

AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

**Ambiente web para la simulación de la producción piscícola en estanques  
gestionados con aprendizaje automático.**

**Wilder Steven Rojas Prada**

**Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero de sistemas**

**Director**

**Hugo Hernando Andrade Sosa**

**Magister en informática**

**Codirector**

**José Luis Mojica Estrada**

**Magíster en Informática**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Físico Mecánicas**

**Escuela de Ingeniería de Sistemas**

**Ingeniería de Sistemas**

**Bucaramanga**

**2025**

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### **Agradecimientos**

A lo largo de mi vida universitaria, tuve la fortuna de que se me presentaran diversas oportunidades que me permitieron avanzar y culminar exitosamente esta importante etapa en mi vida. En primer lugar, quiero agradecer a Dios por las bendiciones recibidas y por brindarme la fortaleza necesaria para lograr este anhelado objetivo.

A mis padres Alfonso Rojas y Cenaida Prada, quienes con gran esfuerzo y un amor incondicional me han brindado lo mejor, apoyándome incansablemente para alcanzar mis metas. De manera especial a mi mamá, quien con gran dedicación y una entrega absoluta, sin importar cualquier adversidad, ha estado a mi lado ofreciéndome su ayuda en todo momento, lo que ha permitido convertirme en la persona que soy hoy en día.

A mi hermano Myller Rojas, por acompañarme en este camino, por compartir conmigo momentos especiales y brindarme su apoyo, compañía y alegría.

A mi novia Viviana Rojas, quien desde que nos conocimos me ha brindado su apoyo incondicional, confianza y motivación constante, creyendo en mí y en mis capacidades. Gracias por cada palabra de aliento para que en ningún momento desfalleciera, y no dejará de creer en mí y en mis capacidades.

A la doctora María Teresa Duarte, quien confió en mí y me brindó la oportunidad de iniciar mi vida laboral como auxiliar estudiantil. Este apoyo económico fue fundamental para solventar diversas necesidades que surgieron durante mi carrera, además de abrirme paso en el mundo laboral, proporcionándome mayor confianza y experiencia que será muy valiosa para mi vida profesional.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

A los ingenieros Luz Marina Duarte, Dooglas Ochoa y Luis Eugenio Prada, que fueron mis jefes en las diferentes dependencias de la universidad donde he laborado. Les agradezco por brindarme la oportunidad de trabajar junto a ellos, y por todas las enseñanzas recibidas durante el tiempo compartido.

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirme ser parte de esta comunidad universitaria y brindarme los conocimientos necesarios para culminar exitosamente mi formación profesional.

Al grupo SIMON, dirigido por el profesor Hugo Andrade, por recibirme, confiar en mí para el desarrollo de este proyecto y ofrecerme valiosas enseñanzas y apoyo constante. Asimismo, expreso mi agradecimiento al ingeniero José Mojica, quien como codirector estuvo dispuesto a resolver mis dudas y ayudarme a superar los inconvenientes presentados durante la ejecución del proyecto.

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	12
1. Planteamiento y justificación del problema .....	13
2. Objetivos .....	15
2.1 Objetivo General .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
3. Marco de referencia.....	15
3.1 Antecedentes .....	15
3.2 Fundamentos Teóricos .....	17
3.2.1 Producción piscícola en estanque (alimentación vs temperatura).....	18
3.2.2 Dinámica de Sistemas .....	19
3.2.3 Redes Neuronales LSTM .....	20
3.3 Entorno de desarrollo .....	20
3.3.1 Java.....	21
3.3.2 Angular.....	22
3.3.3 Python.....	23
3.3.4 Spring Boot .....	23
3.3.5 Visual Studio Code.....	24
3.3.6 MongoDB.....	24
3.3.7 Postman .....	25

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

4.	Metodología .....	25
4.1	Etapa 1: Análisis de Requerimientos .....	26
4.2	Etapa 2: Diseño de la Plataforma .....	27
4.2.1	Modelo .....	27
4.2.2	Diseño.....	29
4.3	Etapa 3: Construcción de la Plataforma .....	30
4.4	Etapa 4: Entrenamiento de la Red Neuronal .....	30
4.5	Etapa 5: Realización de Pruebas y Ajustes .....	31
4.6	Etapa 6: Elaboración del Informe Final .....	31
5.	Resultados .....	32
5.1	Requerimientos.....	32
5.1.1	Requerimientos Funcionales .....	32
5.1.2	Requerimientos No Funcionales .....	37
5.1.3	Diagrama de Casos de Uso General .....	38
5.2	Diseño de la plataforma.....	38
5.2.1	Frontend .....	38
5.2.2	Backend.....	40
5.2.3	Diagrama de Actividades .....	42
5.3	Construcción de la plataforma.....	44
5.3.1	Backend.....	44

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

5.3.2	Frontend .....	53
5.4	Entrenamiento de la red neuronal.....	55
5.4.1	Datos de Entrenamiento .....	56
5.4.2	Modelo LSTM.....	57
5.5	Pruebas .....	58
5.5.1	Conexiones del Frontend, Backend, Red Neuronal y Base de Datos .....	58
5.5.2	Validación Homologación del Modelo de DS en el ambiente web .....	61
5.5.3	Simulación Paso a Paso.....	64
5.5.4	Cantidad de Datos de Entrenamiento .....	67
5.5.5	Entrenamiento de la Red Neuronal .....	69
5.5.6	Predicciones de la Red Neuronal .....	71
5.5.7	Interfaz de Usuario .....	74
6.	Conclusiones .....	75
7.	Trabajo Futuro.....	76
	Bibliografía.....	78
	Apéndice A Formatos de Evaluación de Usuario .....	83

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1</b>	<i>RF01 - Visualización del modelo de simulación.....</i>	32
<b>Tabla 2</b>	<i>RF02 - Simulación con el modelo.....</i>	33
<b>Tabla 3</b>	<i>RF03 - Recopilación de los resultados de simulación.....</i>	34
<b>Tabla 4</b>	<i>RF04 - Simulación paso a paso .....</i>	35
<b>Tabla 5</b>	<i>RF05 - Predicción red neuronal .....</i>	35
<b>Tabla 6</b>	<i>RF06 - Gestión de la Red Neuronal .....</i>	36
<b>Tabla 7</b>	<i>RNF01 – Definición tecnologías base .....</i>	37
<b>Tabla 8</b>	<i>RNF02 – Selección base de datos.....</i>	37
<b>Tabla 9</b>	<i>RNF03-Validación de la Usabilidad.....</i>	37
<b>Tabla 10</b>	<i>Estructura de los dataset para la red neuronal .....</i>	56
<b>Tabla 11</b>	<i>Resultados de la simulación en ambos modelos.....</i>	63
<b>Tabla 12</b>	<i>Datos para la prueba de la cantidad de datos de entrenamiento.....</i>	68

**Lista de Figuras**

Figura 1. Metodología del Proyecto .....	25
Figura 2. Modelo de producción piscícola .....	27
Figura 3. Diagrama de casos de uso general .....	38
Figura 4. Diagrama de arquitectura de la plataforma .....	40
Figura 5. Diagrama de Actividades .....	42
Figura 6. Tabla T_B_P .....	47
Figura 7. Tabla TDA.....	48
Figura 8. Tabla MFC .....	48
Figura 9. Estructura del Backend .....	50
Figura 10. Estructura de la Red Neuronal .....	52
Figura 11. Estructura del frontend.....	53
Figura 12. Modelo LSTM para la predicción de la ración de alimento requerida .....	57
Figura 13. Modelo LSTM para la predicción del incremento del peso del pez .....	57
Figura 14. Prueba POSTMAN petición GET .....	59
Figura 15. Prueba POSTMAN petición POST.....	60
Figura 16. Prueba funcionamiento base de datos .....	60
Figura 17. Prueba predicción red neuronal .....	61
Figura 18. Simulación peso pez en EVOLUCION .....	62
Figura 19. Simulación peso pez en el ambiente web .....	62
Figura 20. Tabla de datos simulación paso a paso .....	64
Figura 21. Tabla datos modelo EVOLUCION .....	65
Figura 22. Gráfica comparación de los modelos.....	66

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Figura 23. Gráfica cantidad de datos para entrenamiento .....	69
Figura 24. Estimación de la red vs datos de validación (ración alimento).....	70
Figura 25. Estimación de la red vs datos de validación (incremento peso) .....	71
Figura 26. Gráfica 1 comparación peso pez entre el modelo web y la red neuronal .....	72
Figura 27. Gráfica 2 comparación peso pez entre el modelo web y la red neuronal .....	72
Figura 28. Gráfica comparación ración entre el modelo web y la red neuronal .....	73
Figura 29. Gráfica resultados de las pruebas de usuario .....	75

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

**Resumen**

**Título:** Ambiente web para la simulación de la producción piscícola en estanques gestionados con aprendizaje automático\*

**Autor:** Wilder Steven Rojas Prada\*\*

**Palabras claves:** Ambiente web, sistema de información, modelo, toma de decisiones, módulo, simulador, aprendizaje, producción piscícola, educación.

**Descripción:** La piscicultura es una actividad que en Colombia se realiza mayormente de forma artesanal debido a las limitadas herramientas tecnológicas disponibles en las poblaciones que derivan su sustento de este proceso. Este escenario genera dificultades que influyen directamente en la producción, como lo es la necesidad constante de medir el peso de los peces y el desperdicio de alimento por la dificultad de determinar con exactitud la ración requerida.

Con el propósito de solucionar estas problemáticas y mejorar la eficiencia de este proceso productivo para las poblaciones menos favorecidas. Se desarrolló un ambiente web de apoyo a la piscicultura a partir de un modelo de Dinámica de Sistemas (DS) de producción piscícola diseñado por el grupo SIMON. Este ambiente incorpora el uso de redes neuronales LSTM que permiten realizar pronósticos del peso de los peces y de la ración de alimento requerida, que les sirven a los productores a la gestión eficiente de sus estanques piscícolas.

---

\*Trabajo de grado

\*\*Facultad de físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirector: José Luis Mojica Estrada

**Abstract**

**Title:** Web environment for simulating fish production in ponds managed with machine learning\*

**Author:** Wilder Steven Rojas Prada\*\*

**Keywords:** Web environment, information system, model, decision making, module, simulator, learning, fish production, education.

**Description:** The pisciculture is an activity carried out mostly in an artisanal manner in Colombia due to limited technological tools available to communities that derive their livelihood from this process. This situation generates difficulties that directly impact production, such as the constant need to measure the fish weight and feed waste due to the difficulty of accurately determining the required feed ration.

In order to solve these problems and improve the efficiency of this production process for disadvantaged populations, a web-based fish farming support environment was developed based on a System Dynamics (SD) model of fish farming production designed by the SIMON group. This environment incorporates the use of LSTM neural networks that allow for forecasting fish weight and required feed rations, which help producers efficiently manage their fish pounds.

---

\*Bachelor thesis

\*\*Faculty of Physical Mechanical. School of Systems Engineer. Director: Hugo Hernando Andrade Sosa. Co-director: José Luis Mojica Estrada

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### **Introducción**

En la piscicultura en Colombia, existen prácticas que con su optimización se pueden obtener impactos positivos en la producción, como es el caso del pesaje periódico para monitorear el crecimiento de los peces, y el cálculo de la ración alimenticia requerida adecuada.

El Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, desarrolló un modelo de Dinámica de Sistemas (DS) en el software EVOLUCIÓN enfocado a la producción piscícola, para simular el proceso de crecimiento de los peces en un estanque, teniendo en cuenta múltiples factores clave, entre ellos la temperatura del estanque, el peso del pez, y la ración de alimento a suministrar, calculada a partir de los factores mencionados anteriormente. Adicionalmente, se puede llevar el control del peso y el crecimiento día a día acorde al alimento suministrado, así como la cantidad de comida entregada. Lo anterior, con el fin de optimizar las prácticas de pesaje y alimentación en la piscicultura, para poder mejorar su sostenibilidad en la población (Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, s.f.).

Con base en lo anterior, en el presente trabajo se trasladó el modelo a un ambiente web, con el fin de que pueda estar al alcance y se convierta en una herramienta de aprendizaje y optimización de los pequeños productores piscícolas. Además, se integró el uso de redes neuronales LSTM (Hochreiter & Schmidhuber, 1997), para que, por medio de aprendizaje automático, la red no solo pueda estimar el peso y la ración de alimento requerida, sino también gestionar automáticamente un estanque.

Este documento presenta la descripción del proyecto en el cual se describen: el problema, los objetivos, el marco de referencia, la metodología y los resultados descritos desde el punto de vista de los objetivos, es decir, presenta los requerimientos, el diseño, parte de la implementación, las pruebas realizadas, las conclusiones y algunas recomendaciones futuras.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### **1. Planteamiento y justificación del problema**

La acuicultura es una actividad dirigida al levante y engorde de organismos acuáticos, que se encuentra ligada a la intervención humana para incrementar la producción a través de la concentración de estas poblaciones, su alimentación y la protección frente a los depredadores (FAO, s.f.-a).

En el caso de Colombia se encuentra representada por la piscicultura y camaronicultura, siendo la piscicultura una de las actividades productivas del sector agropecuario que presenta mayor viabilidad, potencialidad de crecimiento económico, generación de empleo y de divisas en el sector rural, principalmente por la dimensión y disponibilidad de agua para el desarrollo de dicha actividad (OECD, s.f.).

Así mismo, hay que tener en cuenta que actualmente la práctica de la piscicultura se lleva a cabo en la mayoría de los casos de manera artesanal. Gran parte de las poblaciones campesinas del país realizan esta labor con falta de conocimiento-científico, utilizan técnicas tradicionales (artesanales), desconociendo las ventajas que puede brindar el uso de la ingeniería, para minimizar los costos de producción e incrementar la productividad y estabilidad (OECD, s.f.).

Ahora bien, una de las actividades que tiene mayor impacto en la productividad y rentabilidad es la estimación de la cantidad de alimento que se debe suministrar a los estanques en función del peso promedio de los peces y la temperatura del estanque. Para el desarrollo de esta actividad, se requieren mediciones periódicas y ajustes nutricionales acorde a los resultados, las cuales se desarrollan manualmente, lo que trae consigo algunos impactos negativos sobre la productividad, tales como el aumento de la mortalidad de los peces, el desperdicio del alimento, entre otros (FAO, s.f.-b).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Esto se debe a la falta de herramientas tecnológicas accesibles para los productores, que les proporcionen orientación sobre el proceso y les permita desarrollar estas actividades de manera óptima, maximizando así el uso de los recursos disponibles y minimizando las pérdidas que puedan ocurrir durante dicho proceso.

Con base en lo mencionado, se propone el desarrollo de un ambiente web para el apoyo de la producción piscícola. Este ambiente permitirá simular un estanque real, brindando orientación sobre el crecimiento de los peces y la cantidad óptima de alimento requerida en cada etapa del proceso. Adicionalmente, se implementará una red neuronal que, mediante aprendizaje automático, haga uso de los datos generados por el estanque simulado, y se entrenará con el fin de pronosticar el peso de los peces y la ración de alimento requerida. Por último, se integrará esta red neuronal con un modelo de simulación de estanque básico, que será autogestionado por parte de la red neuronal.

Este ambiente web funcionará como una herramienta educativa, la cual le permita a los productores familiarizarse con el proceso de la piscicultura y los guíe para que puedan desarrollar esta actividad, evitando los problemas previamente mencionados y así, los productores puedan contribuir a un uso más eficiente de los recursos, resultando en una producción más sostenible y rentable.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 2. Objetivos

#### 2.1 Objetivo General

Desarrollar un ambiente web con Dinámica de Sistemas (DS) y redes neuronales, para la simulación de la producción piscícola en estanques gestionados con aprendizaje automático y orientado al diseño de la instrumentación.

#### 2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un módulo de simulación, a partir de un modelo de DS, que emula las condiciones básicas de un sistema real de producción piscícola; para determinar la dinámica del peso promedio de los peces, en función de la ración alimentaria.
- Definir un módulo Web que, por medio de redes neuronales, a partir del módulo de simulación del estanque, simule el aprendizaje automático para la gestión del sistema de producción piscícola, con el fin de determinar el peso del pez y la ración necesaria según dicho peso.
- Implementar un ambiente web que integra un módulo de simulación de la producción en estanque y la red neuronal entrenada, para simular el proceso de gestión de dicho estanque, sin necesidad de pesaje.
- Evaluar el funcionamiento del ambiente web, mediante pruebas comparativas que analicen su rendimiento en relación con el modelo inicial.

### 3. Marco de referencia

#### 3.1 Antecedentes

En el ámbito de la producción agrícola, el progreso tecnológico ha experimentado una integración constante, desempeñando un papel fundamental en diversas etapas de las operaciones. Esta integración se ha logrado a través de la incorporación de herramientas tecnológicas que buscan

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

optimizar los procesos, potenciar los rendimientos y alcanzar mejores resultados. Estos avances no solo se reflejan en beneficios económicos, sino también en el aumento de la productividad y la generación de oportunidades para las comunidades que dependen económicamente de este sector.

Un ejemplo concreto de como la tecnología ha impactado en la producción agrícola es apreciable a través de la DS. Esta metodología está orientada a construir y/o recrear el conocimiento. Al ser aplicada en este sector, posibilita la comprensión del comportamiento de diversas cadenas productivas, tal como se ha realizado con éxito en el caso de la cadena productiva del cacao. Es orientar la toma de decisiones a lo largo de todas las etapas del proceso, lo que representa una contribución significativa en la formulación de sistemas de gestión de producción (Pineda Ballesteros & Téllez Acuña, 2018).

Con respecto al desarrollo tecnológico en el sector agrícola, existe un método conocido como redes neuronales, que aporta significativamente al sector ofreciendo múltiples usos, un ejemplo puntual de ello es el uso de las redes neuronales LSTM para predecir las condiciones ambientales en la agricultura de precisión. Esto permite obtener resultados con un margen de error mínimo, lo que contribuye al aumento de la productividad agrícola (Putro, Mustika, Wahyunggoro, & Wasisto, 2019).

Así mismo, al adentrarse en los usos de estos sistemas de pronóstico, se destaca uno de gran relevancia: la estimación del crecimiento de organismos en el sector acuícola; dado que los diversos factores que influyen en este proceso pueden ser regulados mediante la aplicación de predicciones, favoreciendo el crecimiento adecuado y acorde a las necesidades específicas (Deng, Gao, Gu, Miao, & Li, 2010).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Un aspecto adicional de importancia radica en que estas herramientas tecnológicas en mención son accesibles incluso para los agricultores de menor escala, tal como se evidencia en la situación de la India, donde a través del uso de diversos dispositivos móviles como celulares o tabletas, han logrado obtener asesoría y soporte para sus cultivos. Esto tiene como propósito mejorar la eficiencia en la utilización de recursos, incrementar la sostenibilidad y proporcionar una mayor salvaguardia del entorno ambiental (Babu, 2013).

En el mismo contexto tecnológico señalado, se ha venido desarrollando la plataforma PESCO, una herramienta de gran accesibilidad para los usuarios que cuenten con un equipo de cómputo y acceso a internet. Esta plataforma constituye un entorno de aprendizaje en línea que permite la formación en el ámbito de la piscicultura. En ella, se comparte información importante sobre el proceso de producción y además permite simular la asociatividad de pequeños productores para participar en el mercado. Esto brinda a los productores e interesados en este tema la oportunidad de adquirir conocimientos de manera más precisa, con el propósito de aprovechar al máximo esta actividad económica (Vargas, 2018).

### **3.2 Fundamentos Teóricos**

En esta sección, se presentan parámetros teóricos y conceptuales que enmarcan este proyecto. Se define el proceso de producción piscícola en estanques, centrado en la alimentación y la temperatura. Estos dos factores influyen en el crecimiento de los peces, lo que a su vez impacta sobre el proceso de producción.

Finalmente, se presenta la DS, con la cual el grupo SIMON de investigaciones desarrollo modelos para comprender la cadena productiva en la producción piscícola. Además, se explican las redes neuronales LSTM, que fueron utilizadas para desarrollar el proceso de aprendizaje automático y la posterior gestión automatizada del estanque.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 3.2.1 *Producción piscícola en estanque (alimentación vs temperatura)*

El suministrar una ración pertinente a los peces en cada momento de su desarrollo es determinante para garantizar su crecimiento, así como la viabilidad económica para el productor, debido a que el alimento de producción en estanques es más del 60% de los costos totales de la producción (Piscicultura Global, 2021).

En piscicultura se pueden utilizar tres métodos de alimentación: alimentación natural suministrada mediante fertilización, alimentación natural con dietas suplementarias y alimentación con dietas completas (INCODER, 2006).

En la alimentación con dietas completas, se utilizan únicamente alimentos concentrados para peces; en este caso, el contenido proteico, la cantidad y el número de raciones por día que se suministran se van ajustando a medida que los animales van creciendo. Lo anterior, debido a que el requerimiento de proteínas es inversamente proporcional a la edad del pez, por esto cuando los animales están pequeños se deben alimentar con un alto contenido de proteínas, luego se van suministrando alimentos con menos proteína y en menor proporción (INCODER, 2006).

El ajuste de la alimentación se realiza con base en los muestreos en los cuales se determina el peso promedio de los peces y se revisa su estado sanitario. De igual forma se debe determinar el aprovechamiento del alimento por parte de los peces para establecer si el cultivo se está desarrollando de una manera eficiente y rentable (INCODER, 2006).

La temperatura del agua representa una variable importante en la acuicultura, ya que los organismos acuáticos se ven fuertemente afectados por esta, por lo que en la acuicultura hay que programar que las actividades que se realizan correspondan a la temperatura del agua, estas mediciones son críticas para operaciones eficientes (Global Seafood Alliance, 2018).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

El crecimiento implica muchos procesos metabólicos y bioquímicos, y las tasas de estos procesos tienden a duplicarse o triplicarse con cada aumento de la temperatura en 10 grados Celsius. Por lo tanto, se tiene que una variación en la temperatura, a su vez representa un cambio en la tasa de crecimiento de los peces, de tal manera que se requiere de un seguimiento de este factor en cada momento del proceso productivo, dada su influencia en el mismo (Global Seafood Alliance, 2018)

Resulta claro entonces, que los factores mencionados, la alimentación y temperatura, juegan un papel fundamental en el proceso de crecimiento de los peces, dado que cualquier variación en estos factores afecta directamente su curva de crecimiento, razón por la cual se requiere mantener un control de dichas condiciones, con el fin de obtener un crecimiento óptimo.

### *3.2.2 Dinámica de Sistemas*

Según Andrade Sosa (2001), la DS es una metodología utilizada para abordar situaciones complejas, desde una visión de un todo y sus partes, incluyendo las diferentes relaciones que pueden existir entre las partes para constituir el todo.

La DS posee un conjunto de reglas que permiten reducir la ambigüedad en aspectos complejos. Construye modelos, los cuales se representan mediante unos diagramas conocidos como diagramas de flujos y niveles, los cuales corresponden a un conjunto de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales que determinan el sistema que permite recrear la dinámica del fenómeno en estudio (Andrade Sosa, 2001).

Lo anterior, es un aspecto importante de la DS ya que permite describir y simular el comportamiento de diversos sistemas a través de experimentos simulados, donde las variables toman valores reales, recreando así diversos escenarios que facilitan tener una percepción sistémica

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

del mundo real y observar su dinámica (Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, s.f.).

### **3.2.3 Redes Neuronales LSTM**

Antes de hablar de redes neuronales LSTM, se debe recurrir al concepto de redes neuronales recurrentes (RNN), que son un tipo de red neuronal artificial que utiliza datos secuenciales o de series temporales. Estos algoritmos se usan para problemas comunes o temporales como, por ejemplo, procesamiento de lenguaje, traducciones de idiomas, entre otros, que luego son incorporados a las aplicaciones populares como Siri, traductor de Google o la búsqueda de voz (IBM, s.f.-c).

Las redes neuronales recurrentes aprenden por medio del uso de datos de entrenamiento, y destacan por su “memoria” puesto que, a partir de los datos recibidos inicialmente, obtienen información que influye en los nuevos datos de entrada y salida. Además, a diferencia de las redes neuronales tradicionales, en las redes neuronales recurrentes los datos de salida dependen de los datos anteriormente tratados (IBM, s.f.-c).

Ahora bien, una red neuronal de memoria de corto-largo plazo (LSTM) es un tipo de red neuronal recurrente (RNN), la cual puede aprender dependencias a largo plazo entre unidades de tiempo de datos secuenciales (MathWorks, s.f.).

## **3.3 Entorno de desarrollo**

En este apartado se exponen los lenguajes de programación empleados en el proyecto: Java, Angular y Python; el framework usado para el desarrollo: Spring Boot, los entornos de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés): IntelliJ y Visual Studio Code; el gestor de base de datos MongoDB y el software de pruebas: POSTMAN. Estas herramientas, orientadas al desarrollo de

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

aplicaciones web, se usaron en conjunto para la creación del ambiente web requerido para el proyecto.

### **3.3.1 Java**

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, y una plataforma de software usada ampliamente en miles de dispositivos, sus reglas y sintaxis están basadas en los lenguajes C y C++ (IBM, s.f.-a).

Dado que Java es un lenguaje versátil y de libre uso, dentro de sus múltiples usos se incluyen el desarrollo de juegos, computación en la nube, big data, inteligencia artificial e internet de las cosas. Así mismo, ofrece diversas ventajas dentro de las cuales destacan:

1. Recursos de aprendizaje de alta calidad: Dado el tiempo de existencia que tiene Java, existen muchos recursos de aprendizaje disponibles para los nuevos programadores, que incluyen documentación detallada, libros completos y cursos que ayudan a lo largo de la curva de aprendizaje.
2. Funciones y bibliotecas incorporadas: No es necesario escribir funciones desde cero, ya que Java ofrece un amplio ecosistema de funciones y bibliotecas para diferentes fines.
3. Apoyo comunitario activo: Al tener muchos usuarios activos, cuenta con una gran comunidad que puede ayudar con la solución de los desafíos que presenten los demás desarrolladores a la hora de la codificación.
4. Herramientas de desarrollo de alta calidad: Ofrece herramientas para la edición automatizada, la depuración, las pruebas, la implementación y la administración de cambios, lo que hace que la programación sea más rápida y rentable.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

5. Plataforma independiente: El código se puede ejecutar en cualquier plataforma, como Windows, Linux, iOS o Android, sin tener que reescribir, lo que permite que las aplicaciones se ejecuten en múltiples dispositivos.
6. Seguridad: El uso de código que no sea de confianza en un entorno seguro no puede causar ningún daño, ya que no puede infectar el sistema ni leer o escribir archivos en el disco duro. Además, los niveles de seguridad y restricciones en Java son altamente configurables.

Estas cualidades lo convierten en una opción bastante popular entre los desarrolladores de software actualmente (Amazon Web Services (AWS), s.f.-a).

### 3.3.2 *Angular*

Es una plataforma y framework para crear aplicaciones de una sola página a partir del uso de HTML y TypeScript, lenguaje en el que está escrito (Angular, s.f.)

Como plataforma, Angular incluye un marco basado en componentes que permite la creación de aplicaciones web escalables, una colección de bibliotecas que cubren múltiples funcionalidades, incluidas el enrutamiento, gestión de formularios y la comunicación cliente-servidor y además cuenta con un conjunto de herramientas para desarrolladores que le ayudaran a crear, probar y actualizar su código (MDN Web Docs, s.f.).

Al crear aplicaciones con Angular, se aprovecha una plataforma que se puede escalar desde un proyecto de un único desarrollador hasta proyectos de tipo empresarial. Además, está diseñado para que la actualización sea lo más sencilla para poder beneficiarse de los últimos desarrollos con poco esfuerzo (MDN Web Docs, s.f.).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 3.3.3 *Python*

Es un lenguaje de programación que se utiliza en aplicaciones web, desarrollo de software, ciencia de datos y en machine learning (ML), es eficiente y fácil de aprender, además de que se puede ejecutar en múltiples plataformas. Su software se puede descargar gratis, se integra a todos los tipos de sistemas y aumenta la velocidad de desarrollo (Amazon Web Services (AWS), s.f.-b).

Los beneficios que Python incluye van desde el que se pueda leer y comprender fácilmente los programas gracias a su sintaxis básica, y con menos líneas de código en comparación a otros lenguajes; una gran biblioteca con códigos reutilizables para distintas tareas; su posibilidad de utilizar con otros lenguajes de programación y que se pueda trasladar a través de diferentes sistemas operativos de computadoras, tales como Windows, Linux, MacOS y Unix (Amazon Web Services (AWS), s.f.-b).

### 3.3.4 *Spring Boot*

Spring Boot es un framework que facilita la creación de aplicaciones independientes y de un nivel de producción donde se puede “simplemente ejecutar” (Spring, s.f.-a).

Se puede utilizar para crear aplicaciones Java que se inician mediante `java -jar` o implementaciones más tradicionales. Spring Boot proporciona una experiencia de inicio más rápida y accesible para todo el desarrollo de Spring, además de una gama de características no funcionales que funcionan para grandes clases de proyectos, y evita la necesidad de generar código o usar archivos de configuración XML. Lo anterior, hace que sea una herramienta poderosa para el desarrollo ágil de aplicaciones Java, sin la preocupación de configuraciones complejas (Spring, s.f.-b).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 3.3.5 *Visual Studio Code*

Visual Studio Code (VS Code) es un editor de código fuente altamente personalizable diseñado para ser ágil y ligero. Está enfocado en ofrecer una experiencia amigable para la escritura y edición de código, sin perder sus características avanzadas. Además, se puede extender a una gran cantidad de extensiones y herramientas de acuerdo con las necesidades del desarrollador (OpenWebinars, s.f.).

VS Code se convierte en una opción versátil para desarrolladores gracias a sus principales características como el autocompletado inteligente, la depuración integrada y el control de versiones con Git; lo anterior sumado a que es un software gratuito y multiplataforma, hace que este dentro de las principales opciones a la hora de escoger un editor de código, tanto en desarrolladores principiantes como en equipos profesionales (OpenWebinars, s.f.).

### 3.3.6 *MongoDB*

Es una base de datos de documentos, que cuenta con una gran escalabilidad, flexibilidad, además de poseer un modelo de consultas e indexación avanzado. Este nuevo modelo de documentos destaca por su facilidad de aprender y de usar y brinda a los desarrolladores múltiples funcionalidades útiles para satisfacer los más complejos requerimientos. MongoDB almacena datos en documentos similares a JSON, por lo cual los campos y la estructura de los datos pueden ir variando (MongoDB, s.f.-b).

Además, al ser una base de datos distribuida en su núcleo, resalta la alta disponibilidad, la escalabilidad horizontal y la distribución geográfica, junto a su facilidad de uso. Lo anterior, sumado a que es un software de uso gratuito, lo convierte en una opción muy conveniente a la hora de requerir una base de datos (MongoDB, s.f.-b).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 3.3.7 *Postman*

Según Postman (s.f.-b), su plataforma es una plataforma API que facilita la creación de API, gracias que simplifica cada paso de su ciclo de vida. Una plataforma API (Application Programming Interface) es un sistema de software con herramientas y procesos integrados para toda la administración del ciclo de vida de las API desde su diseño hasta la producción, a la par de la interacción con los consumidores de las API. Además, estas plataformas mejoran los flujos de trabajo, a través de diversas integraciones para administración del código fuente, infraestructura en la nube y herramientas de monitoreo de aplicaciones (Postman, s.f.-a).

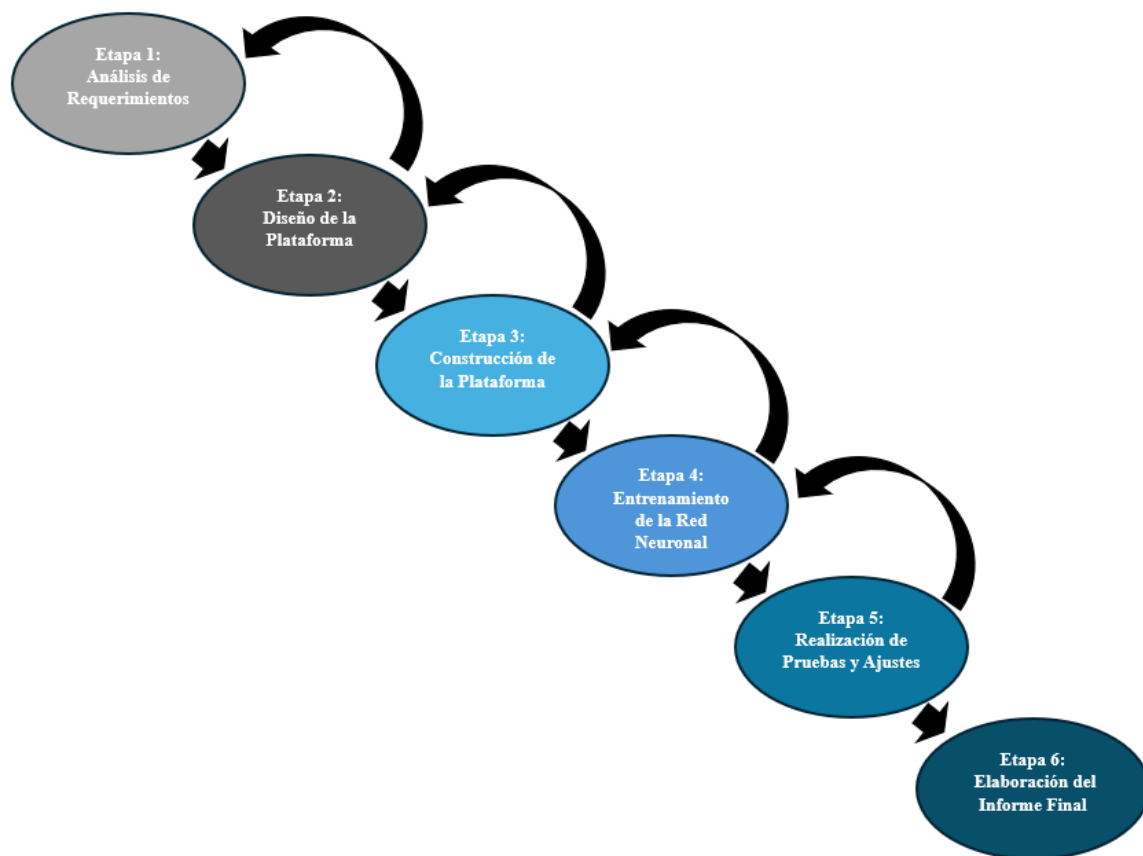
## 4. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se adoptó una metodología de desarrollo en cascada, estructurada en seis etapas: análisis de requerimientos, diseño de la plataforma, construcción de la plataforma, entrenamiento de la red neuronal, realización de pruebas y ajustes y elaboración del informe final. Estas etapas inicialmente se consideró que se ejecutaran de forma secuencial siguiendo un flujo lineal, pero finalmente se optó por el flujo que se muestra en la Figura 1.

### **Figura 1**

*Metodología del Proyecto*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota.* Autor 2024

#### 4.1 Etapa 1: Análisis de Requerimientos

En esta etapa inicial, se hizo el análisis de los requerimientos de la plataforma con el fin de trazar la hoja de ruta en el proceso de desarrollo del ambiente web. Este análisis permitió definir las funcionalidades y componentes clave a ser implementados y las tecnologías a usar acorde a las necesidades del proyecto.

Adicionalmente, se diseñaron los diagramas de actividades y el diagrama de casos de uso, herramientas primordiales para modelar el comportamiento de la plataforma y su interacción con el usuario. Dichos diagramas permitieron la visualización del flujo de ejecución de los procesos del sistema y las diferentes interacciones del usuario con la plataforma.

## 4.2 Etapa 2: Diseño de la Plataforma

A partir de lo definido en la etapa anterior y el modelo de DS que se detallará a continuación, se diseñó la estructura de los dos componentes principales de la plataforma: el backend y el frontend. Este diseño brindó una mejor visualización de cómo sería el desarrollo e implementación de la plataforma.

En este sentido, dado que en el modelo de DS se fundamenta gran parte del funcionamiento de la plataforma, fue de gran importancia analizar el modelo previamente, con el fin de lograr una comprensión que aportara puntos clave en el desarrollo del sistema.

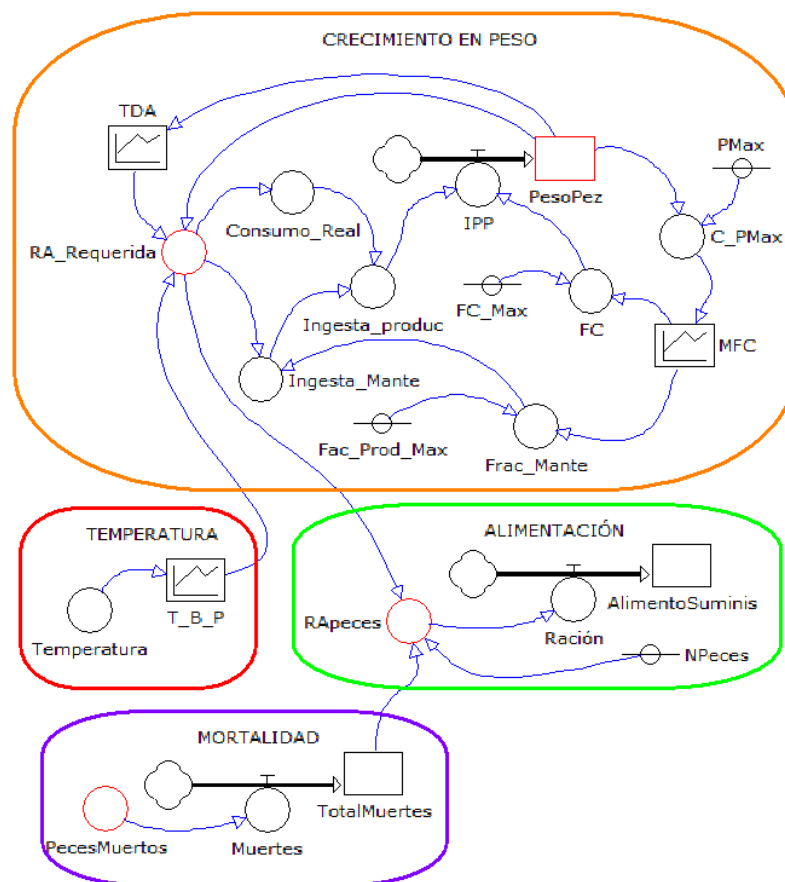
### 4.2.1 Modelo

En la Figura 3 se puede ver el modelo de producción piscícola que representa el crecimiento del pez en un estanque, teniendo en cuenta factores principales que influyen en este proceso como la temperatura y la ración de alimento suministrada. Este se encuentra organizado en cuatro sectores: crecimiento en peso, temperatura, alimentación y mortalidad, los cuales serán detallados posteriormente.

## Figura 2

*Modelo de producción piscícola*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota.* Autor 2024

1. Crecimiento en peso: Este sector modela el proceso de crecimiento del pez, determinando la cantidad óptima de alimento a suministrar en función del peso y la temperatura del estanque. En él interactúan diferentes factores que por medio de una serie de ecuaciones interconectadas nos permiten, primero el cálculo de la ración requerida para cada iteración. Luego, con base en esta ración y otros factores adicionales se determina el incremento del peso del pez. Este proceso se repite de forma cíclica a lo largo de la simulación, permitiendo así la evaluación del crecimiento en diferentes condiciones.
2. Temperatura: La temperatura es uno de los factores que influye en la alimentación del pez, y en este sector se registra el valor de temperatura diaria, y con base en este dato, se calcula

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

un coeficiente que representa su influencia en la ración de alimento requerida y es utilizado para el cálculo de esta.

3. Alimentación: Dentro de la alimentación, se recibe la ración diaria que se debe suministrar por pez, y se multiplica por la cantidad de peces que hay en ese momento en el estanque para de esta forma obtener la cantidad de alimento que se requiere. Así mismo, se lleva cuenta del alimento que se va suministrando a lo largo del proceso, con el fin de tener la cantidad total al final de este.
4. Mortalidad: En este sector se representa la mortalidad de los peces en el estanque, y se lleva un registro del total de muertes que ocurren durante todo el proceso de simulación.

Una vez finalizado el análisis del modelo de DS se dio paso a la definición de la estructura de la plataforma.

### **4.2.2 Diseño**

El diseño de la plataforma se basó en una arquitectura cliente-servidor, donde el frontend es el encargado de manejar la interfaz de usuario y la interacción de este con el sistema, a su vez, el backend está encargado de gestionar el funcionamiento interno, es decir, el procesamiento de los datos y la comunicación con la base de datos. Esta arquitectura se eligió con el fin de tener una mayor escalabilidad y mantenimiento de la plataforma.

Para el caso de la red neuronal, el tipo LSTM fue el seleccionado en el presente proyecto debido a su capacidad para modelar series temporales y secuencias de datos con dependencias a largo plazo. Esta característica resulta valiosa en el contexto de la piscicultura, ya que variables como el peso y la ración requerida no solo dependen de los valores actuales, sino también de los registros anteriores (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

A diferencia de las redes neuronales feedforward tradicionales o los modelos de regresión simples, las redes LSTM están diseñadas específicamente para conservar información relevante en el tiempo, lo que les permite capturar patrones y tendencias que se van desarrollando de forma secuencial. Esto las convierte en una herramienta idónea para estimar el comportamiento del crecimiento de los peces y la ración alimenticia adecuada (Brownlee, 2018).

### **4.3 Etapa 3: Construcción de la Plataforma**

En esta etapa se definieron e implementaron los componentes de la plataforma, donde se garantizó una correcta integración entre el backend y el frontend. Dentro del proceso se incorporaron las ecuaciones del modelo de DS y se programaron las funcionalidades necesarias para ejecutar las diferentes simulaciones y para la interacción con la red neuronal.

Se codificó el backend y se desarrolló la interfaz de usuario, definiendo una comunicación fluida entre ambas a través de la API REST. Para la codificación se optó por un enfoque de desarrollo progresivo, implementando cada componente de forma secuencial, asegurando el correcto funcionamiento de cada componente del sistema.

### **4.4 Etapa 4: Entrenamiento de la Red Neuronal**

Una vez terminada la etapa anterior, se procedió con el entrenamiento de la red neuronal, proceso que es requerido para mejorar la capacidad y la precisión de las predicciones de la red. Para ello, se creó un conjunto de datos a partir de los valores de múltiples simulaciones realizadas con el modelo de DS, y fueron almacenados en un dataset, el cual es un conjunto estructurado de datos que se utiliza para entrenar algoritmos de aprendizaje automático, permitiendo que la red neuronal aprenda patrones y las relaciones entre las variables. (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016).

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

A medida que avanzó el entrenamiento, se fueron realizando ajustes en la arquitectura de la red neuronal por medio de la optimización de sus parámetros con el fin de obtener unas predicciones con un pequeño margen de error, el cual se fue obteniendo de la comparación entre los valores estimados por la red neuronal y los valores obtenidos del modelo DS. De igual forma, en el momento en que la aproximación de las predicciones a los valores reales fue alta, se dio por terminado el proceso de entrenamiento, dejando la red neuronal lista para uso dentro de la plataforma web.

### **4.5 Etapa 5: Realización de Pruebas y Ajustes**

Una vez que se tuvo la plataforma web implementada, se inició esta etapa, en la cual se realizaron diferentes validaciones de los módulos presentes en dicha plataforma. Lo anterior, con el fin de verificar que el funcionamiento de cada módulo correspondiera con lo esperado desde las etapas iniciales.

Para ello, se hicieron comparaciones con datos del modelo, por medio del uso de tablas y gráficas que facilitarían el análisis y la evaluación del desempeño del sistema. En aquellos casos donde los resultados no se acercaron a lo esperado, se llevaron a cabo los ajustes necesarios con el fin de optimizar el comportamiento de la plataforma y su precisión, de modo que los nuevos resultados se asemejaran más a lo proyectado.

### **4.6 Etapa 6: Elaboración del Informe Final**

En esta última etapa del proyecto, se llevó a cabo la documentación de las actividades realizadas en su desarrollo, con el propósito de realizar la consolidación de los resultados obtenidos en cada una de las etapas anteriores.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Esta etapa incluyó la recopilación y el análisis de la información que se obtuvo en cada una de las etapas, y la organización de esta de forma que presentara coherencia y fuera posible llevar una trazabilidad del proceso de desarrollo. De la misma forma, se agregaron las conclusiones derivadas del proyecto, así como las recomendaciones de posibles mejoras o trabajo futuro.

Finalmente, toda la información anterior, fue debidamente organizada, estructurada y se consolidó en el presente informe.

### 5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados del proyecto siguiendo la metodología expresada en la sección anterior, es decir: los requerimientos, el diseño de la plataforma desde el punto de vista de x, los aspectos importantes de la construcción, el proceso de las simulaciones y las pruebas y correcciones realizadas.

#### 5.1 Requerimientos

##### 5.1.1 *Requerimientos Funcionales*

A continuación, se presentarán los requerimientos funcionales que se definieron para el ambiente web

**Tabla 1**

*RF01 - Visualización del modelo de simulación*

<b>ID</b>	<i>01</i>		
<b>Nombre</b>	<i>Visualización del modelo de simulación</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Media</i>	<b>Prioridad</b>	<i>5</i>
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		
<b>Descripción</b>			

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

*Los usuarios podrán ingresar a la ventana llamada “Modelo” en la cual tendrán la gráfica del modelo de DS de la producción piscícola, que representa el proceso de crecimiento y de alimentación de los peces para su respectivo análisis, junto con la descripción de los diferentes componentes del modelo.*

### Consideraciones

*Los componentes del modelo de simulación estarán descritos de forma detallada, incluyendo su función y en los casos que corresponda, contendrán las ecuaciones matemáticas asociadas, para facilitar su comprensión y análisis.*

**Tabla 2**

*RF02 - Simulación con el modelo*

<b>ID</b>	02		
<b>Nombre</b>	<i>Simulación con el modelo</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Alta</i>	<b>Prioridad</b>	5
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		
<b>Descripción</b>			
<i>Los usuarios podrán realizar simulaciones del proceso de producción en un tiempo determinado, para lo cual deberán ingresar los siguientes valores:</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Días de la simulación.</i></li> <li><i>2. Peso inicial.</i></li> <li><i>3. Cantidad de peces.</i></li> <li><i>4. Peso máximo.</i></li> <li><i>5. Intervalo.</i></li> </ol>			
<i>Se podrán ver las gráficas de los resultados para los siguientes datos:</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li><i>1. Peso del Pez</i></li> <li><i>2. Temperatura</i></li> <li><i>3. Cantidad de Peces</i></li> <li><i>4. Peces Muertos</i></li> </ol>			
<b>Consideraciones</b>			

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

*El valor del intervalo que ingresa el usuario corresponde a cada cuanto día el valor se reflejará en las gráficas presentadas.*

*En esta simulación el valor de la temperatura y la cantidad de muertes diarias de peces se generan de forma aleatoria para hacerla más práctica y facilitar su análisis.*

**Tabla 3**

*RF03 - Recopilación de los resultados de simulación*

<b>ID</b>	03		
<b>Nombre</b>	<i>Recopilación de los resultados de simulación</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Media</i>	<b>Prioridad</b>	3
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		
<b>Descripción</b>			

*La plataforma permitirá que se almacenen los resultados de las simulaciones con el modelo, organizados en una tabla que tiene las siguientes columnas:*

1. *Id*
2. *Días de Simulación*
3. *Peso Inicial*
4. *Peso Final*
5. *Peso Máximo*
6. *Cantidad Inicial de Peces*
7. *Cantidad Final*
8. *Total Muertes*
9. *Total Alimento*

*El usuario podrá ver esta tabla y volver a realizar más simulaciones y los resultados se irán agregando a medida que se vayan desarrollando.*

### Consideraciones

*Los datos estarán almacenados en una base de datos para que el usuario los pueda tener a su alcance, y contará con la posibilidad de ir eliminando la información que ya no requiera.*

AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

**Tabla 4**

*RF04 - Simulación paso a paso*

<b>ID</b>	04		
<b>Nombre</b>	<i>Simulación paso a paso</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Alta</i>	<b>Prioridad</b>	5
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		
<b>Descripción</b>			
<i>Los piscicultores podrán hacer una simulación en la que inicialmente debe ingresar los siguientes valores:</i>			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Número de peces</i></li> <li>2. <i>Días</i></li> <li>3. <i>Peso inicial del pez</i></li> <li>4. <i>Peso máximo esperado</i></li> </ol>			
<i>Cuando inicie la simulación, el piscicultor deberá ir ingresando la temperatura del día y las muertes diarias y la plataforma le devuelve el peso y la ración requerida, y lo podrá seguir realizando día a día hasta que desee terminar el proceso.</i>			
<b>Consideraciones</b>			
<i>En la misma ventana el usuario podrá visualizar una tabla con los valores que ingresa y los resultados en todos los pasos de simulación.</i>			

**Tabla 5**

*RF05 - Predicción red neuronal*

<b>ID</b>	05		
<b>Nombre</b>	<i>Predicción Red Neuronal</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Alta</i>	<b>Prioridad</b>	5
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		

AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

<b>Descripción</b>
<i>La plataforma permitirá el uso de una red neuronal entrenada, para obtener las predicciones de los valores de peso y de ración requerida para los peces, a partir de un valor de peso inicial, y en cada paso de las predicciones el valor de la temperatura, para el procesamiento de la información por parte de la red neuronal.</i>
<b>Consideraciones</b>
<i>Se presentan los resultados de las predicciones en una tabla para poder llevar todo el seguimiento del proceso.</i>

**Tabla 6**

*RF06 - Gestión de la Red Neuronal*

<b>ID</b>	06		
<b>Nombre</b>	<i>Gestión de la Red Neuronal</i>		
<b>Complejidad</b>	<i>Alta</i>	<b>Prioridad</b>	5
<b>Usuarios</b>	<i>Piscicultores</i>		
<b>Descripción</b>	<i>Los piscicultores podrán realizar la simulación de la gestión de un estanque por parte de la red neuronal, en esta ventana se ingresará la temperatura, y la red neuronal entregará los valores de peso y de ración requerida, y con este valor de la ración será gestionado el estanque simulado.</i>		
<b>Consideraciones</b>	<i>En esta ventana se llevará el registro de los datos de las predicciones y los valores del modelo de simulación con la información entregada por la red neuronal.</i>		

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 5.1.2 *Requerimientos No Funcionales*

**Tabla 7**

*RNF01 – Definición tecnologías base*

<b>Identificación del requerimiento:</b>	<i>RNF01</i>	<b>Prioridad del requerimiento:</b>	5
<b>Nombre:</b>	<i>Definición tecnologías base</i>		
<b>Descripción del requerimiento:</b>	<i>La plataforma usará para su desarrollo del backend Java, Spring Boot y Python, y para la construcción del front-end se utilizará Angular.</i>		

**Tabla 8**

*RNF02 – Selección base de datos*

<b>Identificación del requerimiento:</b>	<i>RNF02</i>	<b>Prioridad del requerimiento:</b>	5
<b>Nombre:</b>	<i>Selección base de datos</i>		
<b>Descripción del requerimiento:</b>	<i>La base de datos que será utilizada para almacenar los datos de las simulaciones dentro de la plataforma será MongoDB.</i>		

**Tabla 9**

*RNF03-Validación de la Usabilidad*

<b>Identificación del requerimiento:</b>	<i>RNF03</i>	<b>Prioridad del requerimiento:</b>	5
<b>Nombre:</b>	<i>Validación de la Usabilidad</i>		
<b>Descripción del requerimiento:</b>	<i>La interfaz de la plataforma debe ser intuitiva y de fácil acceso para los usuarios.</i>		

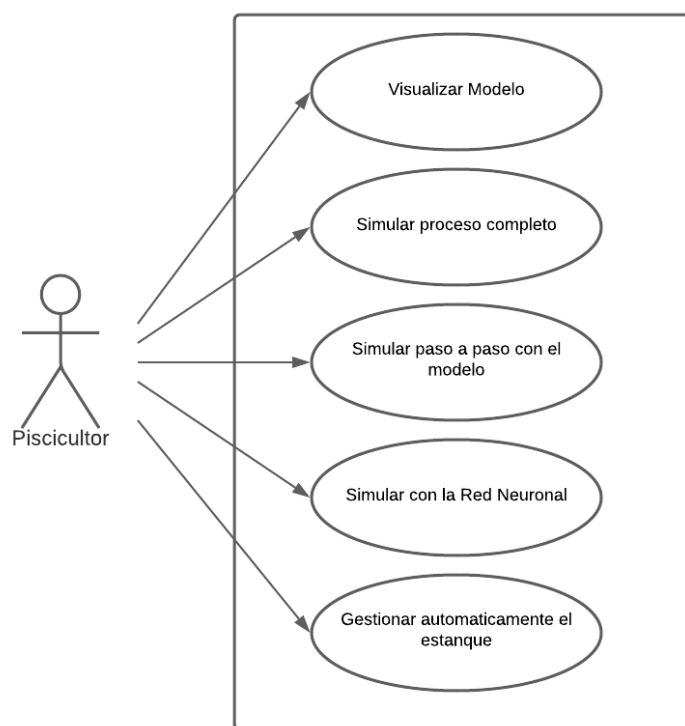
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 5.1.3 Diagrama de Casos de Uso General

Ahora, se presenta el diagrama de casos de uso general que fue diseñado dentro del análisis de requerimientos, con el fin de representar la relación del usuario con las diferentes funciones de la plataforma web, como se puede ver a continuación:

#### Figura 3

Diagrama de casos de uso general



Nota. Autor 2025

## 5.2 Diseño de la plataforma

### 5.2.1 Frontend

El frontend de la plataforma fue diseñado en Angular, con una estructura de componentes modulares para permitir una navegación fluida entre las diferentes vistas. Para la interfaz de usuario

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

se definió una composición de diversas pestañas, cada una pensada para una funcionalidad específica, como se define a continuación:

1. **Modelo:** En esta pestaña se mostrará el modelo de DS de producción piscícola junto a la explicación de sus componentes.
2. **Simulación:** Permitirá que se puedan realizar diversas simulaciones, usando las ecuaciones del modelo de DS, con diferentes valores iniciales y con la opción de testear diferentes tiempos de simulación.
3. **Resultados:** Estará compuesta por una tabla donde se puedan visualizar los resultados de las simulaciones con el modelo.
4. **Simulación 2:** En esta pestaña se encontrará la simulación con el modelo, la cual se irá realizando paso a paso, ingresando los datos requeridos en cada iteración para su procesamiento. Además, se cuenta con la opción de finalizar la simulación en cualquier momento, para permitir llevar un control sobre el proceso.
5. **Red Neuronal:** El usuario podrá interactuar aquí con la red neuronal, enviando solicitudes de predicciones y recibiendo las respectivas respuestas en tiempo real.
6. **Gestión:** Esta pestaña permite la gestión automatizada de un estanque simulado, donde la red neuronal por medio de sus predicciones va alimentando el estanque en cada iteración a medida que de igual forma el usuario ingresa los parámetros claves para cada paso de simulación.

Por otra parte, para la comunicación con el backend, el frontend utilizara los servicios en Angular para que gestionen las solicitudes HTTP enviadas al backend, lo que permite obtener y actualizar datos en tiempo real, con el fin de que haya una interacción eficiente entre los diferentes módulos del sistema.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 5.2.2 *Backend*

En el diseño del backend se eligió Spring Boot en Java, considerando que es la herramienta más adecuada para la homologación del modelo de DS implementado en el software EVOLUCIÓN a la web, ya que brinda la posibilidad de incluir todas las ecuaciones presentes en el modelo de tal forma que su funcionamiento no se vea afectado en ningún aspecto. Además, para el procesamiento de la red neuronal LSTM, se definió como lenguaje de programación Python el cual nos permite todo el trabajo con redes, desde su creación, entrenamiento y ajuste hasta el recibo de solicitudes y devolución de la respuesta de las predicciones de la red neuronal (Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación, s.f.).

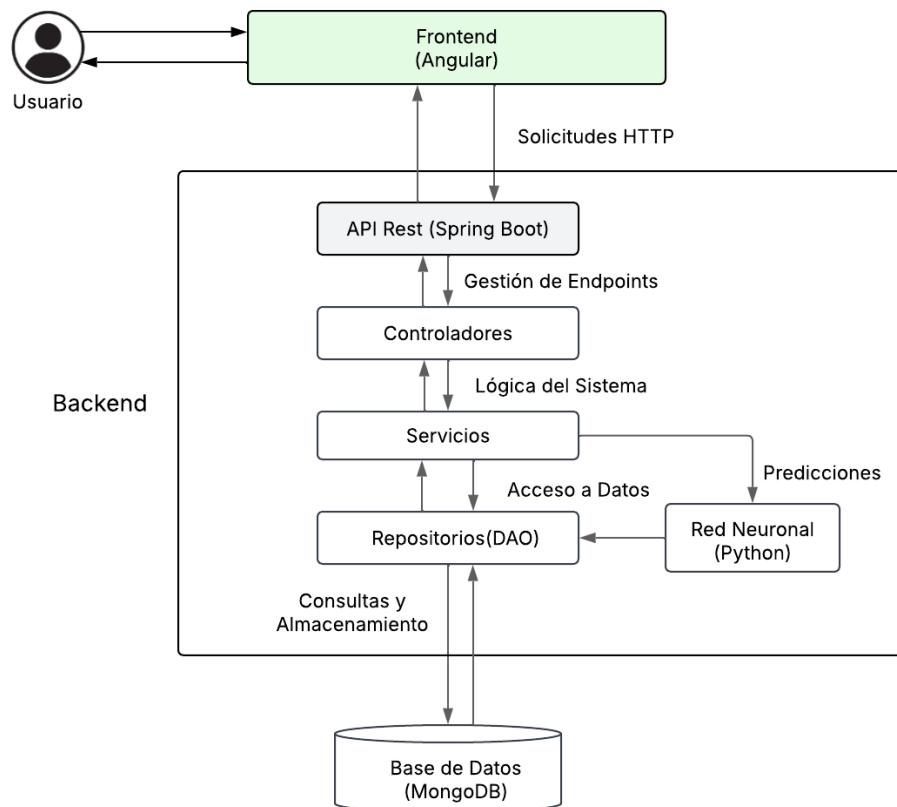
A su vez, para el almacenamiento de los datos requeridos en los cálculos y simulaciones, se eligió MongoDB como sistema de base datos, debido a su enfoque NoSQL, el cual ofrece mayor flexibilidad en el almacenamiento de datos de diferentes tipos y tamaños. Además, tratándose de una base de datos distribuida, garantiza la continuidad del sistema y permitiendo que, aunque algunos datos no estén disponibles, el resto de la base de datos pueda seguir operando sin interrupciones. (IBM, s.f.-b).

Este backend se encargará de procesar las simulaciones, gestionar la comunicación con la base de datos y conectar con la red neuronal para la generación de predicciones. A continuación, en la Figura 5, se presenta su arquitectura, donde se puede observar la interacción entre sus componentes principales.

#### **Figura 4**

*Diagrama de arquitectura de la plataforma*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota. Autor 2024*

Inicialmente el frontend envía solicitudes HTTP al backend, donde estas son recibidas por la API REST y gestionadas a través de los controladores. Estos controladores procesan las peticiones y delegan la lógica del sistema a los servicios, que se encargan de ejecutar los cálculos respectivos y gestionar la información. Además, si se requiere consultar o almacenar datos, los servicios interactúan con los repositorios que son los encargados del acceso a la base de datos.

Adicionalmente, los servicios pueden comunicarse con la red neuronal para la solicitud de predicciones requeridas por el sistema. Dicha interacción se realiza mediante el intercambio de datos en formato JSON, lo que permite al backend enviar la información necesaria para el

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

entrenamiento y la predicción de la red neuronal y recibir los resultados en tiempo real. Este enfoque garantiza una integración eficiente entre los distintos componentes del sistema.

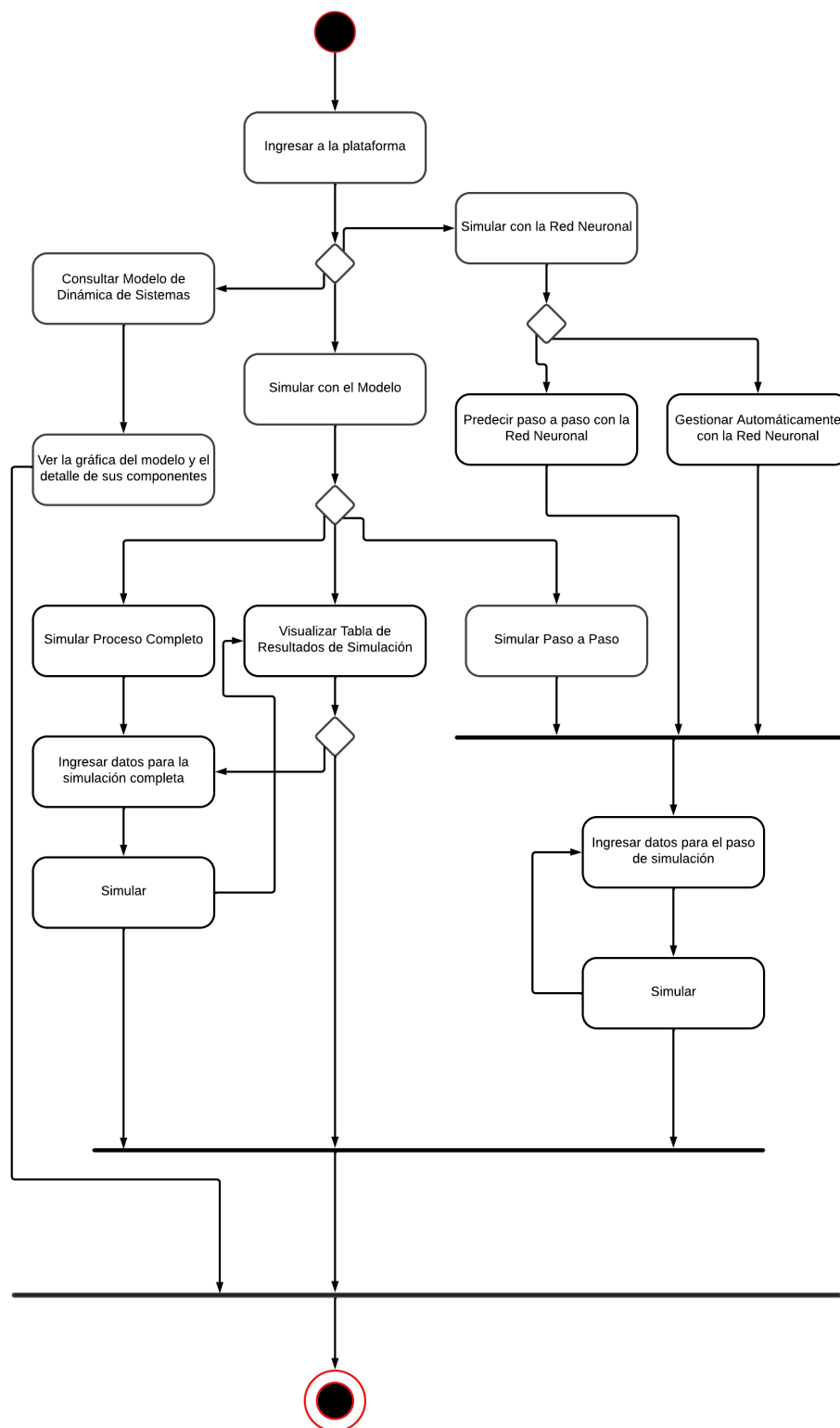
### **5.2.3 *Diagrama de Actividades***

Se definió el diagrama de actividades para el ambiente web, el cual representa el flujo de interacción del usuario con la plataforma, y se presenta a continuación:

#### **Figura 5**

*Diagrama de Actividades*

# AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



### 5.3 Construcción de la plataforma

#### 5.3.1 *Backend*

En primer lugar, se realizó la homologación del modelo de DS, trasladando las ecuaciones del software EVOLUCION, al IDE IntelliJ, para ello se fueron tomando los componentes del modelo y se fue haciendo una correspondencia con una función utilizando el lenguaje Java, de forma tal que el funcionamiento se mantuviera de la misma forma. Ahora bien, los elementos encontrados en el modelo fueron los siguientes:

1. Variables Auxiliares: Se utilizan para ayudar a simplificar, organizar y clarificar el modelo, realizando funciones intermedias dentro de este, que están definidas por ecuaciones. En el modelo se identificaron las siguientes variables presentadas junto a una breve descripción:
  - a. C\_Pmax: Indica la relación entre el peso del pez y el peso máximo que puede tener.
  - b. FC: Indica cuánto de cada gramo que el pez come lo convierte en carne.
  - c. Consumo\_Real: Es el consumo real del pez de acuerdo a sus necesidades.
  - d. RA\_Requerida: La ración alimenticia requerida por el pez en cada instante de la simulación.
  - e. Ingesta\_produc: Representa los gramos de comida que el pez utiliza de la ración suministrada para su crecimiento o aumento de peso diario.
  - f. Ingesta\_Mante: Son los gramos de comida que el pez utiliza de la ración alimenticia para su mantenimiento.
  - g. Frac\_Mante: Indica la fracción que el pez usa del alimento para su mantenimiento diario.
  - h. Temperatura: Se utiliza para generar valores de temperatura aleatorios para efectos de la simulación.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

- i. RApeces: Se utiliza para calcular la ración total que se le debe suministrar al estanque de peces.
- j. PecesMuertos: Se encarga de generar valores de muertes de peces aleatoriamente para efectos de la simulación.

Para su implementación en el backend, se creó una clase denominada *Process*, dentro de la cual se desarrolló una función específica para cada variable. Esto permite que dichas funciones puedan ser usadas por otras clases y componentes del sistema. En cada función se definió la ecuación correspondiente a la variable, conservando así la lógica del modelo original.

2. Parámetros: Son valores fijos que se utilizan por las variables para el desarrollo de sus operaciones y definen condiciones estáticas que no se alteran durante la simulación. En el modelo se presentan los siguientes parámetros:
  - a. PMax: Contiene el valor del peso máximo al que puede llegar el pez.
  - b. FC\_Max: Es el factor máximo de conversión del pez.
  - c. Fac\_Prod\_Max: Corresponde al porcentaje de comida que el pez convierte en peso.
  - d. NPeces: Es la cantidad de peces inicial del estanque.

Su implementación en el backend se realizó mediante la creación de una clase denominada *Environment* dentro de la cual se definieron los atributos correspondientes a las variables que describen las propiedades de la clase. Dado que estas variables tienen un valor estático en el modelo original, se asignaron valores fijos con el fin de mantener el comportamiento esperado del sistema.

3. Niveles: Se encargan de manejar valores dinámicos que varían a medida que avanza la simulación, ya que estos se acumulan o disminuyen en cada iteración del proceso. En cada paso de la simulación, el valor del nivel puede aumentar o disminuir dependiendo de las

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

condiciones establecidas en el modelo. Como resultado, al finalizar la simulación, dicho valor será diferente al valor inicial.

En este caso, los valores que el modelo almacena a lo largo de la simulación son el peso del pez, la cantidad de muertes de peces y la cantidad de alimento suministrado, y se encuentran definidos dentro del modelo con los siguientes nombres respectivamente: *PesoPez*, *TotalMuertes*, *AlimentoSuminis*.

Para su implementación se optó por el uso de variables, las cuales permiten que el valor definido inicialmente pueda modificarse de forma continua según sea requerido a lo largo de la simulación, y fueron definidas dentro de la clase *Environment*, así como se hizo anteriormente con los parámetros.

4. Variables de flujo: Son las encargadas de afectar los niveles, es decir son las responsables de aumentar o disminuir el valor acumulado de un nivel durante un periodo determinado de tiempo. Por lo tanto, en correspondencia a los niveles presentados anteriormente, tenemos las siguientes variables de flujo: *IPP*, *Ración* y *Muertes*, las cuales afectan los niveles *PesoPez*, *AlimentoSuminis* y *TotalMuertes* respectivamente.

Su implementación dentro de la plataforma se realizó de forma similar a las variables auxiliares, definiendo una función específica para cada variable de flujo dentro de la clase que le corresponde. A cada función se le asignó la ecuación que representa su comportamiento en el modelo, con el fin de mantener el mismo comportamiento del sistema inicial.

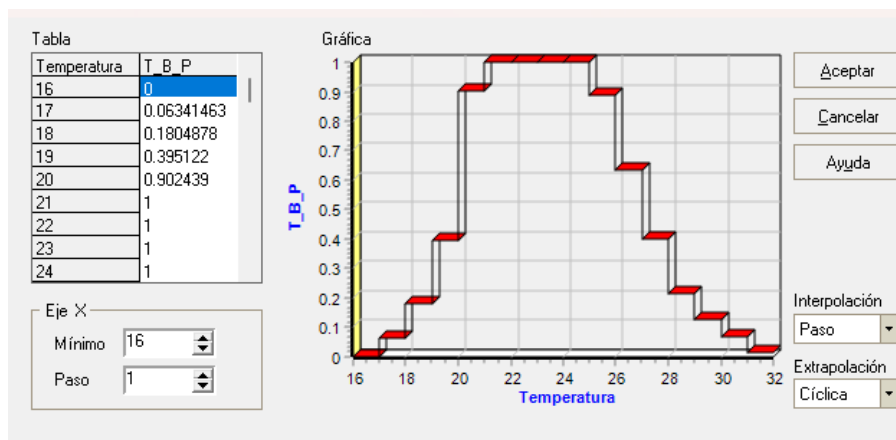
5. Tablas: En el modelo se manejaron tres tablas de datos fundamentales para su funcionamiento, las cuales fueron adaptadas e implementadas para cumplir su función específica, como se presenta posteriormente.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

En la Figura 6, se presenta una función de tipo escalón o paso, la cual esta caracterizada por mantener valores constantes en intervalos definidos y presentar cambios abruptos en puntos específicos. Esta función representa la influencia de la temperatura en la alimentación del pez, estableciendo un coeficiente de como varía la alimentación en función de los cambios de temperatura (Ogata, 2010).

**Figura 6**

*Tabla T\_B\_P*



*Nota. Autor 2024*

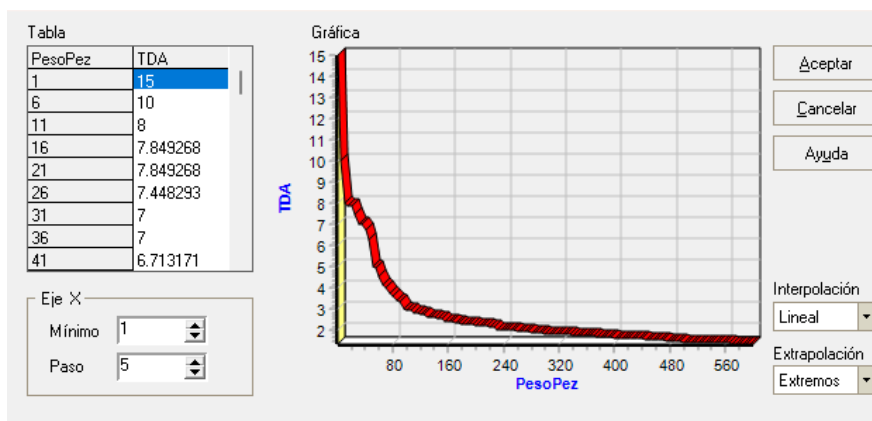
Para su codificación, los valores correspondientes al eje y, que representan el coeficiente de alimentación, se almacenaron en un vector. Por otro lado, los valores del eje x, relacionados con la temperatura, se ajustaron de modo que, al ingresar un valor de temperatura, este se relacione automáticamente con su correspondiente en el vector de valores de y. Este desarrollo garantiza que la función se siga teniendo su comportamiento original, sin que se altere su lógica dentro del modelo.

Por su parte, las funciones representadas en la Figura 7 y la Figura 8 corresponden a funciones de tipo lineal, basadas en valores de referencia que están definidos por el modelo.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura 7

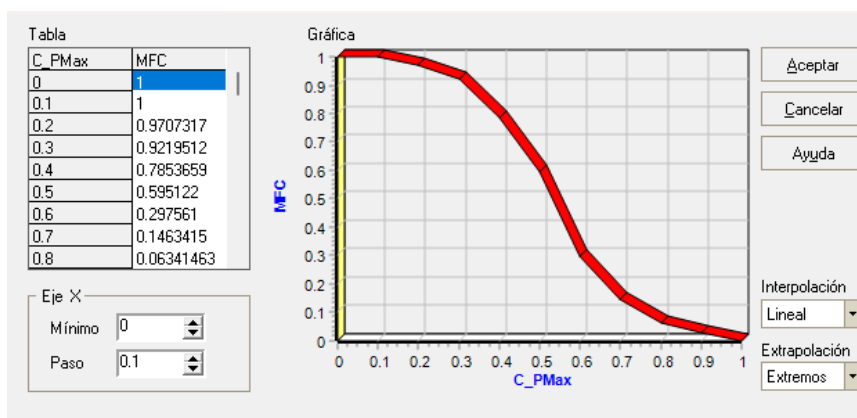
Tabla TDA



Nota. Autor 2024

### Figura 8

Tabla MFC



Nota. Autor 2024

Debido a que se requieren de todos los valores para poder trabajar de igual forma dentro del backend, fue necesario completar los datos faltantes, para lo cual se aplicó el método

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

de interpolación lineal, que permite estimar valores intermedios entre dos puntos conocidos (Burden & Faires, 2011).

La fórmula general que se utiliza en la interpolación es la siguiente:

$$f(x) = y_1 + \frac{(x - x_1)(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

Ecuación 1 (Chapra & Canale, 2020)

Donde:

$x_1$  y  $x_2$  son los puntos conocidos en el eje  $x$ .

$y_1$  y  $y_2$  son los valores correspondientes en el eje  $y$ .

$x$  es el punto intermedio para el que se desea estimar el valor de  $f(x)$ .

Este método permitió tener todos los valores de forma que, se conservara la coherencia con el modelo original.

En segundo lugar, se completó la estructura del backend con el fin de cubrir los requerimientos del ambiente web. Esta estructura se encuentra distribuida en una carpeta base nombrada *webpecesapi*, dentro de la cual están organizadas las demás carpetas, organizadas según la función de cada uno de los componentes que contienen de la siguiente manera:

1. Controller: Se encuentran los controladores, que son los encargados de gestionar las solicitudes y respuestas HTTP.
2. Entity: Se encuentra almacenada la información de los parámetros que tiene el modelo de DS por defecto.
3. Functions: Se encarga de manejar las funciones que quedaron de resultado de la homologación de las tablas del modelo de DS mencionadas anteriormente.

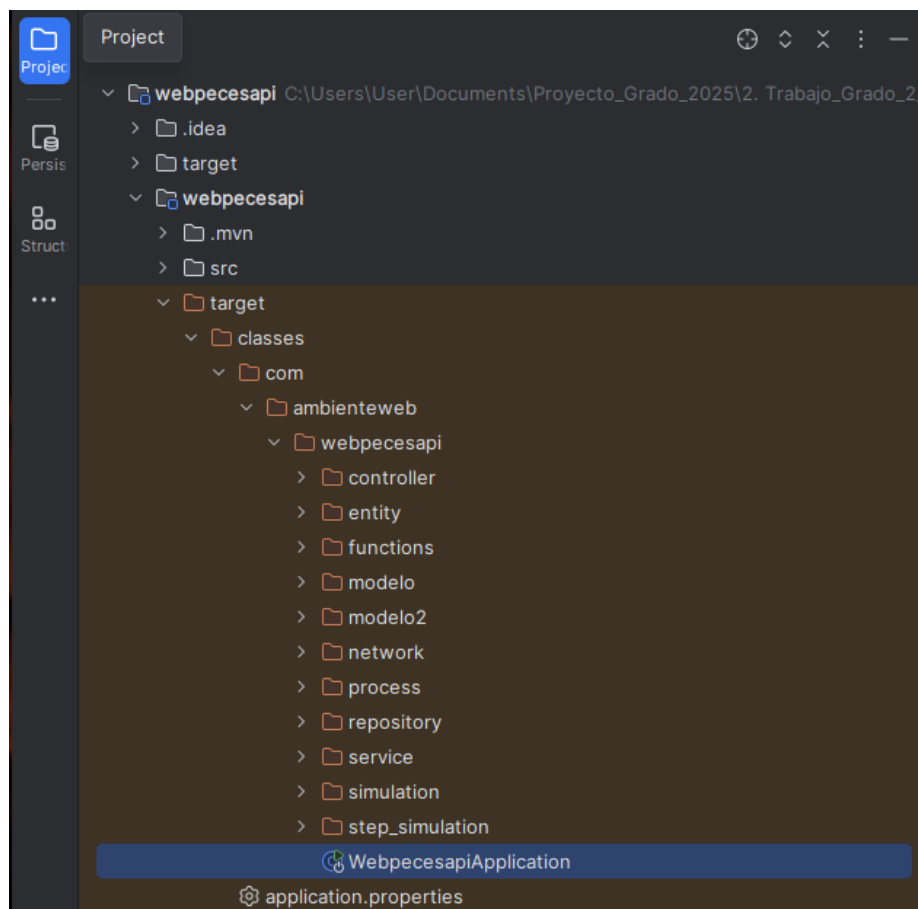
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

4. Modelo: Se encarga de manejar los datos de entrada y los datos de salida, del proceso de simulación completa que está basado en el modelo de DS.
5. Modelo2: Se encarga del manejo de los datos de entrada y de salida del proceso de simulación paso a paso.
6. Network: Se encarga de la gestión de los datos de la red neuronal que se manejan en el backend: datos de entrada, datos de salida y datos de entrenamiento. Además, organiza su almacenamiento en la base de datos.
7. Process: Se encuentran las funciones de los diferentes procesos del modelo de DS que fueron homologados a la web.
8. Repository: Se encarga del manejo de la conexión con la base de datos (MongoDB), y la lectura y almacenamiento de datos en esta.
9. Service: Está encargado de gestionar todas las conexiones necesarias, permitiendo la comunicación tanto con el frontend como con la red neuronal.
10. Simulation: Se encarga de llevar a cabo la simulación completa basada en el modelo de DS. Aquí relaciona todas las funciones y valores de modo que su funcionamiento sea igual al del modelo.
11. Step\_simulation: Del mismo modo que el anterior componente, se encarga de desarrollar la simulación paso a paso.

Esta distribución de las carpetas que componen la estructura del backend descrita anteriormente se puede observar en la Figura 9 presentada a continuación:

**Figura 9***Estructura del Backend*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota.* Autor 2025

Por otro lado, para la creación de la red neuronal como ya se había definido anteriormente se utilizó el lenguaje Python, y se programó por medio del editor de código Visual Studio Code, dentro del cual fue requerido la creación de los siguientes componentes para lograr una correcta implementación de la red neuronal en la plataforma:

1. Red\_neuronal\_lstm: Es el archivo que contiene el código fuente de la red neuronal LSTM. En él están definidas las importaciones de las librerías necesarias para la implementación y manejo de redes neuronales, la creación y configuración del modelo utilizado, la lectura y el preprocesamiento de los datos de entrenamiento, el proceso de entrenamiento, la

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

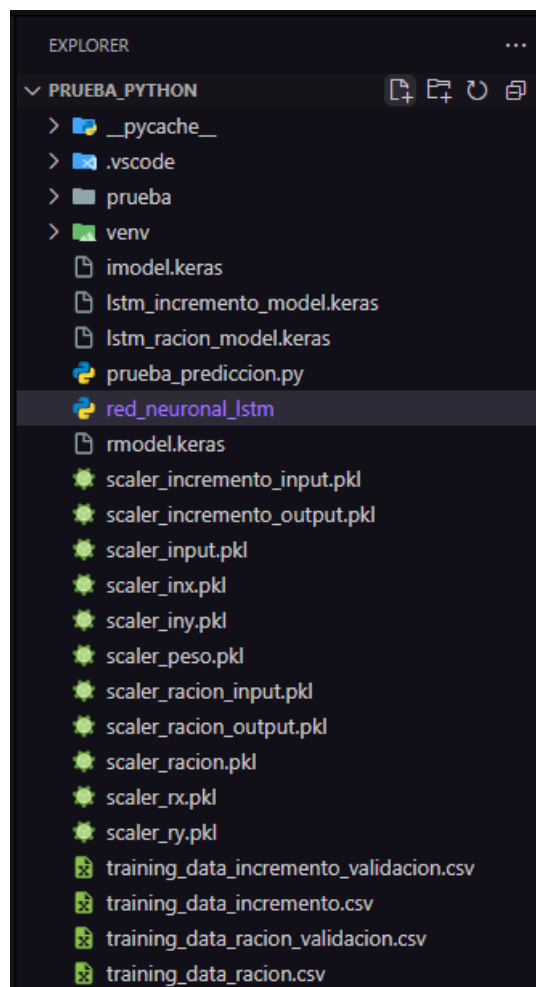
estructura de la red utilizada, así como la gestión de solicitudes y respuestas a las predicciones generadas.

2. Model.keras: Los archivos de este tipo son los modelos entrenados de la red neuronal que luego se utilizan para que con base en ellos se puedan generar las predicciones solicitadas.
3. Scaler: Los archivos scaler, son utilizados para el proceso de normalización de los datos de entrada y de los datos de salida, con el fin de optimizar el rendimiento del modelo y mejorar el proceso de entrenamiento.
4. Archivos de datos: Los archivos de extensión .csv, son los datasets que contienen el conjunto de datos obtenido del modelo de DS, donde se encuentran las variables de entrada y su respectiva variable de salida. Esta información es la que utiliza la red neuronal para su proceso de entrenamiento por medio del cálculo de la relación que existe entre las variables de entrada y la variable de salida, allí definidas.

Como se puede evidenciar en la Figura 10, en el explorador del software Visual Studio Code, se visualiza la estructura ya mencionada para el manejo e implementación de la red neuronal en el ambiente web, con cada uno de los componentes descritos.

### **Figura 10**

*Estructura de la Red Neuronal*



*Nota.* Autor 2025

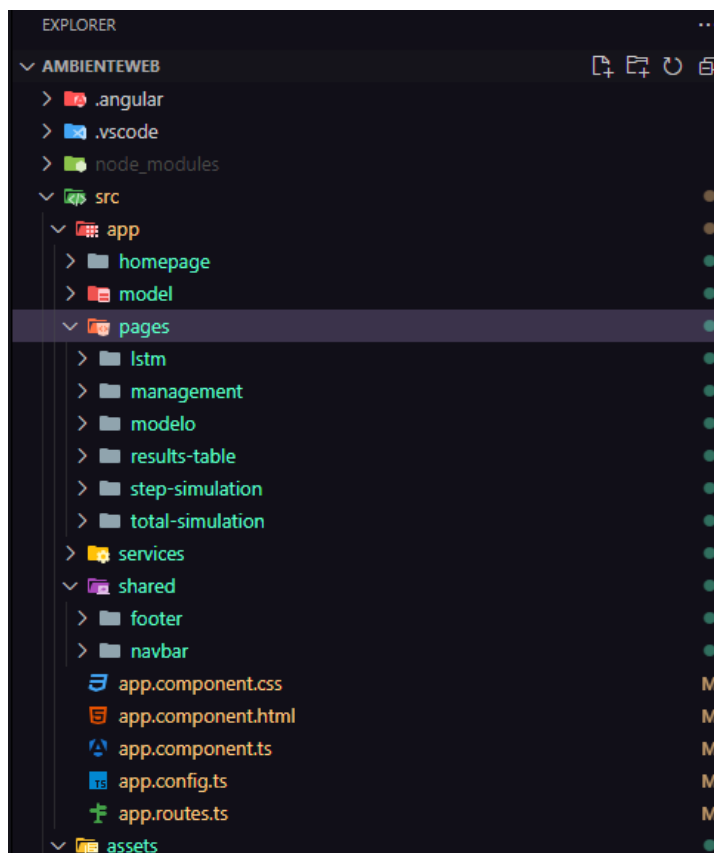
### 5.3.2 *Frontend*

El desarrollo del frontend se realizó con el framework de Angular en su versión 17, utilizando como editor de código Visual Studio Code. La estructura que se creó para su implementación está organizada en carpetas, tal como se presenta en la Figura 11. Dichas carpetas contienen los componentes que conforman la plataforma web, cuya descripción se detalla más adelante.

## **Figura 11**

*Estructura del frontend*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota. Autor 2025*

Los elementos principales que conforman esta estructura y fueron pieza importante en el correcto funcionamiento y visualización del frontend son los siguientes:

6. Homepage: Contiene el componente encargado de mostrar la página de inicio del ambiente web.
7. Model: Contiene las interfaces encargadas del modelado de los datos de entrada y salida de las simulaciones.
8. Pages: Dentro de esta carpeta se encuentran las carpetas de los diferentes módulos del ambiente web que son los siguientes:
  - a. LSTM: Contiene el componente encargado de gestionar las predicciones de la red neuronal.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

- b. Management: Tiene el componente que se encarga del proceso de gestión automática del estanque por parte de la red neuronal.
  - c. Modelo: Contiene el componente encargado de mostrar el modelo de DS, y la breve explicación de cada uno de sus elementos.
  - d. Results-table: Se encuentra el componente que permite la visualización del consolidado de los resultados de las simulaciones basadas en el modelo de DS, en una tabla.
  - e. Step-simulation: Contiene el componente que se encarga de la ejecución del proceso de simulación paso a paso.
  - f. Total simulation: Tiene el componente que maneja la simulación completa basada en el modelo de DS.
- 9. Services: Contiene los componentes encargados de manejar la conexión con el backend.
  - 10. Shared: Contiene los componentes que están presentes en todas las páginas del ambiente web, como la barra de navegación y el pie de página.
  - 11. Assets: Contiene las imágenes que se utilizan dentro del ambiente web.

### **5.4 Entrenamiento de la red neuronal**

Una vez establecida la conexión entre el backend y la red neuronal, se inició el proceso de entrenamiento de la red neuronal, con el fin de prepararla para realizar predicciones con bajo margen de error. Para esto, se definieron los datos requeridos para el entrenamiento y se elaboró un dataset, que es un conjunto estructurado de datos organizados, donde cada fila representa los datos y cada columna una variable específica, dado que este tipo de estructura de almacenamiento de los datos facilita el manejo de la información y el adecuado procesamiento por parte de la red neuronal.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### 5.4.1 Datos de Entrenamiento

Ahora bien, dado que en el ambiente web se requería la predicción de dos valores diferentes (ración requerida e incremento de peso), se generaron dos dataset, uno para cada variable de salida con la siguiente organización:

**Tabla 10**

*Estructura de los dataset para la red neuronal*

<b>Dataset</b>	<b>Variables de entrada</b>	<b>Variable de salida</b>	<b>Número de datos</b>
<b>Ración requerida</b>	Peso, Temperatura	Ración de alimento	10.000
<b>Incremento de peso</b>	Peso, Peso Máximo, Ración	Incremento de peso	10.000

En estos dataset las variables de entrada representan los datos que le ingresan a la red neuronal, y la variable de salida es el valor que la red debe predecir a partir de los patrones que identifica en los datos de entrada. Adicionalmente, estos dataset se dividieron en dos subconjuntos distribuidos de la siguiente forma: un 80% para entrenamiento y un 20% para la validación, donde los datos de entrenamiento son los utilizados para el ajuste interno de la red, mientras que los de validación funcionan para evaluar el desempeño de la red con respecto a las predicciones.

La cantidad de datos de los dataset se definió luego de varias pruebas que se explicarán más a detalle en la Sección 5.5.4. Estos datos se generaron a partir del modelo de DS ya implementado en la plataforma, así mismo, cabe destacar que los datos de entrenamiento y los de validación se generaron en un rango diferente con el fin de evitar que la red memorice valores específicos en lugar de aprender patrones generales. De esta forma, se asegura que la red predice en base al aprendizaje de las relaciones entre las variables y no en la repetición de datos conocidos.

#### 5.4.2 Modelo LSTM

Por otra parte, como resultado del entrenamiento se definió el modelo de red neuronal LSTM que se implementó en el ambiente web para realizar las predicciones requeridas. Este modelo fue diseñado utilizando TensorFlow y Keras, y se estructuró de la siguiente manera para cada una de las predicciones requeridas como podemos ver en la Figura 12 y Figura 13:

#### Figura 12

*Modelo LSTM para la predicción de la ración de alimento requerida*

```
# Modelo LSTM para la ración requerida
racion_model = Sequential([
    Input(shape=(1, 2)),
    LSTM(64, return_sequences=True),
    BatchNormalization(),
    Dropout(0.2),
    LSTM(32, return_sequences=False),
    Dense(1, activation='relu')
])

racion_model.compile(
    optimizer=Adam(learning_rate=0.0005),
    loss='mean_squared_error'
)

racion_model.fit(
    rx_ts,
    ry_ts,
    validation_data=(rx_vs, ry_vs),
    epochs=200,
    batch_size=32
)

# Guardar el modelo de ración
racion_model.save('rmodel.keras')
```

*Nota. Autor 2025*

#### Figura 13

*Modelo LSTM para la predicción del incremento del peso del pez*

```
# Modelo LSTM para el incremento de peso
incremento_model = Sequential([
    Input(shape=(1, 3)),
    LSTM(units=64, activation='tanh', return_sequences=True),
    BatchNormalization(),
    Dropout(0.2),
    LSTM(units=64, activation='tanh', return_sequences=False),
    Dense(32, activation='tanh', kernel_regularizer=l2(0.01)),
    Dense(1, activation='tanh')
])

incremento_model.compile(
    optimizer=Adam(learning_rate=0.0005),
    loss='mean_squared_error'
)

incremento_model.fit(
    inx_ts,
    iny_ts,
    validation_data=(inx_vs, iny_vs),
    epochs=300,
    batch_size=32
)

# Guardar el modelo de ración
incremento_model.save('imodel.keras')
```

*Nota.* Autor 2025

Estos dos modelos (ración requerida e incremento de peso), fueron definidos luego de las diferentes pruebas realizadas durante el proceso de entrenamiento y son el resultado de este donde cada uno de los modelos, fue ajustado conforme a su requerimiento específico y a la forma de los datos utilizados para realizar la predicción.

## 5.5 Pruebas

### 5.5.1 Conexiones del Frontend, Backend, Red Neuronal y Base de Datos

Por medio del uso del software POSTMAN, se realizó la validación de las conexiones entre el frontend y el backend, así como la conexión con la red neuronal y el correcto funcionamiento de la comunicación con la base de datos de MongoDB.

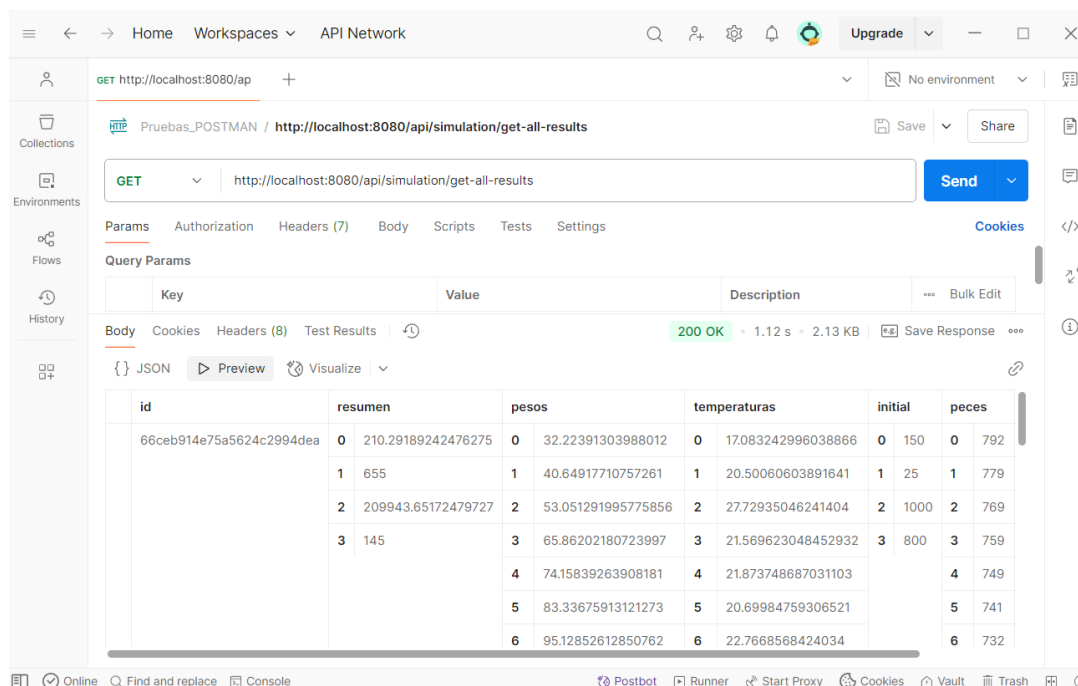
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

A continuación, se presentan las imágenes de los resultados de las validaciones con POSTMAN, para cada uno de los casos anteriormente mencionados, a través de las diferentes peticiones HTTP, utilizando la dirección local: <http://localhost:8080/>, en la cual se encuentra desplegado y en ejecución el backend.

En la Figura 14 y 15 se puede observar el correcto funcionamiento de las peticiones que se realizan al backend, para el proceso de simulación completa y de la simulación paso a paso. Además, en la Figura 16 se presenta la verificación de que las peticiones también funcionan correctamente dentro de la base de datos, esta última validación se hizo por medio del software MongoDB Compas que es una herramienta que permite la consulta, análisis y optimización de los datos de MongoDB (MongoDB, s.f.-a).

**Figura 14**

*Prueba POSTMAN petición GET*



id	resumen	pesos	temperaturas	initial	peces					
66ceb914e75a5624c2994dea	0	210.29189242476275	0	32.22391303988012	0	17.083242996038866	0	150	0	792
	1	655	1	40.64917710757261	1	20.50060603891641	1	25	1	779
	2	209943.65172479727	2	53.051291995775856	2	27.72935046241404	2	1000	2	769
	3	145	3	65.86202180723997	3	21.569623048452932	3	800	3	759
	4		4	74.15839263908181	4	21.873748687031103			4	749
	5		5	83.33675913121273	5	20.69984759306521			5	741
	6		6	95.12852612850762	6	22.7668568424034			6	732

*Nota. Autor 2024*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Figura 15

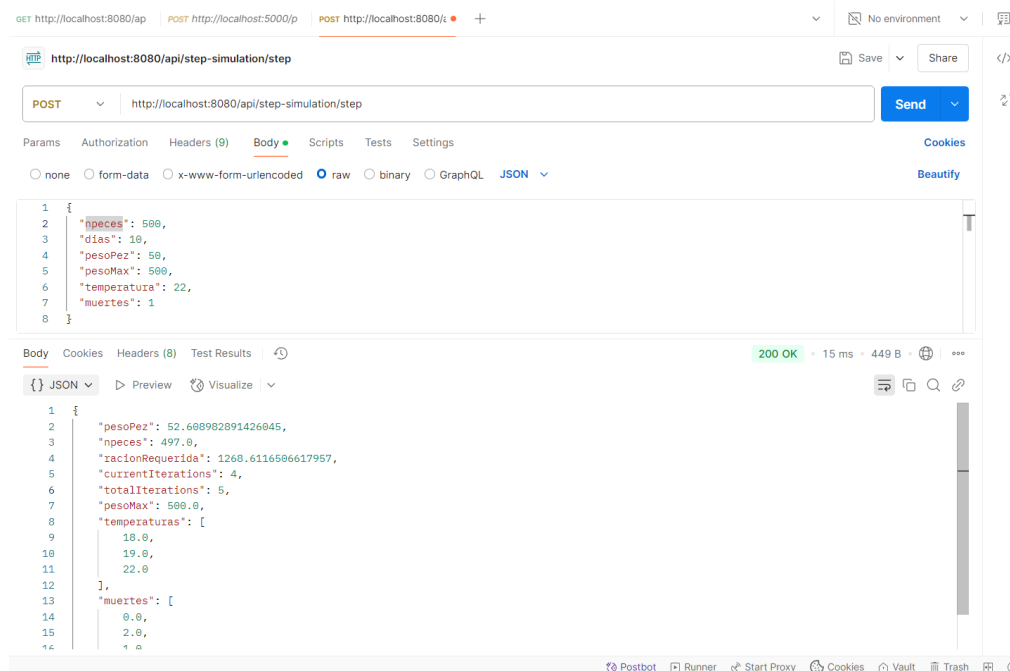
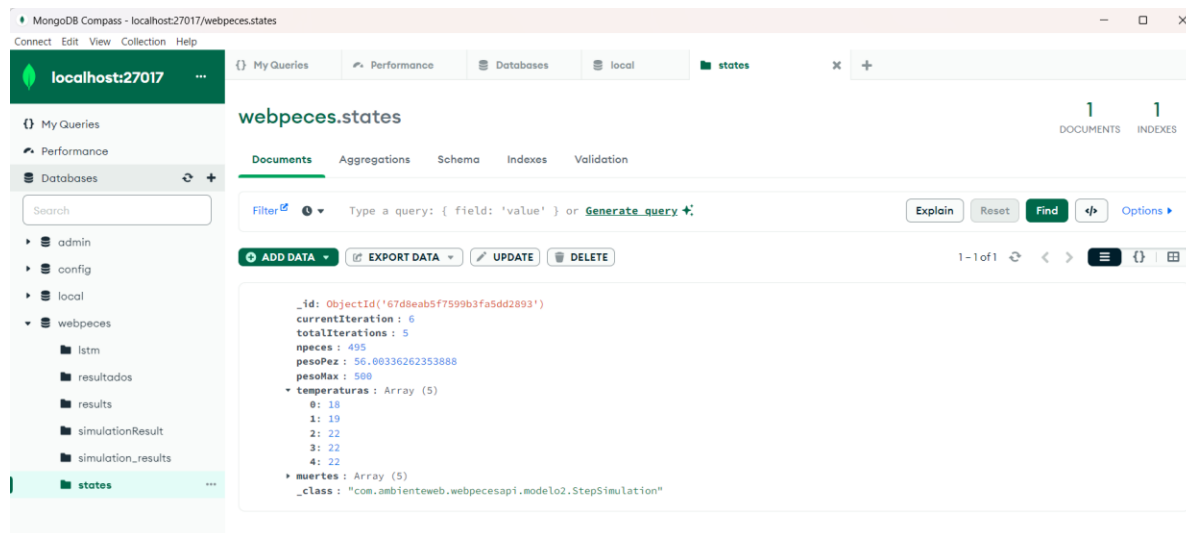
*Prueba POSTMAN petición POST**Nota. Autor 2024*

Figura 16

*Prueba funcionamiento base de datos*

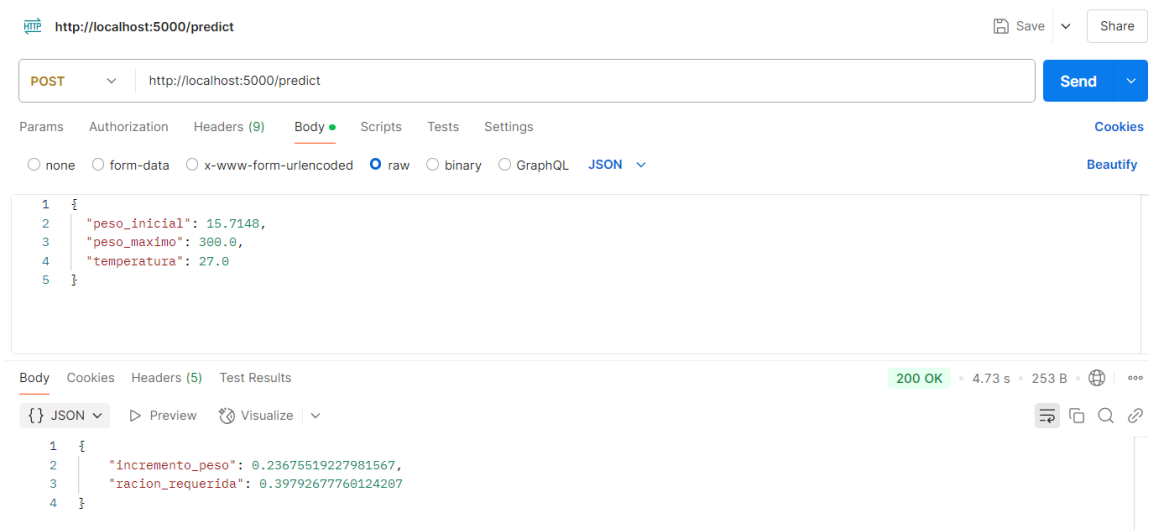
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

*Nota. Autor 2024*

De igual forma, se tiene la red neuronal que, a diferencia del backend para este caso se encuentra desplegada y funcionando en la dirección local: <http://localhost:5000/>, a través de la cual se envía la solicitud de predicción y a través de esta se obtiene la respectiva respuesta. Lo anterior, se validó por medio de POSTMAN y se consiguieron resultados positivos como se evidencia en la imagen presentada a continuación.

### Figura 17

#### *Prueba predicción red neuronal*



*Nota. Autor 2024*

#### **5.5.2 Validación Homologación del Modelo de DS en el ambiente web**

Con el fin de validar que la homologación del Modelo de DS en el ambiente web se haya realizado correctamente, se realizaron pruebas comparativas entre el modelo original y el implementado en la plataforma. En estas pruebas se ejecutaron ambos modelos con los mismos datos y se analizaron los resultados obtenidos para confirmar su equivalencia. De esta forma, se

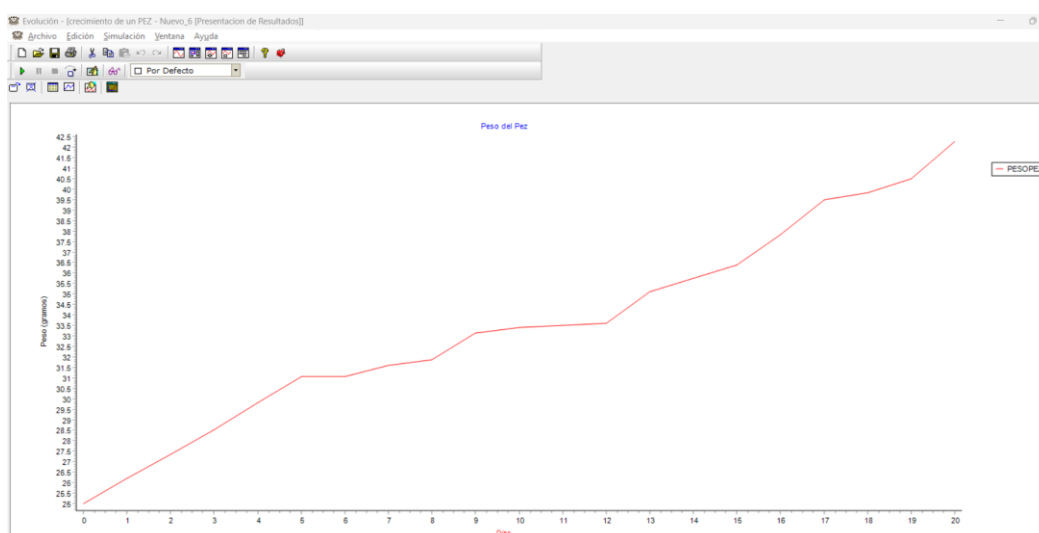
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

buscó confirmar que el comportamiento del modelo en el ambiente web refleja el funcionamiento del modelo original.

Para ilustrar este proceso, se presenta un ejemplo de una simulación hecha en ambos modelos con los mismos datos de entrada. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada caso, permitiendo evidenciar que los valores obtenidos son equivalentes. Esta comparación se refleja en las siguientes gráficas y tabla, donde se observa la concordancia entre ambos modelos.

### Figura 18

*Simulación peso pez en EVOLUCION*

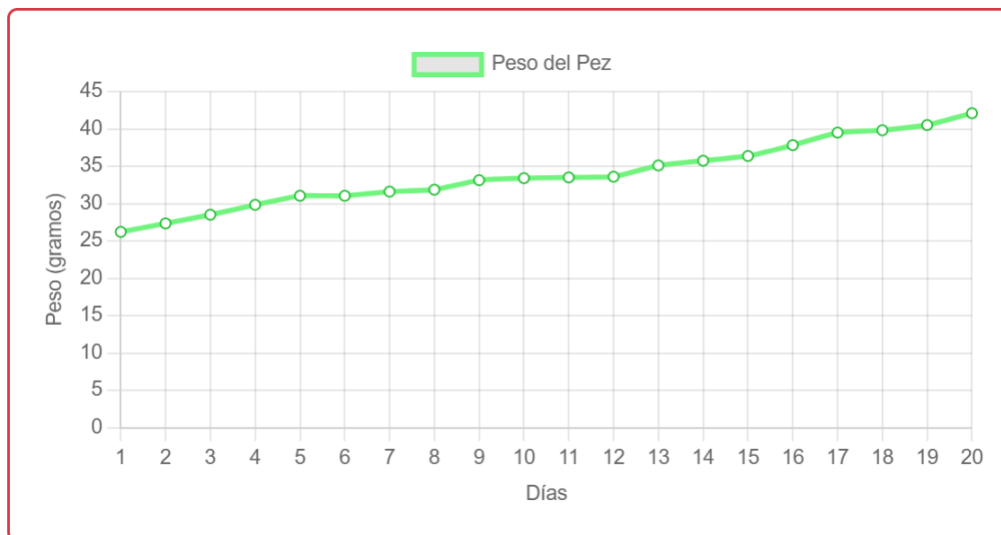


*Nota. Autor 2025*

### Figura 19

*Simulación peso pez en el ambiente web*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota. Autor 2025*

**Tabla 11**

*Resultados de la simulación en ambos modelos*

N° iteración	Temperatura (°C)	Peso - Modelo EVOLUCION (gramos)	Peso - Modelo Ambiente Web (gramos)
1	22	26,212	26,212
2	20	27,343	27,344
3	20	28,508	28,508
4	21	29,834	29,835
5	25	31,046	31,046
6	16	31,046	31,046
7	27	31,606	31,606
8	18	31,863	31,863
9	25	33,138	33,139
10	18	33,408	33,408
11	17	33,503	33,504
12	17	33,599	33,6
13	22	35,114	35,114
14	19	35,73	35,74
15	19	36,376	36,376
16	25	37,827	37,828
17	23	39,507	39,507
18	18	39,819	39,82
19	27	40,515	40,515

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

<b>N° iteración</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Peso - Modelo EVOLUCION (gramos)</b>	<b>Peso - Modelo Ambiente Web (gramos)</b>
20	20	42,273	42,102

Como se puede observar, los resultados obtenidos en ambos modelos son equivalentes. En los casos donde se presentan diferencias, estas son mínimas y no afectan el comportamiento del sistema. Por lo tanto, es posible concluir que la implementación del modelo en el ambiente web funciona del mismo modo que el modelo original en el software EVOLUCION.

### 5.5.3 Simulación Paso a Paso

De igual forma que en la prueba anterior, para el módulo de la plataforma donde se ejecuta la simulación paso a paso se realizó la validación de su funcionamiento conforme al modelo original y como muestra de ello se presenta seguidamente los resultados obtenidos por ambos modelos, junto con la gráfica de estos.

### Figura 20

*Tabla de datos simulación paso a paso*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Valores Ingresados		Resultados de Simulación			
Temperatura	Número de Muertes	Día	Peso de los Peces	Número de Peces	Ración Requerida
20	0	1	20.91	500	708.35
24	0	2	21.97	500	820.73
28	0	3	22.21	500	183.23
26	0	4	22.91	500	545.84
19	0	5	23.36	500	348.32
17	0	6	23.43	500	56.73
27	0	7	23.89	500	358.69
19	0	8	24.36	500	359.55
18	0	9	24.57	500	166.61
18	0	10	24.79	500	167.69
25	0	11	25.86	500	830.21
25	0	12	26.96	500	856.19
24	0	13	28.24	500	992.38
25	0	14	29.41	500	908.45
17	0	15	29.49	500	66.6
23	0	16	30.85	500	1,052.16
21	0	17	32.24	500	1,081.76
21	0	18	33.69	500	1,128.42
28	0	19	34.02	500	253.11
16	0	20	34.02	500	0.0

Cancelar  
Simulación

Nueva Simulación

*Nota. Autor 2025*

### Figura 21

*Tabla datos modelo EVOLUCION*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

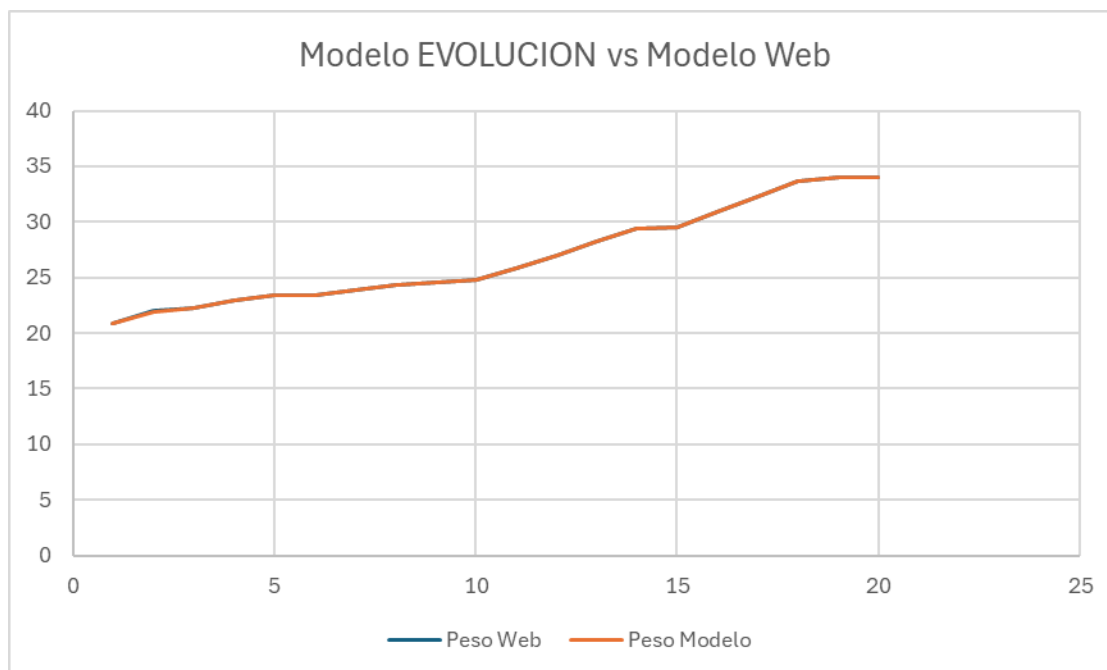
Iterac.	X:T	PESQPEZ
1	0	20
2	1	20.9123529407272
3	2	21.9694574487879
4	3	22.205456372173
5	4	22.9084998930476
6	5	23.3571326390054
7	6	23.4302023022945
8	7	23.8921914759488
9	8	24.3552925221953
10	9	24.5698813850373
11	10	24.7858694773604
12	11	25.8551823799857
13	12	26.9579510101955
14	13	28.2361321906265
15	14	29.4062109156703
16	15	29.4919914564044
17	16	30.8471698815048
18	17	32.2404823873528
19	18	33.6938833333747
20	19	34.0198954164951
21	20	34.0198954164951

*Nota. Autor 2025*

Utilizando los datos arrojados por ambos modelos se generó la gráfica que se presenta a continuación, en donde se puede evidenciar que las líneas correspondientes a cada modelo se superponen, por lo tanto, es posible afirmar que la simulación paso a paso se comporta de la misma forma que el modelo original.

### **Figura 22**

*Gráfica comparación de los modelos*



*Nota.* Autor 2025

#### 5.5.4 Cantidad de Datos de Entrenamiento

En el proceso de entrenamiento de la red neuronal fue requerido organizar una serie de datos que le proporcionaran a la red la forma de que pudiese encontrar la relación entre las variables de entrada y la variable de salida de forma que al proporcionarle los datos de entrada esta pueda realizar la predicción requerida sobre el valor de salida.

Dado lo anterior, es necesario un dataset donde este consignados los valores de entrada y el correspondiente valor de salida para este fin, no obstante, la cantidad de datos que se deben entregar para que la red aprenda no está definida, por lo cual, se realizaron pruebas para determinar la cantidad de datos adecuada para este caso.

Para este proceso se generó un conjunto de datos aleatorios utilizando el modelo de DS que se homologó en el ambiente web, con las siguientes características:

**Intervalo del Peso Inicial:** 10 - 30 (gramos)

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

**Intervalo del Peso Máximo:** 450 – 500 (gramos)

**Intervalo de Temperatura:** 16 – 25 (°C)

Además, se hicieron conjuntos con diferente cantidad de datos para la prueba: 100, 200, 500, 1000, 1500 y 2000 datos respectivamente. Una vez generados los datos, se entrenó la red con cada uno de los conjuntos y se realizó la prueba con los valores descritos a continuación:

**Tabla 12**

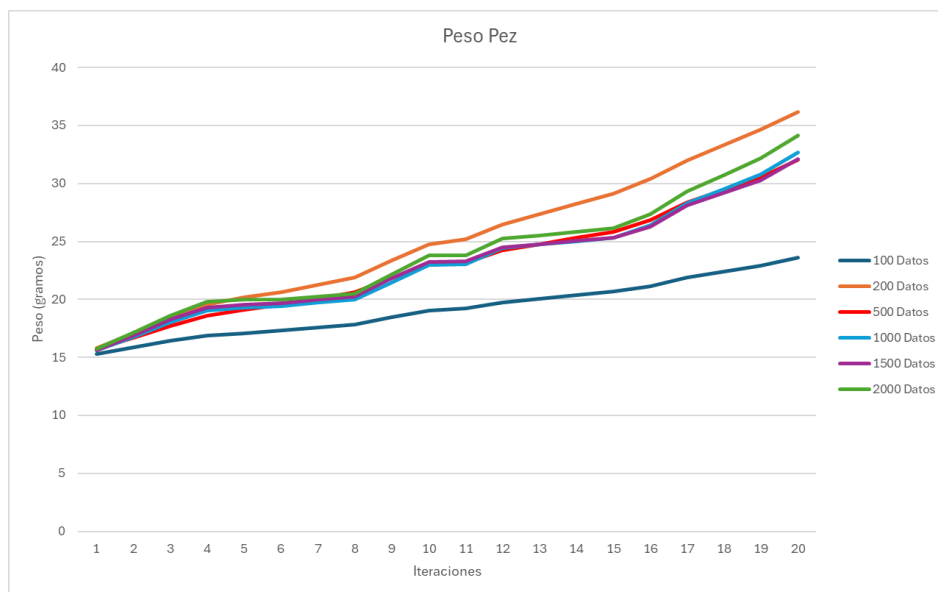
*Datos para la prueba de la cantidad de datos de entrenamiento*

Datos	
<b>Peso Inicial:</b>	15
<b>Peso Máximo:</b>	500
Iteración	Temperatura
1	21
2	24
3	24
4	22
5	19
6	18
7	19
8	19
9	24
10	23
11	17
12	22
13	19
14	19
15	19
16	21
17	24
18	21
19	21
20	23

Después de realizar las diversas predicciones con la red neuronal, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Figura 23**

*Gráfica cantidad de datos para entrenamiento*



*Nota. Autor 2024*

Como se puede observar en la Figura 23, a medida que la cantidad de datos para entrenamiento fue aumentando, los valores que la red neuronal predijo fueron convergiendo, de forma que tenían un comportamiento más estable, por lo tanto, se decidió definir la cantidad de datos en 10.000 para entrenamiento, de forma que sean más estables y que se generaran inconvenientes para su procesamiento.

#### **5.5.5 Entrenamiento de la Red Neuronal**

Luego de definir la cantidad de datos para entrenamiento, se procedió a iniciar el entrenamiento de la red neuronal usando este conjunto de datos. Durante el proceso, la red analizó y procesó los datos para determinar una relación entre las variables de entrada y la variable de salida, con el fin de generar predicciones precisas con base en dicha relación.

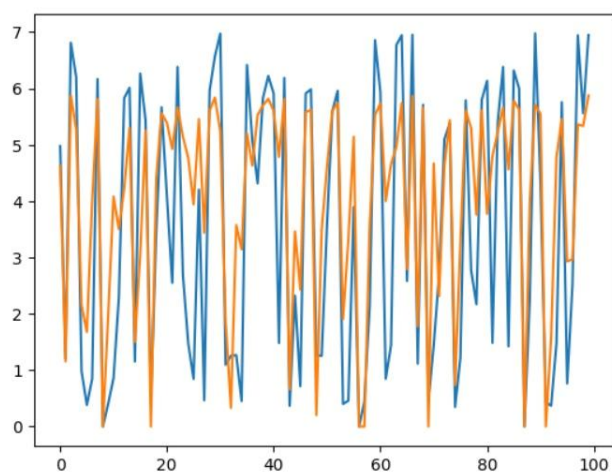
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Sin embargo, luego de evaluar los resultados de las predicciones posterior al entrenamiento de la red neuronal, se presentó un alto porcentaje de error en comparación con los valores esperados, lo que indicaba que algo del proceso no estaba funcionando adecuadamente. Luego de una revisión detallada de los elementos involucrados en el proceso, se identificó que el error se encontraba en los datos de entrenamiento. Dado que estos se generaban aleatoriamente cada vez que se entrenaba la red, cualquier ajuste que se realizara al modelo no era efectivo a causa de la variación de estos datos.

Para corregir este inconveniente, se generó un conjunto de datos fijo para el proceso de entrenamiento de forma que, se pudiera realizar los ajustes requeridos al modelo, hasta obtener los resultados presentados en las siguientes gráficas, donde la línea azul representa los valores simulados obtenidos del modelo de DS y la línea naranja representa los valores estimados por la red neuronal.

### **Figura 24**

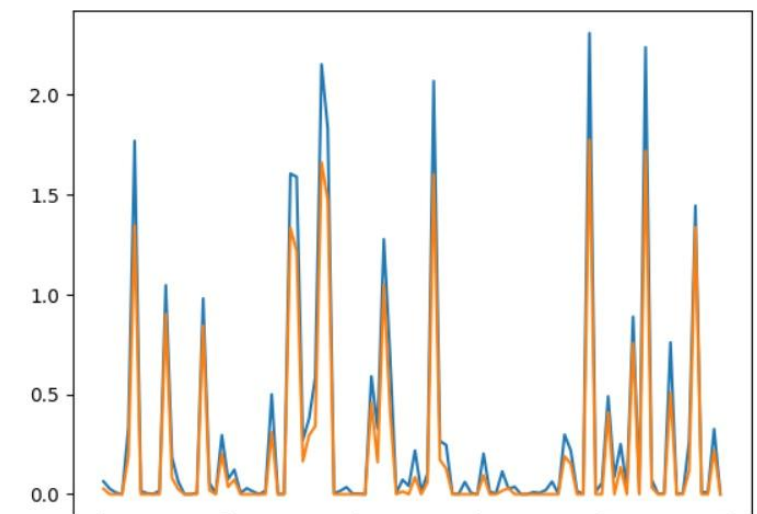
*Estimación de la red vs datos de validación (ración alimento)*



*Nota. Autor 2025*

**Figura 25**

*Estimación de la red vs datos de validación (incremento peso)*



*Nota. Autor 2025*

Como se puede observar en las gráficas anteriores, la red neuronal logró una buena estimación de las variables a predecir, obteniendo valores muy cercanos a los reales. Esto indica que presenta un bajo porcentaje de error en sus predicciones, razón por la cual se eligió para llevar a cabo las predicciones dentro del ambiente web. Cabe destacar que la descripción de este modelo se presenta en la sección 5.4.2.

### **5.5.6 Predicciones de la Red Neuronal**

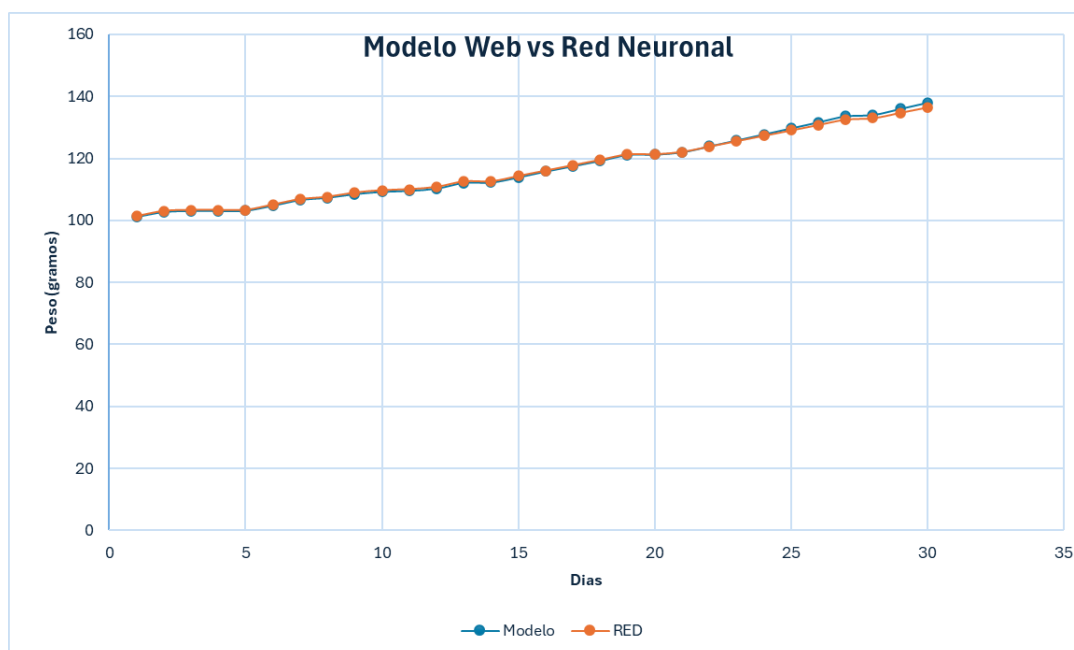
Una vez que la red fue entrenada e implementada en el ambiente web, se realizaron pruebas adicionales con el objetivo de validar la precisión y el comportamiento de sus predicciones. Si bien no es necesario que los valores obtenidos sean idénticos al modelo de DS, se espera que las predicciones sigan la misma tendencia y tengan una adecuada cercanía con los valores reales. De forma que, se pueda asegurar que las estimaciones que la red ofrezca sean confiables para la gestión del proceso de piscicultura dentro de la plataforma.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Ahora bien, las pruebas consistieron en ejecutar ambos modelos durante varias iteraciones, usando los mismos valores iniciales y de temperatura en cada iteración, y tabular los datos obtenidos para poder realizar la gráfica comparativa de los resultados de los dos modelos, para apreciar de forma visual y por medio de los datos, la diferencia entre los valores de las predicciones y los valores del modelo. A continuación, se exponen algunas de las gráficas que se obtuvieron como resultado de las pruebas mencionadas anteriormente, donde la línea de color azul representa los resultados del modelo y la de color naranja las predicciones de la red.

### Figura 26

*Gráfica 1 comparación peso pez entre el modelo web y la red neuronal*

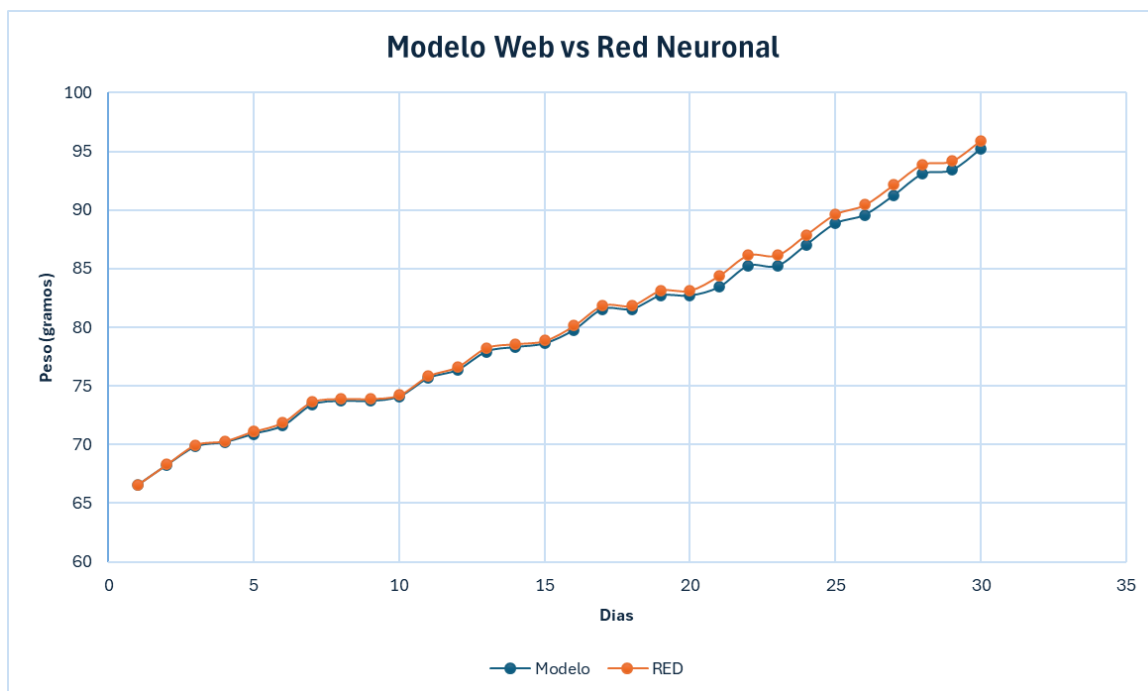


*Nota. Autor 2025*

### Figura 27

*Gráfica 2 comparación peso pez entre el modelo web y la red neuronal*

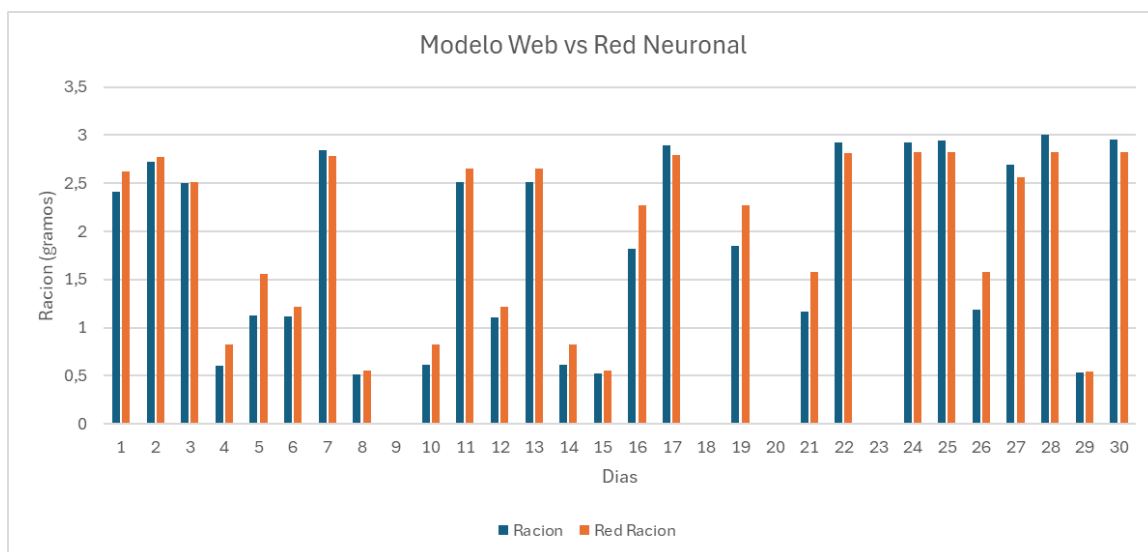
## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA



*Nota. Autor 2025*

### Figura 28

*Gráfica comparación ración entre el modelo web y la red neuronal*



*Nota. Autor 2025*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Como se verifica en las gráficas presentadas, los resultados obtenidos de las predicciones de la red neuronal son satisfactorios, dado que, la diferencia que presentan con respecto a los valores reales es mínima, lo que quiere decir que tiene un bajo porcentaje de error en sus predicciones. A partir de lo anterior, se puede establecer que la red neuronal es eficiente para ser usada en las predicciones requeridas en el ambiente web, cumpliendo con lo solicitado para el presente proyecto.

### *5.5.7 Interfaz de Usuario*

Con el propósito de cumplir con uno de los requerimientos no funcionales definidos en la sección 5.1.2, relacionado con la usabilidad de la plataforma, se realizaron pruebas de usuario que permitieron la evaluación de la interfaz desarrollada con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios establecidos anteriormente.

Los resultados obtenidos en dichas pruebas fueron positivos, dado que los participantes indicaron que la navegación fue sencilla, gracias a la organización adecuada de los elementos y a la claridad en la descripción de la función de cada elemento. Además, los usuarios consideraron que fue fácil acceder rápidamente a las distintas opciones que se encuentran disponibles en la plataforma.

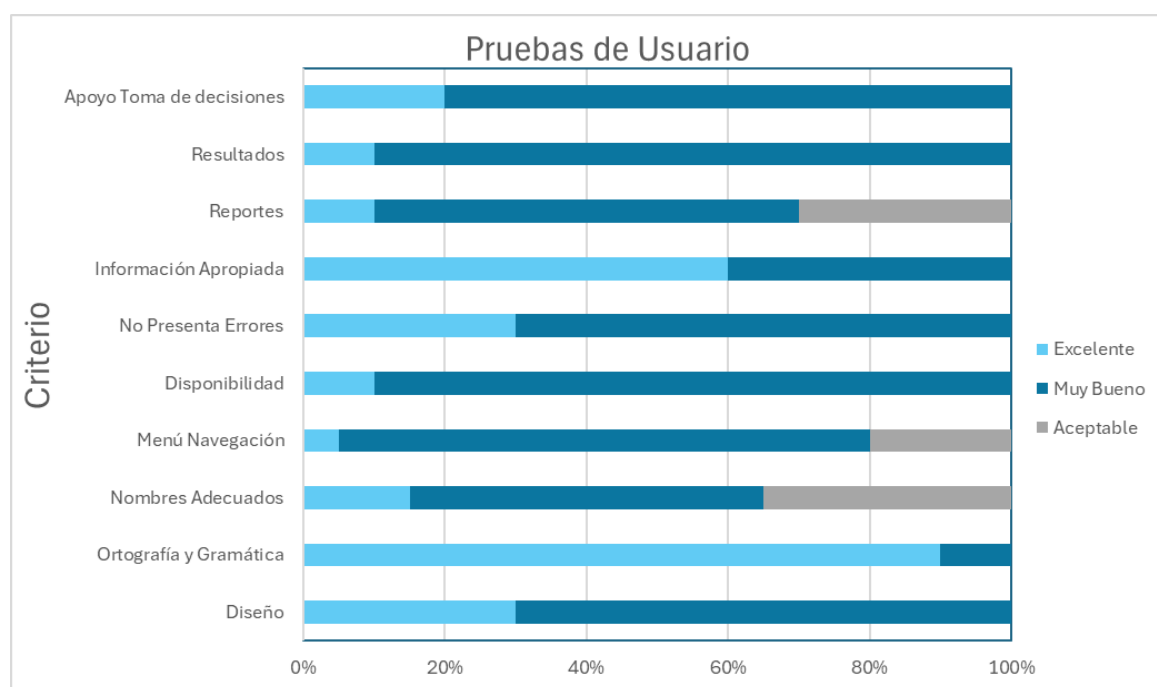
Adicionalmente, los usuarios expresaron que la información presentada se ajusta adecuadamente al tema central de la plataforma, que los resultados obtenidos dentro de esta son útiles para extraer conclusiones relevantes, y que el ambiente web desarrollado es una herramienta que apoya la toma de decisiones relacionadas con el área abordada.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Por último, los resultados de dichas pruebas donde se encuentra la valoración realizada por cada uno de los participantes podrán ser consultados en los Apéndices, y el consolidado de estos resultados se encuentran graficados en la Figura 29, que se presenta a continuación.

**Figura 29**

*Gráfica resultados de las pruebas de usuario*



*Nota. Autor 2025*

## 6. Conclusiones

La metodología en cascada adaptada planteada para el presente proyecto resultó poco práctica debido a la complejidad de este, ya que fue necesario realizar ajustes en etapas ya finalizadas, por lo tanto, se concluye que esta metodología no es la más adecuada para este tipo de desarrollo, siendo recomendable utilizar un enfoque más flexible que permita una continua revisión.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

Con base en el modelo de DS planteado por el grupo de investigación SIMON, se logró diseñar e implementar un módulo en el ambiente web que, simulando las condiciones básicas de un estanque real, permite analizar el comportamiento de un sistema de producción piscícola, a través de la estimación del peso de pez y de las raciones alimentarias requeridas a lo largo de un tiempo determinado.

Por medio del uso de las redes neuronales LSTM entrenadas con los datos provenientes del modelo de DS, se consiguió desarrollar un módulo capaz de predecir el valor del peso del pez y de la ración diaria requerida, a partir de los valores iniciales de peso del pez, peso máximo esperado, y del ingreso en cada iteración de la temperatura del estanque.

Dentro del ambiente web, fue posible integrar satisfactoriamente los módulos de simulación del estanque y de la red neuronal, permitiendo simular el proceso de gestión de un estanque piscícola. La red neuronal administra la ración de alimento diaria requerida, y el estanque muestra el comportamiento del sistema en función del alimento previamente suministrado. Esto permite la reducción de los pesajes durante el proceso productivo.

Para validar cada uno de los módulos implementados en el ambiente web, se realizaron pruebas comparativas para evaluar su rendimiento respecto al modelo inicial. Estas pruebas demostraron un rendimiento satisfactorio, validando así que el ambiente web desarrollado cumple adecuadamente con los objetivos planteados en el presente proyecto.

### **7. Trabajo Futuro**

En esta sección se proponen unas posibles mejoras y ampliaciones para el ambiente web, con el fin de optimizar su desempeño, incrementar su funcionalidad y mejorar la experiencia del usuario. Por lo tanto, las siguientes recomendaciones pueden ser consideradas en futuros

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

desarrollos o investigaciones que estén relacionadas con el proyecto. Para la continuación del proyecto, se recomienda:

1. Implementar el simulador y el sistema de predicciones usando datos capturados en tiempo real a través de sensores que se instalen en el estanque real. Esto permitirá que los valores que ingresan en la simulación provengan de mediciones directas, lo que ayuda a mejorar la precisión del modelo y a ajustarlo mejor a las condiciones reales del estanque. Lo anterior, con el fin de optimizar la toma de decisiones en la gestión del estanque, y de brindar un mayor respaldo a los piscicultores en su planeación y monitoreo del proceso.
2. Agregar una funcionalidad que permita que se le ingresen datos reales de peso, temperatura, ración requerida, e incremento de peso, que se hayan tomado durante procesos anteriores, y el sistema los adecue de forma tal que puedan ser utilizados por parte de la red neuronal para su proceso de entrenamiento, todo esto con el propósito de que la red este más adecuada a los valores reales que maneje el productor.
3. Desarrollar un módulo donde se pueda agregar más estanques para gestionar, de forma que la red realice esta tarea de forma simultánea en varios estanques sin que se vea alterada la información de cada uno, y así el productor pueda ampliar su capacidad de producción sin perder el apoyo del ambiente web.
4. Implementar un módulo que permita crear una línea de producción piscícola, de modo que al momento que la red administra varios estanques, pueda según sus predicciones, calcular la cantidad de peces, de estanques y los tiempos en los que debe iniciar la producción en cada estanque, para poder mantener en un determinado lapso, un nivel de producción constante según se requiera.

**Bibliografía**

- Amazon Web Services (AWS). (s.f.-a). *¿Qué es Java?* Obtenido de Amazon Web Services:  
<https://aws.amazon.com/es/what-is/java/>
- Amazon Web Services (AWS). (s.f.-b). *¿Qué es Python?* Obtenido de Amazon Web Services:  
<https://aws.amazon.com/es/what-is/python/>
- Andrade Sosa, H. (2001). *Pensamiento sistémico: Diversidad en búsqueda de unidad*.  
Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Angular. (s.f.). *Introducción a los conceptos de Angular*. Obtenido de ANGULAR:  
<https://docs.angular.lat/guide/architecture>
- Babu, S. (2013). *A software model for precision agriculture for small and marginal farmers*. In  
*2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ghtc-sas.2013.6629944>
- Barandica, L., & Tort, L. (2008). Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 32(123), 267–284.
- Brownlee, J. (2018). *Deep learning for time series forecasting: Predict the future with MLPs, CNNs and LSTMs in Python*. Machine Learning Mastery.
- Burden, R. L., & Faires, J. D. (2011). *Numerical Analysis*. Cengage Learning.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2020). *Numerical methods for engineers* (8th ed.). McGraw-Hill.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

- Deng, C., Gao, Y., Gu, J., Miao, X., & Li, S. (2010). *Research on the growth model of aquaculture organisms based on neural network expert system*. In *2010 Sixth International Conference on Natural Computation*. IEEE. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ICNC.2010.5584492>
- FAO. (s.f.-a). *Acuicultura sostenible - Pesca y acuicultura*. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture>
- FAO. (s.f.-b). *Nutrición y alimentación de los peces*. Obtenido de FAO: [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s10.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm)
- Global Seafood Alliance. (2018). *Temperatura del agua en acuicultura – Responsible Seafood Advocate*. Obtenido de Global Seafood Alliance: <https://www.globalseafood.org/advocate/temperatura-del-agua-en-acuicultura/>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación. (s.f.). *Evolución*. Obtenido de SIMON: <http://simon.uis.edu.co/software/evolucion/>
- Grupo SIMON de Investigaciones en Modelamiento y Simulación. (s.f.). *EVOLUCIÓN*. Obtenido de Grupo SIMON – UIS: <http://simon.uis.edu.co/software/evolucion/>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735–1780. doi:<https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- IBM. (s.f.-a). *Java*. Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/es-es/topics/java>
- IBM. (s.f.-b). *¿Qué es una base de datos NoSQL?* Obtenido de IBM: <https://www.ibm.com/es-es/topics/nosql-databases>

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

IBM. (s.f.-c). *¿Qué son las redes neuronales recurrentes?* Obtenido de IBM:

<https://www.ibm.com/es-es/topics/recurrent-neural-networks>

INCODER. (2006). *Guía práctica de piscicultura en Colombia [Archivo PDF]*. INCODER.

Obtenido de <https://www.aunap.gov.co/documentos/OGCI/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (s.f.). *Acuícolas*. Obtenido de ICA:

[https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-\(1\).aspx](https://www.ica.gov.co/getdoc/b082c759-18c7-47da-bed6-0ebe76b48fe0/acuicolas-(1).aspx)

MathWorks. (s.f.). *Redes neuronales de memoria de corto-largo plazo – MATLAB & Simulink*.

Obtenido de MathWorks: <https://la.mathworks.com/help/deeplearning/ug/long-short-term-memory-networks.html>

MDN Web Docs. (s.f.). *Getting started with Angular*. Obtenido de MDN Web Docs:

[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Tools\\_and\\_testing/Client-side\\_JavaScript\\_frameworks/Angular\\_getting\\_started](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Tools_and_testing/Client-side_JavaScript_frameworks/Angular_getting_started)

MongoDB. (s.f.-a). *MongoDB Compass*. Obtenido de MongoDB:

<https://www.mongodb.com/products/tools/compass>

MongoDB. (s.f.-b). *¿Qué es MongoDB?* Obtenido de MongoDB:

<https://www.mongodb.com/es/company/what-is-mongodb>

OECD. (s.f.). *Pesca y acuicultura en Colombia*. Obtenido de OECD:

[https://www.oecd.org/colombia/Fisheries\\_Colombia\\_SPA\\_rev.pdf](https://www.oecd.org/colombia/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf)

Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna* (5th ed.). Pearson Education.

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

OpenWebinars. (s.f.). *¿Qué es Visual Studio Code y qué ventajas ofrece?* Obtenido de OpenWebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-visual-studio-code-y-que-ventajas-ofrece/>

Pineda Ballesteros, E., & Téllez Acuña, F. R. (2018). Modelado y simulación de la cadena productiva del cacao en Colombia. *INGE CUC*, *14*(1), 141–150. doi:<https://doi.org/10.17981/ingecuc.14.1.2018.13>

Piscicultura Global. (2021). *COSTOS DE PRODUCCIÓN EN LA ACUICULTURA*. Obtenido de PISCICULTURA GLOBAL: <https://www.pisciculturaglobal.com/costos-de-produccion-en-la-acuicultura/>

Postman. (s.f.-a). *API platform*. Obtenido de Postman: <https://www.postman.com/api-platform/>

Postman. (s.f.-b). *What is Postman?* Obtenido de Postman: <https://www.postman.com/product/what-is-postman/>

Putro, B. C., Mustika, I. W., Wahyunggoro, O., & Wasisto, H. S. (2019). *Improved time series prediction using LSTM neural network for smart agriculture application*. En *2019 5th International Conference on Science and Technology (ICST)*. IEEE. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/ICST47872.2019.9166401>

Spring. (s.f.-a). *Spring Boot*. Obtenido de Spring: <https://spring.io/projects/spring-boot>

Spring. (s.f.-b). *Spring Boot documentation*. Obtenido de Spring: <https://docs.spring.io/spring-boot/index.html>

Vargas, A. (2018). *Ambiente software para el aprendizaje y toma de decisiones sobre la producción y mercadeo piscícola versión 3.0 [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]*.



## **Apéndice A**

### **Formatos de Evaluación de Usuario**

A continuación, se presentan los formatos de evaluación de usuario que se realizaron durante la validación de la interfaz de la plataforma, incluyendo algunas observaciones y recomendaciones sobre el funcionamiento de esta. La descripción de las tablas posteriormente presentadas es la siguiente: Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

#### **Figura A1**

*Formato evaluación de software – Usuario 1*

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 1. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE	
Identificación de Mejoras por Exploración	
Nombre: RAFAEL RICARDO AYALA	
Organización: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Dirección: Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
Fecha: 18 de marzo del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Las gráficas presentadas son pequeñas y podría no visualizarse bien la información.	En la simulación donde se presentan las gráficas, hacerlas un poco más grandes de modo que se visualice mejor la información allí presentada.
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE						
Comprensión y Operación del Software						
Nombre: RAFAEL RICARDO AYALA						
Organización: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
Dirección: Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
Fecha: 18 de marzo del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X				X	
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?		X		X		
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X				X	
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?		X		X		
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A2

#### Formato evaluación de software – Usuario 2

#### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>	
<b>Identificación de Mejoras por Exploración</b>	
<b>Nombre:</b> JEFFERSON DOUGLAS OCHOA OJEDA	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 17 de marzo del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna	Se podría colocar un loader cada vez que este cargando para algún proceso o cuando este entrando a una pestaña diferente.
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>						
<b>Comprensión y Operación del Software</b>						
<b>Nombre:</b> JEFFERSON DOUGLAS OCHOA OJEDA						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 17 de marzo del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X					X
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X				X	
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X					X
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A3

#### Formato evaluación de software – Usuario 3

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 3. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>	
Identificación de Mejoras por Exploración	
<b>Nombre:</b> VIVIANA ROCIO ROJAS GOMEZ	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 17 de marzo del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna.	Escribir una descripción de cada una de las pestañas para que el usuario tenga idea de que puede hacer en dicha pestaña.
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>						
Comprensión y Operación del Software						
<b>Nombre:</b> VIVIANA ROCIO ROJAS GOMEZ						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 17 de marzo del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X					X
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?		X		X		
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?		X		X		
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X					X
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A4

#### Formato evaluación de software – Usuario 4

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 4. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE	
Identificación de Mejoras por Exploración	
<b>Nombre:</b> NAFER STEVENS PRADA JAIMES	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 19 de marzo del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
El nombre de las variables en la ventana de modelo, no son tan claros en cuanto a lo que sirve cada una.	Mejorar la gama de colores para la parte de las variables en la ventana de modelo, para que sea mejor visualmente la información allí presenta
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE						
Comprensión y Operación del Software						
<b>Nombre:</b> NAFER STEVENS PRADA JAIMES						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 19 de marzo del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptabl e 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelent e 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?		X		X		
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?		X		X		
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X					X
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X				X
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X				X	
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A5

#### Formato evaluación de software – Usuario 5

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 5. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>	
<b>Identificación de Mejoras por Exploración</b>	
<b>Nombre:</b> MYLLER YAMIT ROJAS PRADA	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 20 de marzo del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Las gráficas no tienen una descripción adicional, a lo que se ve, y sería bueno para entender mejor los datos presentados allí.	En la pestaña de simulación paso en los resultados manejan dos tablas para los resultados, se vería mejor si se unifican y se presenta en una sola tabla los resultados.
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>						
<b>Comprensión y Operación del Software</b>						
<b>Nombre:</b> MYLLER YAMIT ROJAS PRADA						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 20 de marzo del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X			X		
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X				X	
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X				X	
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X			X		
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A6

#### Formato evaluación de software – Usuario 6

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 1. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>	
<b>Identificación de Mejoras por Exploración</b>	
<b>Nombre:</b> JAHIR ANDRÉS VALDELEÓN PEREZ	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 02 de abril del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna	Ninguna
<i>Fuente: Autores.</i>	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>						
<b>Comprensión y Operación del Software</b>						
<b>Nombre:</b> JAHIR ANDRÉS VALDELEÓN PEREZ						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 02 de abril del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptabl e 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelent e 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?		X		X		
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?		X		X		
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X				X	
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X				X
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X				X	
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
<i>Fuente: Autores.</i>						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A7

#### Formato evaluación de software – Usuario 7

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE	
Identificación de Mejoras por Exploración	
<b>Nombre:</b> JUAN SEBASTIÁN ROMÁN	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 02 de abril del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna	Ninguna
<small>Fuente: Autores</small>	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE						
Comprensión y Operación del Software						
<b>Nombre:</b> JUAN SEBASTIAN ROMÁN						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 02 de abril del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Acceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X				X	
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?		X		X		
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X				X	
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X				X	
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?		X		X		
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
<small>Fuente: Autores</small>						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A8

#### Formato evaluación de software – Usuario 8

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 3. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE	
Identificación de Mejoras por Exploración	
<b>Nombre:</b> JOSE MANUEL GOMEZ AMADO	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 01 de abril del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna.	Ninguna
<small>Fuente: Autores</small>	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE						
Comprensión y Operación del Software						
<b>Nombre:</b> JOSE MANUEL GOMEZ AMADO						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 01 de abril del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X				X	
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X				X	
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X				X	
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X					X
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X				X
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X				X	
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X				X	
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
<small>Fuente: Autores</small>						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A9

#### Formato evaluación de software – Usuario 9

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 4. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE	
Identificación de Mejoras por Exploración	
Nombre: ELKIN DARIO FERNANDEZ	
Organización: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
Dirección: Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
Fecha: 01 de abril del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna	Ninguna
Fuente: Autores	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE						
Comprensión y Operación del Software						
Nombre: ELKIN DARIO FERNANDEZ						
Organización: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
Dirección: Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
Fecha: 01 de abril del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelente 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X					X
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X				X	
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X				X	
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?		X		X		
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?		X		X		
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X				X	
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X					X
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X				X	
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X					X
Fuente: Autores						

Nota. Autor 2025

## AMBIENTE WEB DE SIMULACIÓN DE PRODUCCIÓN PÍSCICOLA

### Figura A10

#### Formato evaluación de software – Usuario 10

##### Formato de Aceptación

Las tablas describen el formato definido para las validaciones de funcionamiento y cumplimiento del objetivo del Sistema diligenciado por la persona a cargo en la organización de realizar las pruebas, el cual incluye las observaciones, recomendaciones y verificaciones de las funcionalidades del Sistema.

Tabla 5. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>	
<b>Identificación de Mejoras por Exploración</b>	
<b>Nombre:</b> SERGIO ANDRES DULCEY	
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.	
<b>Fecha:</b> 01 de abril del 2025	
Observaciones	Recomendaciones
Ninguna	Ninguna
<small>Fuente: Autores</small>	

Tabla 2. Formato de Evaluación para el Software

<b>FORMATO DE EVALUACIÓN DE SOFTWARE</b>						
<b>Comprensión y Operación del Software</b>						
<b>Nombre:</b> SERGIO ANDRES DULCEY						
<b>Organización:</b> UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
<b>Dirección:</b> Carrera 27 Calle 9, Bucaramanga.						
<b>Fecha:</b> 01 de abril del 2025						
	Si	No	Bajo 0 - 30%	Aceptable 31 - 60%	Muy bueno 61 - 80%	Excelent e 81 -
¿El diseño es claro y atractivo?	X					X
¿Los textos tienen buena ortografía y gramática?	X					X
¿Los nombres de las variables facilitan la comprensión e ingreso de los datos requeridos por el sistema?	X				X	
¿Se proporciona un menú de navegación que le permite acceder fácilmente a los contenidos?	X					X
¿El menú principal permite que el usuario se haga una idea global de todos los módulos presentes en el sistema?	X				X	
¿Los nombres de los títulos en el menú y submenú son los adecuados según su funcionalidad?	X				X	
¿Tiene acceso a todos los servicios en cualquier instante y las veces que el usuario considere necesario?	X					X
¿El sistema presenta errores cuando se está ejecutando?		X			X	
¿La información que se presenta es apropiada para el tipo de usuario?	X					X
¿La información que maneja el software es significativa para el usuario y está relacionada con problemas de su interés?	X				X	
¿Los reportes generados por la aplicación son suficientes para reflejar el comportamiento del sistema productivo?	X					X
¿Los resultados obtenidos en las gráficas permiten sacar conclusiones para la situación planteada?	X				X	
¿La aplicación en general es útil para la toma de decisiones?	X				X	
<small>Fuente: Autores</small>						

Nota. Autor 2025