



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN OPCIÓN
I.- TESIS
TRABAJO PROFESIONAL

**“SISTEMA DE AYUDA A LA DECISION UTILIZANDO LAS HERRAMIENTAS
DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN UNA EMPRESA TEXTIL”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:
ING. VÍCTOR MANUEL HERNÁNDEZ CRUZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. OSCAR BÁEZ SENTÍES

CODIRECTOR DE TESIS:
DR. MIGUEL JOSUÉ HEREDIA ROLDÁN



ORIZABA, VERACRUZ, MÉXICO

DICIEMBRE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba, Veracruz, 20/noviembre/2025
Dependencia: **División de Estudios de
Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

C. HERNÁNDEZ CRUZ VÍCTOR MANUEL
Candidato(a) a Grado de Maestro(a) en:
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PRESENTE

De acuerdo con el reglamento de Titulación vigente de los Centros e Institutos Tecnológicos Federales del Tecnológico Nacional de México, de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

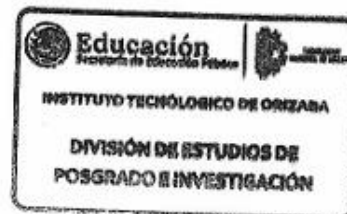
**"SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN UTILIZANDO LAS HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN
UNA EMPRESA TEXTIL"**

Comunico a usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

OLE/jarh



OG-13-F06



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Orizaba
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Orizaba Veracruz, 20/junio/2025.
Asunto: Revisión de trabajo escrito

C. OFELIA LANDETA ESCAMILLA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.:

HERNÁNDEZ CRUZ VÍCTOR MANUEL

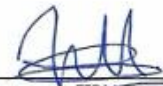
La cual lleva el título de:

SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN UTILIZANDO LAS HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA
ARTIFICIAL EN UNA EMPRESA TEXTIL

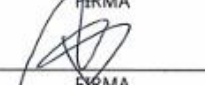
y concluyen que se acepta.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. OSCAR BAEZ SENTIES
SECRETARIO: DR. MIGUEL JOSUE HEREDIA ROLDAN
VOCAL: DRA. MA. ELOISA DE LA ASUNCION GURRUCHAGA RODRIGUEZ
VOCAL SUP.: M.C. MARCO ANTONIO RUIZ SOLANO


FIRMA

FIRMA

FIRMA

FIRMA

TA-09-F18



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Oriente 9 #852 Colonia Emiliano Zapata, C.P. 94320
Orizaba, Veracruz. Tel. 01 (272) 1105360
e-mail: info@orizaba.tecnm.mx www.orizaba.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mis padres, cuyo amor incondicional, apoyo constante y confianza plena en mis capacidades han sido la base firme sobre la cual he construido cada uno de mis logros. Su ejemplo de perseverancia, sus palabras de aliento en los momentos difíciles y su presencia inquebrantable en cada etapa de mi vida me han inspirado a seguir adelante incluso cuando el camino parecía incierto. Este logro es también suyo, pues sin su dedicación y sacrificios nada de esto habría sido posible.

Extiendo también mi más sincera gratitud a mis profesores de la maestría, quienes no solo compartieron sus conocimientos, sino que también sembraron en mí la curiosidad, el rigor académico y la pasión por investigar. De manera muy especial agradezco al Dr. Oscar Báez Senties, cuyo acompañamiento cercano, orientación oportuna y guía experta fueron fundamentales durante el desarrollo de esta tesis. Sus consejos, observaciones y apoyo constante contribuyeron de manera decisiva al crecimiento de este trabajo y al mío como profesional.

Agradezco igualmente al dueño de la empresa textil donde realicé el proyecto, por abrirme generosamente las puertas de su organización, brindarme su confianza y facilitar el acceso a los recursos necesarios para la realización de esta investigación. Su disposición para colaborar, su apertura al diálogo y su interés en el desarrollo del proyecto hicieron posible que esta tesis tomara forma de manera práctica y significativa.

Finalmente, doy gracias a Dios, por la fortaleza que me sostuvo en los momentos de cansancio, por la sabiduría que iluminó mis decisiones y por las bendiciones que me acompañaron a lo largo de este proceso. Reconozco en Él la fuente de cada logro y la guía que me permitió culminar este trabajo con éxito y agradecimiento.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a quienes han sido mi luz en los momentos de duda y mi fortaleza en los desafíos que la vida ha puesto en mi camino. A mis seres queridos, que con su amor incondicional, su paciencia infinita y su inquebrantable fe en mí, me recordaron una y otra vez que los sueños no se realizan de un día para otro, sino que se construyen con esfuerzo, constancia y esperanza.

A quienes me enseñaron que el conocimiento no solo se aprende en los libros, sino que se experimenta, se siente y se transforma en cada vivencia. Gracias por mostrarme que cada paso, incluso aquellos que parecen más pesados o inciertos, forma parte esencial del recorrido que nos lleva hacia aquello que más anhelamos.

A la vida y a Dios, por brindarme la claridad necesaria para comprender que todo esfuerzo tiene un propósito, que cada desafío guarda una enseñanza y que cada meta alcanzada no es un punto final, sino el inicio de un nuevo horizonte lleno de posibilidades, aprendizajes y nuevos sueños por perseguir.

A todos ustedes, mi gratitud eterna.

RESUMEN

La industria textil es uno de los pilares más importantes de la economía mexicana representando el 1.9% del PIB.

La predicción y optimización de la demanda es un aspecto crucial para las empresas del sector textil, ya que puede ofrecer múltiples beneficios. Mediante la aplicación de redes neuronales artificiales (RNA) y algoritmos genéticos (AG), técnicas de inteligencia artificial, es posible obtener resultados precisos y fiables. En este estudio, la creación, el entrenamiento y la validación de estas RNA se utilizaron para modelar un sistema de producción, y los criterios se optimizaron posteriormente mediante AGM. Los resultados obtenidos demostraron la eficacia de la optimización de modelos predictivos para el próximo periodo de ventas, lo cual resulta de gran utilidad para la toma de decisiones de la empresa. El sistema de apoyo a la toma de decisiones, basado en Pareto, permite verificar el objetivo de generar una mayor rentabilidad a corto y medio plazo

ABSTRACT

The textile industry is one of the most important pillars of the Mexican economy, representing 1.9% of GDP.

Demand prediction and optimization is a crucial aspect for companies in the textile sector, as it can provide multiple benefits. By applying artificial neural networks (ANNs) and genetic algorithms (GAs), artificial intelligence techniques, it is possible to obtain accurate and reliable results. In this study, the creation, training, and validation of these ANNs were used to model a production system, and the criteria were then optimized using GA. The results obtained demonstrated the effectiveness of optimizing predictive models for the next sales period, which is highly useful for the company's decision-making. The decision-support system, based on Pareto, allows for verification of the objective of generating greater profitability in the short and medium term.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
1. CAPÍTULO 1 GENERALIDADES	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema:	1
1.3 Objetivo general:	2
1.3.1 Objetivos particulares:.....	2
1.4 Justificación:.....	3
1.5 Metodología CRISP-DM:	3
1.6 Información de la empresa:	5
1.6.1 Antecedentes:	5
1.6.2 Instalaciones:	6
1.6.3 Servicios:	7
1.6.4 Estructura organizacional:.....	7
1.6.5 Misión:	8
1.6.6 Visión:	8
1.7.7 Valores:.....	8
1.6.8 Código de ética:	9
1.6.9 Diagramas de la empresa:	10
1.6.10 Política de calidad:	12
1.6.11 La inteligencia artificial en conjunto de otras tecnologías	12
2. CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 La industria textil a nivel internacional.	16
2.2 La industria textil en México.	16
2.3 El sector textil y del vestido en la era moderna en México.....	17
2.4 Estado del arte	18
2.5 Redes neuronales artificiales.....	23

2.5.1 Funciones de activación.....	23
2.5.2 Estructuras de redes:	23
2.5.3 Entrenamiento de datos:	27
2.5.4 Medidas de performance	29
2.5.5 Regresiones lineales.....	29
2.6 Algoritmos Genéticos (AG)	30
2.6.1 Población inicial	30
2.6.2 Generaciones	30
2.6.3 Mutación	31
2.6.4 Cruzamiento	31
2.6.5 Elitismo	33
2.6.6 AG mono-objetivo, mejor individuo.....	33
2.6.7 Algoritmos Genéticos Multiobjetivo	34
2.7 Lógica Difusa	34
2.7.1 Variables de entrada	34
2.7.2 Fuzzificación	35
2.7.3 Reglas de Pertenecia y criterio de operación.....	35
2.7.4 Defuzzificación.....	35
3. Capítulo 3. Metodología CRISP-DM	37
3.1 Paso 1. Comprensión del negocio	37
3.1.1 Definir los objetivos del negocio.....	37
3.1.2. Evaluar la situación.....	37
3.1.3. Definir los requisitos del proyecto	37
3.2 Paso 2. Comprensión de los datos.....	38
3.2.1 Recopilación de datos iniciales	38
3.2.2 Exploración de los datos.....	38
3.2.3 Descripción de los datos.....	40
3.2.4 Verificación de la calidad de los datos.....	40
3.3 Paso 3. Preparación de los datos.....	40
3.3.1 Limpieza y selección de datos	40
3.3.2 Transformación de datos.....	41
3.3.3 Construcción de conjuntos de datos finales	43
3.4 Paso 4. Modelado	43
3.4.1 Seleccionar técnicas de modelado con RN.....	43

3.4.2 Ajuste de parámetros RN	44
3.4.3 Evaluación de los modelos AG.....	45
3.5 Paso 5. Evaluación RN y AG	48
3.5.1 Evaluación del modelo final RN y AG.....	48
3.5.2 Decisión sobre el despliegue RN y AG.....	48
3.6 Paso 6. Despliegue RN y AG.....	48
3.6.1 Plan de despliegue en la empresa textil.....	48
3.6.2 Implantación del modelo en la empresa textil.....	49
3.6.3 Documentación y capacitación en la empresa textil	49
4. RESULTADOS.....	50
4.1. Redes neuronales artificiales (RNA).....	50
4.1.1 Configuración de las redes	50
4.1.2 Entrenamiento	50
4.1.3 Regresiones.....	51
4.1.4 Pruebas de predicción	53
4.4 Acoplamiento entre las redes y los AG	54
4.4.1 Desarrollo y diseño de la formulación	54
4.4.2 Aplicar método	55
4.4.3 Probar método	56
4.2. Algoritmos Genéticos mono-objetivo	56
4.2.1 Definición de los parámetros.....	56
4.2.2 Configuración de las variables	57
4.2.3 Resultados de la optimización.....	57
4.3 Algoritmos Genéticos multiobjetivo	58
4.3.1 Definición de los parámetros.....	58
4.3.2 Resultados de la optimización.....	59
4.3.3 Implementación del nuevo método	59
4.5 Lógica difusa	60
4.5.1 definición de variables.....	60
5. Conclusiones y recomendaciones	64
6. Referencias.....	66
7. Anexos	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pasos de la metodología CRISP-DM	3
Figura 2 Implementación de la metodología CRISP-DM	5
Figura 3 Geolocalización de la empresa textil en Google maps	6
Figura 4 Plano de la distribución de planta	7
Figura 5 Estructura organizacional de la empresa textil.....	8
Figura 6 Lista de actividades del proceso de producción de uniformes en empresa textil...	10
Figura 7 Diagrama de proceso de elaboración de camisas de mezclilla	11
Figura 8 Las 5 principales tecnologías del futuro.....	13
Figura 9 Los 5 estados con más fábricas del país.....	17
Figura 10 Modelo no lineal de una neurona	23
Figura 11 Arquitectura de una red simple de neuronas	24
Figura 12 Estructura de una red perceptrón monocapa	24
Figura 13 Estructura de una red perceptrón multicapa.....	25
Figura 14 Arquitectura de una red multicapa	26
Figura 15 Estructura de una red convolucionales.....	26
Figura 16 Cruce de 1 punto:	32
Figura 17 Cruce de 2 puntos:.....	32
Figura 18 Cruce uniforme.....	33
Figura 19 Configuración de las redes neuronales artificiales.....	44
Figura 20 Configuración de parámetros para las RNA	45
Figura 21 Diagrama de flujo del funcionamiento del AG mono objetivo	46
Figura 22 Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético multicriterio.....	47
Figura 23 Arquitectura de la RNA en Matlab.....	50
Figura 24 Regresión de las ventas totales.....	52
Figura 25 Regresión de costos totales	53
Figura 26 Fórmulas matemáticas para los AG.....	55
Figura 27 Configuración de los Algoritmos Genéticos	56
Figura 28 Best fitness	56
Figura 29 Minimización de los costos totales	57
Figura 30 Maximización de las ventas totales.....	58

Figura 31 Configuración de iteraciones para los AG mono objetivo y multiobjetivo.....	58
Figura 32 Frente de Pareto.....	59
Figura 33 Función de pertenencia para la variable "Tela"	60
Figura 34 Función de pertenencia para la variable "Hilo bordado"	61
Figura 35 Función de pertenencia para la variable "Calidad"	61
Figura 36 Superficie de respuesta 1	62
Figura 37 Superficie de respuesta 2.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales países exportadores:	16
Tabla 2 Principales países más grandes en importaciones:	16
Tabla 3 Principales clientes con mayor impacto económico anual	38
Tabla 4 Sistema de facturación de la empresa textil.....	39
Tabla 5 Costos de fabricación para blusas Oxford	39
Tabla 6 Costos de fabricación para camisas Oxford.....	39
Tabla 7 Costos de fabricación para camisas de mezclilla.....	39
Tabla 8 Sistema de facturación optimizado	41
Tabla 9 Variables de entrada para las ventas totales	42
Tabla 10 Variables de entrada para los costos totales	43
Tabla 11 Experimentos con RNA para obtener la regresión de las ventas	50
Tabla 12 Experimentos con RNA para obtener la regresión de los costos	51
Tabla 13 Resultado de la regresión de las ventas	51
Tabla 14 Resultado de la regresión de los costos	52
Tabla 15 Comparación entre Y real y Y calculada para las ventas	54
Tabla 16 Comparación entre Y real y Y calculada para los costos	54
Tabla 17 Reglas de pertenencia	62

1. CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La inteligencia artificial hoy en día es casi indispensable para cualquier sector industrial, y dentro del rubro textil no es la excepción.

Dentro del sector textil la inteligencia artificial puede aplicarse de diversas maneras, todas con el propósito de mejorar, como puede ser la eficiencia, reducción de costos, tener una mejor toma de decisiones, optimización de inventarios y la satisfacción del cliente.

Gracias al uso de algoritmos de aprendizaje automático, cualquier empresa puede tener una mejor predicción de la demanda y con ello ajustar su producción a tal modo que se fabrique lo ideal o, en otras palabras, no tener faltantes ni producir excedentes en el inventario. También estos algoritmos analizaron volúmenes muy grandes de datos históricos de la compra de los clientes, qué productos, tallas, costos, ventas, entre otras variables relevantes con la finalidad de obtener patrones o tendencias para alimentar bien a estos algoritmos.

El uso de inteligencia artificial para toma de decisiones efectiva en la industria textil es relevante debido a su capacidad para abordar la complejidad y la incertidumbre de la industria textil.

Esto permite a la empresa anticiparse a las necesidades del mercado de manera más eficiente y oportuna.

1.2 Planteamiento del problema:

La empresa textil presenta problemas respecto a sus inventarios esto debido al desconocimiento de la demanda de sus productos y no tener consigo sus datos históricos de manera ordenada por lo que dificulta poder utilizar algunas técnicas de predicción de la demanda.

La importancia que tiene este trabajo se basa en cómo se comporta la demanda de los productos, ya que existen diversos eventos que pueden cambiar la tendencia de ventas como puede haber sido la pandemia, nueva competencia, ventas en línea, etc. estos casos y más

pueden llegar a dificultar la labor de tener un resultado de predicción de la demanda semejante a la realidad.

Considerando lo anterior, como principal tarea debe modificarse la base de datos donde se realizan sus facturas y tener mejores filtros para con ello poder empezar a realizar de manera precisa y ordenada los productos que se vendieron a lo largo del tiempo y facilitar el proceso a la hora de ocupar herramientas de inteligencia artificial para lograr un resultado exitoso de la demanda.

Al momento que tenemos más datos nuestro sistema de ayuda a la toma de decisiones podrá ser más preciso, esto es porque durante un largo periodo de tiempo pueden ocurrir eventos inciertos, lo que permite que el sistema pueda comprenderlo y darnos un resultado muy apegado a la realidad para que el dueño de la empresa pueda ir visualizando cuanta materia prima debe pedir anticipadamente con la finalidad de evitar llenarse de inventario y ser más eficiente en la hora de entrega de pedidos y lograr la satisfacción del cliente.

1.3 Objetivo general:

Implementar un sistema a través de la inteligencia artificial que permita obtener una mayor precisión en la predicción de los pedidos para una mejor toma de decisiones en la empresa textil.

1.3.1 Objetivos particulares:

- Crear una base de datos históricos de los clientes que más impactan en la empresa textil
- Analizar cuáles son los principales clientes que impactan en la demanda
- Diseñar un modelo de predicción que permita mostrar los resultados de ventas para el siguiente periodo.
- Analizar la superficie de respuesta utilizando la lógica difusa a la base de datos resultante.
- Evaluar la aplicación de los algoritmos genéticos en las funciones objetivo del área de ventas.
- Evaluar los resultados de la inteligencia artificial para comprobar su efectividad en la ejecución de las herramientas.

1.4 Justificación:

La inteligencia artificial nos permite obtener diversos beneficios a la ayuda de decisiones gracias a su capacidad para analizar grandes cantidades de datos, identificar patrones, tendencias y predecir resultados con precisión.

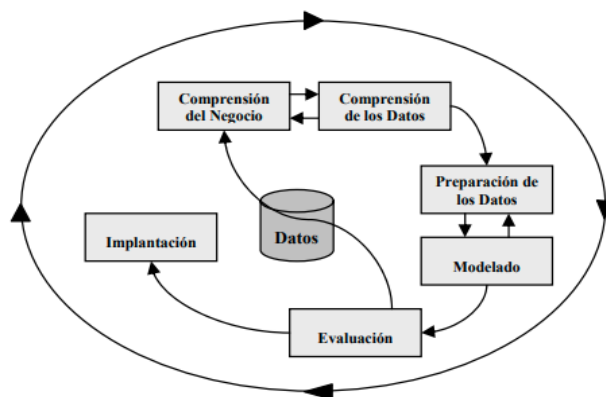
Su utilización en el sector textil permite beneficios como puede ser la optimización de los procesos productivos para lograr mejorar la calidad, eficiencia y competitividad de la empresa y mejorar la satisfacción del cliente.

1.5 Metodología CRISP-DM:

La metodología que se implementó en este trabajo fue CRISP-DM ya que era la que más se adaptaba al modelo de trabajo y mejores resultados iba a reflejar.

(Espinosa-Zúñiga, 2020) hace mención que esta técnica consta de seis etapas como se puede constatar en la **Figura 1** Pasos de la metodología CRISP-DM:

Figura 1 Pasos de la metodología CRISP-DM



Fuente: (Chapman, y otros, 2000)

Comprensión del negocio: En esta primera fase de la metodología busca comprender los principales objetivos que tiene la empresa e ir trabajando con la minería de datos ya que es el principal motor para lograr los propósitos. Se debe realizar y hallar datos de sus ventas de

la empresa que se tengan disponibles para posteriormente identificar qué preguntas clave se buscan responder.

Comprensión de los datos: La meta de esta segunda etapa del proyecto es recopilar información acerca de los datos que sea necesaria para analizarlos, después fueron limpiados de tal manera que se tenga solo la información de calidad. También, se hizo un análisis descriptivo de los datos con el fin de conocer sus alcances y su estructura.

Preparación de los datos: Para este punto, los datos se preparan para un análisis de técnicas, tales como la transformación de los datos, creación de conjuntos de entrenamiento y prueba y selección de variables con el objetivo de asegurar que los datos queden preparados para los modelos de minería de datos.

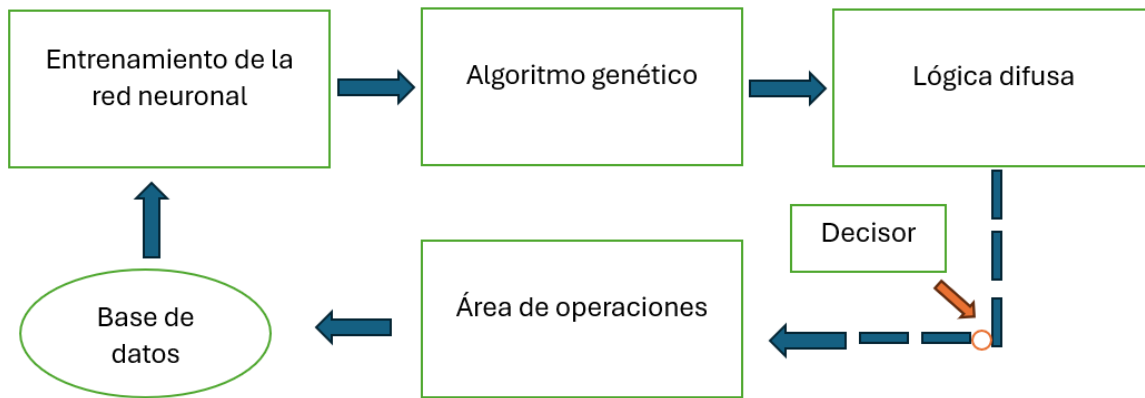
Modelado: Para este cuarto paso, se realizaron modelos de minería de datos con la ayuda de herramientas como las redes neuronales artificiales. Posterior a ello, se evaluaron y ajustaron con el propósito de hallar el que mejor se adapte a los datos y conteste a las preguntas planteadas previamente.

Evaluación: El quinto paso menciona que fueron evaluados los modelos de minería de datos con el objetivo de comprobar si realmente son eficaces y precisos. Una vez hecho esto se realizó una comparación de los resultados arrojados del modelo contra las expectativas que se tenían del negocio y en base a ello, se tomarán las decisiones correspondientes.

Despliegue: La última etapa de esta metodología consta que los resultados del modelo se implementan en el modelo de minería de datos en la operación de la empresa. Se presentaron los hallazgos a los interesados y se plantean indicadores con la finalidad de fortalecer el modelo.

La siguiente imagen muestra el proceso de como se implementará las herramientas de inteligencia artificial dentro de la metodología, tal como lo muestra la **Figura 2** Implementación de la metodología CRISP-DM

Figura 2 Implementación de la metodología CRISP-DM



Fuente: Elaboración propia

1.6 Información de la empresa:

La empresa textil desde hace más de 20 años se ha mantenido enfocada en el negocio de distintos productos del rubro textil con presencia en varias ciudades de la república mexicana.

A lo largo del tiempo ha ido ampliando su cartera de clientes, desde pymes hasta empresas ubicadas en nuestro país de talla internacional, las cuales ordenan grandes cantidades de productos de forma por mayoreo.

1.6.1 Antecedentes:

- A los alrededores de Orizaba existen diversas empresas muy importantes de talla nacional e internacional, pymes, escuelas, etc. las cuales tienen la necesidad de tener un proveedor de uniformes que tenga excelente satisfacción del cliente. Es aquí en donde la empresa X-line identificó la oportunidad de poder competir de mejor manera con algunas otras empresas dedicadas al mismo rubro.
- El dueño de la empresa tenía ya visualizado su proyecto y es por ello que consiguió proveedores que le suministraban tela de calidad y una gran avanzada tecnología para así poder obtener una mayor durabilidad en sus productos. Además, adquirió maquinaria especializada para los bordados por computadora con la finalidad de lograr un trabajo de mayor calidad.

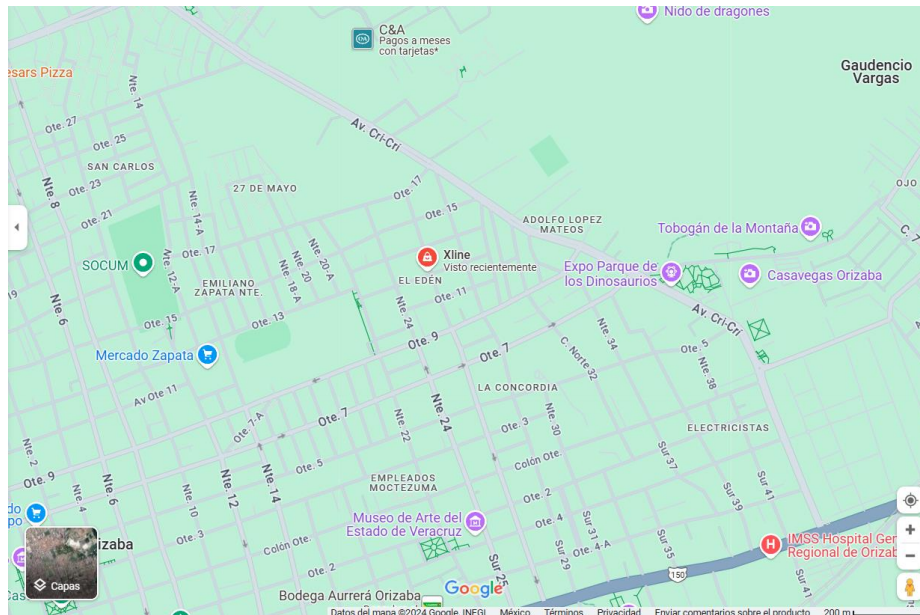
- Su principal fuente siempre ha sido la venta de uniformes y gracias a su gran auge, continuó ampliando su cartera de clientes y fue añadiendo nuevos productos como playeras, gorras, pantalones, etc.

1.6.2 Instalaciones:

La empresa se ubica en el municipio de Orizaba, Veracruz en la cual es posible ingresar a ella y realizar pedidos personalmente o de manera remota si así se desea. La ubicación de la empresa se muestra en la

Figura 3 Geolocalización de la empresa textil en Google maps

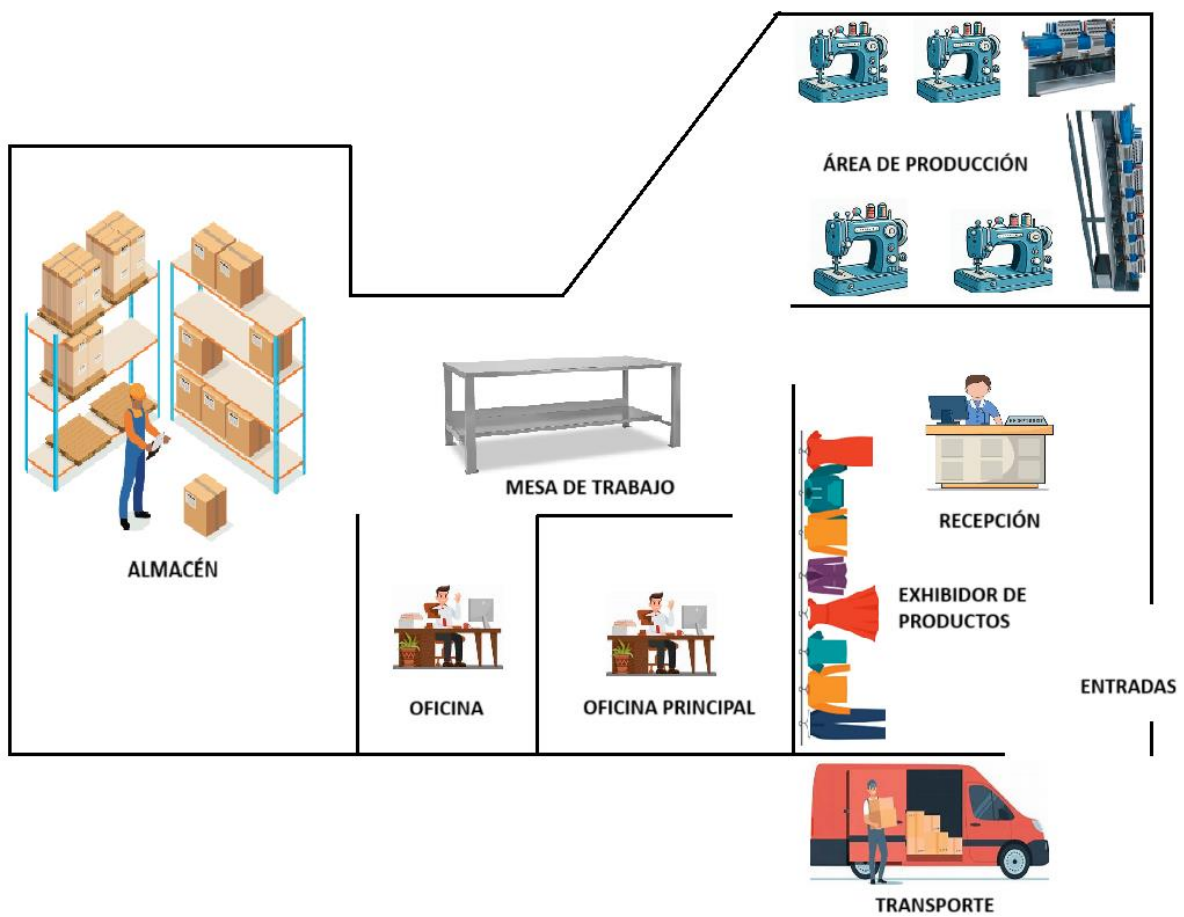
Figura 3 Geolocalización de la empresa textil en Google maps



Dentro de la empresa textil hay una recepción, exhibidores, área de producción y bordado, áreas de inventario, empaquetado y las oficinas tal como se muestra en la

Figura 4 Plano de la distribución de planta.

Figura 4 Plano de la distribución de planta



Fuente: Elaboración propia

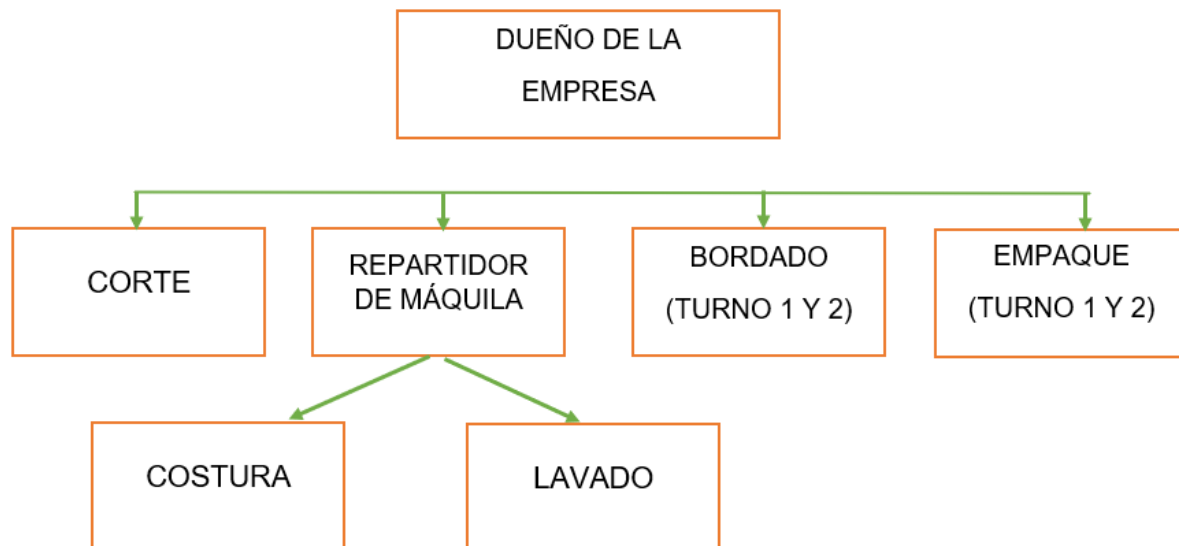
1.6.3 Servicios:

La empresa fabrica uniformes empresariales a pequeña y grande escala tales como camisas, blusas, playeras, gorras y realiza bordados, etc.

1.6.4 Estructura organizacional:

Su estructura organizacional está constituida por el siguiente grupo de trabajadores el cual se muestra en la **Figura 5** Estructura organizacional de la empresa textil

Figura 5 Estructura organizacional de la empresa textil



Fuente: Elaboración propia

1.6.5 Misión:

Con más de **20 años de experiencia** ofrecemos productos **innovadores** y entregamos productos en tiempo y forma con la mayor **calidad** posible que el cliente requiere logrando la **satisfacción** entera del mismo para sus uniformes empresariales utilizando alta **tecnología** en camisas, blusas, playeras, gorras y bordados por computadora.

1.6.6 Visión:

Ser una **empresa líder en su ramo** en la región de Orizaba, Veracruz, la cual sea **prestigiada por** la mejor **calidad** en la entrega **de todos nuestros productos** y lograr crecer en el mercado siendo reconocida por lograr satisfacer la demanda de todos nuestros clientes a nivel nacional. Aspirando a **expandirnos en el mercado** y convertirse en la mejor opción para los clientes.

1.7.7 Valores:

- Calidad: Cumplir con los objetivos específicos del cliente trabajando con la más alta calidad posible.
- Atención al cliente: Conseguir la satisfacción del cliente a base de un trato personalizado y comunicación efectiva en todo momento.
- Innovación: Identificar las necesidades del cliente y encontrar las soluciones.
- Trabajo en equipo: El equipo cumple las metas de manera eficiente
- Integridad: Actuar de manera correcta, manteniendo la integridad del cliente.
- Honestidad: Actuar con sinceridad y respetar a todos los demás
- Responsabilidad: Cumplir con las obligaciones y responder de manera consciente a las acciones y decisiones de la empresa.

1.6.8 Código de ética:

La empresa textil cuenta con su código de ética el cual está establecido de la siguiente manera:

- Los colaboradores de la empresa deben respetar a cualquier persona.
- Hacer las cosas de manera correcta para que exista integridad y confianza.
- La empresa mantiene por seguridad la información de los clientes.
- La empresa textil se mantiene al margen con las normas y leyes que se establecen.
- El trabajo en equipo es primordial para cumplir las metas personales y empresariales a corto y largo plazo.

1.6.9 Diagramas de la empresa:

El proceso de la empresa consta de 22 pasos los cuales son representados a continuación en la **Figura 6** Lista de actividades del proceso de producción de uniformes en empresa textil

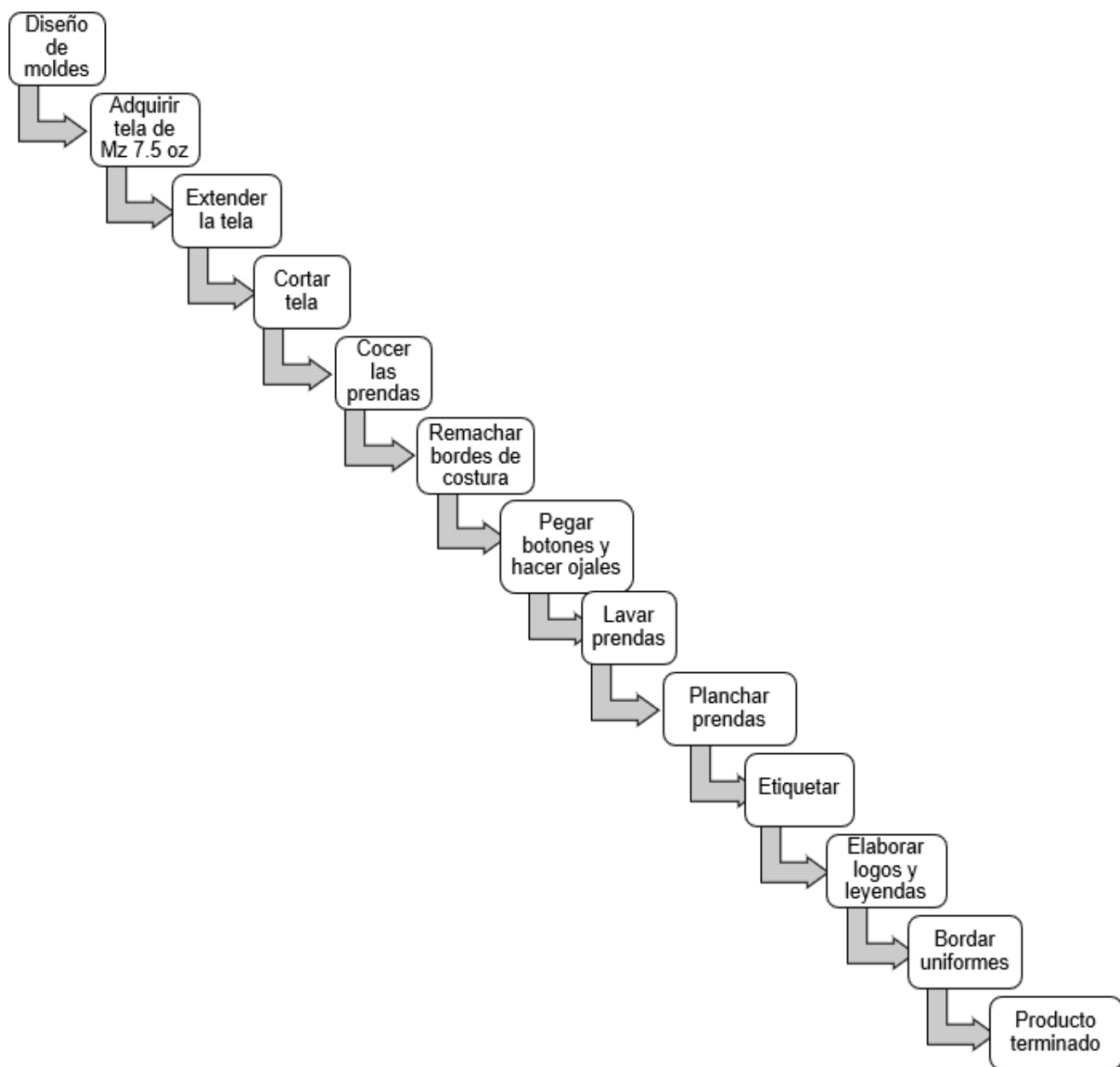
Figura 6 Lista de actividades del proceso de producción de uniformes en empresa textil

- | | |
|--|---|
| 1.  Crear orden de compra | 16.  La prenda está lista |
| 2.  Recibir orden de compra | 17.  Verificar los requisitos de orden |
| 3.  Identificar los requerimientos | 18.  Empaquetar productos |
| 4.  De existir inventario pasar al paso 15 | 19.  Enviar productos a cliente |
| 5.  Enviar las tallas y diseños a cortador | 20.  Entregar productos a cliente |
| 6.  Revisar si se cuenta con suficiente M.P. | 21.  Generar factura de cliente |
| 7.  Realizar cortes según especificaciones | 22.  Al momento de realizar cobro se genera el recibo |
| 8.  Transportar productos a maquila | |
| 9.  Ensamblar en maquila | |
| 10.  Pegar botones y colocar ojales | |
| 11.  Transportar productos, si es mezclilla continua en lavado, si es Oxford paso 15 | |
| 12.  Lavar uniformes | |
| 13.  Planchar uniformes | |
| 14.  Transportar productos a área de bordado | |
| 15.  Realizar bordado en base a diseño logo | |

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró un diagrama en el que se detallan los pasos a seguir específicamente del proceso de uniformes y consta de 13 pasos como se muestra en la **Figura 7** Diagrama de proceso de elaboración de camisas de mezclilla;Error! No se encuentra el origen de la referencia.

Figura 7 Diagrama de proceso de elaboración de camisas de mezclilla



Fuente: Elaboración propia

1.6.10 Política de calidad:

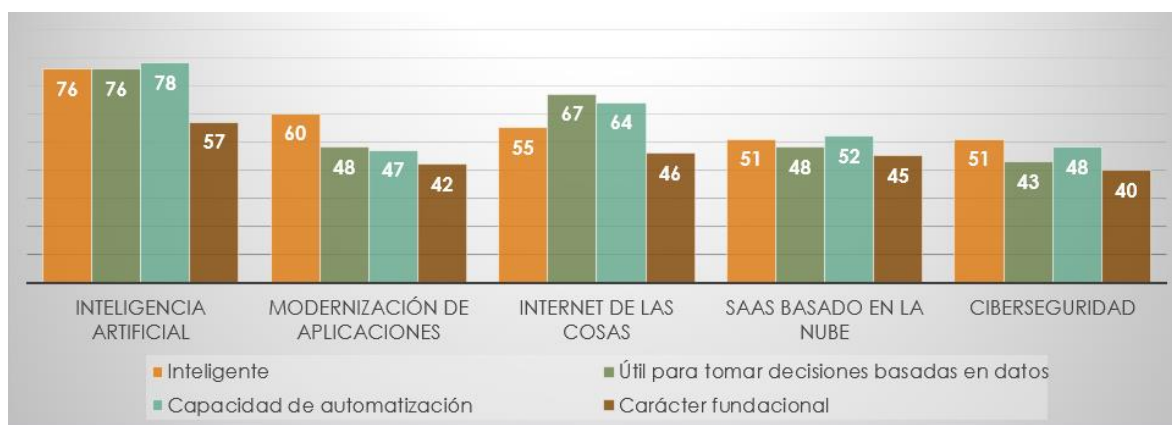
Cumplir con las expectativas del cliente de una manera eficiente dará como resultado la satisfacción del cliente.

- La comunicación efectiva ayudará a mantener un acercamiento al cliente más claro y efectivo en cuanto al conocimiento de sus pedidos.
- La garantía de los plazos de tiempo de entrega sobre los productos es de suma importancia para que el cliente obtenga lo esperado en tiempo y forma.
- La calidad es primordial para ofrecer sus productos de excelente durabilidad y resistencia, con el mayor cuidado de elaboración para obtener un producto de alta calidad.
- La innovación juega un papel importante en la industria textil y la empresa está comprometida con el cliente a entregarle los productos con la mejor tecnología, diseños exclusivos y opciones interesantes a todo tipo de clientes.
- Su mejora continua ha sido aplicada a todos los procesos dentro de la empresa, siempre buscando optimizar, oportunidades de mejorar para aumentar la calidad.
- Resolución de problemas de una manera inmediata y eficiente, hallando soluciones dando como prioridad siempre al cliente y la mejor solución posible con la finalidad de no entorpecer más la situación.
- Cumplimiento de normativas a los productos.

1.6.11 La inteligencia artificial en conjunto de otras tecnologías

La mayoría de las empresas internacionales hoy en día apuestan por la inteligencia artificial frente a otro tipo de herramientas de la tecnología (Tayob, 2023) como se muestra en la **Figura 8** Las 5 principales tecnologías del futuro

Figura 8 Las 5 principales tecnologías del futuro



Fuente: (De Las Casas, 2023)

El internet de las cosas (IoT) tiene diversas aplicaciones en muchos sectores industriales como puede ser en: (Román Salinas, Díaz Martínez, Ruíz Hernández , Cervantes Zubírias , & Morales Rodríguez , 2024)

Detección de anomalías en los sistemas industriales:

A través de los mantenimientos predictivos, herramientas como IoT, machine learning (ML) y la industria 4.0 al combinarse tienen un impacto muy bueno al momento de conocer cuando se debe realizar un mantenimiento y la detección de fallas tempranas en las máquinas.

La ciberseguridad junto con el IoT juegan un papel muy importante dentro de la detección temprana de errores en la industria, ya que esto es vital con la finalidad de tener un control de producción correcto, se evitan tanto pérdidas de tiempo como también económicas, lo cual reduce significativamente los mantenimientos. Además, estas mismas herramientas cumplen otro objetivo el cual es salvaguardar la información de las empresas de ataques cibernéticos y robo de datos importantes.

Sin embargo, la **inteligencia artificial** junto con el machine learning son herramientas que destacan más que ninguna en el ámbito de las máquinas inteligentes, con ventajas tales como poderse comunicar entre sí, mayor eficiencia en toma de decisiones y aprendizaje automático.

Cadenas de suministro:

(Althabatah, Yaqot, Menezes, & Kerbach, 2023). Las tecnologías aplicadas a las cadenas de suministro hoy en día, son una realidad y entre ellas destacan la Industria 4.0, el internet de las cosas, SaaS basado en la nube, entre otras, las cuales han logrado mejorar muchos sectores en la cadena de suministros.

Algunas mejoras de las cuáles diferentes empresas han sido beneficiadas son:

- Mejora en tiempos de entrega
- Menores costos
- Mayor satisfacción del cliente
- Flexibilidad en los procesos

La tecnología cada día sigue avanzando y todas las empresas se vuelven más dependientes de ella, es por ello que se ven en la necesidad de involucrarse en el último avance para poder competir en el mercado. La **inteligencia artificial** dentro de las cadenas de suministro digitales se pueden ver beneficiadas con retornos de inversión a largo plazo con la finalidad de obtener mayores ganancias y destacarse dentro de los mejores en el mercado. (Alzahrani & Zubair Asghar, 2023)

Manufactura:

Dentro de este sector el IoT ha ofrecido excelentes beneficios para las empresas, precisamente en sus sistemas de planificación de recursos (ERP). Algunas de sus ventajas son las siguientes:

- Obtener datos de las máquinas en tiempo real
- Conocer de manera precisa cómo se encuentra el inventario
- Cómo se comporta la producción en curso
- Automatización en procesos de producción

Gracias a estos beneficios la parte operativa se vuelve más eficiente en la toma de decisiones, lo que genera mayor ganancias para las empresas al reducir sus costos.

Los mantenimientos predictivos pueden verse beneficiados también al momento de implementar ERP aunado a dispositivos de IoT y datos de sensores, logrando anticiparse a cualquier falla y/o lo que reduce tiempos muertos. (Vukman, Klaric , Greger , & Peric, 2024)

Inteligencia artificial

Después de la pandemia del Covid-19 muchas de las empresas de todos los sectores se vieron obligadas a actualizarse y probar diversas tecnologías para poder mantenerse al margen de la competencia. (Zhang , Qian , & Xu, 2023)

La **inteligencia artificial** tiene varios atributos como automatizar mecanismos, procesos y maquinaria, y reduce tiempos en los procesos de mantenimientos de activos.

Se revisó en el artículo de (Espina Romero, y otros, 2023) que la **inteligencia artificial** podría tener la capacidad de mejorar la eficiencia en un 20% en el sector manufacturero para el año del 2030, trayendo mejoras como:

- Mejora de calidad
- Optimización de tiempos
- Menores costos de operación

La ciberseguridad en la industria:

Durante las últimas décadas la mayor parte de las industrias y entre otros sectores diferentes muestran interés en la ciberseguridad. (Xu & Hua, 2019). En la pandemia del Covid-19 las empresas se vieron obligadas a trabajar remotamente por lo que esto generó que los ciberataques se multiplicaran. (Ballesteros , 2020).

Las empresas más afectadas normalmente son las pymes y medianas empresas que no cuentan con los suficientes recursos para poder protegerse de los ataques cibernéticos y robo de confidencialidad. (Ortega Bustillos & Rojas Segura, 2023).

Esta tecnología es muy importante por lo anteriormente ya explicado, sin embargo, cuando la ciberseguridad se combina con otras técnicas de **inteligencia artificial**, específicamente con el aprendizaje profundo y las **redes neuronales artificiales** tiene el beneficio de poder

predecir ciberataques siempre que se tenga un gran conjunto de datos históricos de la seguridad de la empresa, para posteriormente tomar decisiones directivas.

Gracias a la combinación de este conjunto de herramientas tecnológicas pueden volverse más eficientes al momento de detectar anomalías o amenazas tales como: el aseguramiento de nuevos tipos de aplicaciones, identificación de malware o botnets, phishing, reconocimiento de fraudes y ciber anomalías, entre otros más. (Quirumbay Yagual, Catillo Yagual , & Coronel Suárez, 2022).

2. CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 La industria textil a nivel internacional.

Según el portal del gobierno de México en el año del 2023 la participación mexicana en base a sus exportaciones e importaciones en el sector textil fueron del 0.92% (US \$8.48 MM) y 1.56% (US \$14.3 MM) respectivamente. Véase la información en la **Tabla 1** Principales países exportadores: y **Tabla 2** Principales países más grandes en importaciones: respectivamente.

Tabla 1 Principales países exportadores:

País	%	\$US
China	30.8	283 MM
Bangladesh	5.76	57.7 MM
Vietnam	4.75	53 MM
India	4.24	43.7 MM
Alemania	4.03	37.1 MM

Fuente: (México, 2023)

Tabla 2 Principales países más grandes en importaciones:

País	%	\$US
Estados Unidos	16	147 MM
Alemania	7.37	67.8 MM
Francia	3.92	36 MM
Japón	3.85	35.4 MM
Reino Unido	3.65	33.5 MM

Fuente: (México, 2023)

2.2 La industria textil en México.

En 1892 la industria textil en el municipio de Río Blanco, Veracruz considerada de las principales en establecerse en la república mexicana fue de las más importantes a nivel nacional debido a que fue considerada una de las que mayor impacto económico

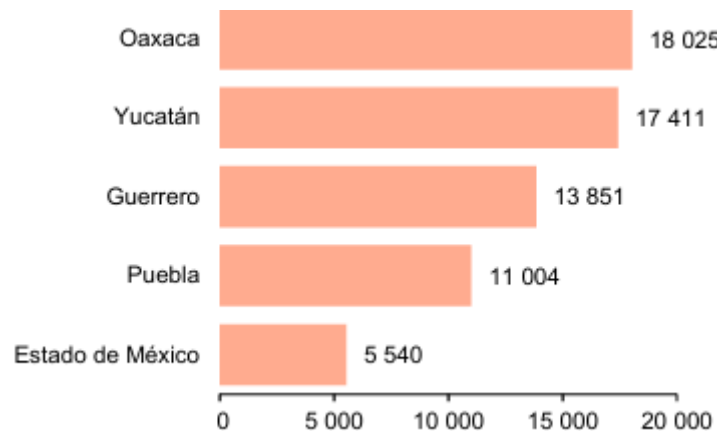
representaban al país en este rubro. Durante su gestión, el presidente Porfirio Díaz realizó diversas leyes que fortalecían a los empresarios atrayendo inversión extranjera a causa de la explotación y mano de obra barata por parte de los obreros. Es por ello que, en el año 1906 los obreros crean un grupo llamado “Gran círculo de obreros libres” (el primer sindicato) con la finalidad de defender los derechos del trabajador y comenzar a manifestarse para tener un trabajo digno con horarios de trabajo, organizándose para comenzar huelgas. (Gómez Galvarriato, 1999).

2.3 El sector textil y del vestido en la era moderna en México

Según un estudio realizado por el INEGI, la industria textil y de la confección ocupa el lugar número 14 dentro del sector manufacturero, lo cual refleja su relevancia dentro de la economía nacional. Asimismo, se detalla que los principales materiales utilizados en la elaboración de insumos textiles y procesos de acabado son las telas de algodón terminadas y la mezclilla, situándose como los más utilizados. A partir de estos insumos se pueden producir diversas prendas, siendo los uniformes y las camisas los productos con mayor demanda. (INEGI, Colección de estudios sectoriales y regionales, 2024).

De un total de 102,492 empresas textiles, solo cinco entidades federativas concentran el 64.2%. Los cinco principales estados de la república mexicana que mayor representación de unidades textiles hay son: Oaxaca, Yucatán, Guerrero, Puebla y el estado de México que representaron el 64.2% del total. (Véase en la **Figura 9** Los 5 estados con más fábricas del país).

Figura 9 Los 5 estados con más fábricas del país



Fuente: (INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), 2023)

2.4 Estado del arte

Inteligencia artificial

En el artículo de (Sosa Sierra, 2007) menciona que dentro de la inteligencia artificial hay dos fundamentos importantes, uno de ellos es la inteligencia artificial simbólica, la cual contiene un gran enfoque a un alto nivel de abstracción y vista microscópica. Dentro de estas secciones se puede encontrar los sistemas basados en el conocimiento, algunas técnicas de búsqueda y el procesamiento de lenguaje natural. Su segundo fundamento hace mención que se caracteriza por tener modelos biológicos microscópicos como lo son las redes neuronales y algoritmos genéticos.

Gracias a los avances de la inteligencia artificial, diversas ramas de esta han sido elaboradas como lo es la inteligencia computacional, la cual se enfoca en información y/o datos imprecisos en la aplicación de gestión financiera. Dentro de esta misma herramienta encontraremos la lógica difusa.

Minería de datos

El descubrimiento de conocimiento en bases de datos es de suma importancia para dar pie a las herramientas de inteligencia artificial y a la toma de decisiones. Según (C. Riquelme,

Ruiz, & Gilbert, 2006), hay ciertos pasos establecidos dentro la minería de datos para obtener de manera eficiente los mismos:

- Obtener los datos
- Purificar los datos (seleccionarlos y limpiarlos)
- Incorporar conocimiento previo
- Interpretar los resultados

Redes neuronales

Para (Trejo Ramírez , 2023), en su artículo basado en un proyecto sobre la predicción de la demanda en el sector textil hace mención que las redes neuronales tienen varias funciones las cuales pueden ser:

- Mejor planificación de la materia prima
- Mayor satisfacción del cliente
- Una mejor planificación de producción de prendas
- Gestionar mejor el inventario (evitando faltantes y/o excesos).
- Una mejor toma de decisiones.

(Miranda Aroni, 2023), plantea que utilizar redes neuronales en el rubro textil funcionan para mejorar el proceso de predicción de la producción de los operarios, y se puede conseguir diversas mejoras al momento de ejecutarlas, dando como resultados que los clientes puedan recibir su mercancía en tiempo y forma, en otras palabras, las redes neuronales permitirán a las empresas (no solo de este rubro) poder competir de manera más eficiente para una mayor satisfacción del cliente en los pedidos.

Las redes neuronales en combinación con herramientas estadísticas son excelentes para la predicción de pedidos de materia prima (lotes), además de que son un gran facilitador a la hora de tomar una decisión, ya que permite conocer de manera muy aproximada la realidad

de la demanda de los clientes de pequeñas, medianas y grandes empresas comercializadoras y anticiparse con el único fin de mantener la competitividad en el mercado (Quispe Mamani, 2022).

Para (Laura Huaita, 2020), señala que un punto clave para la planificación es anticiparse a lo que ocurrirá en el futuro. Por lo cual las redes neuronales artificiales representan un derivado de la inteligencia artificial y su hecho por comprender y/o desarrollar sistemas de inteligencia complejos con la posibilidad de crear soluciones computacionales que conlleva la necesidad de crear un modelo predictivo a través de una red neuronal que tenga la acción de poder optimizar, gestionar materias primas, reducir costos y evitar priorizar demanda o falta de insatisfacción del cliente en el sector textil.

(Valera Arregocés & Campbells Sánchez, 2011), mencionan en su artículo algunas ventajas en el uso de las redes neuronales artificiales:

Se adaptan al aprendizaje: Esto quiere decir que las RNA al momento de alimentarla con datos, aprende automáticamente a hacer tareas.

Se ordenan por sí mismas: Las RNA pueden organizar e ilustrar la información recibida eficientemente.

Resistencia a errores parciales: Cuando por error se destruye una red, dañará el sistema de la red, pero esto no quiere decir que la hará inservible. Esto se debe a que la RNA ha recibido suficiente información.

Las RNA automáticamente se ajustan a los elementos procesales.

Lógica difusa

El objetivo principal en este artículo utilizando la herramienta lógica difusa en rubro textil fue automatizar la dosificación de productos químicos en función de grado de suciedad de los tejidos. (Gómez Borgues, Acosta Corzo, & Fundora Curbelo, 2020), menciona que hoy en día la lógica difusa puede encontrarse dentro de trabajos relacionados con:

- Predicciones
- Análisis de datos

- Modelado y control
- Toma de decisiones

Según (Esquivel García, Félix Bejamín , & Bello Pérez , 2014), narran que para realizar la metodología de análisis difuso no existe como tal un procedimiento estándar, pero hay ciertos pasos que varios expertos en el tema han desarrollado en diferentes investigaciones para un buen diseño del sistema de inferencia difusa:

1. Se definen objetivos, restricciones y comportamiento de la inferencia difusa
2. Se selecciona las variables que se desean medir
3. Se selecciona la estrategia difusa de las variables
4. Se construye la base de reglas
5. En este paso se seleccionará la estrategia de la toma de decisiones.
6. Estrategia de defuzificación
7. Se realizan ciertas pruebas con la finalidad de comprobar si la solución hace match con el paso 1.

7.1 En caso de mejora volver al paso 1

(Castaño Giraldo, Hernández Gómez , & Gallo Blandón, 2013), en su artículo menciona que, los sistemas de control difuso esencialmente son sencillos de realizar y su implementación tiene un costo económico. Su aplicación en sectores industriales se debe a la capacidad que tiene para interpretar variables lingüísticas y utilizar la pertenencia de conjuntos, arrojando como resultado diversos beneficios como mejorar la calidad del producto final, optimizar procesos de producción y su relevancia en la industria moderna.

(M. Ceballos, 2014), hace mención que el uso para la lógica difusa debe ser realizado de la siguiente manera:

- Transformación de Respuestas Cualitativas: Para permitir que las redes neuronales artificiales (RNA) procesen datos cualitativos, se transforman estas respuestas en vectores mediante la lógica difusa. Este enfoque facilita el manejo de información cualitativa, que se expresa como conjuntos difusos a través de funciones de membresía.

- **Creación de Conjuntos Difusos:** Los conjuntos difusos se configuran utilizando funciones de membresía, las cuales se diseñan en base a la experiencia de expertos. Esto permite representar de manera cualitativa variables como "excelente", "bueno", "aceptable", etc., otorgando un marco flexible para la interpretación de datos imprecisos.
- **Conversión a Vectores:** Las funciones de membresía se transforman en vectores con $n+1$ elementos, donde cada elemento indica un grado de pertenencia. Esta vectorización facilita que las RNA puedan interpretar y trabajar con los datos cualitativos de manera efectiva, integrando la información en el análisis y procesamiento de datos.

Algoritmos genéticos:

(Duarte Arias, 2015), menciona que los algoritmos genéticos son altamente eficientes para optimizar procesos industriales complejos en combinación con la lógica difusa. De igual manera es una gran ayuda a la gestión de la incertidumbre y la imprecisión en los procesos de corte y con esto redujeron los tiempos de producción.

(Diego-Más, 2016), describe los algoritmos genéticos como métodos estocásticos que sirven para soluciones potenciales. Además, es una herramienta la cual sin necesidad de brindarle demasiada información específica del problema puede trabajar al mismo tiempo con otras búsquedas.

Aunque los algoritmos genéticos requieren en su mayoría representaciones de soluciones (mediante cadenas binarias) y uso de operadores genéticos con la finalidad de un cruce y mutación para obtener las mejores alternativas de los resultados y/o configuraciones.

Según (López Vargas, 2013), redacta que la aplicación de algoritmos genéticos puede lograr resultados de alto impacto dentro de un margen del 2% de los óptimos teóricos y tiempos computacionales competitivos.

Esta herramienta facilita a las empresas textiles mejorar su eficiencia operativa y su competitividad con mercados bastante demandantes.

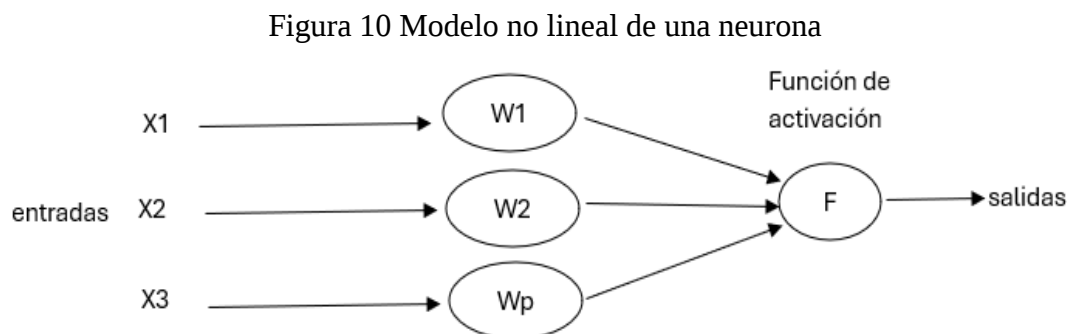
Para (Ortiz Quisbert, Duarte-Mermoud, Milla, & Catro-Linares, 2016), los algoritmos genéticos son una herramienta poderosa y flexible la cual busca dar soluciones a los problemas que se pueden presentar en la industria como lo puede llegar a ser la optimización de procesos o la programación de tareas. De igual manera, hace énfasis que uno de sus impactos principales de los algoritmos genéticos es ser un método estocástico de búsqueda ciega de soluciones.

Algunas de las tareas como la programación, planificación de la producción y la asignación de recursos pueden ser optimizadas dando como resultado significativas reducciones en los tiempos de producción y costos operativos. Según (Ángulo Guerrero & García Camacho, 2023).

2.5 Redes neuronales artificiales

2.5.1 Funciones de activación

Las neuronas tienen un papel importante dentro de una red neuronal, funcionan como simples operadores matemáticos, contienen entradas y a la vez pueden llegar a ser salidas. La salida es calculada por la sumatoria de las entradas, las cuales son ponderadas por coeficientes, para que finalmente sea aplicada la función de activación sobre la suma ponderada, en la **Figura 10** Modelo no lineal de una neurona



Fuente: (Báez Sentíes , 2007)

Existen diversas funciones de activación las cuales son las lineales, de umbral o gaussianas, exponenciales, sin embargo, las que más son utilizadas en redes neuronales son las no lineales, sigmoidales y las tangentes hiperbólicas. (Báez Sentíes , 2007)

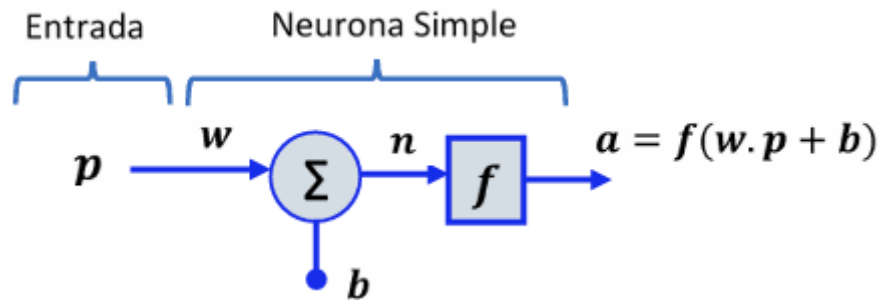
2.5.2 Estructuras de redes:

Una estructura de una red neuronal está compuesta por capas (de entrada, ocultas y de salida) y conexiones que existen entre ellas.

Las capas de entrada están enfocadas en recibir información de datos como pueden ser la retroalimentación de salidas y sensores. Las capas ocultas no se conectan de manera directa con el entorno y funcionan para incrementar los grados de libertad de la red. Mientras que las capas de salida contendrán las neuronas que den respuesta a las salidas de la red. (Vorobioff, Cerrotta, N. Morel, & Amadio, 2022).

Existen distintas arquitecturas para las redes neuronales, de las cuales solo se mencionarán las más comunes. En la Figura 11 Arquitectura de una red simple de neuronas se muestra la arquitectura simple de una red de neuronas:

Figura 11 Arquitectura de una red simple de neuronas



Fuente: (Ortiz Quisbert, Duarte-Mermoud, Milla, & Catro-Linares, 2016)

p : entrada escalar

w : peso escalar

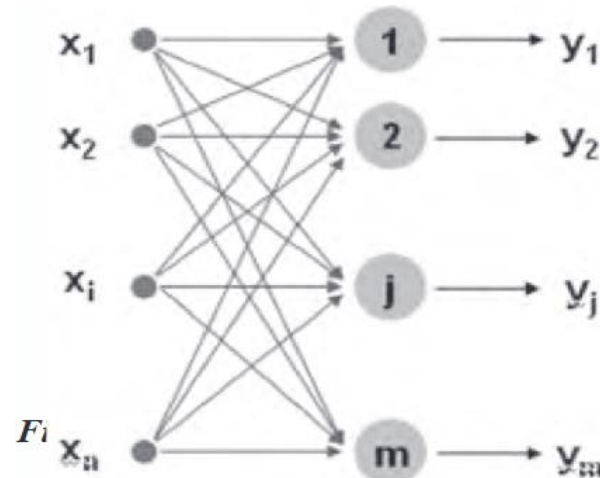
f : función de transferencia

n : entrada neta, $n = w.p + b$

Perceptrón Monocapa

En esta arquitectura, la información pasa directamente de la capa de entrada a la capa de salida tal como se puede observar en la **Figura 12** Estructura de una red perceptrón monocapa

Figura 12 Estructura de una red perceptrón monocapa



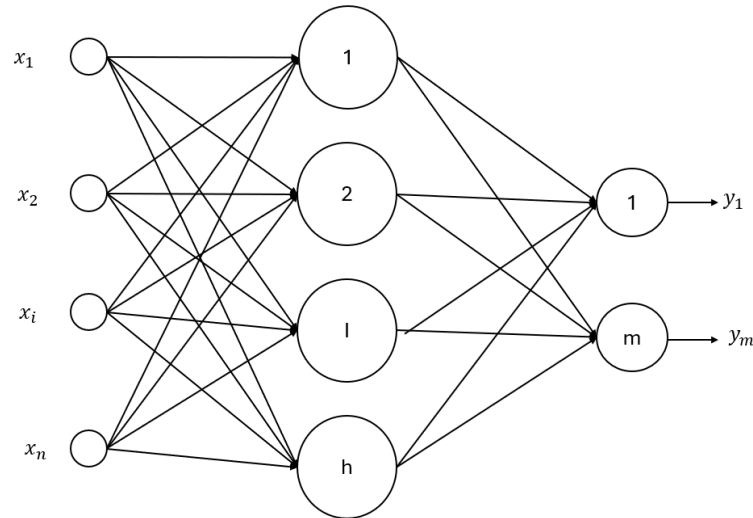
Fuente: (Caicedo Bravo & López Sotelo, 2017)

Perceptrón Multicapa

La estructura de esta red perceptrón multicapa, cuenta con 3 niveles de neuronas, las capas de entrada, las ocultas y las de salida. Se pueden utilizar más de 1 capa oculta. En la

Figura 13 Estructura de una red perceptrón multicapa se muestra que la conectividad es total, ya que las capas de entrada están interconectadas con las capas ocultas y las ocultas tienen relación tanto en la entrada como en la salida. Usualmente estas redes utilizan funciones de activación como las lineales y sigmoideas. (Caicedo Bravo & López Sotelo, 2017).

Figura 13 Estructura de una red perceptrón multicapa

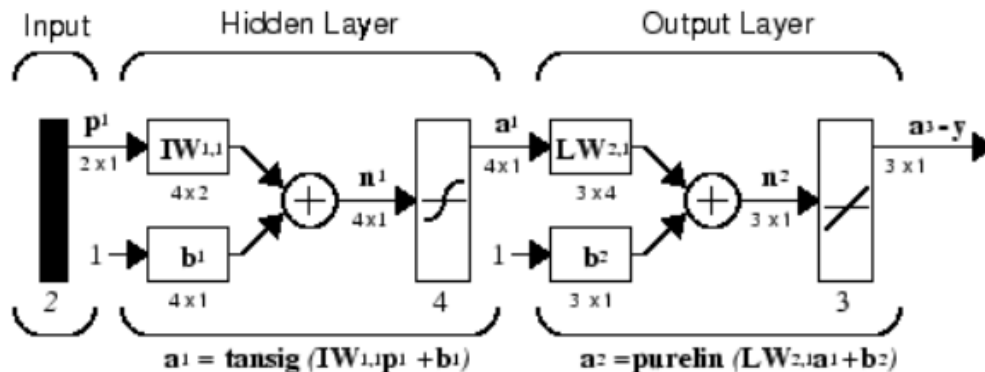


Fuente: (Caicedo Bravo & López Sotelo, 2017).

En las redes multicapa, el número de capa será el que determine los superíndices de las matrices de pesos. La notación es utilizada en la red de dos capas como lo es tansig/purelin. (Véase en la **Figura 14** Arquitectura de una red multicapa).

La red puede utilizarse para aproximarse a una función general. Es útil para aproximar cualquiera de las funciones usando un solo número finito de discontinuidades de forma certera, siempre que las capas cuenten con suficientes neuronas ocultas.

Figura 14 Arquitectura de una red multicapa



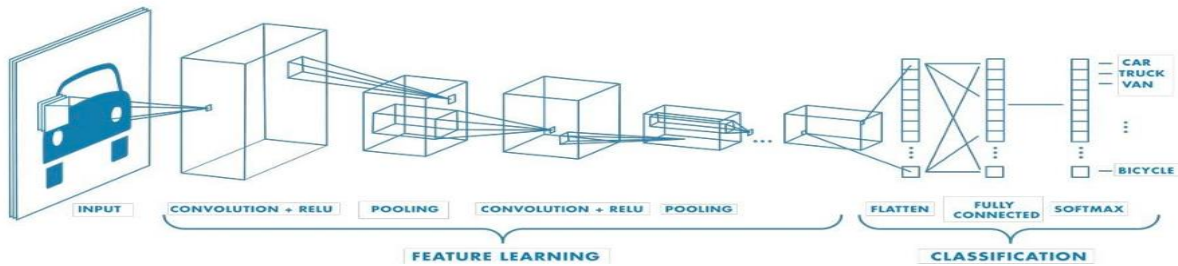
Fuente: (MATLAB, MATLAB, 2024)

Convolucionales

Las redes convolucionales intentan imitar la corteza de la visión del cerebro humano. Dentro de la red se tienen muchas capas ocultas las cuáles se encuentran de manera jerarquizadas. Las capas del inicio se encargarán de encontrar líneas y curvas, después las más profundas buscan reconocer elementos específicos más avanzadas tales como objetos, animales, rostros, entre otros, ya que estas redes trabajan con matrices en dos dimensiones. Estas redes suelen usar la función de rectificación (ReLU) (Vorobioff, Cerrotta, N. Morel, & Amadio, 2022).

El ejemplo de la arquitectura se muestra en la **Figura 15** Estructura de una red convolucionales.

Figura 15 Estructura de una red convolucionales



Fuente: (MATLAB, MATLAB, 2024)

2.5.3 Entrenamiento de datos:

Test:

El conjunto de prueba es o debe ser únicamente evaluado o bien solamente se emplea para medir el rendimiento final del modelo después del entrenamiento y no debe introducirse en el proceso de entrenamiento/ajuste; es completamente independiente, lo que permite que sea una medida objetiva de cómo puede aprender a generalizar un modelo sobre ejemplos no vistos a lo largo del proceso de desarrollo del modelo. (Medina-Marín, Palafox-Palafox, Seck-Tuoh-Mora, Serna-Díaz, & Hernández-Romero, 2023).

Un modelo primero se entrena con los datos de entrenamiento y se realizan validaciones con el conjunto de validación hasta que se logre que el desempeño sea el máximo. Sin embargo,

en ciertas ocasiones cuando tenemos escaso conjunto de entrenamiento se puede intentar reutilizar el conjunto de validación para hacer un conjunto de prueba, pero no es una buena práctica ya que puede introducir un sesgo a la hora de evaluar. (Huaita & Marcos, 2020)

El conjunto de prueba debe elegirse de forma que incluya ejemplos de todas las clases o categorías existentes en el problema que estemos considerando para poder garantizar que el modelo es capaz de desenvolverse correctamente cuando lo pongamos en producción en un entorno real. (Subasi, 2020)

Validación:

La validación ayuda a calificar el desempeño de la red para generalizar datos que anteriormente fueron tomados en cuenta, mientras que al mismo tiempo se utiliza para poder escoger el instante que el entrenamiento debe terminar, de esta manera no existirá el sobreajuste. Al momento de entrenarse los datos de validación van realizando pruebas periódicas para evaluar el desempeño del modelo.

Los datos de validación no tienen algún efecto dentro de la modificación de los parámetros, esto quiere decir que, van a afectar al momento de construir algún modelo, dando acceso a tomar decisiones a escoger los hiperparámetros o escoger el momento óptimo logrando terminar el entrenamiento, teniendo como resultado un modelo que generaliza mucho mejor. (Vorobioff, Cerrotta, N. Morel, & Amadio, 2022).

Aprendizaje supervisado:

Este enfoque implica trabajar con un conjunto de datos donde se encuentran, al mismo tiempo, dos tipos de atributos: las características esenciales de los datos y las que tienen una relación directa con la solución del problema. Por ejemplo, si se elabora un clasificador para un conjunto de datos como un sistema que es capaz de identificar a las diferentes personas con las que tiene que trabajar a partir de su imagen, cada ejemplo contendrá los datos del sujeto, como los de su imagen, y la etiqueta que indica a qué persona corresponde dicha imagen. En este tipo de aprendizaje, se asume como información del aprendizaje esta información que acompaña a los ejemplos para ajustar, como se menciona, las conexiones internas que tiene la red. (Vázquez López & de Jesús Zavala Ortiz, 2018)

Al introducir un ejemplo en la red y asociar una salida, se puede comparar la salida con lo que se espera; esto, que ya se conoce gracias a la información que se adjunta al conjunto de ejemplos de entrenamiento; la diferencia entre ambos resultados es el error y en base a esta diferencia es la que sirve para realizar el ajuste de los pesos. Un error grande implicará un ajuste grande; un error pequeño, un ajuste pequeño. En este sentido, podemos decir que hay un "supervisor externo" que evalúa si el sistema funciona como es debido, que compara el resultado que se produce con el que espera, y hace los ajustes necesarios para que el modelo se comporte como es debido, ajustando los pesos del modo correspondiente. (Isasi Viñuela & Galván León , 2004).

Aprendizaje no supervisado:

En una arquitectura de red neuronal de este tipo, los datos del conjunto de entrenamiento sólo contienen información sobre los ejemplos en sí mismos, sin ningún tipo de orientación externa que facilite el proceso de aprendizaje. En este modelo no hay un "profesor" que supervise la ejecución ni evalúe cómo avanza el aprendizaje; en su lugar, los pesos se ajustan solamente en función de los patrones (o características internas) que la red ha encontrado en los datos.

Cuando se realiza aprendizaje no supervisado la red tratará de encontrar las piezas clave con la finalidad de determinar qué patrones, regularidades, redundancias aparecen en los datos del conjunto de entrenamiento. Un problema que suele aparecer con el aprendizaje no supervisado es el overfitting. Este fenómeno se produce cuando el modelo se ajusta muy bien al conjunto de entrenamiento que a partir de un determinado límite generaliza incorrectamente para datos nuevos. En este sentido, podemos decir que a pesar de que el error en el conjunto de entrenamiento sea bajo, el modelo puede suponer que predice erróneamente para datos no vistos. Para comprobar si la red es capaz de generalizar bien, normalmente se parte el conjunto de datos en dos partes: un conjunto de entrenamiento, que es el que se utiliza para hacer el ajuste y, un conjunto de validación, que es el que se utiliza para evaluar su actuación.

Mediante esta separación podemos comprobar cómo rinde la red neuronal utilizando datos que no han sido utilizados para el ajuste. Si el error en el conjunto de validación es bajo, se

puede deducir que la red demuestra una buena capacidad de generalización y que puede resolver el problema. (Isasi Viñuela & Galván León , 2004).

2.5.4 Medidas de performance

Error cuadrático medio (MSE):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_{test\ i} - y_{pred\ i})^2$$

2.5.5 Regresiones lineales

Las regresiones lineales son algoritmos en donde su función principal es relacionar matemáticamente las variables de entrada y de salida. Cuando esto sucede, se puede decir que está lista para ser utilizada para realizar predicciones de valores que se conocen, sino también con valores que son completamente desconocidos de variables dependientes después de nuevos datos de entrada.

La regresión en sí es una herramienta que pertenece al aprendizaje supervisado, la cual necesita ser alimentada de un conjunto de datos etiquetados al momento de realizar los entrenamientos correspondientes.

(Vorobioff, Cerrotta, N. Morel, & Amadio, 2022).

2.6 Algoritmos Genéticos (AG)

2.6.1 Población inicial

Una población viene a ser un conjunto de individuos. Cada población está compuesta por un número de entidades de prueba donde el fenotipo sirve como parámetro que describe las características de los sujetos a la vez que los relaciona con el espacio de búsqueda. Algunos aspectos de una población son los siguientes:

1. la creación de la población inicial
2. el tamaño de la población

El tamaño de la población es proporcionalmente el mismo de la complejidad del problema a resolver. Generalmente, la población inicial se crea de forma aleatoria, en el caso de la

codificación binaria significa que, todos los bits de los sujetos se inicializan de forma aleatoria de 0 a 1. En ciertos casos, la población puede ser creada siguiendo alguna solución previamente conocida, en otras palabras, se puede inicializar el espacio de búsqueda con soluciones que se han encontrado con anterioridad.

Lo ideal es que la población inicial tenga la mayor diversidad genética posible, esto quiere decir que, todos los alelos posibles deben estar representados en la población. Para conseguirlo, la generación inicial suele ser aleatoria, aunque en ciertos casos la población inicial puede ser creada utilizando alguna heurística como base que retroalimente dicha población. Esto podría hacer que el Fitness promedio de la población inicial se encuentre en un nivel elevado y facilitar el hallazgo de soluciones de buena calidad.

Si se opta por este método, en todo caso debemos asegurarnos de que la diversidad genética sea suficiente. De lo contrario, una población con poca variabilidad podría limitar al algoritmo, restringiendo la exploración del espacio de búsqueda y la posibilidad de encontrar soluciones óptimas. (Rarwllins, 1991)

2.6.2 Generaciones

Llamadas también como iteraciones y son encargadas de detenerse hasta hallar el mejor resultado posible de cada función.

2.6.3 Mutación

Una mutación de uno de los individuos hace que uno de sus genes, normalmente uno solo, varíe su valor aleatoriamente. Una opción es seleccionar los individuos directamente de la población actual y mutarlos antes de incorporarlos a la nueva población, pero la mutación se suele utilizar juntamente con el operador de cruce. En primer lugar, se seleccionan dos individuos de la población para realizar el cruce. Si este es exitoso se muta uno de los descendientes, o ambos, con cierta probabilidad P_m . Se reproduce así de forma aproximada el comportamiento de la naturaleza, el cual establece que siempre que se produce descendencia tiene lugar alguna equivocación, por norma general sin mucha importancia, al trasladar la carga genética de padres a hijos.

La probabilidad de mutación es muy pequeña, generalmente inferior al 1%. Esto se debe a que la mayoría de los individuos presentan un ajuste menor al ser mutados. Sin embargo, se

producen mutaciones para garantizar que la probabilidad no nula de examinar ningún punto del espacio de búsqueda. (Gestal, Rivero, Raabuñal, Dorado , & Pazos, 2010)

2.6.4 Cruzamiento

El cruce en los algoritmos evolutivos se basa en la idea de poder reunir las características de dos individuos bien adaptados, asumiendo que la descendencia heredará los genes que hacen que los padres sean de calidad. Unir las mejores características de ambos progenitores debe proporcionar como resultado una descendencia que, en algunos casos, puede ser mejor que ellos al solucionar el problema.

Si el cruce se realiza de modo que las mejores características no se concentran en un solo descendiente y la descendencia en algunos casos resulta peor en términos de ajuste que sus padres, esto no necesariamente representa una pérdida. Utilizando una estrategia de cruce no destructiva se consigue garantizar que los mejores individuos permanezcan en la población para la siguiente generación; incluso si se inyecta descendencia menos ajustada, los genes de los padres todavía quedan en la población, aunque tal vez dispersos o ligeramente modificados por la mutación, para en posteriores cruces, ser revisitados y realizar combinaciones similares o bien recuperar calidad perdida. (Gestal, Rivero, Raabuñal, Dorado , & Pazos, 2010)

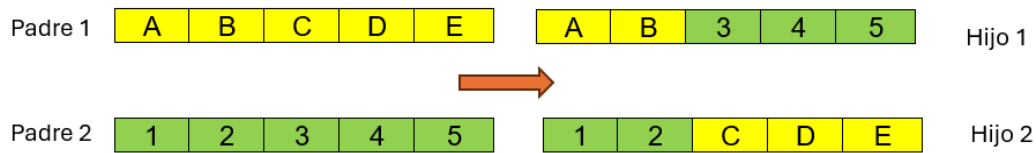
Los métodos para realizar el cruce son numerosos, aunque los más extendidos son:

Cruce de un punto:

Es la técnica de cruce más básica. Esta técnica implica elegir dos individuos y dividir sus cromosomas en un único punto que se elige de forma aleatoria. De esta forma aparecen dos partes de cada cromosoma: la inicial y la final. Las partes finales de los cromosomas se intercambian entre dos individuos diferentes y de esta forma se obtienen nuevos descendientes, de forma que ambos heredan información genética de sus progenitores. En la

Figura 16 Cruce de un punto: se muestra el ejemplo:

Figura 16 Cruce de un punto:

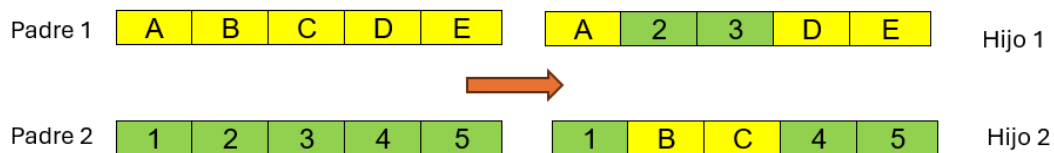


Fuente: elaboración propia

Cruce de 2 puntos:

Es una extensión del cruce de un punto. En este caso los cromosomas de los progenitores se dividen en dos puntos, en lugar de uno. Cuidado, en este caso los puntos de división no deben coincidir con los extremos de los cromosomas, de forma que aparecen tres segmentos diferentes. Para obtener la descendencia se utiliza el segmento intermedio de uno de los padres y los segmentos laterales del otro. En la siguiente **Figura 17** Cruce de dos puntos: se muestra el ejemplo:

Figura 17 Cruce de dos puntos:

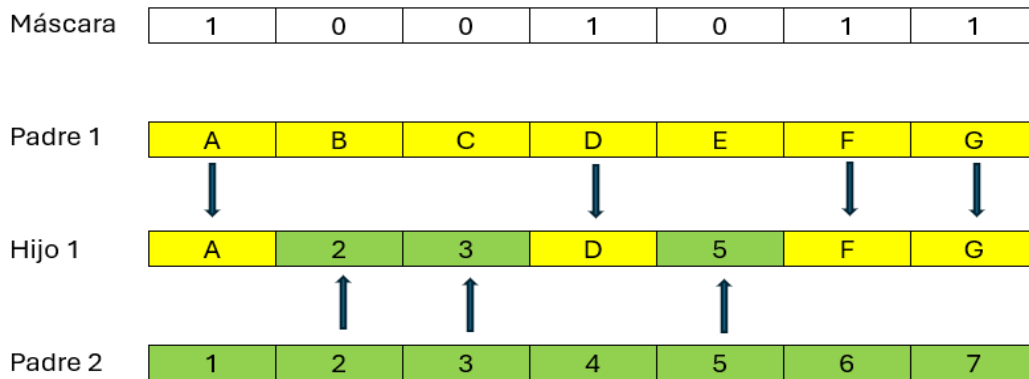


Fuente: elaboración propia

Cruce uniforme:

Esto es completamente distinto a lo anterior. En este caso, cada gen que va a formar la descendencia tiene la misma probabilidad de ser formado por cualquiera de los dos progenitores. En la **Figura 18** Cruce uniforme se muestra el ejemplo:

Figura 18 Cruce uniforme



Fuente: elaboración propia

2.6.5 Elitismo

El elitismo constituye una forma de operar con los algoritmos evolutivos que se basa en conservar a los mejores individuos en el marco de la evolución. Esta técnica consiste, en suma, en copiar al mejor, o a los mejores individuos de una generación a la siguiente. Así se garantiza que la calidad de la mejor solución jamás se degrade, es decir, que una mejora en la calidad de la solución implique un progreso en la búsqueda.

Una forma alternativa consiste en copiar a los mejores individuos de una generación a la siguiente sólo si, al aplicar los operadores de cruza o de mutaciones, no se ha logrado mejorar la calidad de la mejor solución actual. De esa forma se garantiza que las soluciones excelentes se mantengan intactas, pero al mismo tiempo se permite que el proceso evolutivo explore otras partes del espacio de búsqueda, antes de recurrir a las soluciones que brindan mayor calidad. (Gestal, Rivero, Raabuñal, Dorado , & Pazos, 2010)

2.6.6 AG mono-objetivo, mejor individuo.

El enfoque mono-objetivo se utiliza para conseguir mejores resultados individuales de criterios los cuales son tomados por separado para un mayor conocimiento de la situación del problema. Dentro de esta fase es posible ver a detalle cómo se está comportando el algoritmo encargado de optimizar y las funciones objetivo a optimizar. (Báez Senties , 2007)

2.6.7 Algoritmos Genéticos Multiobjetivo

Los algoritmos multiobjetivo suelen observarse con mayor frecuencia, estos se identifican debido a que es bastante complicado tomar una decisión en donde se encuentre una solución

perfecta (Báez Senties , 2007). Dentro de los algoritmos multiobjetivo se encuentran algunas metodologías las cuales están diseñadas para resolver problemas de optimización:

VEGA: Divide a la población dependiendo los criterios que fueron considerados, posterior se realiza una selección para finalmente mezclar las subpoblaciones.

NPGA: Se propone un término llamado nicho el cual consiste en tener una subpoblación estable de individuos que están cercanos entre sí. La idea principal es que los individuos pertenecientes a un mismo nicho necesitan distribuir los mismos recursos.

MOGA: Utiliza funciones de dominación con la finalidad de obtener soluciones.

SPEA: Calcula la fuerza de todas las soluciones basándose en el número de puntos que domina.

2.7 Lógica Difusa

La lógica difusa pertenece a la rama de la inteligencia artificial, su desarrollo se basa en asemejarse al razonamiento humano en cuestiones de aproximación, no cuantitativo y lingüístico.

Este principio se basa en que el mundo en donde habitamos no es binario. Algunos ejemplos básicos son: Bueno y malo, alto y bajo, blanco y negro, etc. (Ponce Cruz, 2010).

2.7.1 Variables de entrada

Estas variables eran valores que el sistema recibía con la finalidad de poder procesar los datos y generar una respuesta. Usualmente estas variables pueden representar información imprecisa.

Este tipo de variables son una magnitud la cual toma valores dentro del universo de discurso el cual es representado en conjuntos difusos.

Algunas veces no manejaban valores exactos, lo que lleva a llamarlas como que son magnitudes continuas o discretas. Estas se representan con las funciones de pertenencia, ya que permiten dar con exactitud el grado de pertenencia al conjunto difuso. (M. Mendel, 2000).

2.7.2 Fuzzificación

La fuzzificación permite transformar datos del mundo real y cambiarlos por conjuntos difusos los cuáles permitirán tomar mejores decisiones al final de la obtención de resultados.

La fuzzificación se utiliza no solo en el ramo de ingeniería, sino también en diversos sectores como la medicina, inteligencia artificial, informática, entre otras.

Este concepto solía aplicarse en la vida cotidiana, el cual se puede definir por funciones de membresía o pertenencia, los cuales se les asigna cierto grado de pertenencia a cada elemento que se encuentra dentro del conjunto de la variable. Por ejemplo, se puede relacionar un conjunto difuso con la palabra caliente que tenga valores cercanos a 30 grados y la palabra fría con valores cercanos a 10 grados.

La función lineal, sigmoideal y funciones de pertenencia trapezoidales o triangulares son algunos de los métodos con los que se puede trabajar la fuzzificación de las variables de entrada, y esto dependerá de cada caso particular dependiendo el caso de aplicación. (Cox, 1994).

2.7.3 Reglas de Pertenecia y criterio de operación

Estas reglas ayudaban a representar situaciones en donde la verdad no es absoluta, esta puede variar en grado. Es muy importante en momentos en las que algunas de las variables no pueden ser medidas con exactitud o en donde la interpretación del ser humano es necesaria.

También son muy importantes cuando se trata de tomar decisiones mediante reglas de lógica difusa. Su estructura de una regla de pertenencia se basa en forma de declaraciones: SI, ENTONCES (IF-THEN).

Cuentan con operadores lógicos y las reglas pueden combinarse con varias condiciones. AND, OR, NOT (Y, O, NO). (Mcneill & Freiburger, 1993).

2.7.4 Defuzzificación

La importancia de esta técnica se basa en la toma de decisiones, al realizar el proceso de defuzzificación se convertía un valor difuso en uno cuantificable o crisp. Esto quiere decir que transforma una salida que fue representada con anterioridad por conjuntos difusos en números exactos los cuáles a simple vista pueden ser más fáciles de poderlos interpretar.

El centro de gravedad, promedio de máximos, máximo izquierdo, máximo derecho son algunos de los métodos más comunes para realizar la defuzzificación. (Yen & Langari, 1998).

3. Capítulo 3. Metodología CRISP-DM

3.1 Paso 1. Comprensión del negocio

En esta parte era importante definir sus objetivos que se quieren lograr con este proyecto y conocer lo esencial del negocio, en este caso particular es importante considerar los principales productos que se tienen en venta los cuáles son las camisas Oxford y mezclilla junto con sus variables que se estudiarán (tamaño de manga, sexo, talla) para posteriormente poder pasar a la siguiente fase.

3.1.1 Definir los objetivos del negocio

La empresa textil en donde se desarrolla el proyecto lleva más de 20 años manteniéndose líderes y siendo una de las más importantes a nivel regional, es por ello que tienen objetivos claros:

- Mantenerse líderes en ventas en la región
- Expandirse a nuevas zonas
- Innovar los productos y servicios
- Implementar inteligencia artificial para mejorar la eficiencia
- Fidelizar a los clientes nuevos
- Satisfacer las necesidades de los clientes

3.1.2. Evaluar la situación

En este momento, la empresa textil presentaba ciertos problemas en sus inventarios, es por ello que se ve en la necesidad de implementar alguna herramienta que beneficie a la empresa en base a la eficiencia y no quedarse con producto terminado o fabricar más de lo requerido.

3.1.3. Definir los requisitos del proyecto

Los requisitos para poder realizar de manera correcta este proyecto, son los siguientes:

- Conocimiento de las necesidades de la empresa textil.
- Acceso a los datos históricos de la empresa textil
- Entendimiento total por ambas partes
- Conocimientos de herramientas de IA y programación

3.2 Paso 2. Comprensión de los datos

3.2.1 Recopilación de datos iniciales

De acuerdo con lo planteado con el dueño de la empresa, se trabajará con clientes que representan por lo menos más de \$80,000 M.X. anualmente, ya que son los clientes que más impacto económico tienen, a parte que son constantes con sus pedidos mensualmente.

A continuación, en la se muestra en la **Tabla 3** Principales clientes con mayor impacto económico anual algunos de los clientes que cumplen con el filtro ya mencionado (a excepción de los encerrados en círculo rojo), y son aquellos con los que se trabajarán para realizar de manera más confiable los resultados de la predicción de la demanda a través de las redes neuronales.

Tabla 3 Principales clientes con mayor impacto económico anual

Razón Social	RFC	#Facturas	Monto
BIO PAPPEL	2JFA	111	2,810,683.08
BIO PAPPEL SCRIBE	372	40	2,327,729.48
ROTOPLAS	26ZA	22	854,483.84
CAFIVER	19U79	4	620,816.92
SWISSMEX RAPID	7PY3	21	567,070.64
SOLUCIONES Y TRATAMIENTO ECOLOGICO	IMC0	38	328,853.04
COMERCIALIZADORA RAPIDO	4110	6	140,106.13
SINTORI	1LK0	12	139,266.12
PIASA INGENIO PLAN DE SAN LUIS	1MR5	3	134,540.28
CONSTRUCTORA Y COMERCIALIZADORA INDUSTRIAL DEL GOLFO	172	2	99,365.60
CONSTRUCCIONES Y TRITURACIONES	6J9	2	97,527.00
TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO	GFA	6	84,394.88
ROVIANDA	56P8	5	76,564.64
TECMEN-TECNIVA	1L5	3	46,458.00
MARIA ESTHER RUANO RAMIREZ	T84	5	43,326.00

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Exploración de los datos

Una vez que se tuvo acceso al sistema de datos históricos de la empresa es importante analizar y comprender la información para verificar que datos pueden funcionar para realizar el

proyecto. En la **Tabla 4** Sistema de facturación de la empresa textil se muestra información valiosa en cada columna.

Tabla 4 Sistema de facturación de la empresa textil

RFC	Razon Social	NumCliente	Serie	Folio	UUID	Fecha	Cantidad	Unidad	ClaveProd	Serv	Descripcion	Valor Unitario	Importe	Total	Descuento	IVAT	IEPST	IVAR	IEPSR	ISRR	STS
TNM140	TECNOLOGICO	Ciente537		3324	295AE	2024-10-02	9	H87	53102710		CAMISA DE VESTIR MANGA CORTA	240.19	2161.71	4914	0	345.87	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	4	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ CH	171	684	13686.84	0	109.44	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	20	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ MED	171	3420	13686.84	0	547.2	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	17	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ GDE	171	2907	13686.84	0	465.12	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	23	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ XG	171	3933	13686.84	0	629.28	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	4	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ XXG	171	684	13686.84	0	109.44	0	0	0	0	A
SRA7612	SWISSMEX	RAF	Ciente578	3325	72FC4	2024-10-02	1	H87	53102710		CAMISA MEZCLILLA 13 OZ XXXG	171	171	13686.84	0	27.36	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA LARGA CH	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	80	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA LARGA GDE	169	13520	90178.4	0	2163.2	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	80	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA LARGA MED	169	13520	90178.4	0	2163.2	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA LARGA XG	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		BLUSA OXFORD MANGA LARGA CH	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA LARGA GDE	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		BLUSA OXFORD MANGA LARGA MED	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3330	4629C	2024-10-10	50	H87	53102710		BLUSA OXFORD MANGA LARGA XG	169	8450	90178.4	0	1352	0	0	0	0	A
CC0806	CONTROL DE C	Ciente1047545		3331	B3EF2	2024-10-12	6	H87	53102710		CAMISA OXFORD MANGA CORTA MED	250	1500	1856	0	240	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3341	C85DI	2024-10-15	6	H87	53102710		BLUSA OXFORD MANGA CORTA XG	159	954	44756.28	0	152.64	0	0	0	0	A
GPS0312	BIO PAPPEL	SC	Ciente487	3341	C85DI	2024-10-15	25	H87	53102710		BLUSA OXFORD MANGA CORTA XXG	159	3975	44756.28	0	636	0	0	0	0	A

Fuente: Elaboración propia

Dentro la **Tabla 5** y **Tabla 6** Costos de fabricación para camisas Oxford se muestran los costos que implica fabricar los productos para las blusas Oxford, como de igual forma en la **Tabla 7** Costos de fabricación para camisas de mezclilla se observa los costos que implican fabricar para las camisas de mezclilla.

Tabla 5 Costos de fabricación para blusas Oxford

Blusa Oxford	Precio tela	Metros	Costo tela	Mano de obra	Varios	Flete	Bordado	Total
Manga corta	76.1	0.75	57.075	26	5	4	8	100.075
Manga larga	93.35	0.9	84.015	28	5	4	8	129.015

Tabla 6 Costos de fabricación para camisas Oxford

Camisa Oxford	Precio tela	Metros	Costo tela	Mano de obra	Varios	Flete	Bordado	Total
Manga corta	76.1	1.1	83.71	26	5	4	8	126.71
Manga larga	93.35	1.24	115.754	28	5	4	8	160.754

Tabla 7 Costos de fabricación para camisas de mezclilla

Camisa y blusa mezclilla	Precio tela	Metros	Costo tela	Mano de obra	Lavado y varios	Flete	Bordado	Total
Manga corta	80	1.1	88	26	12	4	7	137
Manga larga	80	1.25	100	28	12	4	7	151

Fuente: Elaboración propia

Toda esta información se utilizó dentro del software Matlab el cuál servirá precisamente para crear redes neuronales y estas aprendan en base de las ventas que se ha tenido a lo largo del tiempo y que arrojen resultados bastante confiables en base a la predicción.

3.2.3 Descripción de los datos

En la **Tabla 4** Sistema de facturación de la empresa textil se muestra información de algunos de los clientes con los que cuenta la empresa textil junto con su respectiva RFC, razón social, número de cliente, el folio en donde queda registrado cuántas piezas y qué productos se registraron, junto con diferentes características (sexo, talla y tamaño de manga) y finalmente la parte económica que muestra el valor de cada prenda, importe, IVA y el total por cada folio generado.

3.2.4 Verificación de la calidad de los datos

En base a la **Tabla 4** Sistema de facturación de la empresa textil y **Tabla 5** se verifica que es información bastante útil ya que el proyecto consta del pronóstico financiero de las ventas que se generaron a través del año 2024, por lo tanto, se observa que se tienen cantidades, precios y costos, por lo que estas podrían funcionar como variables de entrada y/o de salida.

3.3 Paso 3. Preparación de los datos

3.3.1 Limpieza y selección de datos

De todos los datos que se muestran en la **Tabla 4** Sistema de facturación de la empresa textil existen varios que no contienen información relevante para este proyecto, es necesario descartarlos, ya que no agregan valor.

En la **Tabla 8** Sistema de facturación optimizándose realizó un diseño en una tabla de Excel bastante atractiva y de fácil entendimiento para que el dueño de la empresa pudiera entenderla. Se aprecia que se eliminaron columnas con datos que no se ocuparán a lo largo del trayecto con el objetivo de evitar retrasos en las actividades futuras.

Tabla 8 Sistema de facturación optimizado

MES	EMPRESA	NO ORDEN	Fecha factura	PRODUCTO			GENERO		MANGA		TALLA							Cant.	Costo ind.	Costo Total	Precio pz	Total	IVA	Total orden
				Ofort	Merchilla	13oz	Dama	Caballero	Larga	Corta	XCH	CH	M	G	XG	XXG	XXXG							
ENERO	BIO PAPPAL	2863	25/01/2024	2			2		2		2							2	\$ 129.00	\$ 258.00	\$164.00	\$328.00	\$380.48	
		2863	25/01/2024	3			3		3				3					3	\$ 129.00	\$ 387.00	\$164.00	\$492.00	\$570.72	
		2863	25/01/2024	6			6		6					6				6	\$ 129.00	\$ 774.00	\$164.00	\$984.00	\$1,141.44	
		2863	25/01/2024	2			2		2						2			2	\$ 129.00	\$ 258.00	\$164.00	\$328.00	\$380.48	
		2863	25/01/2024	2			2			2		2						2	\$ 100.00	\$ 200.00	\$154.00	\$308.00	\$357.28	
		2863	25/01/2024	3			3			3			3					3	\$ 100.00	\$ 300.00	\$154.00	\$462.00	\$535.92	
		2863	25/01/2024	6			6			6				6				6	\$ 100.00	\$ 600.00	\$154.00	\$924.00	\$1,071.84	
		2863	25/01/2024	2			2								2			2	\$ 100.00	\$ 200.00	\$154.00	\$308.00	\$357.28	
		2863	25/01/2024	2				2		2						2		2	\$ 127.00	\$ 254.00	\$154.00	\$308.00	\$357.28	\$5,152.72
		2864	25/01/2024		2		2		2			2						2	\$ 151.00	\$ 302.00	\$174.00	\$348.00	\$403.68	
		2864	25/01/2024		2		2		2				2					2	\$ 151.00	\$ 302.00	\$174.00	\$348.00	\$403.68	
		2864	25/01/2024		4		4		4					4				4	\$ 151.00	\$ 604.00	\$174.00	\$696.00	\$807.36	
		2864	25/01/2024		2		2		2						2			2	\$ 151.00	\$ 302.00	\$174.00	\$348.00	\$403.68	
		2864	25/01/2024		2		2		2							2		2	\$ 151.00	\$ 302.00	\$174.00	\$348.00	\$403.68	\$2,422.08
	ROTOPLAS	2862	22/01/2024	5			5			5					5			5	\$ 100.00	\$ 500.00	\$154.00	\$770.00	\$893.20	
		2862	22/01/2024	10			10			10		10						10	\$ 100.00	\$ 1,000.00	\$154.00	\$1,540.00	\$1,786.40	
		2862	22/01/2024	30			30			30				30				30	\$ 100.00	\$ 3,000.00	\$154.00	\$4,620.00	\$5,359.20	
		2862	22/01/2024	40			40			40			40					40	\$ 100.00	\$ 4,000.00	\$154.00	\$6,160.00	\$7,145.60	
		2862	22/01/2024	10			10				10							10	\$ 129.00	\$ 1,290.00	\$164.00	\$1,640.00	\$1,902.40	
		2862	22/01/2024	20			20							20				20	\$ 129.00	\$ 2,580.00	\$164.00	\$3,280.00	\$3,804.80	
		2862	22/01/2024	30			30						30					30	\$ 129.00	\$ 3,870.00	\$164.00	\$4,920.00	\$5,707.20	
		2862	22/01/2024	20			20						20					20	\$ 129.00	\$ 2,580.00	\$164.00	\$3,280.00	\$3,804.80	
		2862	22/01/2024	5			5			5					5			5	\$ 129.00	\$ 645.00	\$164.00	\$820.00	\$951.20	
		2862	22/01/2024	20				20		20		20						20	\$ 127.00	\$ 2,540.00	\$154.00	\$3,080.00	\$3,572.80	
		2862	22/01/2024	80				80		80		80						80	\$ 127.00	\$ 10,160.00	\$154.00	\$12,320.00	\$14,291.20	
		2862	22/01/2024	120				120		120			120					120	\$ 127.00	\$ 15,240.00	\$154.00	\$18,480.00	\$21,436.80	
		2862	22/01/2024	20				20		20					20			20	\$ 127.00	\$ 2,540.00	\$154.00	\$3,080.00	\$3,572.80	
		2862	22/01/2024	60				60	60						60			60	\$ 161.00	\$ 9,660.00	\$164.00	\$9,840.00	\$11,414.40	
		2862	22/01/2024	80				80	80				80					80	\$ 161.00	\$ 12,880.00	\$164.00	\$13,120.00	\$15,219.20	
		2862	22/01/2024	10				10	10						10			10	\$ 161.00	\$ 1,610.00	\$164.00	\$1,640.00	\$1,902.40	
		2862	22/01/2024		40			40	40		40							40	\$ 151.00	\$ 6,040.00	\$174.00	\$6,960.00	\$8,073.60	
		2862	22/01/2024		50			50	50						50			50	\$ 151.00	\$ 7,550.00	\$174.00	\$8,700.00	\$10,092.00	
		2862	22/01/2024		100			100	100						100			100	\$ 151.00	\$ 15,100.00	\$174.00	\$17,400.00	\$20,184.00	
		2862	22/01/2024		80			80	80				80					80	\$ 151.00	\$ 12,080.00	\$174.00	\$13,920.00	\$16,147.20	\$157,261.20

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta tabla se dispusieron datos previamente seleccionados de los cuales se encontraron 7680 históricos a través de los doce meses (enero- diciembre) del 2024, a continuación, se desglosa esta información:

- 1280 datos por columna
- 6 columnas en total (4 entradas y 2 salidas)
- $1280 \times 6 = 7680$ datos en total

3.3.2 Transformación de datos

Los datos pasaron a ser parte de las variables de entrada y de salida, para este caso se requiere conocer las ventas totales de todo el año 2024, es por ello que se seleccionaron cuatro variables de entrada (mes, cantidad, costo y precio), y dos variables de salida (ventas y costos totales). A continuación, se muestra en la **Tabla 9** Variables de entrada para las ventas totales parte de la información a detalle de la primera variable de salida.

Tabla 9 Variables de entrada para las ventas totales

Mes	Cantidad	Costo	Precio	Ventas totales
Enero	3	127	274	822
Enero	2	129	164	328
Enero	3	129	164	492
Febrero	3	127	172	516
Febrero	11	127	172	1892
Febrero	12	127	172	2064
Marzo	29	151	174	5046
Marzo	64	151	174	11136
Marzo	29	151	174	5046
Abril	2	100	172	344
Abril	2	100	172	344
Abril	2	129	182	364
Mayo	7	151	179	1253
Mayo	5	151	179	895
Mayo	3	151	179	537
Junio	2	151	174	348
Junio	35	151	174	6090
Junio	58	151	174	10092
Julio	4	161	169	676
Julio	4	161	169	676
Julio	2	161	169	338
Agosto	7	151	179	1253
Agosto	5	151	179	895
Agosto	4	151	179	716
Septiembre	1	151	179	179
Septiembre	4	151	179	716
Septiembre	4	129	169	676
Octubre	4	151	171	684
Octubre	20	151	171	3420
Octubre	17	151	171	2907
Noviembre	6	100	159	954
Noviembre	5	100	159	795
Noviembre	6	100	159	954
Diciembre	10	129	169	1690
Diciembre	28	129	169	4732
Diciembre	2	129	169	338

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los costos se utilizaron las mismas variables de entrada anteriores solo que a diferencia de la salida se utilizaron los costos totales. Véase en la **Tabla 10** Variables de entrada para los costos totales.

Tabla 10 Variables de entrada para los costos totales

Mes	Cantidad	Costo	Precio	Costo total
Enero	3	127	274	381
Enero	2	129	164	258
Enero	3	129	164	387
Febrero	3	127	172	381
Febrero	11	127	172	1397
Febrero	12	127	172	1524
Marzo	29	151	174	4379
Marzo	64	151	174	9664
Marzo	29	151	174	4379
Abril	2	100	172	200
Abril	2	100	172	200
Abril	2	129	182	258
Mayo	7	151	179	1057
Mayo	5	151	179	755
Mayo	3	151	179	453
Junio	2	151	174	302
Junio	35	151	174	5285
Junio	58	151	174	8758
Julio	4	161	169	644
Julio	4	161	169	644
Julio	2	161	169	322
Agosto	7	151	179	1057
Agosto	5	151	179	755
Agosto	4	151	179	604
Septiembre	1	151	179	151
Septiembre	4	151	179	604
Septiembre	4	129	169	516
Octubre	4	151	171	604
Octubre	20	151	171	3020
Octubre	17	151	171	2567
Noviembre	22	129	169	2838
Noviembre	16	129	169	2064
Noviembre	15	129	169	1935
Diciembre	19	129	169	2451
Diciembre	1	129	169	129
Diciembre	3	151	179	453

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Construcción de conjuntos de datos finales

La información anterior con sus respectivas variables de entrada y salida para ambos casos (ventas y costos totales) debe ser trasladada hacia el software de programación que se ocupó, en este caso es MATLAB®. Se realizaron entrenamientos para cada caso con redes neuronales y en base a los resultados de regresiones obtenidas se eligió la mejor arquitectura posible para trabajar a lo largo del trayecto.

3.4 Paso 4. Modelado

3.4.1 Seleccionar técnicas de modelado con RN

Para desarrollar el modelo neuronal se utilizó la red feed-forward con backpropagation para que el modelo calcule la salida de la red neuronal y posterior ajuste los pesos. Se modificó el número de neuronas ocultas para obtener el mejor valor en las regresiones. Finalmente, se utilizó una función de activación de tipo sigmoideal, lo que permitió en la salida que no existan linealidades y se desnormalizaron los resultados obtenidos de una manera más fácil en la salida de la red.

Las características ya mencionadas se agregaron en la configuración de la red (véase en la **Figura 19** Configuración de las redes neuronales artificiales, cabe mencionar que se utilizaron tres neuronas ocultas para ambos entrenamientos (ventas y costos totales).

Figura 19 Configuración de las redes neuronales artificiales

The screenshot shows the 'Network Properties' dialog box in MATLAB. The 'Name' field is 'red 3 neuronas'. The 'Network Type' is 'Feed-forward backprop'. The 'Input data' is 'en' and the 'Target data' is 'sn'. The 'Training function' is 'TRAINLM', the 'Adaption learning function' is 'LEARNGDM', and the 'Performance function' is 'MSE'. The 'Number of layers' is '2'. The 'Properties for: Layer 1' section shows 'Number of neurons' as '3' and 'Transfer Function' as 'TANSIG'. At the bottom, there are buttons for 'View', 'Restore Defaults', 'Help', 'Create', and 'Close'.

Fuente: Elaboración propia dentro Matlab

3.4.2 Ajuste de parámetros RN

Para el ajuste de los parámetros de las redes neuronales artificiales, se dejó un total de 1000 iteraciones para el entrenamiento de ambas salidas y que el modelo pueda encontrar un mejor resultado en el aprendizaje. Se muestra a continuación la configuración (véase en la **Figura 20** Configuración de parámetros para las RNA).

Figura 20 Configuración de parámetros para las RNA

Training Info		Training Parameters	
showWindow	true	mu	0.001
showCommandLine	false	mu_dec	0.1
show	50	mu_inc	10
epochs	1000	mu_max	10000000000
time	Inf		
goal	0		
min_grad	1e-07		
max_fail	6		

 Train Network

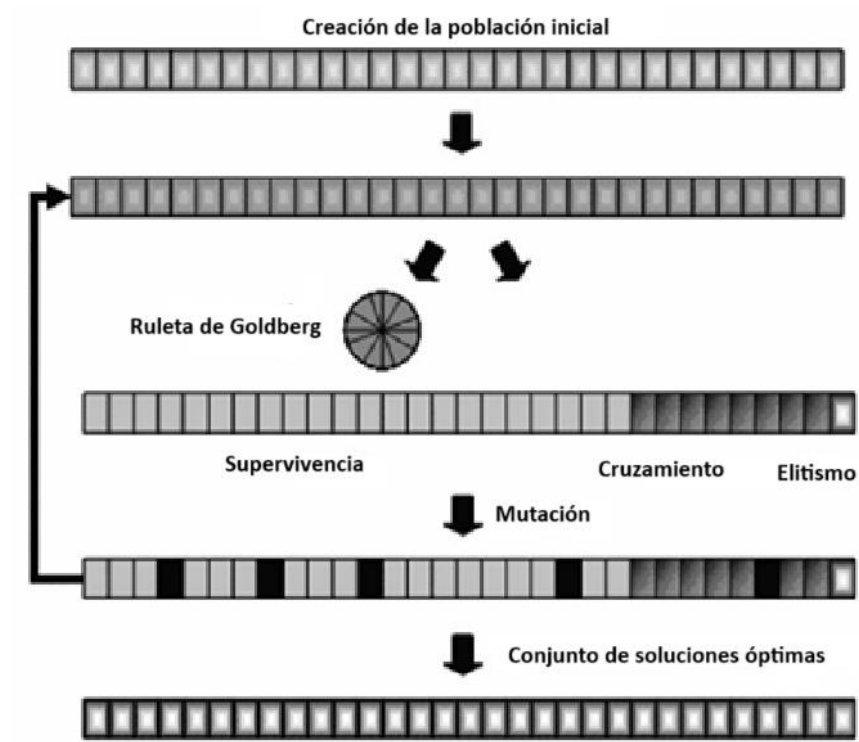
Fuente: Elaboración propia dentro Matlab

3.4.3 Evaluación de los modelos AG

La función de fitness o desempeño es la propia red de neuronas, anteriormente entrenada con los datos de entrada y salida (ventas y costos)

El diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético mono objetivo, en su acoplamiento con la red de neuronas se muestra en la **Figura 21** Diagrama de flujo del funcionamiento del AG mono objetivo.

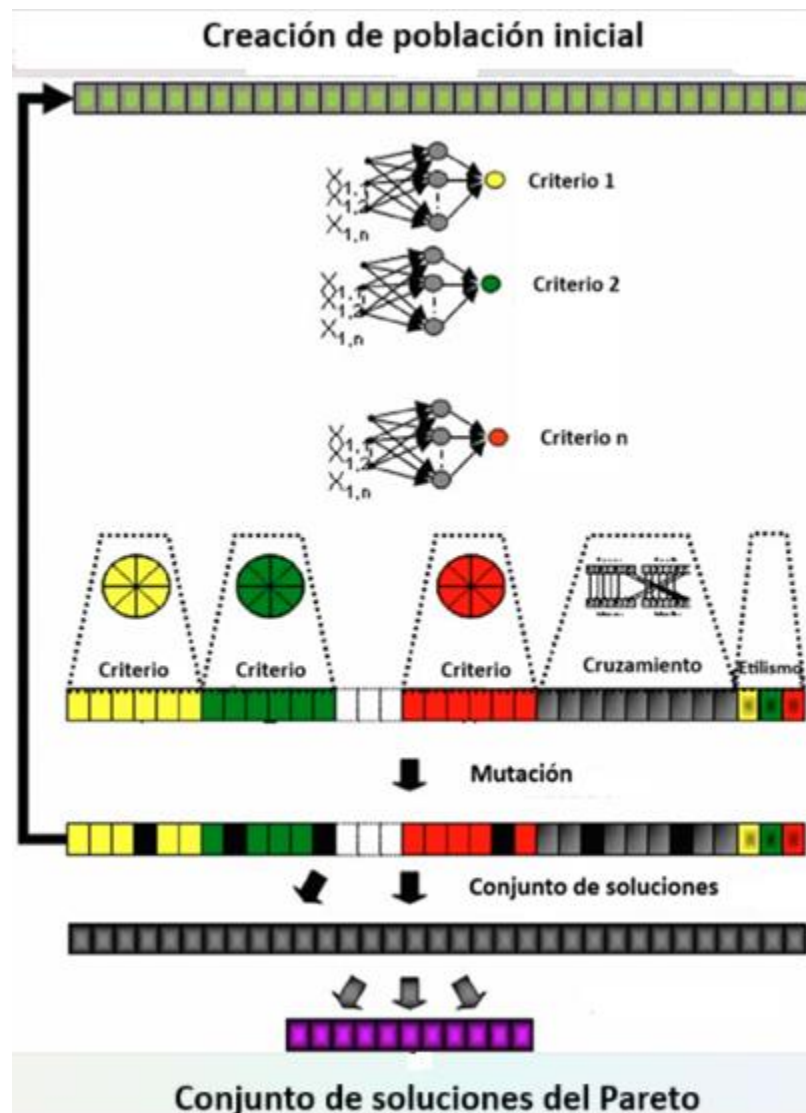
Figura 21 Diagrama de flujo del funcionamiento del AG mono objetivo



Los parámetros de optimización se muestran a continuación en la **Figura 27** Configuración de los Algoritmos Genéticos

El diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético multicriterio se presenta en la **Figura 22** Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético multicriterio.

Figura 22 Diagrama de flujo del funcionamiento del algoritmo genético multicriterio



Las redes neuronales se incluyeron luego en un algoritmo genético multiobjetivo para optimizar las variables de decisión y procesar el conjunto de soluciones de compromiso para los criterios estudiados, que conducen al frente de Pareto.

Se dice que una solución es Pareto-óptima si el valor de cualquier función objetivo que la caracteriza no se puede mejorar sin degradar al menos una de las otras funciones objetivo.

Ahí la comparación de dos soluciones óptimas en el sentido de Pareto queda a criterio del propio tomador de decisiones. Se mantuvo una configuración estándar para los parámetros del algoritmo genético multicriterio, correspondiente a los valores dados en la tabla:

3.5 Paso 5. Evaluación RN y AG

3.5.1 Evaluación del modelo final RN y AG

Después de realizar las estructuras de desarrollo de acoplamiento se eligió que las funciones matemáticas del resultado del entrenamiento de las redes fueran las funciones de evaluación para calcular el mejor rendimiento en los algoritmos genéticos, por lo que en esta etapa la construcción del modelo matemático se realiza con los pesos y los sesgos de la red entrenada

3.5.2 Decisión sobre el despliegue RN y AG

Debido a que las regresiones de ambas salidas son igual a uno y hay una buena respuesta en los algoritmos genéticos al momento de maximizar y minimizar los resultados de las funciones, aparte de haber probado los modelos en reiteradas ocasiones y dejarlo de una manera óptima, es factible aplicar el proyecto dentro de la empresa.

3.6 Paso 6. Despliegue RN y AG

3.6.1 Plan de despliegue en la empresa textil

Una vez que el modelo predictivo está listo, se mostró al dueño de la empresa para que estuviera informado acerca de la función del proyecto, con ello se pudo definir indicadores y expectativas del rendimiento del modelo.

De igual manera se dialogó con todo el personal de todas las áreas para que tuvieran conocimiento del proyecto.

Los programas y plantillas que fueron necesarios se instalaron en las computadoras de los trabajadores para que pudieran trabajar en ellos.

3.6.2 Implantación del modelo en la empresa textil

Se asignó al área de ventas para poder darle continuidad al proyecto, llenando información constantemente dentro de la tabla de Excel para que con ello se siga realizando predicciones anuales, semestrales, trimestrales, etc.

3.6.3 Documentación y capacitación en la empresa textil

A todo el personal de la empresa textil se le dio una capacitación que incluya lo siguiente:

- Actualizar la base de datos con información reciente dentro de la tabla propuesta de Excel.
- Ocupar el software Matlab para realizar los entrenamientos de las redes neuronales, algoritmos genéticos mono objetivos y multi objetivos.
- Saber interpretar los resultados de las predicciones.
- Monitorear que el modelo de predicción siga dando resultados confiables

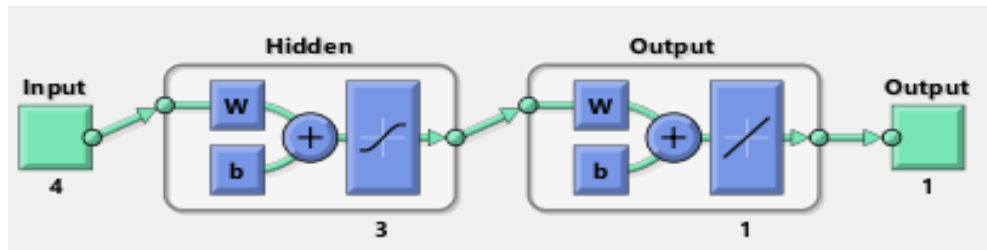
4. RESULTADOS

4.1. Redes neuronales artificiales (RNA)

4.1.1 Configuración de las redes

Para ambos casos se utilizó la siguiente arquitectura, con cuatro variables de entrada y una de salida, se aplicó una capa oculta, tres neuronas ocultas, y las funciones de activación aplicadas fueron sigmoideal y lineal. (Véase en la **Figura 23** Arquitectura de la RNA en Matlab).

Figura 23 Arquitectura de la RNA en Matlab



Fuente: Elaboración propia extraída de Matlab

4.1.2 Entrenamiento

Para el caso particular de las ventas se realizaron varios entrenamientos en los cuáles se utilizaron diferentes capas y neuronas (véase en la **Tabla 11** Experimentos con RNA para obtener la regresión de las ventas¹¹), los resultados de estos experimentos se muestran en las columnas de regresión y el error cuadrático medio (MSE).

Para el caso de las ventas se decidió utilizar una capa oculta con tres neuronas debido a que alcanzó la regresión de 1, en otras palabras, no hay mejor resultado que este.

Tabla 11 Experimentos con RNA para obtener la regresión de las ventas

Capas	Neuronas	Regresión	MSE
1	10	0.9989	3663330.715
1	8	0.9976	50509.6428
1	3	1	3.13104
2	4 y 4	0.9996	587.2638
2	3 y 5	0.9947	4.6473

RESULTADOS

3	7, 5 y 3	0.9934	553.4554
---	----------	--------	----------

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los costos totales también se realizaron experimentos y se concluyó utilizar también una capa oculta y tres neuronas debido a que arrojó un resultado perfecto. (Véase en la **Tabla 12** Experimentos con RNA para obtener la regresión de los costos).

Tabla 12 Experimentos con RNA para obtener la regresión de los costos

Capas	Neuronas	Regresión	MSE
1	4	0.9989	43221.4543
1	7	0.9976	64942.2321
1	3	1	19.04504
1	6	0.9996	2313.3212
2	5 y 3	0.9947	432.1344
3	5,3 y 2	0.9932	443.2864

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Regresiones

Una vez realizada la configuración, se entrenó la red con los datos históricos de cada caso. Del total de 1280 datos, equivalentes al 100%, se necesitó hacer una validación y pruebas de los datos del 15% para evaluar su rendimiento y así evitar problemas de sobreajuste.

- El 70% de los datos se utilizaron para el entrenamiento de la red neuronal y ajustar pesos
- El 15% de los datos de validación se utilizó para ajustar hiperparámetros
- El 15% se utilizó para evaluar la manera en que trabajó el modelo con datos aleatorios

Para el caso de las ventas se presenta a continuación como quedó el porcentaje distribuido en números de datos reales para cada caso. Véase en la **Tabla 13** Resultado de la regresión de las ventas.

Tabla 13 Resultado de la regresión de las ventas

	Muestras	MSE	R
Entrenamiento	896	2.21885e-0	9.99999e-1

RESULTADOS

Validación	192	3.13104e-0	9.99999e-1
Prueba	192	2.54087e-0	9.99999e-1

Fuente: Elaboración propia

Y para los costos totales se muestra en la **Tabla 14** Resultado de la regresión de los costos.

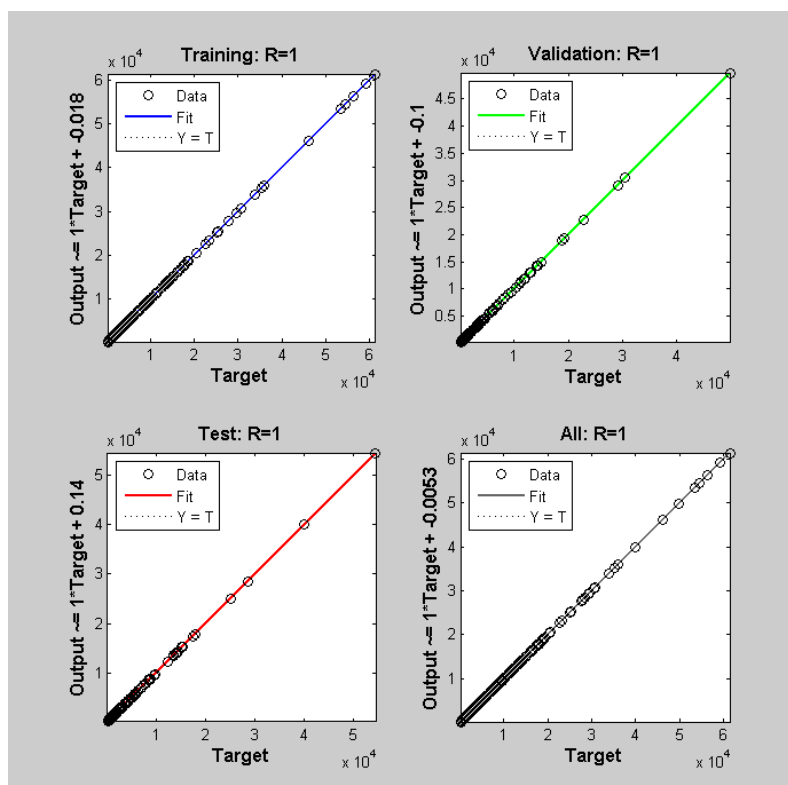
Tabla 14 Resultado de la regresión de los costos

	Muestras	MSE	R
Entrenamiento	896	12.43581e-0	9.99999e-1
Validación	192	19.04504e-0	9.99999e-1
Prueba	192	17.99406e-0	9.99999e-1

Fuente: Elaboración propia

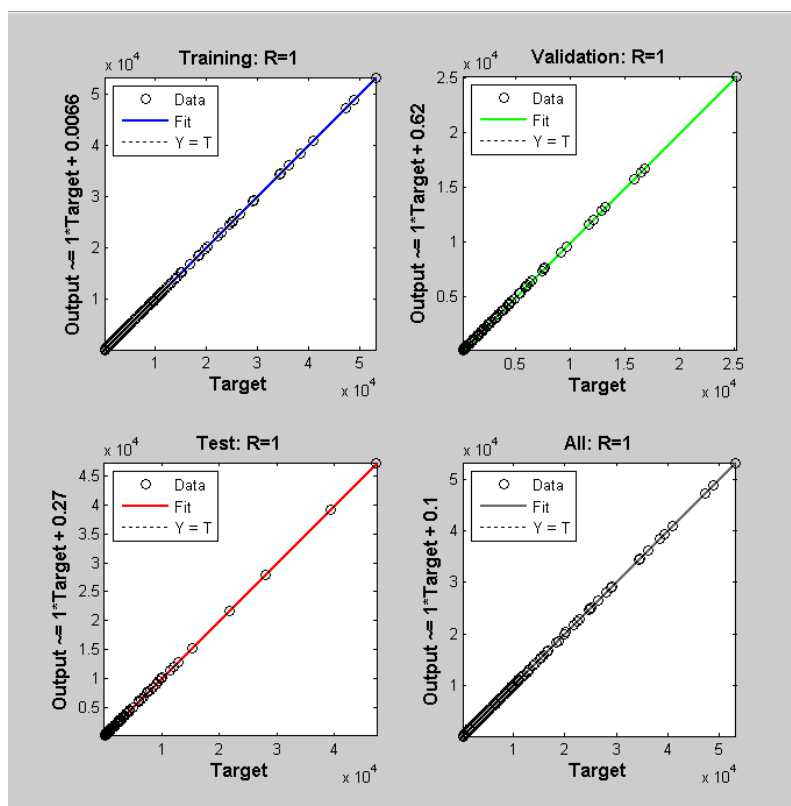
A continuación, se muestran los resultados de las regresiones = 1 para ambos casos obtenidos a través de los entrenamientos de los datos. Para las ventas (véase en la **Figura 24** Regresión de las ventas totales) y costos totales (véase en la **Figura 25** Regresión de costos totales).

Figura 24 Regresión de las ventas totales



Fuente: Elaboración propia extraído de Matlab

Figura 25 Regresión de costos totales



Fuente: Elaboración propia extraído de Matlab

4.1.4 Pruebas de predicción

Se realizaron múltiples entrenamientos tanto para las ventas (véase en la **Tabla 15** Comparación entre Y real y Y calculada para las ventas) como para los costos (véase en la **Tabla 16** Comparación entre Y real y Y calculada para los costos) en donde se destaca que se realizaron comparaciones entre la “y” real y la “y” calculada. La “y” real deriva de los datos con los que se ha estado trabajando y con las cuales fueron entrenadas las redes, por otro lado, la “y” calculada es parte de los resultados de los entrenamientos a través del software MATLAB.

Tabla 15 Comparación entre Y real y Y calculada para las ventas

Mes	yReal	yCalculada	Diferencia	%
1	822	831	9	1.0109
2	3280	3279	1	0.9997
3	8055	8057	2	1.0002
4	40016	40006	10	0.9998
5	10382	10385	3	1.0003
6	4901	4901	0	1.0000
7	54462	54456	6	0.9999
8	56376	56373	3	0.9999
9	13855	13850	5	0.9996
10	13520	13522	2	1.0001
11	30758	30762	4	1.0001
12	15105	15103	2	0.9999

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Comparación entre Y real y Y calculada para los costos

Mes	yReal	yCalculada	Diferencia	%
1	15295	15290	5	0.9997
2	11592	11590	2	0.9998
3	4830	4829	1	0.9998
4	39284	39289	5	1.0001
5	4379	4384	5	1.0011
6	24633	24627	6	0.9998
7	38505	38505	0	0.0000
8	11938	11935	3	0.9997
9	10965	10964	1	0.9999
10	12880	12876	4	0.9997
11	34293	34290	3	0.9999
12	12080	12086	6	1.0005

Fuente: Elaboración propia

4.4 Acoplamiento entre las redes y los AG

4.4.1 Desarrollo y diseño de la formulación

Primero se necesitó extraer los pesos que contienen las cuatro variables de entrada dentro de Matlab y posteriormente se crearon dos funciones, una para las ventas y otra para los costos

totales, en donde el primero se minimiza y el segundo se maximiza. En la siguiente **Figura 26** Fórmulas matemáticas para los AGse muestran las fórmulas de cada función.

Figura 26 Fórmulas matemáticas para los AG

```

1 function y= vector2(x)
2
3
4 y(1)=tanh((x(1)*0.000324)+x(2)*(0.20112)+x(3)*(0.43848)+ x(4)*(-0.0007719)-0.31699)*12.2133
5 +tanh((x(1)*0.00041148)+x(2)*(0.23147)+x(3)*(0.48818)+x(4)*(-0.000828)-0.2744)*-7.4732
6 +tanh((x(1)*0.00017682)+x(2)*(-0.13862)+x(3)*(0.3338)+x(4)*(-0.0006235)-0.68815)*-5.1375-1.2392
7
8 y(2)=-1*(tanh((x(1)*-15.735)+x(2)*(-13.3897)+x(3)*(16.1046)+x(4)*(-31.7666)-160.3368)*290.6821
9 +tanh((x(1)*-0.00019345)+x(2)*(-0.036591)+x(3)*(-0.00050445)+x(4)*(-0.2988)+0.4705)*-23.2394
10 +tanh((x(1)*0.00019446)+x(2)*(-0.036977)+x(3)*(0.00050798)+x(4)*(0.29924)-0.54307)*-23.1755+289.7318)
11
12 %optimtool
13 end
14

```

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Aplicar método

Con el comando optimtool se accedió a la siguiente ventana de Matlab® en la cual se puede configurar de manera manual algún parámetro de los ya establecidos dependiendo de lo que se busca. A este caso particular se utilizaron los algoritmos genéticos mono - objetivo y se utilizaron cuatro variables, las cuales ya se venían manejando con anterioridad, se especificó que el modelo trabajará con un máximo 500 iteraciones para encontrar el mejor individuo posible. (Véase en la **Figura 27** Configuración de los Algoritmos Genéticos y **Figura 31** Configuración de iteraciones para los AG mono objetivo y multiobjetivo).

Figura 27 Configuración de los Algoritmos Genéticos

Problem Setup and Results

Solver: ga - Genetic Algorithm

Problem

Fitness function: @victor2

Number of variables: 4

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: [-1 -1 -1 -1] Upper: [1 1 1 1]

Nonlinear constraint function:

Integer variable indices:

Run solver and view results

☐ Use random states from previous run

Start Pause Stop

Current iteration: 149 Clear Results

4.4.3 Probar método

Para la evaluación de los algoritmos genéticos se seleccionó la función llamada best fitness la cual permite evaluar el desempeño de la mejor solución hallada en cada iteración. (Véase en la **Figura 28** Best fitness).

Figura 28 Best fitness

☒ Plot functions

Plot interval: 1

☒ Best fitness ☐ Best individual ☐ Distance

☐ Expectation ☐ Genealogy ☐ Range

☐ Score diversity ☐ Scores ☐ Selection

☐ Stopping ☐ Max constraint

4.2. Algoritmos Genéticos mono-objetivo

4.2.1 Definición de los parámetros

Se colocaron parámetros de -1 a 1 para los rangos y se colocaron máximo 500 iteraciones con el objetivo de tener mayor amplitud al momento de realizar los entrenamientos y lograr hallar el mejor resultado posible.

4.2.2 Configuración de las variables

La configuración de las variables se realiza al extraerlas de las fórmulas (véase en la **Figura 26** Fórmulas matemáticas para los AGen donde se identificaron veinticuatro de ellas, doce pertenecientes a los costos y el resto a las ventas. Estas variables se ingresaron al sistema de Matlab para poder realizar los entrenamientos correspondientes, tanto para mono objetivos como para multi objetivos.

4.2.3 Resultados de la optimización

Una vez que se configuraron los parámetros, se procedió a realizar el entrenamiento de los algoritmos genéticos mono - objetivo, con el propósito de optimizar y darle enfoque a una sola función objetivo, que en este caso sería minimizar los costos (véase en la **Figura 29** Minimización de los costos totales) y maximizar las ventas totales (véase en la **Figura 30** Maximización de las ventas totales

Figura 29 Minimización de los costos totales

