```

	mes_trigo	precio_dolar_trigo_ton	precio_COP_trigo_ton	año_impo	impo_canti_miles_ton	fecha_ipc	ipc_%	fecha_trm	trm
0	1992-12-01	148	109007	1970-01-01	157.00	1997-12-01	0.61	1991-11-01	2777
1	1993-01-01	156	114970	1970-01-01	157.00	1998-01-01	1.79	1991-12-01	19543
2	1993-02-01	149	111020	1970-01-01	130.00	1998-02-01	3.28	1992-01-01	19966
3	1993-03-01	148	113118	1970-01-01	146.00	1998-03-01	2.60	1992-02-01	18434
4	1993-04-01	142	104668	1970-01-01	202.00	1998-04-01	2.90	1992-03-01	19856
...
58	1997-10-01	152	191457	1970-01-01	1705.00	2002-10-01	0.56	1996-10-01	31479
59	1997-11-01	150	193980	1970-01-01	2276.00	2002-11-01	0.78	1996-11-01	29960
60	1997-12-01	145	187473	1970-01-01	1906.00	2002-12-01	0.27	1996-12-01	31050
61	1998-01-01	137	181356	1970-01-01	2040.00	2003-01-01	1.17	1997-01-01	31753
62	1998-02-01	140	188524	1970-01-01	2300.00	2003-02-01	1.11	1997-02-01	30043

63 rows × 9 columns

Nota. La Figura Muestra la base de datos limpia sin valores nulos.

En la figura número 35 se evidencia el uso de la herramienta Dropna este elimina ese 23% de datos nulos, dando a lugar a que aproximadamente ese porcentaje de filas o columnas fueron suprimidas debido a la no generación de valor. Esto implica que la cuarta parte de los datos no tenía información válida o completa que sea funcional para la red neuronal, con la herramienta se filtra la base de datos pre eliminar con un total de 63 filas y 9 columnas.

Conclusiones tratamiento de datos

Este paso se usa en función de preparar la base de datos para realizar operaciones numéricas, la eliminación de comas en los valores o funciones de remplazar datos, son forma vital para que Python itere los números correctamente para realizar operaciones matemáticas y estadísticas adecuadas.

En cada etapa del proyecto se evalúa cuidadosamente el contexto, los objetivos de la organización antes de realizar la eliminación de variables o datos en un conjunto de datos. Es importante considerar las posibles implicaciones y consecuencias de dicha eliminación de datos, además de asegurarse de que se preserve la integridad de los datos.

La eliminación de datos nulos en este caso particular permite trabajar con un conjunto de datos limpio y confiable, aunque reducido el tamaño. Es importante tener en cuenta el porcentaje de eliminación y evaluar cuidadosamente si la pérdida de datos es aceptable en función de los objetivos de la red neuronal.

Generación De Pre-DataFrame Sintético

Los datos generados aleatoriamente bajo supuestos estadísticos pueden ser muy útiles para una investigación científica de carácter académico he industrial, siempre y cuando se utilicen de manera adecuada o se comprendan las limitaciones.

Una vez limpiada, se optimizan los datos de la Data principal. Los investigadores utilizan herramientas de generación en aleatorios de estas bases luego la fase de limpieza para simular una variedad de situaciones o examinar cómo diferentes variables o columnas interactúan en un entorno controlado.

Sin embargo, es importante recordar que los datos generados aleatoriamente no siempre representan la realidad de manera precisa y que los resultados obtenidos a partir de ellos deben ser interpretados con precaución.

Una técnica muy útil puede ser traer nuevos datos reales que se ajusten a la data sintética para comprobar su efectividad. Estos datos deben ser utilizados junto con otros enfoques de investigación, como la recolección de datos entre panaderías para obtener una imagen completa de la realidad que se está investigando.

Figura 36

Seudo aleatorio pre-DataFrame

```
[43] ## Ejemplo
# Creamos un DataFrame de ejemplo
explicacion = pd.DataFrame({
    'col1': [1, 2, 3, 4, 5],
    'col2': [0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5],
    'col3': ['A', 'B', 'C', 'D', 'E']
})

# Aleatorizamos el DataFrame y lo multiplicamos 3 veces
explicacion = pd.concat([explicacion.sample(frac=1.0).reset_index(drop=True) for i in range(3)], ignore_index=True)

# Imprimimos el DataFrame resultante
explicacion
```

	col1	col2	col3
0	4	0.40	D
1	3	0.30	C
2	5	0.50	E

Nota. Explicación del uso de seudo aleatorio dentro de la base de datos

En la figura 36 evidencia un ejemplo del seudo aleatorio el DataFrame llamado 'explicacion' con tres columnas: 'col1', 'col2' y 'col3'. 'col1' cada una contiene valores numéricos del 1 al 5, 'col2' contiene valores decimales del 0.1 al 0.5, y 'col3' contiene letras de la 'A' a la 'E'.

Este utiliza un bucle for para multiplicar el DataFrame original por tres. En cada iteración del bucle, el DataFrame se aleatoriza utilizando el método 'sample(frac=1.0)', que devuelve una muestra de las filas con el parámetro 'frac=1.0' (seleccionan todas las filas en orden aleatorio). Luego, el método 'reset_index(drop=True)' utiliza la base para reiniciar los índices del DataFrame resultante. Por último, el DataFrame aleatorizado agrega a una lista utilizando el método 'concat', que concatena los DataFrame en la lista.

Luego el uso del parámetro 'ignore_index=True' en el método 'concat' para reindexar el DataFrame resultante de la concatenación, de modo que los índices sean secuenciales y no conserven los índices de los DataFrame originales. El DataFrame resultante después de las tres multiplicaciones se asigna nuevamente a la variable 'explicacion'.

Estas líneas de código crean un DataFrame inicial, lo aleatoriza y lo multiplican por sí misma tres veces en cada compilación para obtener un DataFrame resultante que tiene las filas del DataFrame original en un orden aleatorio y repetidas tres veces

Figura 37

Serie temporal de tiempos DataFrame de estudio

```
import pandas as pd

# Cargar los datos de la serie temporal desde tu base de datos o archivo
df = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/itachiwey/trigo/main/dasborad-1.csv')

# Convertir la columna de fechas a formato de fecha
df['fecha'] = pd.to_datetime(df['fecha_trm'])

# Encontrar la fecha de inicio y la fecha final
fecha_inicio = df['fecha_trm'].min()
fecha_final = df['fecha_trm'].max()

# Imprimir las fechas obtenidas
print("Fecha de inicio:", fecha_inicio)
print("Fecha final:", fecha_final)

Fecha de inicio: 1/1/1992
Fecha final: 9/1/2022
```

Nota. De acuerdo a la data inicial de estudio se estable una serie temporal de tiempos histórica de inicio 1/1/1992 al primero 9/1/2022

En la figura número 37 se establece la serie temporal de tiempos de los datos históricos, encontrados por la investigación de acuerdo a las necesidades del sector panificador y de acuerdo a la base de datos.

La Grafica total de nullos por variable establece la serie temporal de tiempos como la variable que mayor nulidad presenta es el TRM con un 0% es la variable más fiable del DataFrame.

Figura 38

Generación de Pre-DataFrame Predicción

	mes_trigo	precio_dolar_trigo_ton	precio_COP_trigo_ton	año_impo	impo_canti_miles_ton	fecha_ipc	ipc %	fecha_trm	trm	fecha
0	8/1/1994	\$ 148	\$ 118,974	1980.00	341.00	1999-08	0.50	7/1/1993	\$ 24,845	1993-07-01
1	11/1/1995	\$ 204	\$ 204,041	1995.00	1003.00	2000-11	0.33	10/1/1994	\$ 28,010	1994-10-01
2	11/1/1993	\$ 147	\$ 119,083	1971.00	448.00	1998-11	0.17	10/1/1992	\$ 21,942	1992-10-01
3	8/1/1997	\$ 148	\$ 180,579	2014.00	1827.00	2002-08	0.43	8/1/1996	\$ 32,148	1996-08-01
4	12/1/1995	\$ 209	\$ 208,298	1998.00	918.00	2000-12	0.48	11/1/1994	\$ 24,888	1994-11-01
...
184	10/1/1996	\$ 178	\$ 180,808	2008.00	1241.00	2001-10	0.19	10/1/1995	\$ 30,538	1995-10-01
185	3/1/1997	\$ 177	\$ 187,588	2011.00	1525.00	2002-03	0.71	3/1/1996	\$ 32,394	1996-03-01
186	11/1/1994	\$ 162	\$ 135,728	1983.00	650.00	1999-11	0.48	10/1/1993	\$ 25,249	1993-10-01
187	11/1/1997	\$ 150	\$ 193,980	2019.00	2276.00	2002-11	0.78	11/1/1996	\$ 29,980	1996-11-01
188	9/1/1996	\$ 179	\$ 188,012	2005.00	1311.00	2001-09	0.37	9/1/1995	\$ 28,901	1995-09-01

189 rows x 10 columns

Nota. La Figura anterior ilustra la creación de los datos de acuerdo a la serie temporal de tiempos establecida por la investigación.

La figura número 38 muestra la creación de datos basados en una serie temporal de tiempos establecida en el contexto de la investigación. Esta serie temporal generar pre-datos que representen el comportamiento de la variable de interés a lo largo del tiempo.

Conclusión Pre-dataframe sintético

Luego de que la base datos este limpia y tratada se genera un aleatorio con el fin de aumentar las variabilidades de los datos. Esto puede ser útil para ciertos análisis, como la validación cruzada o la generación de conjuntos de datos de entrenamiento y prueba.

Realizando este Pre-procedimiento la base de datos original pasa de 63 filas y 9 columnas a una base de datos de 1889 filas y 9 columnas

Generación de DataFrame con conocimiento del negocio

En la figura “Desarrollo de la red neuronal” se cumplieros los primeros pasos al establecer la búsqueda de las variables que mayor afectan el precio final del pan y las series temporales de tiempo.

El desarrollo del primer objetivo específico toma forma al abarcar la brecha de alcance al desarrollar la gestión indicada de los datos o calidad de datos. En este punto la red neuronal recopila datos de entrada de forma efectiva asegurando el formato de cada atributo.

El análisis anterior y el conocimiento del negocio del sector panificador une los conocimientos de la investigación con lo encontrado en el área de trabajo de acuerdo a que las variables encontradas sí son importantes para la investigación se genera una combinación de variables donde el pre-DataFrame establece los datos que la panadería debería recopilar para establecer el precio final del pan, con la finalidad de brindar un alcance de construcción en la red neuronal futuro y de acuerdo a los datos crear un modelo de negocio en base a un tablero de frecuencia agrupado suministrado por la red neuronal de acuerdo a la variable de estudio.

Figura 39

Variables de estudio investigación escogidas como datos de entrada

Variables de estudio	
tipo_de_pan	peso_en_gramos cantidad_de_harina_en_gramos
	cantidad_de_levadura_en_gramos cantidad_de_sal_en_gramos
	costo_de_los_ingredientes_en_usd costo_mano_deobra_en_usd
	costo_de_gastos_generales_en_usd precio_de_venta_en_usd
	precio_COP_trigo_x_tonelada IPC_%_ TRM fecha

Nota. Variables de estudio escogidas por la investigación y el equipo de trabajo

Generación de DataFrame de estudio: Experiencia de negocio.

https://raw.githubusercontent.com/itachiwey/trigo/main/final_data_for_production.csv

Nota: Descargable final Base de datos para trabajar

La figura número 39 representa el panel general de estadísticos de los datos analizados. Proporciona información resumida sobre la distribución y las características de la variable de interés.

Figura 40

Descripción de la fórmula para establecer precio del pan

Precio de venta = Suma (Costos de los ingredientes + costo de la mano de obra + Costo de los gastos)

Código en Python:

```
precio_venta = np.round(costo_ing + costo_mo + costo_gg + np.random.normal(loc=2.0, scale=0.5, size=1000), 2)
```

Nota. Formula Creación y conocimiento del negocio.

En la figura número 26 se establece la fórmula que calcula el precio de venta sumando los costos de ingredientes, mano de obra y gastos generales, luego añade un componente aleatorio basado en una distribución normal. Esta fórmula permite tener en cuenta los costos involucrados en la producción al introducir una variabilidad aleatoria, refleja la naturaleza dinámica de los precios de venta en el mercado.

Desglose de formula

costo_de_los_ingredientes_en_usd: Representa el costo de los ingredientes necesarios para producir el producto o servicio. Este costo puede incluir el precio de los alimentos, materiales o cualquier otro insumo utilizado en la producción.

costo_mano_de_obra_en_usd: Corresponde al costo de la mano de obra requerida para llevar a cabo la producción. Incluye los salarios, beneficios y otros gastos relacionados con los trabajadores involucrados en la fabricación del producto o prestación del servicio.

costo_de_gastos_generales_en_usd: Hace referencia al costo de los gastos generales asociados con la producción. Estos gastos pueden incluir el alquiler de instalaciones, servicios públicos, seguros y otros costos indirectos necesarios para llevar a cabo la operación.

Detalles Panel de descriptivos variabilidad precio:

`np.random.normal(loc=2.0, scale=0.5, size=1000)`: Esta parte de la fórmula genera una serie de valores aleatorios que siguen una distribución normal. Estos valores agregan el costo total para introducir cierta variabilidad en el precio de venta.

`np.round(..., 2)`: La función `np.round()` se utiliza para redondear el resultado final del cálculo a dos decimales, lo que proporciona un valor más legible y manejable en términos monetarios.

Figura 41

Generación DataFrame de estudio: análisis de descriptivos



	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
peso_en_gramos	1000.00	822.65	203.80	300.00	450.00	650.00	800.00	950.00
cantidad_de_harina_en_gramos	1000.00	428.70	144.06	200.00	300.00	450.00	550.00	650.00
cantidad_de_levadura_en_gramos	1000.00	11.91	4.32	5.00	8.00	12.00	16.00	19.00
cantidad_de_sal_en_gramos	1000.00	9.45	2.81	5.00	7.00	10.00	12.00	14.00
costo_de_los_ingredientes_en_usd	1000.00	2.26	1.00	0.50	1.38	2.23	3.14	4.00
costo_mano_de_obra_en_usd	1000.00	1.49	0.57	0.50	0.99	1.50	1.99	2.50
costo_de_gastos_generales_en_usd	1000.00	0.81	0.41	0.10	0.45	0.81	1.17	1.50
precio_de_venta_en_usd	1000.00	6.58	1.30	3.27	5.65	6.58	7.54	10.24
precio_COP_trigo_x_tonelada	1000.00	1251931.92	141120.07	1000211.21	1137798.05	1247749.27	1389055.74	1499592.45
IPC_%_	1000.00	2.48	0.87	1.00	1.70	2.48	3.23	4.00
TRM	1000.00	3511.42	284.16	3002.30	3288.72	3496.52	3759.85	3999.94

Nota. La figura ilustra el panel de descriptivos generales de todos los datos de estudio.

En la figura número 41 evidencia la compilación del panel de descriptivos generales que resume las características principales de todos los datos de estudio. Este panel proporciona información estadística clave que ayuda a comprender la distribución y las propiedades de los datos.

En el panel de descriptivos, se compone por las siguientes variables:

Conteo: Representa el número total de observaciones en el conjunto de datos.

Media: Es el valor promedio de los datos, que indica la tendencia central de la distribución.

Desviación estándar: Indica la dispersión de los datos alrededor de la media. Cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será la variabilidad de los datos.

Valor mínimo: Es el valor más pequeño en el conjunto de datos.

Percentil 25%: Es el valor que divide los datos en el 25% inferior. También conocido como el primer cuartil, indica el punto en el que el 25% de los datos son menores y el 75% son mayores.

Mediana: Es el valor que se encuentra en el centro de los datos cuando se ordenan de menor a mayor. Divide los datos en dos partes iguales, donde el 50% de los datos son menores y el 50% son mayores.

Percentil 75%: Es el valor que divide los datos en el 75% inferior. También conocido como el tercer cuartil, indica el punto en el que el 75% de los datos son menores y el 25% son mayores.

Valor máximo: Es el valor más grande en el conjunto de datos.

Estos descriptivos generales bosquejan una visión general del negocio al describir la distribución de los datos en un tablero de frecuencia acumulada permite hallar patrones entre los datos, dependiendo de las variables y análisis posibles entre la jerarquizar y patrones en el sistema de negocio del sector panificador.

11. CARACTERIZACIÓN DE DESARROLLO PROPUESTA EMPRESA DE ESTUDIO

Objetivo: Construir Red Neuronal Artificial para el planteamiento del primer tablero de frecuencia y pronosticar el precio del pan.

Datos requeridos

Precio de venta: Establecido por planeación estratégica de la organización 0.11 Usd y 0.32 Usd entre 500 y 1500 pesos colombianos.

N=1000 Datos

Serie Temporal de Tiempos: 2022-01-01 hasta 2024-09-26 (“diaria”)

Variable de estudio escogida en el panel de descriptivos: precio_de_venta_en_usd

Condición particular del sistema: Valor Variable Trm cambia a Fecha de estudio

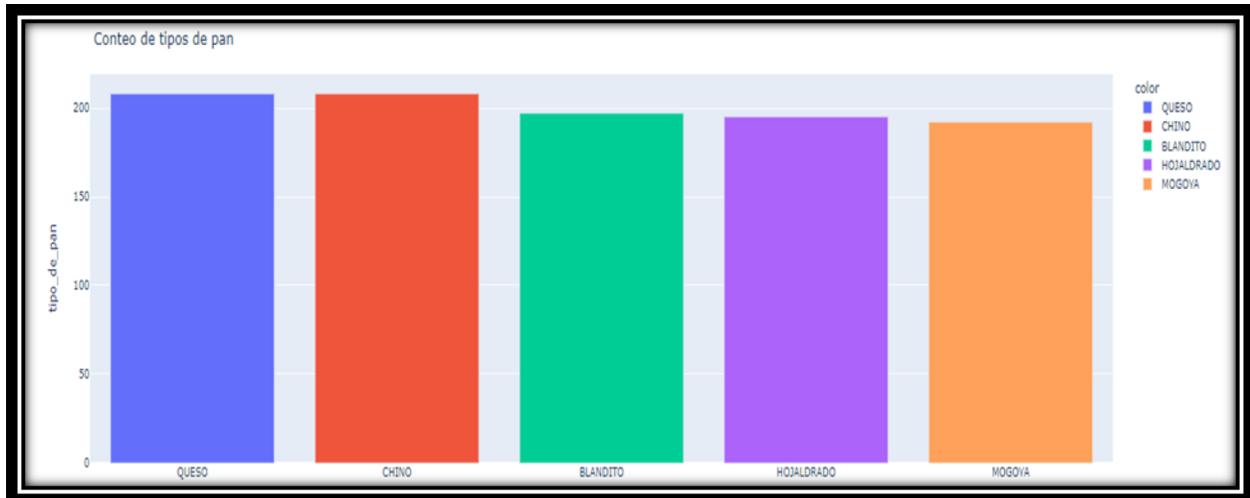
Condición particular del sistema: Minimizar la incertidumbre en un ambiente de producción con demasiada variabilidad en precios.

Épocas: 50 número de veces que un algoritmo de aprendizaje automático procesa todo el conjunto de datos durante el entrenamiento de un modelo.

Alcance: Construcción de la red neuronal y analizar resultados de datos del futuro precio del pan.

Figura 42

Productos de estudio: productos de pan escogidos por la organización



Nota. Cantidad de Productos y productos de estudio de la panificadora.

En la figura número 42 se evidencia los productos Mogoya, Hojaldrado, Queso, Blandito y chino. Reflejados en la gráfica de barras son los elegidos por la panadería para el estudio de investigación con el fin de crear un estándar en los productos que mayor venta o impacto genera en la empresa panificadora. Este establecimiento de productos se lleva a cabo bajo método empírico entre Dueño, líder admirativo y panadero.

Construcción de la red neuronal.

Instalación de librerías: Numpy, Pandas, matplotlib, Seaborn, Sklearn, OnehotEncoder, StandarScaler, train test Split, Secuencial, RNA Secuencial, Densa.

Figura 43

Carga de datos usando link: generación de DataFrame de estudio

```
[3] # importacion de los datos ya gestionados para predecir el precio del pan
df = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/itachiwey/trigo/main/final_data_for_production.csv')
# Generar una columna con precios aleatorios
# 0.11 Usd y 0.32 Usd
precios_aleatorios = np.random.uniform(low=0.11, high=0.32, size=1000)
# Creación de la variable con nuevos precios de dolares
df["Precio_dólar_por_unidad"] = precios_aleatorios
# Conversion a peso colombiano, creación de la variable
precios_en_pesos_colombianos = precios_aleatorios * 4.400
df["Precio_pesos_colombianos"] = precios_en_pesos_colombianos
# Variable original divida en 10
df["precio_venta_xunidad_usd"] = df["precio_venta_usd"] / 10
#orden
df = df.reindex(['tipo_de_pan', 'cantidad_de_harina_en_gramos', 'cantidad_de_levadura_en_gramos',
                'cantidad_de_sal_en_gramos', 'peso_en_gramos', 'costo_de_los_ingredientes_en_usd', 'costo_de_gastos_generales_en_usd',
                'costo_mano_de_obra_en_usd', 'precio_COP_trigo_x_tonelada', 'precio_venta_en_usd', 'precio_venta_xunidad_usd', 'Precio_dólar_por_unidad',
                'Precio_pesos_colombianos', 'IPC_%', 'TRM', 'fecha'], axis='columns')
df.head()
```

Nota. La Figura ilustra cómo se están tratando los datos de acuerdo a la investigación y las necesidades del negocio.

El objetivo de la figura número 43 es proporcionar una representación clara y visual del flujo de trabajo en los métodos utilizados para el tratamiento de datos, lo cual es esencial para comprender cómo se obtiene la información o cómo se aplica en el contexto de la investigación o las necesidades del negocio.

De acuerdo al tratamiento de datos el investigador asegura la calidad de los datos en cada etapa del proceso de construcción con el fin que Python entienda los formatos de los atributos de entrada y evitando los sobre ajustes de la creación del modelo predictivo.

Establecer los precios de venta: 0,11 Usd entre 0.32 Usd.

Dato Requeridos para analizar el precio diario de los productos.

Nota: Datos Extraídos Caracterización del Problema

Establecer precio TRM día de estudio

Propuesto por el investigador \$4.400

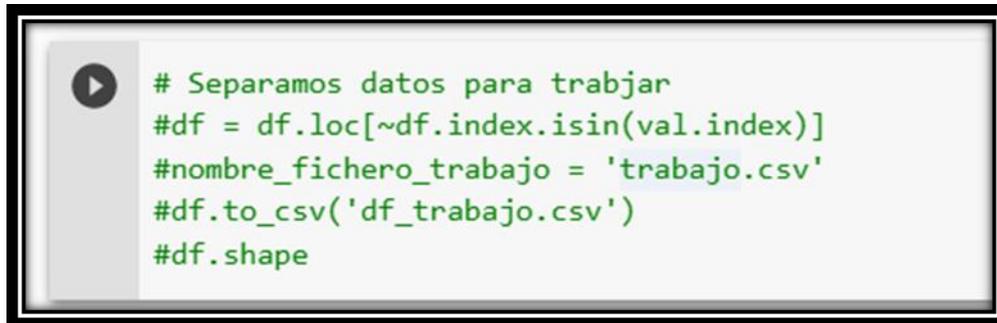
Dato Requeridos para analizar el TRM diario de los productos.

Nota: Datos Extraídos Caracterización del Problema

Separación Dataframe para trabajar en este caso: 80% entrenamiento y 20 % Validación

Figura 44

Carga de datos usando link: generación de DataFrame de estudio

A screenshot of a code editor window with a black border. On the left side, there is a grey vertical bar containing a black play button icon. The main area of the editor is white and contains five lines of Python code in a green monospace font. The code is as follows:

```
# Separamos datos para trabajar
#df = df.loc[~df.index.isin(val.index)]
#nombre_fichero_trabajo = 'trabajo.csv'
#df.to_csv('df_trabajo.csv')
#df.shape
```

Nota. La imagen ilustra la programación para separar los datos de entrenamiento y validación de la red neuronal.

En la figura número 44 evidencia, las líneas de código descritas separan los datos de la siguiente manera 800 datos de entrenamiento y 200 datos de validación con el fin de que la red neuronal interprete evalúe o valide los datos de forma separada, esta técnica es llamada “capar los datos”.

Esta técnica permite generar la tercera y última validación de datos en la calidad del tratamiento de datos, con este proceso verifica que los datos cumplen con las técnicas dispuestas en los marcos de referenciales o la correcta interpretación de las jerarquías de datos entre Python y el ambiente de producción.

Variable predictora: Precio_dólar_por_unidad.

Nota: Datos extraídos por los atributos del DataFrame, Asegurarse de que la variable se convierta en Precio_pesos_colombianos.

Figura 45

Procesamiento de los datos variables Ohe, encoded x_numerical

```
[ ] # Preprocesamiento de los datos
    ohe = OneHotEncoder(sparse_output=False)
    encoded = ohe.fit_transform(df[['tipo_de_pan']])
    X_numerical = df.drop(['tipo_de_pan', 'Precio_pesos_colombianos', 'Precio_dólar_por_unidad', 'fecha'], axis=1)

[ ] print(f'Datos de entrenamiento {df.shape}')

Datos de entrenamiento (1000, 21)
```

Nota. La imagen anterior ilustra el código en las variables que almacenan los datos de la red neuronal.

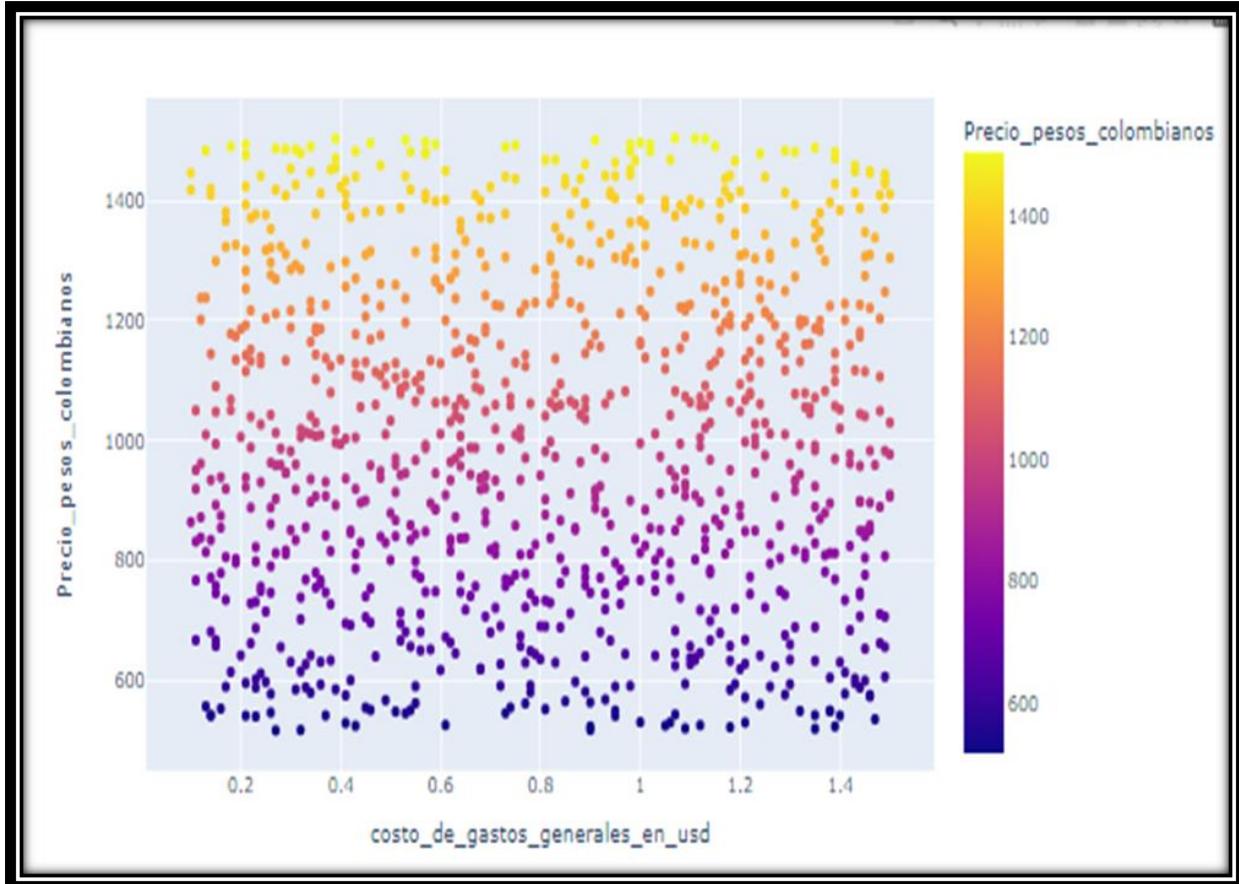
La figura número 45 ilustra un proceso de pre procesamiento de datos utilizando los datos para el análisis o modelado posterior la técnica de codificación one-hot (OneHotEncoder) la columna 'tipo_de_pan' se codifica mediante la técnica one-hot, lo que genera nuevas columnas binarias para que la red neuronal entienda las cadenas de textos o en este caso el tipo de productos que la panificadora necesita analizar, en la parte Inferior de la figura se describe el tamaño de los daros de entrenamiento 1000 registros y 21 filas.

Por último, crear un nuevo DataFrame llamado X_numerical que contiene las columnas numéricas o usadas para hallar la predicción resultante.

Según este análisis, grafica las variables de estudio que mayor impacto genera en el sector panificador para verificar las tendencias de estas variables precio del pan vs costo de los ingredientes, Por medio de esta gráfica.

Figura 46

Análisis Sesgo (precio vs costos)



Nota. La figura ilustra el código y crea un gráfico de dispersión utilizando los datos del DataFrame entre el precio de venta y los costos de los ingredientes.

El gráfico de dispersión de la figura número 32 ilustra una nube de puntos en un plano bidimensional. En el eje X representa la variable "costo_de_gastos_generales_en_usd" y en el eje Y se representa la variable "Precio_pesos_colombianos". Cada punto en el gráfico significa una observación en los datos.

El mapa de calor de la figura 32 ilustra un costo un mayor para un pan de 6,160 pesos vender a 14.000 pesos o el menor costos para un pan en el mapa es de 600 pesos esto quiere decir que el líder debe comprar material de insumo por los 2.600 pesos por lata o lote de producción, la ideal interpretación de este mapa agrupa la linealidad del modelo predictivo indicando que no tienen sesgo al demostrar la linealidad de directamente

proporción entre los costos y el precio establecido en la fórmula para crear en la red neuronal, cabe resaltar que lo ideal para la panadería es establecer precios en costos entre 0.6 dólares y 1.2 dólares para vender pan entre los 600 pesos y 1200 pesos colombianos.

Figura 47

Declaración de variables en el procesamiento de los datos

```
[ ] ohe
    OneHotEncoder
    OneHotEncoder(sparse_output=False)

[ ] encoded

array([[0., 0., 0., 0., 1.],
       [0., 0., 1., 0., 0.],
       [0., 1., 0., 0., 0.],
       ...,
       [0., 1., 0., 0., 0.],
       [0., 0., 0., 1., 0.],
       [0., 0., 0., 0., 1.]])

[ ] X = np.concatenate([X_numerical, encoded], axis=1)
    scaler = StandardScaler()
    X_scaled = scaler.fit_transform(X)
    y = df['Precio_pesos_colombianos']
```

Nota. La figura anterior refleja como Python itera e interpreta las variables que almacenan los datos.

En la figura 47 describen los pasos de la red neuronal para entender los datos procesados.

Conversión de los atributos textos a 1 y 0 por tipo de pan.

Instanciar objetos fusión en la variable OneHotEncoder

Instanciar objetos fusión en la variable Enco encoded Tipo de pan

Variables numéricas predictoras variable: x_numerical

Variables numéricas predictoras variable: y_Prededir('precio_de_venta_en_usd')

Figura 48

Matriz Array almacenado en variable 'X' [].

```
[ ] ## Array Predictor
X
array([[550., 13., 7., ..., 0., 0., 1.],
       [600., 14., 14., ..., 1., 0., 0.],
       [650., 19., 11., ..., 0., 0., 0.],
       ...,
       [350., 12., 12., ..., 0., 0., 0.],
       [650., 10., 5., ..., 0., 1., 0.],
       [350., 11., 11., ..., 0., 0., 1.]])

##Valor Target
y
0      806.248977
1     1086.852242
2     1297.589829
3      848.080054
4     1001.428525
...
995    1356.893905
996     877.044559
997    1405.032063
998    1431.107377
999     707.521167
Name: Precio_pesos_colombianos, Length: 1000, dtype: float64
```

Nota. En la Figura anterior muestra la matriz predictor (X) y la Target (y) en forma matricial.

En la figura 48 se relaciona la matriz (o arreglo) en programación. Una estructura de datos que almacena elementos del mismo tipo en una estructura rectangular compuesta por filas y columnas. En el contexto de Python, con un array puede ser representado

utilizando la biblioteca NumPy, que proporciona una amplia funcionalidad para trabajar con matrices y realizar operaciones numéricas eficientes.

Luego de que la información este en forma convertida de matricial se procede a definir la estructura de la red neuronal para brindar el aprendizaje automático y el cálculo de los pesos entre las neuronas.

Figura 49

Arquitectura de la red neuronal

```
# La primera capa tiene 64 neuronas y se define con la función de activación relu.
model.add(Dense(64, input_dim=X_train.shape[1], activation='relu'))
# La segunda capa tiene 32 neuronas y también se define con la función de activación relu.
model.add(Dense(32, activation='relu'))
# La tercera y última capa tiene una sola neurona y se define con la función de activación lineal.
# Esta capa produce la salida final del modelo, que es una predicción continua de la variable objetivo
model.add(Dense(1, activation='linear'))
```

Nota. Código de la estructura de la red neuronal, entrada (1=64 neuronal=Relu), Oculta (2=32 neuronal=Relu) Salida (3=1 neuronal=Lineal) no se puede más de 100 neuronas nivel computacional.

En la figura 49 relaciona el código que crea la arquitectura la red neuronal para proceder la creación y configuración de la estructura de la red neuronal con la función de precio establecida.

Capa de entrada: Esta capa consta de 64 neuronas, y cada una de estas neuronas está conectada a una característica o variable de entrada. Se utiliza la función de activación ReLU (Rectified Linear Unit) en cada una de estas neuronas. La función ReLU es una función no lineal que activa la neurona si el valor de entrada es mayor que cero y la desactiva si es menor o igual a cero.

Capa oculta: Hay dos capas ocultas en esta red neuronal cada capa tiene 32 neuronas. Las capas ocultas se encuentran entre la capa de entrada y la capa de salida se utilizan para extraer características o patrones más complejos de los datos de entrada, las neuronas en las capas ocultas también utilizan la función de activación ReLU.

Capa de salida: Esta capa tiene 3 neuronas o utiliza una función de activación lineal, la función lineal simplemente produce la suma ponderada de las entradas sin aplicar ninguna transformación no lineal adicional, esta capa de salida general se utiliza para producir las salidas finales de la red neuronal, este caso es una salida.

La arquitectura descrita tiene restricciones en cuanto al número máximo de neuronas en cada capa, limitado a un máximo de 100 neuronas según la especificación dada. Esta limitación se puede establecer por razones de rendimiento computacional o para evitar un exceso de complejidad en la red neuronal.

Cada peso o conexión entre las neuronas son diferentes a las capas y se asocia con un peso, que determina la influencia de una neurona en la salida de otra. Estos pesos se ajustan durante el proceso de entrenamiento de la red neuronal para optimizar su rendimiento en la tarea específica de predecir el precio futuro del pan.

Figura 50

Código modelo predictivo con uso de la función de pérdida (Predicción)

```
# Compilar el modelo
# El modelo se compila utilizando la función de pérdida mse (error cuadrático medio) y el optimizador adam.
model.compile(loss='mse', optimizer='adam', metrics=['mse', 'mae'])

# Entrenar el modelo
# El modelo se entrena durante 50 épocas con un tamaño de lote de 32 y un conjunto de validación del 20% (validation_split=0.2).
# El conjunto de validación se utiliza para evaluar la pérdida y las métricas en el conjunto de datos que el modelo no ha visto durante el entrenamiento.
model.fit(X_train, y_train, epochs=50, batch_size=32, validation_split=0.2)

# Evaluar el modelo en los datos de prueba
# Finalmente, el modelo se evalúa en el conjunto de prueba (X_test, y_test) y se informa la pérdida mse y la métrica mae.
mse, _ , mae = model.evaluate(X_test, y_test)
print(f"Mean squared error: {mse:.2f}, Mean absolute error: {mae:.2f}")
```

Nota. La figura describe el código en 3 partes la compilación del modelo con la función adam, entrenamiento del modelo, evaluación de modelo predictivo.

En el código ilustrado en la figura número 50, utiliza los datos de entrada 'X' diferentes a la variable Y, las etiquetas en 'y' como predictoras entrenan el modelo de red neuronal densa. Luego, se dividen los datos en el conjunto de datos entrenamiento o prueba estos se utilizan para la función train_test_split de Scikit-learn.

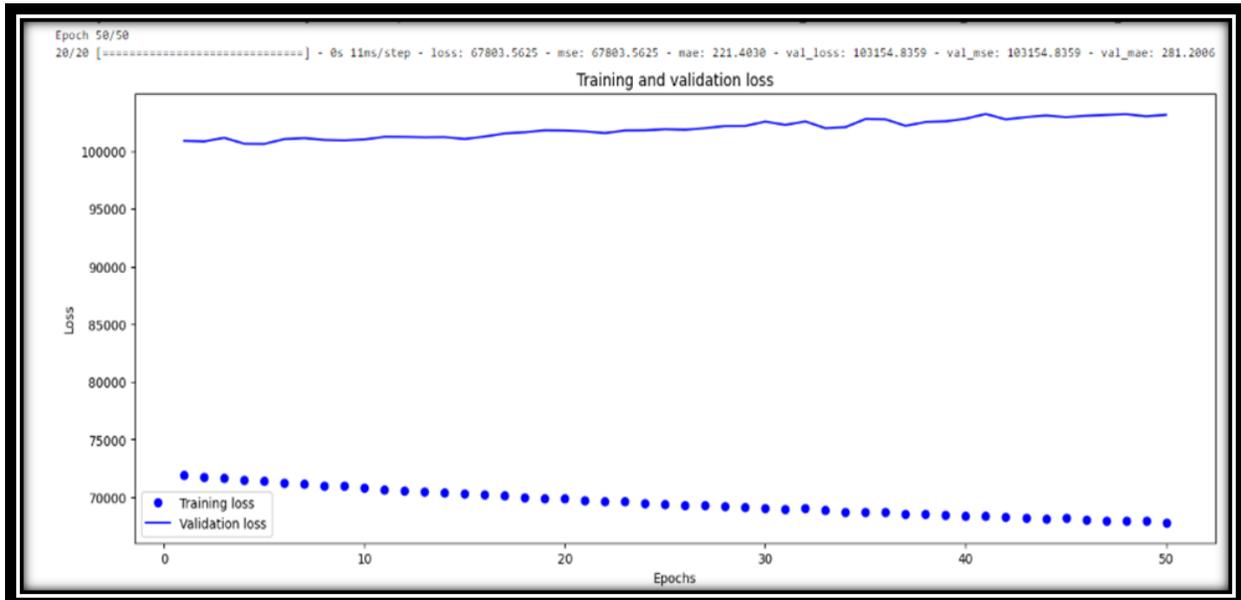
El modelo entrena dependiendo la calidad de datos en función al conjunto de entrenamiento (X_train y y_train), para realizar predicciones en el conjunto de prueba

(X_test) utilizando el método predict del python. A continuación, se calcula la función de pérdida utilizando la métrica de adam, o tableros de frecuencia, en este caso, el error cuadrático medio (mean_squared_error) de Scikit-learn o desviación estándar del modelo predictivo.

Finalmente, la función de activación indica que el modelo cobra vida y trata de expresar este entendimiento en números o funciones numéricas en la salida del modelo, en este paso la red neuronal entiende los patrones de la base de datos y trabaja en función de la variable predictora 'y' dependiendo de las épocas establecidas, para este estudio la red establecida es de (50) épocas, cabe resaltar que las épocas no son lo mismo a la serie temporal de tiempos establecida por los resultados de la predicción, las épocas se establecen a criterio del investigador o las veces que se dese evaluar el modelo .

Figura 51

Evaluar el modelo de los datos: MSE MAE error medio cuadrático, error medio absoluto



Nota. El "training loss" y "validation loss" (función de pérdida de entrenamiento y función de validación, respectivamente) son métricas utilizadas en el entrenamiento y evaluación de modelos de machine learning.

La figura 51 describe el "training loss" y demuestra cómo disminuye la pérdida a medida que el modelo se entrena con los datos de entrenamiento. Se espera que esta curva

disminuya con el tiempo, ya que el objetivo del entrenamiento es minimizar la pérdida y ajustar el modelo a los datos de entrenamiento.

El gráfico del "validation loss" refleja cómo varía la pérdida en el conjunto de validación a medida que el modelo se entrena. El conjunto de validación se utiliza para evaluar el rendimiento del modelo en datos no vistos durante el entrenamiento. Se espera que la pérdida en el conjunto de validación disminuya inicialmente a medida que el modelo mejora, pero eventualmente puede comenzar a aumentar si el modelo comienza a sobreajustarse a los datos de entrenamiento.

Este código generará una gráfica que muestra la evolución de la función de pérdida durante el entrenamiento del modelo. La línea azul representa la pérdida en el conjunto de entrenamiento y la línea de puntos representa la pérdida en el conjunto de validación. La gráfica permitirá visualizar si el modelo está sobreajustando (overfitting) o subajustando (underfitting) a los datos.

Figura 52

Descripción métricas de rendimiento red neuronal

Indicadores de Efectividad del modelo
loss: 83590.9062 - mse: 83590.9062 - mae: 251.0133
Mean squared error: 83590.91, Mean absolute error: 251.01

Nota. Indicadores de efectividad del modelo, Estos indicadores evalúan la forma en la que la red neuronal predice los datos con respecto a la base datos de estudio.

La figura número 52 representan los índices de rendimiento de la red neuronal con MSE (Mean Squared Error): El valor de MSE obtenido es de 8,359 pesos colombianos, indica que, en promedio, las predicciones del modelo difieren en alrededor de 8,359 unidades al cuadrado de los valores reales del precio del pan.

MAE (Mean Absolute Error): El valor de MAE obtenido es de 251 pesos colombianos, lo que indica que, en promedio, las predicciones del modelo difieren en alrededor de 251 unidades del valor real del precio del pan. El MAE es una medida absoluta.

El modelo de red neuronal utilizado para predecir el precio del pan ha logrado reducir significativamente el error en comparación con el promedio de los valores reales. El MSE de 8,359 pesos colombianos, indica que las predicciones del modelo difieren, en promedio, si la diferencia es de 8,359 pesos de valor el mse estaría sobre ajustado pero para la creación de un modelo es mejor penalizar sobre el mae en comparación al valor real del precio del pan.

El MAE penaliza la base de datos en valor absoluto y brinda un panorama general de acuerdo a la predicción de 251 pesos colombianos indica que las predicciones del modelo difieren en aproximadamente 251 unidades en comparación del valor real del precio del pan.

Estos resultados sugieren que el modelo está capturando cierta tendencia o patrón en los datos y es capaz de hacer predicciones con un nivel aceptable de precisión. Aunque el error aún existe, es comprensible dada a la creación del modelo y la naturaleza compleja en variabilidad de precio del pan.

Figura 53

Estadísticos de descriptivos



	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
Precio_pesos_colombianos	200.00	931.15	275.20	489.99	683.47	928.18	1168.34	1407.03
Predicción	200.00	942.17	84.76	787.35	902.85	935.75	981.13	1203.98

Nota. La función describe() aplicada a un DataFrame en pandas proporciona un resumen estadístico de las columnas numéricas del DataFrame. Al aplicar describe() y luego transponer el resultado con .T, obtenemos un resumen estadístico transpuesto.

Según el resumen estadístico de la figura 53 se proporciona la validación de la predicción con respecto a los valores reales del DataFrame para la columna "Precio_pesos_colombianos":

Atributo : "Precio_pesos_colombianos"

El total de valores de validación 200.

El valor promedio de precios ronda los 931 pesos colombianos aproximadamente con respecto al promedio de los precios. Es útil para tener una idea general del nivel de precios y que tan alejando la empresa de estudio está en media de los precios.

La desviación estándar del modelo indica que los valores tienden a dispersarse alrededor de 2.750. pesos colombianos del precio final del pan y 64 pesos es la desviación de la predicción aquí evaluamos que el modelo predice de forma adecuada.

El valor mínimo registrado del pan vende en 4.89 es decir que el pan en promedio se vende a 500 pesos como lo establece la planeación estratégica.

El percentil 25 indica que el 25% de los datos tiene un valor menor a 683 pesos es decir que alrededor del 25 % de los productos son vendidos sobre este percentil.

El percentil 50 (mediana) se encuentra en aproximadamente 928 pesos, lo que indica que en promedio el 50% de los productos tiene un valor menor a 900 pesos y el otro 50% tiene un valor mayor a este.

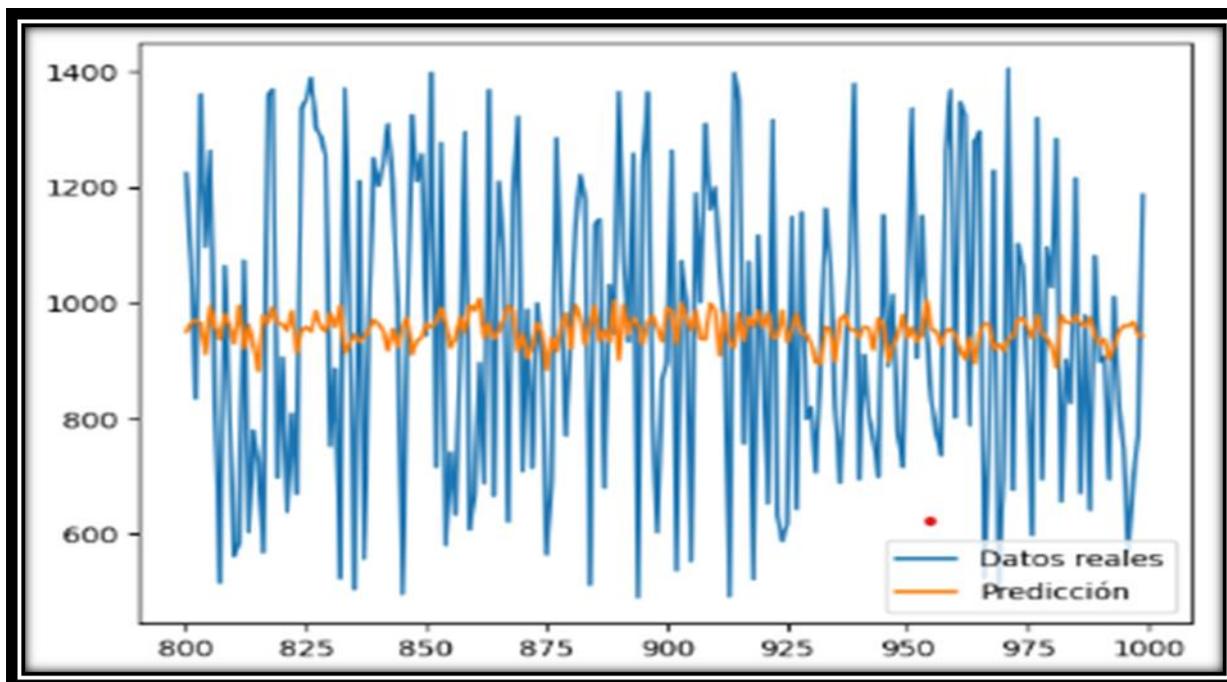
El percentil 75 muestra que el 75% de los precios del pan ronda en mayor a 1168 pesos.

El valor máximo registrado para el pan es de aproximadamente 1.407 pesos.

El valor mínimo es aproximadamente 500 pesos colombianos indica el precio más bajo registrado en la muestra de datos. Observando el mapa de calor y considerando la estrategia de la empresa, se puede notar que el precio promedio establecido es de 500 pesos. Sin embargo, hay margen para aumentar el precio del pan en alrededor de 100 o 200 pesos sin afectar significativamente el bolsillo del consumidor, siempre y cuando se tenga en cuenta el porcentaje de harina estandarizado.

Figura 54

Visualización de datos



Nota. La Figura resalta como la predicción se ajusta al modelo de datos

La figura 54 ilustra cómo la predicción del modelo ajusta a los datos reales. Esto implica que el modelo es capaz de capturar la tendencia y la variabilidad de los datos de manera satisfactoria.

En la gráfica, los puntos que representan los datos reales o de validación en el eje x, y los valores predictivos por el modelo en el eje y. Si los puntos se encuentran cercanos a una línea diagonal o de referencia, indica que las predicciones del modelo están en concordancia con los valores reales.

Para la columna "Predicción": Es la validación de la predicción con respecto al atributo anterior "Precio_pesos_colombianos" a la validación y salida del modelo 200 valores en la columna count.

El promedio de las predicciones es de aproximadamente 942 pesos y difiere en 64,7 pesos con el modelo de datos propuesto es decir que el modelo ajusta de forma indicada para los datos sin sobreajustes.

La desviación estándar es de 64.7 pesos, lo que indica una menor dispersión en comparación con la columna "Precio_pesos_colombianos".

El valor mínimo indica que las predicciones evalúan el futuro precio del pan en aproximadamente 767 pesos es decir que pronostica el valor mínimo en el que se venderá, el pan esto tenedora a subir 300 pesos hasta septiembre del 2024.

El percentil 25 muestra que un pan en el futuro costara aproximadamente 902.85 pesos.

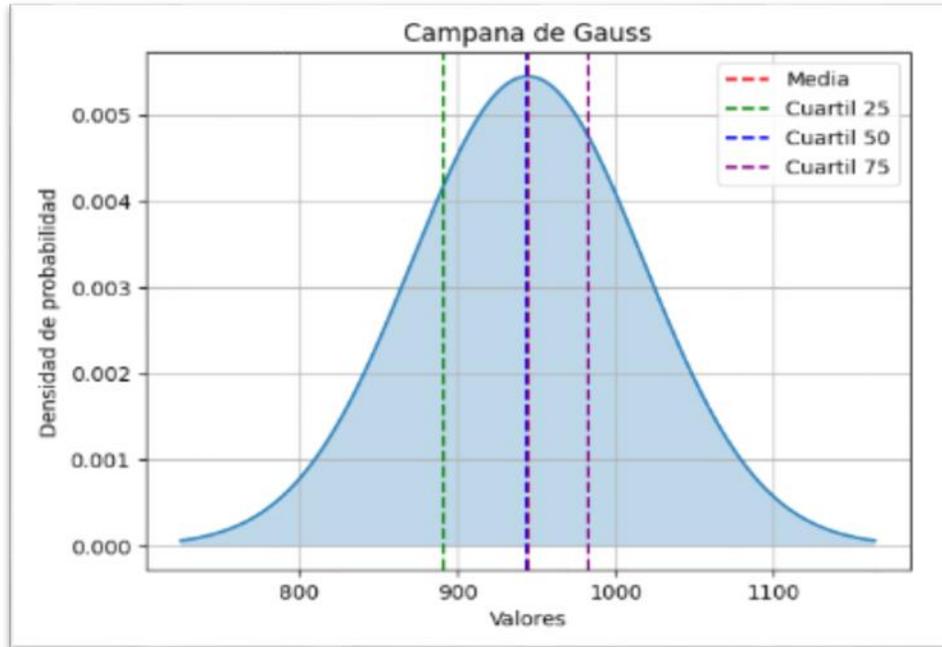
La mediana (percentil 50) refleja que un pan en el futuro costaría en promedio aproximadamente 935 pesos colombianos.

El percentil 75 indica que el 75% de los panes se venderán tiene en un valor no menor a 981 pesos.

Indica que el valor máximo en que podría subir el pan es de aproximadamente 1203 pesos colombianos.

Figura 55

Campana de Gauss predicción de la demanda creada por la red neuronal



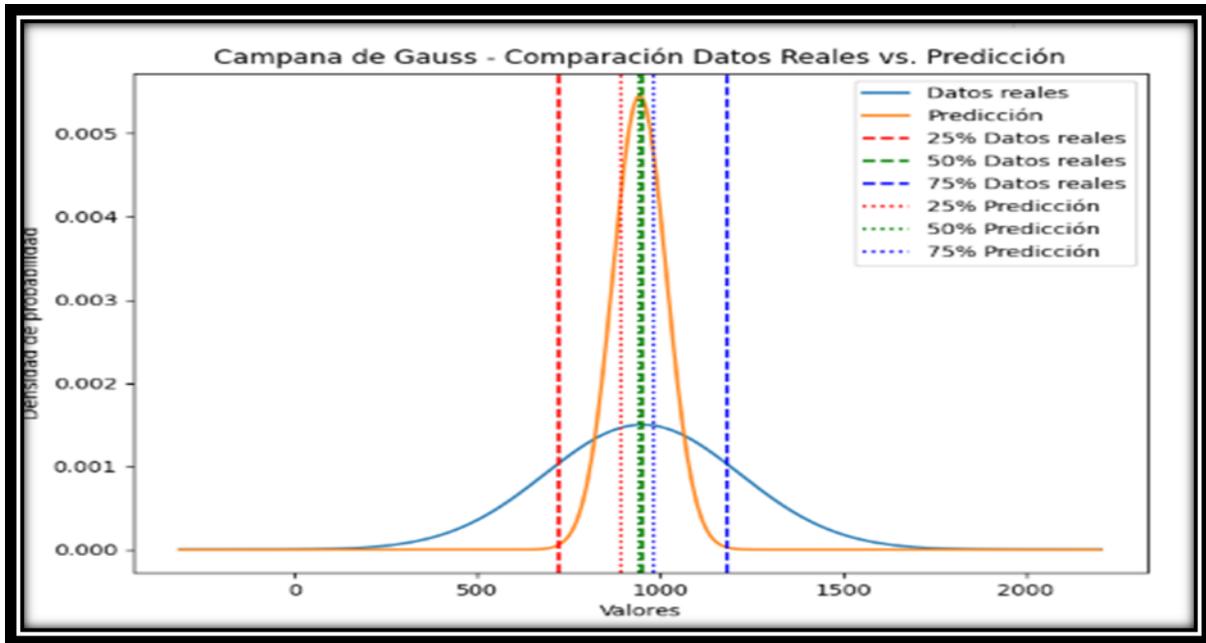
Nota. La distribución estadística de los futuros precios del pan que tienden a agruparse alrededor de un valor medio 935 pesos y presentan una simetría en forma de campana.

En la gráfica número 55 la campana de Gauss se pueden observar las distribuciones de las predicciones y los datos reales, lo que proporciona una visualización de cómo se ajustan las predicciones a la distribución de los datos.

Por lo tanto, el análisis realizado indica que el modelo de predicción de la red neuronal presenta ajuste y captura algunas tendencias o patrones en los datos, brindando una estimación del precio futuro del pan mejor que el azar. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el modelo se basa en los datos disponibles y está sujeto a la calidad y representatividad de los mismos.

Figura 56

Campana de Gauss comparación predicción de la demanda datos reales



Nota. Comparación de los datos reales y la predicción en forma de campana.

A partir de estos descriptivos, en la gráfica número 56 se obtiene la información sobre la distribución de los precios en pesos colombianos y las predicciones realizadas. Por ejemplo, comparar el promedio con la dispersión de ambas columnas para evaluar qué tan cerca están las predicciones de los valores reales. Esto con el fin de establecer planeación en la estrategia de venta y costos de los ingredientes.

En esta figura se evidencia gráficamente la predicción de la demanda generada por la red neuronal, en forma similar a una campana de Gauss. Esto se debe a que la red neuronal debería ser capaz de capturar las tendencias y patrones presentes en los datos de entrenamiento.

Al observar detenidamente las comparaciones entre las predicciones y los datos reales, denota que la red neuronal presenta un desfase en cuanto a la precisión de las predicciones. Esto se debe a que la red neuronal está en una etapa inicial de construcción y se está utilizando un conjunto de datos relativamente pequeño, lo cual limita su capacidad de aprendizaje automático. Es probable que, al aumentar la cantidad

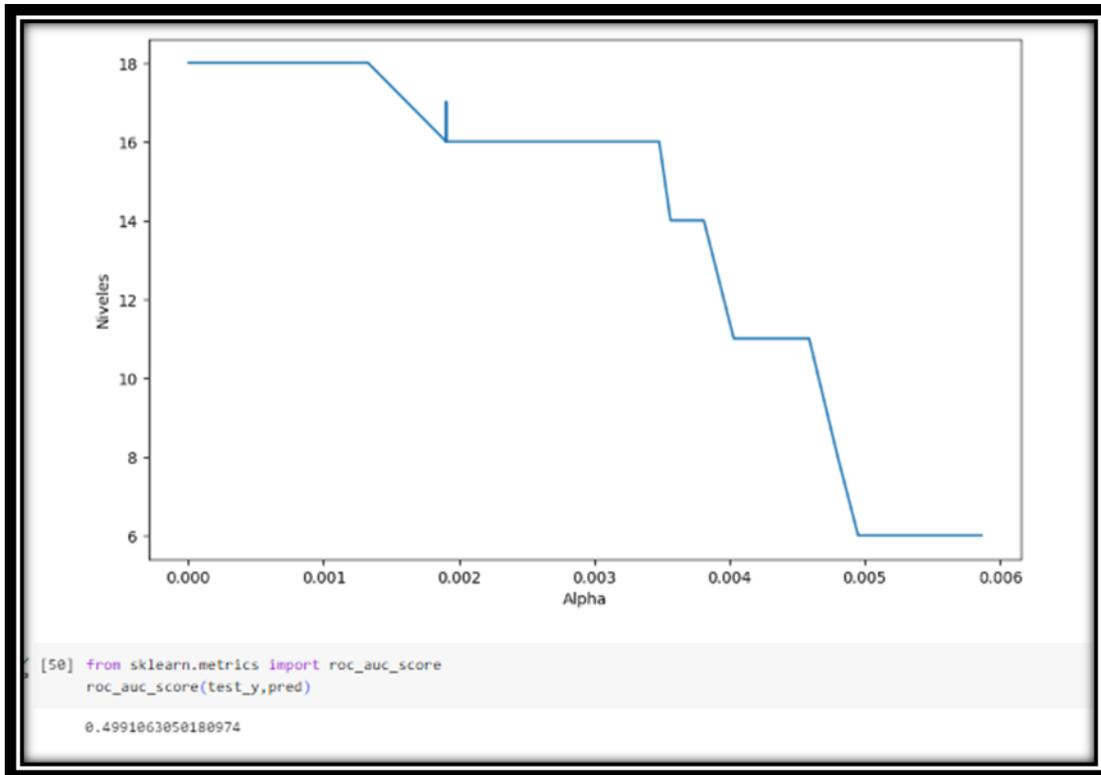
de datos disponibles para el entrenamiento y con los datos reales de producción en gasto, la red neuronal pueda mejorar su rendimiento y ajustarse mejor a los patrones presentes en los datos.

Como alternativa, se plantea la utilización del método de árbol de decisión. Este método se caracteriza por construir un modelo basado en una serie de reglas de decisión, lo que puede proporcionar una interpretación más clara y directa de los datos. Al utilizar árboles de decisión, se busca aprovechar su capacidad para identificar patrones y relaciones entre las variables predictoras, lo cual puede conducir a mejores resultados en la predicción del precio del pan.

El árbol de decisión funciona con el fin de ver los caminos que toma la red neuronal para llegar a los datos descriptivos y analizar el ROC con propuesto por la red neuronal para el futuro precio del pan.

Figura 57

Validación y evaluación de indicador Roc.



Nota. la figura se aprecia los pesos entre las redes neuronales y como el modelo de árbol de decisión aprende y se adapta a los datos a medida que avanza el proceso de entrenamiento.

En la figura número 57 se evidencia la validación de la red neuronal con el árbol de decisión visualiza la figura anterior donde muestra que el modelo va mejorando a medida que avanza el proceso de entrenamiento de 16 niveles a 6 niveles. La curva descendente de la gráfica refleja el aprendizaje progresivo del modelo a medida que se ajusta a los datos.

Este comportamiento se debe a que el modelo de árbol de decisión busca optimizar su capacidad de hacer predicciones precisas al ajustar los nodos o las divisiones en función de los patrones y características de los datos.

A medida que se realiza el entrenamiento, el modelo va adquiriendo conocimiento afinando sus decisiones, lo que se refleja en una disminución gradual de la incertidumbre y mejora la precisión de las predicciones.

los árboles de decisión pueden usarse como técnicas de ensamblaje para mejorar el aprendizaje y rendimiento de la red neuronal. Esto se logra utilizando las salidas de las redes neuronales como variables predictoras en un árbol de decisión.

En la figura ilustra la función de pérdida de la red neuronal, que es una medida utilizada para evaluar la discrepancia entre las predicciones del modelo y los valores reales.

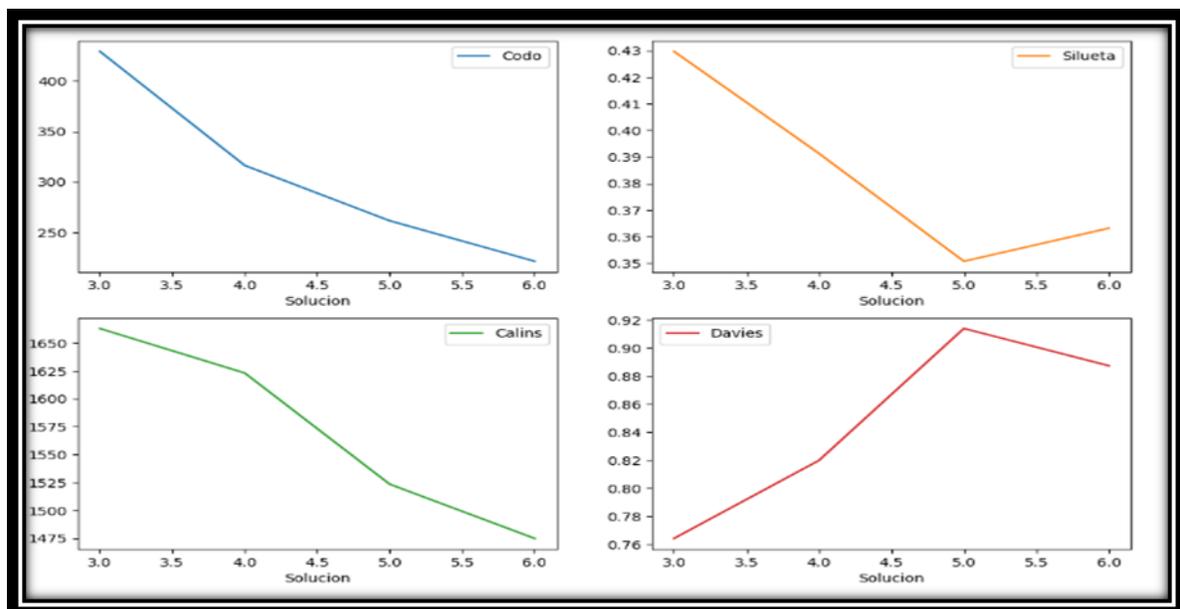
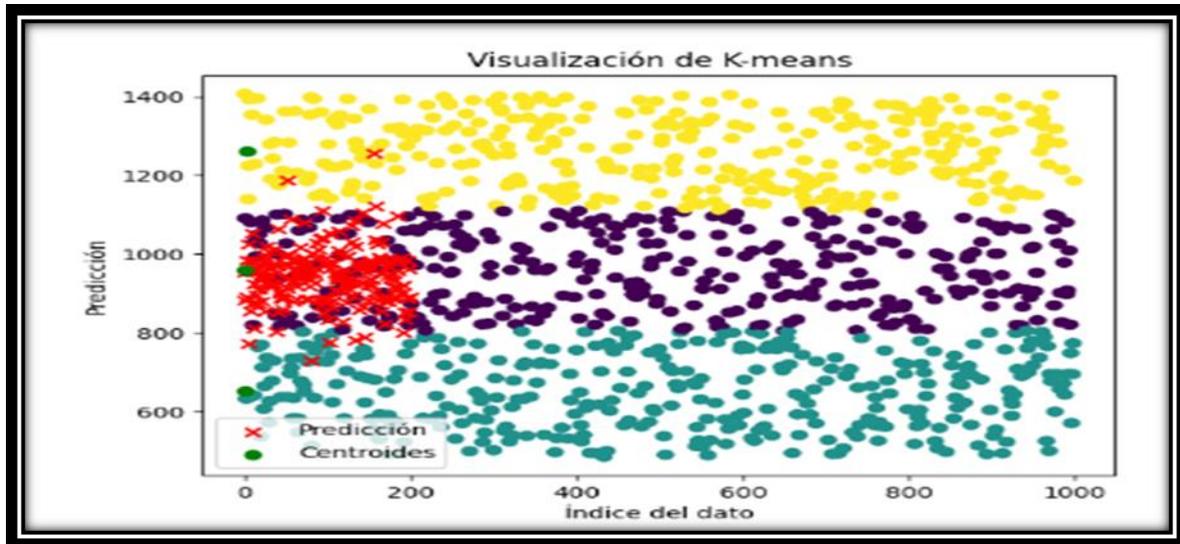
A medida que el entrenamiento de la red neuronal progresa, espera que la función de pérdida disminuya, lo que indica que el modelo está aprendiendo y ajustando sus parámetros para mejorar sus predicciones.

Sin embargo, el valor de ROC AUC de 0.49 indica que el modelo tiene dificultades para distinguir entre las clases positiva y negativa. El ROC AUC (Área bajo la curva ROC) es una métrica comúnmente utilizada en problemas de clasificación binaria para evaluar el rendimiento del modelo. Un valor de 0.49 indica que el modelo tiene un rendimiento limitado pero medible mejor que la toma de decisiones al azar, lo que implica que sus predicciones son limitadas en términos de capacidad más no en términos de calidad de datos.

Otra forma de visualizar los datos es por medio de clúster, las redes neuronales no generan directamente clusters o agrupamientos como lo hace el algoritmo de k-means. Sin embargo, se puede utilizar una técnica llamada "clustering" de activaciones de capas intermedias para visualizar agrupamientos en la representación aprendida por una red neuronal.

Figura 58

Visualización de clúster K-means



Nota. Las Figuras Ilustran el método de agrupamiento no supervisado utilizado para clasificar datos en grupos o clúster

En la figura número 58 El algoritmo K-means han agrupado los datos de precios del pan en 5 clústeres distintos. Cada clúster representa un grupo de productos con características similares en términos de precios. Al observar la distribución de los precios, denotar

la mayoría de las predicciones o datos reales que se concentran en un rango de precios entre 800 y 1.000 pesos. Esto indica que hay una tendencia a vender productos de pan dentro de ese rango de precios.

El hecho de tener un índice de dato de 200 significa que hay 200 observaciones en el conjunto de datos que caen en ese rango de precios. Esto puede indicar una demanda o popularidad particular de los productos de pan en ese rango de precios.

Es importante tener en cuenta que el ajuste específico hacia el pan hojaldrado. Es una interpretación basada en la información proporcionada y el análisis visual de los clústeres.

12. DESARROLLO DEL CÓDIGO

<https://drive.google.com/file/d/1Jyqiyi8IRWeEoP2v2o86TkfaZ3zFHQKV/view?usp=sharing>

13. CONCLUSIONES FINALES PROYECTO PANIFICADOR

El objetivo principal de construir la red neuronal con el propósito de realizar predicciones sobre el precio del pan ha sido alcanzado de manera exitosa. La red neuronal ha cobrado vida y se entrena en función de los datos, utilizando técnicas de aprendizaje automático para aprender de patrones o relaciones sobre el entorno de producción o venta en el sector panificador.

La red neuronal itera a partir de los datos y es capaz de predecir, es fundamental considerar el rendimiento en términos de precisión y error (MSE y MAE), como el índice de capacidad (ROC o AUC). Combinando a estas métricas, obtiene una evaluación más completa en desempeño del modelo para una toma de decisiones informadas sobre su validez y eficacia en relación con el problema, se evidencia que el modelo presenta métricas óptimas para la creación del modelo.

La red neuronal puede calcular la desviación estándar del precio del pan utilizando los datos históricos disponibles. Esto proporciona una medida de la dispersión de los precios y comprende la variabilidad del mercado. Al tener en cuenta esta desviación estándar, las panificadoras pueden tomar decisiones informadas y establecer precios más acordes con las fluctuaciones del mercado.

La red neuronal tiene la capacidad de reconocer patrones en los datos y establecer relaciones complejas entre las variables y el precio del pan. Esto significa que puede identificar factores o características específicas que influyen en el precio, como la demanda, la oferta, los costos de los ingredientes, entre otros. Al comprender mejor estos patrones, las panificadoras ajustaran sus estrategias y decisiones para maximizar las utilidades y minimizar los riesgos de venta.

El modelo de predicción basado en esta red neuronal puede ser aplicado en diversas situaciones dentro del sector panificador. Su flexibilidad y capacidad para procesar datos permiten su integración en una aplicación (APP) donde los panaderos pueden ingresar los datos relevantes de la organización y así aumentar la capacidad de aprendizaje del modelo predictivo y la recolección de datos del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. EMIS (Sectorial informes industriales), "*Informe sectorial panificadora*", EMIS, [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/search/docpdf>. [Acceso: Abril 24, 2023]
- [2]. EMIS (Sectorial informes industriales), "*Informe sectorial panificadora*", EMIS, [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/search/docpdf>. [Acceso: Abril 24, 2023]
- [3]. El Espectador, "*Precios del pan: alerta por incremento en los costos de sus insumos*", 26, julio, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/url-sharing/route?url=89e59e949688c2fb>. [Acceso: Abril 24, 2023]
- [4]. W. Radio, (8 de enero de 2022). "*Una ayuda es aplazar el cobro del impuesto al consumo*": Adepán sobre aumento en el precio del pan". [En línea]. Disponible: <https://www.wradio.com.co/2022/01/08/el-precio-del-pan-seguira-aumentando-en-el-2022/>
- [5]. EMIS. (La Asociación Nacional de Fabricantes de Pan (ADEPAN)), "*Informe sectorial panificadora*", EMIS, [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/url-sharing/route?url=fe07ec929688c2fb>, [Acceso: Abril 24, 2023]
- [6]. CityTv. [Citytv] (23 SEP 2022). "*Adepán: alerta por el cierre de panaderías en el país*". Youtube. [En línea]. Disponible: <https://youtu.be/XN6qMSLdN48>
- [7]. EMIS (Sectorial informes industriales), "*Informe sectorial panificadora*", EMIS, [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/url-sharing/route?url=191361c99688c2fb> . [Acceso: abril 24, 2023]
- [8]. EMIS (Sectorial informes industriales), "*Informe sectorial panificadora*", EMIS, [En línea]. Disponible: <https://www-emis-com.ezproxy.uamerica.edu.co/php/url-sharing/route?url=191361c99688c2fb> . [Acceso: abril 24, 2023]
- [9]. La Ufe – PERÚ. "*La gran historia del pan desde la antigüedad hasta hoy*". UFE-Perou." [En línea]. Disponible: <http://ufe-perou.com/es/cultura/la-gran-historia-del-pan/> [Acceso: septiembre 20, 2022]

- [10]. S., Polo. "Movilización popular en Bogotá en la segunda mitad del siglo XIX: el caso del Motín del Pan del 23 de enero de 1875". *Revista Historia Crítica*, No. 35, pp. 16 – 33, 2008. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rhc/n35/n35a03.pdf>. [Acceso: nov. 11, 2022]
- [11]. El Tiempo. "Un molino colonial entre los cerros Bogotanos". 18, febrero, 1995. [En línea]. Disponible: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-295576> [Acceso: noviembre 11, 2022].
- [12]. Zambrano, J. "Propuesta de un modelo de inventario dependiente que beneficie a la industria panificadora". [En línea]. Disponible : <https://acortar.link/AyfhNE>
- [13]. M. Afanador, et al. "Diseño de un modelo de pronóstico de demanda basado en machine learning y un modelo multi-objetivo para planeación de la producción en una industria panificadora". [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10554/59123>.
- [14]. S. Chapman. (2006). "Planeación y programación de la producción". Página 288. [En línea]. Disponible: <https://acortar.link/6rDgbL>
- [15]. R. Garza R. y C. González S. "Modelo matemático para la planificación de la producción en la cadena de suministro". *Dialnet*. Vol. 25, No. 2, pp. s/n. , 2004. [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4786712> [Acceso nov 14, 2022].
- [16]. G. Barcelli-Gómez, "Gestión, planificación y control de la producción", Ing. ind. (Lima), n.º 024, pp. 13-26, 1.
- [17]. G. Welsch, R. Hilton y P. Gordon. Pearson Educación. (2005). "Presupuesto planeación y control". [En línea]. Disponible: <https://acortar.link/kTzOLM>.
- [18]. F. Villada, N. Muñoz y E. García. "Redes Neuronales Artificiales aplicadas a la Predicción del Precio del Oro". *SciELO*, vol. 27, No. 5, pp. 143-150, 2016. [En línea]. Disponible: <https://acortar.link/fZOPZe>. [Acceso nov 14, 2022].
- [19]. A. Nacelle, "Redes neuronales artificiales". Uruguay, 9, jun, 2009. [PDF]. Disponible: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Seminario%202009/Monografias%20seminario%202009/Nacell-Redes%20NeuronalesImplementacion.pdf>. Acceso: nov,14,2022.

- [20]. W. Rivas, B. Manzón y F. Mejías. "Generalidades de las redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones", Ecuador, jun, 2018. [PDF]. Disponible:
https://www.researchgate.net/publication/327703478_Capitulo_1_Generalidades_de_las_redes_neuronales_artificiales. Acceso: nov,14,2022.
- [21]. C. Lozada, N. Acosta, D. Paredes y G. Vique, "Predicción de demanda eléctrica utilizando redes neuronales artificiales para un sistema de distribución de energía eléctrica", Ciencia Latina, vol. 6, n.º 3, pp. 3871-3894. [En línea]. Disponible: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2502/3710>. [Acceso: nov 14, 2022]
- [22]. D. Erlenkotter, Ford Whitman Harris and the Economic Order Quantity Model. Maryland,usa: Informs, 1990.
- [23]. X. Canaleta, "Estudio desde el punto de vista de teoría de sistemas del modelo de Wilson para la gestión de inventarios" Barcelona, España, 2018. [PDF]. Disponible: <https://users.salle.url.edu/~xavier.canaleta/material/ModelWilson.pdf>. Acceso: nov,14,2022.
- [24]. J. Delgado, F. Marín. "Evolución en los sistemas de gestión empresarial del MRP al ERP". *Economía industrial*, No. 331, pp. 51-57, 2000. [PDF]. Disponible: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/331/09.JOAQUIN%20DELGADO.pdf>. [Acceso: nov,14,2022].
- [25]. J. Rivera, E. Ortega y J. Pereyra. "Diseño e implementación del sistema MRP en las pymes". *Industrial Data*, vol 17, No. 2, pp. 48-55, nov, 2014. [PDF]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640856006.pdf>. [Acceso: nov,14,2022].
- [26]. D. A. Alviso C., "MRP II Evolución y Desarrollo", tesis pre. Facultad de Ingenierías, Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, Pachuca, Mexico, 2005. Disponible: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/334/MRP%20II%20evolucion%20y%20desarrollo.pdf;jsessionid=0107F717E478D82184AF1B8F2A51CFB4?sequence=1>
- [27]. A. Correa y R. Gómez. "Tecnologías de la información en la cadena de suministros". *SciELO*, vol. 76, No. 157, pp. 37-48, 2009. [En línea]. Disponible:

- http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S001273532009000100004 [Acceso nov. 11, 2022].
- [28]. N, Villalobos, O. Chamarro y T. Fontalvo. (2011). “*Gestión de la Producción y Operaciones*” [En línea]. Disponible: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/970/indice.htm>.
- [29]. N. Gaither y G. Frazier. (2000). “*Administración de producción y operaciones*”. [En línea]. Disponible: <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/2f63e2eb5f8d66b336d65b3947975b33.pdf>.
- [30]. R. Chase y J. Roberts. (2009). “*Administración de operaciones producción y cadena de suministros*”. [En línea]. Disponible: <https://ucreeanop.com/wp-content/uploads/2020/08/Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase.pdf>
- [31]. I. Chiavenato. (2017). “*Planeación Estratégica fundamentos y aplicaciones*”. [En línea]. Disponible: <https://www.remax-accion.com.ar/wp-content/uploads/2021/04/127-Planeacion-estrategica-fundametos-chiavenato-idalberto.pdf>
- [32]. M, Moreta. (2018). “*Planeación estratégica en PYMES: limitaciones, objetivos y estrategias*”. *Revista UT Ciencia*, vol. 4, No. 3, pp. 171-182, 2017. [En línea]. Disponible: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/utciencia/article/view/83>. [Acceso: abril 26, 2023].
- [33]. A, Serrano, “*Aproximaciones teóricas a la planeación estratégica y la contabilidad gerencial como elementos clave en la gestión de las pymes en Colombia*”, *SciELO*. vol. 1, pp. 161-186, 2018. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-62762019000100161. [Acceso: nov. 14, 2022]
- [34]. A. García, A. Ortiz , E. Vicens y M. Alemany. (2005). “*Los Modelos Matemáticos y el Sistema de Información para Planificación Jerárquica de la Producción.*” [En línea]. Disponible:

http://adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2005/sistemas_informacion//158.pdf

- [35]. J. Osorio et al. “*Modelo de programación jerárquica de la producción en un job shop flexible con interrupciones y tiempos de alistamiento dependientes de la secuencia*”. *Revista Ingeniería Investigación*, vol 28, No. 2, pp. 72-79, 2008. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/28905>. [Acceso: nov. 14, 2022]
- [36]. O. Boiteux, A. Corominas y A. Lusa. (2007). “*Estado del arte sobre planificación agregada de la producción*”, [En línea]. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/747> [Acceso: noviembre 14, 2022]
- [37]. B. Robertson. (2015). “*Holocracia el nuevo sistema organizativo para un mundo en continuo cambio*”. [En línea]. Disponible: <https://www.goodreads.com/book/show/27388752-holocracia>
- [38]. S. Solorzano, “*Técnicas de pronósticos de la demanda para los negocios ferreteros del cantón La Libertad*”, tesis pregrado. Facultad de Ciencias Administrativas. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. (2021). Disponible: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6805/1/UPSE-TAE-2022-0018.pdf>
- [39]. J. Hanke y D. Wichern. Pearson Educación. (2006). “*Pronósticos en los negocios*”. Octava Edición. [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/37476243/LIBRO_Pronosticos_en_los_negocios_John_E_Hanke_8va_Ed_pdf
- [40]. M. Salazar. (2007). “*Pronóstico de demanda por medio de redes neuronales artificiales*”. [En Línea]. Disponible: <http://eprints.uanl.mx/10351/>.
- [41]. E. Buissonneau, J. Mosquera y J. Gómez. (2021). “*Pronóstico de Demanda para la empresa El Parisino S.A.S*”. [En línea]. Disponible: <http://hdl.handle.net/10785/8096>. [Acceso 14 nov 2022]
- [42]. A. Bouza. (2000). “*Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud*.” *Revista Cubana Salud Pública*, vol. 26, No. 1, pp. 50-56, jun, 2000. [En Línea]. Disponible:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662000000100007.
[Acceso 14 nov 2022]

- [43]. G. Quintero et al., "*Aspectos teóricos sobre eficacia, efectividad y eficiencia en los servicios de salud*", *RIC*, vol. 96, no.6, páginas pp.1154-1153, Dic, 2017, DOI: [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/5517/551764135018/551764135018.pdf>. [Acceso: nov 14, 2022].
- [44]. Y. Lagos, J. Montilla y K. Uparella , "*Eficiencia, Eficacia y Efectividad en los proyectos*", Tesis de pregrado. Facultad de Ingenierías, Universidad Cooperativa, Bogotá, Colombia, (2021). Disponible: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f5817c0b-fdd5-4ce0-9af6-996f85fce892/content>
- [45]. C. Talens , "*Modelos de planificación de la producción multinivel con lotes*", Maestría. Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, Universidad Pontificia Valencia, Valencia, España, (2017). Disponible: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/79897/TALENS%20-%20Modelos%20de%20planificaci%c3%b3n%20de%20la%20producci%c3%b3n%20multinivel%20con%20lotes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [46]. C. Serna Urán, "*Desarrollo de modelos de programación matemática fuzzy para la planificación de la producción en contextos de incertidumbre. Un caso aplicado a la industria automotriz*", Maestría. Facultad de Minas, Universidad Nacional, Medellín, Colombia, (2009). Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70017/15488758.20091.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [47]. J, Castillo Valdez, *Marco Histórico Para La Aplicación de MRP en las Industrias*, Trabajo de Investigación. Facultad de ciencias e Ingenierías, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, (2020). Disponible: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18228/CASTILLO_VALDEZ_JES%c3%9aS_MARCO_TE%c3%93RICO_APLICACI%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [48]. S, Estellés Miguel, Definición, métodos de estimación y efectos de las desviaciones en el punto de pedido en políticas de gestión de inventarios, *4 th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management XIV Congreso de Ingeniería de Organizaci*óDonostia- San Sebastián, 2010, pp.1243 1240- 1247.
- [49]. Eric Siegel. (2020). “*Predictive Analytics*” [En línea]. Disponible:https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/degradacion_y_durabilidad.pdf
- [50]. F. Provost. & T, Faecett, (2013). “*Data Science for Business*” [En línea]. Disponible:[Data Science for Business \(booksfree.org\)](http://booksfree.org)
- [51]. M. Kunh & K. Johnson, (2013). “*Applied Predictive Modeling*” [En línea]. Disponible applied-predictive-modeling-max-kuhn-kjell-johnson_1518.pdf
- [52]. K. Murphy, (2021). “*Applied Predictive Modeling*” [En línea]. Disponible http://noiselab.ucsd.edu/ECE228/Murphy_Machine_Learning.pdf
- [53]. I. Goodfellow, Y. Bengio, & A. Courville, (2016). *Deep learning* , [En línea]. Disponible: <https://www.deeplearningbook.org/>
- [54]. Y. LeCun, Y. Bengio & G. Hinton, “*Deep learning. Nature*”, *Nature*, No. 521, pp. 436-444, 2015. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1038/nature14539> [Acceso: febrero 3, 2023]
- [55]. K. He, X. Zhang, S. Ren & J. Sun, “*Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*”, [En línea]. Disponible: [CVPR 2016 Open Access Repository \(thevcf.com\)](http://thevcf.com) [Acceso: febrero 3, 2023]
- [56]. Dirección de Impuestos y Aduanas (DIAN), *Resolución Número 000114*. Lugar de Publicación: DANE, 2020.
- [57]. Dirección de Impuestos y Aduanas (DIAN), Estatuto Tributario Nacional, *Artículo 617 Requisitos de la factura de venta*. Lugar de Publicación: DANE, 2019.
- [58]. El Ministerio de Salud, *Ley 9 de 1979*. Lugar de Publicación: Bogotá, 1979.
- [59]. Cámara de comercio, Decreto 1879 de 2008. Lugar de Publicación: Bogotá, 2008, may, 28.
- [60]. L. Bukvić, J. F. Škrinjar, T. Fratrović, y B. Abramović, “*Price Prediction and Classification of Used-Vehicles Using Supervised Machine Learning*”, *Sustainability*,

vol. 14, n.o 24, p. 17034, dic. 2022, doi: 10.3390/su142417034. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su142417034>

[61]. W. J. P. García, “*Predicción de precios de productos agrícolas mediante redes neuronales recurrentes*”, 30 de mayo de 2023. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/8369>

[62]. R. B. C. Julio, “*Utilización de Redes Neuronales Artificiales (RNA) como alternativa para el pronóstico del Índice de Precios al Consumidor (IPC) y contraste de resultados con modelos estadísticos tradicionales (ARIMA y VAR) para el Ecuador periodo 2000-2017*”, 2018. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31730>