

**Diseño e implementación de un sistema para la supervisión de las variables temperatura,
ph y oxígeno en estanques de truchas (*oncorhynchus mykiss*) de la vereda chichira, del
municipio de Pamplona norte de Santander**

Robinson Serrano Serrano

Asesor

Carlos Alberto Vera Romero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones

2024

Agradecimientos

Agradezco a mi familia y amigos por su paciencia, comprensión y aliento durante todo el tiempo de estudio, su apoyo ha sido de vital importancia para mi desarrollo personal y profesional.

También agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por abrirme las puertas de su institución y permitirme ampliar mis conocimientos para lograr el desarrollo de este proyecto aplicado. Además, agradezco al profesor Carlos Alberto Vera Romero por recibirme y orientarme académicamente en la ciudad de Pamplona y darme las indicaciones para el cumplimiento de los objetivos.

Dedicatoria

A mis padres, por inculcarme el valor del estudio y la perseverancia, siendo mi principal pilar, porque sin ellos nada sería posible ya que en cada paso de mi vida han estado brindándome su apoyo y motivación. Además, mi esposa quien es mi compañera y confidente, quien me ha brindado su apoyo mutuo. A ellos gracias por hacer mi camino más llevadero.

Resumen

La cría de truchas demanda agua de alta calidad, caracterizada por un pH neutro, altos niveles de oxígeno y una temperatura estable entre 13°C y 18°C. Sin embargo, pequeños productores de la vereda Chichira, municipio de Pamplona (Norte de Santander), enfrentan el desafío de no contar con los instrumentos necesarios para medir estas variables críticas. Ante esta problemática, se diseñó un sistema de monitoreo en tiempo real basado en sensores de temperatura, pH y oxígeno disuelto, integrados a una tarjeta Arduino. Este proyecto experimental tuvo como objetivo principal optimizar la producción acuícola en la región, proporcionando a los productores información precisa y actualizada sobre la calidad del agua en sus estanques. Al establecer rangos de referencia para cada variable y comparar los datos obtenidos en campo, se pudieron identificar las condiciones óptimas para el cultivo de truchas y detectar posibles desviaciones que pudieran afectar la supervivencia y el crecimiento de los peces.

Palabras clave: Acuicultura, Calidad Del Agua, Ecosistema Acuático, Estanque, Piscicultura.

Abstract

Trout farming demands high quality water, characterized by a neutral pH, high oxygen levels and a stable temperature between 13°C and 18°C. However, small producers in the Chichira district, municipality of Pamplona (Norte de Santander), face the challenge of not having the necessary instruments to measure these critical variables. Given this problem, a real-time monitoring system was designed based on temperature, pH and dissolved oxygen sensors, integrated into an Arduino card. The main objective of this experimental project was to optimize aquaculture production in the region, providing producers with accurate and updated information on the quality of the water in their ponds. By establishing reference ranges for each variable and comparing the data obtained in the field, it was possible to identify the optimal conditions for trout farming and detect possible deviations that could affect the survival and growth of the fish.

Keywords: Aquaculture, Water Quality, Aquatic Ecosystem, Pond, Fish Farming.

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 12 |
| Objetivos | 14 |
| Objetivo General | 14 |
| Objetivos Específicos | 14 |
| Problema de Investigación | 15 |
| Planteamiento del Problema | 15 |
| Sistematización del Problema..... | 16 |
| Justificación | 18 |
| Alcances y Limitaciones | 19 |
| Marco de Referencia | 21 |
| Estado del Arte | 21 |
| Marco Contextual..... | 23 |
| Marco Teórico..... | 26 |
| Sensor de PH SEN0161 | 26 |
| Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua SEN0237-A..... | 27 |
| Sensor de Temperatura DS18B20 | 28 |
| Marco Metodológico..... | 30 |
| Enfoque..... | 30 |
| Método..... | 31 |
| Análisis de Datos | 31 |
| Desarrollo y Resultados | 32 |
| Caracterización de Sensores y Hardware | 32 |

| | |
|---|----|
| Sensor de Temperatura DS18B20:..... | 32 |
| Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua: | 35 |
| Sensor de pH..... | 42 |
| Modelo del Sistema Desarrollado | 48 |
| Precisión Requerida: | 48 |
| Frecuencia de Muestreo | 49 |
| Condiciones Ambientales | 50 |
| Rango de Medición..... | 50 |
| Condiciones Ambientales | 51 |
| Comunicación | 51 |
| Componentes Clave del Sistema:..... | 51 |
| Diseño del Sistema: | 54 |
| Adquisición de Datos:..... | 54 |
| Transmisión de Datos | 54 |
| Visualización..... | 55 |
| Plataforma Integral Digital del Sistema. | 55 |
| Conclusiones | 67 |
| Referencias Bibliográficas | 69 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Parámetros Ideales de Calidad del Agua</i> | 15 |
| Tabla 2 <i>Resultados Obtenidos</i> | 64 |
| Tabla 3 <i>Costos del Sistema</i> | 66 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Georreferenciación Finca Truchas Pamplona</i> | 23 |
| Figura 2 <i>Estanques Finca Truchas Pamplona</i> | 24 |
| Figura 3 <i>Sensor de PH SEN0161</i> | 27 |
| Figura 4 <i>Descripción de la Placa del Sensor de Oxígeno Disuelto en el Agua</i> | 28 |
| Figura 5 <i>Sensor de Temperatura DS18B20</i> | 29 |
| Figura 6 <i>Lecturas Mostradas en el Punto de Ebullición del Agua</i> | 33 |
| Figura 7 <i>Lecturas Mostradas en el Punto de Congelación del Agua</i> | 33 |
| Figura 8 <i>Medición de NaOH</i> | 36 |
| Figura 9 <i>Medición de NaOH</i> | 36 |
| Figura 10 <i>Código de Calibración del Sensor de Oxígeno</i> | 37 |
| Figura 11 <i>Conexiones Entre la Placa de Sensor y la Placa Arduino</i> | 38 |
| Figura 12 <i>Respuesta de la Calibración</i> | 39 |
| Figura 13 <i>Relación Aproximada Entre el Voltaje de Saturación y la Temperatura</i> | 40 |
| Figura 14 <i>Lecturas de Oxígeno Disuelto</i> | 41 |
| Figura 15 <i>Conexión Para la Calibración</i> | 43 |
| Figura 16 <i>Código Para la Calibración del Sensor</i> | 44 |
| Figura 17 <i>Lectura de la Tensión Requerida Para pH Neutro</i> | 45 |
| Figura 18 <i>Código Cargado en la Placa Arduino Para el Sensor de pH</i> | 46 |
| Figura 19 <i>Resultados de Lectura</i> | 47 |
| Figura 20 <i>Diagrama del Circuito de los Sensores</i> | 56 |
| Figura 21 <i>Circuito Organizado en Tarjeta Impresa</i> | 56 |
| Figura 22 <i>Consumo del Circuito</i> | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 <i>Plataforma Digital Para la Lectura de los Sensores</i> | 58 |
| Figura 24 <i>Flujo de Datos de Blynk</i> | 59 |
| Figura 25 <i>Configuración de la Plantilla de Blynk IoT en el Celular</i> | 60 |
| Figura 26 <i>Pruebas de Campo en Estanque</i> | 61 |
| Figura 27 <i>Pruebas de Campo en Estanque</i> | 62 |
| Figura 28 <i>Lectura de resultados de los sensores en Blynk IoT</i> | 63 |
| Figura 29 <i>Lectura de Resultados de los Sensores en Blynk IoT</i> | 64 |
| Figura 30 <i>Análisis de Resultados</i> | 65 |

Lista de Apéndices

| | |
|--|----|
| Apéndice A <i>Código para arduino IDE</i> | 72 |
|--|----|

Introducción

La acuicultura de trucha en Colombia presenta un notable potencial, no obstante, los pequeños productores enfrentan desafíos asociados a la calidad del agua en sus estanques. Con el propósito de abordar esta problemática y optimizar la producción, se desarrolló un sistema de monitoreo de bajo costo. Este sistema, implementado en la finca truchera, ubicada en la vereda Chichira de Pamplona (Norte de Santander), permitió medir en tiempo real parámetros cruciales como temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Se inició con una caracterización detallada de las condiciones climáticas y los sistemas de producción de la finca truchera. Posteriormente, se seleccionaron y configuraron los sensores más adecuados para la medición de los parámetros de interés. Con base en esta información, se diseñó y desarrolló un prototipo de sistema de monitoreo, el cual fue instalado y evaluado en un estanque de cultivo.

Los resultados obtenidos durante el proyecto demostraron la viabilidad y eficacia del sistema de monitoreo propuesto. La información recopilada permitió identificar patrones en la calidad del agua y establecer rangos óptimos para el cultivo de truchas. Además, se desarrolló una interfaz web intuitiva que facilita la interpretación de los datos por parte de los productores, lo cual en comparación con otros sistemas comerciales lo hace mucho más innovador y con ventajas competitivas.

En este documento se presenta una descripción detallada del proyecto, por momentos, siendo cada uno de estos el cumplimiento de un objetivo iniciando con identificación del problema, su marco referencial y metodológico, llegando a la caracterización de sensores y hardware para monitoreo remoto en estanques de truchas, para después modelar un sistema de bajo costo para la medición en tiempo real de la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en

agua. Se diseñó una plataforma digital que integró la información recolectada por los sensores y la presente de forma intuitiva a los productores con la muestra de los resultados obtenidos en este proceso.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema para la supervisión de las variables temperatura, pH y oxígeno del agua en estanques de trucha, en la vereda Chichira de la ciudad de Pamplona (Norte de Santander).

Objetivos Específicos

Caracterizar sensores de bajo costo, para la monitorización remota de los parámetros del agua en los criaderos de truchas.

Modelar un sistema de bajo costo para la medición en tiempo real de la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en agua.

Diseñar una plataforma digital que integre la información recolectada por los sensores y la presente de forma intuitiva a los productores.

Problema de Investigación

Planteamiento del Problema

La acuicultura en Colombia ha venido en un constante crecimiento, la Federación Colombiana de Acuicultores señala que “las cifras de la industria piscícola nacional para el año 2022, se produjeron 199.977 toneladas de peces, entre los cuales el 16% correspondió a truchas, además de existir un total de 36.464 granjas piscícolas en Colombia” (Federación Colombiana de Acuicultores, 2023, pp. 22-23). Existen cualquier cantidad de productores de truchas, en donde todos requieren de la calidad del agua para garantizar su producción; los principales parámetros del agua son la temperatura, el PH y el oxígeno disuelto; la temperatura es de vital importancia ya que esta regula el crecimiento de los peces, en vista que estos no tienen capacidad propia para regular su temperatura corporal, si la temperatura es muy baja el crecimiento es lento, a temperaturas más altas el desarrollo es más rápido, y a temperaturas altas, el oxígeno disuelto es menor que a temperaturas bajas; la trucha tiene exigencias muy altas de oxígeno, si no hay una buena cantidad de oxígeno en el agua, las truchas pueden enfermarse o inclusive morir (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014). También “El pH del agua determina la toxicidad del amoníaco para los peces lo ideal con este es que sea de un nivel neutro”. De acuerdo con la FAO (2014), los parámetros ideales de calidad del agua son:

Tabla 1

Parámetros Ideales de Calidad del Agua

| Parámetro | Rango | Optimo |
|------------------|-----------|--------|
| Oxígeno (ppm) | 7,5 a 12 | 8,5 |
| Temperatura (°C) | 13 a 18 | 15 |
| PH | 6,5 a 8,5 | 7 |

Nota. Tomado de “Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris”, por FAO, 2014.

La Tabla 1 muestra los parámetros ideales para el agua en la crianza de truchas, de acuerdo con esto se observa que el nivel de oxígeno disuelto en el agua se mide en partes por millón (ppm), debe de ser entre 7,5 a 12 (teniendo en cuenta que este varía de día y de noche), siendo un nivel óptimo en 8,5 ppm. La temperatura es muy importante porque ayuda a la regulación del crecimiento de los peses, en la Tabla 1 se observa que el rango de esta debe permanecer entre 13°C a 18°C, siendo el rango óptimo de 15°C, el pH puede variar entre los 6,5 a 8,5 siendo un pH ideal neutro o de 7.

Conociendo los parámetros óptimos del agua para el cultivo de truchas, se hace necesario que los pequeños productores puedan realizar mediciones en tiempo real de estos, puesto que, si bien es cierto que hay muchos instrumentos de medida para dichas variables, estos son costosos y no están al alcance de un pequeño productor, por lo cual mantienen sus criaderos de trucha sin ningún elemento que les permita realizar las correcciones necesarias, lo cual genera pérdidas en sus ganancias.

Además, de acuerdo con lo indicado por habitantes de la vereda Chichira, del municipio de Pamplona Norte de Santander, se han tomado medidas de manera esporádica, de las variables temperatura, PH y oxígeno en estanques de truchas, los cuales por los cambios climáticos en la región son muy variables, por lo cual es indispensable un sistema de monitoreo de mencionadas variables.

Sistematización del Problema

Una vez observado que los pequeños productores de trucha en la vereda Chichira de Pamplona enfrentan dificultades para mantener una calidad óptima del agua en sus estanques debido a la falta de herramientas de monitoreo eficientes y económicas. Cuya situación genera incertidumbre en la producción y puede llevar a pérdidas económicas significativas, se ha hecho

necesario la búsqueda de una respuesta a ante la pregunta: ¿Cómo se puede ayudar a los pequeños productores de trucha a medir la calidad del agua? Por lo cual se quiere generar una posible solución desde el ámbito tecnológico, analizando lo dicho del ámbito tecnológico surge la siguiente pregunta: ¿se pueden caracterizar sensores de bajo costo, para la monitorización remota de los parámetros del agua?, estos sensores son el insumo principal para modelar un sistema de bajo costo para la medición en tiempo real de la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en los criaderos de truchas; de esta forma se logró encontrar respuesta a una última pregunta: ¿se puede diseñar una plataforma digital que integre la información recolectada por los sensores?

Justificación

La acuicultura de trucha, si bien es una actividad económica importante, presenta desafíos para los pequeños productores debido a la necesidad de mantener condiciones óptimas del agua. Este proyecto, al desarrollar un sistema de monitoreo de bajo costo, contribuye a la sostenibilidad de esta actividad y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales.

Desde una perspectiva disciplinar, este trabajo se enmarca en la intersección de la ingeniería de telecomunicaciones, la electrónica y la ciencia de datos. Al diseñar e implementar un sistema de monitoreo basado en sensores y una plataforma digital, se demuestra la capacidad de aplicar conocimientos teóricos a un problema real del sector productivo. Además, este proyecto contribuye a la generación de conocimiento en el campo de la agricultura de precisión y la Internet de las Cosas (IoT).

A nivel social, el proyecto tiene un impacto directo en las comunidades rurales, como la vereda Chichira de Pamplona. Al proporcionar a los productores una herramienta para mejorar la eficiencia de sus cultivos y reducir las pérdidas económicas, se contribuye al fortalecimiento de la economía local y se promueve el desarrollo sostenible.

En lo personal, este proyecto ha sido una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica y desarrollar habilidades prácticas en diseño, programación y análisis de datos. Asimismo, ha permitido contribuir a una causa social importante, lo que ha sido muy gratificante.

Alcances y Limitaciones

Los principales alcances del proyecto incluyen:

- **Diseño del sistema:** Selección de sensores adecuados, diseño de la electrónica y desarrollo de la interfaz de usuario.
- **Desarrollo del software:** Programación de la placa Arduino para la adquisición de datos y desarrollo de la plataforma web para la visualización y análisis de los datos.
- **Implementación:** Instalación del sistema en un estanque de trucha de la finca Truchas Pamplona y recolección de datos.
- **Evaluación:** Análisis de los datos obtenidos y evaluación del desempeño del sistema.

A pesar de los beneficios esperados, este proyecto presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas:

- **Escalabilidad:** El sistema desarrollado en este proyecto está diseñado para un estanque de trucha de tamaño medio (1.5 metro de ancho con un largo de 3 metros y una profundidad aproximada de 1.20 metros). Su escalabilidad a sistemas más grandes o a múltiples estanques requerirá ajustes y posiblemente hardware adicional.
- **Condiciones ambientales:** El desempeño de los sensores puede verse afectado por condiciones ambientales extremas (temperaturas muy altas o bajas, alta humedad, etc.). Es necesario evaluar el rendimiento de los sensores en diferentes condiciones.
- **Mantenimiento:** El sistema requerirá mantenimiento periódico, como la calibración de los sensores y la limpieza de los equipos.
- **Conectividad:** La calidad de la señal de internet en la zona de estudio puede afectar la transmisión de datos a la plataforma web.

- Costos: Aunque se busca utilizar componentes de bajo costo, la implementación del sistema puede representar una inversión inicial para los pequeños productores.
- Especies: El sistema está diseñado específicamente para la acuicultura de truchas de la vereda de Chichira, puesto que, se requería parametrizar los dispositivos a las diferentes altitudes y temperaturas, esto va a depender a la zona geográfica donde se instale el sistema construido con esto su aplicabilidad a otras especies puede requerir ajustes en los parámetros de monitoreo.

Marco de Referencia

Estado del Arte

En el presente punto se hace una investigación con referencia hacia sistemas de monitoreo en piscicultura en diversos tipos de peces, con el fin de evidenciar los avances con relación al tema abordado y la poca información relacionada con la supervisión de variables del agua en estanques de truchas. Revisando primero un sistema de monitoreo por medio de IoT aplicado a una piscicultura de trucha, posteriormente se revisarán sistemas similares en otro tipo de peses, así:

De acuerdo con según Piamba-Mamian et al. (2021) en el artículo denominado *Implementación de un sistema de monitoreo IoT aplicado a una piscicultura de trucha*, se muestra un sistema de monitoreo en la etapa inicial de la producción (alevinos), a factores que son desconocidos por el piscicultor, como el valor de pH, temperatura y oxígeno disuelto, entre otros; el cual es realizado con elementos de hardware y software (p. 8).

Este artículo muestra la recolección de los datos por medio de sensores, la adquisición y adecuación de señales por medio de un arduino mega 2560 en su versión mini, comunicación con un módulo de comunicaciones Wifi ESP8266 y su visualización en una aplicación IoT.

Por otro lado, Martínez & Bertel (2021), en su *Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra* muestra como este se elaboró con sensores de pH, oxígeno y temperatura, transmitiendo la información recolectada con tecnología XBee de 2.4GHz, conectado a un receptor wifi y su visualización en una aplicación IoT.

De igual forma Plazas & Paz (2019), con su Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros de calidad de agua en cultivo de tilapia en una granja piscícola del departamento del Cauca, también elaborado con sensores de pH, oxígeno y temperatura, visualizando la información obtenida en un equipo de cómputo por medio del software en el entorno de trabajo Visual Studio.

Considerando el material recopilado se puede ver que en Colombia se han desarrollado investigaciones, sobre sistemas de monitoreo de la calidad del agua en piscicultura en diversos tipos de peces, los cuales son en diferentes condiciones climáticas y con similitudes en la selección de sus sensores, más con diferencias en la visualización de la información recolectada.

Marco Contextual

Contextualizando geográficamente el desarrollo del presente proyecto, en la vereda Chichira de la ciudad de Pamplona (Norte de Santander), se encuentra la finca conocida como truchas pamplona, en coordenadas aproximadas Latitud Norte (LN_ 07°22'14.99" Longitud Oeste (LW) 72°36'40.76", la cual es un negocio familiar. En la finca hay una persona encargada de dar la alimentación a las truchas y del cuidado en general de los estanques, allí no se cuenta con ningún dispositivo para realizar medición de las variables temperatura, pH y oxígeno del agua, lo cual se hace de manera empírica solo observando la turbidez del agua y el comportamiento de los peces.

Figura 1

Georreferenciación Finca Truchas Pamplona



Nota. Se referencia la ubicación de la finca truchas Pamplona. Tomado de Google Earth, 2023.

La finca truchas pamplona cuenta con doce (12), estanques de truchas, cada uno de estos tiene una profundidad promedio de 1.20 metros a 1.50 metros, con medidas de largo y de ancho, diferentes de acuerdo con su ubicación, un largo entre 3 y 4 metros y ancho de 1.20 a 1.50 metros. Estos estanques se encuentran de manera escalonada para que el flujo del agua sea constante, con caídas de agua que ayudan a la oxigenación y circulación del agua. Además de tener techo en poli sombra para evitar la exposición directa al sol y los ataques de las aves, a las truchas.

Figura 2

Estanques Finca Truchas Pamplona



Nota. Ubicación de los estanques de truchas.

Por último, es de anotar que por la ubicación geográfica en la cual se encuentran los estanques, se tienen unas condiciones climáticas variables a causa de la altura sobre el nivel del mar de 2.200 metros aproximadamente, una temperatura ambiente en promedio de 15° y una

humedad relativa en promedio de 77 %, con un mínimo de 66% que se presenta el mes de agosto y un máximo de 89 % en el mes de abril (Alcaldía Municipal de Pamplona, 2015).

Marco Teórico

Sensor de PH SEN0161

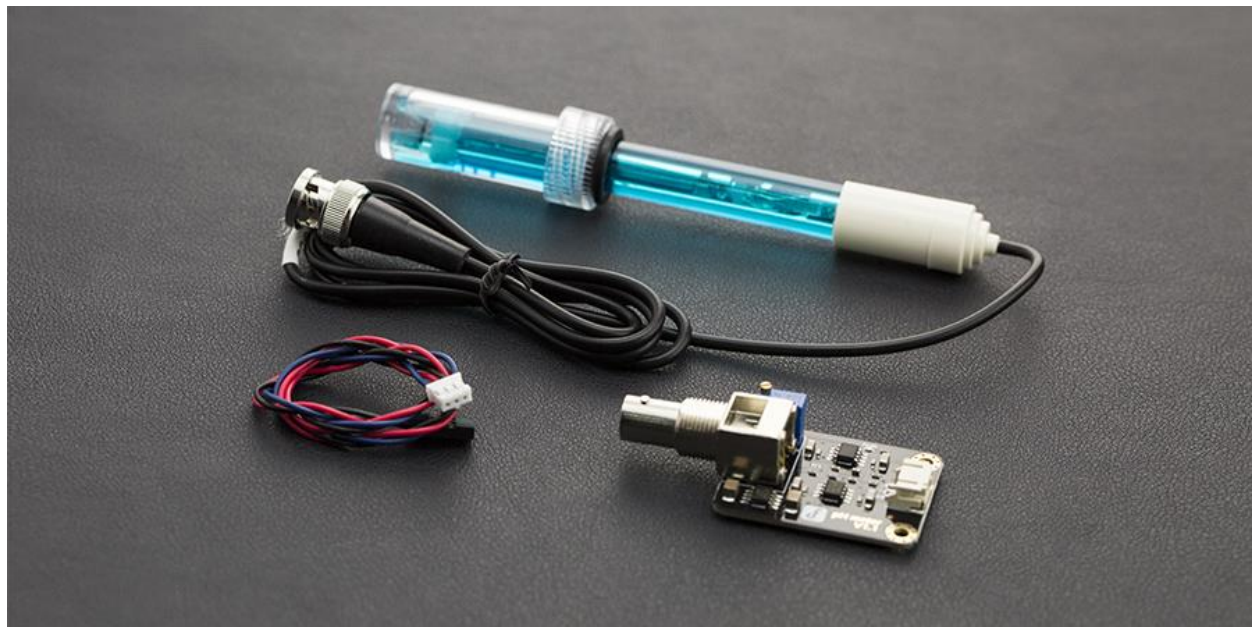
Medidor de pH analógico, de acuerdo con Sigma Electrónica (2025d), este se caracteriza por ser un sensor diseñado especialmente para los controladores de Arduino, El cual cuenta con un LED que funciona como indicador de encendido, además de un conector BNC y la interfaz de sensor de pH 2,0. De igual forma también cuenta con las siguientes características:

- Alimentación: 5 V
- Rango de medición: 0-14pH
- Medición de Temperatura: 0-60 °C
- Precisión: ± 0.1 pH (25 °C)
- Tiempo de respuesta: ≤ 1 min
- Sensor de pH con conector BNC
- Ajuste de ganancia del potenciómetro
- Indicador LED de alimentación
- Tamaño de módulo: 43mmx32mm

Valorando las características de este sensor y su bajo costo, es indicado para el desarrollo del proyecto ya que se ajusta a las necesidades.

Figura 3

Sensor de PH SEN0161



Nota. Figura del sensor o medidor de pH analógico. Tomado de SEN0161, por Sigma Electrónica, 2025.

Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua SEN0237-A

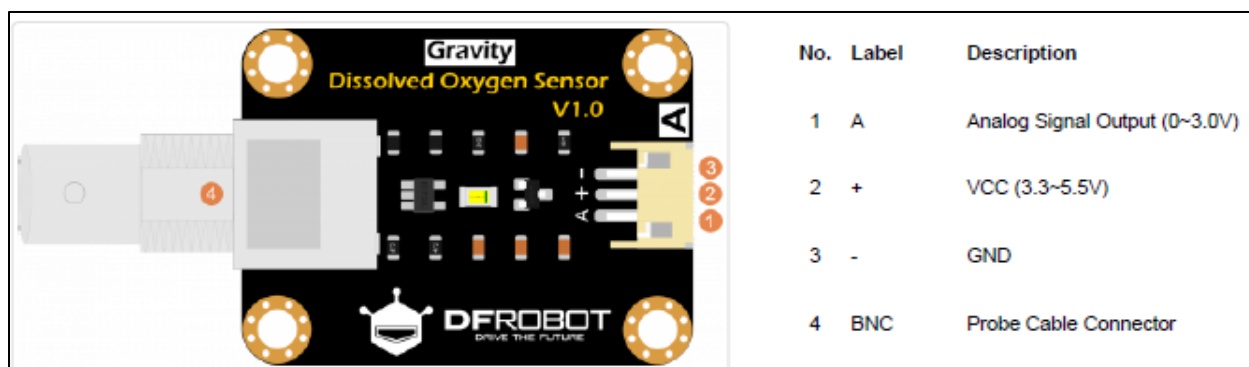
Este sensor cuenta con una sonda, la cual tiene un cabezal que se llena con una solución de Hidróxido de sodio (NaOH) o con 1 gota de glicerina ($C_3H_8O_3$) cada 100ml, con la cual se activa su electrodo para la calibración (ver Figura 4). Además, cuenta con las siguientes características:

- Sonda que no necesita tiempo de polarización.
- Compatible con voltajes de 3.3-5V
- Salida análoga de 0~3V para acoplar con todo tipo de conversores A/D
- Interfaz Plug and Play
- Rango de presión máxima de trabajo 50PSI
- Vida útil del electrodo: 1 Año en uso normal
- Periodo de reemplazo de la solución en el sensor: una vez por mes.

- Longitud del cable: 2 metros
- Conector de la sonda tipo BNC

Figura 4

Descripción de la Placa del Sensor de Oxígeno Disuelto en el Agua



Nota. Descripción de la placa donde se observa que cuenta con una salida analógica, un ingreso de 3.3V y una tierra o GND. Tomado de “Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU:SEN0237”, por Sigma Electrónica, 2018.

Sensor de Temperatura DS18B20

Sensor de temperatura DS18B20, de acuerdo con Sigma Electrónica (2025c) es un sensor tipo sonda con interfaz 1-Wire con una capacidad de desde -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$ de Un metro de longitud y cuenta con las siguientes características:

- Interface tipo 1-Wire
- Capacidad de medida desde -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F -hasta $+257^{\circ}\text{F}$)
- Precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ desde -10°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$
- No necesita componentes externos
- Longitud de cable de 1 Metro
- Voltaje de trabajo 3~5.5VDC Max.

Figura 5*Sensor de Temperatura DS18B20*

Nota. Figura del sensor de temperatura DS18B20. Tomado de “SEN DS18B20 1M”, por Sigma Electrónica, 2025a.

Marco Metodológico

Siendo un proyecto aplicado se considera que este se fundamenta en una perspectiva epistemológica positivista, la cual asume que la realidad es objetiva y mensurable (Creswell, 2014). Al adoptar este enfoque, se busca obtener conocimiento científico a través de la observación sistemática y la experimentación rigurosa. En este sentido, el proyecto permitió cuantificar variables como el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura del agua en los estanques de truchas de la vereda Chichira, generando datos precisos y confiables que servirán como base para la toma de decisiones informadas en la optimización de los procesos de cultivo.

Dado que el objetivo principal de este proyecto es medir variables físicas y químicas de manera precisa y objetiva, el positivismo se erige como la corriente epistemológica más adecuada, se garantiza que los resultados obtenidos sean confiables y reproducibles, lo cual es fundamental para generar conocimiento científico sólido y aplicable en el contexto de la acuicultura de truchas.

Enfoque

El presente proyecto aplicado es diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cuantitativo, ya que es el que mejor se adapta a las características y necesidades de la investigación (Creswell & Plano, 2018). Aunque hay que buscar las fuentes que sustenten el argumento, se utiliza un enfoque cuantitativo porque se busca medir y analizar variables físicas (temperatura, pH y oxígeno disuelto) de manera precisa y objetiva, además de parámetros técnicos de equipos (variables eléctricas, rendimiento, protocolos de comunicación, entre otros). La elección de este enfoque se justifica por la necesidad de obtener datos numéricos y cuantificables que permitan establecer relaciones causales y generalizar los resultados.

Método

Se emplea la investigación experimental porque se manipulan las diferentes variables (temperatura, pH y oxígeno disuelto) y se observarán sus efectos en el crecimiento y la salud de las truchas. En este proyecto la observación de estas variables siempre está presente.

Una vez identificadas las variables se busca la medición de estas para observar los posibles cambios a que haya lugar en los estanques de truchas, de este modo se podrán manipular las variables, para establecer relaciones de causa efecto entre una muestra y otra. Para el análisis de los resultados se buscan datos estadísticos para obtener datos más exactos.

De los anterior se puede evidenciar que el diseño experimental es el más adecuado para este estudio, ya que permite manipular activamente las variables de interés y observar sus efectos de manera controlada (Hernández Sampieri et al., 2014). Al modificar las condiciones ambientales de los estanques (temperatura, pH y oxígeno disuelto) y medir los cambios resultantes en el crecimiento y la salud de las truchas, se podrán establecer relaciones causales y cuantificar el impacto de cada variable. Los datos obtenidos son analizados estadísticamente para obtener resultados precisos y respaldados por evidencia empírica.

Análisis de Datos

Se utilizó métodos estadísticos para analizar los datos recolectados por los sensores, como análisis de varianza, regresión lineal y análisis de correlación (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Teniendo en cuenta esto se tuvieron las variables a analizar (temperatura, oxígeno disuelto en el agua y pH)

Con el fin de optimizar la producción y reducir costos, se realizó un análisis exhaustivo de las variables relacionadas con la alimentación. Los resultados obtenidos permitieron ajustar

las condiciones de cultivo y generar nuevos conocimientos sobre los requerimientos ambientales y nutricionales de las truchas.

Desarrollo y Resultados

Caracterización de Sensores y Hardware

Se realizó la Caracterización de Sensores y Hardware para Monitoreo Remoto en Estanques de Truchas, de la siguiente forma:

Sensor de Temperatura DS18B20

Especificaciones Técnicas

Este sensor cuenta con las siguientes características técnicas:

- Rango de medición: Desde -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F -hasta $+257^{\circ}\text{F}$)
- Precisión: De $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ desde -10°C hasta $+85^{\circ}\text{C}$
- Resolución: De 9 a 12 bits (configurable)
- Respuesta: Tiempo de respuesta: 750 ms
- Interferencias: Posibles ruidos

Calibración

Teniendo en cuenta sus características técnicas, realizo la calibración bajo condiciones controladas, al sensor DS18B20 mediante el método de dos puntos, empleando un termómetro de mercurio calibrado como referencia. Se sumergió el sensor en un baño de hielo, asegurando que estuviera completamente cubierto, y se esperaron 5 minutos para alcanzar el equilibrio térmico. Posteriormente, se sumergió en agua destilada hirviendo, manteniendo las mismas condiciones. Se tomaron diez lecturas en cada punto de referencia, obteniendo un promedio y una desviación estándar para evaluar la precisión de la calibración bajo condiciones controladas. Esto sabiendo que el punto de congelación del agua es a una temperatura de 0°C y posteriormente el punto de

ebullición de agua es a 95°C, en una altura sobre el nivel del mar de 1500 metros (altura a la cual se realizó la calibración) (ver Figuras 6 y 7).

Figura 6

Lecturas Mostradas en el Punto de Ebullición del Agua

| COM3 | |
|--------------|------------------------------|
| 09:16:55.072 | -> Temperatura agua: 97.12 C |
| 09:17:00.612 | -> Temperatura agua: 97.06 C |
| 09:17:06.132 | -> Temperatura agua: 97.19 C |
| 09:17:11.662 | -> Temperatura agua: 97.12 C |
| 09:17:17.212 | -> Temperatura agua: 97.06 C |
| 09:17:22.722 | -> Temperatura agua: 97.00 C |
| 09:17:28.262 | -> Temperatura agua: 97.12 C |
| 09:17:33.792 | -> Temperatura agua: 97.19 C |
| 09:17:39.332 | -> Temperatura agua: 97.19 C |
| 09:17:44.862 | -> Temperatura agua: 97.19 C |

Nota. Lectura en punto de ebullición en frecuencia de muestreo de 5 segundos. registrando 10 lecturas, obteniendo un promedio de 97.12 °C

Figura 7

Lecturas Mostradas en el Punto de Congelación del Agua

| COM3 | |
|--------------|-----------------------------|
| 14:53:29.606 | -> Temperatura agua: 0.00 C |
| 14:53:35.113 | -> Temperatura agua: 0.12 C |
| 14:53:40.617 | -> Temperatura agua: 0.12 C |
| 14:53:46.132 | -> Temperatura agua: 0.25 C |
| 14:53:51.672 | -> Temperatura agua: 0.12 C |
| 14:53:57.178 | -> Temperatura agua: 0.12 C |
| 14:54:02.660 | -> Temperatura agua: 0.19 C |
| 14:54:08.171 | -> Temperatura agua: 0.19 C |
| 14:54:13.696 | -> Temperatura agua: 0.12 C |
| 14:54:19.174 | -> Temperatura agua: 0.12 C |

Nota. Lectura en punto de congelación en frecuencia de muestreo de 5 segundos. registrando 10 lecturas, obteniendo un promedio de 0.13 °C

Soluciones Estándar

Distinguiendo que tanto la precisión como la exactitud son fundamentales para garantizar la calidad de las mediciones, se llevó a cabo un análisis de ambos parámetros en los puntos de calibración del sensor. La precisión permitió evaluar la repetibilidad de las lecturas, mientras que la exactitud determinó la cercanía de los resultados a los valores de referencia. Dado que la precisión evalúa la variabilidad de las mediciones y la exactitud mide qué tan cerca están los resultados del valor real, se procedió a determinar ambos parámetros en los puntos de congelación y ebullición del agua utilizados para calibrar el sensor DS18B20. Visto de esta forma se promedió la lectura en punto de ebullición para determinar la exactitud:

$$\bar{X} = \frac{97.12 + 97.06 + 97.19 + 97.12 + 97.06 + 97.00 + 97.12 + 97.19 + 97.19 + 97.19}{10}$$

$$\bar{X} = 97.12$$

La precisión se asocia con la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = 0.06$$

promedio de lectura en punto de congelación para determinar la exactitud:

$$\bar{X} = \frac{0.0 + 0.12 + 0.12 + 0.25 + 0.12 + 0.12 + 0.19 + 0.19 + 0.12 + 0.12}{10}$$

$$\bar{X} = 0.13$$

La precisión se asocia con la desviación estándar:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = 0.06$$

La escasa desviación estándar calculada confirma la alta precisión alcanzada en la calibración del sensor. Esto implica que las mediciones realizadas con este instrumento serán altamente confiables y repetibles.

Frecuencia

Con el objetivo de obtener una caracterización precisa del sensor, se optó por una frecuencia de muestreo de 5 segundos. En cada punto de calibración se registraron 10 lecturas, lo que permitió evaluar la estabilidad y repetibilidad de las mediciones.

Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua:

Especificaciones Técnicas

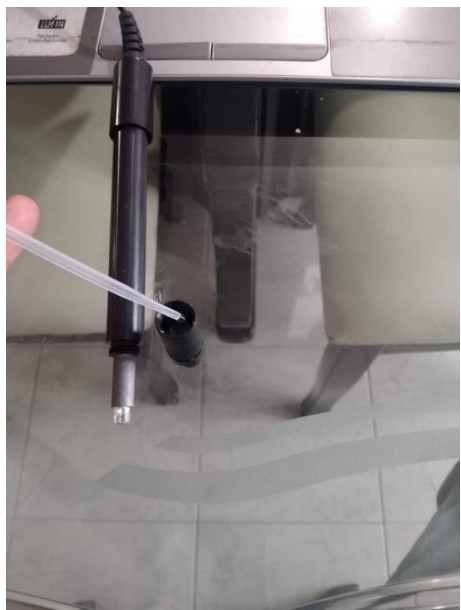
- Rango de medición: mg/l (ppm) o la saturación de oxígeno del agua
- Precisión: Hasta 50PSI
- Resolución: De 9 a 12 bits (configurable)
- Respuesta: Tiempo de respuesta: 750 ms
- Interferencias: Posibles ruidos

Calibración

Para la calibración bajo condiciones controladas se realiza de acuerdo con las indicaciones de la empresa fabricante del sensor (DFRobot, s. f.). Se preparó una solución patrón de NaOH 0.5 M pesando con precisión 20 gramos de NaOH (como se observa en la Figura 8 y 9) y disolviéndolos en un litro de agua destilada. A continuación, se desmontó la tapa de la membrana del sensor y se llenó aproximadamente dos tercios de su volumen con la solución preparada, asegurando así un correcto contacto entre el electrolito y la membrana.

Figura 8*Medición de NaOH*

Nota. Peso de 20.02 gramos de NaOH, para realizar la mezcla exacta, en un litro de agua destilada para lograr una calibración exacta del sensor.

Figura 9*Medición de NaOH*

Nota. Llenado de la tapa de la membrana del sensor con aproximadamente dos tercios de su volumen con la solución preparada, para realizar una correcta calibración.

Para garantizar la precisión de la calibración, se establecieron las siguientes condiciones: temperatura ambiente de 27°C, voltaje de referencia de 5V y resolución de 12 bits. Con base en estos parámetros, se elaboró un código específico para Arduino y se cargó en la placa de desarrollo, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Código de Calibración del Sensor de Oxígeno



```

calibracion_oxigeno Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

calibracion_oxigeno $
#include <Arduino.h>

#define VREF 5000//VREF(mv)
#define ADC_RES 1024//ADC Resolution

uint32_t raw;

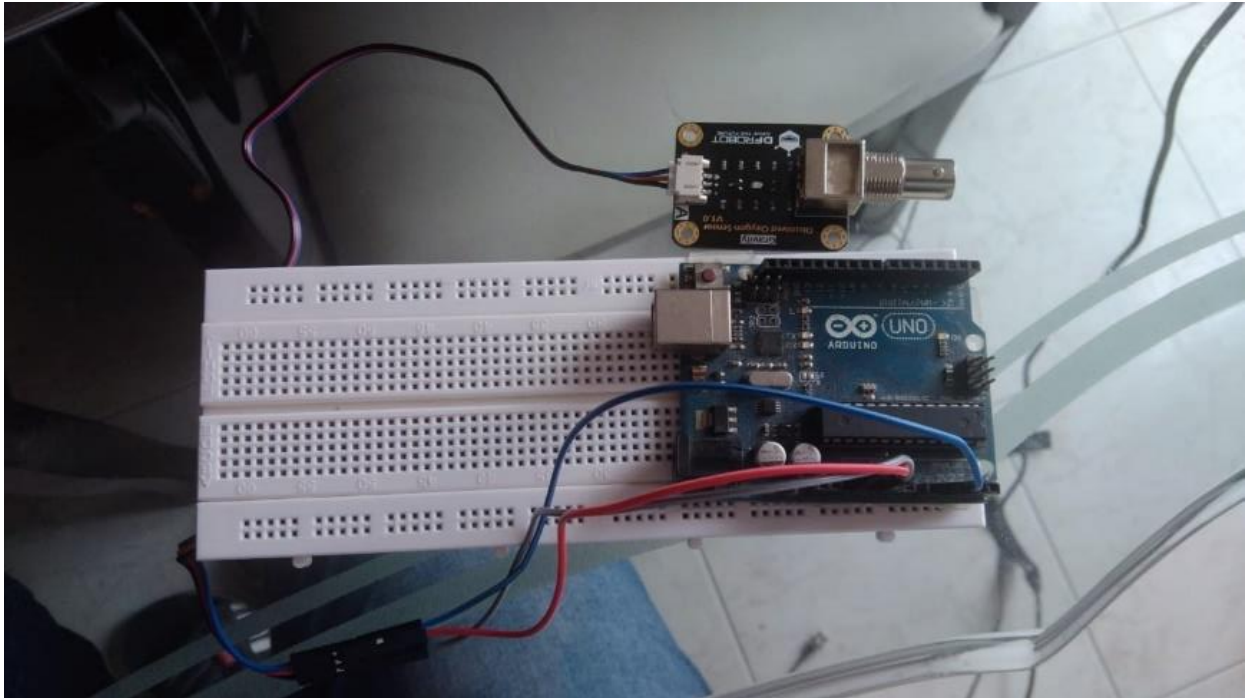
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
}

void loop()
{
  raw=analogRead(A1);
  Serial.println("raw:\t"+String(raw)+"\tVoltage (mv) "+String(raw*VREF/ADC_RES));
  delay(1000);
}

```

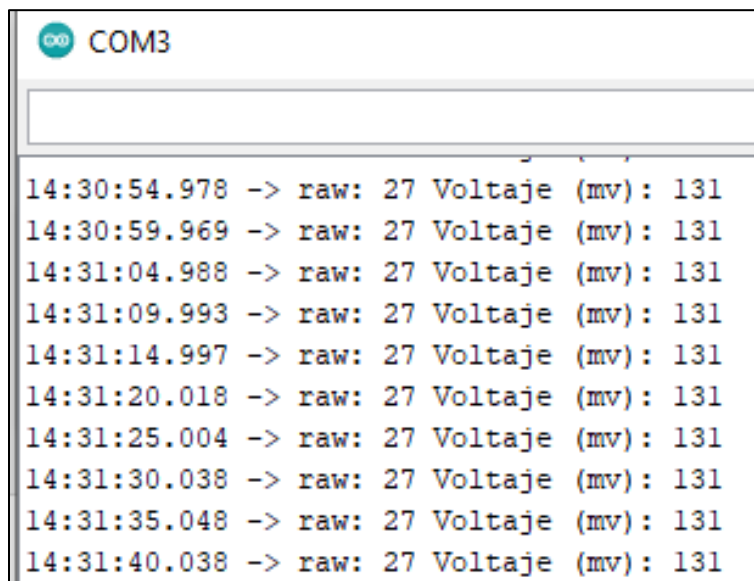
Nota. Código de configuración para la calibración del sensor. sopesando el voltaje de referencia el cual es de 5V, con una resolución de 12 bits. para realizar los cálculos a una temperatura ambiente de 27°C.

Un paso crucial es establecer las conexiones eléctricas entre el sensor y la placa Arduino. Se suministró la alimentación necesaria, se conectó la tierra y, finalmente, se enlazó la señal analógica del sensor al pin A1 de la placa Arduino, completando así el circuito (ver Figura 11).

Figura 11*Conexiones Entre la Placa de Sensor y la Placa Arduino*

Nota. Conexión de la placa del sensor a la placa arduino, en donde se tiene su correspondiente alimentación y el pin de datos.

Cuando la temperatura es fija, el voltaje está relacionado linealmente con la concentración de oxígeno disuelto. Debido a las ligeras diferencias en la producción de la sonda, el voltaje correspondiente al oxígeno disuelto saturado debe calibrarse antes de poder obtener datos precisos (DFRobot, s. f.).

Figura 12*Respuesta de la Calibración*

```
COM3
14:30:54.978 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:30:59.969 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:04.988 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:09.993 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:14.997 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:20.018 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:25.004 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:30.038 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:35.048 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
14:31:40.038 -> raw: 27 Voltaje (mv): 131
```

Nota. Lectura en de la calibración en frecuencia de muestreo de 5 segundos. registrando 10 lecturas.

La relación aproximada entre el voltaje de saturación y la temperatura se muestra en la siguiente figura. Se conoce la correspondencia entre la temperatura y el oxígeno disuelto saturado a presión atmosférica estándar, y la concentración de oxígeno saturado y el voltaje correspondiente a la temperatura actual se pueden determinar midiendo la temperatura para calcular el oxígeno disuelto (DFRobot, s. f.).

Figura 13*Relación Aproximada Entre el Voltaje de Saturación y la Temperatura*

| T °C | DO mg/L | T °C | DO mg/L | T °C | DO mg/L |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| 0 | 14.60 | 16 | 9.86 | 32 | 7.30 |
| 1 | 14.22 | 17 | 9.64 | 33 | 7.17 |
| 2 | 13.80 | 18 | 9.47 | 34 | 7.06 |
| 3 | 13.44 | 19 | 9.27 | 35 | 6.94 |
| 4 | 13.08 | 20 | 9.09 | 36 | 6.84 |
| 5 | 12.76 | 21 | 8.91 | 37 | 6.72 |
| 6 | 12.44 | 22 | 8.74 | 38 | 6.60 |
| 7 | 12.11 | 23 | 8.57 | 39 | 6.52 |
| 8 | 11.83 | 24 | 8.41 | 40 | 6.40 |
| 9 | 11.56 | 25 | 8.25 | 41 | 6.33 |
| 10 | 11.29 | 26 | 8.11 | 42 | 6.23 |
| 11 | 11.04 | 27 | 7.96 | 43 | 6.13 |
| 12 | 10.76 | 28 | 7.83 | 44 | 6.06 |
| 13 | 10.54 | 29 | 7.68 | 45 | 5.97 |
| 14 | 10.31 | 30 | 7.56 | 46 | 5.88 |
| 15 | 10.06 | 31 | 7.43 | 47 | 5.79 |

Nota. Tabla de medición de temperatura para calcular el oxígeno disuelto, en el caso la es una temperatura ambiente de 27, se realiza la verificación con las mediciones finales. Tomada de “SKU:SEN0237”, por DFRobot, s.f.

Para garantizar una correcta interpretación de los datos del sensor, se utilizó el código de Arduino recomendado por el fabricante (DFRobot, s. f.). Este código, optimizado para el sensor en cuestión, fue cargado en la placa para llevar a cabo las lecturas finales.

Figura 14

Lecturas de Oxígeno Disuelto

| COM3 | |
|--------------|----------------------------|
| 15:09:40.399 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:09:40.399 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:09:45.399 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:09:50.409 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:09:55.401 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:00.432 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:05.414 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:10.449 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:15.439 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:20.466 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:25.461 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:30.479 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |
| 15:10:35.487 | -> Oxigeno Disuelto 8 mg/L |

Nota. De acuerdo con la temperatura para calcular el oxígeno disuelto de la Figura 13, para una temperatura de 27 °C, se realiza la verificación con las mediciones finales obteniendo un valor cercano al esperado.

Soluciones Estándar

Para asegurar la calidad de las mediciones de oxígeno disuelto, se evaluaron tanto la precisión como la exactitud de los datos obtenidos. La precisión se determinó analizando la repetibilidad de las lecturas, mientras que la exactitud se evaluó comparando los resultados con los valores de referencia correspondientes a la temperatura de medición, así:

promedio para determinar la exactitud:

$$\bar{X} = \frac{8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8}{10}$$

$$\bar{X} = 8$$

Frecuencia

Una frecuencia de muestreo de 5 segundos resultó óptima para caracterizar el sensor de oxígeno, de manera precisa. Al registrar 10 lecturas en cada punto de calibración, se pudo evaluar la estabilidad y repetibilidad de las mediciones, asegurando así la calidad de los datos obtenidos.

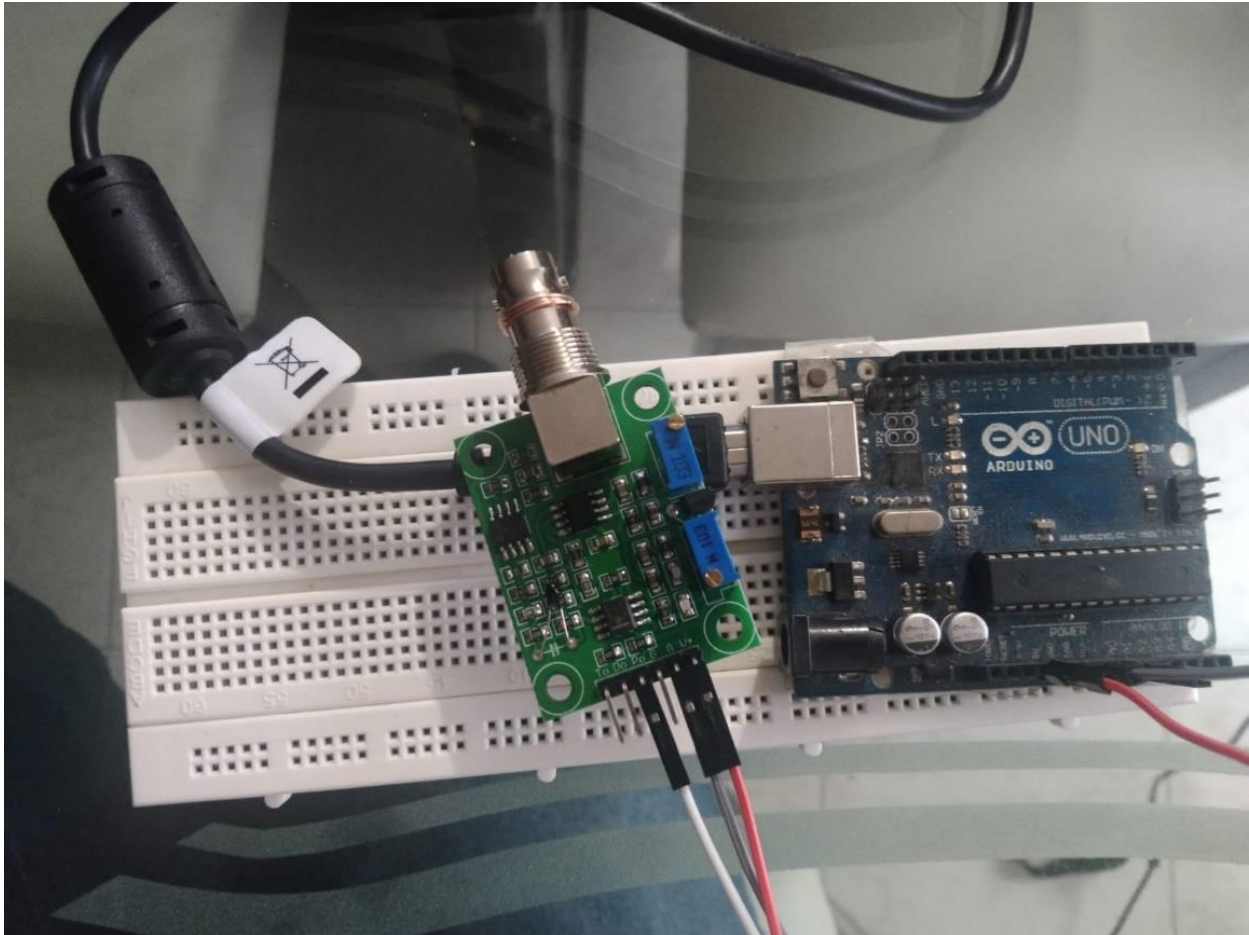
Sensor de pH

Especificaciones Técnicas

- Rango de medición: 0-14 pH
- Precisión: $\pm 0.1\text{pH}$ (25°C)
- Resolución: De 9 a 12 bits (configurable)
- Respuesta: Tiempo de respuesta: 5 segundos
- Interferencias: Posibles ruidos

Calibración

La calibración del sensor requiere la creación de una condición de referencia. Para ello, se cortocircuitó el conector de la sonda, generando una tensión de 2.5V en la salida analógica Po. A continuación, se procedió a conectar el pin V+ del sensor a la alimentación de 5V de Arduino, el pin de tierra a la tierra de Arduino y la salida analógica Po al pin A0 de Arduino, preparando así el sistema para la adquisición de datos de calibración.

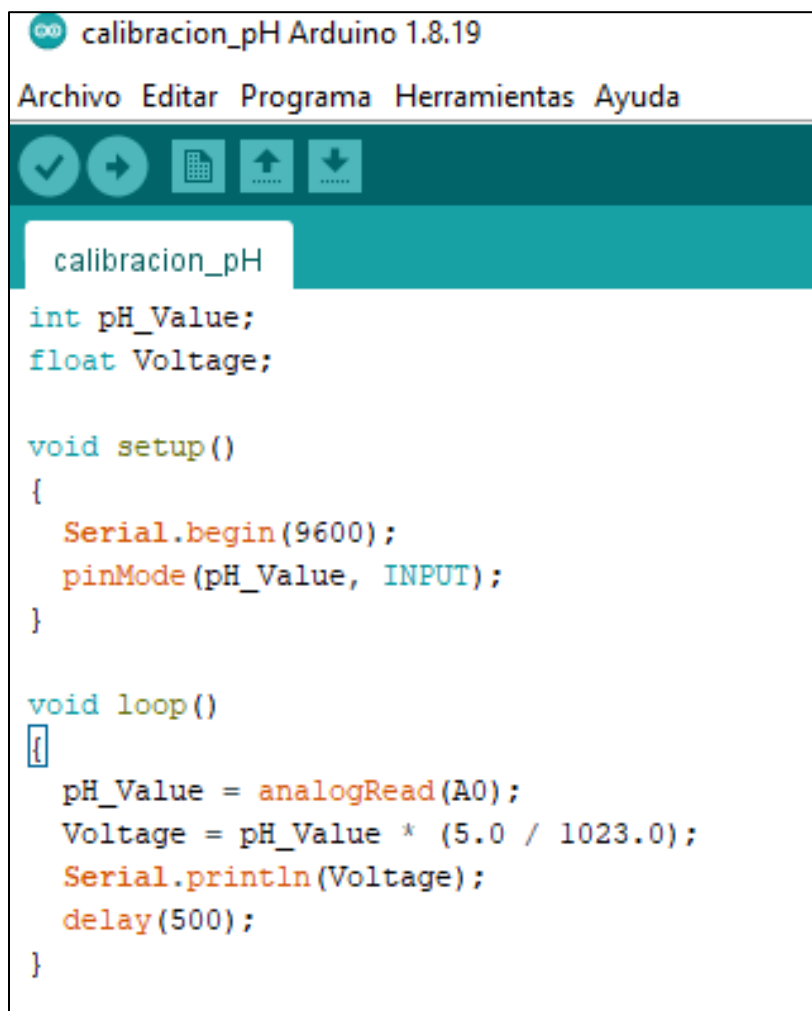
Figura 15*Conexión Para la Calibración*

Nota. Se cortocircuitó el conector de la sonda utilizando el conductor de cobre visible en la Figura, induciendo una tensión de 2.5V en la salida analógica Po. Posteriormente, se conectó el pin V+ del sensor a los 5V de Arduino, la tierra del sensor a la tierra de Arduino y la salida analógica Po al pin A0 de Arduino.

Un paso fundamental en el proceso de calibración es cargar el código de Arduino mostrado en la Figura 16. Este código, especialmente diseñado para este tipo de sensor, contiene las instrucciones necesarias para realizar la calibración y obtener resultados precisos.

Figura 16

Código Para la Calibración del Sensor

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "calibracion_pH Arduino 1.8.19". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". Below the menu bar is a toolbar with icons for a checkmark, a right arrow, a grid, an up arrow, and a down arrow. The main editor area shows the following code:

```
calibracion_pH
int pH_Value;
float Voltage;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pH_Value, INPUT);
}

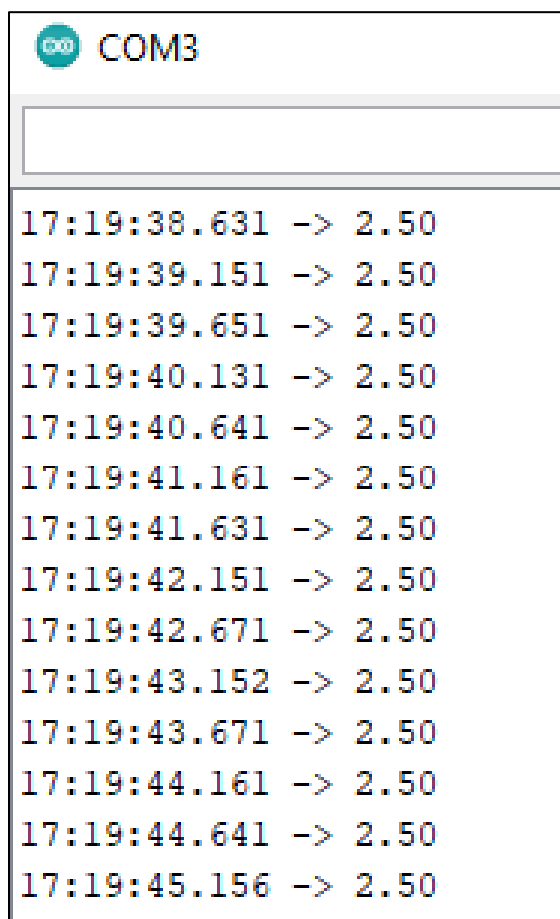
void loop()
{
  pH_Value = analogRead(A0);
  Voltage = pH_Value * (5.0 / 1023.0);
  Serial.println(Voltage);
  delay(500);
}
```

Nota. Código para la calibración del sensor en donde se observa su voltaje y resolución.

Posteriormente, se procedió a calibrar el sensor ajustando el potenciómetro ubicado en la placa. Estimando que un pH neutro (7) corresponde a una lectura de 2.5 voltios, se configuró el potenciómetro hasta obtener esta tensión, asegurando así una calibración precisa del sensor de pH.

Figura 17

Lectura de la Tensión Requerida Para pH Neutro



| COM3 | |
|--------------|---------|
| 17:19:38.631 | -> 2.50 |
| 17:19:39.151 | -> 2.50 |
| 17:19:39.651 | -> 2.50 |
| 17:19:40.131 | -> 2.50 |
| 17:19:40.641 | -> 2.50 |
| 17:19:41.161 | -> 2.50 |
| 17:19:41.631 | -> 2.50 |
| 17:19:42.151 | -> 2.50 |
| 17:19:42.671 | -> 2.50 |
| 17:19:43.152 | -> 2.50 |
| 17:19:43.671 | -> 2.50 |
| 17:19:44.161 | -> 2.50 |
| 17:19:44.641 | -> 2.50 |
| 17:19:45.156 | -> 2.50 |

Nota. Lectura de la tensión de calibración la cual corresponde a los 2.5 voltios requeridos.

A fin de evaluar la exactitud de la calibración realizada, se procedió a cargar el programa definitivo en la placa Arduino. Posteriormente, se conectó la sonda del sensor el cual de fabrica viene con una referencia de cloruro de potasio (KCl) que tiene un pH nominal de 4 según las especificaciones del fabricante. Esta prueba permitió comprobar si el sensor era capaz de proporcionar una lectura de pH cercana al valor de referencia.

Figura 18

Código Cargado en la Placa Arduino Para el Sensor de pH

```

ok_pH Arduino 1.8.19
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
ok_pH$
#include <Simpletimer.h>
#include <Wire.h>
Simpletimer timer;
float calibration_value = 21.34 - 0.7;
int phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[10],temp;
float ph_act;

void setup()
{
  Wire.begin();
  Serial.begin(19200);
}

void loop() {
  timer.run(); // Initiates SimpleTimer
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    buffer_arr[i]=analogRead(A0);
    delay(30);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buffer_arr[i]>buffer_arr[j])
      {
        temp=buffer_arr[i];
        buffer_arr[i]=buffer_arr[j];
        buffer_arr[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgval=0;
  for(int i=2;i<8;i++)
  avgval+=buffer_arr[i];
  float volt=(float) avgval*5.0/1024/6;
  ph_act = -5.70 * volt + calibration_value;

  Serial.println("pH ");
  Serial.print(ph_act);
  delay(1000);
}

```

Nota. Código cargado en el arduino solo para el sensor de pH.

Figura 19*Resultados de Lectura*

| COM3 | |
|--------------|-------------|
| 17:24:19.651 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:20.131 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:20.621 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:21.131 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:21.635 | -> pH: 3.99 |
| 17:24:22.121 | -> pH: 3.94 |
| 17:24:22.651 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:23.199 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:23.630 | -> pH: 4.00 |
| 17:24:24.161 | -> pH: 4.00 |

Nota. Resultados de la lectura con una referencia de cloruro de potasio que tiene un pH nominal de 4 según las especificaciones del fabricante.

Soluciones Estándar

Para asegurar la calidad de las mediciones de pH en el agua, se evaluaron tanto la precisión como la exactitud de los datos obtenidos. La precisión se determinó analizando la repetibilidad de las lecturas, mientras que la exactitud se evaluó comparando los resultados con los valores de referencia correspondientes a la temperatura de medición, así:

Promedio para determinar la exactitud:

$$\bar{X} = \frac{4 + 4 + 4 + 3.99 + 3.94 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4}{10}$$

$$\bar{X} = 3.99$$

Frecuencia

Una frecuencia de muestreo de 500 milisegundos resultó óptima para caracterizar el sensor de pH, de manera precisa. Al registrar 10 lecturas en cada punto de calibración, se pudo evaluar la estabilidad y repetibilidad de las mediciones, asegurando así la calidad de los datos obtenidos.

Modelo del Sistema Desarrollado

A continuación, se muestra el modelo del sistema de bajo costo para la medición en tiempo real de la temperatura, el pH y el oxígeno disuelto en agua:

Precisión Requerida

La obtención de mediciones precisas requiere un enfoque integral que considere todos los factores que pueden influir en la calidad de los datos, por ello hay que tener en cuenta los siguientes factores que afectan la precisión:

- **Precisión de los Sensores:** La calidad intrínseca del sensor limita la exactitud de la medida.
- **Calibración:** Un proceso de calibración adecuado reduce el error sistemático, aunque no elimina el error aleatorio.
- **Factores Ambientales:** Temperatura, humedad, presión, vibraciones, campos electromagnéticos, etc., pueden afectar la señal del sensor.
- **Linealidad:** La relación entre la magnitud física medida y la señal eléctrica del sensor debe ser lo más lineal posible.
- **Resolución:** La menor variación de la magnitud física que el sensor puede detectar limita la precisión.

- Estabilidad: Las variaciones en las características del sensor a lo largo del tiempo pueden introducir errores.
- Un error por debajo del 2% en la medición puede ser aceptable teniendo en cuenta los parámetros requeridos para la producción de truchas.

Frecuencia de Muestreo

Realizar un muestreo cada hora en la finca truchas Pamplona, para garantizar la calidad del agua y optimizar la producción de truchas. Al combinar este muestreo con un análisis cuidadoso de los datos y la implementación de medidas correctivas oportunas, se logró un cultivo de truchas más eficiente y sostenible, se decide realizar el muestro cada hora fundamentado en lo siguiente:

- Fluctuaciones rápidas: Los parámetros del agua, especialmente en sistemas abiertos como los estanques de truchas, pueden experimentar cambios rápidos debido a factores como la fotosíntesis, la respiración de los peces, la descomposición de materia orgánica y las variaciones en la temperatura. Un muestreo cada hora permite capturar estas fluctuaciones y obtener una Figura más precisa de las condiciones del agua.
- Impacto del alimento: La aplicación del alimento introduce materia orgánica al agua, lo que puede generar cambios en parámetros como el amoníaco, los nitritos y los nitratos. Un muestreo frecuente permite evaluar el impacto de la alimentación y ajustar las raciones si es necesario.
- Eventos climáticos: Las lluvias, los días calurosos y otros eventos climáticos pueden alterar significativamente la calidad del agua. Un muestreo cada hora permite detectar estos cambios de manera oportuna y tomar medidas correctivas si es necesario.

Condiciones Ambientales

Las condiciones climáticas en la ubicación de la finca truchas Pamplona, son cruciales para determinar la vida útil y el desempeño óptimo de los sensores electrónicos. estas implicaciones son:

- **Altura sobre el nivel del mar:** A 2200 metros, la presión atmosférica es menor que al nivel del mar. Esto puede influir en la disipación del calor de los componentes electrónicos y en la formación de condensación.
- **Temperatura ambiente:** Un promedio de 15°C es relativamente moderado, si bien es importante considerar las fluctuaciones diarias y estacionales. Los extremos de temperatura pueden afectar la vida útil de los componentes.
- **Humedad relativa:** Una humedad promedio de 77% es bastante alta. La humedad elevada puede acelerar la corrosión de los componentes metálicos y promover el crecimiento de hongos y bacterias, lo que puede causar cortocircuitos.

Rango de Medición

Los valores ideales para el agua en la crianza de truchas, de acuerdo con esto se observa que el nivel de oxígeno disuelto en el agua se mide en partes por millón (ppm), debe de ser entre 7,5 a 12 (teniendo en cuenta que este varia de día y de noche), siendo un nivel óptimo en 8,5 ppm. La temperatura es muy importante porque ayuda a la regulación del crecimiento de los peses, en la Tabla 1 se observa que el rango de esta debe permanecer entre 13°C a 18°C, siendo el rango optimo de 15°C. El (pH), puede variar entre los 6,5 a 8,5 siendo un pH ideal neutro o de 7. Dentro de estos parámetros se tiene el rango de medición.

Condiciones Ambientales

Las condiciones climáticas en la ubicación de la finca truchas Pamplona, son cruciales para determinar la vida útil y el desempeño óptimo de los sensores electrónicos. estas implicaciones son:

- **Altura sobre el nivel del mar:** A 2200 metros, la presión atmosférica es menor que al nivel del mar. Esto puede influir en la disipación del calor de los componentes electrónicos y en la formación de condensación.
- **Temperatura ambiente:** Un promedio de 15°C es relativamente moderado, pero es importante considerar las fluctuaciones diarias y estacionales. Los extremos de temperatura pueden afectar la vida útil de los componentes.
- **Humedad relativa:** Una humedad promedio de 77% es bastante alta. La humedad elevada puede acelerar la corrosión de los componentes metálicos y promover el crecimiento de hongos y bacterias, lo que puede causar cortocircuitos.

Comunicación

La comunicación por vía wifi con un Módulo Wifi ESP32 el cual garantiza la transmisión inalámbrica de la información recolectada por los sensores, wifi con el fin de visualizar la información en la nube o por medio de la aplicación *Blynk IoT*, las ventajas de este método de comunicación son porque el ESP32 actúa como un puente entre los sensores y la red WiFi, convierte los datos digitales en paquetes de datos compatibles con el protocolo WiFi y transmite estos paquetes a un router o punto de acceso WiFi el cual se tiene en la finca truchas Pamplona.

Componentes Clave del Sistema

Sensores

- **Sensor de temperatura DS18B20**

- Sensor de pH SEN0161
- Sensor de Oxígeno Disuelto en Agua SEN0237-A
- Modulo ESP32

También se requiere el Microcontrolador. NodeMCU ESP32, el cual utiliza el microprocesador ESP-WROOM-32 (Tensilica Xtensa LX6). Este procesador funciona a una frecuencia de reloj de 240 MHz y dispone de 520 kB de RAM, 448 kB de EEPROM y 4000 kB de memoria Flash (para programación y registro de datos) (Sigma Electrónica, 2025a, 2025b).

Además de su fuente de alimentación, sabiendo que este sistema se alimenta con corriente continua de 5 voltios y 2 amperios, provista por una fuente de alimentación utilizada para la carga de un teléfono celular. Esta configuración es suficiente para operar los sensores y componentes electrónicos del sistema. la fuente cuenta con las siguientes características:

- Entrada de la fuente: Corriente alterna (CA) de 110 voltios. Esta es la tensión que típicamente se encuentra en las redes eléctricas veredales.
- Salida de la fuente: Corriente continua (CC) de 5 voltios y 2 amperios. Esta es la tensión y corriente que necesita el sistema para funcionar correctamente.
- Función de la fuente: Convierte la corriente alterna de 110V a corriente continua de 5V, regulando la tensión para garantizar un suministro estable a los componentes electrónicos.

Por otro lado, la comunicación es con el módulo Wi-Fi (ESP32) (Sigma Electrónica, 2025a). El ESP32 es un chip altamente integrado diseñado para las necesidades de un nuevo mundo conectado. Ofrece una solución completa y autónoma de redes Wi-Fi, lo que le permite alojar la aplicación o servir como puente entre Internet y un microcontrolador, sus principales características son:

- Código abierto

- Interactivo
- Programable
- Bajo costo
- Sencillo
- Inteligente
- Wi-Fi
- Compatible con Arduino
- USB-TTL included, plug&play
- 10 GPIO, every GPIO can be PWM, I2C, 1-wire
- FCC CERTIFIED WI-FI module
- PCB antena

Software

- **Arduino IDE:** Es un conjunto de herramientas de software que permiten programar, desarrollar y grabar todo el código necesario para hacer que la tarjeta Arduino funcione. Este admite diferentes lenguajes, el más utilizado es C++. Gracias a su facilidad de uso, su potente lenguaje de programación y su amplia comunidad, este software fue el indicado para el desarrollo de este proyecto (Ramírez, 2016).

- **Plataforma en la nube:** *Blynk IoT* es una plataforma bajo código que permite visualizar la lectura de los sensores a través de internet. Esta cuenta con una interfaz gráfica de usuario (GUI) muy intuitiva y fácil de usar, lo que permite crear visualizaciones personalizadas para los datos de los sensores de forma rápida y sencilla, sin necesidad de escribir código complejo (Tovar, 2024).

Diseño del Sistema

Para el diseño del sistema se realizaron las siguientes configuraciones en busca de tener el circuito funcional.

Adquisición de Datos

teniendo en cuenta los periféricos del ESP32 y que este integra Wi-Fi de manera nativa, lo que lo hace ideal para el proyecto. para la adquisición de datos se realizaron conexiones de los sensores con los periféricos ADC del ESP32, lo cual garantizo la recolección de datos, así:

- La alimentación: Con la fuente de alimentación en la cual el pin Vin tiene el positivo de los 5V, y la puesta a tierra con el pin GND.
- El sensor DS18B20: (Temperatura), para este sensor se conectó una resistencia de 4.7k en modo Pull-Up entre el pin de datos y VCC, su alimentación al pin de salida de 3.3V del ESP32, la tierra a la tierra del circuito y el pin de datos al GPIO4 (para identificar este se utiliza cable amarillo).
- El Sensor de pH: Se conectó su alimentación al positivo del circuito, la tierra a la tierra del circuito y el pin Po del sensor al GPIO0 del ESP32 (para identificar este se utiliza cable café).
- El Sensor de oxígeno: Se conectó su alimentación al positivo del circuito, la tierra a la tierra del circuito y el pin A del sensor al GPIO2 del ESP32 (para identificar este se utiliza cable azul).

Transmisión de Datos

Teniendo en cuenta que el ESP32 tiene protocolo TCP-IP integrado, esto permitió su la trasmisión de los datos través de un router Wifi, de manera fluida y constante. El router actúa

como un puente entre la red local y Internet. El ESP32, al conectarse al Wifi del router, se une a esta red y puede acceder a Internet para el ingreso a la plataforma *Blynk*.

Visualización

Gracias a la interfaz gráfica de usuario (GUI) de la plataforma *Blynk*, se pueden crear visualizaciones personalizadas para los datos de los sensores de forma rápida y sencilla, sin necesidad de escribir código complejo. lo cual garantiza una visualización de manera fácil y entendible.

Plataforma Integral Digital del Sistema

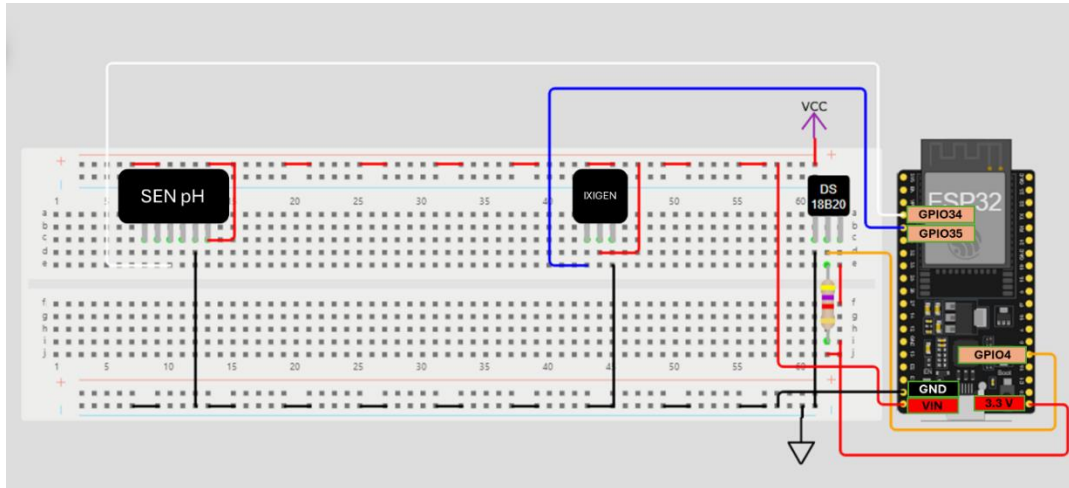
Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se diseñó el circuito como se muestra en la Figura 20 (diagrama del circuito de los sensores), y se realizó este de manera física como se muestra en la Figura 21 (circuito organizado en protoboard), para esto las conexiones fueron de la siguiente forma:

- La alimentación: Con la fuente de alimentación en la cual el pin Vin tiene el positivo de los 5V, y la puesta a tierra con el pin GND.
- El sensor DS18B20: (Temperatura), para este sensor se conectó una resistencia de 4.7k en modo Pull-Up entre el pin de datos y VCC, su alimentación al pin de salida de 3.3V del ESP32, la tierra a la tierra del circuito y el pin de datos al GPIO4 (para identificar este se utiliza cable naranja).
- El Sensor de pH: Se conectó su alimentación al positivo del circuito, la tierra a la tierra del circuito y el pin Po del sensor al GPIO34 del ESP32 (para identificar este se utiliza cable Blanco).

- El Sensor de oxígeno: Se conectó su alimentación al positivo del circuito, la tierra a la tierra del circuito y el pin A del sensor al GPIO35 del ESP32 (para identificar este se utiliza cable azul).

Figura 20

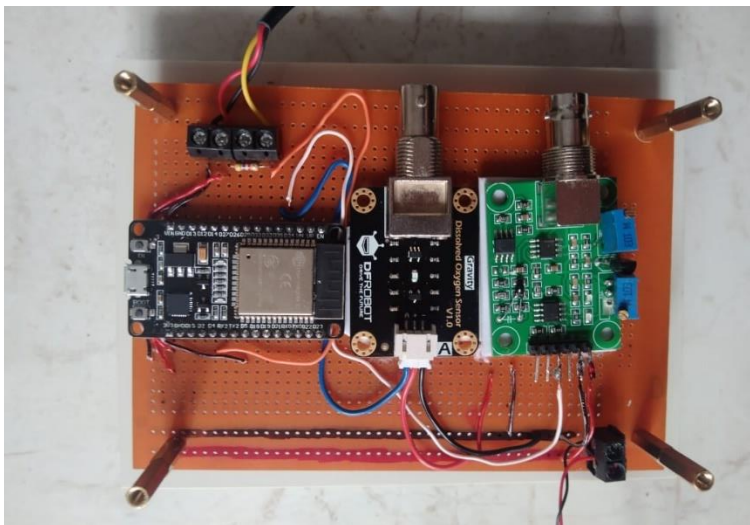
Diagrama del Circuito de los Sensores



Nota. Emulación del circuito.

Figura 21

Circuito Organizado en Tarjeta Impresa



Nota. Circuito elaborado para el funcionamiento de los sensores en donde se integran estos con el ESP 32.

Después de que se creó el circuito completo en la tarjeta impresa se realizaron pruebas de consumo de energía con multímetro, observando un consumo máximo de 1.38 amperios.

Figura 22

Consumo del Circuito

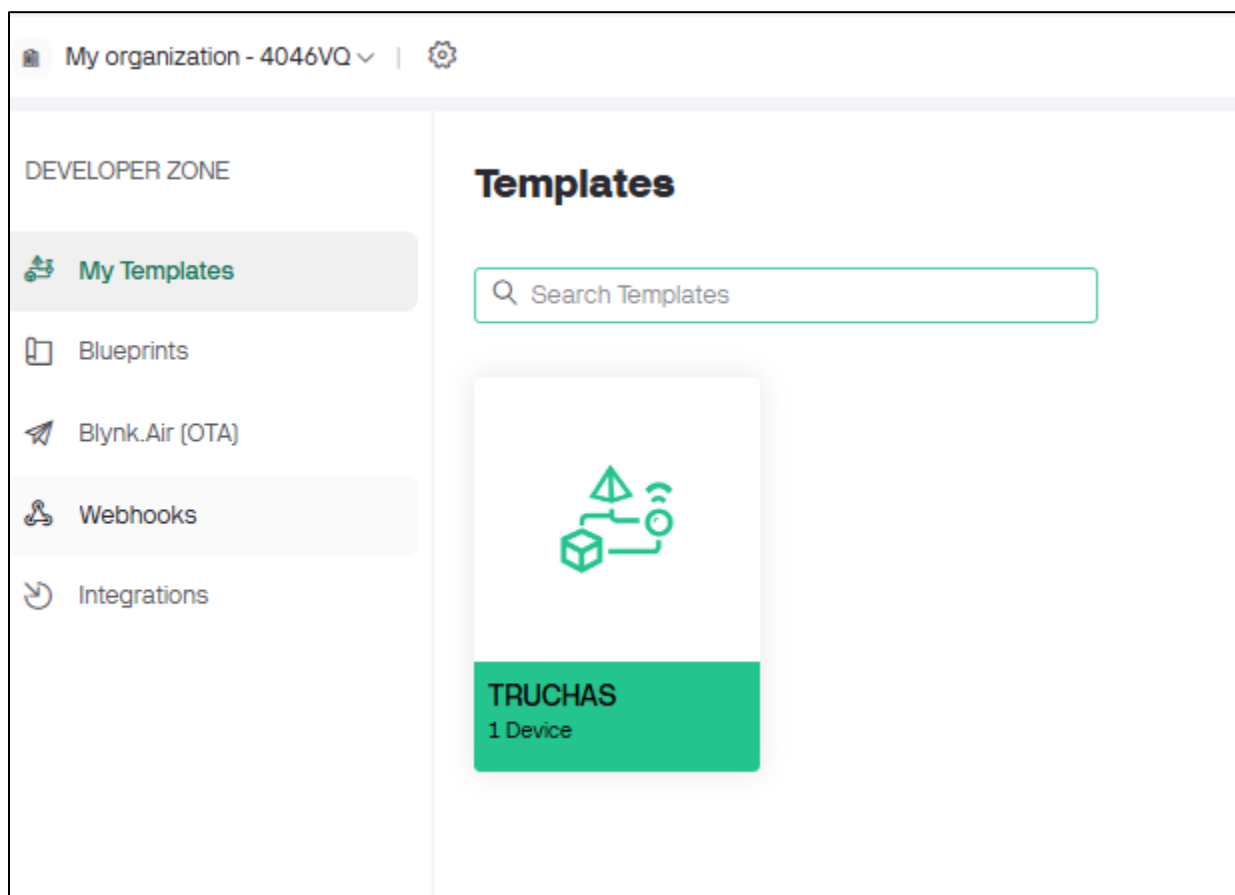


Nota. Se tomó medida del consumo del sistema en donde se tiene un resultado de 1.38 A, se observa en la Figura 0.138 teniendo en cuenta que el rango del multímetro que se utilizó se encuentra corrido un cero. Teniendo en cuenta este consumo y su alimentación a 5V, el sistema se puede mejorar en un futuro con una fuente de alimentación autosostenible como un panel solar.

Seguido a esto se realizó la configuración de la consola de *Blynk* en donde se creó una plantilla denominada “Truchas”, para mostrar los sensores, la cual genera el código ID único, el cual es insertado en la programación del arduino IDE, para generar la respectiva conexión por medio del protocolo wifi.

Figura 23

Plataforma Digital Para la Lectura de los Sensores



Nota. Consola de *Blynk* en donde se creó la plantilla “Sensores” (Figura tomada de la consola de *Blynk* en el navegador).

A la plantilla se le crea el flujo de datos, los cuales son para enviar los datos de cada uno de los sensores por medio del wifi, seleccionando los pines virtuales de Blynk, (V0,V1,V2) uno para cada sensor.

Figura 24

Flujo de Datos de Blynk

My organization - 4046VQ | Message

TRUCHAS

Datastreams

Search datastream

| Id | Name | Alias | Color | Pin |
|----|---------|---------|-------|-----|
| 1 | Tem C | Tem C | | V0 |
| 2 | pH | pH | | V1 |
| 3 | Oxigeno | Oxigeno | | V2 |

Nota. El flujo de datos, los cuales son para enviar los datos de cada uno de los sensores por medio del wifi, seleccionando los pines virtuales; el V0 para la temperatura, V1 para pH y V2 para oxígeno.

Para que la plataforma digital funcione de manera correcta se realizó la instalación de la aplicación Blynk IoT en el teléfono celular, insertando el mismo usuario y contraseña configurando la plantilla de panel para interactuar el ESP32 y visualizar datos de él.

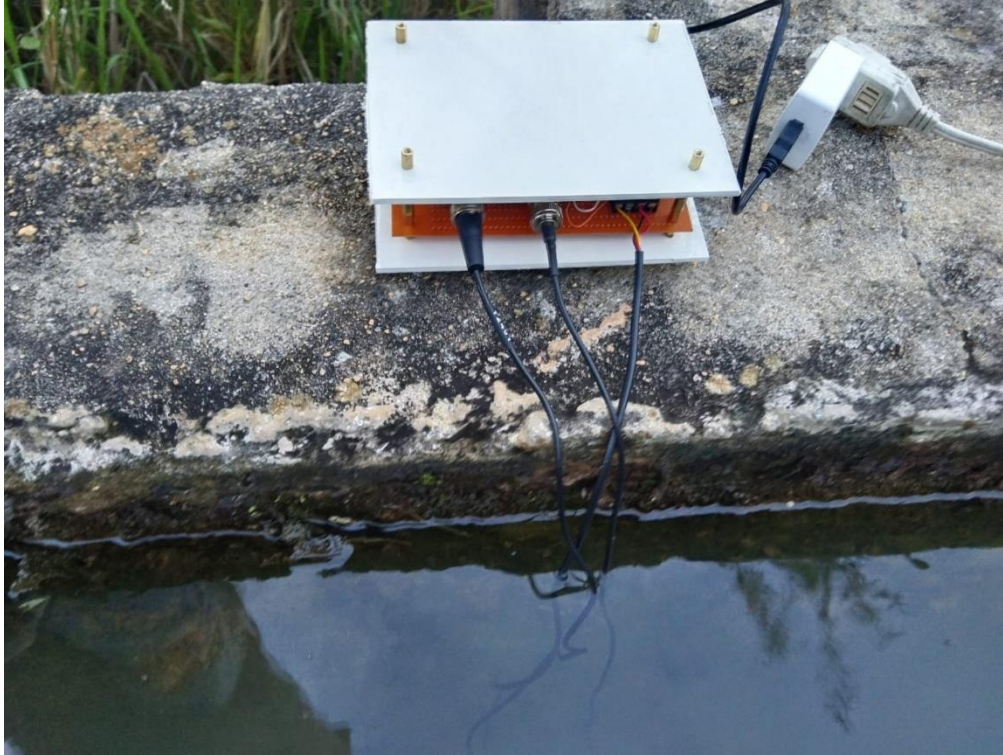
Figura 25

Configuración de la Plantilla de Blynk IoT en el Celular

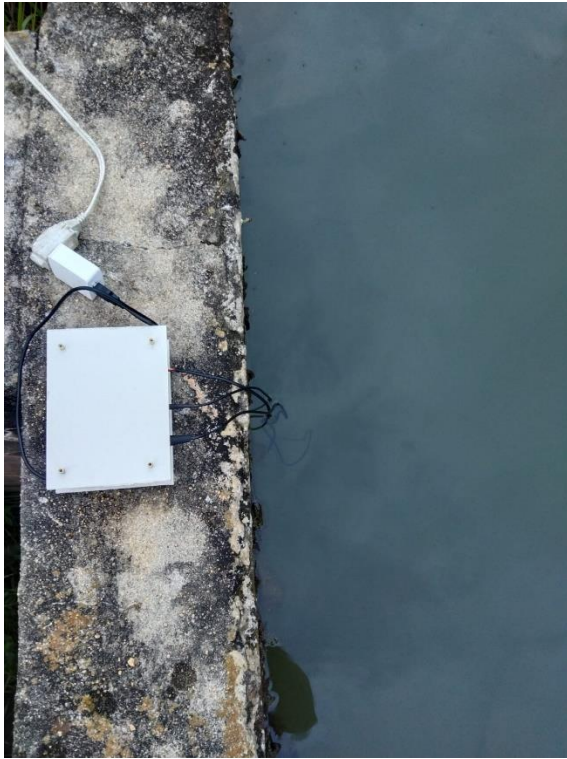


Nota: Configuración de la plantilla de Blynk IoT en el celular seleccionando los pines virtuales de Blynk, (V0,V1,V2) uno para cada sensor.

Después de realizada la configuración de la plataforma virtual y la conexión del circuito, se realizó el cargue del código con el IDE de arduino, en la placa del ESP32, después de que se cargó el código, se realizaron pruebas de campo, de sistema para la supervisión de las variables temperatura, PH y oxígeno en estanques de truchas de la vereda Chichira, del municipio de Pamplona Norte de Santander.

Figura 26*Pruebas de Campo en Estanque*

Nota. En la Figura se observa que se tomó como medida preventiva, la organización del circuito en medio de dos acrílicos, para evitar afectaciones por humedad, caída de gotas de agua o golpes.

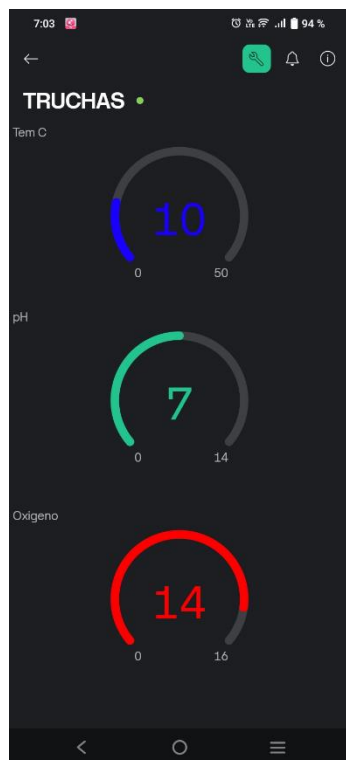
Figura 27*Pruebas de Campo en Estanque*

Nota. Inserción de las tres sondas de los sensores al estanque.

Después de ingresados los sensores al estanque se esperó por un tiempo de cinco minutos para su estabilización y se tomaron las primeras muestras, las cuales fueron leídas en la aplicación Blynk IoT, del teléfono celular.

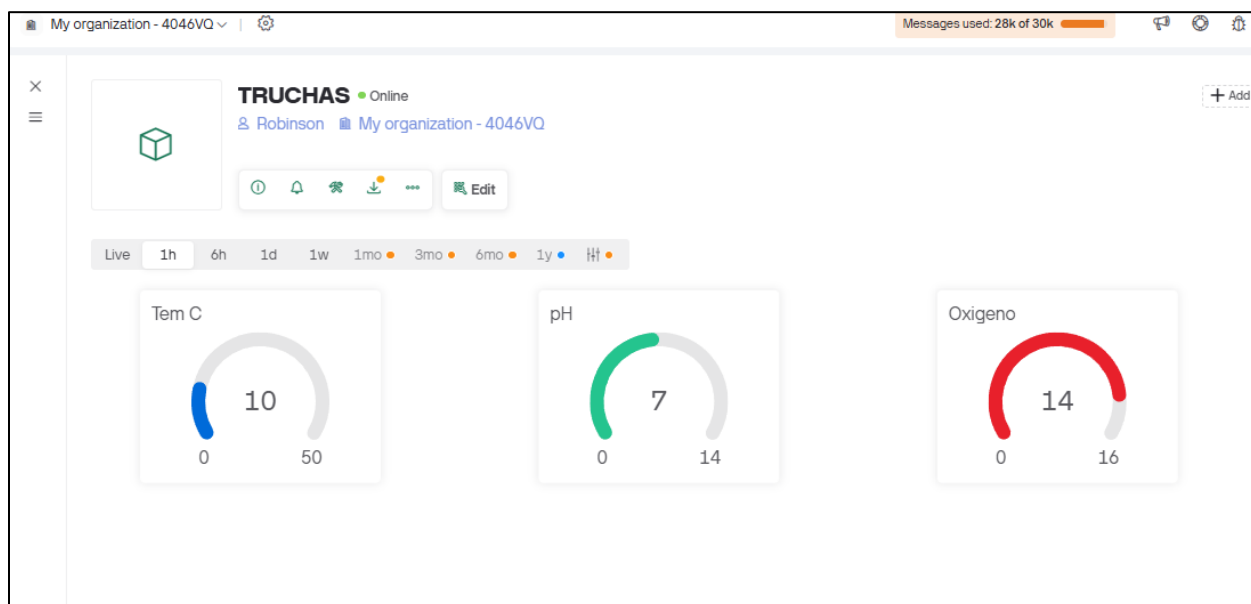
Figura 28

Lectura de resultados de los sensores en Blynk IoT



Nota. Lectura de los sensores en donde se observa que la temperatura es de 10°C, el pH de 7 y el oxígeno de 14 mg/L.

La primera muestra se tomó a las 07:03 am, dejando los sensores sumergidos en el agua en el transcurso del día con una frecuencia de muestreo de una hora, y suministrando alimento con una frecuencia de cada dos horas, en donde se obtuvieron los siguientes resultados. Además, se verificó en la página de *Blynk IoT* con el respectivo usuario y contraseña observando los mismos resultados.

Figura 29*Lectura de Resultados de los Sensores en Blynk IoT*

Nota. Lectura de los sensores desde la página de *Blynk IoT* en donde se observa que la temperatura es de 10°C, el pH de 7 y el oxígeno de 14 mg/L.

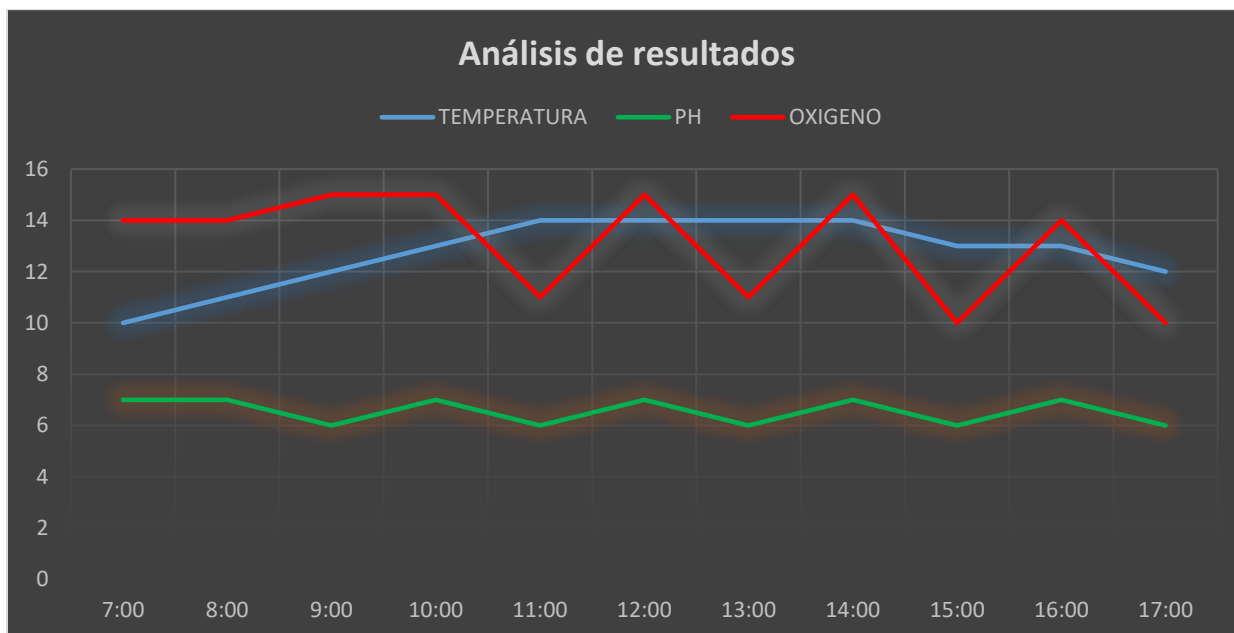
Tabla 2*Resultados Obtenidos*

| Hora | Temperatura | Ph | Oxígeno | Alimentación |
|-------|-------------|----|---------|--------------|
| 7:00 | 10 °C | 7 | 14 mg/L | NO |
| 8:00 | 11 °C | 7 | 14 mg/L | NO |
| 9:00 | 12 °C | 6 | 15 mg/L | SI |
| 10:00 | 13 °C | 7 | 15 mg/L | NO |
| 11:00 | 14 °C | 6 | 11 mg/L | SI |
| 12:00 | 14 °C | 7 | 15 mg/L | NO |
| 13:00 | 14 °C | 6 | 11 mg/L | SI |
| 14:00 | 14 °C | 7 | 15 mg/L | NO |
| 15:00 | 13 °C | 6 | 10 mg/L | SI |
| 16:00 | 13 °C | 7 | 14 mg/L | NO |
| 17:00 | 12 °C | 6 | 10 mg/L | SI |

Nota. Se puede observar en el análisis de resultados la relación existente entre las tres variables, al suministrar alimento a las truchas el pH y el oxígeno disminuyen, y la temperatura varía de acuerdo con la hora del día teniendo en cuenta la intensidad del sol. Cada dos hora se suministró alimento, iniciando a las 09:00 y 11:00 de la mañana, luego 1:00 pm, 3:00 pm y 5:00 pm, observando la disminución del oxígeno disuelto en el agua disminuye cuando se suministra el alimento

Figura 30

Análisis de Resultados



Nota. El análisis de los datos reveló una clara relación entre las variables analizadas y el momento de alimentación. Se observó una disminución tanto del pH como del oxígeno disuelto inmediatamente después de cada suministro de alimento, programado cada dos horas desde las 9:00 hasta las 17:00 horas. La temperatura del agua, por su parte, presentó variaciones diurnas relacionadas con la intensidad solar.

Los resultados de esta investigación permitieron desarrollar e implementar un sistema de monitoreo de bajo costo para los estanques de truchas de Chichira, Pamplona. Este sistema, que mide temperatura, pH y oxígeno disuelto, representa una solución eficaz y económica para optimizar la producción piscícola en la región. El bajo costo total del proyecto se detalla en la

Tabla 3*Costos del Sistema*

| Elemento | Cantidad | Valor Unidad | Valor Total |
|-------------|----------|--------------|--------------|
| SEN0237-A | 1 | \$ 991.151 | \$ 990.000 |
| DS18B20 | 1 | \$ 11.000 | \$ 11.000 |
| SEN0161 | 1 | \$ 150.000 | \$ 150.000 |
| ESP 32 | 1 | \$ 35.000 | \$ 35.000 |
| BAQUELA | 1 | \$ 5.000 | \$ 5.000 |
| CABLES | 1 | \$ 2.000 | \$ 2.000 |
| VALOR TOTAL | | | \$ 1.193.000 |

Nota: La inversión total para la implementación del sistema fue de \$1.193.000. Es relevante

mencionar que se logró optimizar los recursos al utilizar un adaptador de teléfono celular como fuente de alimentación, evitando así costos adicionales y contribuyendo a la eficiencia del proyecto.

Conclusiones

Los resultados obtenidos demuestran que este sistema de monitoreo representa un avance significativo en la acuicultura de truchas, posicionando a los productores a la vanguardia de la agricultura inteligente. Al optimizar el uso de recursos críticos como el agua y la energía, se reduce drásticamente la huella ambiental de la actividad, contribuyendo a la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, la capacidad de transformar estanques tradicionales en granjas inteligentes, mediante el monitoreo continuo y el ajuste automático de los parámetros del cultivo, permite maximizar la producción, reducir costos operativos y asegurar la calidad del producto final. Los rangos de valor identificados para los parámetros de calidad del agua sirven como base fundamental para el desarrollo de algoritmos de control sofisticados, capaces de garantizar condiciones óptimas para el crecimiento y bienestar de los peces en todo momento.

La inversión total para el proyecto fue de \$1.193.000. Es importante destacar que este valor representa el costo de una solución completa y personalizada, a diferencia de los sensores comerciales que se adquieren por separado y requieren una integración adicional. Este sistema ofrece una solución integral y adaptada a las necesidades específicas del proyecto, no solo es más económico, sino que también ofrece funcionalidades adicionales como la conectividad a internet, lo que permite una monitorización en tiempo real y la generación de datos más completos.

En conclusión, la viabilidad técnica y económica de este sistema de bajo costo, sumada a los beneficios ambientales y productivos que ofrece, lo convierten en una herramienta indispensable para la modernización y el crecimiento sostenible de la industria acuícola.

Para optimizar aún más este proyecto, se propone implementar un sistema de alimentación autosostenible basado en energía solar, lo cual permitiría reducir costos y

minimizar el impacto ambiental. Adicionalmente, se sugiere realizar mejoras en la estructura física del sistema con el objetivo de disminuir los niveles de humedad y prolongar su vida útil.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Pamplona. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Pamplona*. Alcaldía Municipal de Pamplona. <https://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/MEMORIA%20JUSTIFICATIVA%20PBOT%20PAMPLONA.pdf>
- Creswell, J. W. (2014). The Selection of a Research Approach. En *Research Design*. Sage. <https://doi.org/45593:01>
- Creswell, J. W., & Plano, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. SAGE.
- DFRobot. (s. f.). *SKU:SEN0237*. DFRobot. Recuperado 1 de enero de 2025, de https://wiki.dfrobot.com/Gravity__Analog_Dissolved_Oxygen_Sensor_SKU_SEN0237
- Federación Colombiana de Acuicultores. (2023). Acuicultores: la celebración de nuestros 25 años. *Revista ACUICULTORES, 1*. https://fedeaqua.org/files/acuicultores_12_.PDF
- Google Earth. (2023). *Inicio*. Google Earth. <https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.a ed.). Mc Graw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En *McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A. de C.V.* <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández- Metodología de la investigación.pdf>
- Martínez, F. L., & Bertel, Y. Y. (2021). *Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra* [Trabajo de

investigación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia].

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. FAO.

Piamba-Mamian, T.-M., Zambrano, L. E., Montaña-Rúales, L. A., & Rojas-Gonzales, F. A. (2021). Implementación de un sistema de monitoreo IoT aplicado a una piscicultura de trucha. *Informador técnico*, 85(1), 3-19. <https://doi.org/10.23850/22565035.2937>

Plazas, L. A., & Paz, N. E. (2019). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de parámetros de calidad de agua en cultivo de tilapia en una granja piscícola del departamento del Cauca. *Publicaciones e Investigación*, 13(2), 11-22.

<https://doi.org/10.22490/25394088.3255>

Ramírez, I. (2016). *Diseño hardware y desarrollo de librerías para la implementación de una plataforma open source basada en un microcontrolador PIC como alternativa a la plataforma Arduino UNO* [Universitat de les Illes Balears].

<http://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/151533>

Sigma Electrónica. (2018). *Gravity: Analog Dissolved Oxygen Sensor SKU:SEN0237*. Sigma Electrónica.

Sigma Electrónica. (2025a). *ESP-32*. Sigma Electrónica.

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp-32/>

Sigma Electrónica. (2025b). *ESP32-WROOM-32D*. Sigma Electrónica.

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/esp32-wroom-32d/>

Sigma Electrónica. (2025c). *SEN DS18B20 1M*. Sigma Electrónica.

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen-ds18b20-1m/>

Sigma Electrónica. (2025d). *SEN0161*. Sigma Electrónica.

<https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen0161/>

Tovar, J. E. (2024). *Repotenciación de un módulo interactivo a través de Arduino con comunicación de Radioenlace a IOT y Node Red para integración a Django en la visualización y almacenamiento de datos (SQL SERVER)* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28131>

Apéndices

Apéndice A

Código para arduino IDE

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2gOcovMwX"

#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "TRUCHAS"

#define BLYNK_AUTH_TOKEN "ZE6MCZbY5J1ODtNV2qfk3yInRaat0A3Q"

#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <Simpletimer.h>

#include <Wire.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <Arduino.h>

#include <OneWire.h>

#include <DallasTemperature.h>

#define VREF 5000 //VREF (mv)

#define ADC_RES 4096 //ADC Resolution

#define TWO_POINT_CALIBRATION 0

#define DO_PIN 35

#define READ_TEMP (25)

#define CAL1_V (750)

#define CAL1_T (30)

#define CAL2_V (350)
```

```
#define CAL2_T (15)

#define DS18B20 4

OneWire ourWire(DS18B20);

DallasTemperature sensor(&ourWire);

SimpleTimer timer;

char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN;

char ssid[] = "Familia_serrano"; // type your wifi name

char pass[] = "Mafe2014*"; // type your wifi password

float calibration_value = 20.24 - 0.7; //21.34 - 0.7

int phval = 0;

unsigned long int avgval;

int buffer_arr[10],temp;

float ph_act;

const uint16_t DO_Table[41] = {

  14460, 14220, 13820, 13440, 13090, 12740, 12420, 12110, 11810, 11530,

  11260, 11010, 10770, 10530, 10300, 10080, 9860, 9660, 9460, 9270,

  9080, 8900, 8730, 8570, 8410, 8250, 8110, 7960, 7820, 7690,

  7560, 7430, 7300, 7180, 7070, 6950, 6840, 6730, 6630, 6530, 6410};

uint8_t Temperaturet;

uint16_t ADC_Raw;

uint16_t ADC_Voltage;

uint16_t DO;

int16_t readDO(uint32_t voltage_mv, uint8_t temperature_c)
```

```
{  
#if TWO_POINT_CALIBRATION == 0  
  
  uint16_t V_saturation = (uint32_t)CAL1_V + (uint32_t)35 * temperature_c -  
(uint32_t)CAL1_T * 35;  
  
  return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);  
#else  
  
  uint16_t V_saturation = (int16_t)((int8_t)temperature_c - CAL2_T) * ((uint16_t)CAL1_V -  
CAL2_V) / ((uint8_t)CAL1_T - CAL2_T) + CAL2_V;  
  
  return (voltage_mv * DO_Table[temperature_c] / V_saturation);  
#endif  
}  
  
void setup()  
{  
  Wire.begin();  
  Serial.begin(9600);  
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);  
}  
  
void loop() {  
  Blynk.run();  
  timer.run(); // Initiates SimpleTimer  
  for(int i=0;i<10;i++)  
  {  
    buffer_arr[i]=analogRead(34);  
  }  
}
```

```
delay(30);

}

for(int i=0;i<9;i++)

{

for(int j=i+1;j<10;j++)

{

if(buffer_arr[i]>buffer_arr[j])

{

temp=buffer_arr[i];

buffer_arr[i]=buffer_arr[j];

buffer_arr[j]=temp;

}

}

}

avgval=0;

for(int i=2;i<8;i++)

avgval+=buffer_arr[i];

float volt=(float)avgval*5/4096.0/6;

//Serial.print("Voltage: ");

//Serial.println(volt);

ph_act = -5.70 * volt + calibration_value;

Temperaturet = (uint8_t)READ_TEMP;

ADC_Raw = analogRead(DO_PIN);
```

```
ADC_Voltage = uint32_t(VREF) * ADC_Raw / ADC_RES;

// Request temperature to all devices on the data line

sensor.requestTemperatures();

Serial.print("Temperatura: ");

//We can connect more than one IC on the same data wire. 0 refers to the first IC on the wire

Serial.print(sensor.getTempCByIndex(0));

Serial.println(sensor.getTempFByIndex(0));

int tempC=sensor.getTempCByIndex(0);

Serial.print("pH: ");

Serial.println(ph_act);

Serial.print("Oxigeno: ");

Serial.println((readDO(ADC_Voltage, Temperaturet))/1000);

delay(1000);

// You can send any value at any time.

// Please don't send more that 10 values per second.

Blynk.virtualWrite(V0, tempC);

Blynk.virtualWrite(V1,ph_act);

Blynk.virtualWrite(V2,((readDO(ADC_Voltage, Temperaturet))/1000));

delay(1000);

}
```