

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**INGENIERÍA FINANCIERA**



**Proyección de estados financieros por el método de  
redes neuronales artificiales**

**PLAN DE INVESTIGACIÓN PARA  
OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA  
FINANCIERA**

**POSTULANTE:** Solis Peña Luis Alberto

**TUTOR:** Mgr. Funes Orellana Juan

**COCHABAMBA - BOLIVIA - 2022**

# Indice capitular

<b>Antecedentes</b>	<b>4</b>
<b>Planteamiento del problema</b>	<b>5</b>
<b>Formulación del problema central</b>	<b>6</b>
<b>Justificación</b>	<b>6</b>
<b>Alcance y delimitación</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos de la investigación</b>	<b>7</b>
General . . . . .	7
Específico . . . . .	7
<b>Marco teórico</b>	<b>8</b>
Sistema financiero . . . . .	8
Estados financieros . . . . .	8
Inteligencia artificial . . . . .	9
Redes neuronales artificiales . . . . .	10
Sobreajuste y desajuste . . . . .	15
<b>Marco Metódico</b>	<b>16</b>
<b>Fuentes de información</b>	<b>16</b>
Fuentes primarias . . . . .	16
Fuentes secundarias . . . . .	16
Técnica de recolección de la información . . . . .	17

<b>Estructura capitular tentativo</b>	<b>18</b>
<b>Cronograma del trabajo de investigación</b>	<b>20</b>
<b>Bibliografía a ser consultada</b>	<b>21</b>

## Lista de figuras

1. Neurona . . . . .	11
2. Red Neuronal Artificial . . . . .	12
3. Función de activación escalonada . . . . .	14
4. Función de activación sigmoide . . . . .	15
5. Función de activación hiperbólica . . . . .	15
6. Diagrama de Gantt del cronograma del trabajo de investigación . . . . .	21

**Tema de investigación: Finanzas**

**Tema genérico: Proyección de estados financieros.**

**Tema específico: Proyección de estados financieros por el método de redes neuronales artificiales.**

## **PROYECCION DE ESTADOS FINANCIEROS POR EL MEDOTO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

### **Antecedentes**

Los inicios de la inteligencia artificial de manera formal se dieron en el año 1943 cuando se colocó la primera piedra angular sobre la que se basó lo que hoy se conoce como inteligencia artificial, de la mano de Warren McCulloch y Walter Pitts, con la presentación del primer modelo matemático de aprendizaje, donde por primera vez se dota a un modelo autónomo la capacidad de aprendizaje.

En 1949 se dio otro aporte al campo de las redes neuronales por parte de Donald Hebb, quien fue el primero en explicar los procesos del aprendizaje desde una perspectiva del campo psicológico, desarrollando una regla de como el aprendizaje ocurría. La idea general que propuso era que el aprendizaje ocurría cuando ciertos cambios en una neurona eran activados.

En 1950 Alan Turing presento lo que se denominó como la “Prueba de Turing”, donde dio una definición operacional y satisfactoria de inteligencia, que dicha prueba consistía en la incapacidad de diferenciar entre entidades inteligentes indiscutibles y seres humanos.

Pero solo 1957, Frank Rosenblatt pudo generalizar las ideas propuesta por Warren McCulloch y Walter Pitts, a dicho modelo lo denomino PERCEPTRON, el cual tiene la capacidad de generalizar problemas lineales por medio de datos de ejemplo, donde reconoce patrones y hace predicciones con datos diferentes con los que había sido entrenado, es decir está dotado con la capacidad de generalizar, y 1959 Frank Rosenblatt en su libro “Principios de Neurodinámica” confirmó que, bajo ciertas condiciones, el aprendizaje del Perceptrón convergía

hacia un estado finito que denomino teorema de convergencia del Perceptrón.

En 1960 Bernard Widroff y Marcian Hoff, desarrollaron el modelo ADELINe (ADAPtative LINear Elements) que fue la primera aplicación comercial de redes neuronales para eliminar ecos en las líneas telefónicas. En 1969 se produjo un declive en las redes neuronales en consecuencia, de una publicación de Marvin Minsky y Seymour Papert probaron matemáticamente que, si bien el perceptrón era capaz de resolver con facilidad problemas lineales, pero su rendimiento decaía cuando intentaba modelar problemas no lineales, sobrecargando la capacidad de cómputo.

Pero en 1985 John Hopfield, hizo que las redes neuronales cobraran nuevamente importancia con su libro “Computación neuronal de decisiones en problemas de optimización” donde presenta el algoritmo de retropropagación que reduce cantidad de cómputo en proceso de aprendizaje de las redes neuronales, dotando a esta de la capacidad de resolver problemas no lineales. También en 1986 David E. Rumelhart y Geoffrey E. Hinton, mejoraron el algoritmo de aprendizaje de propagación hacia atrás, que permitieron recortar el tiempo aún más el proceso de aprendizaje con respecto a los modelos anteriores.

Uno de los aportes más recientes vino por parte de la Universidad de Toronto y la empresa de Google en 2017 con la publicación del artículo titulado “Atención es todo lo que necesitas”, con la presentación de la arquitectura denominada “transformers” que de la mano de las redes neuronales dotan de atención al modelo de inteligencia artificial.

## Planteamiento del problema

En un mundo cada vez más globalizado, y siendo el entorno financiero uno de los sectores que más ha sido impactado por la integración económica multilateral, que ha implicado su incremento en complejidad, donde los agentes económicos son expuestos a una inmensa cantidad de información sobre productos y/o servicios financieros, lo que puede dar lugar a oportunidades de incrementar rendimientos, sin dejar de lado el riesgo de pérdidas consecuencia de la complejidad del mismo.

Una de las alternativas de tratamiento de esta información que ofrece el sistema financie-

ro, y que es el objeto de estudio en esta investigación que se propone, es la aplicación de redes neuronales artificiales para la proyección de estados financieros, la cual se encarga de encontrar la relación existente en las variables introducidas al modelo que no pueden ser visibles al análisis subjetivo económico-financiero, dando lugar a la necesidad de evaluar dicha información por herramientas de igual complejidad.

## **Formulación del problema central**

¿Para qué es importante, realizar proyecciones de estados financieros por el método de redes neuronales?

## **Justificación**

Observando la importancia de las proyecciones para la toma de decisiones, y la capacidad de las redes neuronales de encontrar patrones no visibles al análisis subjetivo, este tipo de modelos podrán dotar de mayor información a agentes internos y externos del sector financiero de donde y como hacer colocaciones o inversiones sobre el dinero que administran.

En síntesis, el presente trabajo de investigación no pretende remplazar a otros modelos existentes para la toma de decisiones, por el contrario, ser tomado como una alternativa para el modelado de fenómenos no lineales en el campo de las finanzas.

## **Alcance y delimitación**

El presente trabajo de investigación se circunscribirá al estudio de las entidades de intermediación de servicios financieras de Bolivia, definidas en el artículo 151 de la ley 393. Con fines de obtener la información que coadyuve a generar la determinación de pronósticos mediante redes neuronales, como herramienta en la toma de decisiones a nivel gerencial y la evaluación de las mismas.

Para viabilizar la realización del tema de investigación se ha elegido, que se tomará como modelo de análisis a las siguientes entidades:

- Bancos múltiples
- Bancos PYME
- Entidades financieras de vivienda
- Cooperativas de ahorro y crédito abiertas
- Instituciones financieras de desarrollo
- Bancos de desarrollo productivo

para tener acceso a la información homogénea requerida y permita generalizar los resultados obtenidos de las gestiones de 2014 a 2020 y los cinco años proyectados de estas entidades que corresponden al ámbito delimitado. El tema elegido y propuesto, se realizará en un tiempo no mayor a diez meses, a partir de la aprobación y registro del plan de investigación presentado.

## **Objetivos de la investigación**

Entre los objetivos propuestos para viabilizar el tema de investigación y la realización del informe final, se describen los siguientes:

### **General**

Proporcionar la información financiera adecuada y oportuna, para la toma de decisiones gerenciales sobre bases ciertas y debidamente estructuradas, mediante la determinación de pronósticos de estados financieros por redes neuronales artificiales.

### **Específico**

- Definir la arquitectura de un modelo de redes neuronales artificiales para la obtención de información confiable y válida para la toma de decisiones.

- Realizar el análisis comparativo de los datos y los resultados obtenidos.
- Determinar las ventajas y desventajas del método redes neuronales artificiales para el análisis financiero de las instituciones financieras.

## **Marco teórico**

### **Sistema financiero**

El sistema financiero en general está formado por el conjunto de instituciones, constituidas en mercados, cuyo fin principal es canalizar el ahorro que generan los ahorradores hacia los prestatarios, así como facilitar y otorgar seguridad al movimiento de dinero y al sistema de pagos.

#### **Sistema financiero boliviano**

El sistema financiero boliviano está constituido por tres sectores que atienden al origen de su capital, el sector financiero privado, el público y con participación parcial del estado. El estado boliviano mediante la ley 393 es el rector del sistema financiero, mediante la presente ley en su artículo 551 definen las limitaciones o restricciones en las actividades de las entidades financieras con ámbito de aplicación en todo el territorio de Bolivia ya sea privadas, públicas o las con participación parcial del estado.

### **Estados financieros**

En la página oficial de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI), se define que los estados financieros constituyen una representación estructurada de la situación financiera y de las transacciones llevadas a cabo por la empresa. Su objetivo, con propósitos de información general, es suministrar información acerca de la situación y rendimiento financieros, así como de los flujos de efectivo que sea útil a una amplia variedad de usuarios al tomar sus decisiones económicas. Los estados financieros también muestran los resultados



de la gestión que los administradores han efectuado con los recursos que se les han confiado. (ASFI, 2022) Entonces se afirma, que los estados financieros son un resumen del ejercicio económico de una empresa o institución, entendiendo al ejercicio económico como la suma de todas las actividades vinculadas al giro de la empresa en un intervalo de tiempo, dando información, sobre ingresos, egresos, pasivos, activos, es decir, los estados financieros son una fotografía de la empresa en un punto del tiempo.

## **Pronósticos**

El termino de pronóstico de uso común, definido por la Real Academia Española (RAE) como la acción y efecto de pronosticar, la misma RAE define pronosticar como predecir algo en el futuro a partir de indicios. El pronóstico es el proceso de estimación en situaciones de incertidumbre, para los propósitos de esta investigación, un pronóstico es un evento asociado a una distribución de probabilidad.

## **Simulación**

La simulación se entiende como la experimentación con un modelo que imita ciertos aspectos de la realidad, esto permite trabajar en condiciones similares a las reales, pero con variables controladas y en un entorno semejante al real pero que esta creado o acondicionada artificialmente, para los propósitos de esta investigación la simulación mediante redes neuronales son los indicios que toma como base para realizar los pronósticos de los estados financieros de entidades del sistema financieros boliviano.

## **Inteligencia artificial**

El campo de la inteligencia artificial es relativamente reciente, y cobra atención en la actualidad por su capacidad de resolver problemas que con anterioridad sus resultados se divisaban lejanos, como el pronóstico de fenómenos no lineales, procesamiento de lenguaje natural, generador de imágenes, clasificación de objetos, etc. La inteligencia artificial está compuesta de tres sub campos, en un primer nivel se trata en la interpretación de la información como

vectores numéricos, que es la única manera en que puede percibir el mundo las maquinas, en un segundo nivel está el aprendizaje automático se centra en los algoritmos que permiten el aprendizaje al autómeta, y en un nivel más avanzado se encuentra el aprendizaje profundo donde se dota de más independencia a los modelos de inteligencia artificial similares a la de los humanos.

### **Aprendizaje supervisado con redes neuronales**

El aprendizaje supervisado una rama del aprendizaje automático, son algoritmos que permiten aprender a la red neuronal mediante datos ejemplos que están compuesta por un vector de entrada que son las variables independientes, y otro vector denomina etiquetas, donde la red se encarga de encontrar las relaciones existentes entre las variables independientes, realizando cambios y adaptando el modelo por medio de variaciones sujetas a una función de coste.

### **Aprendizaje no supervisado con redes neuronales**

Aprendizaje no supervisado es un método de aprendizaje automático donde la red neuronal se ajusta a las observaciones. Se distingue del aprendizaje supervisado por el hecho de que no hay un conocimiento a priori es decir etiquetas que sirvan como guía, en el aprendizaje no supervisado solo se cuenta con un conjunto de datos de objetos de entrada.

### **Redes neuronales artificiales**

Una red neuronal es un método del aprendizaje automático que enseña a las computadoras a procesar datos de una manera que está inspirada en la forma en que lo hace el cerebro humano, las redes neuronales artificiales es modelo computacional resultado de diversas aportaciones científicas, consiste en un conjunto de unidades, llamadas neuronas artificiales, inspiradas en las neuronas del cerebro conectadas entre sí para transmitirse señales.

Las redes neuronales artificiales son modelos de aprendizaje de problemas no lineales que buscan generalizar información extraída de datos ordenados en vectores, que dotan a dicha

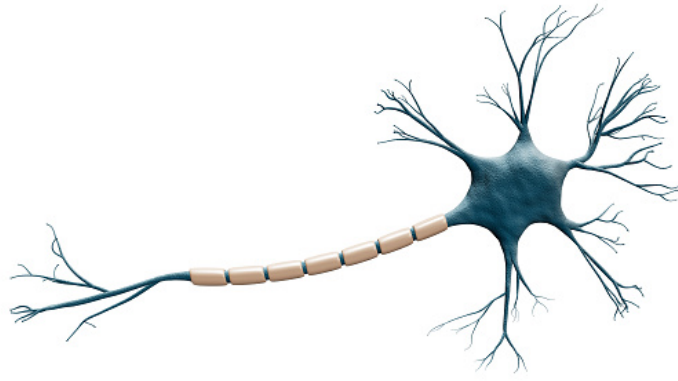


Figura 1: Neurona

red neuronal con la capacidad de realizar clasificaciones o regresiones.

## Elementos de una red neuronal

Los elementos de una red neuronal se resumen en la siguiente figura:

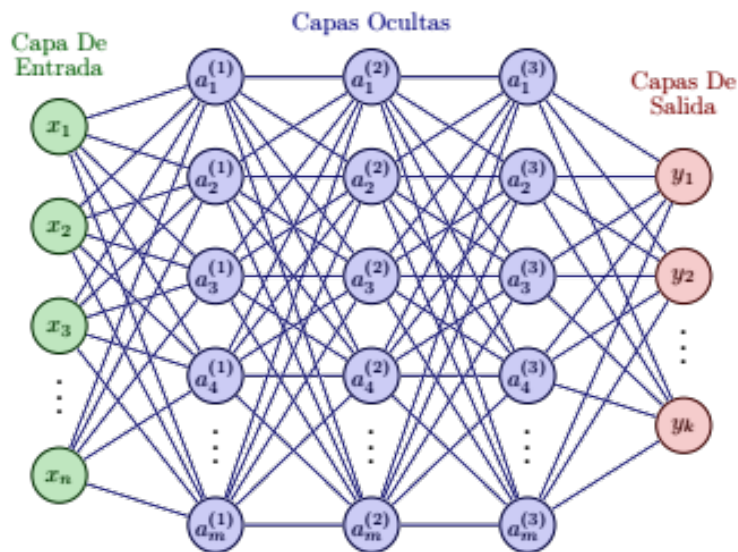


Figura 2: Red Neuronal Artificial

Y como todo sistema es el resultado de la interacción de elementos simples trabajando conjuntamente, que se presenta a continuación.

## Neurona artificial

La neurona es la unidad básica de procesamiento de una red neuronal de ahí el nombre, igual que su equivalente biológico una neurona artificial recibe estímulos externos y devuelve otro valor, esta es expresada matemáticamente como una función, donde la neurona realiza una suma ponderada con los datos de entrada.

Dado:

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Se tiene:

$$Y = f(X) = \sum_{i=1}^n w_i x_i = \sum W X$$

Donde:

$X$  = Vector de los datos de entrada.

$Y$  = Vector resultado de la suma ponderada.

$W$  = Vector de los pesos las variables independientes.

La arquitectura de la red neuronal corresponde a la manera en que esta ordenas las neuronas, si las neuronas son colocadas de forma vertical, reciben los mismos datos de entrada y sus resultados de salida lo pasan a la siguiente capa, la última capa de una red neural se denominan capa de salida y las capas que estén entre la capa de salida y capa de entrada se denominan capas ocultas. Ahora bien, al ser cada neurona una suma ponderada esta equivaldría a una sola capa de la red, a esto se denomina colisión de la red neuronal, para resolver este problema se planteó lo que se conoce como función de activación que es una función no lineal que distorsiona los resultados salientes de cada neurona.

$$A = f(Y)$$

### Funciones de activación

Las funciones de activación distorsionan de forma no lineal las salidas de las neuronas para así no colapsar la red, dentro las funciones de activación más conocidas tenemos:

**Función escalonada** Esta función asigna el valor de 1 si la salida de la neurona supera cierto umbral y cero si no lo supera.

**Función sigmoide** Esta función genera un rango de valores de salida que están entre cero y uno por lo que la salida es interpretada como una probabilidad.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

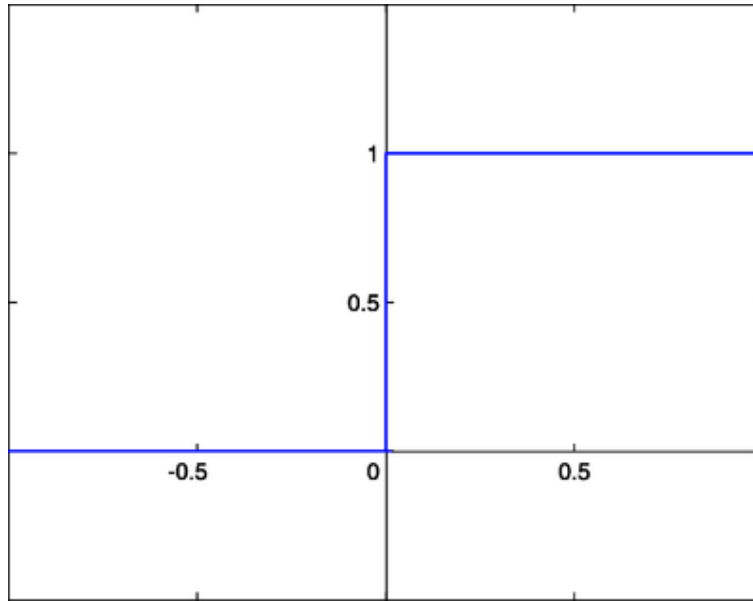


Figura 3: Función de activación escalonada

**Función hiperbólica** Esta función de activación llamada tangente hiperbólica tiene un rango de valores de salida entre -1 y 1.

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$$

### Propagación hacia atrás

El nombre de propagación hacia atrás resulta de la forma en que el error es propagado hacia atrás a través de la red neuronal, en decir, que el error se propaga hacia atrás desde la capa de salida hasta la capa de entrada. Esto permite que los pesos de las conexiones de las neuronas ubicadas en las capas ocultas cambien durante el entrenamiento. El cambio de los pesos en las conexiones de las neuronas además de influir sobre la entrada global, influye en la activación y por consiguiente en la salida de una neurona. Por lo tanto, es de gran utilidad considerar las variaciones de la función activación al modificarse el valor de los pesos. Esto se llama sensibilidad de la función activación, de acuerdo al cambio en los pesos.

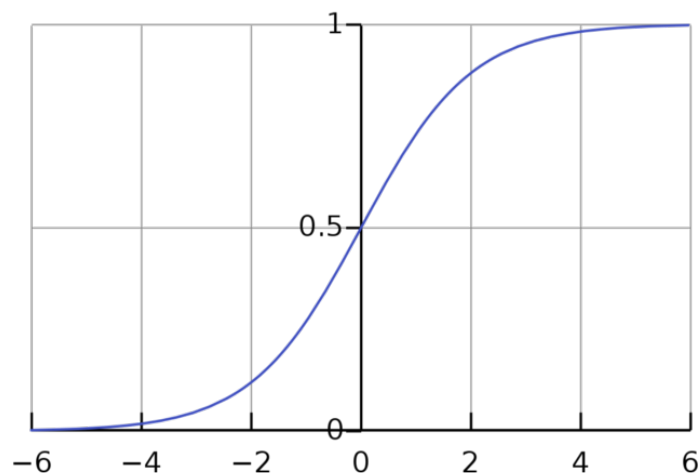


Figura 4: Función de activación sigmoide

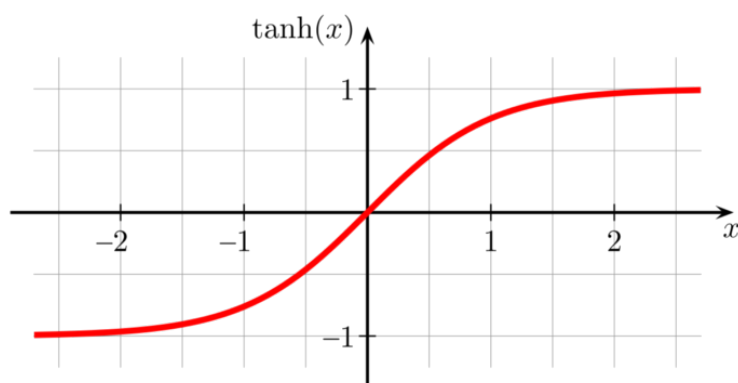


Figura 5: Función de activación hiperbólica

## Sobreajuste y desajuste

En aprendizaje automático, el sobreajuste (overfitting) es el efecto de sobreentrenar un algoritmo de aprendizaje con unos ciertos datos para los que se conoce el resultado deseado. El desajuste (underfitting) ocurre cuando un modelo estadístico o un algoritmo de aprendizaje automático no puede capturar la tendencia subyacente de los datos. Se produciría un desajuste, por ejemplo, al ajustar un modelo lineal a datos no lineales. Un modelo así también tendría un rendimiento predictivo deficiente.

## **Marco Metódico**

El tipo de investigación que se aplicará en el informe final será el descriptivo y analítico, para describir y estudiar la realidad presente de los hechos de las unidades de observación y análisis. Se identificará la arquitectura de la red neuronal, que está compuesta de las funciones de activación, y ajuste de los datos en formato de tablas. Los procedimientos a ser aplicados en el informe final, estarán orientados a los métodos inductivo, deductivo, analítico fundamentalmente.

## **Fuentes de información**

Se recurrirá a las fuentes de información siguientes:

### **Fuentes primarias**

Se recurrirá a la investigación y recopilación de datos relacionados al tema específico, mediante consultas a libros, revistas, textos digitales, apuntes de clases y otras de información histórica.

### **Fuentes secundarias**

Se recurrirá a las fuentes de compilación de información bibliográfica referente al tema, tales como:

- libros especializados.
- leyes.
- normas.
- resoluciones.
- glosarios.
- páginas de Internet.



## **Técnica de recolección de la información**

- Recopilación de información basada en fuentes primarias, secundarias y terciarias.
- Análisis de la información recopilada, con fines de depuración, selección, tabulación mediante lenguajes de programación R y Python orientado al análisis de datos, adecuando a la arquitectura de la red neuronal.

# **Estructura capitular tentativo**

Agradecimiento

Dedicatoria

Resumen

Abstract

Índice de contenido

Índice de tablas, gráficas, cuadros, etc.

Introducción

## **Capítulo I Antecedentes**

Históricos

Legales

Organizacionales

Económicos y financieros

Intermediación financiera

Sociales

## **Capítulo II Diagnóstico de las instituciones financieras del sistema financiero**

Sistema financiero nacional

Organización y administración

Sistemas de información y toma de decisiones

Productos financieros

Justificación e importancia

Obtención de las conclusiones preliminares y sus soluciones

## **Capítulo III Marco teórico**

Objetivos del sustento teórico

Definición de términos financieros básicos

Intermediación financiera y regulación financiera

Aprendizaje automático

Arquitectura de las redes neuronales artificiales

Función de coste

Funciones de activación

Definición de sobreajuste y desajuste de las redes neuronales.

## **Capítulo IV Determinación de pronósticos de estados financieros por redes neuronales artificiales**

Ordenado en vectores de los estados financieros

Definición de la función de coste de la red neuronal

Determinación de funciones de activación

Entrenamiento de la red neuronal

Evaluación de sobreajuste o desajuste de la red neuronal

Limitaciones de las redes neuronales

## **Capítulo V Simulación del tema de investigación**

Planteamiento de supuestos

## **Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones**

Conclusiones

Recomendaciones

## **Bibliografía consultada**

## **Anexos y apéndices**

## **Glosario**

## Cronograma del trabajo de investigación

Descripción de la actividad	Duración en semanas
Revisión de fuentes bibliográficas.	8
Recopilación de la información necesaria de la unidad de observación.	4
Estructuración de la información recopilada para la redacción del informe final.	9
Aplicación de método de redes neuronales para la proyección de estados financieros.	5
Descripción de los resultados obtenidos como respuesta a los objetivos planteados.	4
Interpretación de las conclusiones y recomendaciones.	4
Presentación, revisión, aprobación, exposición y defensa del informe final.	6

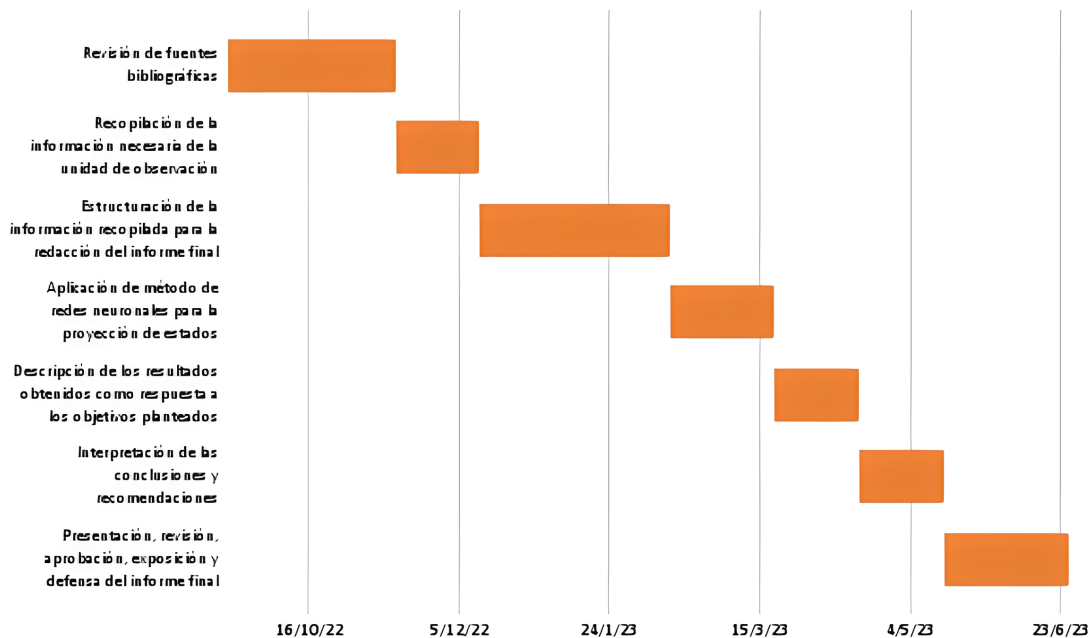


Figura 6: Diagrama de Gantt del cronograma del trabajo de investigación

## Bibliografía a ser consultada

ASFI. (2022). *Autoridad de supervisión del sistema financiero*. <https://www.asfi.gob.bo>

Berzal, F. (2018). *Redes de neuronas y deep learning*. Pearson Educación S.A.

Cruz, E. D. (2015). *Teoría de riesgo*. Ecoe Ediciones.

James C. Van Horne, Jr., John M. Wachowicz. (2010). *Fundamentos de administración financiera*. Pearson Educación S.A.

Lawrence J. Gitman, C. J. Z. (2012). *Principios de administración financiera*. Pearson Educación S.A.

Martínez, F. V. (2008). *Riesgos financieros y económicos - productos derivados y decisiones económicas*. Cengage Learning Editores.

Stephen A. Ross, J. F. J., Randolph W. Westerfield. (2012). *Finanzas corporativas*. McGraw-Hill Educación.

Stuart Russell, P. N. (2004). *Inteligencia artificial un enfoque moderno*. Pearson Educación S.A.

Viñuela, P. I., & León, I. M. G. (2004). *Redes de neuronas artificiales un enfoque práctico*.

Pearson Educación S.A.

Zarska, Z. K. (2013). *Finanzas internacionales*. McGraw-Hill Educación.