



Autónoma
Universidad Autónoma del Perú

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA LA PREDICCIÓN DE LA
PRODUCCIÓN DE LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA TEXTIL LITEX

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS

AUTOR

LUIS ALONSO MIRANDA ARONI
ORCID: 0000-0001-5450-7534

ASESOR

DR. ORLANDO CLEMENTE IPARRAGUIRRE VILLANUEVA
ORCID: 0000-0001-8585-2034

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
DESARROLLO DE SOFTWARE

LIMA, PERÚ, FEBRERO DE 2023



CC BY-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Esta licencia permite la redistribución, comercial y no comercial, siempre y cuando la obra no se modifique y se transmita en su totalidad, reconociendo su autoría.

Referencia bibliográfica

Miranda Aroni, L. A. (2023). *Implementación de una red neuronal para la predicción de la producción de los operarios de la empresa Textil Litex* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Perú]. Repositorio de la Universidad Autónoma del Perú.

HOJA DE METADATOS

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Luis Alonso Miranda Aroni
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42830641
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-5450-7534
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Orlando Clemente Iparraguirre Villanueva
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40604944
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8585-2034
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Francisco Cruzado Puente De La Vega
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40683170
Secretario del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Lon Kan Prado
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	15595507
Vocal del jurado	
Nombres y apellidos	Orlando Clemente Iparraguirre Villanueva
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40604944
Datos de investigación	
Título de la investigación	Implementación de una red neuronal para la predicción de la producción de los operarios de la empresa Textil Litex
Línea de investigación Institucional	Ciencia, Tecnología e Innovación
Línea de investigación del Programa	Desarrollo de Software
URL de disciplinas OCDE	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

El jurado evaluador del informe:

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA TEXTIL LITEX

Que ha(n) sustentado:

LUIS ALONSO MIRANDA ARONI
Nombre(s) y Apellidos

INTERESADO (DA) EN: **INGENIERÍA DE SISTEMAS**

ACUERDA:

APROBADO POR UNANIMIDAD

01 de Febrero 2023

Presidente(a) Jurado

MG. CARLOS FRANCISCO CRUZADO PUENTE DE LA VEGA
Nombre completo



Firma

Miembro(a) de Jurado

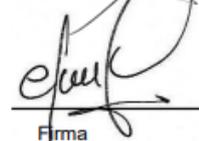
MG. CARLOS ALBERTO LON KAN PRADO
Nombre completo



Firma

Miembro(a) de Jurado

DR. ORLANDO CLEMENTE IPARRAGUIRRE VILLANUEVA
Nombre completo



Firma



**Decano de la Facultad de
Ingeniería y Arquitectura**

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo el Dr. Iparraguirre Villanueva Orlando Clemente, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Autónoma del Perú, en mi condición de asesor de la Tesis profesional titulada:

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA TEXTIL LITEX

Del Bachiller:

Luis Alonso Miranda Aroni

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de **18%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin que se adjunta.

El analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Autónoma del Perú.

Lima, 11 de Febrero del 2023



Dr. Iparraguirre Villanueva Orlando Clemente
Asesor de Tesis
DNI:40604944

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo a mi familia por el apoyo incondicional y empuje para poder lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi esposa por todo el apoyo y la fuerza que me brindo, a mi madre por la formación que me dio, a mi hermana por su preocupación y a todos los profesionales que lo largo del desarrollo de la carrera me compartieron los conocimientos necesarios para mi desarrollo profesional y a la gerente de la empresa Litex por brindarme su tiempo y las ideas claves para el desarrollo de este proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Realidad problemática	14
1.2 Justificación e importancia de la investigación	17
1.3 Objetivos de la Investigación: general y específicos.....	19
1.4 Limitaciones de la investigación	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de estudios	22
2.2 Bases Teórico-científicas	24
2.3 Definición de la terminología empleada	33
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	42
3.2 Población y Muestra.....	43
3.3 Hipótesis	43
3.4 Variables – Operacionalización.....	44
3.5 Métodos y técnicas de investigación	45
3.6 Procesamiento de los datos	46
CAPÍTULO IV DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	
4.1. Estudio de factibilidad	49
4.2. Metodología CRIPS-DM aplicada para el desarrollo de la solución	51
CAPÍTULO V ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	
5.1 Resultados descriptivos.....	79
5.2 Contrastación de Hipótesis.....	85
CAPÍTULO VI DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1 Discusiones.....	93
6.2 Conclusiones.....	94
6.3 Recomendaciones.....	95
REFERENCIAS	

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Diseño de la investigación
Tabla 2	Conceptualización de la variable independiente
Tabla 3	Operacionalización de la variable independiente
Tabla 4	Conceptualización variable dependiente
Tabla 5	Operacionalización de la variable dependiente
Tabla 6	Tabla de instrumentos y técnicas
Tabla 7	Etapas del análisis
Tabla 8	Costos de personal
Tabla 9	Costos de equipo
Tabla 10	Costos de software
Tabla 11	Costos de suministros
Tabla 12	Resumen de costos
Tabla 13	Datos de la empresa Litex
Tabla 14	Plan de trabajo
Tabla 15	Librerías utilizadas en python
Tabla 16	Descripción de las tablas
Tabla 17	Descripción de los atributos de las tablas
Tabla 18	Resultados obtenidos de los kpis pre y post prueba
Tabla 19	Valores pre - prueba KPI 3
Tabla 20	Valores post - prueba KPI 3
Tabla 21	Medias de los KPI 1, KPI 2 y KPI 3
Tabla 22	Valores pre - prueba KPI 1
Tabla 23	Valores post - prueba KPI 1
Tabla 24	Valores pre - prueba KPI 2
Tabla 25	Valores post - prueba KPI 2

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Componentes de una neurona humana
- Figura 2 Componentes de una neurona artificial
- Figura 3 Función de entrada suma ponderada
- Figura 4 Función de activación función rectificadora
- Figura 5 Función rectificadora
- Figura 6 Fases de la metodología crisp-dm
- Figura 7 Arquitectura de las redes neuronales
- Figura 8 Matriz de confusión
- Figura 9 Ubicación local de la empresa litex
- Figura 10 Organigrama estructural de litex
- Figura 11 Cadena de valor
- Figura 12 Proceso de negocio
- Figura 13 Mapa estratégico
- Figura 14 Importación de librerías de python
- Figura 15 Importación de datos del archivo csv
- Figura 16 Tipo de datos de las variables
- Figura 17 Variables respecto a la variable estado
- Figura 18 Variables experiencia y dificultad con respecto al estado
- Figura 19 Variables dificultad y cantidad con respecto al estado
- Figura 20 Variables dificultad y plazo con respecto al estado
- Figura 21 Descripción de todas las variables
- Figura 22 Comprobación de datos nulos
- Figura 23 Data con variables eliminadas
- Figura 24 Tablas en base de datos
- Figura 25 Normalización de datos
- Figura 26 Selección de datos para prueba y entrenamiento
- Figura 27 Definición del perceptrón multicapa
- Figura 28 Topología de la red neuronal
- Figura 29 Curva ROC
- Figura 30 Métricas de la red neuronal
- Figura 31 Matriz de confusión
- Figura 32 Tiempo de asignación del pedido

- Figura 33 Tiempo para realizar la predicción
- Figura 34 Estadística descriptiva pre - prueba del kpi 1
- Figura 35 Estadística descriptiva post - prueba del kpi 1
- Figura 36 Estadística descriptiva pre - prueba del kpi 2
- Figura 37 Estadística descriptiva post - prueba del kpi 2
- Figura 38 Porcentaje de pre – prueba del kpi 3
- Figura 39 Porcentaje de post – prueba del kpi 3
- Figura 40 Gráfica de distribución del kpi 1
- Figura 41 Resultados prueba mann – whitney kpi 1
- Figura 42 Gráfica de distribución kpi 2
- Figura 43 Resultados prueba mann – whitney kpi 2

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA TEXTIL LITEX

LUIS ALONSO MIRANDA ARONI

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ

RESUMEN

La empresa textil post pandemia inició actividades con mayor fuerza, con lo cual se contrató operarios que trabajen bajo la modalidad de destajo y la empresa textil Litex no sabía si iban a poder cumplir con el pedido que se les asignaba por lo que el objetivo principal de este estudio fue la implementación de una red neuronal para predecir la producción de los operarios de la empresa textil Litex, se utilizó la metodología CRISP-DM para poder realizar la minería de datos correspondiente y una red neuronal perceptrón multicapa. Finalmente, se implementó la red neuronal en un software que indicó que operarios pudieron cumplir con los pedidos que se recibieron. También se mejoraron los tiempos de asignación y registro de los pedidos, esto mejoró la satisfacción del cliente dado que se predijo y se asignó de manera confiable un pedido a un operario encargado de la tarea con lo cual se redujo retrasos en la entrega de los pedidos a los clientes.

Palabras clave: Redes neuronales, destajo, predicción, textil.

IMPLEMENTATION OF A NEURAL NETWORK FOR THE PREDICTION OF THE PRODUCTION OF THE OPERATORS OF THE TEXTILE COMPANY LITEX

LUIS ALONSO MIRANDA ARONI

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ

RESUMEN

The post-pandemic textile company began activities with greater force, with which workers were hired to work under the piecework modality and the Litex textile company did not know if they were going to be able to fulfill the order assigned to them, so the main objective of this study was the implementation of a neural network to predict the production of the operators of the Litex textile company, the CRISP-DM methodology was used to carry out the corresponding data mining and a multilayer perceptron neural network. Finally, the neural network was implemented in software that indicated which operators were able to fulfill the orders that were received. Order allocation and registration times were also improved, this improved customer satisfaction since an order was reliably predicted and assigned to an operator in charge of the task, which reduced delays in order delivery. to the clients.

Keywords: Neural networks, piecework, prediction, textile.

INTRODUCCIÓN

La producción de las empresas del rubro textil se reactivó después del receso causado por la pandemia del COVID-19, el regreso a la normalidad que el gobierno decreto, hizo que dicho rubro retome el crecimiento en demanda que tenía previa a la pandemia, es por esta demanda que la empresa Litex contrato operarios para poder cumplir con los pedidos de los clientes, el registro de los pedidos de llevaba de forma manual y la asignación de estos se realizaba por la experiencia que tenía el supervisor con el conocimiento de las habilidades que tenían los operarios, esto llevaba a que existieran retrasos en los pedidos dado que la asignación de los pedidos demoraba y no era confiable.

Se realizó este estudio para implementar una red neuronal para poder predecir si los operarios pueden cumplir con los pedidos asignados, de esta manera se logró que los pedidos fueran asignados de manera confiable, también se logró que los tiempos de asignación y de registro de los pedidos se mejorarán con la implementación del software.

Se demostró que al poder realizar la asignación y la predicción de manera confiable con el software que se desarrolló se redujeron los tiempos de estas actividades y se mejoró la satisfacción de los clientes al reducir la cantidad de pedidos retrasados. La presente investigación está dividida en cinco capítulos, siendo estos los siguientes: En el primer capítulo, problema de investigación, se explicó la realidad problemática, la importancia de la investigación, los objetivos generales y específicos y las limitaciones que se tuvo; segundo capítulo, marco teórico, se presentaron los diferentes antecedentes de estudios, que se encontró en artículos de investigación, libros y tesis, las bases teórico científicas y la definición de la terminología que se utilizó; tercer capítulo, marco metodológico, se definió el tipo y el diseño de la

investigación, la hipótesis de la investigación, las variables, el método y la técnica de la investigación; cuarto capítulo, desarrollo de la solución, se desarrolló la red neuronal, para esto se utilizó la metodología CRISP-DM para la minería de datos y la solución se desarrolló en el lenguaje de programación Python; quinto capítulo, análisis e interpretación de resultados, se desarrolló el análisis estadístico, la contrastación de la hipótesis y la interpretación de los resultados; sexto capítulo, discusiones, conclusiones y recomendaciones, se desarrolló las discusiones, las conclusiones y las recomendaciones del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

Ámbito internacional

Para una empresa que produce un artículo en general se puede aplicar diversos métodos para mejorar la producción, existen distintas metodologías como por ejemplo el Lean Manufacturing, el cual según Socconini (2019) indica que esta metodología no es más que la eliminación de todo aquel exceso que se genere en alguna actividad del proceso, dicho exceso no le agrega ningún valor al proceso, pero si agrega costo y trabajo. También indica que una empresa en general quiere obtener el mejor beneficio tomando en consideración el mundo globalizado, y que este está en constante cambio, toda empresa debe de ser capaz de adaptarse y debe utilizar herramientas de mejora para dar solución a estos posibles problemas en la producción.

Es evidente que una manera de lograrlo es con un sistema informático que este monitoreando el avance en cada proceso e informando sobre el estado actual al supervisor o encargado.

Comencemos definiendo Productividad, en lo personal me agrada la definición que da Sandoval Ramos et al., (2018), dice que la productividad es uno de los principales objetivos que se tiene como empresa, cumplido este objetivo se le va a poder brindar al cliente externo los productos y/o servicios que satisfagan sus necesidades, entonces la productividad empresarial se podría definir como el uso efectivo y eficiente de los recursos; estos pueden ser entre otros capital, trabajo, materiales, energía e información al momento de producir bienes y servicios.

Con esta definición y su relación con la eficiencia, aplicándola a un proceso productivo en el que participan humanos, es inherente considerar las características humanas propiamente dichas, como son, el entusiasmo, motivación, stress,

depresión y patrones de comportamiento, todas estas características pueden ser cuantificadas e ingresadas a un sistema informático, que aplicando algoritmos de inteligencia artificial, puede calcular, que tan productiva es una persona, e informar al supervisor si necesita apoyo, descanso o ser dada de baja, por cruel que parezca, en el mundo empresarial productivo uno no puede darse el lujo de tener un personal deprimido y estresado ya que afecta gravemente al proceso completo y es necesario saber cuándo cambiarlo.

Ámbito nacional

Para Larios-Francia, (2017) en el Perú la mayoría de las empresas MiPymes (micro, pequeña y mediana empresa) están conformadas por un círculo familiar, tienen un rango de 1 a 10 trabajadores, los trabajadores que laboran en el sector textil en un gran porcentaje, este trabajo, no era su primera opción, pero con el tiempo ganaron experiencia en el sector, adicional a esto la administración de los recursos que tienen estas MiPymes es por funciones, y estas no se encuentran bien delimitadas entre los trabajadores de la empresa, esta situación se puede traducir en una escasa capacidad operativa al ocasionar que la mano de obra, maquinaria y materiales no sea utilizada de la manera correcta.

El problema de la mayoría de emprendedores peruanos que ingresan al mundo de la industria textil, comenzando con un pequeño taller, que con el paso de los años va creciendo y al tener un mayor flujo de ventas comienza su declive, y al no poder satisfacer la demanda de los clientes se ven obligados a subcontratar y de esta manera pierden la calidad en sus productos y al mismo tiempo pierden clientes debido a que no puedan cumplir con un pedido.

Definición del problema

La Empresa Litex Industrias EIRL, lleva operando en la ciudad de Arequipa desde el año 2000, cuenta con tres puntos de venta, ubicados en zonas céntricas de la ciudad, para diferenciarlos los llaman Litex 1, Litex 2, Litex 3 y Fabrica.

Litex 1 está ubicado en la galería mayorista Velázquez, segundo piso N°227, Litex 2 está ubicado también en la galería mayorista Velásquez, primer piso, Int. 7b. Litex 3, está ubicado en el centro comercial importadora “EL HUECO”, Int. 45,46,47 y Fabrica está ubicado en la calle San Camilo.

Es un fabricante importante de ropa industrial de la ciudad, su ropa industrial se vende en Arequipa, Ilo, Moquegua, Tacna, Cuzco, y eventualmente realiza envíos a mayoristas de Lima.

Es en Fabrica, donde se encuentra el problema, por el que surge el presente proyecto, tiene que abastecer a sus tres tiendas y satisfacer la demanda de los clientes mayoristas que le compran directamente a fabrica sin pasar por sus tiendas, ya que las tiendas son solo para ventas por unidad al público y eventualmente algunos mayoristas, pero el grueso de los pedidos llega directamente a fabrica. Esto causa que la fábrica, no pueda abastecer tanto a sus tiendas como a los mayoristas y pierda ventas, por tanto, pierda dinero.

Sucede en fabrica no puede llevar un control de la producción, ya que actualmente cuenta con un sistema de ventas y un libro de Excel donde registra todos los pedidos, pero no puede saber con exactitud lo que cada costurero está haciendo o si ya están próximos a terminar su tarea, y eso causa que se desperdicien horas hombre, con las que podría cubrir la demanda. Adicionalmente este problema se ve reflejado en la satisfacción de los clientes dado que estos tienen que esperar 1 o 2 días adicionales a los pedidos lo cual genera malestar y problemas entre la empresa y sus clientes.

Por este motivo, es que se plantea el presente proyecto, para desarrollar un sistema para la predicción de la producción de los operarios, que permitirá saber exactamente cuanta de la capacidad instalada está en uso, y que personal está cumpliendo adecuadamente su labor.

Es evidente que una manera de lograrlo es con un sistema informático que este monitoreando el avance en cada proceso e informando sobre el estado actual al supervisor o encargado.

Entonces basados en esta premisa, se extrae que el problema radica en poder controlar el proceso de costura, y no existe una herramienta informática que brinde esta posibilidad, esto debido a que cada empresa es diferente y no existe en el mercado ningún software enlatado que sirva para todas por igual, ni por rubros definidos.

1.1.1 Problema general

¿En qué medida la implementación de una red neuronal mejora el proceso de predicción de la producción de los operarios de la empresa textil Litex Industrias E.I.R.L.?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de asignación de pedidos a los operarios?
- ¿En qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de predicción de los pedidos a los operarios?
- ¿En qué medida la implementación de una red neuronal, mejorara la satisfacción de los clientes?

1.2 Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación de la investigación

a) Técnica.

Como ya se está trabajando sobre una empresa que brindara todo el apoyo necesario, puedo decir que la empresa tiene los recursos tecnológicos necesarios para realizar el proyecto, cuenta con computadoras PC, planea adquirir un servidor, tiene una conexión a internet de fibra óptica.

b) Práctica.

En cuestión a las tecnologías necesarias para programar la predicción, el tema de las Redes Neuronales tiene más de 50 años de experimentación y existen incluso librerías que realizan la predicción.

c) Social.

La Investigación tiene una importancia social, ya que cuenta con el apoyo de una empresa que tiene más de 50 clientes mayoristas en el sur del país, además tiene 3 tiendas minoristas en la ciudad de Arequipa.

d) Tecnológica.

En la actualidad las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han evolucionado de tal manera que las empresas hacen uso de ellas para poder mejorar su modelo de negocio, ya la sociedad está orientada cada día más al uso de dispositivos tecnológicos, para mejorar su calidad de vida.

1.2.2 Importancia de la Investigación

En la actualidad las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), han evolucionado de tal manera que las empresas hacen uso de ellas para poder mejorar su modelo de negocio, ya la sociedad está orientada cada día más al uso de dispositivos tecnológicos, para mejorar su calidad de vida.

El presente proyecto a realizar permitirá conocer y explicar de qué manera un sistema de predicción de la producción de los operarios influirá en la Gestión Comercial de la empresa Litex Industrias E.I.R.L., detallando como han sido los

cambios antes y después de implementar este sistema, si los resultados obtenidos son los esperados por la empresa y si está contribuyendo a mejorar el servicio al cliente. Si la solución brindada satisface las necesidades de información y consulta de los clientes potenciales; permitiendo demostrar que la inversión dada para este proyecto ha sido factible para mejorar el bienestar del a empresa.

1.3 Objetivos de la Investigación: general y específicos

1.3.1 Objetivo general

Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal mejorara el proceso de predicción de la producción de los operarios de La empresa Textil Litex industrias E.I.R.L

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de asignación de los pedidos a los operarios.
- Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de la predicción del pedido del operario.
- Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, mejorara la satisfacción de los clientes.

1.4 Limitaciones de la investigación

a) Temporal

El presente trabajo de investigación se realiza durante el período comprendido entre enero del 2022 hasta junio del 2022

b) Conceptual

El presente trabajo de investigación tiene como delimitación conceptual los modelos algorítmicos de redes neuronales.

c) Espacial

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la empresa Litex EIRL de la ciudad de Arequipa, utilizando la información histórica almacenada en los equipos informáticos de la empresa.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudios

Marcial y Méndez, (2022) desarrollaron una investigación sobre como optimizar los procesos de producción en medianas empresas del sector textil, con el objetivo de identificar si el uso de la tecnología en la producción de confecciones realmente ayuda a mejorar los posesos administrativos y operativos. Con el fin de reducir al máximo los problemas que afectan el rendimiento del mismo, indica que es fundamental que las empresas del sector textil apliquen herramientas y técnicas que puedan ayudar a optimizar los procesos de producción, esto porque las empresas textiles deben de estar preparadas ante posibles amenazas competitivas de otras empresas y un entorno tecnológico cambiante y en crecimiento. Además de mantener a la empresa textil en la vanguardia, el uso de tecnología ayuda a que las empresas textiles puedan reducir los costos de su producción y puedan aumentar la calidad de sus productos.

Campo et al., (2020) indican que las empresas textiles al momento de contratar nuevo personal, este, al iniciar su trabajo, debe de recibir capacitaciones y debe de ser entrenado, para poder maximizar su producción, en esta investigación se utilizó un modelo matemático, pero no se utilizó tecnología, para poder controlar los procesos sin embargo ya indica que todos los procesos de las empresas textiles deben de poder mejorarse para que estas empresas no generen perdidas innecesarias. También indica que el trabajador y su capacidad, van directamente relacionado con su producción, a mayor experiencia en el campo, el costo de este trabajador para la empresa es menor.

Yépez-Moreira et al., (2019) indican que los procesos productivos de las empresas textiles, tienden a ser más complejas y dinámicas, y este es un motivo por el cual debe de existir una comprensión que sea metódica con respecto a los

elementos del proceso y se pueda mejorar la eficiencia de dichos procesos, también habla sobre la revolución industrial 4.0, que no es más que agregar tecnología a todos los procesos de producción de una empresa. Entonces indica, que todos los procesos de una empresa textil pueden ser mejorados con tecnología; ya sea monitoreando, controlando o prediciendo el resultado de algún proceso en concreto, con la finalidad de cumplir los objetivos de la empresa.

De Lucio Fernández, (2021) dice que la utilización de diversas técnicas para la estimación económica regional tiene ventajas considerables para el análisis de una coyuntura regional. Mientras la información que se recoja a través de los diferentes instrumentos sea variada, más útil será esta. Tomando en cuenta el análisis que realiza indica que el uso de redes neuronales da como resultado una aproximación novedosa, comparándola, con otras metodologías que ya se han utilizado. También dice que de acuerdo a su estudio las estimaciones con respecto a los datos obtenidos tienen menos desviaciones.

Reyes et al., (2019) en su investigación para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales, concluyen que su enfoque supera otros clasificadores, comparándolos en predicción y precisión, Utilizaron una red neuronal perceptrón multicapa y utilizaron un algoritmo de propagación inversa para su entrenamiento y así poder predecir exactamente si un alumno está en la capacidad de acabar la carrera.

En el estudio que realizaron Carvajal Cuello et al., (2018) sobre factores organizacionales y de entorno que predicen el uso de TIC en empresas chilenas: una aplicación de redes neuronales, concluyen que los resultados que se obtiene con las redes neuronales para predecir el perfil de desarrollo tecnológico es viable, ya que permite apuntar a variables que pueden estar relacionadas de forma no lineal o lineal,

y utilizando este enfoque es posible realizar estudios exploratorios, como en el caso de su estudio para poder determinar un grupo reducido de características o factores claves que permiten que el perfil tecnológico de una empresa se pueda predecir.

En el artículo de Alcineide et al., (2021) sobre la predicción del costo de proyectos públicos en el país de Brasil, indican que se utilizó datos de diversas ciudades de dicho país, y que se obtuvo un 90 % por ciento de precisión. Adicionalmente también indica que prestó gran atención a la fase de prueba del modelo y que el resultado general del estudio ayuda a que el responsable de la planificación del proyecto a tomar mejores decisiones dado que el error alcanzado era relativamente menor del 9,14% e indica que son pocas las obras que en la práctica tienen una previsión tan baja aproximada en más o menos el 5 %. Este hecho indica que es posible aumentar la confianza a la hora de asignar recursos para compromisos estatales. Esto a su vez puede traducirse en una reducción de paralización de obras y en la pérdida de dinero público.

También de La Hoz y Polo, (2017) en su artículo sobre aplicación de técnicas de análisis de conglomerados utilizando redes neuronales para definir el potencial exportador de una empresa, utilizaron 16 factores claves como son el factor financiero , gestión de riesgo gestión de clima laboral, gestión de clientes entre otros, posteriormente con la información de estos 16 factores se aplicó un análisis para identificar los niveles competitivos y de esta manera poder realizar una discriminación del potencial exportador, es así como se obtuvieron 4 perfiles: Consolidado, Maduro, en formación y embrionario.

2.2 Bases Teórico-científicas

a) Productividad

Definiendo el término Productividad, Sandoval Ramos et al., (2018), indican que la productividad es uno de los principales objetivos que se tiene como empresa, cumplido este objetivo se le va a poder brindar al cliente externo los productos y/o servicios que satisfagan sus necesidades, entonces la productividad empresarial se podría definir como el uso efectivo y eficiente de los recursos; estos pueden ser entre otros capital, trabajo, materiales, energía e información al momento de producir bienes y servicios.

Con esta definición y su relación con la eficiencia, aplicándola a un proceso productivo en el que participan humanos, es inherente considerar las características humanas propiamente dichas, como son, el entusiasmo, motivación, stress, depresión y patrones de comportamiento, todas estas características pueden ser cuantificadas e ingresadas a un sistema informático, que aplicando algoritmos de inteligencia artificial, puede calcular, que tan productiva es una persona, e informar al supervisor si necesita apoyo, descanso o ser dada de baja, por cruel que parezca, en el mundo empresarial productivo uno no puede darse el lujo de tener un personal deprimido y estresado ya que afecta gravemente al proceso completo y es necesario saber cuándo cambiarlo.

b) Proceso Productivo de la empresa LITEX EIRL

Para entender cómo funciona la empresa es necesario conocer el diagrama del proceso productivo, el cual fue proporcionado por la misma empresa para los motivos de esta investigación.

Todo comienza en Compras, área en el cual se escogen los mejores materiales no solo por su calidad sino también, por su suavidad y textura, es importante considerar el tamaño en las telas, ya que la empresa trabaja con cortadoras laser, las cuales ya tienen definidos los diseños y si la tela es más pequeña, todo el diseño se

altera, causando mayores mermas y demoras, por eso es que el encargado de compras es muy meticuloso en ese aspecto, siendo el ideal cualquier medida superior a 1.62 Mt.

Luego de este proceso pasa al almacén de insumos, en que las telas son desdobladas y nuevamente dobladas, pero ahora con una medida de 80cm de ancho como mínimo. En el caso de los demás insumos, como hilos, elásticos y cintas son colocados en los anaqueles para su acceso rápido.

En el proceso de corte se utilizan los modelos ya diseñados, y todo trabaja en función de los pedidos existentes, las piezas cortadas son colocadas en cajas plásticas para ser distribuidas a los costureros, es aquí el proceso de separación de partes, el que se encarga de que cada caja tenga las partes completas, recibiendo del proceso de bordado las caras necesarias para la cantidad y el modelo en producción. El proceso de bordado, utiliza sus propios diseños y en por el momento solo se trabaja con una bordadora Industrial de 12 hilos y 12 cabezales.

Cada caja ya completa es enviada al costurero que se encuentre disponible, y este se encarga de armar modelo que le asignaron, cada costurero maneja sus propios tiempos, ya que el pago es por destajo y depende de cada operario cuanto quiera ganar, así se evitan los pagos por tiempos muertos y se minimizan las pérdidas económicas.

Los procesos de limpieza y decorado van casi siempre juntos, ya que las prendas tienen que ser liberadas de hilos y demás sobrantes, solo en algunos modelos es necesario colocarle accesorios, por tanto, el proceso de decorado es desarrollado por el mismo personal de limpieza.

Finalmente es el proceso de empaquetado, en el cual se reciben las prendas ya acabadas, para ser colocados en bolsas o cajas, dependiendo del tipo, y llevados al almacén, para su posterior distribución y venta.

Reconocimiento de patrones.

Para empezar a entender el reconocimiento de patrones Reynaldo Sucari Leon et al., (2020) tienen conceptos que indican que es una disciplina científica que se utiliza para clasificar ciertos objetos, los cuales pueden ser identificados por una serie de categorías o características propias, Esta definición permite imaginar que en todo accionar humano existen patrones de comportamiento, eventos y acciones que se repiten todos los días y que raramente cambian, una red neuronal puede identificarlos y procesarlos para dar un resultado concreto en función de las entradas que se designen.

Pudiendo establecer que, si una persona puede coser una docena de productos en un día de trabajo normal, bajo las mismas condiciones otro día debería poder coser la misma cantidad, en teoría, y es eso ya cuestión de debate y será demostrado o refutado con los resultados de esta investigación.

c) Redes neuronales artificiales

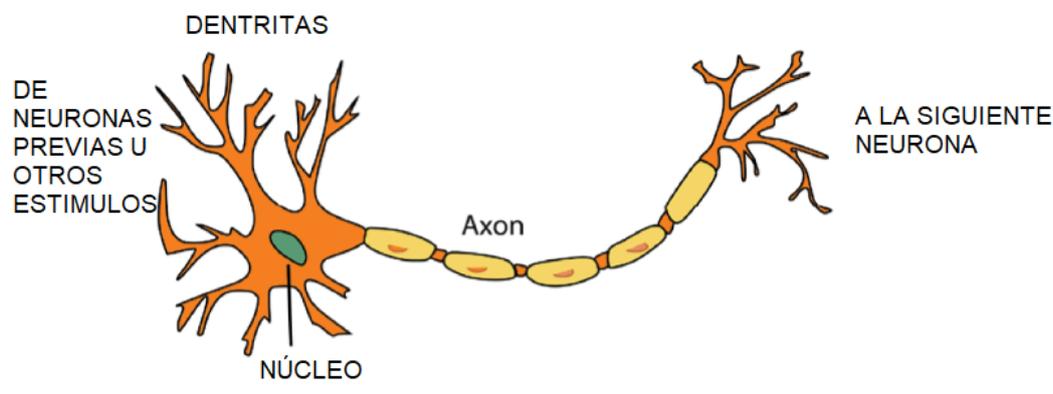
Una red neuronal artificial según Bobadilla, (2020) en línea generales trata de imitar el funcionamiento del cerebro humano. Se compone al igual que su símil biológico de neuronas, entonces para entender el funcionamiento de la red neuronal se debe de entender también como funciona una neurona biológica.

Una neurona biológica como lo muestra la figura 1 está compuesta por un elemento principal que es el núcleo, es aquí donde se realiza el procesamiento de la información, toda la información que llega al núcleo proviene de las dendritas, esta información puede llegar directamente de otras neuronas o en casos particulares de

otros estímulos exteriores, como pueden ser el nervio auditivo u otros. Una vez esta información es procesada se transmite al axón hacia otras neuronas o podría ser a otros elementos que puedan estar conectados biológicamente a la neurona, los terminales del axón tienen como nombre sinapsis y están encargados de llevar a cabo la transferencia de información hacia las siguientes neuronas.

Figura 1

Componentes de una neurona humana



Nota: Bobadilla, 2020, p. 174.

Ahora bien, los equipos computacionales trabajan de manera diferente a nuestro cerebro, por un lado, son maquinas que tienen muy escaso procesamiento paralelo, son pocos los cores que trabajan en paralelo y cabe indicar que en general las neuronas biológicas pueden procesar la información que día a día recogemos de nuestro entorno a una velocidad mucho mayor que las computadoras. Sin embargo, también se puede decir que su comportamiento es similar y contiene los siguientes elementos:

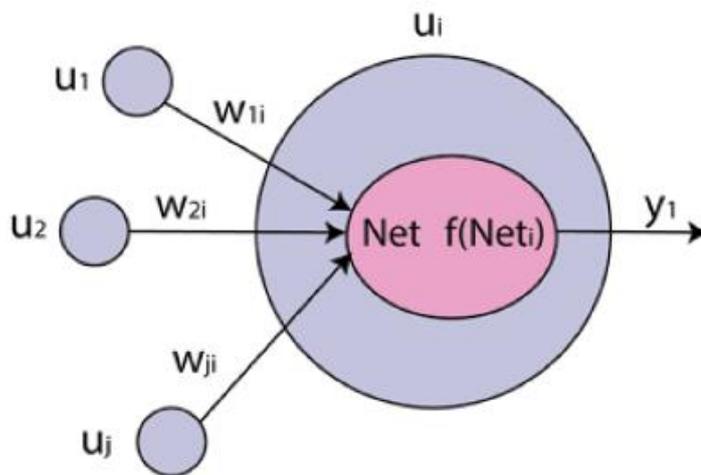
- u_i que representa a la neurona que se va a trabajar o la i -ésima
- y_i que representa el resultado que generan todos los algoritmos que se llevan a cabo dentro de la neurona.
- w_{ij} representa el valor que se obtiene de la inhibición o excitación entre las neuronas u_i y u_j , cuando este valor es mayor a 0, se produce una sinapsis

excitadora, cuando es menor a 0 se produce una sinapsis inhibitora y cuando es igual a 0 se modela una ausencia de la conexión.

- Net_i que representa al valor resultante de la suma de las señales que llegan a la neurona u_i
- $f(Net_i)$ que representa la función de transferencia o salida.

Figura 2

Componentes de una neurona artificial



Nota: Bobadilla, 2020, p. 177.

Ahora Bosch Rué et al., (2019) con respecto a las funciones de entrada y a las funciones de activación da los conceptos a fin de imitar el funcionamiento de una red neuronal humana.

Función de entrada.

Tiene como objetivo combinar las distintas entradas del modelo con su peso y agregar los valores que fueron obtenidos en todas las conexiones de entrada y de esta manera obtener un valor único. También indica que la función ponderada es la más utilizada.

Función de Activación.

Esta función indica que los modelos de las neuronas que se utilizan en las redes neuronales combinan las entradas usando los pesos, esto simula una conexión sináptica, posteriormente, a la entrada de la neurona le aplican una función de activación, una vez aplicada la función de activación se determina cual es la salida de la neurona. Adicionalmente indica que la función de activación más usada es la función rectificadora.

La unidad lineal rectificada (ReLU).

Bosch Rué et al., (2019) indican que una de las neuronas más importantes y más utilizadas es la unidad lineal rectificada, se caracteriza por usar:

Función de entrada: suma ponderada

Figura 3

Función de entrada suma ponderada

$$f(x) = \sum_{j=1}^n x_j w_j^i.$$

Nota: Bosch Rué et al., 2019, p.50.

Función de activación: función rectificadora

Figura 4

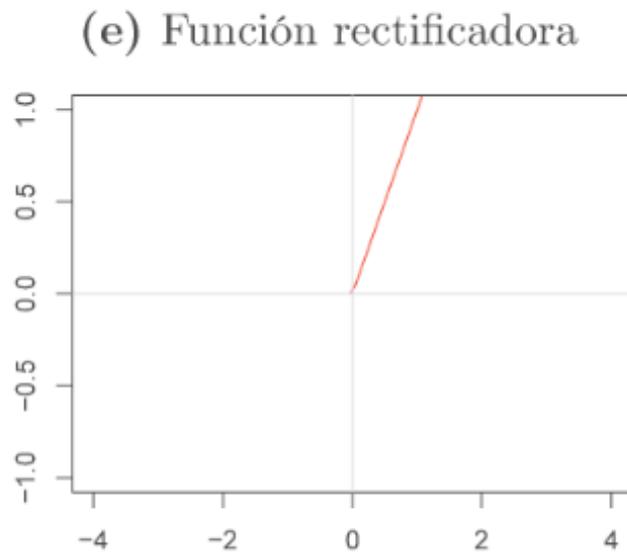
Función de activación función rectificadora

$$y(x) = \max(0, x).$$

Nota: Bosch Rué et al., 2019, p.52.

La función de activación rectificadora se grafica como se muestra en la figura

5.

Figura 5*Función rectificadora*

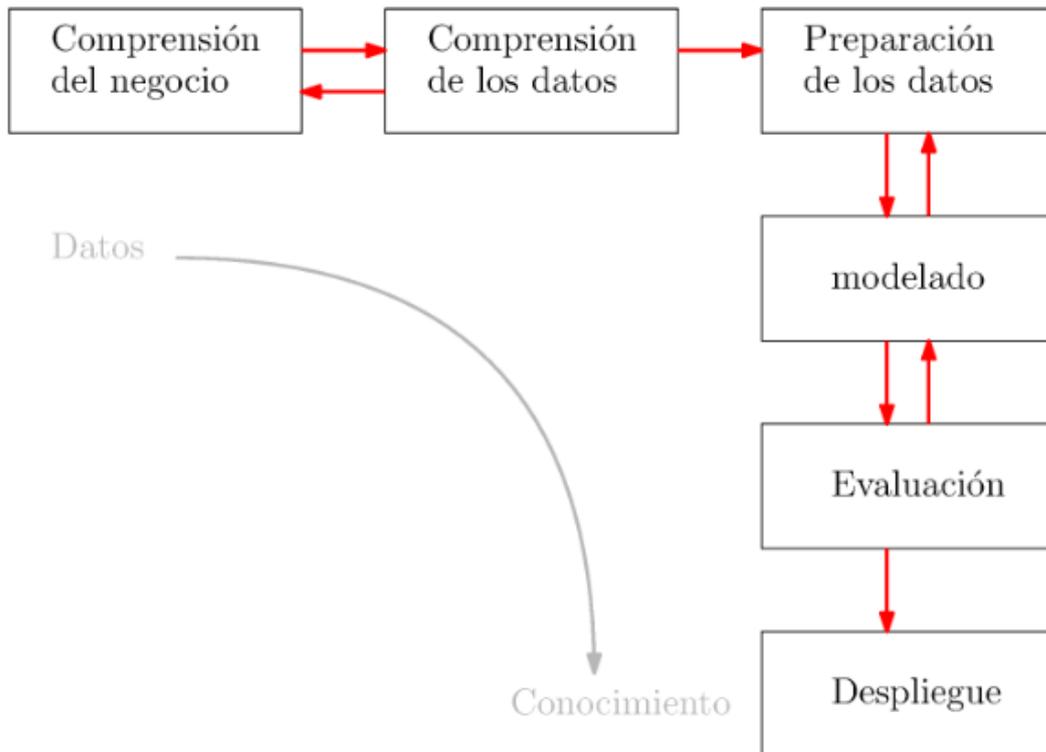
Nota: Bosch Rué et al., 2019, p.53

Berzal, (2018) indica que de esta ecuación se puede modelar ciertos aspectos entre los que se encuentra calcular distribuciones estadísticas y otros. Es por eso que se utilizó esta función para poder realizar la predicción de nuestra red neuronal

d) Metodología

Para la presente investigación se utilizará la metodología CRISP-DM que son las iniciales de Cross Industry Standard Process for Data Mining ya que como indica García-Chicangana et al., (2022) esta metodología ha tenido un gran impacto en el contexto de la investigación y se ha implementado para diversos proyectos de ciencia de datos y de minería.

Gironés et al., (2017) indica que esta metodología consta de 6 fases según lo muestra en la figura 6.

Figura 6*Fases de la metodología CRISP-DM*

Nota: De Gironés et al., 2017, p.27.

Las fases de esta metodología son:

Comprensión del negocio. En esta etapa se debe de comprender cuales son los objetivos del negocio, se debe elaborar un estudio de la situación actual del negocio en base a los objetivos planteados, y de esta manera poder conseguir los objetivos primarios. En esta fase se debe ser capaz de elaborar el plan del proyecto en este se detallará las fases, actividades y tareas para lograr los objetivos planteados.

Comprensión de los datos. En esta etapa es donde se conocerán al máximo los datos, saber de dónde vienen, las condiciones en que llegan al proyecto, la estructura que tienen, si tienen propiedades o si presentan algún tipo de inconveniente. Esta es una fase crítica dado que de esta fase se obtendrá la calidad

de los datos. Y tener una buena calidad de los datos siempre va a ser una condición obligatoria para tener éxito en el proyecto.

Preparación de los datos. En esta etapa se llevará a cabo la preparación de los datos, se hace la verificación de estos (selección, limpieza, etc), Si hubiera errores en los datos esta es la etapa donde se deben de resolver, dado que si no se resuelven los datos llegan a la etapa de modelado y pueden dar como resultado una exactitud baja o diferente a la deseada.

Modelado. En esta etapa se lleva a cabo el desarrollo de los modelos de conocimiento, se debe de elegir los algoritmos de modelado, también se debe de realizar un plan de prueba para verificar los algoritmos utilizados, posteriormente se construyen el o los modelos y finalmente se evalúan los resultados de las métricas obtenidas en los modelos anteriores.

Evaluación. En esta etapa se verifica que los modelos cumplan con satisfacer los objetivos del proyecto, de ser el caso que el modelo lo cumpla con lo indicado, es en esta etapa donde se puede volver a iterar con etapas anteriores.

Despliegue. En esta etapa se define la implementación de los modelos evaluados.

2.3 Definición de la terminología empleada

a) Aprendizaje supervisado

En su artículo sobre aprendizaje automático Alaçam et al., (2022) explican que existen dos tipos de aprendizaje, el aprendizaje supervisado y el aprendizaje no supervisado, siendo el primero aquel que supervisa a una variable la cual es su objetivo y la segunda se basa en buscar relaciones entre las variables y se centra en encontrar los respectivos patrones entre estas relaciones, entonces podemos decir que el aprendizaje supervisado analizaría el comportamiento de una variable y daría como resultado un modelo binario donde se cumple o no una determinada situación.

Adicionalmente se tiene a Vásquez-Quispesivana et al., (2022) que en su artículo sobre inteligencia artificial indica que un modelo que utiliza el aprendizaje supervisado puede llegar a predecir el tiempo que le toma crecer a los peces, de acuerdo a ciertas características como el entorno en que el pez crece, la temperatura y la calidad de alimentos

Entonces teniendo que, en la investigación previa, se usarán los datos de entrenamiento que constaran de dos partes, entradas y salidas. Las entradas serán vectores o listas enlazadas de tamaño 10, que contendrán la información de las características de un operario y las características del pedido. Las salidas serán vectores de tamaño 1 que indicarán si puede o no cumplir con el encargo.

Para las características de los operadores se van a considerar 6.

1. Motivación
2. Experiencia
3. Compromiso
4. Destreza
5. Acabado
6. Velocidad

Y adicionalmente tendremos las características del pedido:

7. Dificultad
8. Cantidad
9. Plazo
10. Estado

El objetivo del aprendizaje supervisado es el de predecir el valor de salida en función de los valores de entrada.

b) Entrenamiento

Para entender un poco más las redes neuronales Reyes Gonzalez, (2017) indica que para entrenar una red neuronal hay un proceso donde se involucra cada neurona a través de su peso inicial o de entrada hasta que el peso final o de salida se aproxime al resultado deseado.

Proceso por medio del cual se forma a un cálculo con un conjunto de factores. El entrenamiento de una red neuronal se resume en la forma como se actualizan los pesos de las uniones neuronales de la red, más un error.

Es posible entrenar una red en forma de la minimización del error, proceso en el que se busca reducir al mínimo, usualmente 0.0001 el error entre los datos de entrenamiento y el de prueba.

Y la otra que es por una cantidad determinada de iteraciones, en este método, no importa el error obtenido, pero se corre el riesgo de que la cantidad de iteraciones no sea lo suficientemente grande como para obtener el resultado deseado.

Ante esta situación surge el problema del sobre aprendizaje, que consiste en la situación de que una red neuronal entrenada con una cantidad de iteraciones tiene una convergencia del error deseado cada vez más cercana a 0, pero a medida que incrementamos la cantidad de iteraciones se va alejando del error, y este se va haciendo cada vez más grande, causando lo que llamaremos, “Desaprendizaje” de la red neuronal, causando un problema de funcionamiento.

Si la cantidad de neuronas es insuficiente para el problema, esta nunca alcanzará el error deseado y por tanto caerá fácilmente en el sobre aprendizaje, lo cual no es lo ideal para desarrollar el modelo.

Algoritmos de entrenamiento.

Según indica en su libro Bosch Rué et al., (2019) existen diferentes algoritmos de entrenamiento los cuales se utilizan para optimizar el proceso de aprendizaje.

Época: una época refiere al recorrer por única vez todo el conjunto de datos para poder realizar el entrenamiento de la red neuronal, veremos que para poder realizar una predicción satisfactoria se requieren varias épocas en el entrenamiento.

Descenso del gradiente: este es un algoritmo es usado básicamente para ubicar los pesos o coeficientes de los algoritmos que se usan para el aprendizaje automático, como en este caso vendría a ser para la red neuronal. Utiliza el error para poder realizar las predicciones del modelo intentando en todo momento reducir el error encontrado en la predicción.

Descenso del gradiente estocástico, este calcula el error para cada ejemplo en el conjunto de datos y actualiza el modelo entero. El principal problema de esta variante es que, dado que se actualiza el modelo con mayor frecuencia, este, tiene un costo computacional más elevado lo cual en modelos grandes lleva un mayor tiempo de entrenamiento.

Descenso del gradiente por lotes, esta es otra variante que también calcula error para cada ejemplo en el modelo de datos, pero solo actualiza el modelo al haber evaluado todo el conjunto de datos. Esto quiere decir que solo se actualiza el modelo al haber completado la época de cada entrenamiento. Si bien es cierto esta variante es más rápida el problema es que el resultado puede resultar no ser el óptimo dado que no hay una actualización constante en los ejemplos del conjunto de datos.

Descenso del gradiente por mini-lotes: esta variante divide el conjunto de datos del entrenamiento en pequeños grupos (lotes), para calcular el error y actualizar

los coeficientes del modelo. Esta variante junta las 2 anteriores tratando de ser robusta y eficiente sin tener que realizar mucho gasto computacional.

Esto lleva a los algoritmos de entrenamiento entre los cuales tenemos:

Momentum: este optimiza el descenso del gradiente estocástico, en pocas palabras este algoritmo da más actualizaciones conforme los gradientes están la misma dirección, pero si se detecta un cambio de dirección reduce las actualizaciones.

Adagrad: está basado en los gradientes, realiza actualizaciones más pequeñas, esto implica bajas tasas de aprendizaje, para los parámetros que tienen características frecuentes y se encuentren asociados, y actualizaciones más grandes, es decir con tasas de aprendizaje altas, para los parámetros que no sean frecuentes y se encuentren asociados. Es ideal para tratar con datos que están dispersos.

Adam (adaptive momento estimation): este algoritmo combina la idea del algoritmo Momentum y mantiene un seguimiento de un promedio de los gradientes y su decaimiento exponencial.

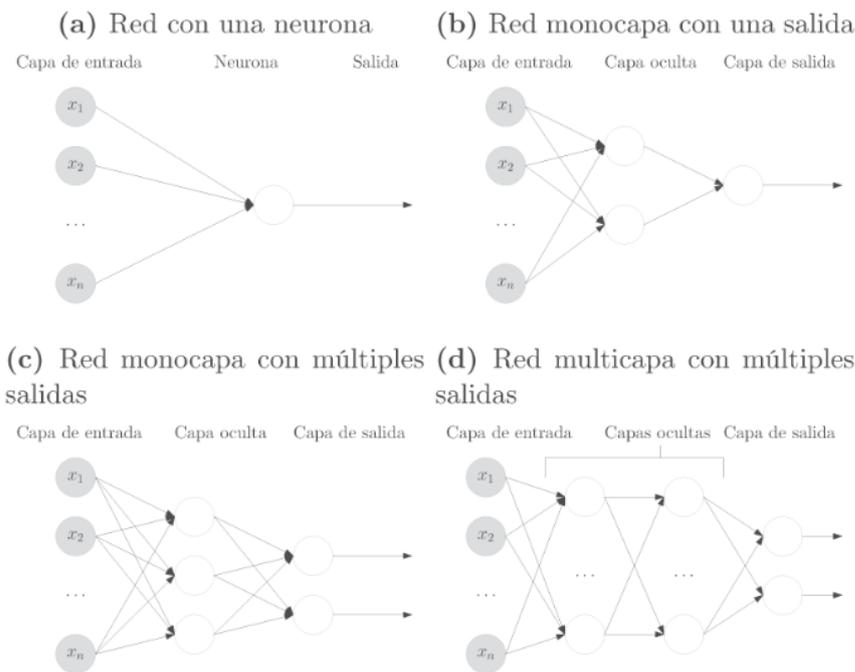
c) Arquitectura de una red neuronal

La arquitectura o topología de una red neuronal según Bosch Rué et al., (2019) no es más que la organización de las neuronas en capas distintas y esto arrastra a los parámetros como son las funciones de entrada o activación. Es de verificar que cada tipo de topología puede dar distintos tipos de resultados en diferentes redes neuronales, por lo que existen varias arquitecturas que se pueden emplear al momento de diseñar una red neuronal como se muestra en la figura 7. La topología que se implementa en cada investigación para determinar cuál es la topología más adecuada que se utilizara para desarrollar una red neuronal según los criterios que

se ajusten a las necesidades requeridas, para que se obtenga los resultados esperados es decisión del investigador.

Figura 7

Arquitectura de las redes neuronales



Nota: Bosch Rué et al., 2019, p.75

Para esta investigación se utilizará la red multicapa.

Matriz de Confusión.

Kulkarni et al., (2021), indica que la matriz de confusión es una medida que se utiliza para poder resolver problemas de clasificación, ya sean binarios o múltiples, también indica que esta compara los valores reales contra los valores predichos que arroja un modelo de predicción. Así mismo Sharma et al., (2022) explica que es conocida como la matriz de error, y que esta se usa para determinar el rendimiento de un modelo de clasificación en el conjunto de datos de prueba.

Figura 8*Matriz de confusión*

		Actual Class	
		1	0
Predicted Class	1	True Positive	False Positive
	0	False Negative	True Negative

De la matriz de confusión se obtienen 4 datos importantes los cuales son:

- True Positive (TP): Cuando la observación fue predicha positiva y en realidad es positiva.
- False Positive (FP): Cuando la observación fue predicha positiva y en realidad es negativa
- False Negative (FN): Cuando la observación es predicha negativa y en realidad es positiva
- True Negative (TN): Cuando la observación es predicha negativa y en realidad es negativa.

De estos cuatro datos se pueden obtener las siguientes métricas:

- Accuracy: Indica la cantidad total de predicciones que fue correcta.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN}}$$

- Precision: Es la proporción de positivos que fueron predichos de manera correcta

$$\text{Precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP}+\text{FP}}$$

- Sensitivity: también conocido como recall, es la cantidad de positivos reales que se identificaron correctamente.

$$\text{Recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP}+\text{FN}}$$

- Specificity: Es la proporción de casos negativos reales que se identificaron correctamente.

$$\text{Specificity} = \frac{\text{TN}}{\text{TN}+\text{FP}}$$

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

3.1.1 Tipo de Investigación

Para la realización de este proyecto el tipo de investigación a usar es aplicada, ya que se va a realizar este proyecto con tecnología y conocimiento existente y se busca cómo es posible utilizar o aplicar los conocimientos aprendidos mientras que a la vez se aprenden nuevos conocimientos, luego sistematizar e implementar la practica obtenida en la investigación.

Una vez se los resultados y conocimientos de la presente investigación son obtenidos se tendrá una forma más organizada, sólida y sistemática de enfocar en la realidad del caso que se tiene en frente

3.1.2 Nivel de Investigación

Para la realización de este proyecto el nivel de investigación es explicativa dado que una vez explicado el problema general del proyecto encontraremos el porqué de este y la forma en la que se pretende solucionar, en este caso es analizar las características de los operarios y ver bajo que circunstancias pueden cumplir con el pedido en los plazos establecidos.

3.1.3 Diseño de la Investigación

El diseño a utilizar en la presente investigación es el diseño Pre – experimental.

Tabla 1

Diseño de la investigación

G	O1	X	O2
Grupo experimental: a este grupo es al que se le someterá el estímulo	Datos de Pre Prueba: Prueba de los indicadores de la variable dependientes que se mide de la pre prueba del grupo experimental	Condición experimental: estímulo o condición aplicada	Datos de Post Prueba: Prueba de los indicadores de la variable dependientes que se mide de la post prueba del grupo experimental

De donde se puede explicar que se tiene un grupo experimental(G), que vendría a ser los pedidos que se hayan cumplido o no, en base a las características del operario y del pedido, a este grupo se le aplicara el estímulo (X) que vendría a ser el modelo predictivo de producción de operarios y se tendrá los datos de pre prueba(O1) los cuales se comparan con los datos de post prueba(O2), con lo que se espera que los resultados de este último sean mejores que los de O1

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

Para el presente proyecto la población que se tomara en cuenta serán los pedidos del proceso productivo de la empresa LITEX EIRL, de entre los cuales se observa que tenemos una cantidad indeterminada de pedidos.

N = indeterminada

3.2.2 Muestra

Para definir el tamaño de la muestra que se tomara para la presente investigación se está tomando los pedidos realizados durante los meses de enero, febrero y marzo, teniendo un total de 500 pedidos, entonces:

n = 500 pedidos realizados.

3.3 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

Si se implementa una red neuronal se mejorará el proceso de predicción de la producción de los operarios de la empresa Litex Industrias E.I.R.L

3.3.2 Hipótesis específicas

- Si se implementa una red neuronal de predicción de producción de los operarios, se reducirá el tiempo de asignación del pedido

- Si se implementa una red neuronal de predicción de producción de los operarios, se reducirá el tiempo de la predicción del pedido.
- Si se implementa una red neuronal de predicción de la producción de los operarios, se mejora la satisfacción de los clientes

3.4 Variables – Operacionalización

3.4.1 Variables

Variable Independiente: La red Neuronal.

- Conceptualización:

Tabla 2

Conceptualización de la variable independiente

Indicador	Descripción
Cumple - No cumple	Cuando se implemente la red neuronal indicara si el operario cumple o no con el pedido

- Operacionalización

Tabla 3

Operacionalización de la variable independiente

Indicador	Índice
Cumple - No cumple	Si -No

Variable dependiente: la predicción de la producción de los operarios

- Conceptualización

Tabla 4

Conceptualización variable dependiente

Indicador	Descripción
Tiempo de asignación del pedido	Es el tiempo que le toma al supervisor asignar un pedido a un operador, considerando las características del operador y del pedido.
Tiempo de predicción del pedido	Es el tiempo que se toma el sistema en realizar la predicción e indicar si el operario cumple o no con el pedido.

Satisfacción del cliente	Es el grado de satisfacción de los clientes con el cumplimiento del pedido realizado en el plazo establecido
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Operacionalización

Tabla 5

Operacionalización de la variable dependiente

Indicador	Índice	Unidad de medida	Unidad de observación
Tiempo de asignación de pedido	10 ... 20	Segundos	Proceso
Tiempo de predicción del pedido	25... 45	Segundos	Proceso
Satisfacción del cliente	Poco, Satisfecho, muy satisfecho	Encuesta	Cliente

3.5 Métodos y técnicas de investigación

La técnica y los instrumentos que se utilizaran se pasan a describir en la tabla 6 del presente proyecto.

Tabla 6

Tabla de instrumentos y técnicas

Técnica	Uso	Instrumento
Encuesta	A todos los clientes que vengan a recoger el pedido realizado, se les entregara una encuesta para medir el grado de satisfacción que tienen con el tiempo de entrega del pedido.	Cuestionario
Observación	Se observará los pedidos solicitados, y las características del operador al cual fue designado Se observará si el pedido asignado al operador se cumplió de acuerdo a la predicción realizada.	

En la tabla 6 se muestran los principales instrumentos que se consideraran para recabar información para la realización del presente trabajo de investigación.

Método

Para O1 (pre - prueba)

- Elaboración de la encuesta para determinar el grado de satisfacción del cliente al momento de recoger su pedido.
- Realizar la validación del instrumento con expertos.
- Verificar la información de la empresa de 3 meses con respecto a los pedidos recibidos

Para O2 (post - prueba)

- Utilizar el modelo predictivo propuesto durante 3 meses en la empresa Litex.
- Obtener la información que brinda el modelo predictivo
- Realizar la encuesta de satisfacción al cliente para determinar el grado de satisfacción al momento de recoger su pedido.

3.6 Procesamiento de los datos

Para realizar el procesamiento y su respectivo análisis de los datos obtenidos con las herramientas que se ha seleccionado, se utilizara estadísticas para evaluar los resultados que se obtengan, y con estos poder realizar la verificación de la hipótesis.

Etapas del Análisis.

Tabla 7

Etapas del Análisis

FASE	DESCRIPCIÓN
Selección de Software	Software Minitab

Análisis de datos	Prueba de normalidad de Anderson - Darling
	Técnica de Mann - Whitney
Presentación de resultados	Se utilizará gráficos, tablas, figuras, etc.

CAPÍTULO IV
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Estudio de factibilidad

4.1.1. Factibilidad técnica

Como ya se está trabajando sobre una empresa que brindara todo el apoyo necesario, puedo decir que la empresa tiene los recursos tecnológicos necesarios para realizar el proyecto, cuenta con computadoras PC, planea adquirir un servidor, tiene una conexión a internet de fibra óptica.

En cuestión a las tecnologías necesarias para programar la predicción, el tema de las Redes Neuronales, tiene más de 50 años de experimentación y existen incluso librerías que realizan la predicción.

4.1.2. Factibilidad operativa

Para el desarrollo del presente proyecto, se cuenta con los conocimientos necesarios en materia de redes neuronales, así como los conocimientos necesarios en programación orientada a objetos.

4.1.3. Factibilidad económica

En cuanto al costo del proyecto este será asumido por el investigador.

A) Determinación del costo del sistema.

Costos de personal.

Tabla 8

Costos de Personal

Descripción de Software	Cantidad de Personal			Costo Total
	Nº Personal	Sueldo	Meses	
Analista programador	1	S/ 850.00	6	S/ 5,100.00
			Monto Total	S/ 5,100.00

Costos de equipo.

En cuanto a costos de equipos se puede mencionar dos clases de costos, uno relacionado con el desarrollo del aplicativo y otro relacionado con el equipamiento básico para el funcionamiento operativo del sistema.

Tabla 9

Costos de equipo

HARDWARE			
Descripción de los Equipos	Cantidad de Equipos		
	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Laptop Lenovo Core i5-6200U 4GB 500GB 14"HD AMD R5 M315 2GB - Black	1	S/ 2,700.00	S/ 2,700.00
		Monto Total	S/ 2,700.00

Costos de software.

Tabla 10

Costos de software

SOFTWARE			
Descripción de Software	Cantidad de Licencias		
	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Software Colab	1	S/ 0.00	S/ 0.00
Software Visual Studio Code	1	S/ 0.00	S/ 0.00
Microsoft Office 360 free	1	S/ 0.00	S/ 0.00
		Monto Total	S/ 0.00

Costos de suministros.

Tabla 11

Costos de Suministros

MANTENIMIENTO DE OFICINA			
Descripción	Cantidad	Meses	Costo Total
	Costo		
Material de Escritorio	S/ 8.00	1	S/ 8.00
Servicio Eléctrico	S/ 12.00	4	S/ 48.00
Mobiliario	S/ 95.00	1	S/ 95.00
Hojas Bond (A4) x 500	S/ 17.00	1	S/17.00
		Monto Total	S/ 168.00

Resumen de costos.

En la siguiente parte se hace un resumen de todos los costos que serán utilizados en el desarrollo.

Tabla 12

Resumen de costos

Cuadro Resumen de Factibilidad Económica	
Descripción	Monto \$
Adquisición de Hardware	S/ 2,700.00
Adquisición de Software	S/ 0.00
Remuneración de Personal	S/ 5,100.00
Mantenimiento de Oficina	S/ 168.00
Monto Total	S/ 7,968.00

4.2. Metodología CRIPS-DM aplicada para el desarrollo de la solución

4.2.1 Fase 1 - Comprensión del negocio

4.2.1.1 Determinar los objetivos del negocio.

Litex Industrias EIRL es una empresa textil y confecciones con más de 20 años de experiencia en la fabricación y comercialización de uniformes escolares y empresariales, ropa deportiva y funcional, casacas y chompas y toda la gama de textiles, sus productos son fabricados con materia prima e insumos de la más alta calidad. Provee uniformes escolares y empresariales a las principales instituciones educativas, empresas mineras y de servicios de la región Arequipa.

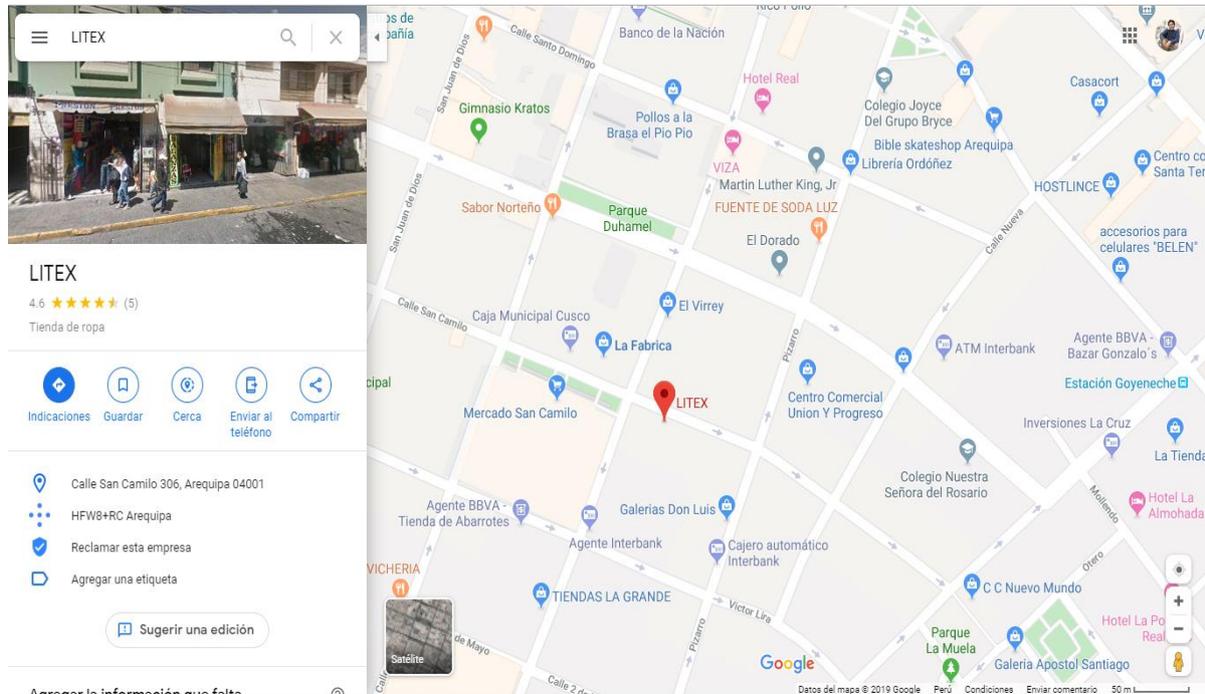
Actualmente en la empresa Litex, no cuenta con un sistema informático en el cual puedan llevar el control de los pedidos que se realizan, ni si estos pedidos se llegan a cumplir o no. El control de los pedidos y las capacidades que tienen los operadores se realiza de forma manual mediante una tabla en excel, la cual es iniciada y actualizada por el supervisor encargado.

➤ **Evaluación de la organización objetivo.**

La ubicación de la empresa Litex es en el mercado de la ciudad de Arequipa, en la calle San Camilo N° 306, int 5.

Figura 9

Ubicación local de la empresa Litex



Nota: Google Maps

Tabla 13

Datos de la empresa Litex

LITEX EIRL	
Empresa:	Litex Industrias EIRL.
Ruc:	20455879672
Tipo Empresa:	Empresa Individual de Responsabilidad Limitada
Condición:	Activo
Fecha Inicio	01 de febrero 2011
Actividades:	
Dirección:	Calle. San Camilo N° 306 Int 5
Distrito:	Cercado
Departamento:	Arequipa - Perú

➤ **Visión del producto.**

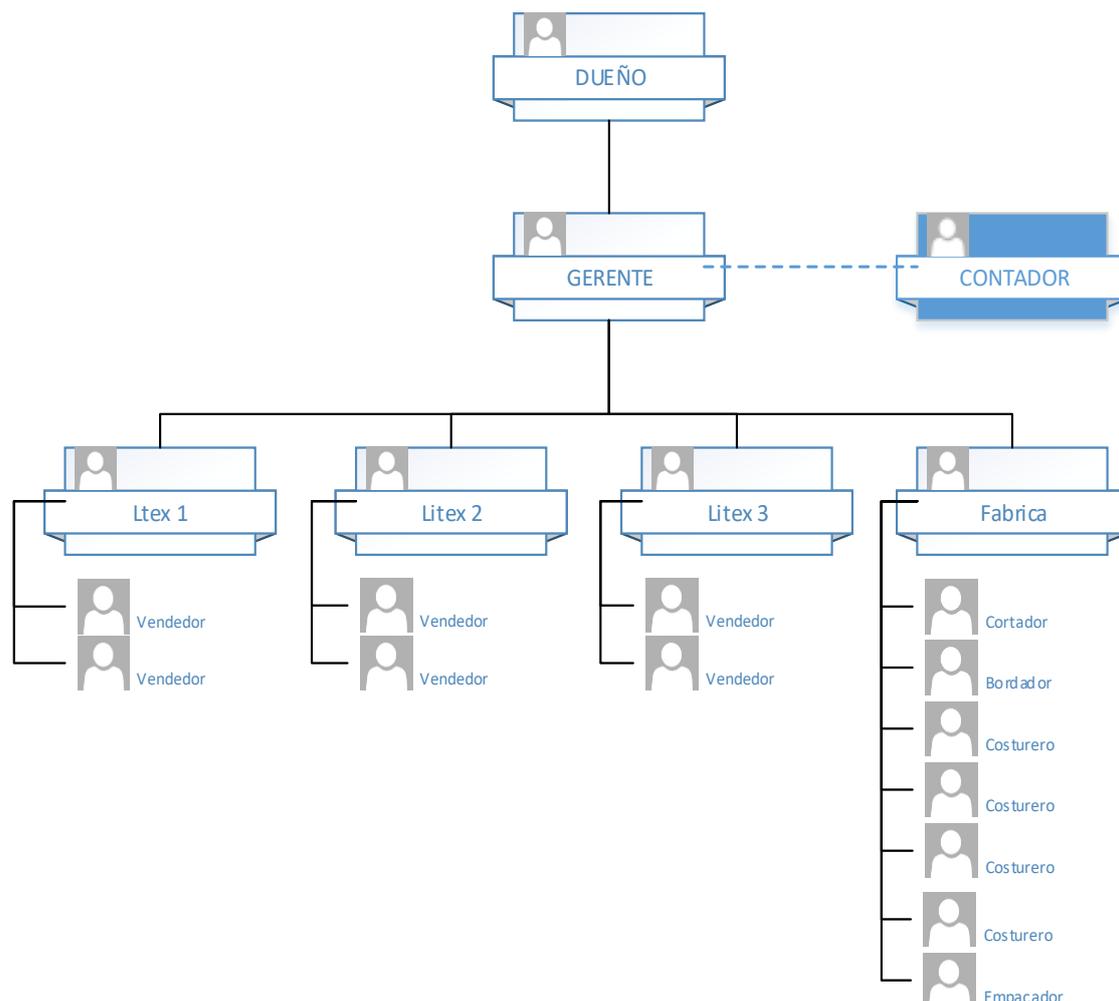
El principal objetivo del presente proyecto es realizar una red neuronal que pueda predecir la producción de los operarios para saber si estos pueden cumplir con el pedido en el tiempo estipulado, así evitar la insatisfacción del cliente por los pedidos retrasados. Esto mediante las características propias de los operarios y las características correspondientes de los pedidos recibidos.

Una vez se tengan las características de los operarios y las características de los pedidos se podrá realizar el modelado para la predicción.

➤ **Organigrama estructural.**

Figura 10

Organigrama estructural de Litex



➤ **Servicios.**

La empresa Litex brinda el servicio de confección de prendas de vestir para diversas empresas del medio en la ciudad de Arequipa como son instituciones educativas, empresas privadas, mineras entre otras. Por lo cual dicha empresa tiene áreas distintas las cuales se describen a continuación.

Gerencia: Es el área encargada de la toma de decisiones y de gestionar los recursos que obran en la empresa.

Contador: Es el área encargada de llevar la contabilidad de la empresa.

Puntos de Venta: Actualmente la empresa cuenta con 3 puntos de venta, los cuales realizan a la solicitud a la fábrica. El punto de venta es el área encargada de cerrar la venta.

Fabrica: Es el área encargada de recibir los pedidos de los puntos de venta, debido a esto es el área crítica de la empresa.

➤ **Clientes.**

La empresa cuenta con clientes los cuales llevan a los puntos de venta los pedidos que realizan, adicionalmente la fábrica en sí, puede recibir pedidos directamente de clientes externos.

➤ **Stakeholders internos.**

Gerente: Es la persona encargada de llevar la administración de la empresa, encargado de realizar las compras, planificar la producción diaria, ordenar los pedidos, dar prioridades a los clientes y contratar y despedir al personal.

Contador: Este cargo lo cubre un estudio contable, al cual se le contrato para llevar la contabilidad de la empresa, que básicamente es controlar las facturas y boletas y presentar las declaraciones a la SUNAT.

Supervisor de fabrica: que es el empleado encargado de calificar las características de los operarios, así como designar las características de los pedidos, todo esto debido a la experiencia obtenida en el transcurso del tiempo laborado y de las observaciones que se realiza al personal con el transcurso del tiempo que este viene laborando en la empresa.

Vendedor: Es el personal encargado de realizar la venta y tomarle al cliente, en primera instancia, el pedido que realiza, para que este pueda ser trasladado al supervisor a la fábrica.

Cortador: Es el personal encargado de realizar el corte de los modelos, según los pedidos requeridos por el cliente. Es el encargado del manejo de la cortadora láser.

Bordador: Es el personal encargado de realizar el bordado de los modelos, según los pedidos requeridos por el cliente. Es el encargado del manejo de la maquina bordadora.

Operador o Costurero: Es el personal encargado de coser las prendas, el pago para este personal es por destajo. El supervisor de fábrica le indica los modelos que le corresponden y la cantidad y es el costurero el que se encarga de armarlos hasta el final.

Empacador: Es el personal encargado de empacar, decorar y sellar las prendas, su función es empacar toda prenda que llegue a su área de trabajo, no tiene límite diario, ya que se le paga mensualmente y tiene que empacar todas las prendas que se cosan por día para que estas puedan ser entregados en los puntos de venta o al cliente de manera directa.

➤ Cadena de valor.

Figura 11

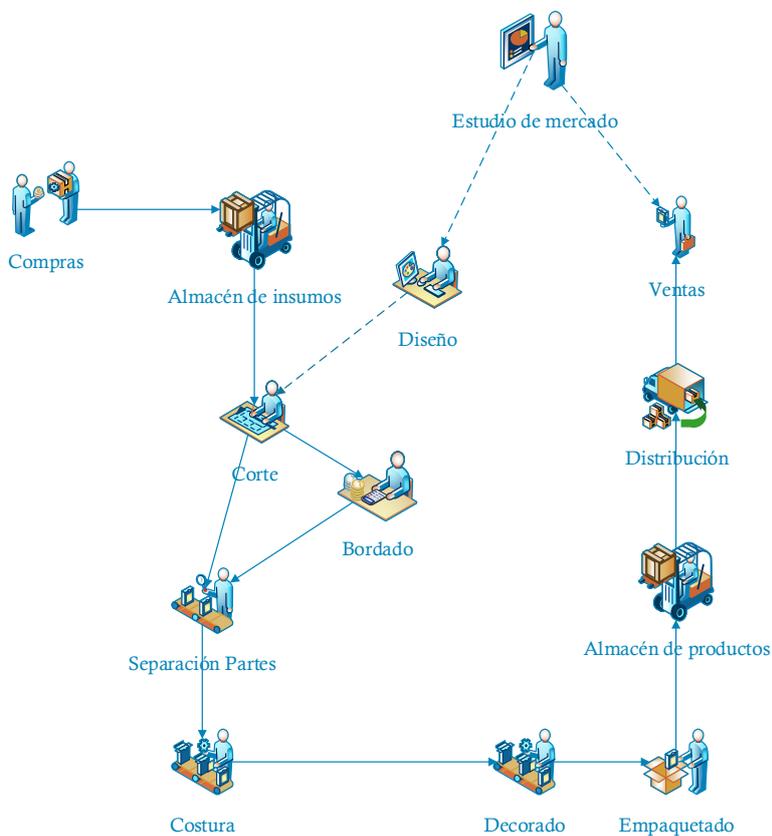
Cadena de Valor



➤ Proceso de negocio.

Figura 12

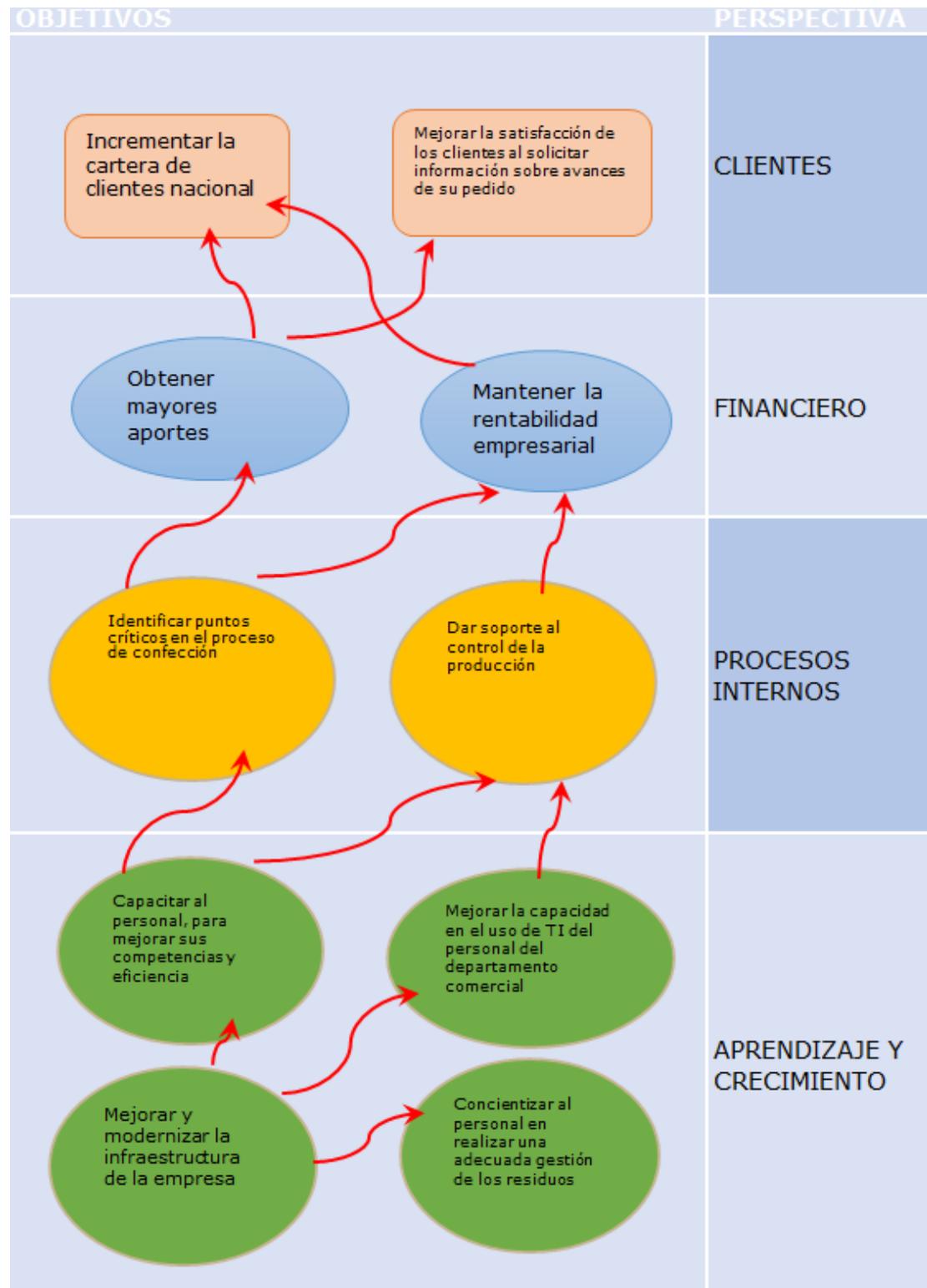
Proceso de negocio



➤ **Mapa estratégico.**

Figura 13 Mapa estratégico

Mapa estratégico



➤ **Criterios de éxito del negocio.**

Para que el presente proyecto pueda tener éxito se debe de predecir correctamente si el operario va a cumplir con su pedido.

Si se cumple con este objetivo se podrá:

- Reducir la cantidad de pedidos retrasados.
- Reducir el tiempo en que se asignan los pedidos.
- Aumentar la satisfacción de los clientes.

4.2.1.2 Valoración de la situación.

Actualmente se verificó que la empresa Litex lleva el control de los pedidos de los operarios en un libro de excel, se cuenta con cerca de 700 pedidos aproximadamente en dicho libro, en dicha tabla se registró las características de los operarios y de los pedidos, motivo por el cual va a servir de insumo para poder realizar el análisis de los datos correspondientes.

➤ **Requisitos, supuestos y restricciones.**

Requisitos: Se debe de contar con el libro de Excel donde se encuentran registrados todos los datos de los operarios y de los pedidos realizados.

Supuestos: Las características de los operarios y de los pedidos y si el pedido se entregó en el tiempo estipulado o no.

Restricciones: las características tanto del operario y del pedido dependen de la experiencia de supervisor de fábrica.

➤ **Costes y beneficios.**

Costes: Dado que se cuenta con la información requerida para poder realizar el presente proyecto, no se incurre en gastos para la empresa.

Beneficios: los beneficios que puede recibir la empresa, se reflejarán en la disminución de tiempo empleado en la asignación de los pedidos, la disminución de

pedidos que tienen retraso de entrega y en el aumento de la satisfacción de los clientes.

➤ **Criterio de éxito.**

Predecir si un operario de la empresa Litex cumple con el pedido asignado, considerando que dicha predicción debe ser de un grado alto de fiabilidad.

4.2.1.3 Plan de trabajo.

Tabla 14

Plan de Trabajo

Plan de trabajo		
Etapas	Descripción	Tiempo
Etapa 1	Análisis de la estructura de datos de la empresa Litex	2 semanas
Etapa 2	Realización de consulta para obtener muestras de los datos	2 semanas
Etapa 3	Preparación de datos	2 semanas
Etapa 4	Selección de técnica para el modelado	1 semana
Etapa 5	Análisis de los resultados de la etapa anterior (en caso de ser necesarios se repite la etapa anterior)	2 semanas
Etapa 6	Producción del informe que sea requerido con los resultados del modelo empleado	1 semana
Etapa 7	Resultados finales	1 semana

4.2.2 Fase 2 - Comprensión de los datos

Esta es la fase donde se toma contacto con los datos obtenidos del Excel que maneja la empresa LITEX, se debe de verificar que la información tenga la calidad necesaria, para poder ser evaluada y se pueda identificar posibles relaciones entre la información. Para desarrollar el modelo de la red neuronal se va a utilizar el lenguaje de programación Python y se utilizará el aplicativo online Colab de Google para el análisis de los datos y para el desarrollo de la solución se utilizará Visual Studio Code.

Tabla 15*Librerías utilizadas en Python*

Librerías	Concepto
numpy	Es la librería especializada en los diversos cálculos numéricos y el análisis de la data, ya sea esta de bajo o de gran volumen
seaborn	Es la librería que se utiliza para visualizar datos, esta se encuentra desarrollada sobre matplotlib, está integrada con pandas para el uso de estructuras de datos
pandas	Es la librería de python que se especializa en el manejo y análisis de datos estructurados, esta librería se utilizara para importar los datos del archivo CSV
matplotlib	Es la librería de python que se especializa en la creación de gráficos de 2 dimensiones
sklearn	Es la librería de python que se usa para el desarrollo de machine learning, son rutinas escritas en python para poder realizar análisis predictivos, estos incluyen clasificadores y algoritmos de clusterización.
tkinter	Es la librería o paquete que ayuda a desarrollar con interfaz gráfica en Python.

4.2.2.1 Recolección de datos iniciales.

➤ Reporte de recolección.

En el libro de excel que utiliza la empresa para registrar los pedidos que tiene la empresa se encontraron los datos de los operadores, con sus respectivas características (motivación, experiencia, compromiso, destreza, acabado, velocidad). También se puede visualizar las características de los pedidos (dificultad, cantidad, plazo). Y un campo adicional que es el estado del pedido el cual indica si el pedido se cumplió o no se cumplió.

Del análisis de la información se puede obtener básicamente 3 tablas.

Operario, pedido y predicción.

Descripción de las tablas:

Tabla 16*Descripción de las tablas*

Tabla	Descripción
Operario	Cada Operario tiene una serie de características las cuales son evaluadas por el supervisor
Pedido	Cada pedido ingresado a fabrica tiene una serie de características las cuales son evaluadas por el supervisor.
Predicción	Utiliza como insumo las características del operador y del pedido para poder saber si se cumple o no con el pedido.

4.2.2.2 Descripción de datos recopilados.

Tabla 17*Descripción de los atributos de las tablas*

Tabla	Descripción de atributos	Tipos de Datos
Operario	Se registrará a los operarios y sus características, se consideraron 9 atributos id_operario, nombres, experiencia, destreza, velocidad, acabado, motivación, compromiso, estado	id_operario: Int nombres: Varchar experiencia: Int destreza: Int velocidad: Int acabado: Int motivación: Int compromiso: Int estado: Int
Pedido	Se registra los pedidos que llegan a fabrica, se consideraron 4 atributos id_pedido, cantidad, dificultad, plazo	id_pedido: Int cantidad: Int dificultad: Int plazo: Int
Predicción	Se registran las predicciones realizadas por el sistema, se consideraron 11 atributos id_prediccion, id_operario, id_pedido, estado, prediccion	id_prediccion: Int id_operario: Int experiencia: Int destreza: Int velocidad: Int acabado: Int motivación: Int compromiso: Int id_pedido: Int cumplio: Int prediccion: Int

4.2.2.3 Exploración de los datos.

El primer paso a realizar es convertir la data que se tiene en un formato xlsx (formato de Excel) a un formato CSV que significa valores separados por comas, esto para que la librería panda pueda importar la información en un dataframe.

Entonces en primer lugar se importará las librerías que vamos a utilizar como se muestra en la figura 14.

Figura 14

Importación de librerías de Python

```
import numpy as np
import seaborn as sbn
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn import metrics
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import classification_report, confusion_matrix, auc, roc_auc_score, accuracy_score, roc_curve
from sklearn import preprocessing
from sklearn.neural_network import MLPClassifier
```

Seguidamente se cargará los datos que tenemos en el archivo “listacompleta.csv”, para esto se importará la librería pandas. Como se ve en la figura 15 se importó de manera correcta 500 columnas obtenidas del archivo CSV.

Figura 15

Importación de datos del archivo CSV

	operario	motivación	experiencia	compromiso	destreza	acabado	velocidad	dificultad	cantidad	plazo	fecha	estado
0	1001	9	8	8	8	7	8	3	24	5	1/4/2022	1
1	1002	5	8	6	8	8	8	9	24	7	2/18/2022	1
2	1003	9	7	6	7	7	8	5	18	5	3/20/2022	1
3	1004	8	8	4	8	8	7	3	24	5	1/4/2022	1
4	1005	4	4	8	6	8	6	7	24	7	4/22/2022	1
...
495	1001	5	7	5	7	7	6	9	24	3	5/6/2022	0
496	1004	9	8	6	9	7	7	5	18	5	1/1/2022	1
497	1003	6	7	5	7	9	9	9	18	5	6/17/2022	1
498	1007	9	5	8	5	7	4	3	18	5	6/30/2022	1
499	1002	9	7	8	7	6	7	3	12	5	6/30/2022	1

500 rows × 12 columns

4.2.2.4 Verificar la calidad de los datos.

Una vez realizada esta etapa se debe de verificar que todas las variables sean del mismo tipo de dato, esto se debe de verificar para poder realizar el trabajo correcto con las variables y no existan problemas al momento de realizar el modelamiento de la red neuronal, esto se realiza invocando el método dtypes de la librería pandas. Como se puede apreciar en la figura 16 no todas las variables contienen el mismo tipo de datos, se puede observar que la variable “fecha” (variable que contiene la fecha de realización del pedido), contiene un tipo de datos object, adicionalmente se ve la variable “operario” (que se refiere al código del operario que realiza el pedido), que según el análisis realizado esta variable simplemente es para identificar al operador, por ende, no tiene mayor importancia para el modelo que se pretende desarrollar. Este análisis indica que tenemos 2 variables, (“operario” y “fecha”) que al momento de realizar el modelo de la predicción pueden causar distorsión en la información para el entrenamiento de la red y el resultado obtenido no va a ser el óptimo, motivo por el cual se recomienda la eliminación de estas variables para poder realizar el modelamiento de la red neuronal.

Figura 16

Tipo de datos de las variables

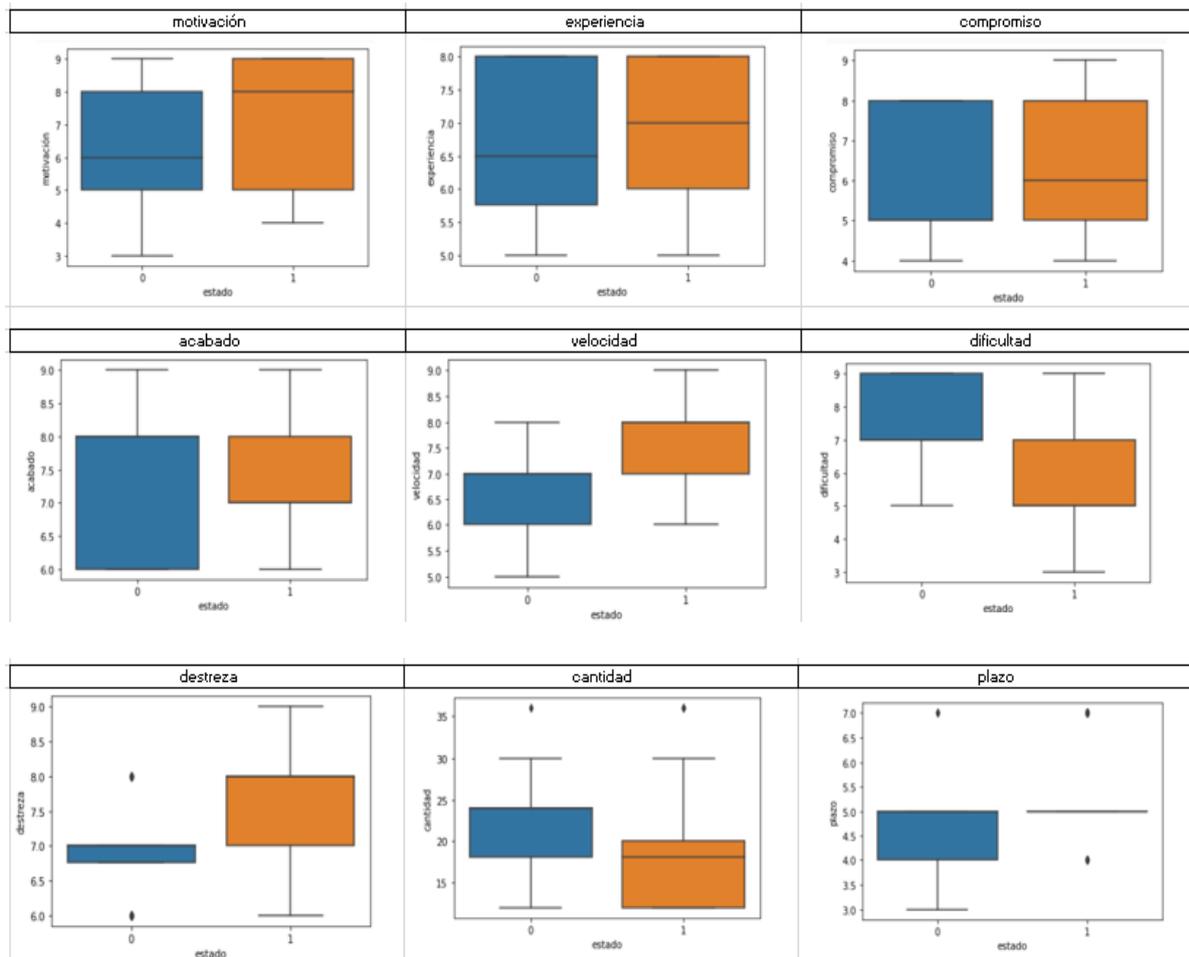
```
operario      int64
motivación   int64
experiencia  int64
compromiso   int64
destreza     int64
acabado      int64
velocidad    int64
dificultad   int64
cantidad     int64
plazo        int64
fecha        object
estado       int64
dtype: object
```

Se debe de observar el comportamiento de las variables respecto a la variable estado, esta variable tiene 2 valores 0 y 1, es 0 cuando no se cumplió con el pedido en el plazo indicado, y es 1 cuando si se cumplió con el pedido en el plazo indicado.

Se observa el comportamiento de las variables respecto a la variable estado, para esto usaremos el diagrama de cajas. En Python se utiliza la librería seaborn para poder graficar estos diagramas con el método “boxplot”.

Figura 17

Variables respecto a la variable estado

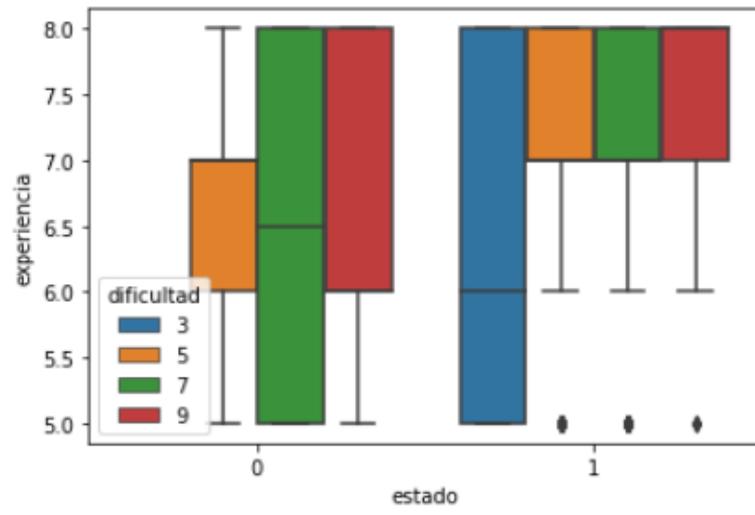


Del análisis de estos boxplot se puede observar que de por sí solo la evaluación de 2 variables no conlleva a una mayor descripción de los datos, por ejemplo, el boxplot de la variable acabado con respecto al estado indica que cuando la puntuación es entre 6 y 8 se puede o no cumplir con el pedido. Otro ejemplo es el boxplot de la variable velocidad que indica que hay pedidos donde el valor de velocidad es entre 6 y 7 y no se cumple con el pedido y dice que si el valor es superior

a 7 se cumple con el pedido. Pero yendo más allá, se agregará una variable más para ver cómo se comportan los datos.

Figura 18

Variables experiencia y dificultad con respecto al estado



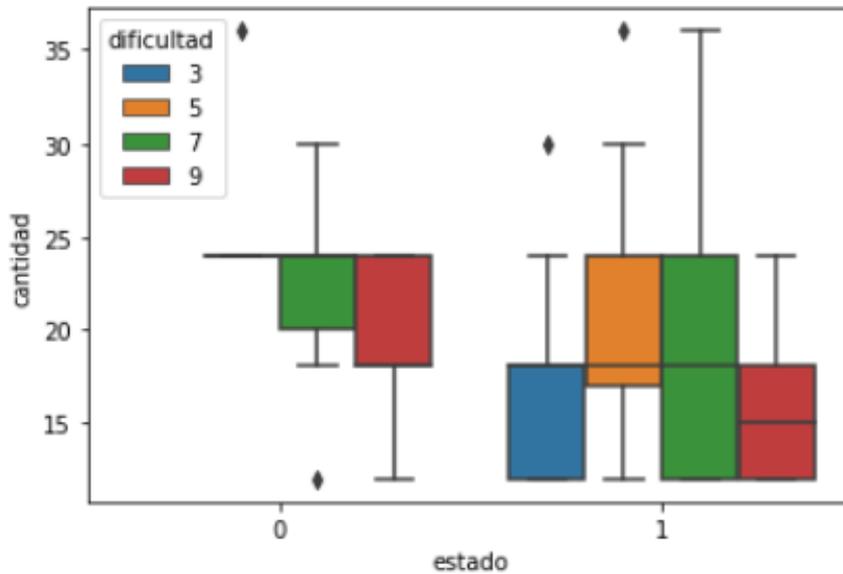
Como se ve en la figura 18 por ejemplo si se agrega la variable dificultad a la evaluación de la variable experiencia con respecto al estado, da un poco más de información, se puede ver que no hay pedidos que tenga un grado de dificultad 3 que no se hayan cumplido sin importar la experiencia que se tiene. Del mismo gráfico se puede observar que hay pedidos que tienen un grado de dificultad de 7 y no se ha cumplido teniendo un valor de experiencia de 5 a 8, en este caso se debe evaluar otras variables, pero también indica que, con un nivel de dificultad de 5, 7, 9 y un valor de experiencia superior a 7 se cumplen con los pedidos.

Ahora bien como se muestra en la figura 19 si se agrega la variable dificultad a la evaluación de la variable cantidad con respecto al estado, indica que todos los pedidos de dificultad 3 con una valor de cantidad de 12 a 18 se cumplen dentro del plazo establecido, indica que con una dificultad 7 y una cantidad entre 20 y 24 hay pedidos que no se cumplen, también indica que existen pedidos con una dificultad de 9 y una cantidad entre 20 y 24 que no se cumple con el pedido y con la misma

dificultad 9 y con una cantidad de pedidos de entre 12 y 18 que si se cumple con el pedido.

Figura 19

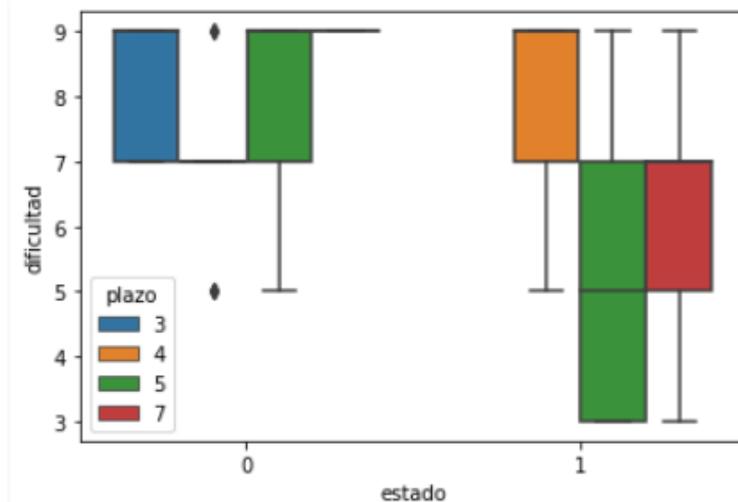
Variables dificultad y cantidad con respecto al estado



En la figura 20 se puede ver si agregamos la variable plazo a la evaluación de la variable dificultad con respecto al estado, se puede apreciar que si la dificultad esta entre 7 y 9 y el plazo es de 3 los pedidos no se cumplen, si el plazo es de 4 y la dificultad esta entre 7 y 9 hay pedidos que, si se cumplen, también se puede observar que si el plazo es de 5 y la dificultad esta entre 3 y 7 los pedidos si se pueden cumplir.

Figura 20

Variables dificultad y plazo con respecto al estado



4.2.2.5 Reporte de la calidad de los datos.

En la figura 21 se puede ver la descripción de cada variable, promedio de cada variable, la desviación estándar, los valores mínimos y máximos de cada variable el primer cuartil, la media y el tercer cuartil. Y como se observa la variable “operario” y la variable “fecha” no arrojan datos que van a ayudar con el modelo de la red neuronal.

Figura 21

Descripción de todas las variables

operario		motivación		experiencia		compromiso		destreza	
count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000
mean	1003.680000	mean	7.062000	mean	6.890000	mean	6.146000	mean	7.700000
std	1.797794	std	1.908255	std	1.133344	std	1.482254	std	0.774079
min	1001.000000	min	3.000000	min	5.000000	min	4.000000	min	6.000000
25%	1002.000000	25%	5.000000	25%	6.000000	25%	5.000000	25%	7.000000
50%	1003.000000	50%	8.000000	50%	7.000000	50%	6.000000	50%	8.000000
75%	1005.000000	75%	9.000000	75%	8.000000	75%	8.000000	75%	8.000000
max	1007.000000	max	9.000000	max	8.000000	max	9.000000	max	9.000000
acabado		velocidad		dificultad		cantidad		plazo	
count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000	count	500.000000
mean	7.526000	mean	7.440000	mean	5.932000	mean	18.320000	mean	5.108000
std	0.948221	std	0.763916	std	2.069769	std	4.774431	std	0.673233
min	6.000000	min	5.000000	min	3.000000	min	12.000000	min	3.000000
25%	7.000000	25%	7.000000	25%	5.000000	25%	15.000000	25%	5.000000
50%	7.000000	50%	7.000000	50%	5.000000	50%	18.000000	50%	5.000000
75%	8.000000	75%	8.000000	75%	7.000000	75%	24.000000	75%	5.000000
max	9.000000	max	9.000000	max	9.000000	max	36.000000	max	7.000000
		fecha		estado					
		count 500		count 500.000000					
		unique 170		mean 0.872000					
		top 3/2/2022		std 0.334424					
		freq 10		min 0.000000					
				25% 1.000000					
				50% 1.000000					
				75% 1.000000					
				max 1.000000					

De esta información se puede observar por ejemplo que el promedio de unidades por pedido es de 18.32 teniendo un máximo de 36 y un mínimo de 12, también se puede observar que el promedio de plazo que dan los clientes por pedido es de 5.108 días.

También se puede observar que los datos que contiene cada variable no son proporcionalmente del mismo tamaño, se podría indicar que las variables

correspondientes a las características contienen valores dentro de un rango similar, sin embargo, los valores del pedido no llevan similitud de valor, por lo cual todos los valores deben de normalizarse para poder continuar con el modelado.

Seguidamente se comprobará que las variables no contengan datos nulos, para lo cual invocaremos el método “isnull” de pandas, y como se observa en la figura 22 no se encuentran datos nulos

Figura 22

Comprobación de datos nulos

```
operario      0
motivación   0
experiencia   0
compromiso    0
destreza      0
acabado       0
velocidad     0
dificultad    0
cantidad      0
plazo         0
fecha         0
estado        0
dtype: int64
```

Entonces de esta fase se puede concluir.

- No se tienen valores Nulos.
- Se Deben de eliminar las variables “operario” y “fecha”
- Se deben normalizar los datos para continuar con el modelado.

4.2.3 Fase 3- Preparación de los datos

4.2.3.1 Selección y limpieza de datos.

Dado el análisis realizado en la etapa anterior se llegó a la conclusión que se debe de eliminar 2 variables que no contienen mayor importancia para el desarrollo de la red neuronal, para ello se invoca el método “del” de la librería pandas para realizar dicha eliminación de datos. Entonces el dataframe sin estas 2 variables quedaría como se muestra en la figura 23.

Figura 23*Data con variables eliminadas*

	motivación	experiencia	compromiso	destreza	acabado	velocidad	dificultad	cantidad	plazo	estado
0	9	8	8	8	7	8	3	24	5	1
1	5	8	6	8	8	8	9	24	7	1
2	9	7	6	7	7	8	5	18	5	1
3	8	8	4	8	8	7	3	24	5	1
4	4	4	8	6	8	6	7	24	7	1
...
495	5	7	5	7	7	6	9	24	3	0
496	9	8	6	9	7	7	5	18	5	1
497	6	7	5	7	9	9	9	18	5	1
498	9	5	8	5	7	4	3	18	5	1
499	9	7	8	7	6	7	3	12	5	1

500 rows × 10 columns

4.2.3.2 Estructuración de campos.

En el presente proyecto no se estructurarán campos debido a que la base de datos fue creada para poder realizar la predicción de los operarios de la empresa Litex

4.2.3.3 Integrar datos.

Como se verifico en la etapa anterior, la tabla predicción, integra los datos de la tabla del operador y de la tabla de pedidos para poder almacenar los resultados de los pedidos.

Entonces la tabla predicción necesita del id_operador y del id_pedido, pero se debe de tomar en consideración que en la tabla predicción se deben de guardar las características del operador al momento de realizar la predicción, debido a que con el pasar del tiempo las características del operador pueden cambiar, ya sea que mejora la experiencia, la calidad, la motivación o cualquier otra característica.

Figura 24*Tablas en base de datos*

Seguidamente se debe de particionar el dataframe en 2, una para para la prueba y una parte para el entrenamiento e indicamos que la parte para la prueba es el 30 por ciento de los datos y que para el entrenamiento se va a utilizar el 70 por ciento de los datos como se muestra en la figura 26.

Figura 26

Selección de datos para prueba y entrenamiento

```
X = df_scaled[['motivación', 'experiencia', 'compromiso', 'destreza', 'acabado', 'velocidad', 'dificultad', 'cantidad', 'plazo']].values
y = df_scaled['estado'].values
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size = 0.30)
```

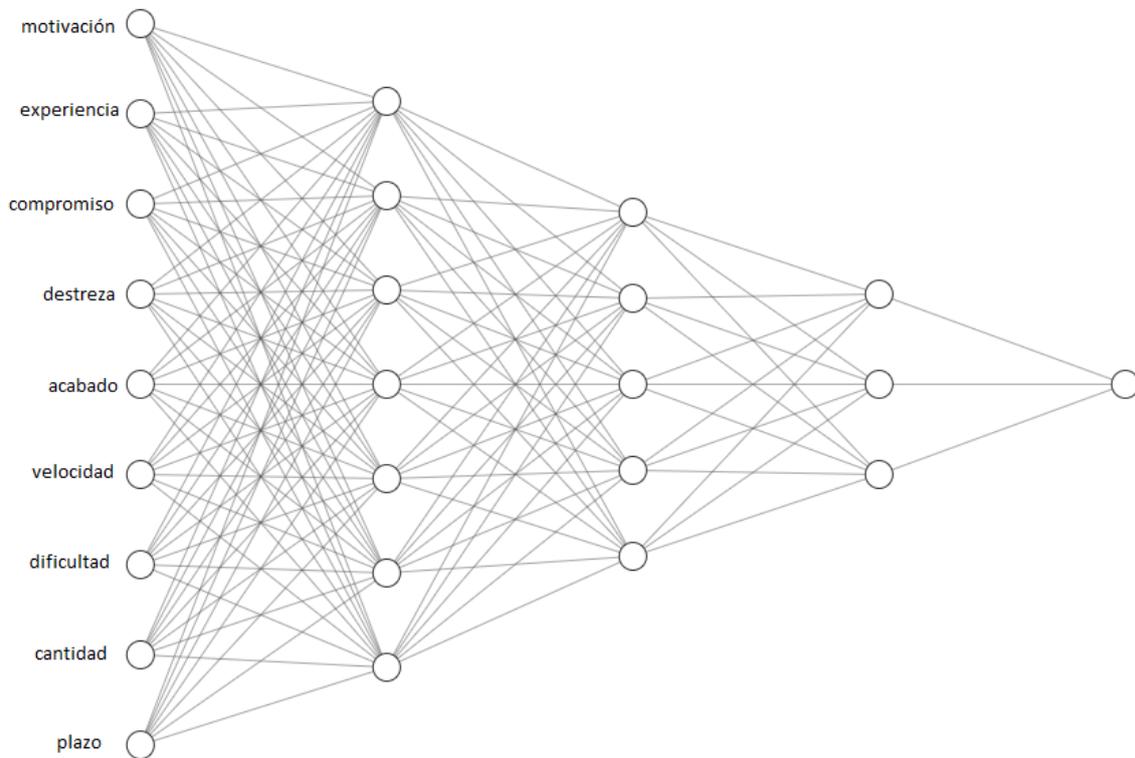
4.2.4 Fase 4 – Modelado

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizara el método Percetron Multicapa para esto importaremos “MLPClassifier” de la librería “sklearn.neural_network” y se le indica los datos como se muestra en la figura 27, se indica un número máximo de iteraciones de 10000 y que van a ser tres capas ocultas, la primera capa oculta tendrá 7 neuronas, la segunda tendrá 5 y la tercera tendrá 3, tal y como se muestra en la topología que se utiliza en la presente red neuronal en la figura 28, de igual manera se indica que la función de activación va a ser la función Relu (unidad rectificadora lineal) y que el algoritmo de entrenamiento que se utilizara será el Adam.

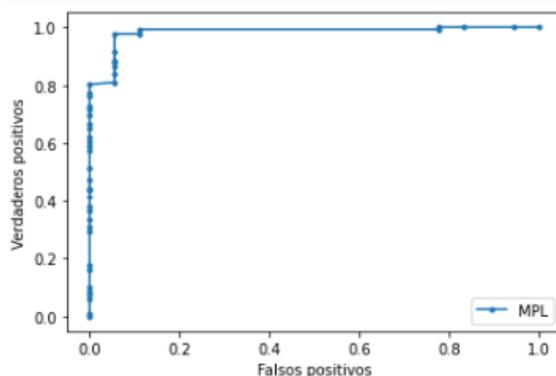
Figura 27

Definición del perceptrón multicapa

```
clf = MLPClassifier(solver='adam', max_iter = 10000,
                  hidden_layer_sizes = (7,5,3), random_state=1, activation = 'relu')
```

Figura 28*Topología de la red neuronal***4.2.4.1 Plan de Prueba.**

De la figura 29 se puede observar la curva ROC del modelo de red neuronal propuesto, toda curva ROC para evidencia que la sensibilidad del modelo es correcta, debe de tener tendencia a 1 en los verdaderos positivos, como se muestra en esta imagen la tendencia al 1 es muy clara adicional a esto como indica en la figura 29 la sensibilidad del modelo es de 0.969.

Figura 29*Curva ROC*

También se puede comprobar en esta etapa de prueba que el modelo alcanzo un accuracy de 0.93, siendo este muy optimo, lo cual indica que el modelo elegido predice un 93% de las veces de manera correcta. Como se ven en la figura 30

Figura 30

Métricas de la red neuronal

```

specificity = tn / (tn+fp)
print(classification_report(Y_test, y_predict))
print ("El valor de accuracy es: ", accuracy)
print ("El valor de precision es: ", precision)
print ("El valor de sensitivity o recall es: ", recall)
print ('El valor de specificity es: ', specificity)

```

	precision	recall	f1-score	support
0	0.72	0.68	0.70	19
1	0.95	0.96	0.96	131
accuracy			0.93	150
macro avg	0.84	0.82	0.83	150
weighted avg	0.93	0.93	0.93	150

```

El valor de accuracy es: 0.9266666666666666
El valor de precision es: 0.9545454545454546
El valor de sensitivity o recall es: 0.9618320610687023
El valor de specificity es: 0.9545454545454546

```

Se puede decir de la matriz de confusión que un total de 139 pedidos de los 150 con los que realizo la prueba se realizaron de manera correcto dando que 126 se predijeron que si cumplieran con el pedido y verdaderamente se cumplio y 13 que no cumplieran con el pedido y realmente no se cumplio, teniendo 6 pedidos que indicaron que no cumplieran sin embargo al momento de hacer la contrastación se verifico que si cumplieran y por ultimo se tiene que 5 pedidos se predijeron que que si cumplieran con el pedido y realmente no cumplieron con el como se puede verificar en los datos de la figura 31.

Figura 31

Matriz de confusión

```

matriz_confusion= confusion_matrix(Y_test, y_predict)
print(matriz_confusion)

```

```

[[ 13  6]
 [  5 126]]

```

4.2.4.1 Construcción de Modelo.

➤ Indicador 1:

Tiempo para asignación del pedido

Figura 32

Tiempo de asignación del pedido

Predicción de Operarios

Salir

Nombres:

Experiencia:

Cantidad de Pedido:

Dificultad del Pedido:

Plazo del Pedido:

PREDECIR

Edición de Datos

El pedido ha sido registrado

Aceptar

Multi Timer

00:00:02

Timer 1 Identifier Message

Resume on Startup

RESUME **STOP**

Count Up Count Down Sound

Cancelar

Trabaja con el pedido

Acabado	Motivación	Compromiso	Estado
6	5	6	0
7	6	7	0
7	7	6	0
8	8	8	0
6	6	6	0

➤ Indicador 2:

Tiempo para realizar la predicción.

Figura 33*Tiempo para realizar la predicción*

Predicción de Operarios

Salir

Nombres:

Predicción de Operarios

Cantidad de Pedido: 18

Dificultad del Pedido: 7

Plazo del Pedido: 5

PREDECIR **Asignar Pedido**

El operario Edilberto Jimenez Alvarez SI CUMPLE con el pedido

ID	Nombres	Experiencia	Destreza	Velocidad	Acabado	Motivación	Compromiso	Estado
1	Julian Pajuelo Loza	6	6	6	6	5	6	0
2	Luis Alberto Linares Perez	7	6	6	7	6	7	0
3	Edilberto Jimenez Alvarez	8	6	6	7	7	6	0
12	Fernando Ochoa Quispe	8	8	8	8	8	8	0
14	Richard Condori Paredes	6	6	6	6	6	6	0

Multi Timer

All Timer 1 Timer 2 Timer 3 Timer 4 Timer 5

00:00:07

Timer 1 Identifier Message

Resume on Startup

RESUME STOP

Count Up Count Down Sound

4.2.5 Fase 5 – Evaluación

Del modelo seleccionado se han obtenido métricas de calificación de confiabilidad de la red neuronal, dándonos como se indicó anteriormente un accuracy de 93%, siendo este un indicador lo suficientemente alto para poder indicar que dicho modelo puede ser fiable. Pero de igual manera es recomendable hacer un seguimiento de ser posible por un grupo de expertos los cuales den la validez de dicha confiabilidad, siempre y cuando se pudiera contar con esta opción.

4.2.6 Fase 6 - Implantación

4.2.6.1 Plan de implantación.

Dado que se cuenta con la información que brindó la empresa Litex el proceso de implantación se realizara siguiendo los pasos realizados en el presente proyecto, dado que, si se generan nuevos datos, estos pueden alimentar de manera progresiva a la red neuronal.

Ahora bien, para que esto suceda la empresa debe de empezar a usar de manera continua la solución brindada y de forma más importante debe de empezar a usar la base de datos, para que todo quede registrado de manera correcta.

4.2.6.2 Plan de monitoreo y mantención.

Lo importante de manejar una solución informática es que toda la información que se agregue va a quedar registrada en la base de datos, sin embargo siempre existe un riesgo que estos datos puedan ser manipulados de manera incorrecta, pudiendo generar que la solución informática trabaje de forma no correcta y pueda generar inconvenientes a la empresa Litex, todos los datos generados pueden ser agregados y usados como insumos para la red neuronal, se recomendará que los datos sean agregados en un periodo de 3 meses, dado que en este tiempo se puede llegar a cubrir el 50 % de la data inicial.

Para el mantenimiento de los datos:

- Se extrae de la base de datos la información requerida y es convertida a forma CSV para que pueda ser leída por el modelo.
- Una vez realizado este paso, se debe realizar los pasos indicados en el presente modelo.
- Se debe de verificar si el incremento de los datos tiene un impacto ya sea positivo o negativo en el modelo y por ende en la solución propuesta, se debe de interpretar los resultados y evaluar su uso o su mejora.

4.2.6.3 Informe Final.

En el presente proyecto de tesis se ha desarrollado la metodología CRIPS-DM, esta metodología ha permitido que se realice el análisis de la información lo cual ha llevado a que se pueda realizar la predicción de la producción de los operarios de la empresa Litex.

Se cumplieron con los objetivos que se relacionan directamente con el desarrollo de la solución.

Las primeras etapas de esta metodología son las que mayor cantidad de recursos han copado, dado que se ha tenido que analizar y verificar la información que no genera un mayor aporte a la investigación. Una vez obtenida una lectura de los datos, se procedió con el modelado de la red neuronal correspondiente a la MPL (Perceptron Multicapa), todo el análisis de la información como el desarrollo de esta se dio en el lenguaje de programación Python, por la gran cantidad de librerías orientadas al desarrollo de Machine Learning

CAPÍTULO V
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN
DE DATOS

5.1 Resultados descriptivos

Los KPIs de pre-prueba y post-prueba se presentan a continuación.

Tabla 18

Resultados obtenidos de los KPIs pre y post prueba

<i>Resultados obtenidos de la pre-prueba y post-prueba KPI1, KPI2, KPI3</i>						
N.º	KPI 1: Tiempo de asignación de pedido (seg.)		KPI 2: Tiempo de predicción de pedido (seg.)		KPI 3: Satisfacción del Cliente	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
1	11.00	1.72	38.00	0.54	Poco satisfecho	Muy satisfecho
2	11.00	1.43	29.00	1.25	Poco satisfecho	Satisfecho
3	10.00	1.05	29.00	0.6	Satisfecho	Satisfecho
4	17.00	0.97	42.00	0.91	Poco satisfecho	Satisfecho
5	11.00	1.77	40.00	1.47	Satisfecho	Muy satisfecho
6	10.00	1.53	29.00	1.38	Poco satisfecho	Satisfecho
7	18.00	1.78	32.00	0.81	Poco satisfecho	Muy satisfecho
8	16.00	1.06	27.00	0.90	Poco satisfecho	Satisfecho
9	13.00	0.90	26.00	0.63	Poco satisfecho	Satisfecho
10	11.00	0.94	38.00	1.15	Satisfecho	Satisfecho
11	17.00	1.94	41.00	0.59	Poco satisfecho	Satisfecho
12	15.00	1.05	39.00	0.59	Satisfecho	Muy satisfecho
13	12.00	1.04	30.00	0.85	Poco satisfecho	Satisfecho
14	18.00	1.24	39.00	1.15	Poco satisfecho	Satisfecho
15	18.00	0.98	34.00	1.28	Poco satisfecho	Muy satisfecho
16	17.00	1.26	27.00	0.97	Poco satisfecho	Satisfecho
17	14.00	1.15	25.00	0.92	Satisfecho	Muy satisfecho
18	10.00	0.91	34.00	1.25	Poco satisfecho	Satisfecho
19	18.00	0.89	42.00	1.43	Poco satisfecho	Satisfecho
20	13.00	1.68	27.00	1.23	Satisfecho	Satisfecho
21	13.00	1.52	43.00	0.53	Poco satisfecho	Muy satisfecho
22	16.00	0.91	44.00	1.49	Poco satisfecho	Satisfecho
23	12.00	1.14	35.00	0.56	Satisfecho	Satisfecho
24	17.00	1.58	38.00	0.61	Satisfecho	Muy satisfecho
25	12.00	1.68	41.00	0.76	Poco satisfecho	Satisfecho
26	13.00	1.93	40.00	0.88	Poco satisfecho	Satisfecho
27	15.00	1.72	45.00	1.35	Poco satisfecho	Muy satisfecho
28	16.00	1.05	32.00	0.51	Poco satisfecho	Satisfecho
29	18.00	1.79	43.00	1.24	Satisfecho	Muy satisfecho
30	17.00	0.96	30.00	0.87	Poco satisfecho	Muy satisfecho

Estadística Descriptiva

Estadística descriptiva del KPI 1.

Figura 34

Estadística descriptiva pre - prueba del KPI 1

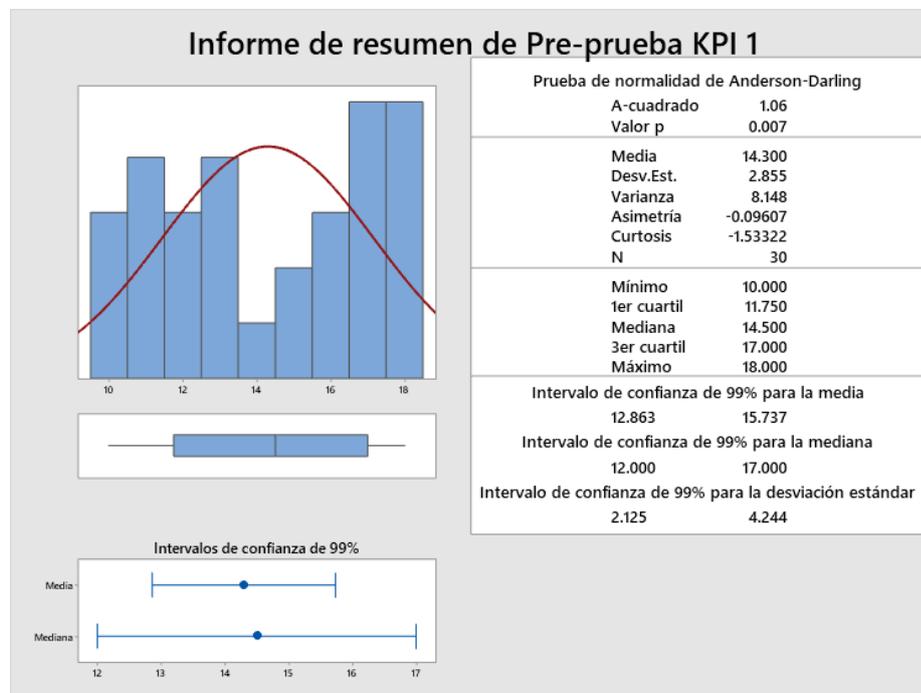
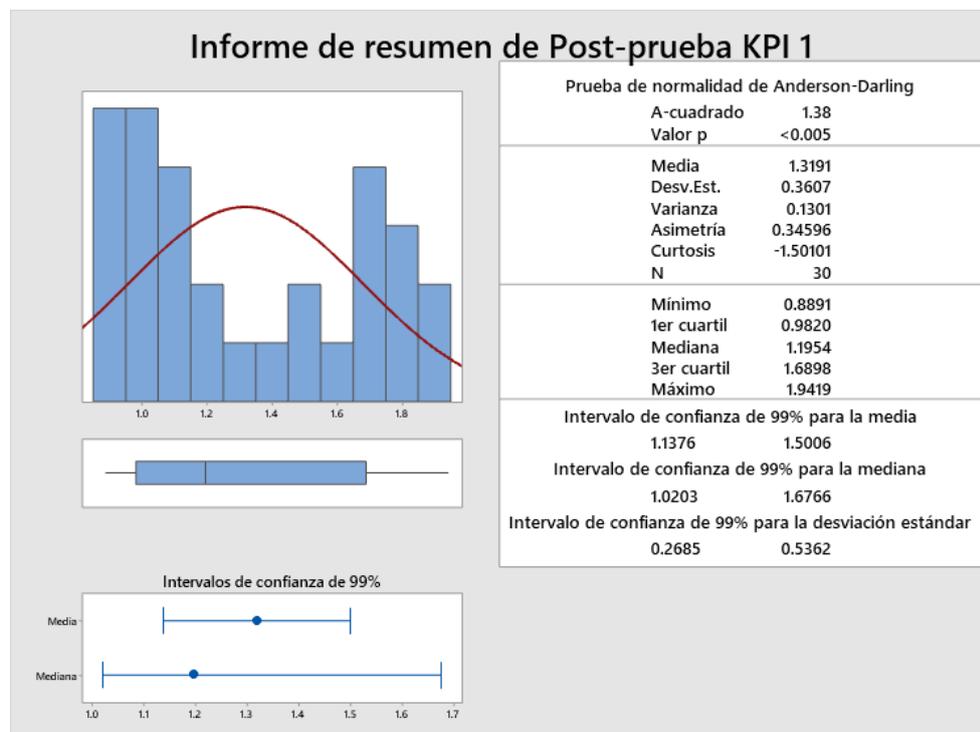


Figura 35

Estadística descriptiva post - prueba del KPI 1



De las estadísticas del KPI1 que corresponde al tiempo de asignación del pedido, se puede observar que en la Pre-prueba se tiene un valor para la media de 14.3 segundos, mientras que la Post-prueba se tiene un valor para la media de 1.31 segundos, resultados que indican que existe una reducción en el tiempo de asignación del pedido con la solución del presente proyecto.

Observando la varianza, se puede observar que la dispersión de los datos con respecto al tiempo de asignación del pedido, en la Pre-prueba con un valor de 8.148, y en la Post-prueba con un valor de 0.1301, lo que indica que existe un impacto muy favorable debido a que disminuye el tiempo de asignación de pedidos.

Los cuartiles Q1 y Q3 en la Pre-prueba indican que el 25 % de los datos es menor o igual a: 11.75 segundos y el 75% de los datos es menor o igual a: 17 segundos

Y se tiene un tiempo mínimo de 10 segundos y un máximo de 18 segundos

Los cuartiles Q1 y Q3 en la Post-prueba indican que el 25 % de los datos es menor o igual a: 0.98 segundos y el 75% de los datos es menor o igual a: 1.68 segundos

Y se tiene un tiempo mínimo de 0.88 y un máximo de 1.94 segundos

Estadística descriptiva del KPI 2.

Figura 36

Estadística descriptiva pre - prueba del KPI 2

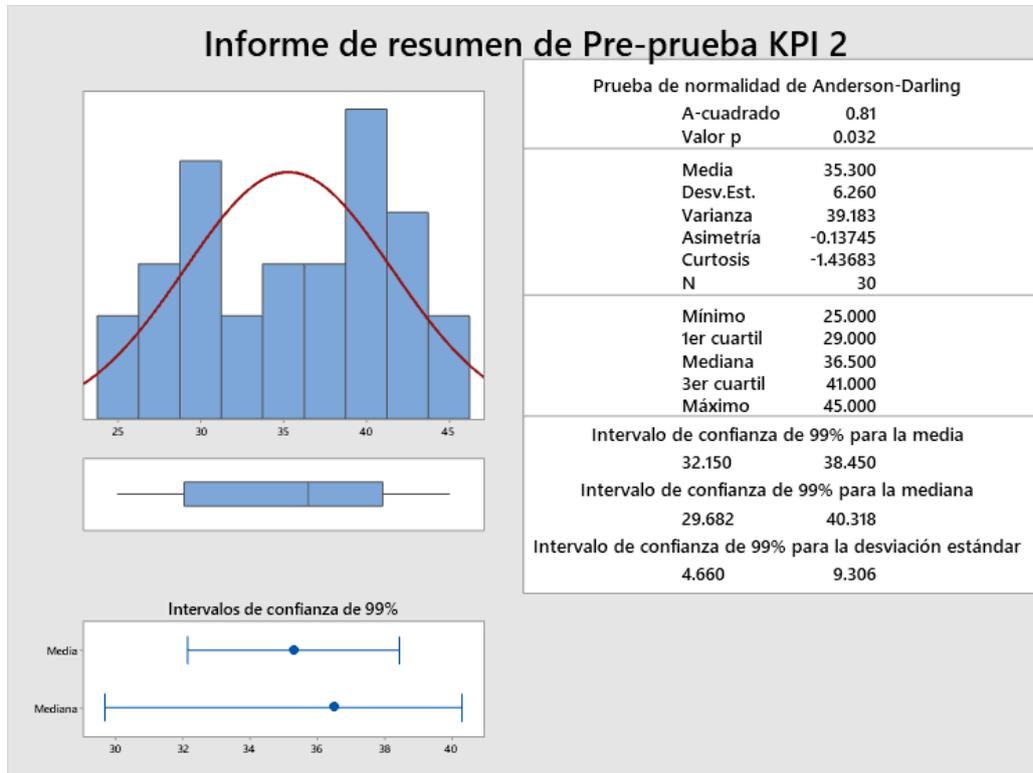
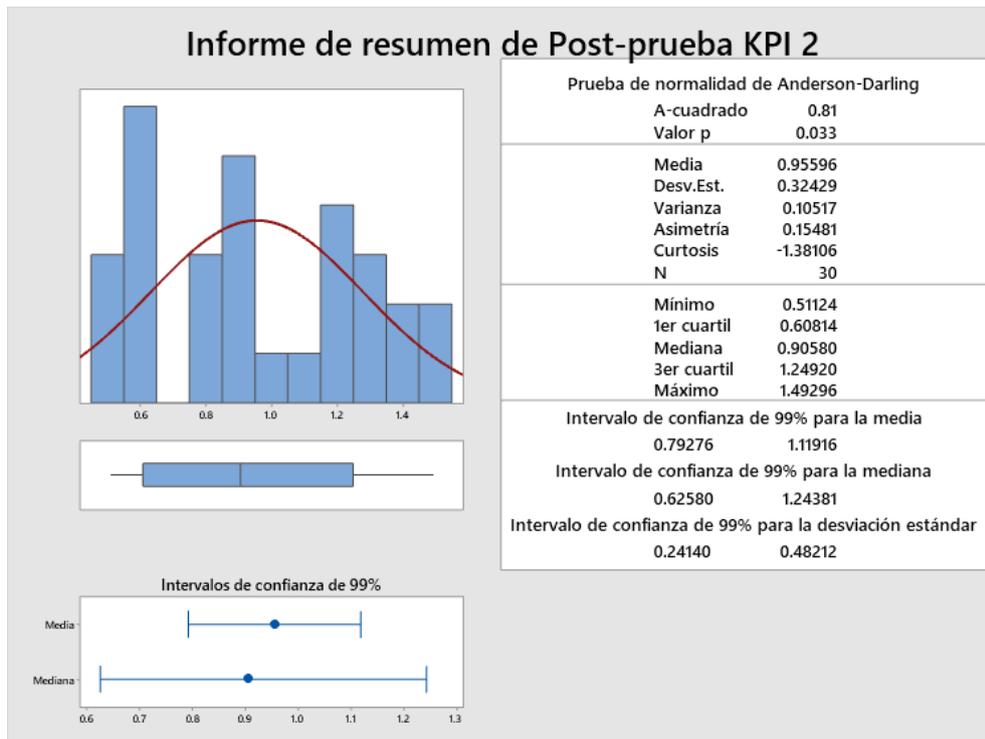


Figura 37

Estadística descriptiva post - prueba del KPI 2



De las estadísticas del KPI2 que corresponde al tiempo de predicción del pedido, se puede observar que en la Pre-prueba se tiene un valor para la media de 35.3 segundos, mientras que la Post-prueba se tiene un valor para la media de 0.95 segundos, resultados que indican que existe una reducción en el tiempo de predicción del pedido con la solución del presente proyecto.

Observando la varianza, se puede verificar que la dispersión de los datos con respecto al tiempo de predicción del pedido, en la Pre-prueba con un valor de 39.183, y en la Post-prueba con un valor de 0.1051, lo que indica que existe un impacto muy favorable debido a que disminuye el tiempo de predicción de pedidos.

Los cuartiles Q1 y Q3 en la Pre-prueba indican que el 25 % de los datos es menor o igual a: 29 segundos y el 75% de los datos es menor o igual a: 41 segundos

Y se tiene un tiempo mínimo de 25 segundos y un máximo de 41 segundos

Los cuartiles Q1 y Q3 en la Post-prueba indican que el 25 % de los datos es menor o igual a: 0.68 segundos y el 75% de los datos es menor o igual a: 1.24 segundos. Y se tiene un tiempo mínimo de 0.51 y un máximo de 1.49 segundos

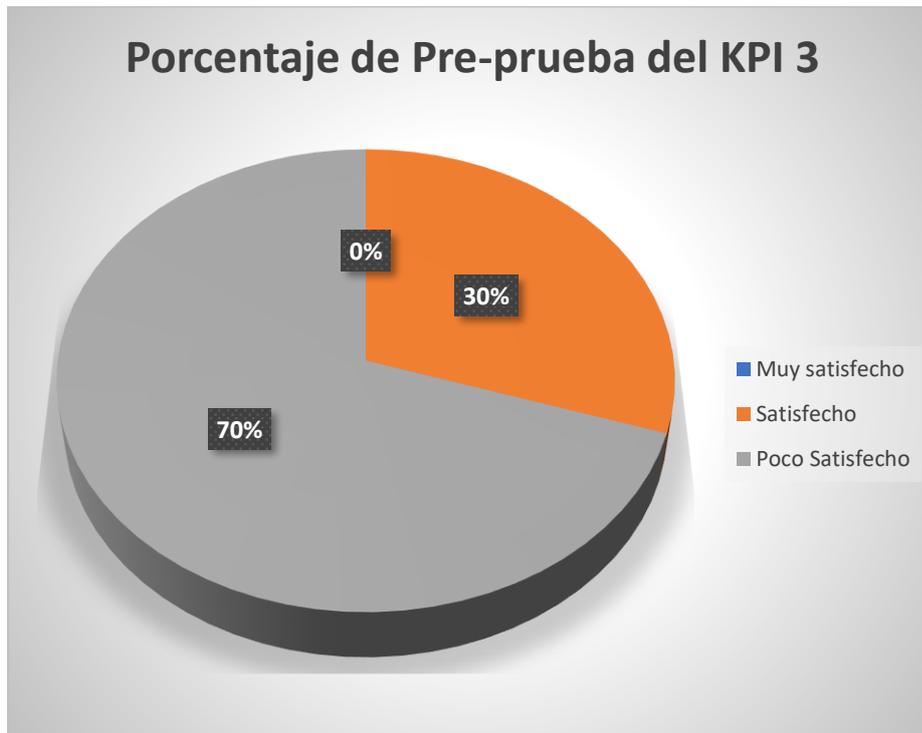
Estadística descriptiva del KPI 3.

En el KPI 3 se evaluará los datos sobre la satisfacción del cliente.

Tabla 19

Valores pre - prueba KPI 3

<i>Valores de estado y de frecuencia</i>	
<i>Pre-Prueba</i>	
<i>Estado</i>	<i>Frecuencia</i>
Muy satisfecho	0
Satisfecho	9
Poco Satisfecho	21

Figura 38*Porcentaje de pre – prueba del KPI 3*

De donde se puede observar que la satisfacción del cliente en la Pre-prueba:

El 33% de los pedidos entregados son considerados por los clientes como Poco satisfecho

El 67% de los pedidos entregados son considerados por los clientes como Satisfecho.

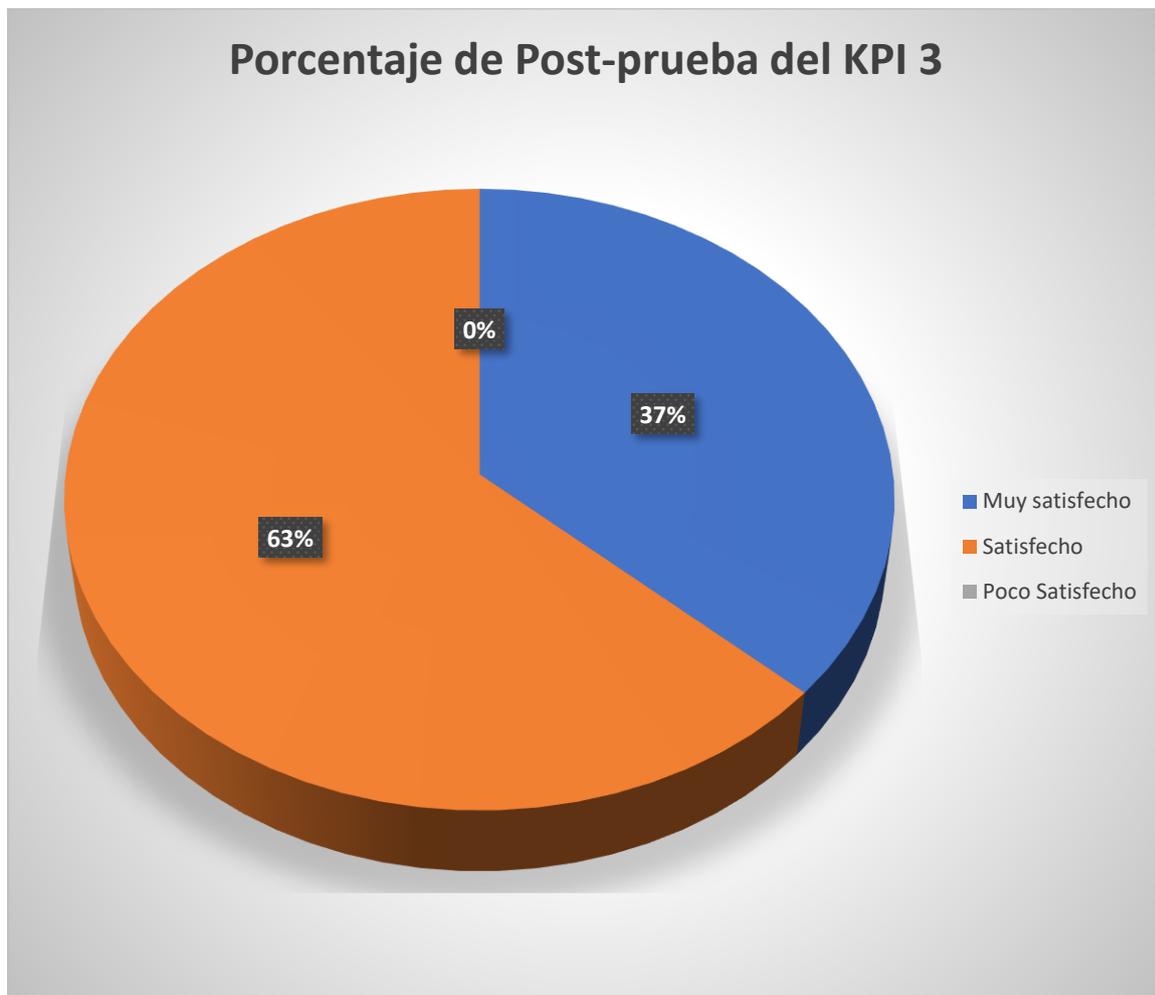
Ahora bien, en la Post Prueba:

Tabla 20*Valores post - prueba KPI 3*

<i>Valores de estado y de frecuencia</i>	
<i>Post-Prueba</i>	
Estado	Frecuencia
Muy satisfecho	11
Satisfecho	19
Poco Satisfecho	0

Figura 39

Porcentaje de post – prueba del KPI 3



De donde se puede observar que la satisfacción del cliente en la Post-prueba:
El 37% de los pedidos entregados son considerados por los clientes como Muy Satisfecho.

El 63% de los pedidos entregados son considerados por los clientes como satisfecho.

5.2 Contratación de Hipótesis

A continuación, se muestra las medias de los KPI 1, KPI 2, KPI 3

Tabla 21*Medias de los KPI 1, KPI 2 y KPI 3*

<i>Recurso de indicadores</i>			
Indicador	Pre-prueba	Post-prueba	Comentario
Tiempo de Asignación de Pedido	14.3 seg.	1.31 seg.	
Tiempo de Predicción de Pedido	35.3 seg.	0.95 seg.	
Satisfacción del Cliente	Poco Satisfecho	Muy Satisfecho	Indicador Cualitativo (no contrastado)

Contrastación del KPI 1: Tiempo de asignación de Pedido.

Se realiza la validación del impacto que tiene el empleo de la solución propuesta en el tiempo de asignación de pedidos a los operarios. Como se ha demostrado se tiene una medición antes de utilizar la solución propuesta (pre-prueba) y una posterior ya utilizando la solución (Post-prueba). A continuación, se muestra los valores para ambas pruebas.

Tabla 22*Valores pre - prueba KPI 1*

<i>Valores de Pre-prueba KPI1</i>									
11.00	11.00	10.00	17.00	11.00	10.00	18.00	16.00	13.00	11.00
17.00	15.00	12.00	18.00	18.00	17.00	14.00	10.00	18.00	13.00
13.00	16.00	12.00	17.00	12.00	13.00	15.00	16.00	18.00	17.00

Tabla 23*Valores post - prueba KPI 1*

<i>Valores de Post-prueba KPI 1</i>									
1.72	1.43	1.05	0.97	1.77	1.53	1.78	1.06	0.90	0.94
1.94	1.05	1.04	1.24	0.98	1.26	1.15	0.91	0.89	1.68
1.52	0.91	1.14	1.58	1.68	1.93	1.72	1.05	1.79	0.96

Hipótesis alternativa (Ha):

La implementación de una red neuronal para la mejora de la predicción de producción de los operarios mejorara el tiempo de asignación de pedidos.

Hipótesis nula (Ho):

La implementación de una red neuronal para la mejora de la predicción de producción de los operarios no mejorara el tiempo de asignación de pedidos.

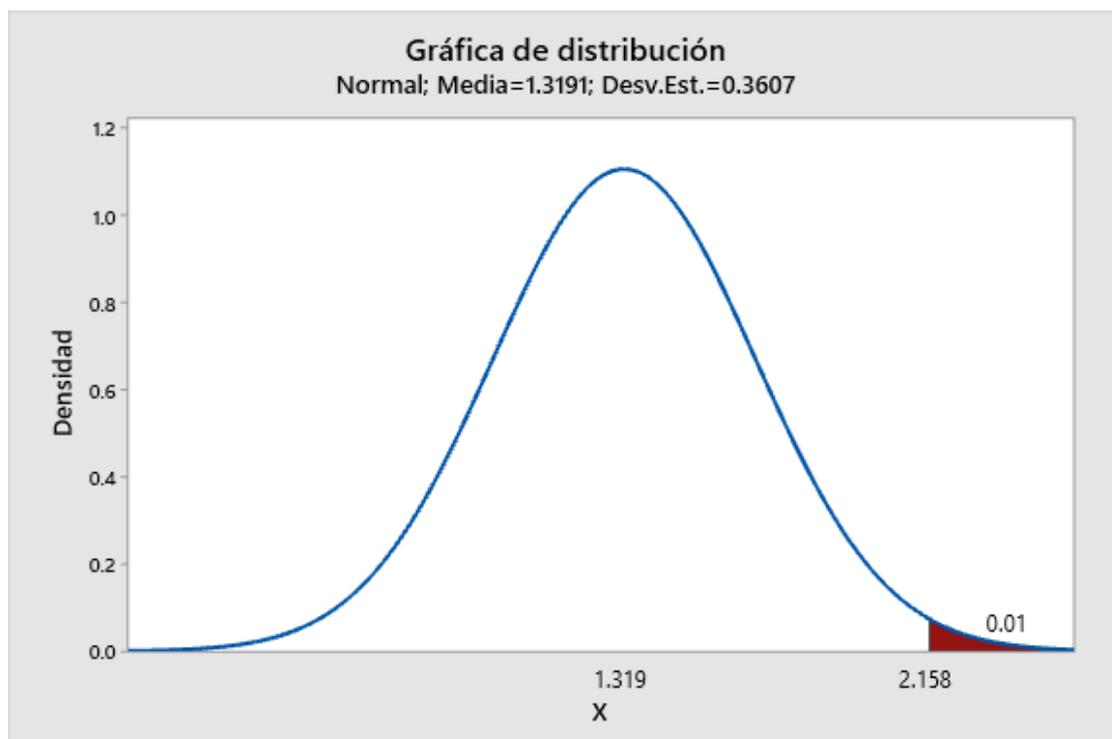
a) Planteamiento de la hipótesis.

μ_1 = Corresponde a la media del tiempo de asignación de pedidos en la pre-prueba

μ_2 = Corresponde a la media del tiempo de asignación de pedidos en la post-prueba

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

b) Criterios de Decisión.**Figura 40****Gráfica de distribución del KPI 1**

c) Cálculo.

Para realizar la verificación de la hipótesis se usó la técnica de Mann-Whitney debido a que son datos independientes no paramétricos.

Figura 41

Resultados prueba Mann – Whitney KPI 1

Mann-Whitney: Pre-prueba KPI 1; Post-prueba KPI 1

Método

η_1 : mediana de Pre-prueba KPI 1
 η_2 : mediana de Post-prueba KPI 1
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Pre-prueba KPI 1	30	14.5000
Post-prueba KPI 1	30	1.1954

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
13.0804	(10.9630; 15.2321)	99.01%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1365.00	0.000
Ajustado para empates	1365.00	0.000

d) Decisión estadística.

Dado que el Valor $p = 0.000$ es menor a $\alpha=0.01$, se puede indicar que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alterna (H_a). La prueba tiene un nivel de confianza de 99%

Contrastación del KPI 2: Tiempo de predicción de Pedido.

Se realiza la validación del impacto que tiene el empleo de la red neuronal propuesta en el tiempo de predicción de pedidos a los operarios. Como se ha

demostrado se tiene una medición antes de utilizar la solución propuesta (pre-prueba) y una posterior ya utilizando la solución (Post-prueba). A continuación, se muestra los valores para ambas pruebas.

Tabla 24

Valores pre - prueba KPI 2

<i>Valores de Pre-prueba</i>									
<i>KPI 2</i>									
38.00	29.00	29.00	42.00	40.00	29.00	32.00	27.00	26.00	38.00
41.00	39.00	30.00	39.00	34.00	27.00	25.00	34.00	42.00	27.00
43.00	44.00	35.00	38.00	41.00	40.00	45.00	32.00	43.00	30.00

Tabla 25

Valores post - prueba KPI 2

<i>Valores de Post-prueba</i>									
<i>KPI 2</i>									
0.54	1.25	0.6	0.91	1.47	1.38	0.81	0.90	0.63	1.15
0.59	0.59	0.85	1.15	1.28	0.97	0.92	1.25	1.43	1.23
0.53	1.49	0.56	0.61	0.76	0.88	1.35	0.51	1.24	0.87

Hipótesis alternativa (Ha):

La implementación de una red neuronal para la mejora de la predicción de producción de los operarios mejorara el tiempo de predicción de pedidos.

Hipótesis nula (Ho):

La implementación de una red neuronal para la mejora de la predicción de producción de los operarios no mejorara el tiempo de predicción de pedidos.

a) Planteamiento de la hipótesis.

μ_1 = Corresponde a la media del tiempo de predicción de pedidos en la pre-prueba

μ_2 = Corresponde a la media del tiempo de predicción de pedidos en la post-prueba

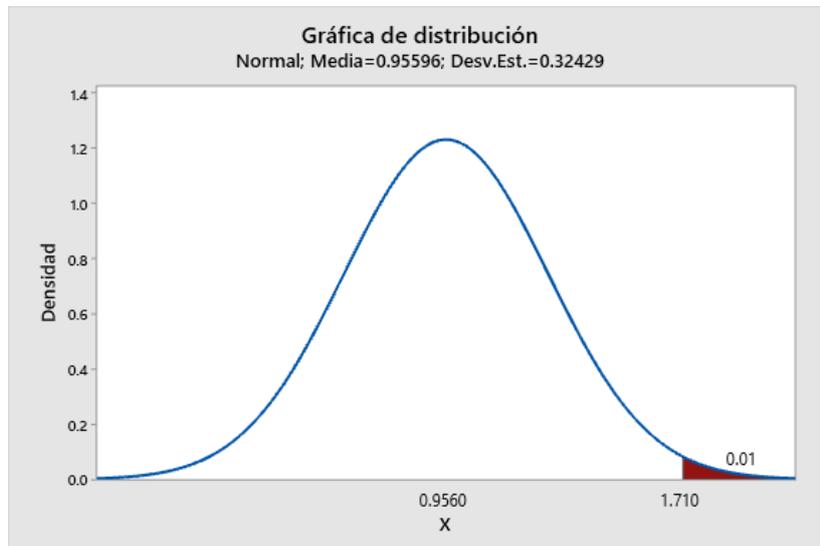
$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

b) Criterios de Decisión.

Figura 42

Gráfica de distribución KPI 2



c) Calculo.

Para realizar la verificación de la hipótesis se usó la técnica de Mann-Whitney debido a que son datos independientes no paramétricos.

Figura 43

Resultados prueba Mann – Whitney KPI 2

Mann-Whitney: Pre-prueba KPI 2; Post-prueba KPI 2

Método

η_1 : mediana de Pre-prueba KPI 2
 η_2 : mediana de Post-prueba KPI 2
 Diferencia: $\eta_1 - \eta_2$

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Pre-prueba KPI 2	30	36.5000
Post-prueba KPI 2	30	0.9058

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC para la diferencia	Confianza lograda
35.4979	(29.1336; 39.0289)	99.01%

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$
 Hipótesis alterna $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

Método	Valor W	Valor p
No ajustado para empates	1365.00	0.000
Ajustado para empates	1365.00	0.000

d) Decisión estadística.

Dado que el Valor $p = 0.000$ es menor a $\alpha=0.01$, se puede indicar que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula (H_0), y aceptar la hipótesis alterna (H_a). La prueba tiene un nivel de confianza de 99%

CAPÍTULO VI
DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6.1 Discusiones

Como indica Marcial y Méndez, (2022) en su investigación sobre optimización de procesos en medianas empresas del sector textil es fundamental que las empresas del rubro textil apliquen herramientas tecnológicas para la solución de sus problemas y en el caso de la presente investigación al aplicar redes neuronales para poder realizar la predicción de la producción de los operadores dentro de la empresa textil Litex, se confirma esta afirmación dado que la aplicación de esta solución ayuda a cumplir con uno de los objetivos del negocio el cual es fidelizar a los clientes, y esto se logra cumpliendo con los pedidos en el tiempo estimado, punto con el cual la predicción que se realiza con el modelo propuesto cumple de manera óptima.

Yépez-Moreira et al., (2019) en su artículo sobre instrumentos de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección, hablan sobre la revolución industrial 4.0, que básicamente es agregar tecnología a todos los procesos de producción de la empresa, en el caso de la presente investigación se aporta un paso para realización de esto tipo de mejora de proceso, aplicando la tecnología que actualmente está en desarrollo de manera agigantada, y colaborando con la mejora del proceso de asignación de pedidos. Nuevamente este aporte a la par que hace que la empresa este implementando tecnología en el proceso de asignación de pedidos está generando una posible ventaja competitiva con respecto a la competencia dado que es probable que la competencia no cuente con este tipo de tecnología.

Reyes et al. (2019) en su investigación para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales, da un enfoque de los resultados óptimos que se obtienen al utilizar la red neuronal perceptrón multicapa, como en la presente investigación donde se obtiene una precisión del 93 % según las métricas que el

modelo utilizado da, lo cual indica que el modelo es fiable al momento de predecir si un operador va a poder cumplir con el pedido asignado.

6.2 Conclusiones

- Como primera conclusión se tiene en las figuras 34 y 35, donde se hace la comparación del KPI1 en pre – prueba y post – prueba, se puede verificar que hay una disminución de aproximadamente 14.3 segundos a 1.31 en el tiempo de la asignación de pedidos al operador.
- Como segunda conclusión se tiene en las figuras 36 y 37, donde se hace la comparación del PKI 2 en pre – prueba y post – prueba, se puede verificar que hay una disminución de aproximadamente 35.3 segundos a 0.95 segundos, esto quiere decir que el modelo predice de forma más rápida que el encargado de realizar dicha labor.
- Como tercera conclusión se tiene las figuras 34 donde se observa que no hay clientes muy satisfechos, también se puede ver que hay un 30% de clientes satisfechos y un 70 % de clientes poco satisfechos, esto se puede dar debido a un retraso en la entrega del pedido, y a su vez esto se puede dar debido a una mala predicción por parte del encargado. Ahora bien, en el grafico 35 se puede observar que existe una mejora en la satisfacción de los clientes teniendo un 37% de clientes muy satisfechos y un 63 % de clientes satisfechos, lo que indica que hubo una reducción considerable en pedidos retrasados, y haciendo el contraste con el pre – prueba podemos decir que la predicción fue más precisa con el modelo desarrollado.

6.3 Recomendaciones

- Se recomienda implementar de manera permanente el modelo desarrollado para la predicción de producción de los operarios.
- Se recomienda para una posible futura investigación poder realizar la predicción de la materia prima que se necesitaría a lo largo de un año de producción, en este caso se debe de tener en cuenta que la data que se requiere debe de ser mayor a la evaluada en la presente investigación.
- Se recomienda que se capacite a la persona encargada de realizar la etapa de asignación de pedidos, para que se pueda realizar la predicción de manera correcta.

REFERENCIAS

- Alaçam, S., Karadag, I., Güzelci, O. Z., Alaçam, S., Karadag, I. & Güzelci, O. Z. (2022). Transferencia recíproca de información y estilo entre los mapas históricos de Estambul de Pervititch y las vistas satelitales mediante el aprendizaje automático. *Estoa. Revista de La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 11(22), 97–113. <https://doi.org/10.18537/EST.V011.N022.A06>
- Alcineide, P., Gean, S., Luiz, M. F. M., Felipe, C. A. & Débora, G. S. (2021). Cost Forecasting of Public Construction Projects Using Multilayer Perceptron Artificial Neural Networks: A Case Study. *Ingeniería e Investigación*, 41(3). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v41n3.87737>
- Berzal, F. (2018). *Redes neuronales & Deep learning*. Edición independiente.
- Bobadilla, J. (2020). *Machine Learning y Deep Learning: Usando Python, Scikit y Keras*. RA-MA Editorial. <https://elibro.net/es/lc/biblioua/titulos/222698>
- Bosch Rué, A., Casas Roma, J., & Lozano Bagén, T. (2019). Deep learning: principios y fundamentos. *Deep Learning. Principios y Fundamentos*, UOC. <https://doi.org/10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS>
- Campo, E. A., Cano, J. A., Gómez-Montoya, R. A., Campo, E. A., Cano, J. A., & Gómez-Montoya, R. A. (2020). Optimización de costos de producción agregada en empresas del sector textil. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(3), 461–475. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000300461>
- Carvajal Cuello, K., Ossa Barraza, M., & Cataldo Cataldo, A. (2018). Factores organizacionales y de entorno que predicen el uso de TIC en empresas chilenas: Una aplicación de redes neuronales. *Ingeniare. Revista Chilena de*

Ingeniería, 26, 296–306. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000200296>.

de La Hoz, E. & Polo, L. L. (2017). Aplicación de Técnicas de Análisis de Conglomerados y Redes Neuronales Artificiales en la Evaluación del Potencial Exportador de una Empresa. *Información Tecnológica*, 28(4), 67–74. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400009>

de Lucio Fernández, J. J. (2021). *Estimación adelantada del crecimiento regional mediante redes neuronales LSTM*, 1(49), 45-64, <https://doi.org/https://doi.org/10.38191/iirr-jorr.21.007>

García-Chicangana, D. S., Cobos-Lozada, C. A., Mendoza-Becerra, M. E., Niño-Zambrano, M. Á., Martínez-Figueroa, J. M., Cobos-Lozada, C. A., Mendoza-Becerra, M. E., Niño-Zambrano, M. Á. & Martínez-Figueroa, J. M. (2022). Servicio de clasificación documental multi cliente basado en técnicas de aprendizaje de máquina y Elasticsearch. *Revista Científica*, 43(43), 64–79. <https://doi.org/10.14483/23448350.18352>

Gironés, J., Casas, J., Minguillón, J. & Caihuelas, R. (2017). Minería de datos: modelos y algoritmos. *Editorial UOC*, 1, 1–271. <https://doi.org/10.0/CSS/ALL.MIN.D74D1A5D029B.CSS>

Kulkarni, A., Chong, D. & Batarseh, F. A. (2021). Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. *Data Democracy: At the Nexus of Artificial Intelligence, Software Development, and Knowledge Engineering*, 83–106. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2108.00071>

Larios-Francia, R. P. (2017). Estado actual de las MiPymes del sector textil de la confección en Lima. *Ingeniería Industrial*, 35, 113-137. <https://doaj.org/article/1050a736f9914acd9f94b9a62fbc9aec>

- Marcial, P. E. M. & Méndez, M. M. S. (2022). Optimización de procesos de producción en medianas empresas del sector textil. *RECIAMUC*, 6(1), 226–234. [https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/6.\(1\).ENERO.2022.226-234](https://doi.org/10.26820/RECIAMUC/6.(1).ENERO.2022.226-234)
- Reyes Gonzalez, Y. (2017). *Modelo basado en casos utilizando algoritmos conceptuales del reconocimiento lógico combinatorio de patrones* [Tesis doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas] <https://elibro.net/es/lc/biblioua/titulos/91292>
- Reyes, N. S., Morales, J. B., Moya, J. G., Teran, C. E., Rodriguez, D. N. & Altamirano, G. C. (2019). Modelo para predecir el rendimiento académico basado en redes neuronales y analítica de aprendizaje. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 17, 258–266. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/modelo-para-predecir-el-rendimiento-academico/docview/2195126580/se-2>
- Reynaldo Sucari Leon, Aroquipa Durán Yolanda, Quispe Yapó Edgardo, Sucari Leon Anibal, Quina Quina Luz Delia, & Huanca Torres Fredy Abel. (2020). Visión artificial en reconocimiento de patrones para clasificación de frutas en agronegocios. *Puriq*, 2(2), 109–118. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.2.76>
- Sandoval Ramos, S. J., Armijos Romero, D. A. & González Caraguay, K. G. (2018). La comunicación del talento humano en la productividad empresarial. *INNOVA Research Journal*, 3(81), 167–175. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V3.N8.1.2018.760>
- Sharma, D. K., Chatterjee, M., Kaur, G., & Vavilala, S. (2022). Deep learning applications for disease diagnosis. *Deep Learning for Medical Applications with Unique Data*, 31–51. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824145-5.00005-8>

Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Marge Books.
<https://elibro.net/es/lc/biblioua/titulos/117567>

Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., Betalleluz-Pallardel, I., La, A., Molina, M. A. la, Molina, L., & Perú, L. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*, 13(1), 79–96.
<https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2022.008>

Yépez-Moreira, R. I., Muyulema-Allaica, J. C., Ormaza-Morejón, F. M. & Sánchez-Macías, R. A. (2019). Instrumento de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección. *RIIT. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 7, 1–24.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-97532019000400001&script=sci_abstract

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

<i>PROBLEMA</i>	<i>OBJETIVO</i>	<i>HIPÓTESIS</i>	<i>VARIABLE</i>	<i>METODOLOGIA</i>
Problema general:	Objetivo general:	Hipótesis general	Variable independiente	Tipo de investigación:
¿En qué medida la implementación de una red neuronal mejora el proceso de predicción de la producción de los operarios de la empresa textil Litex Industrias E.I.R.L.?	Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal mejorara el proceso de predicción de la producción de los operarios de La empresa Textil Litex industrias E.I.R.L	Si se implementa una red neuronal se mejorará el proceso de predicción de la producción de los operarios de la empresa Litex Industrias E.I.R.L	Red Neuronal	Aplicada
Problemas específicos:	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variable dependiente	Nivel de investigación
¿En qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de asignación de pedidos a los operarios?	Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de asignación de los pedidos a los operarios.	Si se implementa una red neuronal de predicción de producción de los operarios, se reducirá el tiempo de asignación del pedido	Predicción de producción de los operarios	Explicativa
¿En qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de predicción de los pedidos a los operarios?	Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, reducirá el tiempo de la predicción del pedido del operario.	Si se implementa una red neuronal de predicción de producción de los operarios, se reducirá el tiempo de la predicción del pedido.		Técnicas e instrumentos
¿En qué medida la implementación de una red neuronal, mejorara la satisfacción de los clientes?	Determinar en qué medida la implementación de una red neuronal, mejorara la satisfacción de los clientes	Si se implementa una red neuronal de predicción de la producción de los operarios, se mejora la satisfacción de los clientes		Encuesta, cuestionario

Anexos 2: Matriz de operacionalidad

<i>Variable</i>	<i>Definición Conceptual</i>	<i>Definición Operacional</i>	<i>Dimensión</i>	<i>Indicador</i>	<i>Índice</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Técnica</i>
Predicción de la producción de los operarios	Según la RAE es una descripción del tiempo como actos sucesivos en que se divide la ejecución del algo; como ciertos ejercicios militares, composiciones musicales, etc.	Se medirá el tiempo que se toma para realizar la asignación y la predicción del pedido.	Tiempo	Tiempo de asignación del pedido	10 a 20	Segundos	Observación directa
				Tiempo de predicción del pedido	25 a 45	Segundos	Observación directa
	Según la RAE es la razón, acción o modo con que se sosiega y responde enteramente a una queja, sentimiento o razón contraria	Se medirá el nivel de satisfacción que tienen los clientes con respecto al tiempo de entrega de sus pedidos.	Satisfacción	Satisfacción del cliente	Poco satisfecho, Satisfecho, Muy satisfecho	Encuesta	Encuesta

Anexo 3: Ficha de registro

N.º	Tiempo de asignación de pedido (seg.)		Tiempo de predicción de pedido (seg.)	
	Pre	Post	Pre	Post
1	11.00	1.72	38.00	0.54
2	11.00	1.43	29.00	1.25
3	10.00	1.05	29.00	0.6
4	17.00	0.97	42.00	0.91
5	11.00	1.77	40.00	1.47
6	10.00	1.53	29.00	1.38
7	18.00	1.78	32.00	0.81
8	16.00	1.06	27.00	0.90
9	13.00	0.90	26.00	0.63
10	11.00	0.94	38.00	1.15
11	17.00	1.94	41.00	0.59
12	15.00	1.05	39.00	0.59
13	12.00	1.04	30.00	0.85
14	18.00	1.24	39.00	1.15
15	18.00	0.98	34.00	1.28
16	17.00	1.26	27.00	0.97
17	14.00	1.15	25.00	0.92
18	10.00	0.91	34.00	1.25
19	18.00	0.89	42.00	1.43
20	13.00	1.68	27.00	1.23
21	13.00	1.52	43.00	0.53
22	16.00	0.91	44.00	1.49
23	12.00	1.14	35.00	0.56
24	17.00	1.58	38.00	0.61
25	12.00	1.68	41.00	0.76
26	13.00	1.93	40.00	0.88
27	15.00	1.72	45.00	1.35
28	16.00	1.05	32.00	0.51
29	18.00	1.79	43.00	1.24
30	17.00	0.96	30.00	0.87

Anexo 4: Cuestionario

La presente encuesta pretende conocer cuál es el grado de satisfacción que Ud. tiene con respecto al tiempo de entrega del pedido que realizo.

Marque con una X en el recuadro que considere su respuesta.

1. ¿Es la primera vez que realiza un pedido en la tienda?

SI NO

2. ¿Con que regularidad realiza Ud. algún pedido?

Muy frecuente (2 a 3 veces por mes o más) Frecuente (1 vez por mes)
Poco frecuente (1 vez cada 6 meses) No corresponde

3. ¿Como calificaría el tiempo que se tomo el colaborador en tomar el pedido?

Muy Rápida. Rápida.
Normal Lenta

4. Con respecto al pedido que realizo y el plazo para la entrega Ud. considera que:

El pedido se entregó ANTES del tiempo indicado
El pedido se entregó en el tiempo indicado
El pedido NO se entregó en el tiempo indicado

5. En general, cual es grado de satisfacción con la entrega del pedido realizado

Muy satisfecho
Satisfecho
Poco satisfecho

Anexo 5: Carta de autorización

Arequipa 27 de diciembre de 2021

Señores:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ

Presente. -

Por medio de la presente hago constar que se ha otorgado al Sr. Luis Alonso Miranda Aroni, identificado con DNI 42830641, la debida autorización para que pueda desarrollar la investigación de la tesis llamada "IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED NEURONAL PARA LA PREDICCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS OPERARIOS DE LA EMPRESA TEXTIL LITEX".

La toma de la información necesaria para la mencionada investigación se realizará en las instalaciones de la fábrica Litex Industrias E.I.R.L durante los meses de enero a junio del año 2022.

Lo cual hago de su conocimiento para los fines pertinentes

Sin otro en particular, quedo de Ud.

Atentamente


LITEX INDUSTRIAS E.I.R.L.
Hipólita Lovaton Luza
GERENTE
Hipólita Lovaton Luza
RUC 2045879072
Gerente Litex Industrias E.I.R.L

Anexo 6: Validación a través del juicio de expertos 1

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUICIO DE EXPERTO							
Título de la Investigación		Implementación de una red neuronal para la predicción de la producción de los operarios de la empresa textil Litex					
Nombre(s) de el(los) instrumentos		Encuesta, ficha de asignación y predicción de pedido					
Autor(es) del instrumento		Luis Alonso Miranda Aroni					
N°	DIMENSIONES / Indicadores	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³	Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO
DIMENSION 1: TIEMPO							
1	Tiempo de asignación de pedidos	X		X		X	
2	Tiempo de predicción de pedidos	X		X		X	
DIMENSION 2: SATISFACCIÓN							
1	¿Es la primera vez que realiza un pedido en la tienda?	X		X		X	
2	¿Con que regularidad realiza usted algún pedido?	X		X		X	
3	¿Como calificaría el tiempo que se tomo el colaborador en tomar el pedido?	X		X		X	
4	Con respecto al pedido que realizo y el plazo para la entrega Ud. considera que	X		X		X	
5	En general, cual es grado de satisfacción con la entrega del pedido realizado	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay suficiencia) _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable despues de corregir No Aplicable

Apellidos y nombre del juez validador: Viza Calisaya Enzo Arturo DNI 01344763

Especialidad del Validador: Ingeniería de Sistemas 28 de octubre del 2022

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


Firma del experto Informante

Anexo 7: Validación a través del juicio de expertos 2

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUICIO DE EXPERTO	
Título de la Investigación	Implementación de una red neuronal para la predicción de la producción de los operarios de la empresa textil Litex
Nombre(s) de el(los) instrumentos	Encuesta, ficha de asignación y predicción de pedido
Autor(es) del instrumento	Luis Alonso Miranda Aroni

N°	DIMENSIONES / Indicadores	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
DIMENSION 1: TIEMPO								
1	Tiempo de asignación de pedidos	X		X		X		
2	Tiempo de predicción de pedidos	X		X		X		
DIMENSION 2: SATISFACCIÓN								
1	¿Es la primera vez que realiza un pedido en la tienda?	X		X		X		
2	¿Con que regularidad realiza usted algún pedido?	X		X		X		
3	¿Como calificaría el tiempo que se tomo el colaborador en tomar el pedido?	X		X		X		
4	Con respecto al pedido que realizo y el plazo para la entrega Ud. considera que	X		X		X		
5	En general, cual es grado de satisfacción con la entrega del pedido realizado	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia) Es Suficiente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable despues de corregir [] No Aplicable []

Apellidos y nombre del juez validador: Torres Cruz Fred DNI 70102907

Especialidad del Validador: Ing. Estadístico e Informático, M.Sc. Ing. Sistemas 28 de octubre del 2022

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


Firma del experto Informante


Anexo 8: Validación a través del juicio de expertos 3

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUICIO DE EXPERTO	
Titulo de la Investigación	implementación de una red neuronal para la predicción de la producción de los operarios de la empresa textil Litex
Nombre(s) de el(los) instrumentos	Encuesta, ficha de asignación y predicción de pedido
Autor(es) del instrumento	Luis Alonso Miranda Aroni

N°	DIMENSIONES / Indicadores	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
DIMENSION 1: TIEMPO								
1	Tiempo de asignación de pedidos	X		X		X		
2	Tiempo de predicción de pedidos	X		X		X		
DIMENSION 2: SATISFACCIÓN								
1	¿Es la primera vez que realiza un pedido en la tienda?	X		X		X		
2	¿Con que regularidad realiza usted algún pedido?	X		X		X		
3	¿Como calificaría el tiempo que se tomo el colaborador en tomar el pedido?	X		X		X		
4	Con respecto al pedido que realizo y el plazo para la entrega Ud. considera que	X		X		X		
5	En general, cual es grado de satisfacción con la entrega del pedido realizado	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia) _____

Opinion de aplicabilidad: Aplicable Aplicable despues de corregir No Aplicable

Apellidos y nombre del juez validador: Herrera Urriaga Alain Paul DNI 70163154

Especialidad del Validador: M.Sc en Informatica con mención en Gerencia de Tecnologías de Información y Comunicaciones 15 de diciembre del 2022

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado

² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ Claridad: Se entiende sin dificultad el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.


Firma del experto Informante

L. Alain Paul Herrera Urriaga
DOCENTE