



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

TESIS

**Para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico con
Mención en Telecomunicaciones**

Diseño y monitoreo de un sistema automatizado para la mejora
de la calidad de las piscigranjas en el distrito de ingenio

PRESENTADO POR

Orihuela Zacarias, Emberlyn Michael

ASESOR

Lara Herrera, Juan Francisco

Los Olivos, 2022

Dedicatoria

Este presente proyecto de tesis va dedicada primeramente a Dios quien a paso de este tiempo fue la luz de mi vida y mi gran apoyo, quien me ayudo en mis dificultades que tuve para desarrollar la tesis, A mis padres y hermanos que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente en esta carrera profesional, A mis amigos y mis profesores por las enseñanzas, en especialmente a mi Profesor Juan Lara, que siempre me estuvo apoyando para poder desarrollar mi proyecto de tesis, Gracias a todas mis Familiares por ser mi inspiración, motor y motivo para poder cumplir con mis metas y objetivos.

CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCION	10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1.1 Planteamiento y descripción del problema	15
1.1.2 Formulación del problema general	16
1.1.3 Formulación de los problemas específicos.....	16
1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.2.1 Objetivo general	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.3.1 Justificación técnica	17
1.3.2 Justificación económica	18
1.3.3 Justificación social.....	19
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.4.1 Alcances	20
1.4.2 Limitaciones	20
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES	23
2.1.1 Internacionales	23
2.1.2 Nacionales	27
2.2. MARCO TEÓRICO	29
2.2.1. La acuicultura en el Perú	29
2.2.2. la piscigranja en las truchas	29
2.2.3. Enfermedades más comunes en las truchas	32
2.2.4. Parámetros en la acuicultura.....	33
2.2.5. Sistemas de control	35
2.2.6. Tipos de dispositivos electrónicos.....	36
2.2.7 Tipos de lenguaje de programación	37
2.2.8 Base de datos	38
2.2.9 Sistema de comunicación inalámbrica	39
2.2.10 Estadísticas	39

2.3. MARCO METODOLÓGICO	40
2.4. MARCO LEGAL.....	40
2.4.1 Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N.º 1195.....	40
2.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	42
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACION	44
O.E.1: Analizar la situación actual en las piscigranjas	45
O.E.2: Diseñar el sistema de monitoreo para el control de parámetros.....	53
O.E.3 Determinar los dispositivos electrónicos para implementar el sistema.....	63
O.E.4: Crear el algoritmo para el sistema propuesto.....	70
O.E.5: Implementar el sistema de monitoreo automatizado	72
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO	91
4.1. ANÁLISIS DE COSTOS	92
4.1.1. Recursos humanos	92
4.1.2. Recursos materiales	92
4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS.....	93
4.2.1. Beneficios tangibles.....	93
4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio.....	94
4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	94
4.3.1. Desarrollo del flujo de caja.....	94
4.3.2. Análisis del VAN.....	95
4.3.3. Análisis del TIR.....	95
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Objetivos del desarrollo sostenible	20
Figura 2	Hábitat de las truchas	30
Figura 3	Huevo de las truchas.....	30
Figura 4	Truchas Alevines.....	31
Figura 5	Truchas Juveniles	32
Figura 6	Trucha Adulta.....	32
Figura 7	Temperatura (°C)	33
Figura 8	Oxígeno Disuelto (O2).....	34
Figura 9	Arduino	36
Figura 10	Raspberry Pi.....	37
Figura 11	Sistema de Monitoreo	42
Figura 12	Ubicación del Centro de Estudio	46
Figura 13	Distrito de Ingenio	47
Figura 14	Clasificación de las Aguas Según Etapas.....	48
Figura 15	Estanque de las piscigranjas.....	49
Figura 16	Recreo Campestre	50
Figura 17	Ubicación Geográfica de la población de Estudio.....	50
Figura 18	Recreo Campestre “Catalina Wanka”	51
Figura 19	Diseño general del Sistema de Monitoreo	55
Figura 20	Diseño en Proteus del sistema de monitoreo	55
Figura 21	Simulación de la Medición de la Temperatura	56
Figura 22	Simulación de Alerta de la Temperatura	57
Figura 23	Simulación del Oxígeno Disuelto	58
Figura 24	Simulación de Alerta del Oxígeno Disuelto	59
Figura 25	Simulación del sensor de PH.....	60
Figura 26	Simulación de Alerta del sensor pH	61
Figura 27	Datos estadísticos del sensor DS18B20.....	63
Figura 28	Sensor DS18B20.....	64
Figura 29	Tabla de resoluciones.....	64
Figura 30	Sensor pH.....	65
Figura 31	Datos estadísticos del sensor de pH.....	65
Figura 32	Escala de pH.....	66
Figura 33	Kit de Sensor de Oxígeno Disuelto	67
Figura 34	Características de Sensor de Oxígeno Disuelto.....	67
Figura 35	Módulo SIM800L	68
Figura 36	Modulo XL4015	68
Figura 37	Operadores Actuales en el Perú	69
Figura 38	Algoritmo de la Red Inalámbrica de los Sensores.....	70
Figura 39	Diagrama de flujo de la recepción, procesamientos y alarmas .	71
Figura 40	Programación de Declaración de Variables	72
Figura 41	Comunicación con el Modulo	73
Figura 42	Comunicación con el APN Operador móvil	74
Figura 43	Lectura de Datos de los Sensores	75
Figura 44	Declaración de la Recepción de los Datos	76
Figura 45	Lectura de datos en el Raspberry Pi.....	76
Figura 46	Alarmas del Raspberry Pi	77
Figura 47	Visualización de los datos de la 1ra piscigranja	78
Figura 48	Visualización de forma numérica los datos.....	78

Figura 49 Contador	79
Figura 50 Visualización de datos de la 2da piscigranja	80
Figura 51 Visualización de forma numérica de los datos medidos	81
Figura 52 Contador	81
Figura 53 Visualización de Datos de la 3ra piscigranja.....	83
Figura 54 Visualización de forma numérica los datos medidos	84
Figura 55 Contador	84
Figura 56 Visualización del 1er estanque en la Aplicación Raspberry Pi..	86
Figura 57 Visualización del 2do estanque en la Aplicación Raspberry Pi.	87
Figura 58 Visualización del 3er estanque en la Aplicación Raspberry Pi..	88
Figura 59 SMS de la 1ra Piscigranja	89
Figura 60 SMS de la 2da Piscigranja	89
Figura 61 SMS de la 3ra Piscigranja	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Administración del Centro Piscícola “El Ingenio”	49
Tabla 2 Registro de prueba sobre la regulación de PH.....	62
Tabla 3 Niveles obtenidos de la 1ra Piscigranja	79
Tabla 4 Niveles obtenidos de la 2da Piscigranja.....	82
Tabla 5 Niveles obtenidos de la 3ra Piscigranja	85
Tabla 6 Recursos humanos necesarios para el sistema	92
Tabla 7 Costos de sensores.....	92
Tabla 8 Costo de montaje	93
Tabla 9 Costo de inversión inicial	93
Tabla 10 Ingresos por venta del equipo	93
Tabla 11 Flujo de caja	94

RESUMEN

En la actualidad existen diversas muertes de las truchas por varios motivos como contaminación de dióxido de carbono, oxígeno disuelto en el agua, temperaturas climatológicas de la provincia y enfermedades a los peces, estos son los puntos más importantes en la acuicultura. Como consecuencia realiza una mayor tasa de mortalidad en las piscigranjas, como resultado genera gran pérdida de economía, inversión de material y tiempo a microempresarios que se encargan en este rubro de la crianza y en muchos casos los encargados de las piscigranjas dejan de seguir produciendo y criando alevines y eso es un factor problemático para la población que no produce en la economía.

Debido a esta problemática, en esta tesis se presenta un sistema de monitoreo para la mejora de la calidad de las piscigranjas a través del control de parámetros en el agua (Temperatura, oxígeno disuelto (O₂) y pH). Los datos de las variables serán procesadas por un microcontrolador que será transmitido mediante un control automatizado y a la vez por un módulo de transmisión por radiofrecuencia al encargado de la piscigranja para un control interno.

Lo que se desea obtener en los resultados es un control de parámetros automatizado en la piscigranja para evitar personal que este verificando a cada momento las aguas de los estanques y solo enviar los niveles de los parámetros permitidos a una base de datos para un control interno de las piscigranjas así poder disminuir las muertes de los alevines y mejorar la inversión económica a los microempresarios que se dedican a este rubro.

Palabras clave: piscigranja, monitoreo, alevines, truchas, mejora de la calidad

ABSTRACT

At present there are several deaths of trout for various reasons such as carbon dioxide pollution, dissolved oxide in the water, weather temperatures of the province and diseases to the fish, these are the most important points in aquaculture. As a consequence it makes a higher mortality rate in fish farms, as a result it generates great loss of economy, investment of material and time to microentrepreneurs who are in charge of this area of breeding and in many cases those in charge of fish farms stop producing and raising fry and that is a problematic factor for the population that does not produce in the economy.

Due to this problem, this thesis presents a monitoring system for improving the quality of fish farms through the control of parameters in the water (Temperature, dissolved oxygen (O₂) and pH). The data of the variables will be processed by a microcontroller that will be transmitted by means of an automated control and at the same time by a radio frequency transmission module to the person in charge of the fish farm for an internal control.

What you want to obtain in the results is an automated parameter control in the fish farm to avoid personnel who are verifying the waters of the ponds at all times and only send the levels of the allowed parameters to a database for an internal control of the fish farms so that we can reduce the deaths of the fry and improve the economic investment to the microentrepreneurs who are dedicated to this area.

Keywords: fish farm, monitoring, fry, trout, quality improvement

INTRODUCCION

En la actualidad la acuicultura es una actividad de mucha gran importancia que esta destacado a nivel mundial, las truchas arco iris provienen de Estados Unidos para que estas sean cultivadas en las orillas del Perú, estas estaciones se establecieron en Quichuay, Ingenio, Junín.

Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura refiere que la producción de la pesca de captura mundial fue 90,9 millones de toneladas en el 2016, las capturas total a nivel mundial fueron de 79,3 millones de toneladas en 2016, lo cual representa un descenso de 2 millones en comparación con los 81,2 millones de toneladas registrados en 2015, aunque se produjo estas variables debido a la influencia del fenómeno El Niño, representaron 1,1 millones de toneladas de esa disminución. FAO (2016).

Según Kuramoto, J. (2008) *“refiere que La estación de ingenio paso a poder del estado en 1940 y en la actualidad es el centro piloto de la truchicultura de la sierra central”*. Como indica el autor el Distrito de Ingenio es reconocido a nivel del departamento de Junín como el distrito de las truchas ya que se produce una gran cantidad peces para el consumo, ventas al mercado y exportación a nivel nacional e internacional, también cuenta con sitios campestres para poder realizar un tour turístico.

De acuerdo de la red nacional de información acuícola (RNIA) los departamentos que poseen mayor producción de truchas en el año 2016 fueron Puno, Junín, Huancavelica, Ayacucho y Cusco (RNIA, 2017) otras fuentes reportaron que el Valor Agregado Bruto (VAB) de la actividad pesquera y acuícola en Puno se incrementó en un 150 % en el periodo 2007-2013, alcanzando una cifra de 42.3 millones de soles. PRODUCE (2015).

Como podemos observar Perú es uno de los grandes exportadores y criadores de estos peces a nivel nacional ya que años tras años sigue aumentando los porcentajes de producción y eso es el objetivo de los microempresarios poder producir más que disminuir la producción de los peces.

Pero, así como se presenta un desarrollo positivo también se han descubierto nuevos fenómenos relacionados, por ejemplo. Según la noticia RPP Noticias (2019) *“diez mil truchas mueren por deslizamiento en sierra de la libertad las fuertes lluvias y granizadas en el ande liberteño están afectando sembríos y viviendas, este fenómeno del deslizamiento a ocasionándola muerte de 10 mil especies hidrobiológicas en la provincia de Sánchez Carrión”*.

En los antecedentes se obtuvieron a desarrollar los siguientes trabajos relacionados al tema de estudio:

TESIS DE GRADO, Autor: Farfán Quiroz, Marco Antonio Guillermo. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ; Lima 2019.

“diseño de un sistema automatizado de control de temperatura y de pH para mejorar la crianza de alevines de paiche de etapa 1 en el instituto de investigaciones de la Amazonía peruana” expone que:

La presente tesis mencionado tiene como objetivo en diseñar un sistema automatizado de control de temperatura y de pH en la crianza de alevines de paiche en los laboratorios del instituto de investigaciones de la amazonia peruana, lo que se quiso obtener es después que este encendido funcione de forma independiente, ya que no es necesario que este una persona presente todo el tiempo para hacer mediciones o ajustes. Expuesto por Farfán Quiroz, M. A. G. (2018)

TESIS DE GRADO: Autor: Pérez Bado, Michael Andrés Contreras Aristizábal, Pedro Daniel, UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA (2019) ,

“diseño e implementación de un sistema automatizado de oxigenación del agua para el criadero acuícola valle del mar ubicado en santa marta” expone que:

La presente tesis mencionado tiene como objetivo en diseñar e implementar un sistema de manera automatizada para la oxigenación de agua del criadero acuícola valle del Mar ubicado en Santa María, manejando una superioridad para la calidad de vida de los peces, el criadero cuenta con 3 piscinas de 10 metros de diámetros, cada piscina tiene un motor de 1.5Hp, denominados splash, que cumple la función de oxigenar los peces. Lo que ha generado perdidas en la producción de los peces es que contaba con un motor de respaldo que funcionaba fuera de los tiempos establecidos para mantener el nivel mínimo de oxígeno para los peces. Con la implementación automático el operario debe seleccionar las bombas a funcionar de acuerdo con la etapa de crecimiento de

los peces y criaderos a utilizar, este resumen es expuesto por Pérez B. M. A., & Contreras A, P. D. (2019).

TESIS DE GRADO, Autor: ROJAS YAURI HUGO SAUL, RIVERA CARRION ODILON (2016) FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.

“sistema remoto de alarma temprana para prevenir la reducción de oxígeno disuelto en agua de piscigranja con truchas en el distrito de huando” expone que:

La presente tesis mencionado tiene como objetivo desarrollar un sistema remoto de alerta temprana para reducir el oxígeno disuelto de los cual implementando este diseño el proyecto en mención realizara actividades de medición y supervisión en tiempo real de variables como temperatura y la conductividad eléctrica del agua, los datos serán procesados por microcontroladores para obtener un óptimo resultado. Expuesto por Rojas Y, H. S., & Rivera C, O. (2016).

Los parámetros (Temperatura, Oxido de carbono (O₂), PH) en el rubro de la piscicultura quienes se encargan de ello conocen que los parámetros en mención hacen y cumplen una función muy importante porque de ella dependerá mucho la vida y producción de los peces y en particular las truchas en el distrito de Ingenio-Junín. El diseño del monitoreo a distancia ha conllevado que muchos seres vivos se mantengan en vida y especialmente los peces que requieren de una supervisión constante del control de parámetros y fenómenos consecuentes, la calidad de agua donde viven los peces se define como un aspecto muy importante para el habitat, por eso es necesariamente cumplir las condiciones según la FAO 2014(organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura), “este organismo señala que para determinar la calidad de agua se debe de tomar en cuenta la temperatura que interviene en el crecimiento de las truchas, debido a esto que los mismo peces no tienen aún la gran capacidad para que ellos mismos regulen su temperatura.” también a ello el nivel de pH debe ser neutro para evitar la proliferación de enfermedades a la especie, un buen nivel elevado de turbidez puede disminuir la cantidad de oxígeno disuelto impactando en la respiración de las truchas.

En esta tesis, se presentará un diseño e implementación con mayor eficacia de un circuito de parámetros y a la vez enlazado por un módulo GPRS con Tecnología 2G que nos brindara conectarnos inalámbricamente para el monitoreo interno de la piscigranja, ya que es sumamente necesario tener un registro de la temperatura como mínimo 3 veces al día (turno mañana, media tarde y turno tarde) si no es medido este parámetro los peces pueden traer consecuencias de baja tasa de crecimiento. el sistema estará ubicado en uno de los estanque donde los sensores estarán dentro del agua midiendo los parámetros en tiempo real según (FONDEPES 2014) los rangos de los parámetros permitidos son de temperatura (11 ° - 16 ° C) para el caso de incubación de ovas embrionadas el rango es (9° - 11° C) el potencial de hidrogeno (PH) entre 7 y 8 es el más optimo, además las truchas captan el Oxígeno Disuelto(O₂) por las branquias es por ello que es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor de 5.5 mg/l(60% de saturación de oxígeno) si por ejemplo se le brindara al microcontrolador una serie de parámetros de vida optima de (temperatura , oxido de carbono (O₂) y PH) para una mejor vida a los peces lo cual si el fenómeno obtenido no está dentro de los rangos establecidos automáticamente el sistema tendrá una alarma donde se visualizar en la aplicación de escritorio , y alertara a todo el personal para que puedan dar una solución inmediata y mejor la condición de las piscigranjas para que no ocurran consecuencias a futuro.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento y descripción del problema

En la actualidad la acuicultura representa una actividad muy importante en nuestro país como los criaderos o piscigranjas de peces que habitan en todo nuestro territorio peruano. El cambio climático en la sierra cumple una actividad consecuente para la vida de los peces, la falta de un control de temperatura del agua en el crecimiento de los alevinos, una causa muy importante es el nivel de pH para evitar la proliferación de enfermedades a la especie como el óxido disuelto impactando en la respiración de los peces,

En el sentido de una buena producción acuícola, durante el ciclo de crianza de las truchas deberíamos evitar la existencia de algunos peligros biológicos como las bacterias, virus y parásitos y en la parte química como residuos de medicamentos, metales pesados, también a ello el fenómeno de la sequía reduce la cantidad de agua, porque si el agua contiene una gran cantidad de oxígeno disuelto, la cantidad reducida de agua no puede ser suficiente para la crianza de las truchas.

Según SANIPES declaro un plan de emergencia para la enfermedad

El Virus de la Tilapia Lacustre o también conocida como la enfermedad del Virus de la Tilapia de Lago (TiLV), es una enfermedad emergente ocasionada por un nuevo virus de la familia Orthomyxoviridae, que ha ocasionado brotes asociados a diferentes niveles de mortalidades en países como Ecuador (2013), Israel (2014), Colombia (2017), Tailandia (2017) y Egipto (2017), de acuerdo al reporte emitido por la Organización Mundial de Sanidad Animal – OIE". (2018 3ra edición)

La enfermedad declarada tiene una consecuencia por la contaminación del agua o estanque de los peces sucios sin un control permanente para ello debemos evitar estas enfermedades que pone en peligro a los peces a nivel nacional y no está ayudando en la producción de los peces.

cómo podemos observar muertes de truchas en los siguientes reportes:

Preocupación muerte de gran cantidad de truchas en Santa Lucía. los truchicultores en la provincia de Ica región Puno piden declarar en emergencia la zona afectada ante el volumen de perdida de truchas, donde se ha perdido aproximadamente el 70% de la producción de pequeños truchicultores que manejan entre 50 mil a 100 mil alevinos extraídos por RPP noticias 14 de junio de (2016)

Estas muertes y pérdidas de truchas generan preocupación a los micro empresarios que se encargan de este rubro ya que no son situaciones positivas como vemos el segundo reporte:

Envenenan truchas de humilde pareja de ancianos. los propietarios eran adultos mayores que sufrieron una gran pérdida que era el único sustento de su familia, lo sucedido fue en la comunidad de Santa Ana en el distrito de Challhuahuacho en Apurímac, varios peces aparecieron flotando en las pozas habilitadas para la crianza de las truchas, según dueños indican que fue un envenenamiento por otras personas, ya que ambos ancianos pusieron mucho esfuerzo y habían invertido todo su dinero consultado por la noticia la republica 03 de septiembre (2020)

La problemática que se viene desarrollando es la falta de un sistema que pueda reconocer y alertar automáticamente los parámetros en las piscigranjas de truchas para evitar la gran pérdida de dinero para los piscicultores que tienen el cargo o dueños del establecimiento, como en un futuro puede hallar un problema de extinción de peces.

Los parámetros de la acuicultura son fundamental en el criadero de las truchas como la medición de la temperatura, oxígeno disuelto (O₂), turbidez, pH y armonio, el mejor habitat para un buen crecimiento optimo es de 9°C- 14°C buena incubación y reproducción, mínimas de oxígeno entre 6.5-9 Mg/L de carácter turbulento.

Como efecto lo que queremos evitar o disminuir es la gran pérdida de dinero para los piscicultores que tienen el cargo o dueños del establecimiento que se encargan de producir toneladas de truchas (3.454) toneladas, a tantas muertes de truchas en la acuicultura podemos llegar a un punto de extinción de peces alevines.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Como mejorar la calidad de las piscigranjas en el distrito de Ingenio?

1.1.3 Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cuáles es la situación actual de la población de las truchas en las piscigranjas?

P.E.2: ¿Qué parámetros se pueden optimizar para la mejora de las piscigranjas?

P.E.3: ¿Qué funcionalidad debe tener la arquitectura del sistema para mejorar la calidad de las piscigranjas?

P.E.5: ¿Cuáles son los dispositivos electrónicos que se utilizarán para la automatización del proyecto?

P.E.5: ¿Qué tecnología se utilizará para el monitoreo del sistema?

1.2. DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo y simulación de control automatizado en una piscigranja para controlar los parámetros (temperatura – Oxígeno disuelto (O₂)- pH) en los peces alevines en el distrito de Ingenio-Junín

1.2.2 Objetivos específicos

O.E.1: Analizar la situación actual en las piscigranjas

O.E.2: Diseñar el sistema de monitoreo para el control de parámetros

O.E.3: Determinar los dispositivos electrónicos para implementar el sistema.

O.E.4: Crear el algoritmo para el sistema propuesto

O.E.5: Implementar el sistema de monitoreo automatizado

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

El sistema de monitoreo de la calidad del agua proporciona unos datos específicos de ámbito de aplicación (piscigranjas de truchas), actualmente existen sistema de monitoreo, pero ninguno con el propósito de desarrollar un diseño a largo alcance con tecnologías 2G y modulo inalámbrico.

Los datos serán recibidos para ser procesados y transmitidas a un monitor remoto a través de un sistema de comunicación inalámbrica que trabaja en una tecnología 2G en una banda libre para uso gratuito que integra un módulo GPRS y de forma automática enviara los datos leídos para poder tener un mejor control y supervisión. según el aporte de Ogata, K (2010)

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al

controlador con la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

Los sensores están destinados para una medición de temperatura, pH, oxígeno disuelto para después ser procesados por el dispositivo de microcontrolador con un lenguaje de programación y luego pasar a una etapa de almacenamiento de datos que está integrado por un servidor en software libre, el cual tiene función de recibir los datos leídos por los sensores de los diferentes nodos para el monitoreo de los parámetros.

Es por eso que en esta tesis se presentara un sistema capaz de disminuir las muertes de las truchas que beneficia a los microempresarios de este rubro, además los filtros que se aplicaron a los sensores de (temperatura, Oxígeno disuelto (O₂) y pH) para así obtener los parámetros correspondientes.

1.3.2 Justificación económica

En la actualidad hay sistemas de monitoreo ya implementados en la acuicultura, económicamente se gastó de 5.000 a 10.000 soles, lo que venimos a proponer es reducir a una cantidad mínima para que miles de acuicultores se animen a adquirir el sistema.

Preocupación muerte de gran cantidad de truchas en Santa Lucía los truchicultores en la provincia de Lampa región Puno piden declarar en emergencia la zona afectada ante el volumen de perdida de truchas, donde se ha perdido aproximadamente el 70% de la producción de pequeños truchicultores que manejan entre 50 mil a 100 mil alevinos (RPP noticias, 2016)

Según la FAO en el Perú *“En el mundo, esta actividad es responsable de la pérdida de 26 millones de toneladas anuales de productos pesqueros, lo que equivale a uno de cada cinco pescados sustraídos y representa pérdidas por hasta 23 mil millones de dólares.”*

Según el comentario representa una gran cantidad de dinero perdido en la acuicultura por disminución de peces.

El sistema propuesto generara un costo a nivel general de 3000 a 5000 soles para la implementación del sistema de monitoreo de la calidad de las piscigranjas

al realizar este sistema generara un incremento económico a los pobladores que se dedican a este rubro.

1.3.3 Justificación social

En esta justificación podemos dar a conocer lo beneficioso lo que es criar y producir la pesca como indica en el siguiente reporte:

En los últimos 10 años la producción nacional de truchas en Perú aumentó 678 % al pasar de 6,997 toneladas en el 2007 a 54,424 toneladas en el 2017, según estadísticas de la Oficina de Estudios Económicos del Ministerio de la Producción. (Gestión, 2018).

En la sociedad existen variedades de peces, algunas con diferentes tipos de vidas y reproducción. En la actualidad diversos ríos, estanques y piscigranjas se encuentran contaminadas sin que se realice un monitoreo adecuado en cuanto a la calidad del agua. Como ejemplo de esta necesidad continua de poder tener la información de cómo evoluciona la calidad del agua, se puede tomar lo sucedido en el año 2016 en Santa Lucía, donde hubo una muerte de cientos de peces repentinamente por la contaminación del bioma donde habitaban estas especies. Este evento afectó a varios pequeños empresarios que se dedicaban a la producción y crianza de truchas. Las notificaciones que posteriormente se generó, indicaba que “al parecer se habría presentado un movimiento de suelos en la profundidad de la laguna, lo que podría haber removido algún tipo de sustancia tóxica” (Fernández, 2016)

Según SOFIA “Actualmente, la acuicultura emplea oficialmente a 356 mil personas en la región, mientras que más de 2 millones 80 mil personas se dedican a la pesca. No obstante, se estima que existen más de 500 mil familias quienes dependen de la acuicultura de pequeña escala para su seguridad alimentaria e ingreso familiar en la región”. (2016)

Para garantizar mejoras en cuanto al desarrollo sostenible, se presentan las siguientes consideraciones:



OBJETIVO 6.3	De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial	
OBJETIVO 8.3	Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios	

Figura 1 Objetivos del desarrollo sostenible

Fuente: Naciones Unidas, 2018

Es por eso que la presente investigación involucra en el ámbito social la disminución de las muertes del trucha que afecta a la población y en la economía del país.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Alcances

- El presente proyecto se llegará a la fase de la implementación.
- La presente investigación brindara mejoría en la producción y vida de las truchas
- El sistema tendrá un control automatizado para los parámetros.
- El sistema dará a conocer los parámetros al encargado de la piscigranja para un control interno.
- Mejorará la inversión económica a los microempresarios que se encargan en este rubro de piscicultores.
- El proyecto a futuro se podría implementar en cualquier piscigranja donde se ubica los peces según los resultados obtenidos.

1.4.2 Limitaciones

- El proyecto tiene un tiempo limitado para la investigación e implementación del sistema.

- El presente proyecto tiene un acceso limitado de conocer el espacio geográfico de la piscigranja donde se va a realizar la investigación.
- La investigación tiene un acceso restringido de conocer las características de todas las piscigranjas en el distrito de ingenio.
- La dificultad de adquirir los dispositivos electrónicos debido a la coyuntura de la pandemia (covid-19)
- La dificultad para la movilización a la provincia que se propone a realizar las pruebas e implementación del sistema debido a la coyuntura de la pandemia (covid-19)

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales

En el primer trabajo de investigación corresponde a Salim (2016), *Diseño e implementación de monitoreo de la calidad del agua para la acuicultura de anguila*. De la implementación técnica, instituto de ciencia de Indonesia, Bandung, Indonesia. en su tesis expone que:

La problemática que obtuvo fue la gran demanda de pescado y alimentos a base de pescados que día a día está aumentando, mientras que la situación de la pesca se encuentra actualmente estancada e incluso empezó a disminuir la producción en varias regiones de Indonesia, la degradación causada por el cambio climático global junto a ello una descontrolada explotación excesiva que disminuye la producción de marinos. Por ello el autor Salim (2016) decidió implementar una tecnología que se utilice para aumentar la producción de la acuicultura, como la primera opción obtuvo controlar la calidad de agua para los peces con los parámetros de oxido disuelto (OD) que es fundamental para el crecimiento de los peces ya que la falta de oxígeno disuelto en el estanque causara que los peces se infecten fácilmente con bacterias. El autor Salim (2016) utilizo el microcontrolador Raspberry pi como procesamiento central sin utilizar otro microcontrolador como puente de interfaz de adquisición de datos, los datos registrados se pueden mostrar en el LCD tanto en tiempo real como métodos históricos, se utilizó el lenguaje de programación Python para su proyecto que consta con 3 partes: sensores, datos de procesamiento y visor. La prueba del monitoreo consta de un sistema usando microburbujas aireación con el modelo 20QY CNP – 1 esta es una bomba de mezcla gas – liquido. Como resultados se obtuvo que después de 10 minutos de funcionamiento la concentración del oxido disuelto se aproxima a 4.77 ppm y puede elevar el OD de 1.9 ppm a 6.67 ppm. Y cuando la bomba esta apagada los niveles de OD se redujeron en 1.82 ppm para 4.85 ppm, que duró 65 minutos después de eso el OD persiste en 4.85 ppm lo que nos hace ver es que hay un aumento de OD durante estos 10 minutos la temperatura del agua quedo estable a 24 °C y el PH del agua tiende a ser estable a pH 7 se realizó otra prueba después de 15 horas de funcionamiento de la bomba los resultados se obtuvieron un incremento de 0.95 ppm en el nivel de

OD ya que el nivel de OD aumenta desde 1.4 ppm a 2.35 ppm y la temperatura del agua es estable a 28.5° C.

Este proyecto en mención ayudara a la presente tesis a utilizar la bomba de microburbujas de aireación para elevar los niveles de OD en los peces también a ello la medición técnica de cada parámetro.

En el segundo trabajo de investigación realizada por Pule, Yahya, chuma (2017), *Redes de sensores inalámbricos: una encuesta sobre el monitoreo de la calidad del agua*. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Informática y de Telecomunicaciones, Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología de Botswana, Palapye, Botswan, en su tesis expone que:

La problemática que observo el autor Pule (2017) se centró en los efectos relacionados a salud debido a las condiciones insalubres del agua y logró concluir que era preciso el realizar un continuo monitoreo al respecto para poder establecer parámetros que permitan conocer los niveles de contaminación cercanos al tiempo real. Esto se basó en la estadística que indicaba que la desinfección de repositorios de agua, tiene millones de casos reportados al año, y que causan millones de decesos a nivel mundial. Por tanto, una de las principales tareas en cuestión de controlar la pureza del agua, es el poder conocer sus índices de pureza en función del tipo de actividad económica o social que se realice en ella. En ese sentido, este proyecto ha demostrado ser eficaz y obtener los resultados en tiempo real para promover una respuesta proactiva a la contaminación del agua. Las redes de sensores inalámbricos (WSN) se han considerado una alternativa para el autor Pule (2017) para los procesos de monitoreos convencionales. Este proyecto analiza la aplicación WSN en el monitoreo ambiental con mención a la calidad de agua que también compara y evalúa las arquitecturas de nodos de sensores propuestos con parámetros determinados y estándares de comunicación inalámbrica. El monitoreo en tiempo real permite la capacidad de alerta temprana para garantizar una respuesta oportuna a la contaminación del agua que puede detectar parámetros físicos – químicos como PH, conductividad, turbidez y cloro. Como resultado el autor Pule (2017) obtuvo que las redes de los sensores inalámbricos ofrecen un mayor beneficio al medir remotamente y en tiempo real, no obstante, estas redes tienen aún serias limitaciones como términos de

potencia de procesamiento, almacenamiento, frecuencias que se puedan utilizar en la comunicación, niveles de potencia elevados, radiación, entre otros.

Este trabajo mencionado ayudara en la presente tesis a realizar una red de sensores inalámbricas para un monitoreo más efectiva en tiempo real y a un costo menor para tener comunicación entre usuario y microcontrolador.

En el tercer trabajo de investigación realizado por C. Encinas Ruiz, E., Cortez, J. y Espinoza, A. (2017, abril), *Diseño e implementación de un sistema IoT distribuido para el monitoreo de la calidad del agua en acuicultura*. Dpto. Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México. En su presente tesis expone que:

La problemática que destaco el autor Encinas (2017) fue que había una lentitud de lectura en el cuidado del agua de los proyectos ya implementados, el desperdicio de recursos y perdidas, el autor Encinas (2017) propuso monitorear la calidad de agua basado en redes inalámbricas y en internet de las cosas (IOT) este desarrollo es muy importante ya que nos habilita conocer diferentes condiciones en la actividad acuática de diferentes criadores y organizaciones. El sistema del autor Encinas (2017) utilizo tecnologías de modulo Arduino, sensores, base de datos, servicios web, servicios móvil y aplicación de escritorio. Los sensores que utiliza miden los parámetros de temperatura analógico, sensor digital Atlas pH y las sondas Atlas de oxígeno disuelto. La conectividad inalámbrica de la tesis mencionado se transmite por el protocolo ZIGBEE utilizando la IEEE802.15.4 que funciona en una banda de frecuencia de 2.4 GHZ con una distancia de transmisión de 300 pieza 1 milla y el módulo Arduino se utiliza como comunicación. El sensor envía la data por un módulo de transmisor Xbee al ordenador donde también hay recepción por un módulo receptor Xbee que serán leídos por un base de datos en MySQL y enviada a un servidor web. Como resultado el autor Encinas (2017) logro a medir los estanques de agua y monitorear en tiempo real cada 5 segundos envía una solicitud al sensor para tomar las medidas y ello es enviada a una aplicación app que tendrá el usuario con unos parámetros de oxígeno 9.12 ml/L, PH 5.02 y una temperatura de 23.97° C que es óptima con una respuesta rápida para monitorear la calidad de agua en la acuicultura.

Este trabajo mencionado ayudara a la presente tesis a obtener respuestas rápidas de comunicación inalámbrica entre el emisor y receptor y medir frecuentemente las piscigranjas para tener un control interno.

En el cuarto trabajo de investigación realizada por Jurado, I.M. & Graciela, S. (2019), "*Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la calidad del agua en la crianza de peces*". Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería de Sistemas, Electrónica e Industrial Ambato, Ecuador. En su tesis expone que:

El autor Jurado (2019) encontró la problemática en el criadero CHAPARRAL que no existía un control de parámetros de calidad de agua como lo recomienda la Fao (Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura), El autor Jurado (2019) obtuvo por un sistema electrónico que permita "el monitoreo en tiempo real de los parámetros como temperatura, pH, turbidez y caudal que se requieren para determinar la calidad de agua del hábitat de los peces para un óptimo crecimiento y desarrollo", los estanques de las truchas consta con un servidor donde se almacena datos provenientes de la red de sensores el cual proporciona al encargado del criadero dicha información en tiempo real, el autor Jurado (2019) utilizo sensor de temperatura de agua DS18B20 que consta con 3 pines también un microcontrolador Arduino nano y un sensor PH SEN0161 que posee 6 pines, el sensor de turbidez SEN0189 que consta con 3 pines , un sensor ultrasónico HC-SR04 que consta con 4 pines y para la comunicación inalámbrica utilizo el módulo de comunicación NFR 24L01+ lo cual que tiene la función de recibir datos adquiridos por los sensores de los diferentes nodos y almacenarlos en una base de datos de un software libre. Jurado (2019) obtuvo como conclusión, que los niveles de temperatura estén dentro de los intervalos óptimos que son entre catorce y dieciséis grados Celsius, para favoreces al crecimiento y desarrollo de las truchas. Asimismo, los niveles de turbidez deben mantenerse 5 a 30 NTUs, el nivel de potencial de hidrogeniones (pH) se encuentra en el rango óptimo cercano a 7; finalmente, el rango adecuado del caudal se ubica entre 16 a 35 litros por segundo con el fin de evitar desbordamientos en los reservorios de las truchas, previniendo que estos parámetros puedan alterarse en los tiempos de lluvias y dañar así el proceso de crianza y reproducción.

Este trabajo mencionado ayudara a la presente tesis en la comunicación del microcontrolador con la red de sensores de los parámetros a medir cada variable y obtener resultados de forma remota en tiempo real al encargado de la piscigranja.

2.1.2 Nacionales

El primer trabajo de investigación realizado por Rubio Quispe & Choton Posadas, H, B, (2016) "*Diseño e implementación de un sistema de control automático para el acuario RALFISH en la ciudad de Trujillo*". Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO- Facultad de Ingeniería. En su tesis expone que:

El autor Rubio Quispe (2016) se basó a la realidad problemática que sucede en el acuario RALFISH en la ciudad de Trujillo que se basa a la compra, venta, crianza y reproducción de peces ornamentales de aguas frías, tropicales y marinos lo que dificultaba al encargado de la tienda fue el cuidado y control de sus acuarios ya que se encontraba viajando en todo momento, también a ello contaba con una inadecuada climatización, además una falta de sistema de supervisión de filtros. El autor Rubio Quispe (2016) propone a realizar el aumento y disminución de la temperatura del agua de acuerdo a los parámetros permitidos, cuando se desea aumentar la temperatura se hace uso de unos calentadores y se va graduando su potencia hasta que el indicador del termostato muestre su temperatura deseada y cuando se desea disminuir la temperatura se hace uso de cubitos de hielo. El autor Rubio Quispe (2016) utilizo el Arduino Mega 2560 un sensor de temperatura DS18B20 que nos permite medir de -55° hasta 125° C también un pH-metro analógico, un sensor de caudal YF – S201 que contiene un sensor molinete para medir la cantidad de líquido a través de él, también un calentador Marina 100W que nos brinda una distribución uniforme y eficiente del calor y un enfriador con características de un ventilador y para el monitoreo a través de un interfaz Hombre – Maquina (HMI) que permite supervisar el acuario desde un computador. Como resultados El autor Rubio Quispe (2016) obtuvo la medición de temperatura que marca un error relativo es de 0.22% y la desviación es de 0.05 ° C márgenes que confirman su buen funcionamiento Para la medición de la pH obtuvo un error relativo de 0.09% y la

desviación de 0.02 pH, márgenes que confirman el buen funcionamiento del sensor. De la medición del caudal obtuvo un error relativo de 5.61 % y la desviación de 6.75 % L/H, márgenes que confirman el buen funcionamiento. El sistema fue convertido en una herramienta para el personal de mantenimiento ya que ahora sabe cuándo el filtro está obstruido o sucio.

Este trabajo mencionado ayudará a la presente tesis el control de la temperatura y mantener en un estado óptimo la calidad de agua con calentadores y enfriadores y además con el código de programación para el dicho proyecto propuesto.

En el segundo trabajo realizada por Ríos, R. Claros, W. & Romaylla, E (2017), *“sistema automatizado para el control y monitoreo del comportamiento de alevinos de paiche en cautiverio. repositorio de revistas de la universidad privada de Pucallpa”*. En su tesis expone que:

Los autores destacaron como una incidencia observada en el periodo último de producción acuícola, un acercamiento al treinta por ciento de la producción a nivel mundial y que genera una proyección de altas tasas porcentuales siempre y cuando se determinen procesos de mejora de la actividad que impidan reducir los niveles de ganancia obtenidos, dando énfasis a los sistemas automatizados que permitan monitorizar el comportamiento de los alevinos del paiche en las zonas de producción alojadas en la selva baja peruana. Estos sistemas automatizados, se apoyan en labores como cambio de agua, alimentación y otras labores propias de la actividad en forma manual, para poder mejorar la eficiencia en el manejo de esta especie, pero que conlleva a una mayor inversión. Se indica además que se utilizarán sensores para medir los parámetros de (temperatura, oxígeno, PH y conductividad eléctrica), procesamiento de datos y simulación con herramientas TICS como autolist, Matlab, Excel, también a ello utilizo el software de programación PHP, un motor de base de datos MySQL que será procesados por un microcontrolador Arduino. Como resultados, se obtuvo que el empleo del sistema automatizado nos permite ahorrar costos de producción principalmente en la mano de obra de alimentación y cambio de agua y el flujo de caja y la evaluación económica nos muestra que aprovechando la infraestructura e implementación del proyecto en un horizonte de 5 años nos da un valor actual neto de \$13.970.43 con una inversión total de \$45.057.25 entre capital de trabajo y otros gastos operativo, cuyos ingresos se estiman en la venta de carne de

paiche a razón de \$19.0 kg que en un año hayan alcanzado el peso promedio de 10 kg.

Este trabajo mencionado ayudara a la presente tesis a manejar de manera administrativa el control de producción de las truchas después de la implementación del sistema.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. La acuicultura en el Perú

A. Definición

Se define como un fundamento de actividad comunitaria que tiene como actividades principales el objetivo de la reproducción, el crecimiento o desarrollo y comercialización de organismos. Los cultivos más destacados son los de concha de abanico y los langostinos cuyas producciones son destinadas a la exportación. Así también la piscicultura de los peces que se produce en las zonas altas andinas y está totalmente dirigido al mercado local del país y a la exportación.

Así se dio inicio a la acuicultura extensiva de la trucha en el Perú, gracias a los buenos resultados que se obtuvieron en su oportunidad, llegó a determinarse que esta especie, se adapta eficientemente a las condiciones biológicas de los ambientes acuáticos de las zonas alto andinas (lagunas y ríos), los que presentan entre sus principales factores favorables para el desarrollo de la trucha: alta productividad primaria y buenas condiciones fisicoquímicas del agua. Esta situación impulsó la ejecución de siembras de alevinos de trucha en varias lagunas identificadas de las regiones de Junín y Pasco. (FONDEPES 2014)

La acuicultura nos beneficia con unos buenos resultados para los microempresarios ya que cuando criamos más peces, es mayor la exportación y mejor economía para los piscicultores por ello miles de pobladores se animan a la crianza y venta de las truchas en los sitios campestres del pueblo.

2.2.2. La piscigranja en las truchas

A. Hábitat de la trucha

La trucha es un pez resistente y fácil de desovar ya que son peces nativos de regiones elevadas y altas zonas andinas donde existen aguas frías y claras (Rojas Yauri ,2016). Que vive en el océano, pero desova en ríos y corrientes bien

oxigenados hasta la manera de habitar permanentemente en lagos o piscigranjas.



Figura 2 Hábitat de las truchas

Fuente: FONDEPES, 2014

Los peces pueden reproducirse en piscigranjas, estanques o lagunas con aguas oxigenadas para su oxígeno, claro su hábitat de los peces debe estar sumamente limpia sin contaminación, sin residuos desechos y con unos parámetros permitidos para que puedan crecer y reproducirse libremente.

B. Ciclo de vida de las truchas

Huevo

Del resumen de (Rojas Yauri, 2016) después de que se haya fertilizado los huevos, estos serán incubados en el nido realizado por la hembra. El tiempo de incubación dependerá de la temperatura del agua, ya que en el momento de la incubación el agua tendría que estar entre los rangos de 8° y 12 °C. a una temperatura estable de 10 °C la eclosión del alevín será a los 31 días.



Figura 3 Huevo de las truchas

Fuente: La República, 2014

Es fundamental el cuidado de los huevos de las truchas ya que de eso depende la cantidad de peces en reproducción para ello debemos tener un mayor control

de vida en los huevos para que así puedan desovar los peces y poder desarrollarse de manera efectiva hasta llegar a la siguiente fase del alevín.

Alevín

La fase del alevín comprende desde una absorción del saco vitelino hasta que la trucha alcance una talla de 3 a 10 cm, al terminar el proceso de embrionario los peces se alimentan de las reservas nutricionales del saco vitelino durante 4 semanas todo ello depende la temperatura. Después el alevín se convierte en cría en una fase entre 14 y 20 días.



Figura 4 Truchas Alevines

Fuente: Mundo Acuícola, 2018

Según la FAO (2014), La cantidad de alevines por metro cúbico depende de su tamaño, el caudal, la temperatura del agua y el diseño del estanque, cuando se realiza una crianza de alevines, el tamaño va creciendo en una diferencia, ya que al pasar el tiempo los alevines hay tanto, como grandes, pequeños y medianos, por ello que si son de menor tamaño no puede alimentarse bien.

Juvenil

Rojas Yauri (2016) refiere en esta fase de juvenil los peces tienen todas las características de un pez adulto ya que tienen sus propios hábitos, como ser más activo, nadar y los peces mismos atrapar sus alimentos para que ingieran y poder desarrollarse hasta la siguiente fase. La diferencia contra los peces adultos es que no han madurado sexualmente.



Figura 5 Truchas Juveniles

Fuente: Marco R. Hernández, 2008

Según el autor la fase juvenil ya los peces están totalmente desarrollados en la parte física ya que puede crecer y desarrollarse y engordar para una buena producción.

Adulto

En la última fase hay una dependencia de las condiciones físicas del hábitat ya que las truchas maduran entre los 15 y 18 meses de edad sin embargo la mayoría alcanza dos meses después de lo estable. Cuando esto ocurre los peces cambian su color a un color arco iris de tal forma que se clasifica como una trucha adulta.



Figura 6 Trucha Adulta

Fuente: INFOCAMPO, 2020

Según el autor en esta fase los peces están aptos para un consumo de alimento como pescado o venta en la exportación de las truchas a nivel nacional o internacional ya que la trucha muestra en sus escamas un colorido arco iris.

2.2.3. Enfermedades más comunes en las truchas

A. Enfermedades no infecciosas

Enfermedades nutricionales: según López, M (2018) “los alimentos balanceados con una baja calidad y un almacenamiento inapropiado producen en la trucha un nivel de desnutrición con baja condición corporal, mal formación

del esqueleto, los problemas reproductivos y un crecimiento lento” (pg. 27). Lo que afirma el autor empezando por el alimento que consume los peces influye bastante para contraer enfermedades para los peces, por ello se debe hacer las verificaciones del producto de consumo alimenticio para las truchas que estén autorizados y aprobados por autoridades correspondientes para evitar estas enfermedades que contribuye a perdida de producción y crecimiento de los peces.

B. Enfermedades infecciosas

Enfermedades bacterianas: Estas enfermedades son el factor más problemático y causante para un criador de peces. Del resumen de FONDEPES (2014) destacamos que el hongo produce una infección externa, estos síntomas se presentan como lesiones blancas y se encuentran en la superficie del cuerpo y aletas también en los ojos y boca del pez. Por eso debemos considerar el buen tratado a los peces para evitar que bacterias ingresen a sus organismos y pueda haber muertes en gran cantidad ya que las bacterias son contagiosas y pueda rebotar en los miles de peces que hay en un estanque o piscigranja.

2.2.4. Parámetros en la acuicultura

A. temperatura (°C)

Según el resumen de López Plazas (2016), aporta que los peces son actos térmicos, es decir que su temperatura corporal depende de ambiente donde habite o se encuentre. Este parámetro de temperatura es muy importante para la crianza de las truchícolas, lo cual condiciona el efecto de crecimiento y el desarrollo normal de las truchas con fines comerciales el rango más óptimo debe ser entre los 10 a 17°C, si supera estos valores afectan el desarrollo de los peces y pueden contraer enfermedades infecciosas.

Temperatura °C	1 - 3	4 - 8	9 - 14	15 - 17	18 - 20
Consecuencia	Muere	Crecimiento lento	Crecimiento óptimo Buena incubación y reproducción	Velocidad de crecimiento disminuye	Estrés, bajo contenido de O ₂

Figura 7 Temperatura (°C)

Fuente: FONDEPES, 2014

Este parámetro debe de tener un control diariamente si es posible como mínimo 3 veces al día como se puede programar, el primer control en la mañana a primeras horas, después un control en el medio día y como finalizar un control al final del día para obtener y monitorear los parámetros durante el día.

B. Oxígeno disuelto (O2)

El oxígeno Disuelto esta disuelta en los tanques que contiene seres vivientes acuáticas ya que este parámetro les ayuda a tener oxígeno para poder vivir.

Del resumen de FONDEPES (2014) explica que estos peces reciben el oxígeno que esta disuelto en el agua mediante las branquias y se transfiere a la sangre después llega al corazón y este lo bombea por las torres sanguíneas. Generalmente un nivel más alto de oxígeno indica un agua con mejor calidad,

O ₂ mg/l	0 - 3.0	3.1 - 4.5	4.6 - 5.9	6.0 -8.5
Condición	Muere	Sufre grave estrés	Poco estrés Crecimiento lento	Óptimo desarrollo

Figura 8 Oxígeno Disuelto (O2)

Fuente: FONDEPES, 2014

Lo que afirma el autor el parámetro de oxido disuelto es fundamental en la acuicultura para la vida de los peces ya que si no tuviera oxigeno el agua los peces se mueren asfixiados sin oxígeno como el ser humano y como causa aumenta perdidas y muertes en los peces.

C. Potencial de hidrogeno (pH)

Este parámetro de potencial de hidrogeno (pH) es sumamente importante en la piscicultura, debido a que los valores de pH del agua tienen efectos en el nivel de estrés de las truchas. (Rojas Yauri, 2016)

El potencial de Hidrogeno actúa de manera muy optima a regularizar una actividad metabólica en los peces, ya que diferentes fases que pueda estar los peces, tanto como cría, alevín, juvenil o adulto requiere de diferentes rangos de este parámetro para aportar un buen optimo desarrollo.

2.2.5. Sistemas de control

A. Lazo cerrado

Este sistema se utiliza en las grandes industrias que trabajan con actuadores y control ya que nos facilita a poder retroalimentar, y poder controlar con un valor o sensor deseado y así este control que recibe mediante su controlador a poder decidir una acción que puede tomar durante este control. Tal como lo afirma el siguiente autor:

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (K, Ogata,2010, 5ta edición)

Estoy de acuerdo con el autor ya que estos grandes sistemas de control se pueden usar en cualquier proyecto o circuito que se desea desarrollar si deseas que cumpla las funciones de un control automatizado.

B. Lazo abierto

Este sistema es totalmente lo contrario de un control a lazo cerrado ya que no hay una retroalimentación de una salida hacia un controlador para que este proceso pueda a realizar un sistema de control. Como se puede verificar que la salida no se compara con la entrada del sistema como lo indica el siguiente autor:

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración (K, Ogata,2010, 5ta edición)

Nos brinda unos ejemplos para utilizar este sistema ya que no hace la función de comparar, este sistema se dirige a una dirección y no realimenta el proceso por ello también es óptimo para poder hacer su uso en algunos proyectos o sistemas a realizar.

2.2.6. Tipos de dispositivos electrónicos

A. Microcontroladores

1.Arduino

Este microcontrolador es una plataforma de creación de un lenguaje abierta, la cual este controlador contiene un hardware y software libre para realizar y crear diferentes tipos de sistemas.

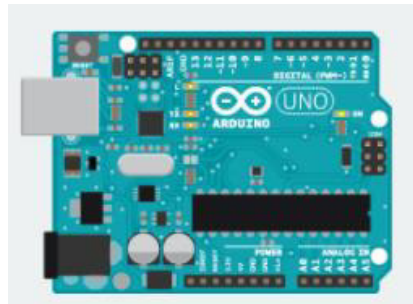


Figura 9 Arduino

Fuente: Arduino,2020

Este microcontrolador contiene interfaces de salida y entrada que podemos conectar a la placa del Arduino, que ello se encarga de procesar los datos depende de la programación que se realice o si indique al controlador a realizar, como interfaz de salida puede ir configurado hacia pantallas LCD, altavoces etc.

2. Raspberry Pi

El ras Berry pi es un ordenador de un tamaño muy pequeña que se conecta a un televisor y un teclado, Tiene puertos de entrada de ethernet y salida de HDMI.



Figura 10 Raspberry Pi

Fuente: Raspberry Pi, 2020

Este microcontrolador se puede usar para diferentes proyectos ya que es una placa muy actualizada, muy moderna que tiene varias funcionalidades para poder usarlos.

B. Sensores

1.Sensor de temperatura

El sensor de temperatura tiene que tener unas características perfectas ya que recibirá conductividades eléctricas del agua con una señal que será medido y recepcionado por un microcontrolador con una interfaz de salida para detectar errores. El dispositivo incluye un capacitivo interno como sensor de humedad y sensor de temperatura que todo ello está unido a un conversor analógico-digital.

2.Sensor de pH

Este sensor de pH analógico es controlado mediante el microcontrolador del Arduino que contiene un led que nos indica si este encendido o no el sensor, este sensor trabaja con una alimentación de 5.00 V, nos permitirá tomar lecturas de alcalinidad y acidez lo cual serán procesador por el Arduino y llevado a un monitor para visualizar los niveles y rangos.

3. Sensor de oxígeno disuelto (O₂)

Este sensor es compatible y controlado por el microcontrolador que trabaja con una alimentación de 5v que nos permite medir el oxígeno disuelto del agua también para reflejar la calidad de agua contiene un rango de detección 0 – 20 mg /L y un rango de presión 0-50PSI.

2.2.7 Tipos de lenguaje de programación

A. +C++

Este lenguaje nos permite una programación C para la manipulación de objetos, es un lenguaje muy didáctico y que porta una gran cantidad de números de compiladores en diferentes plataformas y los sistemas operativos usando la directiva #include que son elementos definidos también llamados como la cabecera de la programación.

B. +SQL

Según Muñoz, R (2017), aporta que por sus siglas SQL (Structured Query Language) se aplica en la manipulación y tratamiento de datos, también en base de datos relacionados a múltiples sistemas de gestión de base de datos, Es un tema teórico y práctico, pero con un alto contenido que se desarrolla actividades en los laboratorios informáticos. Para trabajar con este lenguaje de programación es necesario un alto manejo de algebra y cálculos relacionales para tener una buena manipulación de datos y un buen lenguaje de control.

C. +Python

Este lenguaje de programación nos trae varios conceptos e inicios de Python como lo afirma el siguiente autor:

Refiere que Guido van Rossum creo Python en diciembre de 1989, basándose en un lenguaje de programación ABC que ayudo mucho a implementar en los años 80. ABC tenía como objetivo principal la facilidad de aprendizaje para personas ajenas a las Ciencias de la Computación. Con esa herencia tan clara, no debe extrañarnos que sea tan popular en los cursos introductorios de programación. Monsálvez, J.C.G. (2017)

Como podemos desarrollar este lenguaje nos trae varios propósitos para poder generar aplicaciones, inteligencias artificiales con los microcontroladores de Raspberry adicional computación científica e internet de las cosas.

2.2.8 Base de datos

A. Clasificación

1. Base de datos estáticas

Las bases de datos estáticas se conforman de registrar y almacenar algunos datos fijos que no se va a modificar con el tiempo, son mayormente utilizable en el campo de la estadística y son muy usadas para hacer estudios de mercado.

2. Base de datos dinámicas

Las bases de datos dinámicas consisten en almacenar los datos que, si pueden variar con el tiempo, esta base es totalmente diferente que la dinámica que se puede realizar operaciones de edición, esta base dinámica nos permite eliminar y modificar los campos en la base de datos.

2.2.9 Sistema de comunicación inalámbrica

A. Módulo de comunicación

Este módulo NRF24L01 es un chip de comunicación inalámbrica que viene conectado mediante un microcontrolador Arduino, este transceptor contiene un transmisor y receptor a una banda de frecuencia de 2.4 GHZ con una velocidad de 250 Kbps y 2 Mbps que nos brinda una conexión hasta 6 dispositivos hábiles,

B. GSM

Este sistema inalámbrico nos permite poder trabajar de manera remota con mensajes de texto que puede recibir o enviar por correo electrónico o navegaciones por internet.

Actualmente estos sistemas trabajan con un móvil celular ya que recibe mediante una comunicación inalámbrica datos que procesa los microcontroladores como obtención de datos o señales que este procesando los sensores en tiempo real.

2.2.10 Estadísticas

A. Estadísticas descriptiva

Esta estadística se encarga de almacenar, ordenar y recoger ideas para realizar tablas gráficas y calcular parámetros básicos, también es un conjunto lleno de técnicas y procedimientos. Según Rendon – Macias (2016), “La estadística descriptiva es la rama de la estadística que formula recomendaciones sobre cómo resumir la información en cuadros o tablas, gráficas o figuras.” (p. 298).

B. Estadísticas matemáticas

Solano, H.L. (2018) Esta estadística matemática publicado en 1763 es conocido como el primero que utiliza la teoría de la probabilidad como un instrumento de razonamiento inductivo, es decir, para argumentar a partir de lo particular a lo general, o de la muestra la población.

2.3. MARCO METODOLÓGICO

Tipo de investigación

El presente trabajo tiene una finalidad tipo aplicada-tecnológica, debido a que primero se investigara información sobre los temas relacionados a la tesis propuesto, después se diseñara un sistema de monitoreo y control automatizado que va adquirir información sobre las temperaturas de las conductividades eléctricas del agua en la piscigranja para verificar los niveles de parámetros permitidos.

Metodología de investigación

La presente tesis se está desarrollando para el departamento de Junín -Perú, por ello la información que se va adquirir es referente a las temperaturas y parámetros geográficos

Muestra: esta investigación esta dimensionado a un muestreo (n) para una población de un rango de edad mayores de 18 años en ambos géneros que deberían ser trabajadores de la piscigranja.

El diseño de la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de monitoreo de la calidad de agua de las piscigranjas aplicado a la acuicultura con el propósito de una mejor calidad de vida y producción para los peces para ello utilizaremos una serie cronológica por que se analizará los resultados de las mediciones en diferentes periodos ya que se considera unas mediciones repetidas que permitirá la validez al sistema de monitoreo a larga distancia.

La recolección de datos está representada por un conjunto de datos sobre las mediciones de la temperatura y la conductividad eléctrica del agua para determinar los parámetros en la piscigranja, lo mismo que son medibles durante este periodo de tiempo de estudio. se evidenciará en tiempo real ya que los datos serán leídos por los sensores y mediante una comunicación inalámbrica será n registrados en una tabla para una comparación de datos y punto de operación. El proyecto se desarrollará en cualquier horario dentro de las 24 horas.

2.4. MARCO LEGAL

2.4.1 Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N.º 1195

A través de este Decreto Legislativo, se aprueba la Ley General de Acuicultura, cuyo objetivo es fomentar, desarrollar y regular la acuicultura, en sus diversas fases productivas en ambientes marinos, destacándose su importancia en la obtención de productos de calidad para la alimentación y la industria, la generación de empleo, de ingresos y de cadenas productivas, entre otros beneficios. *(Decreto Supremo N.º 003-2016-PRODUCE, Normas legales, N.º1195, Diario Oficial EL Peruano)*

Artículo 2.- Ámbito de aplicación.

El presente Reglamento es de obligatorio cumplimiento a toda persona natural o jurídica, pública o privada, que realicen actividades de acuicultura en el territorio nacional; así como, actividades de poblamiento y repoblamiento en lo que corresponda. *(Decreto Supremo N.º 003-2016-PRODUCE, Normas legales, N.º1195, Diario Oficial EL Peruano)*

Artículo 6.- Supervisión y fiscalización.

La supervisión y fiscalización de las autorizaciones o concesiones acuícolas está a cargo del PRODUCE, de sus organismos públicos competentes y de los Gobiernos Regionales, según corresponda. *(Decreto Supremo N.º 003-2016-PRODUCE, Normas legales, N.º1195, Diario Oficial EL Peruano)*

Artículo 7.- Infracciones

- a) “Realizar actividades acuícolas, sin contar con la concesión o autorización correspondiente otorgada por los órganos competentes, o cuando estas se encuentran suspendidas”. (Ley N° 1195)
- b) “Incumplir con las obligaciones previstas como causales de caducidad en el derecho administrativo y el Convenio de Conservación, Inversión y Producción Acuícola”. (Ley N° 1195)
- c) “Importar, exportar o reexportar especies en sus diferentes estadios biológicos con fines de acuicultura sin contar con la Certificación de la Autoridad Competente”. (Ley N° 1195)
- d) “Obtener semilla o reproductores del medio natural, sin la correspondiente autorización del PRODUCE o Gobierno Regional”. (Ley N° 1195)

e) “Instalar o implementar infraestructura o materiales, equipos y otros elementos no autorizados o variar la modalidad de cultivo determinada en el Plan de Manejo de las concesiones especiales, sin previo aviso”. (Ley N° 1195)

f) “Desarrollar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, sin haber informado a la autoridad competente para hacer uso de hasta un máximo de un 20% del área otorgada”. (Ley N° 1195)

Artículo 12.- Sanidad acuícola

“El SANIPES debe informar al PRODUCE y al Gobierno Regional respectivo, los resultados de las inspecciones sanitarias relacionadas con epizootias o brotes infecciosos, en los centros de producción acuícola”. (Ley N° 1195)

2.5. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

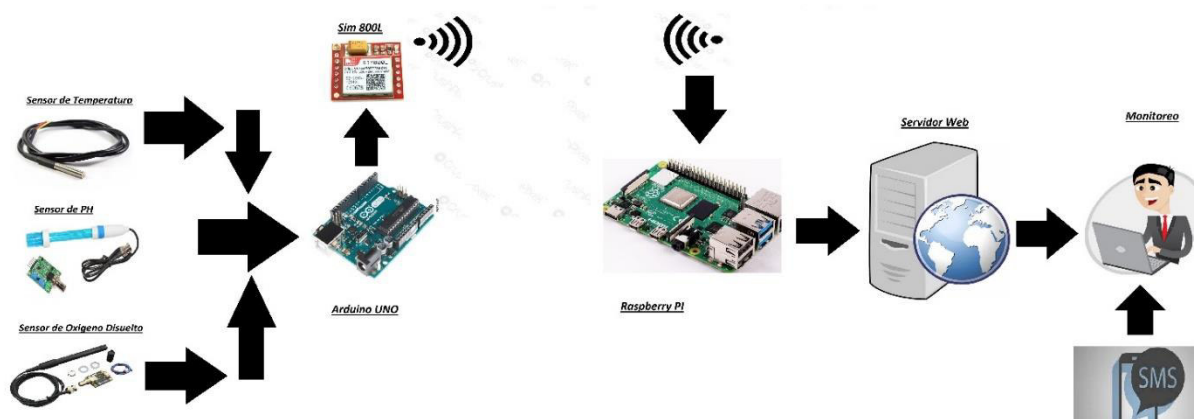


Figura 11 Sistema de Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos visualizar este modelo de planta a utilizar en este proyecto, comprende el análisis de los sensores, el controlador. Para ello se diseñará un algoritmo, que se implementará en base a un mecanismo On/Off para poder realizar el control eficiente en diferentes variables. La salida de los parámetros, que serán procesados por la interfaz del microcontrolador, permitirá su revisión constante, y si por ejemplo los rangos leídos no están dentro de lo permitido, podría permitir un proceso para que se active la alarma y este poder alertar a los personales que están encargados de la piscigranja para que rápidamente puedan actuar hasta equilibrar los parámetros y poder estabilizar los peces, seguidamente los parámetros leídos serán llevados al servidor web para que el encargado de la piscigranja pueda observar y monitorear el estado del agua.

Como por ejemplo para el caso de temperatura se le asigno una alarma que se encenderá cuando la temperatura este muy debajo de una temperatura normal para los peces y la alarma se apagará cuando supera el rango de temperatura para evitar una frecuencia muy alta de encendido y apagado y así poder darles más vida a los peces.

Al igual manera cuando el potencial de hidrógeno y el Oxígeno Disuelto este muy elevado del rango requerido, se obtendrá una alarma automatizada que pondrá en óptimas condiciones las piscigranjas para evitar enfermedades, muertes de los peces y bajas disminución de producción.

El procesamiento de datos para la recolección se realizará mediante un cuantificador que almacenara los datos leídos en servidor web, ya que cada registro contendrá una información informatizada, ya que se cuantificaran a cada minuto durante el día. Para eso estaremos aplicando técnicas de estadísticas descriptivas que nos permitirá analizar las totalidades de muestras diarias de una población.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA APLICACION

O.E.1: Analizar la situación actual en las piscigranjas

En esta investigación, se ha determinado poder realizar un análisis de cómo se lleva a cabo los diversos procesos de producción en las piscigranjas ubicadas en Ingenio, ya que de ahí parte la problemática al haber elegido dicha zona para el trabajo, identificando las principales variables de contaminación del agua y la calidad del aire que afecta de manera inoportuna la producción de las truchas. Como se conoce, en la ciudad de Ingenio hay lugares con mayor vocación pesquera en donde se localizan las mayores extensiones de áreas inundables de la región, ambas partes se caracterizan por tener una riqueza pesquera que soporta una gran actividad económica que abastece de truchas a la población urbana y rural, proporcionando ingresos económicos a los microempresarios de la zona.

Para dar un marco más general, se puede decir que la acuicultura en nuestro país tiene escaso nivel de desarrollo, muy comparado con otros países de la región, a pesar de contar con algo potencial hídrico con más de 12000 lagos y lagunas altas andinas, se conoce a nivel marítimo las especies más importantes son como las conchas de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino (*Litopenaeus vannamei*), y para consumo local de la población son las Truchas (*Oncorhynchus mykiss*) cultivadas en las zonas andinas como Puno, Huancavelica, Ancash y Junín.

A: Población en el Distrito de Ingenio

Según las proyecciones poblacionales de INEI al 2020, el distrito de Ingenio alberga de 7,409 aproximadamente de habitantes (INEI 2018-2021 pg. 30)

B: Conocer el área de estudio

La presente investigación tiene como objetivo hallar nuestra área de investigación en donde se realizará el presente proyecto, ya que es un área que no tiene todos los beneficios de un control de las truchas, en el Centro Poblado de Casacancha, Distrito de Ingenio, departamento de Junín, lo cual el centro poblado cuenta con cincuenta mil pobladores según (INEI, 2017)

El distrito de ingenio esta interconectado por vía terrestre con centros anexos según Chanca Rojas (2015) ***“Por el Sureste se conecta con una trocha***

carrozables que lo comunica con el centro poblado de Casacancha y anexos de la zona”



Figura 12 Ubicación del Centro de Estudio

Fuente: Google Earth

La información que se va adquirir es referente a las temperaturas de la zona, buscando obtener resultados claros que puedan ser estudiados con un grado de precisión en las tomas de las mediciones.

Los estudios de generación de escenarios climáticos, según Weather Spark (2016):

- En Ingénio, los veranos son cortos, frescos y nublados; los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 3 °C a 17 °C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 20 °C.
- La temporada templada dura 2 meses, del 16 de septiembre al 30 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 17 °C. El día más caluroso del año es el 29 de octubre, con una

temperatura máxima promedio de 17 °C y una temperatura mínima promedio de 5 °C.

El promedio de porcentaje de nube, según Weather Spark (2016):

- La parte más despejada del año en Ingenio comienza aproximadamente el 30 de abril; dura 4.6 meses y se termina aproximadamente el 19 de setiembre. El 29 de julio, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 54 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 46 % del tiempo

Como estos puntos importantes podemos resumir que en la zona presenta clima frío, húmedo, nuboso y con fuertes vientos en otoño e invierno, y un clima cálido en verano y primavera

Es pues una gran oportunidad a través de esta investigación, el poder tener un gran conocimiento más sobre las truchas arcoíris donde habitan en diferentes microclimas donde hay altitud en la región.

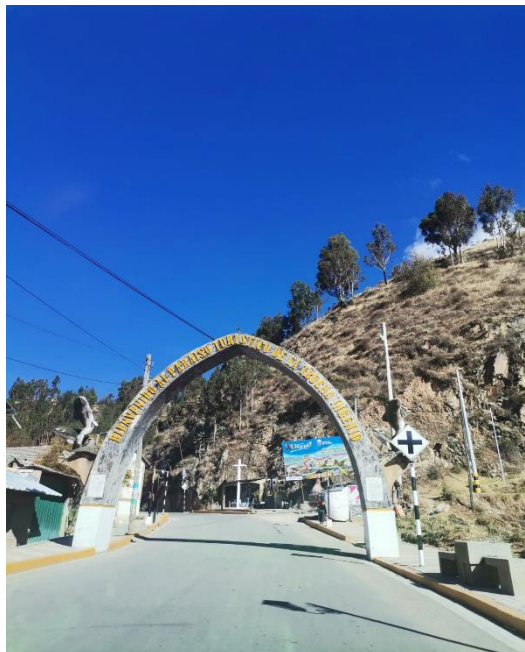


Figura 13 Distrito de Ingenio

Fuente: Elaboración Propia

C: Determinación de parámetros climatológicos

Temperatura:

La temperatura es algo indispensable en el área de la piscicultura ya que de él depende la producción de peces y en particular de la trucha, la temperatura preferente de cultivo (engorde) es de 14 – 18°C para el arcoíris.

Cambio Climático:

El cambio climático está afectando mucho en los recursos hídricos en todas regiones y más a un tienden a menorar su caudal y algunos desapareciendo en los procesos de incubación de las ovas, por ello los parámetros bioquímicos pueden estar sometida a variaciones bruscas por factores como cambios atmosféricos y cambios climáticos.

Velocidad de Agua:

Por lo general la velocidad viene en relación con el caudal, pero también influye su forma de orientación y velocidad de entrada, así como la salida del agua.

Si por ejemplo la velocidad es muy excesiva puede a tender a los peces y agruparlos en un final de la piscigranja que puede afectar gravemente y traer muchas consecuencias como muertes de las truchas.

D: Características de las Piscigranjas

Las aguas de los estanques son clasificadas depende el uso y las etapas de las truchas



Figura 14 Clasificación de las Aguas Según Etapas

Fuente: Diario Huancayo, 2018

Tabla 1 Administración del Centro Piscícola “El Ingenio”

Clasificación De Agua	Etapas De La Trucha
Primer uso	Ovas juveniles
Segundo uso	Juveniles
Tercer uso	Comerciales

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 1 nos da a detallar como se reusa el agua para varias etapas, ya que el primer uso del agua se brinda a las ovas juveniles y se siguen reutilizando para las siguientes etapas de reproducción hasta el tercer uso que es para ventas comerciales.

Impacto Social:

Se observa que las piscigranjas no hacen uso de servicio de agua y desagüe, sino usa las mismas aguas de los ríos de forma directa para los criaderos de los peces.



Figura 15 Estanque de las piscigranjas

Fuente: Diario Huancayo, 2018

Impacto Económico:

Como impacto económico ha traído muchos ingresos para los propietarios de estas piscigranjas y también para los pobladores que se encargan en la venta de truchas comerciales, restaurantes y/o recreos campestres.



Figura 16 Recreo Campestre

Fuente: Impactos Económicos, 2017

E: Características del centro poblado

Nombre: CASACANCHA

Ubigeo: 1201220012

Distrito: INGENIO

Provincia: HUANCAYO

Departamento: JUNÍN

Viviendas: 183

Habitantes: 527

Longitud: -75.256520

Latitud: -11.905191

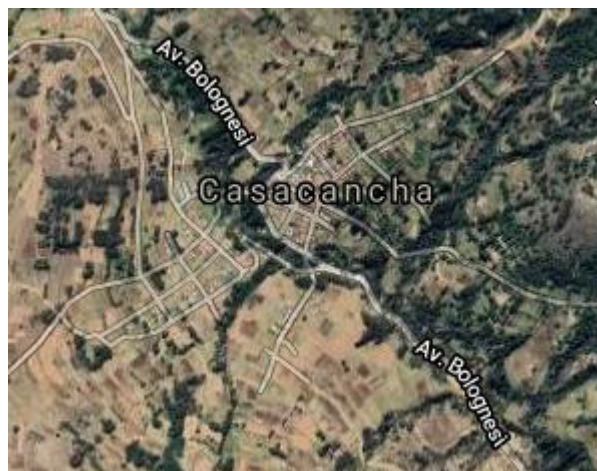


Figura 17 Ubicación Geográfica de la población de Estudio

Fuente: Google Earth



Figura 18 Recreo Campestre “Catalina Wanka”

Fuente: Elaboración propia

El Sr. Luis Gaspar y la Sra. Ana Zacarias son dueños del local campestre “Catalina Wanka” lo cual está en funcionamiento hace 3 años en el distrito de Ingenio, pueblo Casacancha, lo cual cuenta con una piscigranja con truchas a la venta y a la comercialización, se vende todo tipos de comidas, como trucha frita, trucha broaster, ceviche de trucha, pachamanca, etc. Cuenta con sitios de toma fotográfica para la bienvenida de los turistas con amplias vistas a todo el pueblo y diseño del recreo de manera rustica.

F: Entrevistas realizadas a piscicultores de la zona

Para poder establecer la situación actual de las piscigranjas, se ha realizado un conjunto de entrevistas a los pobladores de la zona, recogiendo sus apreciaciones sobre las principales dificultades ligadas al desarrollo comercial en sus piscigranjas y cómo el uso de elementos de calidad y mejora a través de equipos tecnológicos, podrían generar una disminución en la tasa de pérdidas por razones de contaminación.

Los datos de este estudio fueron recolectados a través de una encuesta aplicada de manera presencial y remota. La entrevista se centró en la información sobre la producción de truchas, las medidas dictadas por el gobierno para la

bioseguridad ante efectos contaminantes y la perspectiva del productor sobre el apoyo del gobierno regional. La participación de los criadores, para proporcionar información, fue voluntaria, sin coacción ni incentivo financiero.

La sistematización de esta data llevó a poder establecer las conclusiones siguientes:

- Las diferentes actividades necesarias para abastecer de pescado y productos pesqueros desde el productor hasta el consumidor final se están viendo afectadas indirectamente por efectos de la contaminación, esta se manifiesta cuando ya hay un proceso de crianza ya avanzado generando una situación irreversible.
- La solución se podría establecer determinando un sistema de revisión de las aguas para conocer sus parámetros, y que esto se realice en espacios de tiempo cortos para evitar una contaminación del proceso de crianza y mejorar los espacios productivos.
- Esta dificultad, a su vez, tiene un efecto perjudicial en los medios de vida de los criadores y productores, así como en la seguridad alimentaria y la nutrición de las poblaciones, que dependen en gran medida del producto para obtener proteínas animales y micronutrientes esenciales.

O.E.2: Diseñar el sistema de monitoreo para el control de parámetros

La presente investigación es de tipo experimental, ya que es una investigación que usa una lógica basada en los principios encontrados en las ciencias naturales. Los experimentos o la parte física pueden ser llevados en laboratorios con piscigranjas o en la vida real ya que involucran un gran número relativamente pequeño de interconexión entre módulos maestro y esclavos cuya respuesta en parámetros medidos son bastantes enfocados.

El modelamiento del presente proyecto se llevará a cabo en el recreo campestre "CATALINA WANKA" ubicado en el distrito de Ingenio, departamento de Junín, se toma dicho lugar como foco principal ya que es un recreo donde realizan la producción y comercialización de truchas y no cuentan con ningún sistema de monitoreo o alertas sobre el estado de las truchas en sus piscigranjas

Debido a que el presente proyecto tiene un propósito como monitorear la calidad de agua en el criadero o piscigranjas de las truchas, el prototipo físico a realizar contará con dispositivos adecuados para la realización del proceso de recolección de datos y módulos de punto a punto para poder así tener lecturas de los sensores.

Los equipos específicamente a ser usados son como los sensores, módulos, microcontroladores como Arduino y Raspberry Pi, GSM y un software libre para poder visualizar cada segundo las mediciones tomadas por el microcontrolador, lo cual será puesto a prueba en el recreo campestre "CATALINA WANKA" en el cual se tomará muchas muestras en tiempo real de monitoreo de calidad de agua para así tener un reporte de los datos recogidos.

Técnicas de procesamientos

Para obtener los datos monitoreados de la calidad de agua, se realizará en función de la obtención de datos de los sensores por eso se siguieron los siguientes pasos:

El primer punto es el microcontrolador Arduino lo cual cuenta con sensores de pH, Oxígeno Disuelto y temperatura que también cuenta con el emisor modulo GSM lo cual enviará los datos.

El segundo punto se realizó un diseño en el software THINGSPEAK que trabaja muy bien con el módulo GSM que recibirá todos los datos medidos y se podrá visualizar en una línea de tiempo los valores en tiempo real medidos.

El Tercer punto Se trabajo con el módulo GSM para poder enviar mensajes de textos a un teléfono móvil cada cierto tiempo(constante) para poder visualizar los parámetros medidos de la calidad de agua en que se encuentra.

El cuarto punto se trabajó con el microcontrolador Raspberry Pi, para poder diseñar una aplicación bien llamativa lo cual se podrá visualizar en tiempo real los parámetros medidos obtenidos del software THINGSPEAK.

Se realiza la programación a los microcontroladores para que los datos sean monitoreados puedan visualizarse y almacenarse en tiempo real.

El diseño es un sistema continuo donde nos permite medidas de los parámetros hacia las piscigranjas para poder detallar los rangos y niveles lo cual esta las truchas para poder visualizar en qué estado óptimo de reproducción se encuentra.

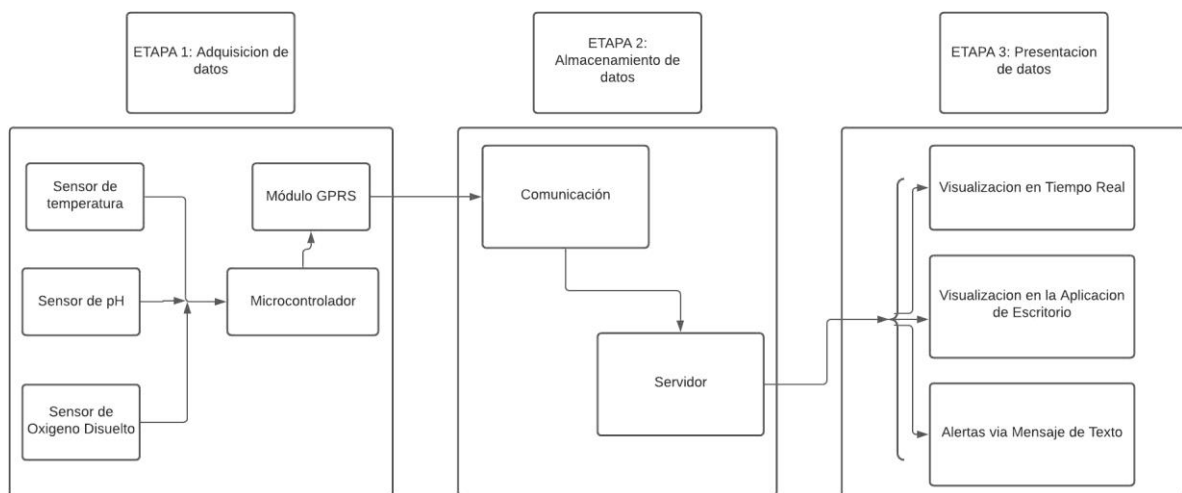


Figura 19 Diseño general del Sistema de Monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

SIMULACION DEL DISEÑO EN PROTEUS

La parte de simulación nos aporta mucho antes de pasar a la fase de implementación ya que tomamos varias medidas de qué manera puede ser diseñado el sistema de monitoreo como se observa en la siguiente imagen:

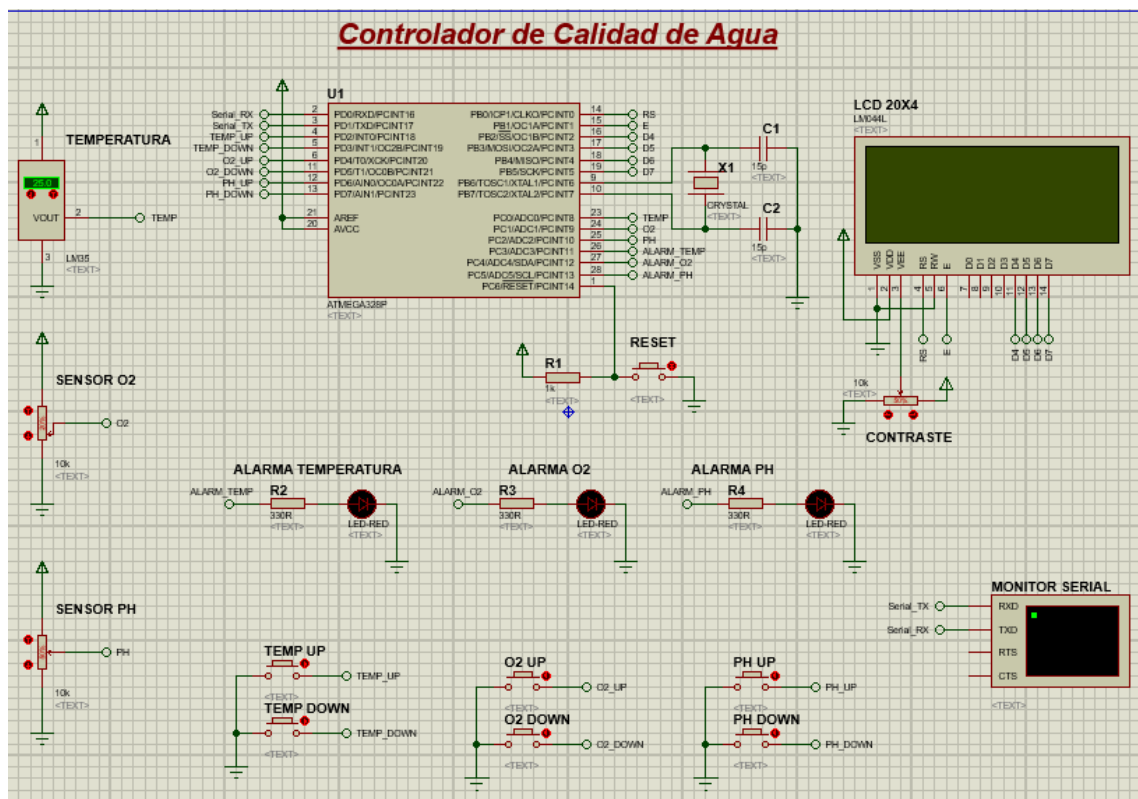


Figura 20 Diseño en Proteus del sistema de monitoreo

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos visualizar en la imagen se observa los 3 sensores de Temperatura, Oxígeno disuelto y sensor de PH, lo cual va controlado por el microcontrolador Arduino

Y podremos visualizar de manera simulada en el LCD para ver los niveles o parámetros que nos muestra:

Medición de la Temperatura:

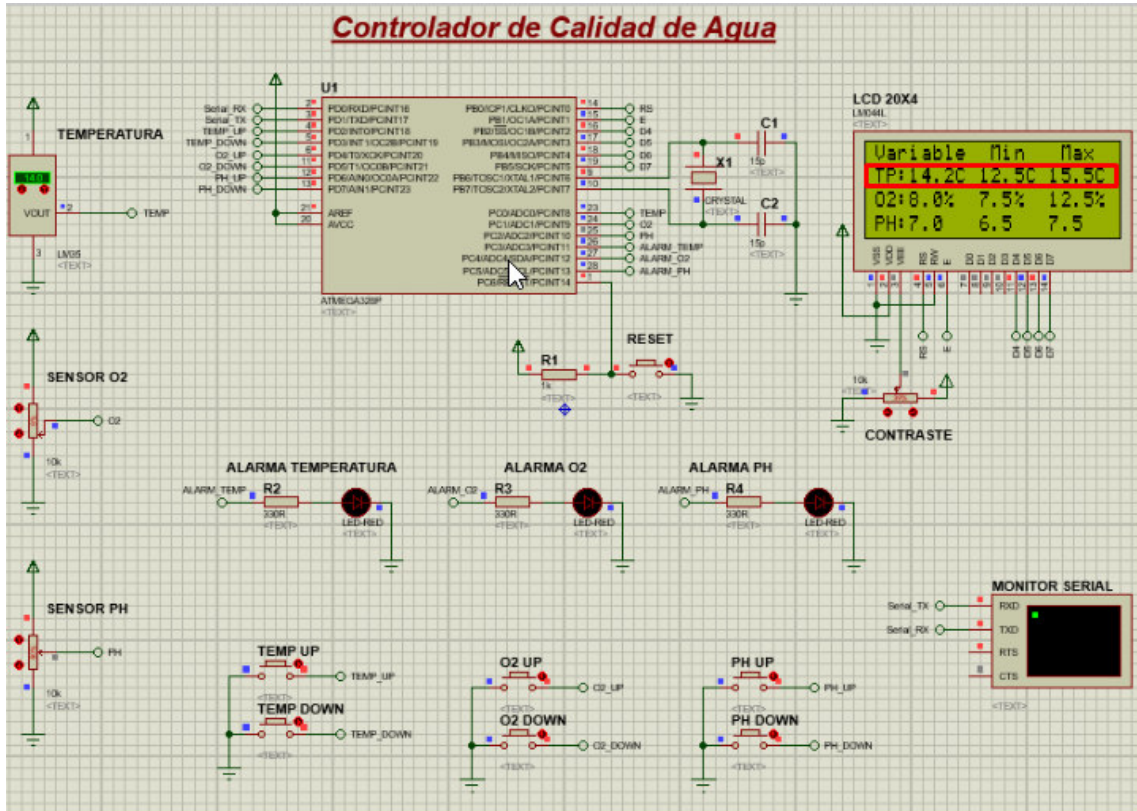


Figura 21 Simulación de la Medición de la Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

Como podemos visualizar en la simulación, se está realizando la medición de la temperatura en tiempo real, el microcontrolador recibe los datos medidos y automáticamente lo procesa a la pantalla LCD donde se visualiza los Rangos de MIN: 12.5 C hasta MAX: 15.5 C para un mejor estado de agua y el estanque se está manteniendo en un promedio de 14.2C lo cual quiere decir que esta optimo el agua en la piscigranja para la buena producción de las truchas, pero se realizó en la simulación una manera de alerta como se visualiza en la siguiente figura:

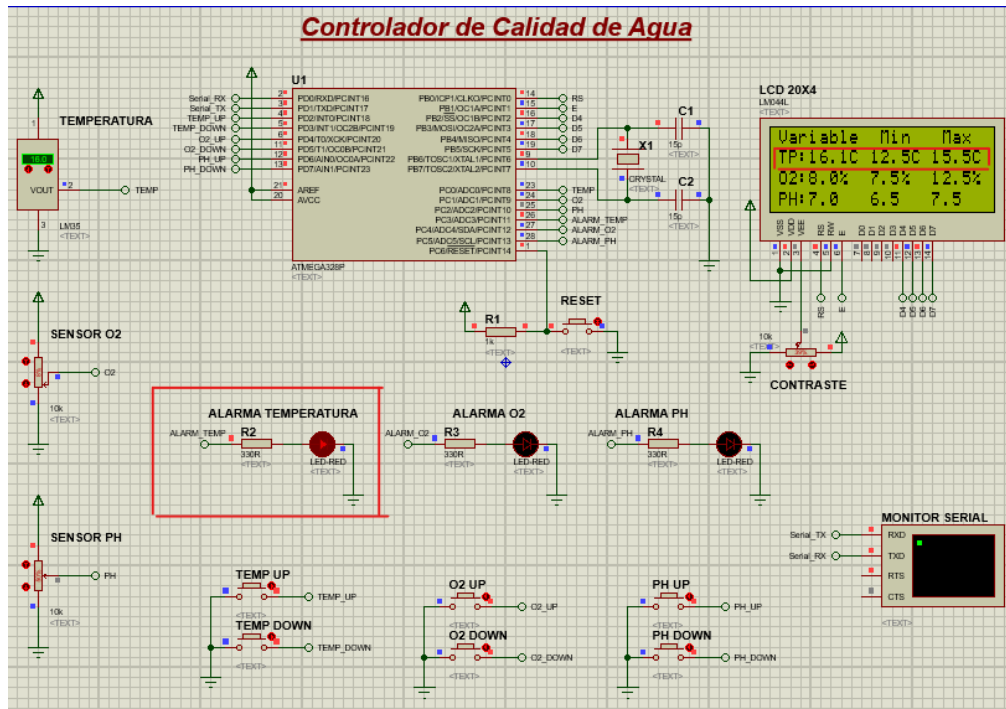


Figura 22 Simulación de Alerta de la Temperatura

Fuente: Elaboración Propia

Cuando la temperatura de la piscigranja se eleva demasiado o caso contrario el agua automáticamente se enfría el sensor medirá un número mayor que los niveles establecidos mínimos y máximo, de manera automatizada se prendera una alarma de alerta mediante mensajes de textos hacia los personales que están a cargo de la calidad de las truchas, para poder detallar cual es el problema y de manera rápida poder equilibrar la temperatura para que no afecte mucho a las truchas y puedan seguir en su habidad de manera normal.

Medición del Oxígeno disuelto:

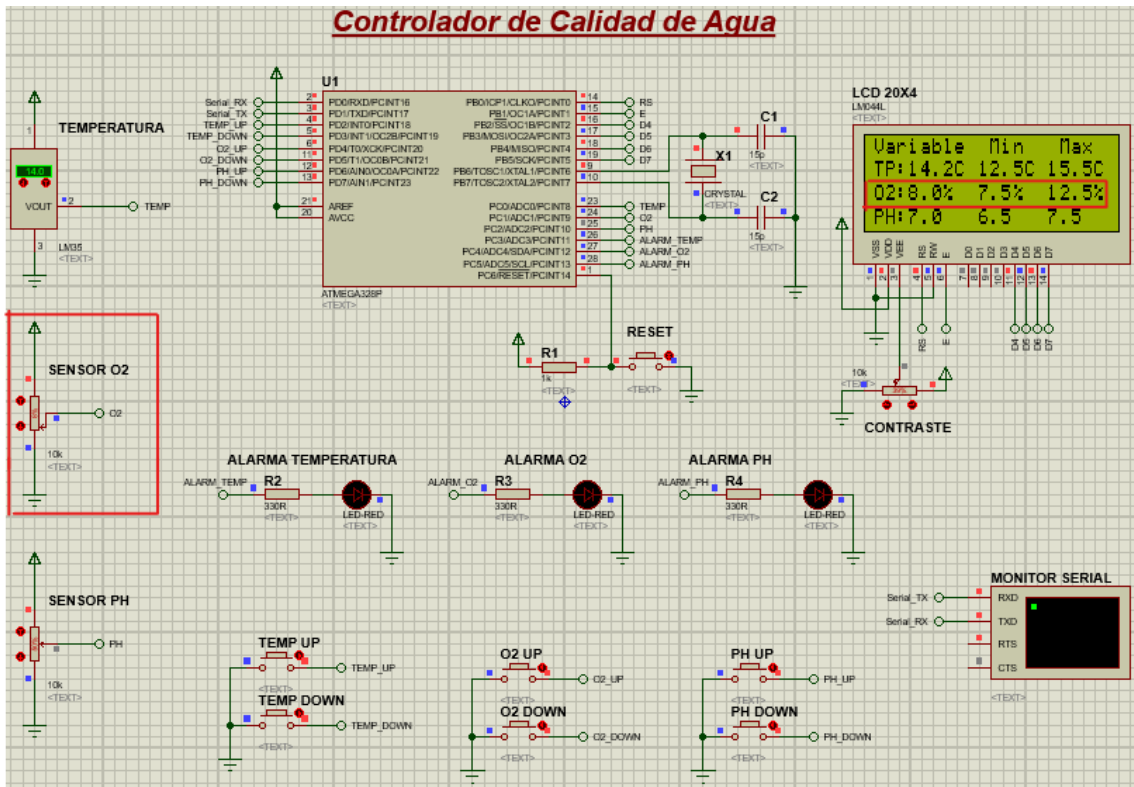


Figura 23 Simulación del Oxígeno Disuelto

Fuente: Elaboración Propia

Según la visualización de la simulación se observa que el microcontrolador está leyendo los datos del sensor de Oxígeno disuelto y automáticamente manda las variables a la pantalla LCD que nos da el valor medido y el rango de niveles permitidos lo cual se puede apreciar que está haciendo las medidas de manera óptima, y las truchas están con un oxígeno permitido para la crianza y producción de los peces.

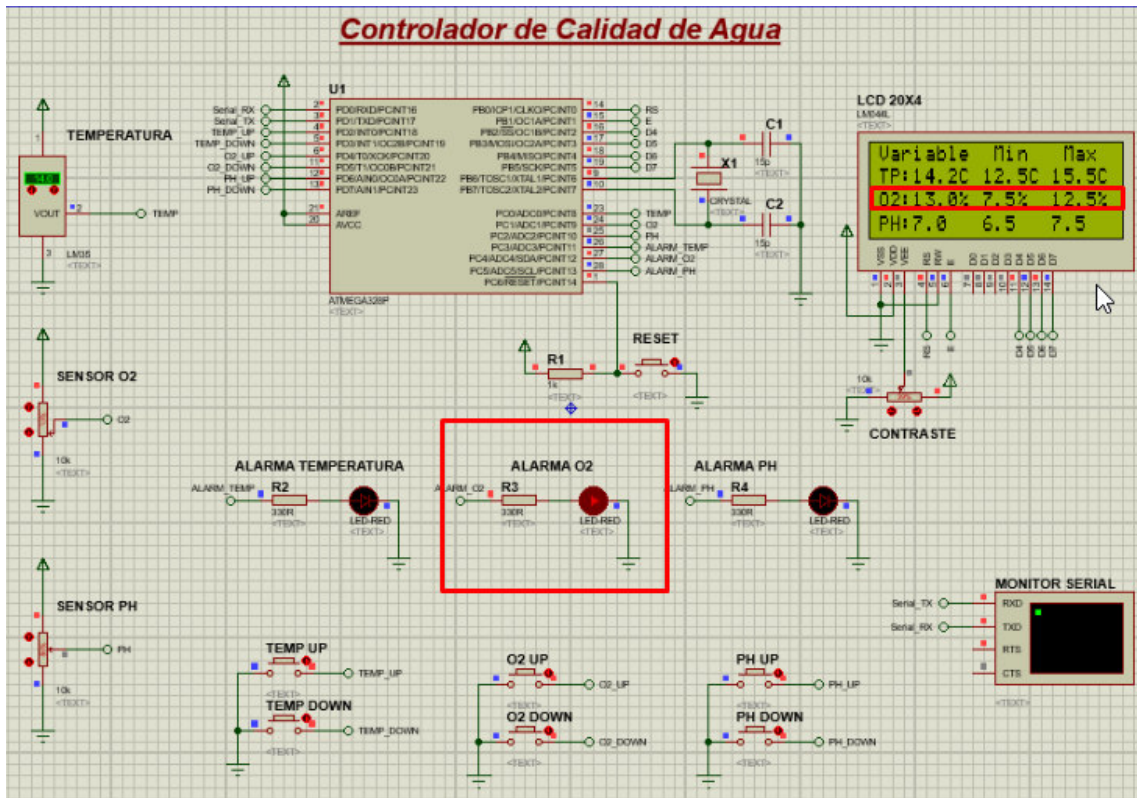


Figura 24 Simulación de Alerta del Oxígeno Disuelto

Fuente: Elaboración propia

Cuando la variable excede los rangos de mínimo y máximo permitidos automáticamente se manda una alarma de mensaje de textos para que el encargado pueda revisar de manera rápida la piscigranja y ver en qué calidad de agua están los peces y poder evitar muertes ya que las truchas no pueden estar mucho tiempo bajo de oxígeno o muy elevado por que se enloquecen y ocurre muertes en cantidad y como efecto la producción baja y eso no les conviene a los microempresarios que se encargan de este rubro por ello se realiza este sistema de monitoreo rápida para evitar mala crianza de los peces.

Medición de pH:

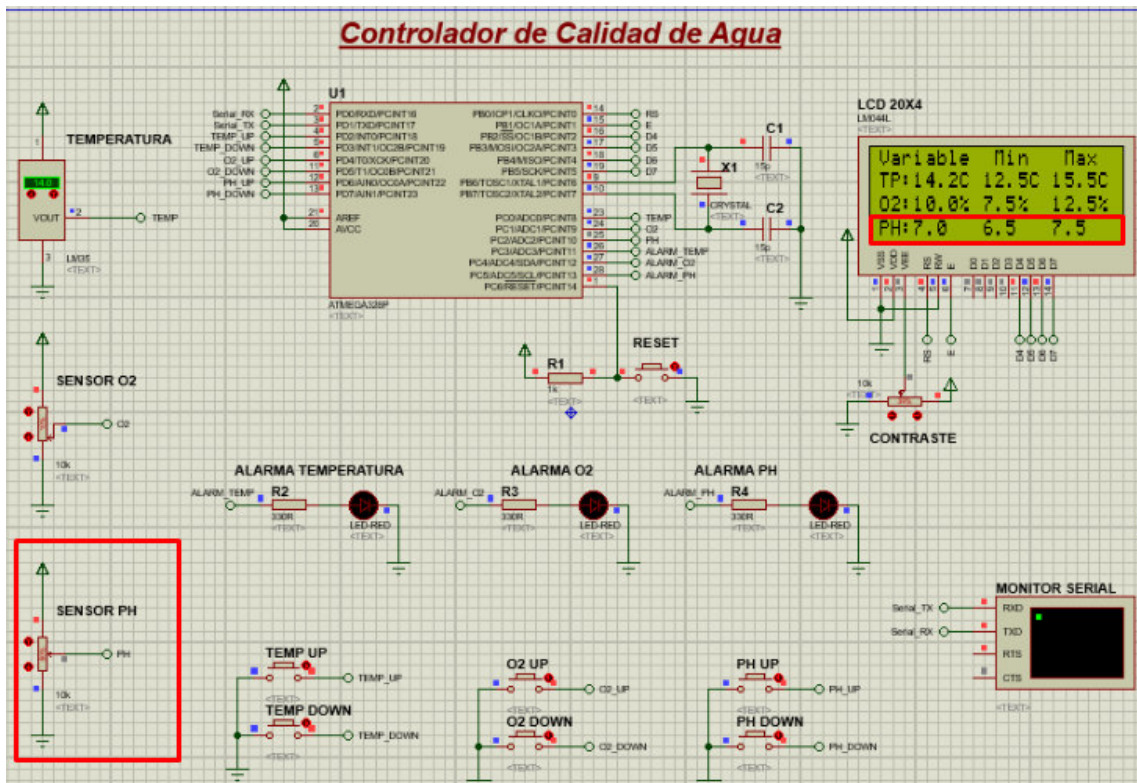


Figura 25 Simulación del sensor de PH

Fuente: Elaboración Propia

El último sensor trabaja de manera sincronizada con el Arduino lo cual el sensor se introduce a la piscigranja y mide el agua seguidamente envía esa medición al microcontrolador Arduino lo cual lo procesa y lo lee y envía las variables a la pantalla LCD donde se visualiza en tiempo real los datos medidos, para poder monitorear la piscigranja el valor de pH.

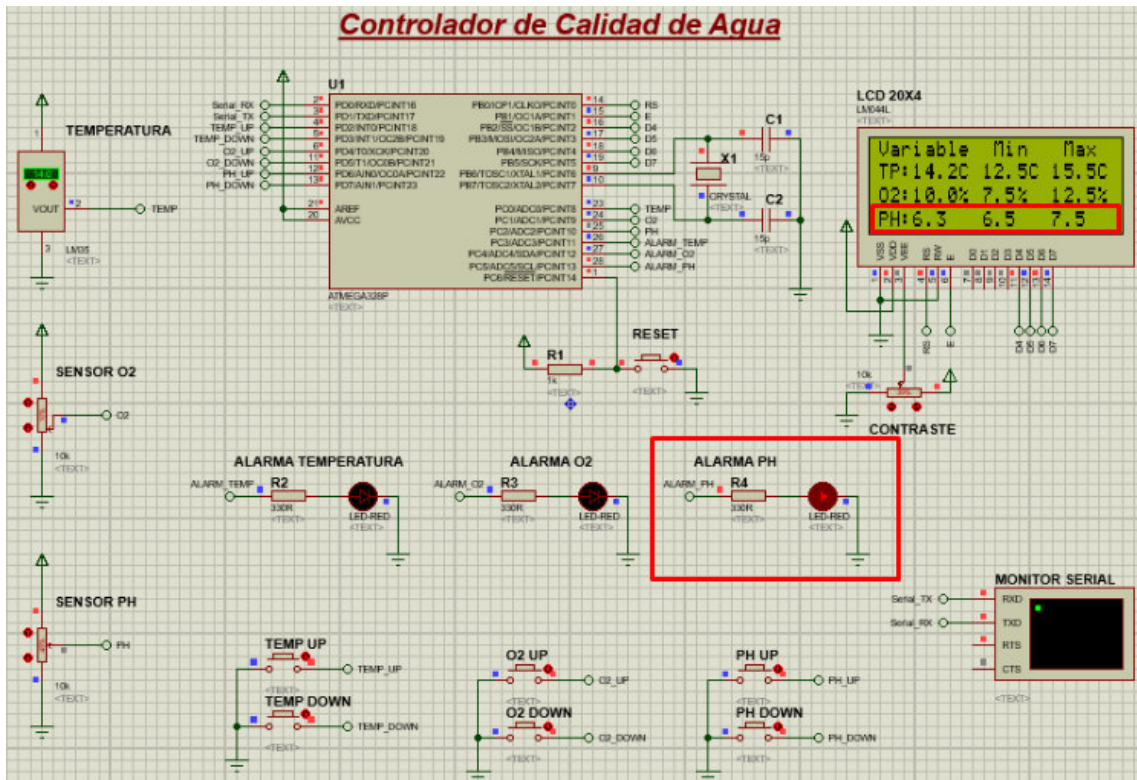


Figura 26 Simulación de Alerta del sensor pH

Fuente: Elaboración Propia

El monitoreo consiste en poder ver variables en tiempo real de manera muy rápida y poder actuar inmediatamente hacia un problema dado, como podemos ver cuando el nivel o variable de pH está bajo de los niveles o rangos promedios automáticamente se prende la alarma y envía mensajes de textos a los encargados de la piscigranja para poder actuar y poder dar solución rápidamente ya que los peces no pueden estar mucho tiempo con el PH sobre bajo, ya que ocurre la muerte para ellos por ello en eso se base este proyecto.

Tabla 2 Registro de prueba sobre la regulación de PH

	t(min)	PH	PH min	PH máx.
Aumento de flujo de agua	0	2.94	6.5	8.5
	1	4.92	6.5	8.5
	2	6.55	6.5	8.5
	3	6.996	6.5	8.5
	4	7	6.5	8.5
	5	6.998	6.5	8.5
	6	7.002	6.5	8.5
	7	6.73	6.5	8.5
	8	6.77	6.5	8.5
	9	6.998	6.5	8.5
	10	7.005	6.5	8.5

Fuente: Elaboración Propia

Se indica la estructura del sistema ya que consiste en medir los parámetros como (Temperatura – pH- Oxígeno Disuelto) que se encargaran de medir la piscigranja de los peces para tener un mejor control y monitoreo de ello , adicionalmente mediante un módulo GPRS enviara datos a la tarjeta Rasberry pi que se generara una aplicación en su pantalla principal donde se podrá visualizar todo lo medido , también a ello cada cierto tiempo los sensores medidos enviara datos al usuario mediante SMS para que este más monitoreado constantemente la piscigranja.

En otros casos también se realizará una simulación del control automatizado a la piscigranja para poder nivelar el agua en caso se esté calentando mucho o enfriando, hasta nivelar el estado óptimo de las truchas. También a ello se colocará el oxígeno disuelto en la simulación para que se visualice el estado de funcionamiento del proyecto.

O.E.3 Determinar los dispositivos electrónicos para implementar el sistema

Sensor de Temperatura DS18B20:

Se utilizan en diversas tales como aplicaciones para la elaboración de alimentos, climatización para control ambiental, dispositivos médicos, manipulación de productos químicos y control de dispositivos en el sector de las pisciculturas, los sensores de temperatura a nivel general se utilizan para poder hacer las mediciones de calor o friaje para podernos asegurar en el proceso en el cual se encuentre, o bien también dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien también el cumplimiento de una condición obligatoria.

El sensor es muy sumergible, ya que nuestra instalación de monitorización de temperaturas es un intercambio de calor, además tiene una gran precisión de medida, buscando también una mayor calidad de medidas al actualizar el sensor. El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus.

El sensor DS18B20 es fabricado por Maxim Integrated, el encapsulado de fabrica es tipo TO-92 similar al empleado en transistores pequeños. La presentación comercial más utilizada por conveniencia y robustez es la del sensor dentro de un tubo de acero inoxidable resistente al agua, con el que trabajemos este tutorial Posee un gran rango de medidas comprendido entre -55 y 125 grados Celsius como temperaturas más extremas.

85°C tiene una tolerancia al error de $\pm 0,5$ grados y para los rangos extremos restantes entre esos -55 y 125°C el error es de $\pm 2^\circ\text{C}$

SENSOR DE TEMPERATURA	
CONEXIÓN	CARACTERISTICAS
• Alimentación de 5 volts (VDD).	• Rango de voltaje de trabajo: DC 4.5V- 20V.
	• Consumo de corriente: <60uA.
• Tierra del circuito (GND)	• Voltaje de salida: señal de nivel alto / bajo: 3.3V salida TTL
	• Distancia de detección: 3--7M (se puede ajustar)
	• Rango de detección:

Figura 27 Datos estadísticos del sensor DS18B20

Fuente: Datasheet ,2021

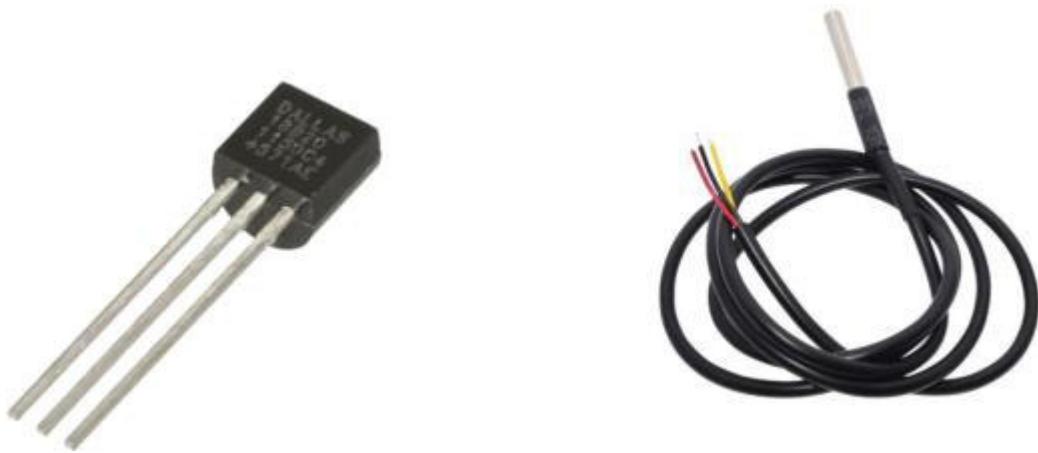


Figura 28 Sensor DS18B20

Fuente: Electronic, 2021

Resolución	Temperatura (°C)
9-bit	0.5
10-bit	0.25
11-bit	0.125
12-bit	0.0625

Figura 29 Tabla de resoluciones

Fuente: Datasheet ,2021

Un consejo importante sobre el sensor DS18B20 es la resolución del sensor, el cual nos ayuda a trabajar en un rango variable de resoluciones, ajustando determinadamente la presión, lo cual ese ajusta al código de programación que será usado.

Sensor de potencial de hidrogeno (pH)

Nuestros sensores de pH miden la concentración de iones de hidrógeno de una solución. Cuanto mayor es la concentración de iones de hidrógeno, menor es el pH; cuando el pH está por encima de 7, la solución es básica (alcalina), y cuando está por debajo de 7, la solución es ácida.

Al igual que una luz el potencial de hidrogeno al estar un nivel o rango muy adecuado aporta con la buena estadía de los peces en la piscigranja, y también a ello el pH influye directamente en el crecimiento y reproducción en la piscicultura, también lo que altera es el otro factor es la concentración de CO₂, porque si este disminuye el pH aumenta.



Figura 30 Sensor pH
Fuente: Electronic, 2021

SENSOR PH	
APLICACIONES	CARACTERISTICAS
• Pruebas de calidad del agua.	• Potencia del módulo: 5.00V.
	• Consumo: 5-10 mA.
	• Tamaño del módulo: 43mm × 32mm.
	• Rango de medición: 0-14PH. • Temperatura de medición: 0-60.
	• Precisión: ± 0.1pH (25).
• Acuicultura.	• Tiempo de respuesta: ≤ 1min.
	• Sensor de pH con conector BNC.
	• Interfaz PH2.0 (parche de 3 pies).
	• Potenciómetro de ajuste de ganancia. 72
	• LED indicador de potencia.
• Longitud del cable del sensor al conector BNC: 660 mm	

Figura 31 Datos estadísticos del sensor de pH
Fuente: Datasheet, 2021

Escala de pH

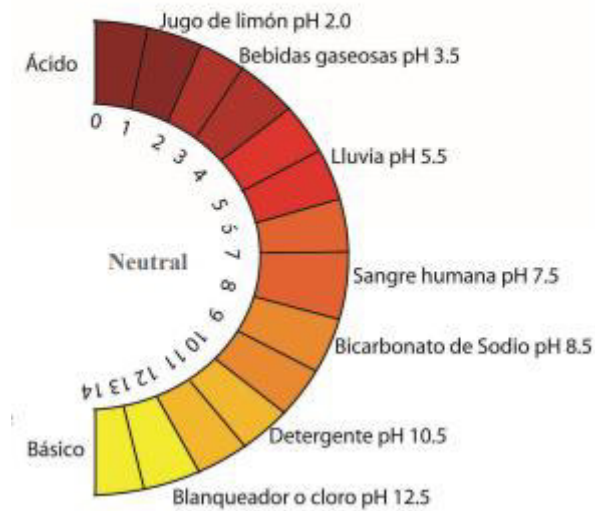


Figura 32 Escala de pH

Fuente: Sigler, A., & Bauder, J. (2017)

Según que podemos visualizar la imagen el pH es contaminante secundario con un rango sugerido de 6.5 a 8.5 como se puede ver en la gráfica, el pH en las bebidas gaseosas por fuera de rango no representa un riesgo directo de salud, sin embargo, por debajo de 6.5 se considera un análisis de corrosión o un análisis por plomo. Sigler, A., & Bauder, J. (2017)

Sensor Oxígeno Disuelto SEN0237-A

El sensor mencionado fue desarrollado útilmente para poder hacer investigaciones en el agua con la oxigenación que es muy importante para el área de la piscicultura, monitoreo ambiental, ciencias naturales además es compatible con el microcontrolador de Arduino, fue realizado con la función de poder reflejar la calidad de agua, la estructura del sensor refleja una sonda que nos permite menor tiempo de polarización para la medida y además puede obtener valores muy constantes y rápidas para el manejo del control del oxígeno del agua.



Figura 33 Kit de Sensor de Oxígeno Disuelto

Fuente: Sigma Electronic

SENSOR OXIGENO DISUELTO	
APLICACIONES	CARACTERISTICAS
• Oxígeno de Agua.	Sonda de calidad que no necesita tiempo de polarización
	Solución química reemplazable en el cabezal de bajo mantenimiento
	Compatible con voltajes de 3.3-5V presente en la mayoría de Arduinos y microcontroladores
	Salida análoga de 0~3V para acoplar con todo tipo de conversores A/D
	Interface Plug and Play
• Acuicultura.	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.
	Periodo de reemplazo de la membrana: 1~2 meses en agua fangosa, 4~5 meses en agua limpia
	Longitud del cable: 2 metros
	Conector de la sonda tipo BNC

Figura 34 Características de Sensor de Oxígeno Disuelto

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 34 podemos observar en resumen las características que nos brinda el sensor que es muy importante para el área de la acuicultura además no trabaja con altos voltajes, adecuados con el Arduino y para poder utilizar en este proyecto y realizar las pruebas en las piscigranjas para tener unas lecturas de datos óptimos con este sensor de Oxígeno Disuelto.

Modulo SIM800 L (GPRS)

Este módulo de telefonía celular que te permite añadir voz, texto, datos y SMS a tu proyecto. Se requiere un microcontrolador para controlarlo, usamos un Arduino, pero cualquier microcontrolador cuya alimentación sea entre 3 y 5 voltios con una UART puede enviar y recibir comandos a través de los pines RX/TX.



Figura 35 Módulo SIM800L

Fuente: Electronic, 2021

Modulo XL4015

Este módulo en mención nos permite convertir el voltaje DC a DC tipo Buck Como el Arduino nos brinda un voltaje de 5V y el módulo SIM800L necesita solamente voltaje de 4V se le añadió el convertidor de nivel lógico para que no haya problemas en la transmisión y recepción de datos. Por ende, reducir en costos de energía, al ser una fuente de alimentación conmutada lo hace mucho más eficiente comparado con reguladores lineales.



Figura 36 Modulo XL4015

Fuente: Amazon, 2020

Como podemos visualizar en la imagen es el módulo convertidor con lo cual trabajaremos este proyecto para poder fusionar con algunas salidas electrónicas.

Tecnología 2G

La tecnología 2G represento un salto tecnológico hacia la telefonía digital, ya que es conocida comúnmente como GSM, ya que en la actualidad dicha red ya no es muy utilizable porque las otras operadoras trabajan en 4G, un poco detallando la red GSM nos permite enviar mensajes de texto y también transmitir datos, En el Perú se puede notar la presencia de las 4 operadoras más grandes y principales de telefonía móviles, los cuales lideran el mercado, quienes se encargan de desplegar las tecnologías móviles mediante Fibra Óptica, Microondas y satelitales alrededor de todo el país, por ello se mostrará la siguiente imagen para conocer las bandas de cada operador.

Que Bandas usan actualmente las Operadoras en el Perú




OPERADOR	2G GPRS, EDGE	3G HSDPA, H, H+, 3G+, 3.5G	4G 4G+, 4.5G, LTE, LTE-A LTE ADVANCED	5G New Radio NSA
	1900 (B2)	850 (B5)	1900 (B2) 700 (B28) 2600 (B7) _{OLO}	Proyectado 3500
	850 (B5)	1900 (B2)	AWS.1 (B4) 700 (B28)	Proyectado 3500
	1900 (B2)	1900 (B2)	AWS.1 (B4) 700 (B28) Internet Hogar 2300 (B40)	Proyectado 3500
	-----	1900 (B2) 900 (B8)	900 (B8) 2600 (B7)	-----

Figura 37 Operadores Actuales en el Perú

Fuente: Karlos Peru, 2019

En la figura mostrado se puede visualizar y apreciar las tecnologías móviles para cada operador junto a su ancho de banda.

O.E.4: Crear el algoritmo para el sistema propuesto

Para el proceso de lectura de los valores del pH, temperatura y oxígeno disuelto se empleó este algoritmo que nos permitirá tomar muestras cada 11 segundos y enviar los datos registrados mediante la tecnología 2G a la base de datos:

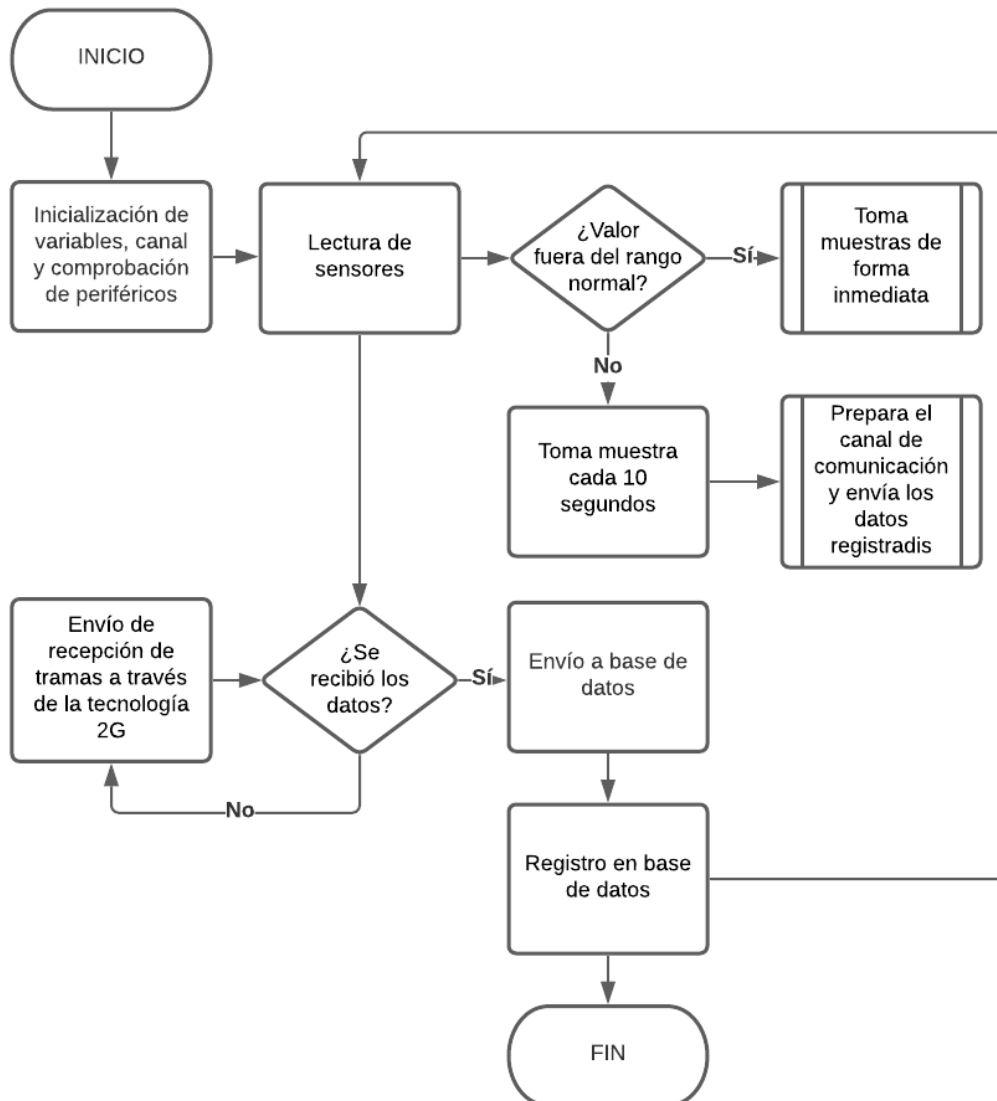


Figura 38 Algoritmo de la Red Inalámbrica de los Sensores

Fuente: Elaboración Propia

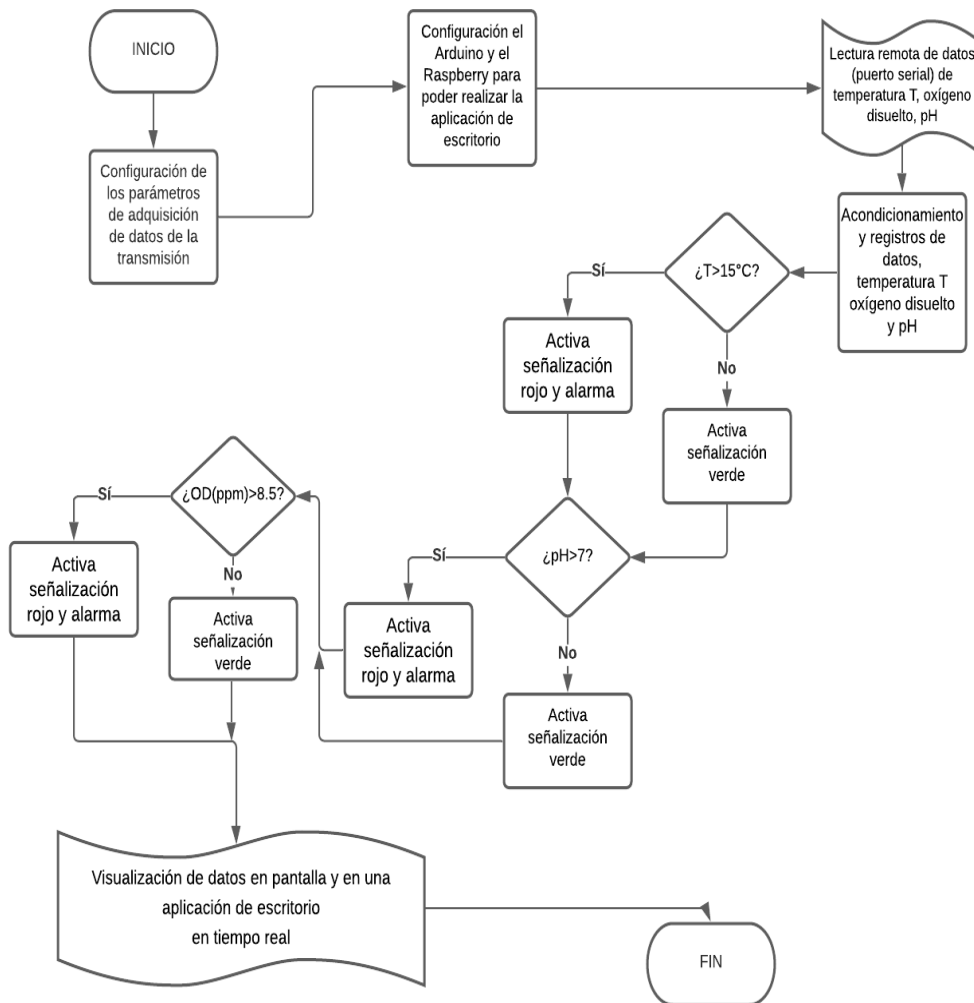


Figura 39 Diagrama de flujo de la recepción, procesamientos y alarmas

Fuente: Elaboración propia.

O.E.5: Implementar el sistema de monitoreo automatizado

Dentro del trabajo de Raspberry se realizó un proceso de monitoreo de información también en el Arduino una programación para el procesamiento de datos, también la simulación y pruebas realizadas para el envío de recepción del sistema. Por último, se mostrará mediante una aplicación en el Raspberry.

Programación (Arduino)

En esta parte se adjunta las programaciones y procesamiento de datos mediante el IDE de Arduino para luego ser programadas en cada módulo.

```
Monitoreo_Calidad_Agua-Final
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define PERIODO_SMS 15 //En minutos
#define PERIODO_TS 11 //En segundos
#define CELULAR "988795414"
#define APN "movistar.pe"
#define HTTP_THINGSPEAK "GET https://api.thingspeak.com/update?api_key=VFG4W17CFGSG6JPI&field1="

#define PIN_PH A0
#define PIN_LED_SMS 5
#define PIN_LED_THINGSPEAK 6
#define PIN_TEMPERATURE 7
#define PIN_STATUS 13
#define PIN_RX_SIM800L 2
#define PIN_TX_SIM800L 3
#define PIN_RESET_SIM800L 4

SoftwareSerial Sim800Serial(PIN_RX_SIM800L, PIN_TX_SIM800L); //Rx, Tx
OneWire ourWire(PIN_TEMPERATURE); //Se establece el pin 2 como bus OneWire
DallasTemperature sensor(ourWire); //Se declara una variable u objeto para nuestro sensor

float nivelPH=0.0f, temperatura=0.0f;
int contador = 0;
char dataSim800[128];

unsigned long prevMillisLedTS, prevMillisLedSMS, prevMillisTS, prevMillisSMS;
```

Figura 40 Programación de Declaración de Variables

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 40, se definen las variables de tiempos y periodos de envío de los SMS y el envío a la plataforma ThingSpeak adicional también nos muestra el número de celular a donde va ir enviado cada 15 minutos los datos leídos por los

sensores, y también definimos el link URL del ThingSpeak donde se enviarán los datos en forma analógica.

```
Monitoreo_Calidad_Agua-Final
{
  Serial.begin(115200); //Velocidad del puerto serial de arduino
  Sim800Serial.begin(9600); //Arduino se comunica con el SIM900 a una velocidad de 9600bps
  sensor.begin();

  pinMode(PIN_STATUS, OUTPUT);
  pinMode(PIN_RESET_SIM800L, OUTPUT);
  pinMode(PIN_LED_THINGSPEAK, OUTPUT);
  pinMode(PIN_LED_SMS, OUTPUT);
  digitalWrite(PIN_LED_THINGSPEAK, LOW);
  digitalWrite(PIN_LED_SMS, LOW);

  digitalWrite(PIN_RESET_SIM800L, LOW);
  delay(100);
  digitalWrite(PIN_RESET_SIM800L, HIGH);
  delay(100);

  Serial.println("\n Inicializando !");

  for(uint8_t i = 0; i<10; i++){
    Serial.print(".");
    digitalWrite(PIN_STATUS, HIGH);
    delay(1500);
    digitalWrite(PIN_STATUS, LOW);
    delay(500);
  }

  Serial.println("Listo !");
  prevMillisLedTS = millis();
}
```

Figura 41 Comunicación con el Modulo

Fuente: Elaboración Propia

En la figura, se realiza la programación de comunicación con el módulo SIM800L para el envío de datos a una velocidad de 9600 Mbps es lo más apropiado para no congestionar en la transmisión, además se declaran los Pines de conexión.

```

boolean EnviarThinspeak(){
  boolean enviadoExitoso = true;

  Serial.println("AT+CGATT?");
  Sim800Serial.println("AT+CGATT?");
  if(examinarRespuesta("+CGATT: 1", 1000, 1))
  {
    Serial.println("AT+CGDCONT=1,\"IP\", \""+String(APN)+"\"");
    Sim800Serial.println("AT+CGDCONT=1,\"IP\", \""+String(APN)+"\"");
    examinarRespuesta("OK", 1000, 1);

    Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", 80");
    Sim800Serial.println("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"api.thingspeak.com\", 80");
    if (examinarRespuesta("CONNECT OK", 3000, 1))
    {
      nivelPH = ReadPH();
      temperatura = ReadTemperature();
      Contador();
      Serial.println("AT+CIPSEND");
      Sim800Serial.println("AT+CIPSEND");
      if(examinarRespuesta(">", 1000, 1))
      {
        //Se deben enviar varios datos de una sola vez.
        String datos = HTTP_THINGSPEAK + String(nivelPH) +
          "&field2=" + String(temperatura) + "&field3=0" + String(contador);
        Serial.println(datos);
        Sim800Serial.println(datos);
        Sim800Serial.write(0x1A); //ASCII (SUB)
        examinarRespuesta("SEND OK", 3000, 1);
      }
    }
  }
}

```

Figura 42 Comunicación con el APN Operador móvil

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura se realiza la programación booleana, como visualizamos viene ser una hoja técnica del SIM800L lo cual envía un módulo de comandos para inicias el SIM800L, para conectarse al internet mediante la tecnología móvil de APN Movistar, después de conectarse lo que realiza es conectarse enviar el mensaje al ThingSpeak, envía los datos leídos del pH, temperatura y el contador de envíos.

```
float ReadTemperature(void) {
    sensor.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
    float temp= sensor.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C

    Serial.print("Temperatura = ");
    Serial.print(temp);
    Serial.println(" C");

    return temp;
}

float ReadPH(void) {
    unsigned long int avgValue;
    int buf[10],temp;

    for(int i=0;i<10;i++)
    {
        buf[i]=analogRead(PIN_PH);
        delay(10);
    }
    for(int i=0;i<9;i++)
    {
        for(int j=i+1;j<10;j++)
        {
            if(buf[i]>buf[j])
            {
                temp=buf[i];
                buf[i]=buf[j];
                buf[j]=temp;
            }
        }
    }
}
```

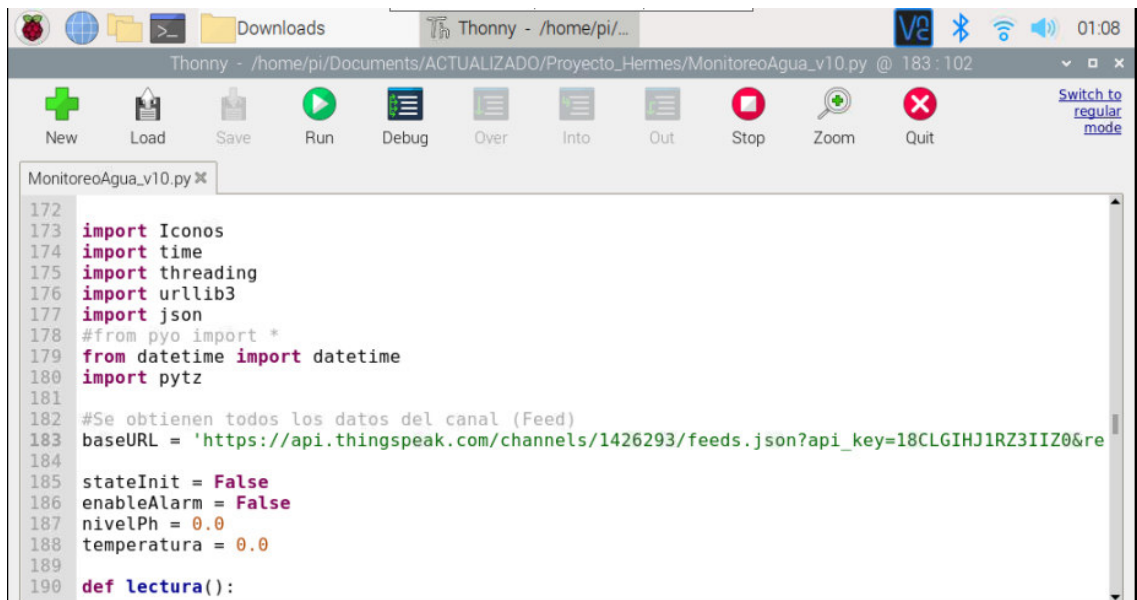
Figura 43 Lectura de Datos de los Sensores

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se realiza la programación para la lectura de los sensores, para obtener los datos leídos tanto del sensor de temperatura y del censor del pH para poder procesar y enviar mediante el módulo SIM800L

Programación Raspberry Pi

En esta parte se realiza la programación en Python para poder realizar una aplicación de monitoreo y poder visualizar en forma digital los datos leídos del THINGSPEAK.



```
172
173 import Iconos
174 import time
175 import threading
176 import urllib3
177 import json
178 #from pyo import *
179 from datetime import datetime
180 import pytz
181
182 #Se obtienen todos los datos del canal (Feed)
183 baseURL = 'https://api.thingspeak.com/channels/1426293/feeds.json?api_key=18CLGIHJ1RZ3IIZ0&re
184
185 stateInit = False
186 enableAlarm = False
187 nivelPh = 0.0
188 temperatura = 0.0
189
190 def lectura():
```

Figura 44 Declaración de la Recepción de los Datos

Fuente: Elaboración Propia

En la figura visualiza se realiza la importación de los iconos y diseño de la aplicación además se declara el URL de donde obtendrá los datos medidos para poder visualizar de forma remota.



```
190 def lectura():
191     global nivelPh, temperatura
192     activeAlarm = False
193     print("Sistema Inicializado !")
194     http = urllib3.PoolManager()
195     while(True):
196         #audio = Server().boot()
197         if stateInit:
198             res = http.request('GET', baseURL)
199
200             print(res.data)
201             print("\n")
202             print(res.data.decode('utf-8'))
203             print("\n")
204             datos = json.loads(res.data.decode('utf-8'))
205             # print(datos["feeds"][1]["field1"])
206             ultimoEnvio = datos["feeds"][1]["created_at"]
207             valorPH = datos["feeds"][1]["field1"]
208             valorTem = datos["feeds"][1]["field2"]
209
210             if (type(valorPH) == str):
211                 nivelPh = float(valorPH)
212             else:
```

Figura 45 Lectura de datos en el Raspberry Pi

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se visualiza el desarrollo de la lectura de la obtención de datos de los sensores de temperatura y pH cuando se inicializa el sistema.

```
MonitoreoAgua_v10.py x
227
228 print("Nivel de PH: " + str(nivelPh) + "\n")
229 ui.lcdPH.display(nivelPh)
230
231 print("Temperatura: " + str(temperatura) + " °C \n")
232 ui.lcdTermo.display(temperatura)
233
234 activeAlarm = False
235 #Comparación de niveles de PH
236 if (ui.spinMinPh.value() > nivelPh) or (ui.spinMaxPh.value() < nivelPh):
237     ui.ledPh.setStyleSheet("background-image: url(/ledRed/Red_50x50.png);")
238     if enableAlarm:
239         activeAlarm = True
240 else:
241     ui.ledPh.setStyleSheet("background-image: url(/ledGreen/Green_50x50.png);")
242
243 #Comparación de temperatura
244 if (ui.spinMinTemp.value() > temperatura) or (ui.spinMaxTemp.value() < temperatur
245 ui.ledTemp.setStyleSheet("background-image: url(/ledRed/Red_50x50.png);")
246 if enableAlarm:
247     activeAlarm = True
248 else:
249     ui.ledTemp.setStyleSheet("background-image: url(/ledGreen/Green_50x50.png);"
```

Figura 46 Alarmas del Raspberry Pi

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada se realiza un pequeño algoritmo de los datos ya que, si los niveles no están dentro del rango de valor declarado, inmediatamente se activará una alarma de peligro para que los encargados del monitoreo se pongan al tanto de las piscigranjas.

B: Monitoreo de información de la parte analógica mediante el THINGSPEAK

En el desarrollo de la investigación para poder obtener datos de diferentes pozas o estanques se realizó las pruebas en 3 piscigranjas diferentes para poder monitorear y controlar la calidad de agua donde están viviendo las truchas así para no alterar la producción o crecimiento y es muy importante este desarrollo ya que es un sistema muy utilizable a nivel nacional y muy cómodo para poder obtener y ponerlo en funcionalidad en cualquiera piscigranja.

Piscigranja 1 Medido en el Primer estanque con una cantidad de 1000 truchas.



Figura 47 Visualización de los datos de la 1ra piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

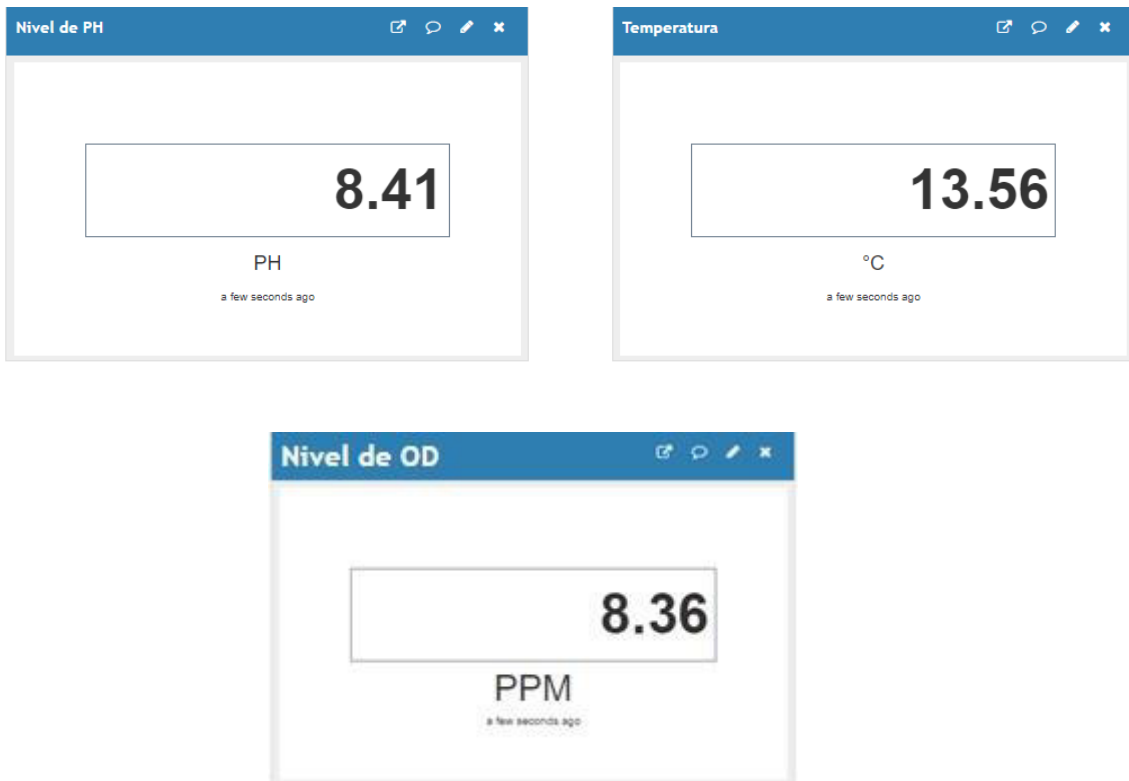


Figura 48 Visualización de forma numérica los datos

Fuente: Elaboración Propia

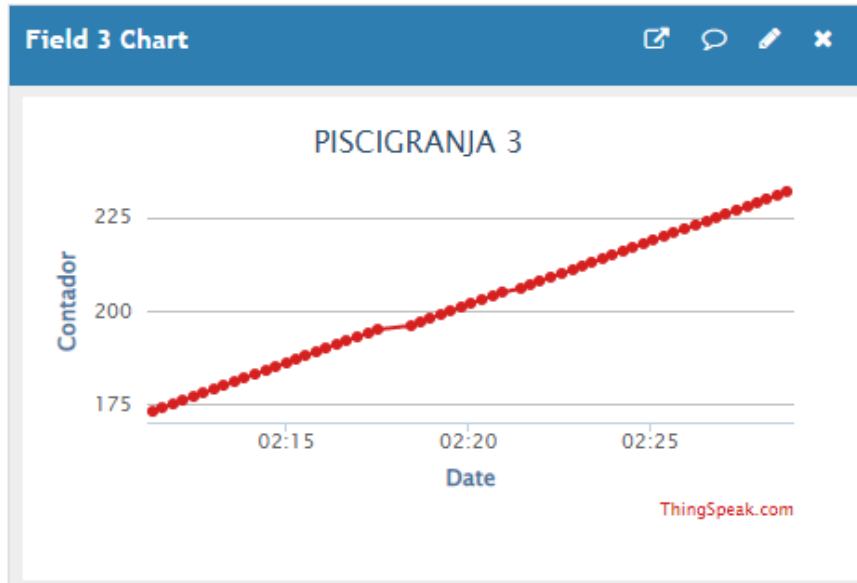


Figura 49 Contador

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada se realizó la primera prueba en la piscigranja donde se procedió a medir la calidad de agua y podemos observar que se mantiene dentro de los rangos para que puedan vivir las truchas. El nivel de pH y de Temperatura nos escaló de manera variable que se mostrara en la siguiente tabla:

Tabla 3 Niveles obtenidos de la 1ra Piscigranja

Contador	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (PPM)
1	8.35	13.5	8.35
2	8.38	13.6	8.35
3	8.35	13.69	8.36
4	8.41	13.94	8.36
5	8.41	13.75	8.36
6	8.31	13.48	8.36
7	8.3	13.68	8.35
8	8.35	13	8.36
9	8.38	13.7	8.36
10	8.35	13.8	8.36
11	8.38	13.69	8.36

12	8.4	13.69	8.35
13	8.41	13.69	8.36
14	8.41	13.69	8.36
15	8.31	13.58	8.36
16	8.35	13.69	8.36
17	8.35	13.67	8.36
18	8.31	13.66	8.36
19	8.35	13.65	8.36
20	8.31	13.66	8.36

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se puede visualizar que hicimos 20 conteos medidos la calidad y nos muestra un poco alterado los valores lo cual son datos muy relevantes y necesarios para los peces.

Piscigranja 2: Medidos en el Segundo estanque con una cantidad de 1500 truchas



Figura 50 Visualización de datos de la 2da piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

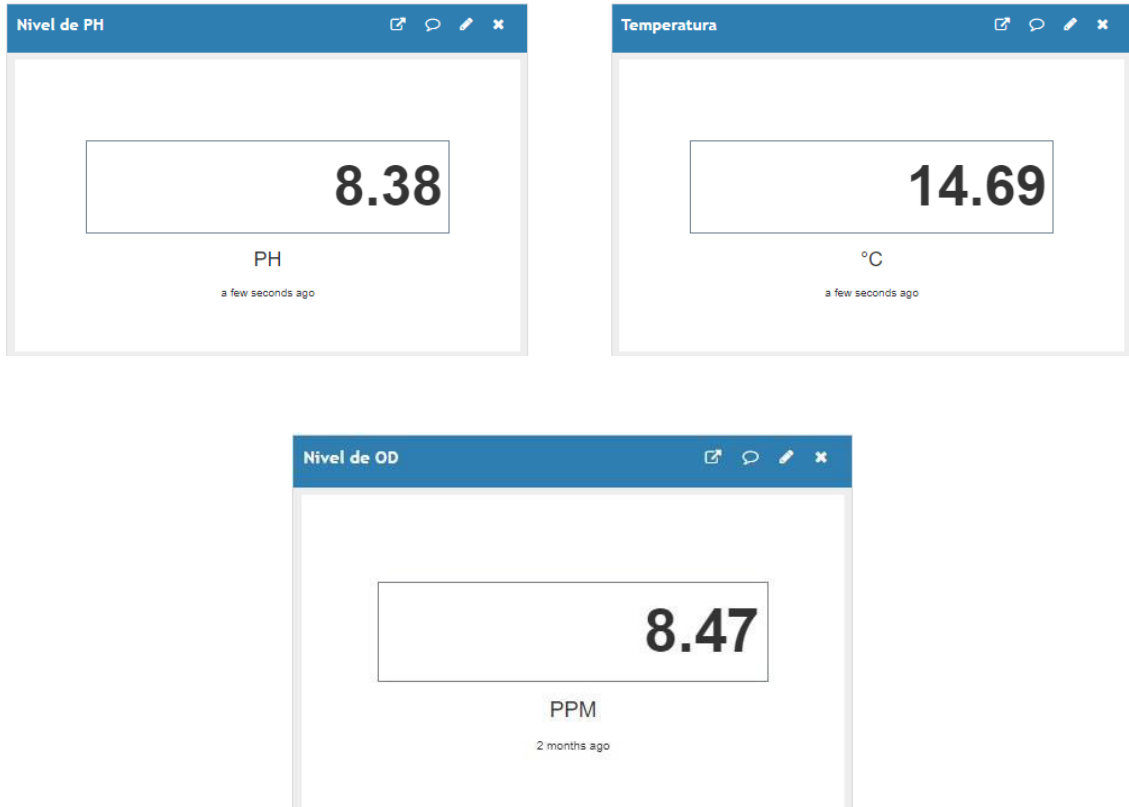


Figura 51 Visualización de forma numérica de los datos medidos

Fuente: Elaboración Propia

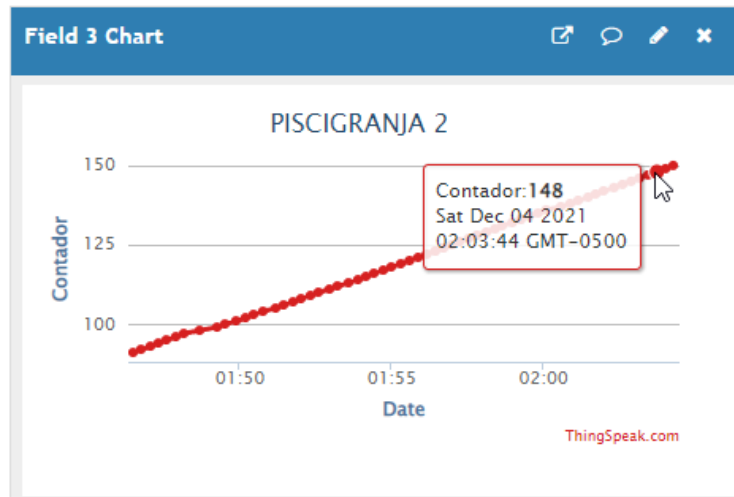


Figura 52 Contador

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras observadas de la segunda piscigranja se puede observar de manera masiva los detalles y pulseo que realiza, también se ve que se encuentra

de manera estable la calidad de agua, cada 11 segundos se recibe los datos medidos y en tiempo real se visualiza, el nivel de pH y temperatura nos midió de manera variable los siguientes datos que nos mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 4 Niveles obtenidos de la 2da Piscigranja

contador	pH	Temperatura (°C)	OD (ppm)
1	8.35	14.3	8.47
2	8.35	14.3	8.47
3	8.35	14.3	8.7
4	8.35	14.3	8.6
5	8.41	14.3	8.6
6	8.41	14.5	8.6
7	8.41	14.5	8.7
8	8.41	14.5	8.7
9	8.36	14.5	8.6
10	8.36	14.5	8.7
11	8.36	14.5	8.7
12	8.36	14.5	8.7
13	8.36	14.5	8.7
14	8.36	14.5	8.7
15	8.36	14.4	8.7
16	8.35	14.4	8.7
17	8.35	14.4	8.7
18	8.31	14.4	8.7
19	8.35	14.4	8.7
20	8.31	14.4	8.7

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4 se puede visualizar que hicimos 20 conteos medidos la calidad y nos muestra no muy alterado los valores lo cual son datos muy relevantes y necesarios para los peces.

Piscigranja 3 Medidos en el tercer estanque con una cantidad de 2000 truchas

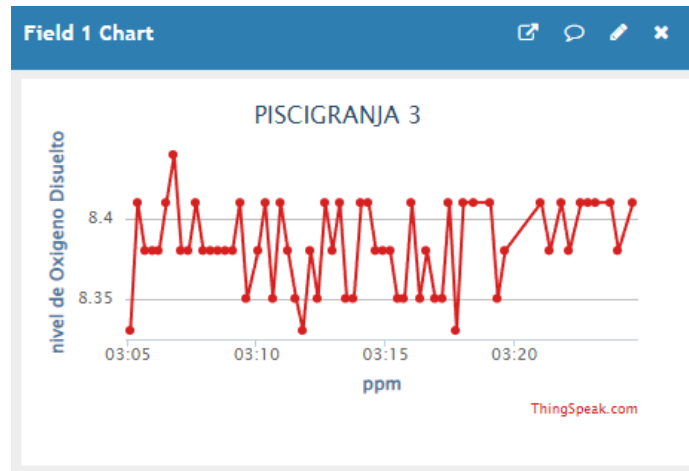
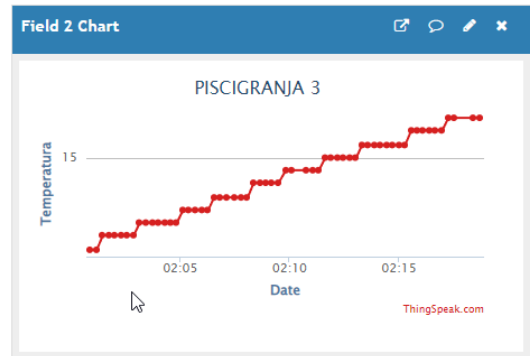
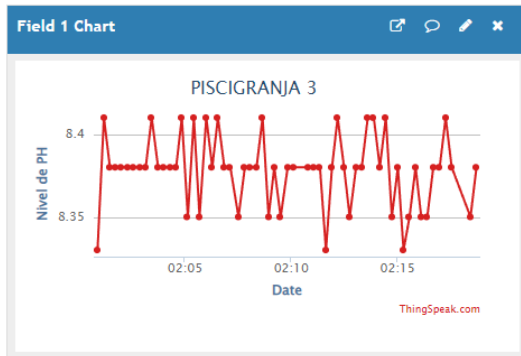


Figura 53 Visualización de Datos de la 3ra piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

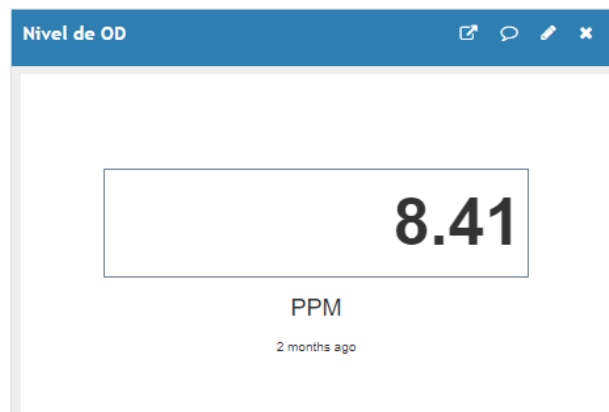
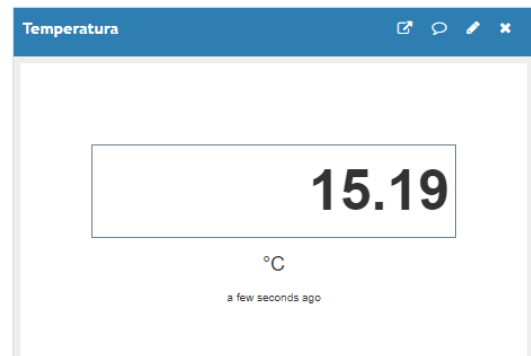
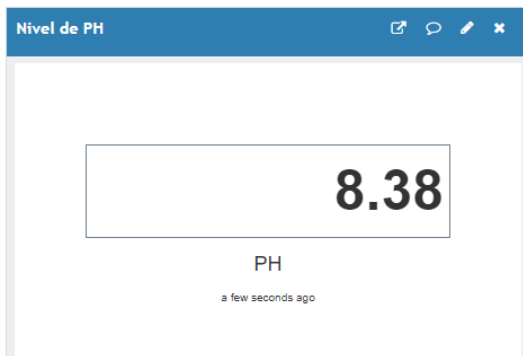


Figura 54 Visualización de forma numérica los datos medidos

Fuente: Elaboración Propia

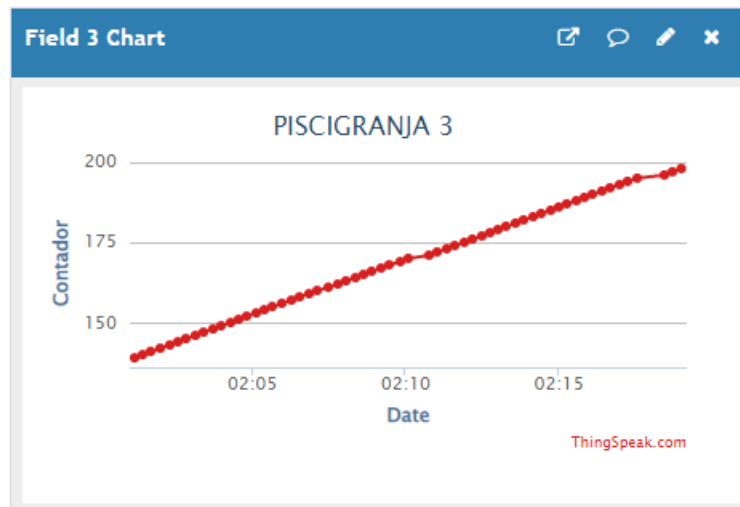


Figura 55 Contador

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras mostradas se realizó en la 3ra piscigranja las pruebas de la calidad de agua nos mostró que las truchas están en una buena condición de pH y de temperatura para la reproducción y crecimiento estable. Hicimos un conteo y lo visualizamos en la siguiente tabla.

Tabla 5 Niveles obtenidos de la 3ra Piscigranja

Contador	pH	Temperatura (°C)	Oxígeno Disuelto (ppm)
1	8.38	15.19	8.1
2	8.38	15.19	8.1
3	8.38	15.19	8.1
4	8.38	15.19	8.2
5	8.38	15.19	8.2
6	8.38	15.19	8.4
7	8.38	15.19	8.4
8	8.38	15.18	8.4
9	8.39	15.18	8.4
10	8.39	15.18	8.4
11	8.39	15.18	8.4
12	8.39	15.18	8.4
13	8.39	15.18	8.4
14	8.39	15.18	8.4
15	8.39	15.18	8.4
16	8.39	15.18	8.4
17	8.39	15.18	8.4
18	8.39	15.18	8.4
19	8.39	15.18	8.4
20	8.39	15.18	8.4

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 se puede visualizar que hicimos 20 conteos medidos la calidad y nos muestra no muy alterado los valores lo cual son datos muy relevantes y necesarios para los peces.

C: Monitoreo de manera Digital en la Aplicación de Raspberry pi

En esta parte realizamos en el microcontrolador la visualización del monitoreo de calidad de agua de las piscigranjas, de manera más llamativa y con visualización de datos nos muestra los datos digitalmente adicionándole una alarma sonora que nos mantendrá alerta cuando los niveles sobre pasan el rango proporcionado, dicho esto pasamos a medir y observar los datos de las 3 primeras piscigranjas

1ra Piscigranja



Figura 56 Visualización del 1er estanque en la Aplicación Raspberry Pi

Fuente: Elaboración Propia

En la figura se visualiza podemos observar que en la 1ra piscigranja se encuentra estable tanto la temperatura como el pH se encuentra dentro de los rangos.

2da Piscigranja



Figura 57 Visualización del 2do estanque en la Aplicación Raspberry Pi

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada se realizó la medición en la 2da piscigranja del Recreo campestre, nos muestra los datos muy estables lo cual se está haciendo muy bien las lecturas de datos.

3ra piscigranja



Figura 58 Visualización del 3er estanque en la Aplicación Raspberry Pi

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada se realizó la medición en la 3ra piscigranja del Recreo campestre, nos muestra los datos muy estables lo cual se está haciendo muy bien las lecturas de datos

D: Recepción y Monitoreo mediante SMS para la visualización de datos.

Para poder obtener un monitoreo óptimo ya que mayormente los pobladores de provincia no pueden estar las 24 horas metido en una computadora para poder visualizar el ThingSpeak o la aplicación de Escritorio, se implementó el envío de datos mediante SMS para que los trabajadores o encargados de la piscigranja puedan visualizar y monitorear de manera muy constante las piscigranjas, en las siguientes imágenes se muestra la llegada del SMS al móvil diagnosticado para poder visualizar:

1er Mensaje de la 1ra piscigranja medido.

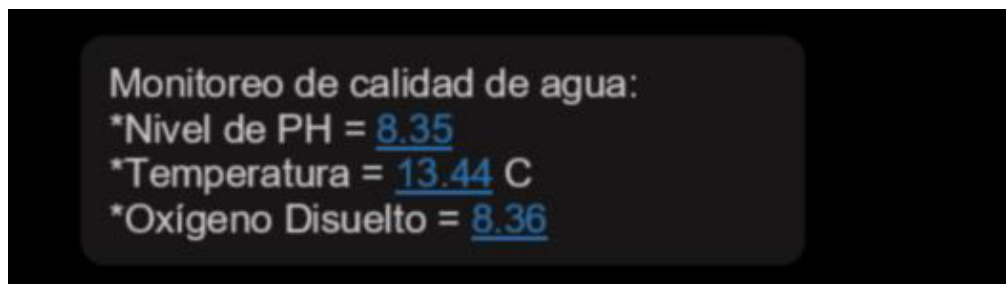


Figura 59 SMS de la 1ra Piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada podemos visualizar el SMS de los datos medidos de la calidad de agua que nos envía cada 15 minutos.

2do Mensaje de la 2da piscigranja medido

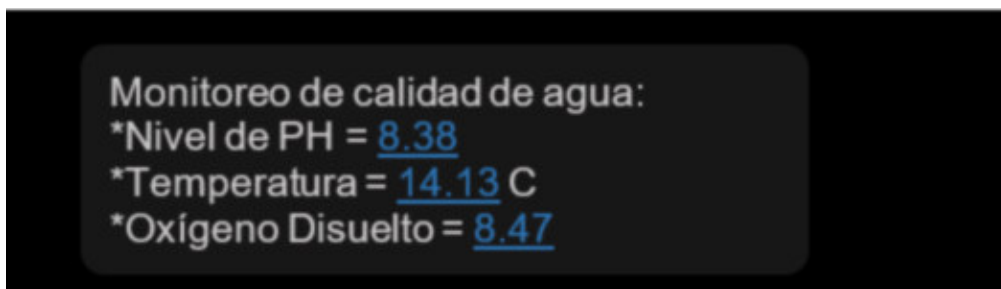


Figura 60 SMS de la 2da Piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada podemos visualizar el SMS de los datos medidos de la calidad de agua que nos envía cada 15 minutos.

3er Mensaje de la 3ra piscigranja medido

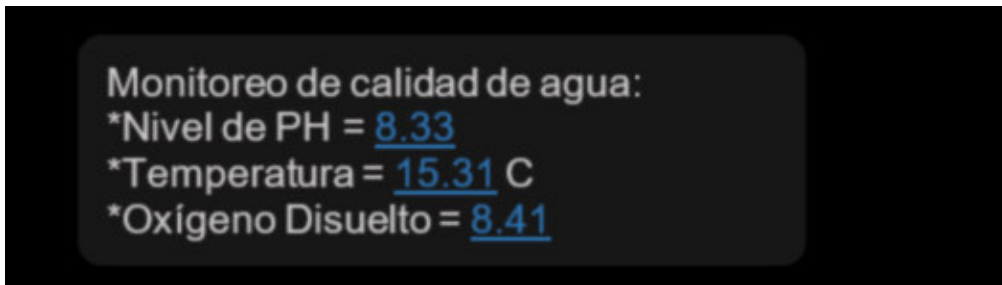


Figura 61 SMS de la 3ra Piscigranja

Fuente: Elaboración Propia

En la figura mostrada podemos visualizar el SMS de los datos medidos de la calidad de agua que nos envía cada 15 minutos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1. Recursos humanos

Tabla 6 Recursos humanos necesarios para el sistema

Actividad	Costo	Monto (S/.)
Visita técnica a la zona, para realizar las pruebas y realización de entrevistas	500	500.00
Programación de Arduino	300	300.00
Desarrollador de interfaz de monitoreo	100	100.00
TOTAL		900.00

Fuente: Elaboración propia

Los valores considerados, se han establecido en función al desarrollo de la puesta en marcha del proyecto, incluidas en los viajes a Ingenio para la revisión de la piscigranja y mediciones realizadas.

4.1.2. Recursos materiales

En los recursos materiales se va a tener que contemplar los tipos de costos de materiales y también de implementación para poder obtener el costo total.

A: Costo de materiales

Tabla 7 Costos de sensores

Equipos	P. Unitario	Precio Total
Sensor de pH	185.00	S/ 185.00
Sensor de temperatura	45.00	S/ 45.00
		S/ 230.00

Fuente: Elaboración propia.

B: Costos de implementación

Tabla 8 Costo de montaje

Actividad	Costo unitario
Montaje de los sensores	S/ 100.00
TOTAL	S/ 100.00

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestra el costo de mano de obra para armar todo el sistema.

Tabla 9 Costo de inversión inicial

Descripción	Costos
Costos de sensores (Arduino y SIM)	S/ 100.00
Placa y Raspberry	S/ 350.00
Costo recursos humanos	S/ 150.00
Costo total (S/.)	S/ 600.00

Fuente: Elaboración propia

4.2. ANÁLISIS DE BENEFICIOS

4.2.1. Beneficios tangibles

Este proyecto está enfocado en ayudar a poder obtener valores medibles y fidedignos de los principales parámetros meteorológicos en el aeropuerto, debido a ello y a la búsqueda del autofinanciamiento, se cobrará una utilidad de 20% del costo total de implementación.

Tabla 10 Ingresos por venta del equipo

Descripción	Costos
Precio total (S/.)	S/ 1830.00
Utilidad 20%	S/ 366.00

Precio total + Utilidad 20%	S/ 2196.00
-----------------------------	------------

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis de Costo/Beneficio

Si se compara con otros equipos que ofrecen características similares a las del proyecto, y entendiendo que, a nivel comercial, se basan en dispositivos que necesitan de redes de alta conectividad, las cuales incrementarían el valor de esas soluciones, generando el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{beneficio}}{\text{costo}} = \frac{S/2196}{S/1830} = 1.20$$

Se tiene un resultado de 1.20, eso quiere decir que el proyecto que se está implementado es viable debido a que es más económico que equipos de similar uso.

4.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

4.3.1. Desarrollo del flujo de caja

Vamos a ver el flujo de caja si se quiere implementar el proyecto, con un estimado de 8 meses.

Tabla 11 Flujo de caja

Mes	N° reportes	Ingreso	Egreso	Flujo de efectivo neto
		A	B	A - B
1	1	2196	1830	366
2	2	4392	3660	732
3	3	6588	5490	1098
4	4	8784	7320	1464
5	6	13176	10980	2196

6	8	17568	14640	2928
7	10	21960	18300	3660
8	12	26352	21960	4392
TOTAL		101016	36892	

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Análisis del VAN

Vamos a calcular el VAN (Valor Actual Neto) para este proyecto. Para ello se utilizará los datos del flujo de efectivo neto.

Datos:

Tasa de interés (i) = 10%

t = 8 meses

Inversión inicial (I_0)= S/ 4392

La fórmula del VAN es:

$$VAN = I_0 \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^n}$$

$$VAN = S/ 5750.96$$

4.3.3. Análisis del TIR

Para calcular el TIR (Tasa Interna de Retorno) se utilizará los datos del VAN.

Formula del VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Como vemos lo que tenemos que buscar es la tasa de interés que hace que el VAN sea cero.

Formula del TIR:

$$TIR = \frac{-I + \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i * F_i}$$

Resultado $TIR = 0.56$

$TIR = 56\%$

CONCLUSIONES

En la zona del Distrito de Ingenio en la provincia de Huancayo, Departamento de Junín, hay un centro poblado llamado “Casacancha” que cuenta con recreos campestres y dentro de ellas está las piscigranjas donde habitan las truchas para el consumo, para la venta o comercialización, debido a la demanda de consumo y venta de truchas se ven a la necesidad de contar con un sistema para monitorear la calidad de agua donde habitan los peces, con la finalidad de prevenir enfermedades, muertes, baja producción de los peces, y generar apoyo constante por parte de este proyecto. El Gobierno Regional, ha implementado exitosamente este sistema de monitoreo para todos los recreos campestres que crían las truchas para poder tener un mejor control.

Las características de las piscigranjas en la zona donde se ha planteado el proyecto no contaban con ningún servicio de supervisión o monitoreo, tanto conociendo que el pueblo tiene un cambio climático frío, con fuertes lluvias, truenos, Granizos, que afectan el hábitat de las truchas, además la contaminación de los pobladores ensuciando los sitios campestres afectaban radicalmente la reproducción de las truchas.

Dentro de la problemática, se ha comprobado la necesidad de crear un sistema que nos permita leer datos y recibir los datos medidos de los parámetros para observar la calidad de agua en la que habitan las truchas, de la temperatura, Oxígeno Disuelto y pH, que son inevitables conocer para poder brindar ayuda a la zona y los microempresarios que se encargan de este rubro. Que año a año afectan a los pobladores y emprendedores.

Se pudo desarrollar el sistema de supervisión y monitoreo a distancia gracias a la adquisición de datos del THINGSPEAK, que se ejecuta en tiempo real.

El costo para la implementación del proyecto requiere una suma muy alta de valor, por ello que en los elementos virtuales resulta más económico y se puede manejar de facilidad el proyecto.

En la entrevista realizada a los pobladores nos indican la mayor problemática de la zona en la rama de la piscicultura, que ellos presentan en las épocas festivas donde hay más ventas y consumo de parte de los turistas.

En el momento de la implementación se eligió por ubicar los sensores hasta cierta distancia para que pueda medir los datos, esto para poder proporcionar la explicación y el manejo al momento de hacer las conexiones. En este proceso también se decidió hacer las tomas de medidas a diferentes piscigranjas para poder observar los valores que mide los sensores para poder llegar a una conclusión que, si realmente estaban en una buena calidad del agua, con niveles de producción no muy elevados ni muy bajas.

Al concluir la etapa del monitoreo al sistema, se logró crear una comunicación inalámbrica mediante mensajes de texto entre los encargados de las piscigranjas y este, debido a que los estanques de los peces no se encuentran cerca a sus casas y de este modo podrán saber en qué estado está la calidad de agua de los peces a cada cierto tiempo. Además, en la aplicación de escritorio nos alertara con una alarma cuando no esté dentro de los rangos permitidos para la buena crianza de las truchas.

En los resultados finales se obtuvo por hacer las pruebas en 3 diferentes piscigranjas por ello con el sistema instalado e implementado se pudieron notar los siguientes resultados: en la primera piscigranja, el sistema nos brindó un aproximado de medidas: nos mostró en un conteo de 20 pulsos un nivel de pH en un rango de 8.5 – 8.41 y un nivel de temperatura en un rango de 13.00 °C – 13.69 °C lo cual nos muestra que esta perfecto la calidad de agua sin mucha variación. En la segunda piscigranja, el sistema nos brindó un aproximado de medidas: nos mostró en un conteo de 20 pulsos un nivel de pH de 8.31 – 8.41 y un nivel de temperatura de 14.3 °C – 14.5 °C lo cual también nos muestra que esta perfecto la calidad de agua. En la tercera piscigranja de igual manera con 20 pulsos de conteo nos mostró un nivel de pH entre 8.38 – 8.39 y un nivel de temperatura de 15.8 °C – 15.19 °C, y con esto podemos concluir que las piscigranjas van a estar más supervisado y monitoreados para una buena producción y bienestar para los pobladores

RECOMENDACIONES

Este presente proyecto se está implementado con 3 parámetros del manual de crianzas de truchas, pero se podría aumentar sensores con funciones diferentes y/o de otros parámetros para controlar con el Arduino y para obtener una calidad más firme y con plataformas de monitoreos más constantes.

En el Centro Poblado de Casacancha, se hizo algunas pruebas de coberturas móviles y se obtuvo como resultado que solamente conectaba con las redes de Movistar y Bitel, y también se observó que solamente captaba tecnología 2G. es por ello que se decidió a usar módulos de GPRS SIM800L. ya que el proyecto en mención se realizó pensando en las limitaciones del lugar.

El SIM800L es un módulo que se adapta con las operadoras móviles en el Perú, si a futuro llega nuevos operadores solo se tendría que cambiar el Chip dentro del módulo y unos pequeños cambios en el microcontrolador para que siga estableciendo conexiones.

El presente proyecto fue alimentado mediante corriente eléctrica, ya que se visualizó lo cerca que esta los sitios de comedores con la piscigranja, pero si se desea llevar a otro lugar más lejano donde no hay corriente eléctrica se requerirá la implementación de una fuente autónoma.

En la zona donde se implementó el proyecto también se observó que existen otros tipos de parámetros que se podrían realizar e investigar una medición acuática, una de ellas es la turbidez del agua que viene de los ríos y/o hoyadas con fuerza, ya que en los últimos años también se ha convertido en una problemática bastante divulgado por los medios televisivos y periódicos, ya que afecta la calidad del agua.

Este sistema se deja de manera óptima para que se puede utilizar en cualquier tipo de piscigranjas, estanques, pozos, ríos y para cualquier tipo de peces.

REFERENCIAS

- Aceituno, S. (2022). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema de seguridad geolocalizable en jaulas flotantes para criadero de truchas en el lago Titicaca-Puno* (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17527>
- Armas, L., Acharte, L., Enríquez, A. y Asto, J. (2021). Contaminación con metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo y Sicra, Huancavelica – Perú. *Revista Científica Siglo XXI*, 1(1), 68-78. Recuperado de <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rcsxxi/article/view/25>
- Calle, C. (2019). *Aplicación de sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio para modelar áreas idóneas para la crianza de trucha (Oncorhynchus mykiss)* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1881>
- Campo, W., Bermúdez, H., Atehortua, J. y Castañeda, L. (2018). Red de comunicaciones móviles mediante radio definida por software y USRP. *Revista ESPACIOS*, 39(26), 24-36. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n26/a18v39n26p24.pdf>
- Chanca, P. y Eulogio, M. (2016). *Los impactos generados por el turismo en el distrito de Ingenio, provincia de Huancayo* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/124>
- Contreras, P. y Pérez, M. (2019). *Diseño e implementación de un sistema automatizado de oxigenación del agua para el criadero acuícola Valle del Mar ubicado en Santa Marta*. (Tesis de grado). Recuperado de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/16514/2/2019_dise%C3%B1o_agua_sistema.pdf
- D.S. 003-2016-PRODUCE. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195. (25 de marzo de 2016). Ministerio de la Producción. *Diario Oficial El Peruano*, 13617. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-reglamento-de-la-ley-general-de-acuicultura-apr-decreto-supremo-n-003-2016-produce-1360384-1/>
- Encinas, C., Ruiz, E., Cortez, J. y Espinoza, A. (2017). Design and implementation of a distributed IoT system for the monitoring of water quality in aquaculture. *2017 Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.1109/WTS.2017.7943540>
- Farfán, M. (2019). *Diseño de un sistema automatizado de control de temperatura y de pH para mejorar la crianza de alevines de paiche de etapa 1 en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana* (Tesis de grado). Recuperado de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13736>

- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (23 de noviembre de 2021). *Manual de Cultivo de Trucha*. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/fondepes/informes-publicaciones/2448662-manual-de-cultivo-de-trucha>
- García, J. (2017). Python como primer lenguaje de programación textual en la Enseñanza Secundaria. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(2), 147-162. <https://doi.org/10.14201/eks2017182147162>
- Garzón, C. (30 de junio de 2019). *Introducción al lenguaje de programación Java*. Recuperado de <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/985>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2 de enero de 2020). *Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Departamento, Provincia y Distrito, 2018 – 2020. Boletín Especial N° 26*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1715/libro.pdf
- Kageyama, T., Miura, M., Maeda, A., Mori, A. y Lee, S. (2016). A wireless sensor network platform for water quality monitoring. *2016 IEEE SENSORS*, 1(1), 1-3. <https://doi.org/10.1109/ICSENS.2016.7808887>
- Kaur, N., Mahajan, R., Bagai, D., & Student, P. G. (2016). Air quality monitoring system based on Arduino microcontroller. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(6), 9635-9646. Recuperado de http://www.ijirset.com/upload/2016/june/18_Air.pdf
- Kuramoto, J. (23 de agosto de 2008). *Integración de los pequeños productores de trucha con los mercados externos: ¿una meta lejana? Informe Final*. Recuperado de https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/integracion-de-los-peuqenos-productores-de-trucha-en-los-mercados-externos_2_0.pdf
- Llinás, H. (2018). *Introducción a la estadística matemática*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Introducci%C3%B3n_a_la_estad%C3%A9stica_matem%C3%A1tica.html?id=63haDwAAQBAJ&redir_esc=y
- Llorente, R. (2017). *Configuración y puesta en marcha de módulos de comunicación inalámbrica en un sistema reconfigurable* (Tesis de grado). Recuperado de <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/30252>
- López Plazas, R., & Cubillos Zamudio, D. M. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo que permita la lectura de temperatura y pH y regule el nivel del agua de un acuario del laboratorio de acuicultura del programa de zootecnia de la Universidad de Cundinamarca Sede Fusagasugá* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/345>
- Monk, S. (2021). *Programming the Raspberry Pi: getting started with Python*. Recuperado de https://books.google.com.pe/books/about/Programming_the_Raspberry_Pi_Getting_Sta.html?id=VHvADuSMb9AC&redir_esc=y

- Montesinos, J. (2018). *Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en centros de cultivo del Lago Titicaca* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3862>
- Muñoz, R., Maldonado, C., Damiano, L., Romero, M., Quinteros, S., Guevara, A. y Carrasco, A. (8 de octubre de 2017). *Implementación de la Plataforma Web MultiDB para enseñanza y aprendizaje del Lenguaje SQL*. Recuperado de http://bibliotecas.ucasal.edu.ar/opac_css/doc_num.php?explnum_id=986
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Recuperado de https://www.academia.edu/9814191/Ingenieria_de_Control_Moderna_Ogata_5ed
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (18 de diciembre de 2020). *Controles preventivos para los centros acuícolas*. Recuperado de <https://www.sanipes.gob.pe/tilapia/Controles-Preventivos.pdf>
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (22 de setiembre de 2018). *Plan de Emergencia del Virus de la Tilapia Lacustre (TiLV)*. Recuperado de <https://www.sanipes.gob.pe/tilapia/Plan-Emergencia-TiLV.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas (15 de marzo de 2019). *El Estado del Mundo (FAO): El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018*. Recuperado de <https://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/2018/es/>
- Organización de las Naciones Unidas (7 de julio de 2016). *FAO en Perú: Producción pesquera en el Perú estará por debajo de la media de América Latina en 2025*. Recuperado de <https://www.fao.org/peru/noticias/detail-events/fr/c/423728/>
- Pinedo R., Román, W. y Aliaga E. (2017). Sistema automatizado para el control y monitoreo del comportamiento de alevinos de paiche en cautiverio. *Revista UPP - Revista de Investigación Científica Cultura Viva Amazónica*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.37292/RICCV.V2I01.44>
- Pule, M., Yahya, A. y Chuma, J. (2017). Wireless sensor networks: A survey on monitoring water quality. *Journal of applied research and technology*, 15(6), 562-570. <https://doi.org/10.1016/j.jart.2017.07.004>
- Red Nacional de Información Acuícola (15 de abril de 2019). *Perú: cosecha de recursos hidrobiológicos de la actividad de acuicultura según departamento y especies, 2006-2017*. Recuperado de https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/g4_cosecha_por_especie_2017.pdf
- Redacción Gestión (31 de mayo de 2018). Producción nacional de trucha creció 678 % en 10 años. *Diario Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/produccion-nacional-trucha-crecio-678-10-anos-234898-noticia/>
- Rojas, H. y Rivera, O. (2016). *Sistema remoto de alarma temprana para prevenir la reducción de oxígeno disuelto en agua de piscigranja con truchas en el distrito de Huando* (Tesis de grado). Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1951>

- Rubio, G. y Choton, H. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de control automático para el acuario RALFISH en la ciudad de Trujillo* (Tesis de grado). Recuperado de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/1935>
- Salim, T., Haiyunnisa, T. y Alam, H. (2016). Design and implementation of water quality monitoring for eel fish aquaculture. *2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 1(1), 208-213. <https://doi.org/10.1109/ISESD.2016.7886720>
- Santos, Paola & Jurado, M.A. (17 de mayo de 2019). *Red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la calidad del agua en la crianza de peces*. Recuperado de <https://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/69756/1/Santos%20Benavides%20Paola%20Graciela%20-2019.pdf>
- Sigler, A., & Bauder, J. (15 de noviembre de 2020). Alcalinidad, pH y sólidos disueltos totales. *Well Educated, Educación en el Agua de Pozo*. Recuperado de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Weather Spark (15 de agosto de 2016). *El clima promedio de Ingenio*. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/22307/Clima-promedio-en-Ingenio-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>