

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
ESCUELA DE POSGRADO
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**“MONITOREO DE CRIANZA DE ALEVINES Y CONTROL DE
CALIDAD AGUA MEDIANTE PROTOTIPO IOT”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN
TELECOMUNICACIONES**

AUTOR

CARLOS ANDRES CANALES ESCALANTE

ASESOR

DR. ING. ABILIO BERNANDINO CUZCANO RIVAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024


PERÚ

INFORME FINAL DE TESIS DE MAESTRIA - CANALES ESCALANTE CARLOS ANDRES



6%

Textos sospechosos



6% Similitudes

- 1% similitudes entre comillas
- 0% entre las fuentes mencionadas
- < 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: INFORME FINAL DE TESIS DE MAESTRIA - CANALES ESCALANTE CARLOS ANDRES.docx ID del documento: b43efb97da8ad3c8c3dceb2ff20c8e77cba5d3af Tamaño del documento original: 4,53 MB Autores: []	Depositante: FIEE PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION Fecha de depósito: 24/6/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 24/6/2024	Número de palabras: 18.494 Número de caracteres: 119.719
--	---	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.utmachala.edu.ec https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/21292/1/IZURIETA REYES, CARLOS ALBERT...	1%		🔗 Palabras idénticas: 1% (237 palabras)
2	repositorio.umariana.edu.co https://repositorio.umariana.edu.co/bitstream/handle/20.500.14112/28121/Sistema de monitore... 7 fuentes similares	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (117 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena: ... https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8682 2 fuentes similares	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (74 palabras)
4	ivymobility.com Importancia de la detección de bordes en el reconocimiento de i... https://ivymobility.com/es/Blog/importance-of-edge-detection-in-image-recognition-for-retail-exe...	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (57 palabras)
5	Documento de otro usuario #f0702a 🔗 El documento proviene de otro grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #2c20ca 🔗 El documento proviene de otro grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	PROYECTO_ISIDRO NUÑEZ JULIO WALTHER.pdf PROYECTO_ISIDRO NUÑ... #43ca12 🔗 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
3	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8682/1/UPSE-TTI-2022-0041.pdf	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
4	mcielectronics.cl Sensor de Nivel de Líquido sin Contacto XKC Y25 T12V - MCI Elect... https://mcielectronics.cl/shop/product/sensor-de-nivel-de-liquido-sin-contacto-xkc-y25-t12v-25501/	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
5	dspace.ups.edu.ec Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana... https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21427	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3528
2	https://www.snp.org.pe/acuicultura/
3	https://definicion.de/piscicultura/
4	https://news.un.org/es/story/2022/06/1511092
5	https://www.fao.org/americas/prioridades/pesca-y-acuicultura/es/

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES

Siendo las 11:30 horas del día 13 de septiembre del año 2024, se reunieron en el Aula de Sustentación de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, el Jurado de Sustentación del Trabajo de Tesis para la obtención el grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES** conformado por:

Dr. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ	:	PRESIDENTE
Dr. ANTENOR LEVA APAZA	:	SECRETARIO
Dr. FERNANDO MENDOZA APAZA	:	MIEMBRO
Mg. GABRIEL AUGUSTO TIRADO MENDOZA	:	MIEMBRO

Con la finalidad de evaluar la sustentación del trabajo de tesis titulada “**MONITOREO DE CRIANZA DE ALEVINES Y CONTROL DE CALIDAD AGUA MEDIANTE PROTOTIPO IOT**” presentado por:

Don (ña):

CANALES ESCALANTE CARLOS ANDRES

Acto seguido se procedió a la Sustentación del Trabajo de Tesis, con el fin de optar el grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES** Luego de la exposición, los miembros del Jurado evaluador formularon las respectivas preguntas, las mismas que fueron absueltas.

Terminada la sustentación, el Jurado Evaluador luego de deliberar, acuerda: APROBAR, con la escala de calificación cualitativa MUY BUENO, y calificación cuantitativa DIECIOCHO (18) el presente **TRABAJO DE TESIS**, conforme a lo dispuesto en el Art. 124° del Reglamento de Estudios de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio de 2021. Se eleva la presente acta a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Callao, a fin de que se declare EXPEDITO para conferir el grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**.

Se extiende el Acta, a las 12:45 hrs del mismo día.

Bellavista, 13 de septiembre del 2024



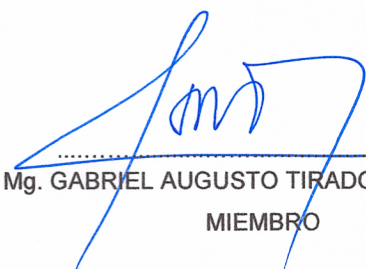
 Dr. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ
 PRESIDENTE



 Dr. ANTENOR LEVA APAZA
 SECRETARIO



 Dr. FERNANDO MENDOZA APAZA
 MIEMBRO



 Mg. GABRIEL AUGUSTO TIRADO MENDOZA
 MIEMBRO

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE POSGRADO FIEE UNAC

TÍTULO

“MONITOREO DE CRIANZA DE ALEVINES Y CONTROL DE CALIDAD AGUA
MEDIANTE PROTOTIPO IOT”

AUTOR

CARLOS ANDRES CANALES ESCALANTE

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-4029-9997

DNI: 48270647

ASESOR

DR. ABILIO BERNANDINO CUZCANO RIVAS

CÓDIGO ORCID: 0000-0002-9823-8740

DNI: 40947218

LUGAR DE EJECUCIÓN: VENTANILLA - CALLAO

UNIDADES DE ANÁLISIS: PROTOTIPO IOT

TIPO: APLICADA

ENFOQUE: CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: DESCRIPTIVO

TEMA OCDE:

2.00.00 -- Ingeniería, Tecnología

2.02.00 -- Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica

2.02.04 -- Ingeniería de sistemas y comunicaciones

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO

PRESIDENTE: DR. SANTIAGO LINDER RUBIÑOS JIMENEZ

SECRETARIO: DR. ANTENOR LEVA APAZA

MIEMBRO: DR. FERNANDO MENDOZA APAZA

SUPLENTE: MG. GABRIEL AUGUSTO TIRADO MENDOZA

ASESOR: DR. ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

DATOS DE APROBACIÓN

N° DE LIBRO : 01

FOLIO : 148

ACTA : 012-2024

FECHA DE APROBACIÓN : 13 DE SETIEMBRE DE 2024

RESOLUCIÓN DIRECTORAL : N°58-2024-DUPFIEE

DEDICATORIA

Dedico el desarrollo de este trabajo de investigación de maestría a Dios, quien provee todo por cuanto tengo, a mi comunidad que me sostiene espiritualmente, a mis padres Esther y Carlos quienes son la inspiración para ser mejor persona, a mi pequeño ángel que tengo en el cielo, mi amada prometida, mi hermana Liliana y mis ahijados Viviana, Eliana y Josué, y a mis amistades y colegas del Vicerrectorado de Investigación, quienes me apoyan siempre con sus consejos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, quien me ha permitido llegar a este punto profesional y es a quien todo debo. A mi amada familia, por los cuales siempre me esfuerzo por ser mejor cada día. A mi Comunidad de Alianza “Melodías de Sión” por ser siempre el soporte espiritual durante mi camino. Mi asesor Dr. Abilio Bernardino Cuzcano Rivas quien me guió en la elaboración del informe final de tesis. Y de forma especial a mi mentor Dr. Juan Herber Grados Gamarra, mi gran amigo, Dennis Huaman del Vicerrectorado de Investigación, y todas aquellas personas en quienes siempre puedo contar con su apoyo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
Definición de problemática.....	18
1.2. Formulación del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. Objetivos.....	19
1.3.1. Objetivo general	19
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Justificación teórica	19
1.4.2. Justificación práctica	20



1.4.3.	Justificación social.....	20
1.4.4.	Justificación tecnológica.....	21
1.4.5.	Justificación ambiental	21
1.4.6.	Justificación metodológica.....	21
1.5.	Delimitantes de la investigación.....	22
1.5.3.	Delimitación teórica	22
1.5.4.	Delimitación espacial.....	22
1.5.5.	Delimitación práctica	22
II.	MARCO TEÓRICO	23
2.1.	Antecedentes: Internacional y nacional	23
	Antecedentes internacionales	23
	Antecedentes nacionales	30
2.2.	Bases teóricas	34
2.2.1.	Etapas de crecimiento de tilapia (oreochromis niloticus).....	34
	Crecimiento de alevines.....	35
2.2.2.	Condiciones de crianza de alevines	36
2.2.3.	Principales problemas en la crianza de alevines	37
2.2.4.	Parámetros para el Cultivo de peces.....	40
2.2.5.	Sensores para la medición de la calidad del agua	42




2.2.6.	Inteligencia Artificial	42
2.2.7.	Detección de Bordos de Objetos	44
	Beneficios de la detección de bordes en el reconocimiento de imágenes	45
2.2.8.	El Internet de las Cosas	46
2.3.	Marco conceptual.....	48
2.4.	Definición de términos básicos	49
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	51
3.1.	Hipótesis	51
	Hipótesis general	51
	Hipótesis específicas	51
	Variables y dimensiones	51
3.1.1.	Operacionalización de variables.....	52
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	53
4.1.	Diseño de investigación	53
4.2.	Método de investigación	53
4.3.	Población y muestra	53
	Población	53
	Muestra.....	54
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado.....	54




4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	54
	Técnicas para recolección de la información	55
	Instrumentos para la recolección de la información	55
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	56
4.7.	Aspectos Éticos en Investigación	56
V.	RESULTADOS.....	57
5.1.	Resultados descriptivos	57
	5.1.1. Parámetros de agua de los alevines	57
	5.1.2. Lógica del sistema.....	57
	5.1.3. Diseño	58
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
6.1.	Contrastación y demostración de las hipótesis con los resultados	67
	Contrastación de hipótesis general.....	67
	Contrastación de hipótesis específica 1.....	73
	Contrastación de hipótesis específica 2.....	73
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios de similares.....	73
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes.....	73
VII.	CONCLUSIONES.....	74
VIII.	RECOMENDACIONES	75




IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
X. ANEXOS	82
Anexo 1. Matriz de consistencia	82
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos 1	84
Anexo 2: Instrumento de recolección de datos 2	86
Anexo 3. Especificaciones técnicas de DS18B20	89
Anexo 4: Especificaciones técnicas de Arduino Mega	90



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ruta de descripción de la realidad problemática	13
Figura 2. Crecimiento de producción mundial 1992-2020.....	15
Figura 3. Riesgos identificados para desarrollo de piscicultura	16
Figura 4. Histórico de investigaciones de tecnología y piscicultura.....	17
Figura 5. Interfaz de monitoreo de parámetros de calidad de agua	29
Figura 6. Detección de bordes	45
Figura 8. Parámetros fisicoquímicos de agua	57
Figura 9. Funcionamiento del prototipo IoT.....	57
Figura 10. Esquema de conexión de sensor DS18B20.....	59
Figura 11. Configuración inicial de sensor DS18B20	59
Figura 12. Muestra de datos del sensor DS18B20.....	59
Figura 13. Configuración del sensor PH-4502C.....	60
Figura 14. Esquema de pines de sensor PH-4502C	60
Figura 14. Esquema de pines de sensor SEN0237-A.....	61
Figura 15. Configuración de sensor XKC-Y25-T12V.....	62
Figura 16. Instalación de sensor de nivel.....	62
Figura 17. Arte conceptual de habitáculo piscícola	63
Figura 18. Banco de imágenes de tilapia nilótica	64



Figura 19. Precisión y pérdidas de corridas realizadas.....	65
Figura 20. Medidas de valores de temperatura.....	68
Figura 21. Medidas de valores de pH	70
Figura 22. Medidas de valores de amonio	71
Figura 23. Medidas de valores de O ₂	72



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	52
Tabla 2. Relación de técnicas e instrumentos.....	55
Tabla 3. Comparaciones entre sensores de temperatura	57
Tabla 3. Comparaciones entre sensores de temperatura	58
Tabla 4. Valores de parámetros fisicoquímicos de dos tipos de mediciones ...	66
Tabla 5. Valores de error obtenido de temperatura.....	67
Tabla 6. Valores de error obtenido en pH	69
Tabla 7. Valores de error obtenidos de sensado de amonio.....	70
Tabla 8. Valores de error obtenido en mediciones de O ₂	71



ÍNDICE DE ABREVIATURAS

IOT: Internet of things (Internet de las cosas)

pH: Potencial de hidrógeno

ONU: Organización de las Naciones Unidas

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

TDS: Total de Sólidos Disueltos



RESUMEN

La investigación que se presenta a continuación posee su razón de ser en la solución a la problemática de brindar un modelo tecnológico para la crianza de alevines de la especie tilapia nilótica para la promoción de la piscicultura. El objetivo planteado fue el desarrollo de un prototipo IoT para el monitoreo de la crianza de alevines y control de calidad de agua. La investigación posee las características de aplicada, descriptiva y cuantitativa. Se realizó la elección de componentes y técnicas a utilizar por medio de comparativa de las bondades que cada sensor o actuador posee, el diseño electrónico, etapas de programación para el envío de datos. Se realizaron fichas de datos de comparación de componentes respecto a funcionalidad (rango de valores, precisión, precio) y para el desarrollo en general, se evaluó el funcionamiento mediante una ficha de observación donde se evaluaron los aspectos generales más funcionales. De los resultados obtenidos, se obtuvo el desarrollo de la etapa electrónica, en la cual se definieron los siguientes componentes: microprocesador Arduino Mega, sensor de temperatura DS18B20, sensor de pH PH4502C, sensor de amonio en agua y sensor de oxígeno disuelto SEN0237A. Para la etapa de monitoreo de crianza de alevines se optó por el desarrollo de un procesamiento digital de imágenes mediante implementación de una red neuronal convolucional preentrenada para el acondicionamiento de identificación de alevines de tilapia nilótica. Por último, se realizaron las pruebas de envío de datos por medio de una interfaz gráfica de resumen que brindó como resultados: 0.3% de error de medición de temperatura, 0.9% de medición de pH en agua, 5% de amoniaco en agua, 0.6% de oxígeno disuelto y 3% en identificación de alevines y envío de señal. Se concluye que el sistema funciona de forma correcta para el conteo de alevines, para el control de la calidad de agua por medio de sus parámetros adecuados para un hábitat acuática de una granja natural.

Palabras clave: prototipo IoT, electrónica, monitoreo, crianza de alevines



ABSTRACT

The research presented below is based on the solution to the problem of providing a technological model for the rearing of fingerlings of the Nile tilapia species to promote fish farming. The objective was to develop an IoT prototype for monitoring the rearing of fingerlings and water quality control. The research has the characteristics of applied, descriptive and quantitative. The selection of components and techniques to be used was made by comparing the benefits that each sensor or actuator has, the electronic design, and programming stages for sending data. Data sheets were made to compare components with respect to functionality (range of values, precision, price) and for the development in general, the operation was evaluated by means of an observation sheet where the most general functional aspects were evaluated. From the results obtained, the development of the electronic stage was obtained, in which the following components were defined: Arduino Mega microprocessor, DS18B20 temperature sensor, PH4502C pH sensor, ammonium sensor in water and SEN0237A dissolved oxygen sensor. For the fry rearing monitoring stage, it was decided to develop digital image processing through the implementation of a pre-trained convolutional neural network for the identification conditioning of Nile tilapia fry. Finally, data sending tests were carried out through a summary graphical interface that provided the following results: 0.3% temperature measurement error, 0.9% pH measurement in water, 5% ammonia in water, 0.6% dissolved oxygen and 3% in fry identification and signal sending. It is concluded that the system works correctly for counting fry, for controlling water quality through its appropriate parameters for an aquatic habitat of a natural farm.

Keywords: IoT prototype, electronics, monitoring, fry rearing



INTRODUCCIÓN

El presente informe final de tesis de maestría aborda el desarrollo tecnológico de un prototipo basado en internet de las cosas para realizar las funciones de monitoreo de la crianza de alevines y el control de parámetros de calidad de agua en el contexto de piscicultura. En el primer capítulo se muestra la necesidad de investigación por medio de la identificación de un problema presente en el sector productivo acuícola peruano, en el cual aparece una necesidad de innovación tecnológica para la diversificación de métodos más eficientes en la crianza de especies, enfocado en el cultivo de tilapia nilótica, se buscó brindar impulsar a la crianza de tilapia por parte de piscicultores menores, mismos que a falta de formación no poseen ni el conocimiento ni las herramientas para lograr con los propósitos requieren de nuevas técnicas. Se definieron los objetivos del proyecto, el principal fue la esquematización de un prototipo IoT que monitoree la crianza de alevines (tilapia en etapa temprana de crecimiento) y el control de la calidad de agua, misma que es un recurso vital y de preservación para el ser humano y especies acuáticas.



I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección se aborda la definición del problema de investigación, siendo así que se abarcan las subsecciones como descripción de la realidad problemática. Luego de ello, se formulan los problemas en forma de preguntas de investigación, los cuales serán el punto de partida para la generación de los objetivos. Se hace mención del porqué de la investigación y el marco en el cual se desarrolla mediante las justificaciones y delimitantes del mismo.

1.1. Descripción de la realidad problemática

Para la descripción de la realidad problemática se define el siguiente diagrama (ver Figura 1), en el cual se mencionan los pasos que llevaron a la determinación del problema.

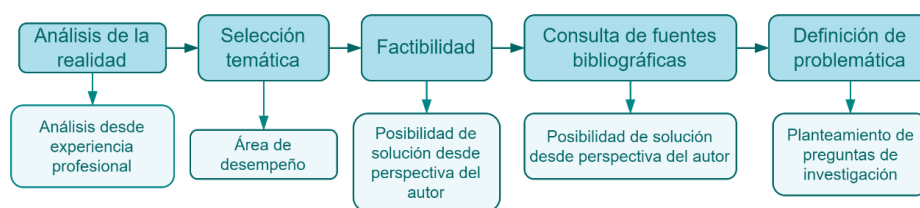


Figura 1. Ruta de descripción de la realidad problemática

Fuente: Elaboración propia en Draw.io

La acuicultura representa una actividad importante dentro del sector productivo debido a su aporte para la economía de las naciones, su valor intrínseco reside en el aprovechamiento del valor nutritivo de la materia que se obtiene de la crianza y captura de las especies acuáticas (plantas y animales) [1], [2]. Dentro de la acuicultura se aborda la crianza de especies acuáticas de origen animal (llamada a partir de ahora, piscicultura), siendo esta actividad desarrollada de forma industrial o artesanal según el ecosistema y avance tecnológico dedicado para su desarrollo [3]. En la experiencia profesional propia, existe y debe existir una mejora de los procesos de piscicultura, independiente de los escenarios donde se desarrolle y como en las líneas arriba se expresa, existen dos

principales de procesos piscícolas (extensivos e intensivos). En la práctica, esta teoría no siempre es aplicada, debido a que existen escenarios que conllevan a una naciente demanda para diversificar productos generados de forma rural. Para efectos de determinar cuáles son los retos que se afrontan desde nivel mundial hasta el caso peruano, se muestra los escenarios de desenvolvimiento de la piscicultura para definir como la electrónica a través de los procesos de telecomunicaciones pueden tomar acción por sobre los problemas que se puedan presentar.

En la primera etapa se brinda un enfoque modelo cónico, partiendo del contexto mundial en el campo de la piscicultura, pasando por el ámbito latinoamericano y puntualizando en el estado del arte en contexto local (peruano) para realizar un análisis de que problemas existen para la promoción de la actividad según el enfoque abarcado.

En el año 2022, la sección dedicada al sector alimentario y agrícola de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), conocida también por sus siglas FAO, hizo mención del importante rol que posee la piscicultura a nivel mundial, siendo que la materia prima producida por la actividad, materia como especies marinas, han aumentado en producción durante las últimas dos décadas; esto ha generado que los productos pesqueros beneficien a la seguridad alimentaria en el presente siglo XXI al ser una prometedora fuente de alimentos de alto contenido nutricional frente a la hambruna [4], [5].

Adicionalmente, la FAO exhorta y promueve la “*transformación azul*” término acuñado en la 3° Conferencia sobre los océanos a mediados del año 2022, con el fin de promover herramientas no solo de consumo, sino de gestión para lograr una sostenibilidad de la piscicultura como un baluarte para favorecer a las actividades que genera el mismo, como trabajo, producción, alimento, etc [6].



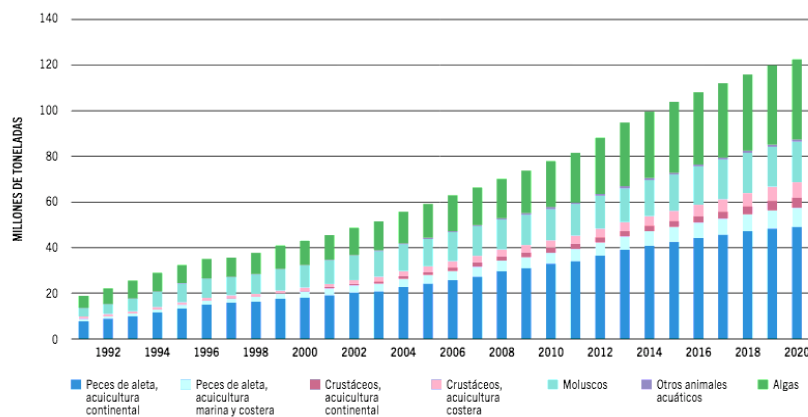


Figura 2. Crecimiento de producción mundial 1992-2020

Fuente: Portal web FAO sobre producción acuícola [7]

Para abordar el contexto regional se abordó la región latinoamericana, misma que posee características similares respecto de Perú. La FAO menciona que la actividad piscícola de Latinoamérica representa aproximadamente el 3% del mundo, existiendo un incremento de producción en las últimas dos décadas y siendo este el mayor incremento de otras regiones del mundo. La piscicultura latinoamericana posee la explotación de especies como: trucha, camarones y tilapia, siendo la tilapia la de mayor presencia (20 países latinos) [8]. Una de las limitantes a nivel regional son los recursos limitados, la diversidad de climas en la región vuelve a la piscicultura una actividad de determinadas zonas que cumplen con las condiciones adecuadas para que la especie pueda criarse de forma provechosa [9]. Otra limitante, es que los países no poseen las mismas condiciones para poder desarrollarse en métodos de piscicultura extensiva, en el caso de los países con mayor aprovechamiento de escenarios hídricos, se encuentran: Ecuador, Colombia, Perú, Argentina y Chile, mismos que poseen puertos costeros.

En Perú, la piscicultura se basa en la explotación de diversos recursos, sean de origen marino como de agua dulce, al ser un país con una amplia extensión costera, Perú posee índices de producción altos de peces de agua salada y especies de agua salobre. Pese a que el país posee zonas tropicales, existen

regiones que no producen ni poseen mecanismos para desarrollar piscicultura que satisfaga las necesidades [10].

Durante la pandemia a causa del virus Sars-Cov2, incrementó el cese de la mayoría actividades presenciales, llevando no solo a Perú, sino al mundo a un estado de alerta máxima sanitaria [11]. Según en muchos ámbitos económicos se presentó una decadencia a causa de la falta de acceso al control de sus negocios, en el caso de la piscicultura, en especial en la industria privada, la cual, ante la poca movilización, no se hizo posible el control del monitoreo de sus especies de crianza [12].

En el artículo [13] se muestra una proyección de la piscicultura peruana hacia el año 2025, donde se menciona la importancia de componentes adecuados para mejorar la calidad de semilla, sistematización de procesos y uso eficiente de recursos hídricos.

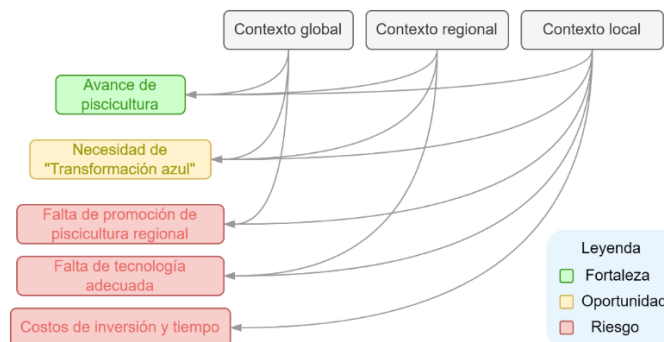


Figura 3. Riesgos identificados para desarrollo de piscicultura

Fuente: Elaboración propia en Draw.io

Se definió como eje problemático la falta de desarrollo de métodos innovadores para la crianza, incubación, desarrollo de tilapias. Asimismo, se observa por medio del análisis anterior que, la especie más comercial alrededor del mundo, Latinoamérica y Perú es la tilapia nilótica, la cual es conveniente desarrollar en el estado peruano por la diversidad de climas tropicales que posee. Según la línea de investigación de la presente tesis, ingeniería y tecnología, se opta por

la aplicación de métodos que aporten con el desarrollo tecnológico para la mejora de los procesos de piscicultura, específicamente de tilapia nilótica.

Se realizó un estudio de las investigaciones más recientes tomando como criterios de inclusión: (fish* AND farm*) AND (develop* OR improv*) AND (electronic OR tech*), de igual modo se excluyeron los siguientes criterios: solo investigaciones del tipo artículo científico, debido a que son las investigaciones que proveen de resultados directos, de acceso abierto para poder realizar una revisión de literatura, de revista para tener la certeza de la rigurosidad científica de los estudios y limitadas al área de la ingeniería. La fórmula de búsqueda final fue la siguiente:

(TITLE-ABS-KEY (fish AND farm*) AND TITLE-ABS-KEY (develop* OR improv*) AND TITLE-ABS-KEY (electronic* OR tech*)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI")) AND (LIMIT-TO (OA,"all")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar"))*

Se obtuvo un total de 77 investigaciones en el campo (ver Figura 4), observándose una tendencia creciente, misma que confirmó el primer paso para la determinación del problema, así mismo se observó que los países más asiduos a la investigación del campo son: Estados Unidos, España, Reino Unido y España, para el continente americano, solo existen 3 investigaciones de Chile. Ello es correspondiente con el aporte en piscicultura que se tiene en países latinoamericanos frente a países potencias

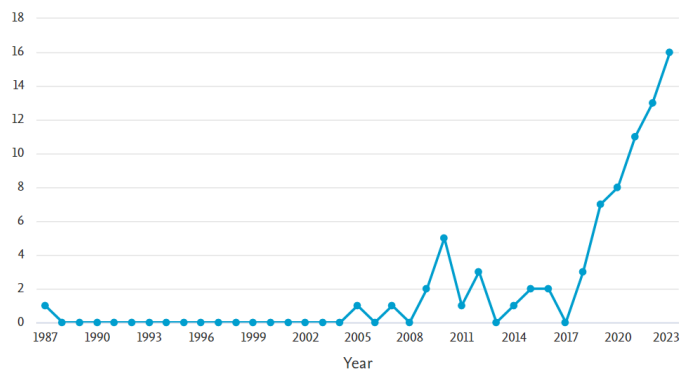


Figura 4. Histórico de investigaciones de tecnología y piscicultura

Fuente: Elaboración propia con información de base de datos Scopus

Para el análisis de factibilidad se responden las interrogantes: interés del tema, suficiencia de información, acceso al problema, originalidad de este. En primer lugar, existe interés del tema como se observa en la Figura 3, en la cual se coincide el interés por mejorar la actividad en todos los escenarios. Luego, para la suficiencia de información se observa la Figura 4, en la cual se manifiesta un crecimiento de la producción científica. Para el acceso al problema se tiene conocimiento de las zonas rurales adyacentes al mar peruano, siendo estas las más adecuadas para la crianza de tilapias, pues estas dependen de un clima tropical para su mayor supervivencia. Finalmente, la originalidad del tema se aprecia en el control remoto que puede brindar las técnicas de internet de las cosas, reduciendo costos y tiempos para realizar operaciones.

Definición de problemática

En la presente tesis se centra en la problemática de una falta de correcta gestión en el monitoreo y control de la crianza de alevines a fin de generar un impacto mediante el uso de la tecnología de las herramientas digitales y las herramientas de IoT para crear ambientes sostenibles.

1.2. Formulación del problema

Se presenta la formulación de las interrogantes de investigación en base a los problemas identificados en el apartado 1.1

1.2.1. Problema general

Se plantea la siguiente interrogante, haciendo énfasis en la medición del impacto que el prototipo IoT (línea de investigación de tesis) tendrá frente a las acciones de monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua (acciones necesarias a realizarse para la realidad de piscicultura peruana).

- **PG:** ¿En qué medida un prototipo IoT realizará el monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua?



1.2.2. Problemas Específicos

Se plantean los problemas específicos que son parte del problema general y servirán para poder generar un efecto en cadena sobre lo que se requiere realizar a posteriori.

- **PE1:** ¿Cómo realizar el diseño electrónico para el monitoreo de crianza de alevines y control de la calidad de agua?
- **PE2:** ¿Cómo realizar un correcto envío de los datos de forma inalámbrica del monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua?

1.3. Objetivos

Se definen los objetivos de la presente investigación como una acción que concluya en brindar respuesta a los problemas planteados.

1.3.1. Objetivo general

- **OG:** Desarrollar un prototipo IoT para el monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua

1.3.2. Objetivos específicos

- **OE1:** Diseñar un sistema electrónico para el control monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua.
- **OE2:** Diseñar una etapa de envío de datos de forma remota para el monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua.

1.4. Justificación

Se muestran las justificaciones que sustentan la realización de la investigación:

1.4.1. Justificación teórica

Según [14], la importancia del uso de nuevas teorías para brindar soluciones a situaciones de la vida cotidiana lleva a la aplicación de nuevos constructos que

se ajusten a las necesidades del problema. La presente investigación, se basa en el uso de teorías de procesamiento digital de imágenes para detectar la presencia de alevines de tilapia y su desarrollo en etapa de crecimiento, a su vez, se hacen uso de teorías de control y telecomunicaciones para el diseño electrónico del dispositivo.

1.4.2. Justificación práctica

Según [15], toda investigación cuyo impacto logre repercutir en un cambio de la realidad, posee un carácter práctico, pues su valor reside en las soluciones presentadas ante los problemas identificados en la sociedad. La investigación presentada aborda el importante tema de brindar una solución para el sector productivo piscícola, siendo de esta forma que se responde a la necesidad por medio de la tecnología necesaria que realice funciones que conllevan tiempo de capacitación y condiciones que, en muchos casos, para el sector piscícola emergente en determinados sectores del país, aún figura un proceso poco difícil de realizar por la poca difusión de programas y acceso a zonas más céntricas. Con la investigación se pretende incursionar en la crianza de tilapia por medio de habitáculos, no solo como una actividad de exportación, sino para enriquecer la dieta alimenticia de la demanda de consumidores locales.

1.4.3. Justificación social

Según [16], las medidas tomadas en una investigación deben poseer acciones que lleven al bienestar de la comunidad, sea a pequeño o gran nivel, debe corresponder a contribuir con la mejora de un determinado conjunto humano. La presente investigación se enfoca en los piscicultores que no poseen acceso a técnicas de crianza de alevines. Con el desarrollo de un prototipo IoT funcional se pretende alcanzar la oportunidad de desarrollo en las regiones con poco acceso a tecnología suficiente para ejecución de actividades de crianza.



1.4.4. Justificación tecnológica

Según [17], el desarrollo de investigaciones de carácter aplicado se refiere a las ingenierías y la forma en que estas aportan a la generación de nuevos sistemas, métodos, conjunto de herramientas para mejorar lo ya existente. En la presente tesis se hace especial énfasis en la concatenación de diversos subsistemas que operando de forma conjunta puedan realizar tareas en base a la lógica de procesamiento de datos preexistente, en este caso, de las condiciones de vida de la tilapia nilótica y la calidad de agua.

1.4.5. Justificación ambiental

Acorde con Llamas S. [18], es importante la evaluación analítica sobre la viabilidad de un proyecto para determinar el impacto ambiental que el mismo puede llegar a representar para el entorno social. El presente proyecto no incurre en la evaluación rigurosa pues es de naturaleza experimental de laboratorio, se determinará el funcionamiento del sistema por medio del testeo y obtención de valores mediante la implementación de cada subsistema. A su vez, el uso de los alevines de prueba no afecta de forma depredadora a la especie, se buscó primero trabajar en las pruebas de calidad de agua antes de incurrir en métodos invasivos. Adicionalmente, la investigación de forma indirecta busca promover la conservación del agua por medio del tratamiento de esta, a fin de evitar pérdidas significativas en el cambio de agua de un estanque de crianza de alevines.

1.4.6. Justificación metodológica

El concepto de Internet de las cosas (IoT) toma cuerpo para definir los proyectos en entornos físicos con una clara competencia tecnológica. Es por ello que la presente investigación, se basará en aplicar técnicas de Internet de las cosas en combinación con el uso de sensores y actuadores.



1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.3. Delimitación teórica

El tema de la automatización en la piscicultura mediante el uso de herramientas de telecomunicaciones en el Perú actualmente es básico, por lo que hay reducida información nacional sobre investigaciones relacionadas, debido a que Perú es un país cuya actividad de crianza de peces se realiza aún de forma artesanal.

1.5.4. Delimitación espacial

Las zonas dentro del alcance del presente proyecto aplican a la zona costera de cuenca baja del Perú, esto es debido a las capacidades que posee el sistema, el cual, para el control de temperatura de agua, solo realiza un enfriamiento, mas no un aumento de temperatura, se toma como referencia el valor de 24°C que es la medida promedio brindada por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

1.5.5. Delimitación práctica

La investigación posee una acción por sobre la actividad de monitoreo (vigilancia) de la crianza de alevines, asimismo, sobre el control de calidad de agua, mas no abarca la producción en ninguna de las escalas acerca de tilapia, siendo que el prototipo propuesto abarca solo la primera etapa de un proceso que puede implicar mayores necesidades tecnológicas para una automatización total y dirigida a la mediana y pequeña empresa del sector piscícola.



II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

Antecedentes internacionales

A.I.1: *“Sistema de monitoreo y alerta de la calidad del agua para un cultivo experimental de peces aplicando tecnologías de IoT”*

- Año: 2023
- País: Ecuador
- Objetivo: Implementar un prototipo de sistema utilizando tecnologías de Internet de las cosas (IoT) para monitorear y alertar a los factores que afectan la calidad del agua en un cultivo experimental de peces

Se realizó este estudio con un enfoque cuantitativo, un alcance inicial descriptivo correlacional y un diseño de investigación del tipo cuasi-experimental, con el objetivo de implementar un prototipo de sistema utilizando tecnologías de Internet de las cosas (IoT) para monitorear y alertar a los factores que afectan la calidad del agua en un cultivo experimental de peces. El propósito de este estudio nace de la mala gestión de la calidad del agua, que afecta directamente el sistema inmunitario de sus cultivos de peces, conllevando a un incremento de costes de producción hasta la mortandad de todo el cultivo. La metodología de Programación Extrema (XP) adaptada a IoT, que consta de cuatro fases: planeación, diseño, desarrollo y pruebas, fue la base para el desarrollo de este proyecto, el cual, con un conjunto de seis pruebas de aceptación se produjo como resultado de la evaluación del prototipo, el cumplimiento con todas las historias de usuario previamente propuestas en la sección correspondiente. De esta manera, se ha verificado que el prototipo cumple con los requisitos y funcionalidades esperados. Asimismo, usando una técnica de clasificación de datos, se crearon alertas correspondientes que informaban sobre el estado de la calidad del agua en un cultivo de peces. Para garantizar una producción de peces óptima, se han considerado umbrales de peligro que pueden provocar patologías. Esto puede mejorar significativamente la acuicultura y puede ser útil

para aquellos que toman decisiones sobre la calidad del agua y la producción de peces. Se recomienda incluir funcionalidades en el diseño del prototipo para llevar a cabo el control de los parámetros a través de nuevos dispositivos que actúen sobre las variables de manera remota cuando ocurre una afectación en la calidad del agua para mejorar en el futuro. Es esencial considerar las opciones tecnológicas disponibles para implementar esta opción en el sistema o software adecuado.

A.I.2: *“Desarrollo de un sistema para medir y monitorear la calidad del agua de los tanques de producción de larvas de camarón caso laboratorio de larvas El Perla Negra del Mar”*

- Año: 2022
- País: Ecuador
- Objetivo: Diseñar un prototipo mediante tecnología IoT que permita la medición de la temperatura, el pH y la turbidez del agua en los tanques empleados como criaderos artificiales de larvas de camarón en el laboratorio de Larvas "The Black Pearl of the Sea"

Con el propósito de diseñar un prototipo mediante tecnología IoT que permita la medición de la temperatura, el pH y la turbidez del agua en los tanques empleados como criaderos artificiales de larvas de camarón en el laboratorio de Larvas "The Black Pearl of the Sea", se planteó la implementación de un sistema web para la visualización de los datos recopilados por los sensores. En la mencionada institución académica, la supervisión y recolección de datos no están siendo gestionadas de manera adecuada, lo cual es fundamental para el desarrollo apropiado de las larvas. La metodología en Cascada permitió el desarrollo de los distintos procesos del proyecto en etapas, abarcando desde el análisis y recopilación de información hasta el funcionamiento del prototipo y sus pruebas. En caso de que los parámetros no se sitúen dentro de los límites establecidos para el óptimo crecimiento de las larvas, se envía una notificación al personal responsable a través de mensajes de texto (SMS), lo cual posibilita la captura y visualización de los datos en el sistema.



El propósito de esta propuesta tecnológica es desarrollar en este proyecto, la organización y recopilación de datos de los sensores, proporcionando notificaciones a través de alertas en el sistema web y mensajes MSM. Así es como, gracias a la parametrización de sensores, el usuario puede asignar el tiempo de medición de cada sensor, y el intervalo de medición de alertas por cada sensor. Asimismo, Los sensores de temperatura, pH y turbidez mostrarán gráficas lineales en tiempo real en el sistema. Cada sensor mostrará los valores más altos, más bajos y promedio en las gráficas de barras de la cosecha actual. Es así como, el dispositivo transmitirá los datos de cada sensor al servidor para que se almacene y el usuario responsable de cada tanque recibirá mensajes de alerta del dispositivo.

De esta manera, se recomienda que, si se decide cultivar otros tipos de camarones u otros organismos acuáticos, será necesario adaptar el sistema para que pueda medir los parámetros de estas nuevas especies. Es importante tener en cuenta la compatibilidad de los nuevos sensores con la placa de desarrollo empleada en el proyecto, en caso de ser necesario mejorar la precisión de las mediciones o incorporar sensores adicionales para monitorear otros parámetros. Se sugiere la actualización de las herramientas a sus versiones más recientes, tales como el lenguaje de programación y las librerías del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, con el fin de programar los sensores, dado el empleo de software de código abierto en este proyecto.

A.I.3: *“Sistema de monitoreo de variables en las etapas de ovas y alevinos en la producción de trucha utilizando una red de sensores y tecnologías IoT”*

- Año: 2022
- País: Colombia
- Objetivo: Crear un sistema para monitorear variables como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la turbidez del agua en un proceso de cultivo de truchas



El objetivo general de este proyecto fue crear un sistema para monitorear variables como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto y la turbidez del agua en un proceso de cultivo de truchas, con el propósito de reducir la mortalidad en los alevinos de truchas arcoíris. Este estudio se divide en tres fases, tales como: la entrevista semiestructurada, la selección de la red de sensores para medir temperatura, pH y turbidez, la Implementación de red de sensores con tecnología IoT y, por último, analizar los datos obtenidos de las variables.

De esta manera, se dio inicio a la recopilación de datos sobre la mortalidad de alevinos a través de las encuestas; posteriormente, se eligieron los tipos de sensores óptimos para cada medición considerada (temperatura, pH y turbidez), tales como el sensor DS18B20 (para la temperatura), el SEN0161 (para la medición del pH), SEN0189 (para la turbidez), SEN0237 (para el oxígeno disuelto), para posteriormente, desarrollar un sistema integral de monitoreo que se pueda anticipar a situaciones de crisis (alarmas) ante cualquier fluctuación o desviación que pueda tener un impacto negativo en el entorno del estanque de cría, para lo cual, se empleó sensores de nivel con Arduino y el módulo transceptor LoRa SX1278 (RA-02) de 433 MHz, realizada en la plataforma Fritzing, cuya optimización en la eficiencia y capacidad de respuesta, se vincula directamente a través de WhatsApp al encargado del control a modo de reporte. Por último, a fin de analizar los resultados obtenido mediante variables en relación con la mortalidad, para lo cual, se implementó un sistema de monitoreo en ThingSpeak, el cual, se encarga de vigilar las variables en la etapa de alevinos. Concluyendo así, luego de revisar las tablas que se encuentran en la plataforma ThingSpeak, los datos recopilados se han mantenido dentro de los parámetros adecuados. Esto es un claro indicador de que las condiciones del sistema de crianza están en un estado ideal para el desarrollo de los alevinos. Además, el diseño e implementación del sistema de monitoreo de variables y control de oxigenación del agua basado en Internet de las cosas (IoT) junto con el almacenamiento de datos para análisis demostró ser un avance significativo en la capacidad de gestionar y mantener un entorno óptimo. para el crecimiento de las truchas debido a que se logra conllevar de manera eficaz y precisa una supervisión constante de variables.



A.I.4: “Diseño e implementación de prototipo IOT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques”

- Año: 2021
- País: Ecuador
- Objetivo: Implementar de un prototipo IoT con facilidades de uso automatizado a través de sensores de internet de las cosas con paneles de lectura de datos

La tesis para obtención de grado de ingeniería electrónica de los autores Delgado C. y Valencia W., centró su investigación en la problemática de una falta de fortalecimiento de herramientas para ejecución de piscicultura dirigida a pequeños productores de tilapia de la región ecuatoriana. El problema principal era el difícil acceso por parte de los pequeños piscicultores a las asesorías relacionadas a la crianza de tilapias en sus fincas, dificultando su cultivo; por lo cual, se planteó como solución la implementación de un prototipo IoT con facilidades de uso automatizado a través de sensores de internet de las cosas con paneles de lectura de datos, que se puede lograr gracias a tecnologías de telecomunicaciones y electrónica de hardware. Se definió el objetivo de brindar una solución basada en tecnología electrónica y de telecomunicaciones para facilitar la labor de tiempos de capacitación en implementación de un sistema de piscicultura para comunidades ecuatorianas divergentes a las zonas más productivas. El método fue el inductivo y el diseño, experimental, que permitió la manipulación del objeto de estudio sometido a diferentes condiciones y poder observar los resultados, además, se consideró como descriptivo, pues el estudio se basó en la definición del diseño del prototipo IoT, considerando etapas como: la creación de una interfaz gráfica para una visualización de datos captados por sensores, diseño de estanque tipo piscina y el envío de alertas. Se definieron los parámetros de calidad de agua de la especie *Oreochromis niloticus*, mismos que fueron: temperatura del agua, oxígeno disuelto, cantidad de aire, pH de agua, gases nocivos. Se definieron los sensores DS28B20 para tomar la temperatura, sensor de nivel de agua, sensor de pH0-14m, sensor de calidad de agua TDS; para la etapa de procesamiento de datos se optó por usar la Raspberry Pi 3



modelo B y un módulo ESP8266 para el envío de datos. De los resultados de esta implementación, se mostró un sistema probado en una piscina, en la cual se analizó la calidad de agua por medio del sistema integrado IoT, adicionalmente, se implementó una interfaz en Grafana para mostrar las gráficas de medición en tiempo real. De lo mencionado se obtuvo que, respecto a la temperatura ambiente, fluctúa entre los 25 y 28 grados, estableciéndose dentro de los límites normales; asimismo, respecto al sensor de humedad relativa, fluctúa entre los 60 y 67%, lo cual se encuentra dentro de los parámetros normales, encontrándose al intervalo de sensor de Monóxido de carbono, TDS, del nivel del agua, y PH en las fluctuaciones dentro del rango normal. De forma general Se concluye que es posible realizar un prototipo IoT por medio de la integración de sensores adecuados para el uso en zonas acuáticas. Los autores realizaron la recomendación de un mantenimiento a los sensores, pues pese a su funcionalidad, estos no poseen un autolimpieza de sus zonas de captación; también recomendaron utilizar procesadores de mayor potencia por la cantidad de procesos involucrados como instalar los servicios, aplicaciones en una Raspberry PI 4 con una mayor capacidad de memoria y procesamiento en comparación de la versión 3. De la presente tesis, se rescata el uso de los sensores y el uso de interfaz gráfica, más aún es necesario realizar un dimensionamiento del espacio en el cual se desarrollan los alevines [19].

A.I.5: *“Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra”*

- Año: 2021
- País: Colombia
- Objetivo: Diseñar e implementar de un sistema de bajo costo para la supervisión de calidad de agua y el control para la crianza de tilapia

En la tesis de Martínez F. y Bertel Y. para optar el grado de ingeniería de telecomunicaciones muestra la problemática existente en la región colombiana respecto a falta de herramientas y equipamiento adecuado para un correcto desarrollo de piscicultura de la zona para pequeños piscicultores, quienes en su

interno de ejecución de crianza ocupan mortandad en las especies, especialmente de tilapia, pez muy popular por su aceptación en el mercado comercial. El objetivo de la tesis fue el diseño e implementación de un sistema de bajo costo para la supervisión de calidad de agua y el control por sobre los valores estándares de los principales parámetros que la caracterizan como apta para la crianza de tilapia. El diseño de la investigación fue tipo experimental debido al análisis del comportamiento de las variables, para el método de investigación, se buscó identificar las acciones requeridas para la crianza de tilapias por medio de una entrevista con personas expertas en el tema. La variable dependiente del sistema fue: *Calidad del agua*, misma que estuvo dimensionada por los valores estables de las mediciones realizadas por medio de los sensores mencionados a continuación:

- Temperatura: DS18B20
- Oxígeno disuelto: 426-SEN0237-A
- Intensidad de acidez de agua (pH): 4502C

Luego de la elección de los componentes a utilizar, los cuales fueron elegidos en base a sus características de operación, se definió como tarjeta electrónica para el procesamiento de datos, al módulo de Arduino UNO, al cual se le implementó un protocolo de comunicación por medio de una red LAN implementada por medio de un módulo XBee de 2.4 GHz para la toma de datos en tiempo real. Luego de la integración de componentes y etapas, se procedió a la realización de pruebas por medio del software LabView, en el cual se diseñó una interfaz capaz de variar el setpoint (sp) del valor deseado para el entorno de las tilapias



Figura 5. Interfaz de monitoreo de parámetros de calidad de agua

Fuente: Tesis Martínez F. y Bertel Y. [20]

Antecedentes nacionales

A.N.1: *“Evaluación del Sistema de Monitoreo inteligente con IoT En Granja Avícola”*

- Año: 2023
- Objetivo: Evaluar el sistema de monitoreo remoto en granja de pollos de carne, a través de la tecnología LoRa con Internet de las cosas (IoT)

Con el objetivo de evaluar el sistema de monitoreo remoto en granja de pollos de carne, a través de la tecnología LoRa con Internet de las cosas (IoT), este sistema funciona enviando datos sobre el estado de la calidad de temperatura, humedad, peso, pH y temperatura del agua. Nos permitió gestionar la toma de decisiones de manera más rápida al proporcionar la información de estos valores en tiempo real y dentro del proceso productivo, empleando para ello, nodos con sensores específicos para conectarse a través de redes de área amplia de baja potencia (LP-WAN) de largo alcance (LoRa) y enviar la información a un enlace, que con una señal de internet transmite la información a la nube.

La plataforma Ubidots nos permitió almacenar, procesar y visualizar los datos de toda la etapa de crianza, desde el nacimiento hasta los 35 días de edad. Los resultados demostraron que el control de las variables involucradas en el desarrollo óptimo resultó en una mejor ganancia de peso y un peso final más alto. Concluyendo de esta manera, que las variables como: la temperatura y la humedad del ambiente, el pH y la temperatura del agua, así como el peso vivo promedio de las aves, se pueden monitorear en tiempo real a través del sistema IoT, mejorando los parámetros productivos, ya sea en una granja tradicional o tecnificada, generando a su vez, un galpón automatizado económico y eficaz. Se recomienda, el empleo de la tecnología de Internet de las cosas (IoT) para ayudar a impulsar el progreso tecnológico en el sector avícola.



A.N.2: *“Diseño y monitoreo de un sistema automatizado para la mejora de la calidad de las piscigranjas en el distrito de Ingenio”*

- Año: 2022
- Objetivo: Implementar un sistema automatizado de monitoreo y simulación de control en una piscigranja para monitorear y simular parámetros como temperatura, oxígeno disuelto (O₂) y pH en peces alevines

Se realizó este estudio con el objetivo de Implementar un sistema automatizado de monitoreo y simulación de control en una piscigranja para monitorear y simular parámetros como temperatura, oxígeno disuelto (O₂) y pH en peces alevines en el distrito de Ingenio-Junín, para lo cual, se llevó a cabo una investigación de tipo aplicada-tecnológica. La problemática de esta investigación se muestra con el registro de múltiples fallecimientos de truchas causado por diversos factores como: la contaminación por dióxido de carbono, dióxido de carbono disuelto en el agua, las condiciones climáticas de la región y enfermedades a los peces, causando una mayor tasa de mortalidad en las piscigranjas, resultando en pérdidas económicas. Debido a lo cual, se procesaron las variables (Temperatura, oxígeno disuelto (O₂) y pH) a través de un microcontrolador, cuya transmisión se llevará a cabo a través de un control automatizado y un módulo de transmisión de radiofrecuencia, como control interno. Los resultados se obtuvieron tras realizar pruebas en tres piscigranjas distintas, en la primera piscigranja, se contabilizaron 20 pulsos, con un nivel de pH que osciló entre 8.5 y 8.41, y una temperatura que varió entre 13 °C y 13.69 °C. Estos valores indicaron que la calidad del agua se encontraba en un estado óptimo. En la segunda piscigranja, se observa un nivel de pH de 8.31 a 8.41 y una temperatura de 14.3 °C a 14.5 °C, lo cual indica una calidad adecuada del agua. En la tercera piscigranja, se registró un nivel de pH de entre 8.38 y 8.39, junto con una temperatura que oscilaba entre 15.8 °C y 15.19 °C. Por lo tanto, se puede concluir que las piscigranjas mejorarán su supervisión y control en beneficio del bienestar económico de sus usuarios.



Se recomienda, dar continuidad con los estudios de otros tipos de parámetros como la turbidez del agua, a fin de realizar una medición acuática más completa.

A.N.3: “Diseño e Implementación de un prototipo para el monitoreo de calidad de agua para el criadero de truchas PISPERU del distrito de Santa Lucía”

- Año: 2020
- Objetivo: Diseñar e implementar un prototipo para monitorear la calidad del agua en el criadero de truchas PISPERU

El propósito de este estudio consistió en diseñar e implementar un prototipo para monitorear la calidad del agua en el criadero de truchas PISPERU, ubicado en el distrito de Santa Lucía. El presente estudio se enmarca en la metodología experimental, con un enfoque centrado en el diseño correlacional y descriptivo. Cuya problemática radica en la ausencia de dispositivos tecnológicos necesarios para el monitoreo de la calidad del agua en tiempo real que facilite la producción y cuidado de las truchas en el departamento de Puno. Para lo cual, se propuso dar inicio con el diseño de un prototipo electrónico que establezca un radioenlace punto a punto, empleando para ello, el módulo NRF24L01, los datos que se reciben de los sensores son procesados por el módulo esclavo y luego enviados de manera inalámbrica al módulo maestro. El módulo maestro puede mostrar estos datos de manera sencilla al usuario y el prototipo desarrollado incluye un sistema de suministro de energía autónomo para el módulo esclavo que incluye un panel solar y una batería. Esta característica posibilita el funcionamiento del sistema en situaciones de clima adverso o en horario nocturno. Se realizaron pruebas, calibraciones y simulaciones del prototipo desarrollado. El diseño y la implementación evidenciaron la precisión de los sensores empleados en la vigilancia de la calidad del agua, al proporcionar lecturas en tiempo real que resultaron ser aceptables. La información se proyectó en una pantalla de cristal líquido (LCD) del dispositivo principal, el cual tiene la capacidad de guardar datos en Microsoft Excel con el fin de producir un informe basado en el tiempo. Los resultados del prototipo de monitoreo de calidad de agua se han simulado previamente en el software Radio Mobile. Estos dispositivos utilizan el protocolo



I2C, que significa que el arduino y el LCD se comunican a una frecuencia de 2,4 GHz (ISM). El módulo maestro y el módulo esclavo utilizan GFSK como tipo de modulación digital, que es casi inmune al ruido. Las plataformas Arduino se utilizan en ambos casos. El módulo esclavo funciona solo con una batería y un panel solar. Esto le permite funcionar incluso en condiciones climáticas extremas. Los botones dispuestos según la lectura deseada se utilizan para comunicarse y obtener los datos monitoreados para el LCD y Microsoft Excel. Se puede concluir que el diseño del sistema de monitoreo de calidad de agua facilita la supervisión de los parámetros más relevantes estudiados mediante el uso de la banda ISM. Se recomienda, para monitorear una mayor cantidad de jaulas de trucha, se necesitan más módulos esclavos que deben calibrarse y ser identificados correctamente. Además, se puede añadir un sensor que mida el oxígeno disuelto para aumentar la capacidad de aporte en el monitoreo de la calidad del agua.

A.N.4: *“Diseño de los componentes hidráulicos de un sistema de recirculación acuícola y el diseño estructural de los tanques de cultivo”*

- Año: 2016
- Objetivo: Diseñar un sistema electrónico con capacidad de monitorear parámetros de temperatura, nivel de acidez pH y nivel de agua en una planta de acuicultura capaz de ser controlada mediante un servidor Web

La tesis propuesta por Dulanto trazó el objetivo de diseñar un sistema electrónico con capacidad de monitorear parámetros de temperatura, nivel de acidez pH y nivel de agua en una planta de acuicultura capaz de ser controlada mediante un servidor Web. La metodología del tipo aplicada - experimental, esto es debido a que se presentó una investigación basada en búsquedas de sistemas anteriormente desarrollados para lograr en primera estancia, una implementación del sistema propuesto, para luego, mediante una recopilación de técnicas de adquisición de datos, realizar el modelamiento del sistema de transmisión de las variables a considerar. Finalmente, se realizaron pruebas para comprobar la fiabilidad del proyecto. Los resultados obtenidos fueron óptimos,



logrando alcanzar una correcta obtención de las variables sin necesidad de medirlas de forma manual y reduciendo los costos mediante el monitoreo [21].

A.N.5: *“Diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la PUCP”*

- Año: 2011
- Objetivo: Diseño de un proyecto de acuicultura utilizando de los elementos estructurales considerando la elaboración del tanque piscícola

La tesis de Arescurenaga [22] tuvo como objetivo el diseño de un proyecto de acuicultura utilizando de los elementos estructurales considerando la elaboración del tanque piscícola, e hidráulicos para el filtrado y control del volumen del agua mediante bombas, canales y tuberías con la técnica de circuito cerrado. Los resultados de su investigación fueron favorables. Donde concluyeron que los sistemas de recirculación desarrollados a modo industrial en pozas, jaulas de mar o ríos, sirven para disminuir la explotación del mar; existiendo un beneficio al ecosistema al aplicar este método de piscicultura a nivel industrial.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Etapas de crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Las diferentes variedades de tilapia son reconocidas por su capacidad para alcanzar la madurez sexual de manera temprana. La mayoría de los individuos de estas especies logran este hito cuando alcanzan un peso de entre 30 y 40 gramos, lo cual ocurre generalmente dentro de un período de 2 a 4 meses. Una vez que las tilapias han alcanzado la madurez, suelen reproducirse durante todo el año, siempre y cuando la temperatura del agua se mantenga por encima de los 24°C.

La etapa de crecimiento de la Tilapia comprende cuatro etapas:

Alevín: Tiene una duración aproximada de 3 a 5 días. Durante este periodo, el alevín exhibe dimensiones que oscilan entre 0.5 y 1 cm, y presenta un saco

vitelino en la región abdominal. Este saco vitelino es la fuente inicial de alimentación para los primeros días de vida del alevín. Las hembras de tilapia llevan a cabo la incubación de los huevos en su boca mientras se produce la absorción del saco vitelino. Para recolectar los alevines de manera cuidadosa y evitar cualquier daño o pérdida, se utiliza una red de luz con una malla muy fina. Esta red se desliza suavemente sobre la superficie del estanque en un movimiento de barrido.

Cría: Cuando los peces han completado la absorción del saco vitelino, han empezado a consumir alimento balanceado y han alcanzado una longitud que oscila entre 1 y 5 cm.

Juvenil: Peces que han alcanzado una dimensión que fluctúa entre 5 y 10 cm, logrando este tamaño al llegar a los 2 meses de edad y mostrando disposición para ingerir alimento balanceado destinado a favorecer su desarrollo.

Adulto: En la fase final del proceso de desarrollo, los individuos exhiben dimensiones que oscilan entre 18 y 25 cm y un peso que varía de 150 a 300 g. Estas características son alcanzadas aproximadamente a los 3.5 meses de edad.

Crecimiento de alevines

El crecimiento del alevín tiene una duración aproximada de 3 a 5 días, donde los pequeños peces, conocidos como alevines, se destacan por tener un tamaño que oscila entre 0.5 y 1 cm. Estos alevines presentan un saco vitelino en la región abdominal. La tilapia, siendo una especie territorial por naturaleza, muestra un comportamiento protector hacia sus crías frente.

La obtención de alevines se lleva a cabo mediante dos métodos distintos. Uno de ellos implica el proceso completo de incubación, eclosión y absorción del saco vitelino por parte de los alevines, conocido como reproducción natural. El segundo método, llamado reproducción asistida, implica únicamente el proceso

de incubación, prescindiendo de la etapa de eclosión y absorción del saco vitelino.

Los machos experimentan un mayor crecimiento en comparación con las hembras, ya que canalizan la energía obtenida de la alimentación hacia su crecimiento somático, mientras que las hembras destinan esta energía a la producción de gametos para el desove.

Características de alevines

Entre estas cualidades se incluyen:

- Notable capacidad de adaptación a variadas condiciones ambientales,
- Proceso reproductivo sencillo
- Resistencia elevada frente a enfermedades
- Productividad destacada
- Rápida aceptación de diversos tipos de alimentos, tanto naturales como artificiales.

Características generales de alevines de tilapia

Se distingue por su tamaño, que oscila entre 0.5 y 1 cm, y cuenta con un saco vitelino en la región abdominal, el cual constituye su fuente alimentaria durante los primeros días de vida.

Entre otras cualidades distintivas, se destaca su marcada capacidad de adaptación a variadas condiciones ambientales, un proceso reproductivo sencillo, una resistencia sobresaliente frente a enfermedades, una productividad elevada, y una pronta aceptación de diversos tipos de alimentos, tanto naturales como artificiales.

2.2.2. Condiciones de crianza de alevines

En el contexto peruano, las condiciones propicias para la cría de alevines de tilapia se deben a su clima tropical y la presencia de tecnologías disponibles que

tienen el potencial de mejorar significativamente la producción de los cultivos y garantizar un uso eficiente del agua. Estas tecnologías abarcan sistemas de recirculación, aireadores, alimentadores automáticos y sistemas de monitoreo de peces, todos los cuales contribuyen a mantener la salud y la calidad de los cultivos, como se menciona.

Las condiciones de crianza de alevines suelen incluir aspectos como:

Alimentación Adecuada:

Es crucial tener un entendimiento completo de los requisitos nutricionales con el fin de desarrollar dietas específicas para cada fase fisiológica, poniendo especial atención en proporcionar niveles adecuados de proteínas para satisfacer las necesidades nutricionales durante la etapa juvenil. Este enfoque no solo contribuirá a minimizar los costos de alimentación, sino que también abrirá la posibilidad de explorar otras alternativas que puedan mejorar la rentabilidad en la cría de peces.

La tilapia *O. niloticus* presenta una habilidad destacada para aprovechar nutrientes provenientes de diversas fuentes, mostrando una notable adaptabilidad a variadas condiciones fisicoquímicas del agua. Estas características posibilitan que los organismos puedan consumir una amplia gama de dietas alimenticias, abriendo así la posibilidad de utilizar nuevas fuentes de materia prima que, en última instancia, contribuirán al progreso económico en el ámbito de la acuicultura.

2.2.3. Principales problemas en la crianza de alevines

Algunos de los problemas principales en la cría de alevines pueden incluir:

Calidad del Agua

Una disminución en la calidad del agua, el manejo inadecuado de los peces o temperaturas bajas pueden aumentar la probabilidad de infecciones parasitarias o bacterianas. Durante las fases de alevines y juveniles, la vulnerabilidad a



brotos de enfermedades es mayor, lo que podría resultar en tasas significativas de mortalidad.

Garantizar una calidad de agua adecuada es un componente esencial en el proceso de reproducción de tilapia. Sin embargo, en numerosas ocasiones, las fuentes utilizadas para el cultivo de peces se encuentran comprometidas por la presencia de contaminantes. Estos contaminantes no solo afectan la salud de los peces, sino también su capacidad reproductiva. Por esta razón, es imperativo mantener una calidad de agua óptima y libre de contaminantes para asegurar condiciones propicias en el cultivo de tilapia.

Es fundamental disponer de un suministro de agua en cantidad suficiente para llenar los estanques, compensar las pérdidas causadas por la evaporación y la filtración del suelo, y garantizar un recambio adecuado. Este proceso es fundamental, ya que los peces se alimentan y eliminan desechos, lo que podría deteriorar la calidad del agua.

En lo que respecta al tipo de agua, las opciones más adecuadas para este cultivo incluyen el agua de pozo o freática. Sin embargo, es esencial tomar precauciones y oxigenarla antes de introducirla en los estanques. También es posible utilizar agua superficial procedente de ríos, arroyos, manantiales o lagunas, siempre y cuando esté libre de contaminantes, agroquímicos y metales pesados.

Para realizar una evaluación de las condiciones del agua de manera efectiva, es crucial analizar varios factores ambientales. Se deben tener en cuenta parámetros como la temperatura, el pH, los niveles de amonio, nitritos, nitratos, turbidez y la concentración de oxígeno disuelto.

Control de Enfermedades:

La prevención de enfermedades con frecuencia se logra al mantener una alta calidad del entorno y minimizar el estrés asociado con las prácticas de manejo.

Infraestructura de Estanques:



La producción de alevines se lleva a cabo comúnmente en estanques, pero también es factible realizarla en estructuras cerradas de malla denominadas hapas, así como en acuarios y tanques construidos con materiales como madera, fibra de vidrio, plástico o cemento. La elección de la infraestructura depende de los recursos disponibles en la región y de la demanda específica de alevines.

Los recipientes de cría ya sean tanques o estanques, deben ser ubicados en áreas no propensas a inundaciones. Para prevenir la entrada de depredadores, es crucial incorporar filtros en las entradas de agua y los drenajes. Además, es recomendable que los estanques reciban luz solar para estimular el crecimiento del plancton, lo que contribuirá a proporcionar un alimento natural en el entorno de cría.

Los estanques destinados a la reproducción y pecería deben someterse a un proceso de secado después de cada ciclo de producción con el fin de eliminar pequeñas tilapias, así como otros peces y organismos no deseados. En el caso de los estanques y tanques empleados en la producción comercial de alevines de tilapia, es esencial vaciarlos por completo y contar con un área designada para la cosecha.

Alimentación

En nuestro medio, el manejo inadecuado de la alimentación en juveniles se percibe como un desafío debido a la carencia de protocolos esenciales y falta de información sobre cómo la frecuencia de alimentación influye en el crecimiento de las tilapias en crecimiento. Esta falta de datos impide la creación de un programa de alimentación eficiente que pueda reducir los costos de producción. Es imperativo entender los indicadores de crecimiento y determinar la frecuencia óptima de alimentación para cada lote de tilapias en crecimiento. Esto debe hacerse sin descuidar la calidad del agua en los estanques, ya que es un factor fundamental tanto para la salud como para el crecimiento de las especies acuáticas en cultivo.



Con frecuencia, los costos de los alimentos formulados para la cría de tilapia son elevados en naciones en desarrollo. En aquellos países que carecen de un mercado de exportación de tilapia, los acuicultores confían completamente en fertilizantes y subproductos agropecuarios, ya que no tienen acceso a alimentos preparados.

2.2.4. Parámetros para el Cultivo de peces

Los parámetros del recurso hídrico empleado para poder llevar a cabo una exitosa producción de alevines deben ser controlados y monitoreados. Entre los principales parámetros tenemos:

Temperatura

La temperatura depende del tipo de pez y las condiciones del agua, pero generalmente para la mayoría de las especies oscila entre los 20 y 26 grados Celsius. Debido a que, si los peces permanecen fuera de las condiciones indicadas, suelen estresarse, no comer bien, ser susceptibles a enfermedades y morir rápidamente, se debe llevar un control adecuado.

Salinidad

La concentración de todos los iones disueltos en el agua, en su mayoría cloruros o minerales, es conocida como salinidad. El incremento de la concentración de sales en el agua conlleva a un aumento tanto en la presión osmótica como en la conductividad eléctrica. En zonas con suelos elevados y alta precipitación, se ha registrado un nivel de salinidad que oscila entre 150 y 250 mg/L. Por otro lado, en regiones con escasa precipitación, este nivel se sitúa entre 500 y 2500 mg/L.

Turbidez

La presencia de materiales orgánicos o minerales afecta la transparencia del agua. El grado de suspensión de partículas o la magnitud y composición de las moléculas son factores determinantes de la cantidad presente en una muestra. La turbidez en los estanques limita la capacidad de los peces para capturar

alimentos, lo que los lleva al fondo del estanque y causa la pérdida de oxígeno disuelto.

Oxígeno Disuelto

El consumo de oxígeno por el agua durante la noche debido a la respiración de los organismos acuáticos en un estanque es un factor crucial. La insuficiencia de oxígeno puede impactar negativamente en el desarrollo y la eficiencia alimentaria de dichos organismos. La difusión de la atmósfera y la fotosíntesis pueden incrementar este parámetro. Además,

Potencial de Hidrogeno (pH)

El ion hidronio proporciona el valor del parámetro conocido como pH, el cual es utilizado para determinar la acidez o basicidad de una solución. La escala de pH varía de 0 a 14, siendo 7 el punto neutro. La relación entre la concentración de oxígeno disuelto y la acidificación del pH influye en las variaciones del pH corporal. Los peces son sensibles a variaciones extremas en el nivel de acidez, las cuales pueden resultar letales cuando el pH desciende por debajo de 4 o supera el valor de 11 en la escala correspondiente. En entornos con altas temperaturas, los peces experimentan lesiones en sus estructuras branquiales y pueden desarrollar una capa de mucosidad.

Dióxido de Carbono (CO₂)

El CO₂ influye en el pH del estanque y es necesario para la fotosíntesis. La cantidad de este valor se determina por la respiración de los organismos del estanque, así como por la fotosíntesis y la descomposición de materia orgánica.

Alcalinidad

Se expresa en mg/L de carbonato de calcio equivalente y se representa por iones de carbonato y bicarbonato. También indica la concentración total de bases en el agua.



Dureza

La concentración de iones de calcio y magnesio se define como la cantidad de estos elementos presentes en una muestra de agua, expresada en miligramos por litro de carbonato de calcio. Sin embargo, no son los únicos iones que inciden en la concentración de este parámetro. La dureza del agua se categoriza en cuatro niveles: blanda (0 – 75 mg/L), moderada (75 – 150 mg/L), dura (150- 300 mg/L) y muy dura (mayor a 300 mg/L). Los niveles recomendados de dureza y alcalinidad se sitúan en un rango de 20 a 200 mg/L.

Compuestos Nitrogenados

Estos se producen dentro del estanque como resultado de la descomposición de materiales orgánicos y el metabolismo de los organismos que lo habitan.

Fosfatos

Debido a que los suelos absorben fósforo y son insolubles, permanecen en contacto con el agua y los organismos que habitan en los estanques, lo que resulta en una gran cantidad de fosfatos. [31]

2.2.5. Sensores para la medición de la calidad del agua

2.2.6. Inteligencia Artificial

La tecnología que permite a las computadoras imitar la inteligencia humana y las capacidades de resolución de problemas se conoce como inteligencia artificial (IA). La IA puede realizar tareas que normalmente requerirían inteligencia o intervención humana, ya sea por sí sola o en conjunto con otras tecnologías como sensores, geolocalización y robótica. Las noticias y la vida cotidiana incluyen asistentes digitales, guías por GPS, vehículos autónomos y herramientas de inteligencia artificial generativa (como Chat GPT de Open AI).



Aplicaciones de la IA

- **Automatización de procesos:** La inteligencia artificial puede ayudar a las empresas a automatizar tareas repetitivas, lo que permite a los empleados concentrarse en tareas más valiosas. La automatización de procesos en la industria de la fabricación es un ejemplo de esto, donde la IA puede ayudar a optimizar la producción y mejorar la eficiencia.
- **Análisis de datos:** La IA ayuda a las empresas a tomar decisiones informadas al analizar grandes conjuntos de datos. Por ejemplo, la utilización de IA en el análisis de datos de marketing para detectar tendencias y patrones puede ayudar a las empresas a crear campañas de marketing que sean más efectivas.
- **Asistentes Virtuales:** Los asistentes virtuales basados en inteligencia artificial, como Siri, Alexa y Google Assistant, se están volviendo cada vez más populares. Estos asistentes virtuales pueden responder preguntas, realizar tareas y proporcionar información, lo que los hace útiles para los clientes y las empresas.
- **Chatbots:** Los chatbots son programas informáticos que tienen la capacidad de comunicarse con los clientes a través de chats o mensajes de texto. Los chatbots pueden aumentar la satisfacción del cliente al responder a preguntas frecuentes de manera rápida y precisa.
- **Análisis Predictivo:** El análisis predictivo es un campo en el que la IA puede ayudar a las empresas a predecir el comportamiento futuro de los clientes y tomar medidas para mejorar la experiencia del cliente. Por ejemplo, la IA se puede utilizar para prevenir la pérdida de clientes y detectar fraudes a tiempo.
- **Reconocimiento de imágenes:** Las empresas pueden usar la IA en el reconocimiento de imágenes para identificar patrones y objetos en las imágenes. Por ejemplo, la IA se puede utilizar para detectar enfermedades mediante el reconocimiento de imágenes médicas.



2.2.7. Detección de Bordes de Objetos

El procesamiento de imágenes consiste en la identificación de bordes o límites en imágenes digitales que presentan variaciones abruptas en el brillo o la intensidad, a través de la técnica de detección de bordes. Esta técnica es requerida para aplicaciones como el reconocimiento de patrones, la segmentación de imágenes, el análisis de escenas y la visión artificial.

El propósito de la detección de variaciones abruptas en la luminosidad de la imagen es capturar sucesos y modificaciones significativas en las propiedades del entorno. De acuerdo con las hipótesis relativamente genéricas de un modelo de generación de imágenes, se prevé que las fluctuaciones en la luminosidad de la imagen guarden relación con las variaciones en la profundidad, la orientación de la superficie, las modificaciones en las propiedades del material y las variaciones en la iluminación de la escena.

En un escenario ideal, la aplicación de un detector de bordes a una imagen daría como resultado una serie de curvas conectadas que reflejan los contornos de los objetos, los límites de las marcas en la superficie y las curvas asociadas a las discontinuidades en la orientación de la superficie. La aplicación de un algoritmo de detección de bordes en una imagen puede disminuir la carga de datos a procesar, permitiendo así la eliminación de información no relevante, al tiempo que se conservan las características estructurales fundamentales de la imagen. Si el proceso de detección de bordes resulta exitoso, la interpretación de los datos de la imagen original puede verse notablemente facilitada.

Algunas de las técnicas más comunes para la detección de bordes incluyen el operador de Prewitt, el operador de Sobel, el operador de Laplaciano y el operador de Canny.

Detección de bordes Canny

Uno de los mejores métodos para detección de bordes que existen en la actualidad es el operador o algoritmo de Canny, que hace que los bordes



abiertos sean interpretados como bordes cerrados. Esto produce una mayor definición de reconocimiento de objetos que sería útil en aplicaciones de robótica (detección, reconocimiento, seguimiento o localización).

Existen tres pasos que se deben seguir para encontrar bordes con Canny:

- Observar bordes con Sobel
- Eliminación de píxeles en el borde
- Establecer un umbral de histéresis.

La parametrización de los algoritmos de visión artificial es un gran inconveniente. De acuerdo con cada situación, se establecen parámetros o condiciones iniciales para muchas técnicas. Muchas veces, esos criterios son exclusivos de una iluminación o perspectiva específica. Esto dificulta mucho encontrar una solución única para diferentes situaciones, por lo que algo que funciona bien en unas condiciones de iluminación no lo hace en otras.

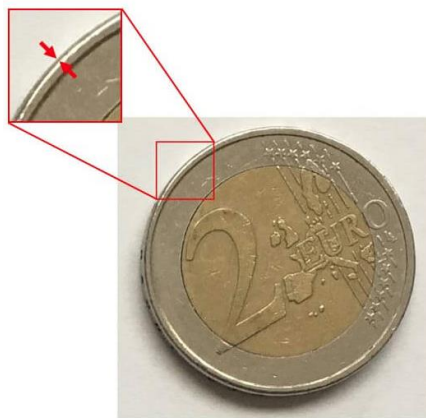


Figura 6. Detección de bordes

Fuente: Elaboración propia en Draw.io

Beneficios de la detección de bordes en el reconocimiento de imágenes

Control de Calidad

La detección de bordes es un aspecto crucial para garantizar la calidad en la detección de objetos. Al identificar bordes y límites en las imágenes de los productos, los fabricantes pueden detectar defectos, anomalías o irregularidades en los materiales de empaque o en la apariencia del producto. En las aplicaciones, se emplean algoritmos de detección de bordes con el fin de identificar discrepancias en la morfología, la textura o la impresión de etiquetas y envases. La detección de cualquier variación de los límites preestablecidos puede provocar la activación de alarmas, lo cual resulta en la implementación inmediata de medidas correctivas y en la vigilancia de los niveles de calidad del producto.

Resulta especialmente útil detectar productos en envases de tetra pack que presenten hinchazón, lo cual puede indicar daños o deterioro en su contenido interno.

Desarrollo de Productos

En el ámbito de los bienes de consumo, las estrategias de identificación de límites pueden promover la innovación y el progreso en la creación de productos. Los fabricantes pueden identificar oportunidades de mejora o desarrollo de nuevos productos mediante el análisis de detalles y características específicas en imágenes de productos o prototipos ya existentes. Los algoritmos de detección de bordes analizan los límites de las opiniones de los consumidores obtenidas a través de imágenes o redes sociales. La obtención de datos sobre las preferencias de los consumidores resulta fundamental para que las empresas de bienes de consumo masivo puedan desarrollar y comercializar productos acordes a las necesidades del mercado.

2.2.8. El Internet de las Cosas

La Internet de las cosas (IoT) se define como una red de objetos físicos equipados con sensores, software y otras tecnologías que les permiten conectarse a Internet y compartir información con otros dispositivos y sistemas. Los dispositivos mencionados abarcan desde herramientas industriales



sofisticadas hasta objetos domésticos de uso cotidiano. Según pronósticos de expertos, la cantidad de dispositivos IoT conectados actualmente supera los 7 mil millones, y se proyecta un incremento a 10 mil millones para el año 2020 y a 22 mil millones para 2025. Oracle es propietaria de una red de socios de dispositivos.

En los últimos años, el Internet de las cosas ha emergido como una de las tecnologías más relevantes del siglo XXI. En la actualidad, la interconexión de objetos cotidianos, electrodomésticos, automóviles, termostatos y monitores de bebés a través de dispositivos integrados ha facilitado una comunicación eficiente entre personas, procesos y elementos.

Gracias a la informática de bajo costo, la nube, los grandes datos, la analítica y las tecnologías móviles, las entidades físicas tienen la capacidad de recopilar y compartir datos con una intervención humana mínima. En este mundo hiperconectado, los sistemas digitales tienen la capacidad de registrar, monitorear y ajustar cada interacción entre los elementos. El entorno digital y el entorno físico colaboran de manera conjunta.

Principales Tecnologías que han hecho posible el IoT:

La conectividad de los sensores se ha visto favorecida por la diversidad de protocolos de red disponibles en Internet, lo que posibilita su conexión con la nube y otros dispositivos para lograr una transferencia de datos eficaz.

La disponibilidad de plataformas de informática en la nube ha experimentado un incremento significativo. Esto posibilita a empresas y consumidores acceder a la infraestructura requerida para expandirse, sin la necesidad de gestionar la totalidad de dicha infraestructura.

Las empresas pueden beneficiarse de la recopilación ágil de información mediante el uso de tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático y la analítica. Esto se ve facilitado por el acceso a grandes volúmenes de datos almacenados en la nube. El desarrollo de estas tecnologías complementarias



continúa ampliando los alcances de la Internet de las cosas, a su vez, los datos producidos por la Internet de las cosas también nutren a dichas tecnologías.

La inteligencia artificial conversacional ha permitido la integración del procesamiento del lenguaje natural en dispositivos de Internet de las cosas (IoT), como los asistentes personales digitales Alexa, Cortana y Siri, haciéndolos accesibles y atractivos para su uso en entornos domésticos. Este avance ha sido posible gracias al desarrollo de las redes neuronales.

2.3. Marco conceptual

Variable dependiente: Monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua

El agua empleada en la acuicultura puede proceder de diferentes fuentes, tales como arroyos, ríos, manantiales, lagunas y embalses. Las fuentes mencionadas presentan diversas características físicas, biológicas y químicas que pueden experimentar variaciones a lo largo del tiempo y que resultan fundamentales para el proceso de producción. Al analizar los parámetros que podrían ser perjudiciales, es posible implementar medidas correctivas con el fin de preservar la calidad del agua conforme a las necesidades de las especies en cultivo. Es fundamental controlar diversas propiedades químicas en un entorno determinado. Entre las más relevantes se encuentran el oxígeno disuelto, el pH, la dureza, la alcalinidad, el amonio, el nitrito y el fosfato. La disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua tiene como consecuencias el incremento de la tasa de mortalidad de los peces, la disminución de su resistencia a enfermedades y la reducción de la eficiencia en la conversión de alimento. Los niveles de oxígeno disuelto cambian tanto durante el día como durante la noche. Durante el día, el oxígeno disuelto consumido por los animales se complementa con el proceso fotosintético de las algas y otras especies vegetales. Sin embargo, por la noche, tanto los animales como las plantas consumen oxígeno, por lo que la cantidad de oxígeno disuelto disminuye significativamente, llegando a un mínimo en las primeras horas de la mañana. La concentración de este parámetro en el efluente de cultivos en agua caliente debe ser superior a 4 ppm



y en cultivos en agua fría superior a 7 ppm. Los valores de pH muy altos o bajos pueden provocar la muerte de los peces. El agua con un nivel de pH inferior a 7 (agua ácida) afecta las branquias y provoca problemas respiratorios. A niveles de pH por encima de 7 (básico), la toxicidad del amonio aumenta y puede provocar la mortalidad de los cultivos y la anorexia. Ambas enfermedades pueden causar problemas de crecimiento, apetito, metabolismo y reproducción.

Variable independiente: Prototipo IoT

Las arquitecturas de sistemas de IoT a menudo se ven como un proceso de cuatro pasos en el que los datos fluyen desde los sensores conectados, a través de las redes hasta las "cosas" y, finalmente, a un centro de datos empresarial o una nube para su procesamiento, análisis y almacenamiento.

En el contexto de la Internet de las Cosas, se considera que las entidades conectadas pueden ser diversos dispositivos, infraestructuras o individuos. En la arquitectura de Internet de las Cosas (IoT), los procesos pueden enviar datos en forma de instrucciones o comandos que guían a los actuadores u otros dispositivos conectados físicamente. Estas acciones se realizan con el fin de controlar los procesos físicos. Los actuadores tienen la capacidad de realizar tareas desde las más básicas, como activar la iluminación, hasta funciones críticas, como interrumpir la operación de una línea de producción al identificar un fallo inminente.

2.4. Definición de términos básicos

Alevines: se define como alevín al pez en su etapa más temprana de desarrollo, específicamente luego de su fase embrión. [23]

Piscicultura: Es la rama de la acuicultura que abarca la crianza de peces de agua dulce o salada, se utilizan entornos adecuados naturales o artificiales para el desarrollo de las especies. [24]

IoT: Conocido por sus siglas Internet of Things (IoT) es la tecnología utilizada para vincular sistemas tecnológicos con una red de datos. [25]



Prototipo: Es la primera producción de un diseño experimental, el cual se utiliza para comprobar la efectividad del propósito para el cual fue creado [26].

Sensor: Es un elemento electrónico capaz de realizar la conversión de magnitudes físicas a magnitudes eléctricas. El valor que brinda es una escala que el fabricante otorga por medio de las fichas técnicas [27].

Monitoreo:

Electrónica: Es una ciencia de la física que se aplica a la ingeniería y abarca el estudio del comportamiento de electrones en dispositivos [28]



III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis general

Se determinaron dos hipótesis para definir la tendencia del resultado de la investigación

- **HI:** El prototipo IoT logra monitorizar la crianza de alevines y el control de calidad de agua
- **HO:** El prototipo IoT no logra monitorizar la crianza de alevines y el control de calidad de agua

Hipótesis específicas

- **HE1:** El sistema electrónico logra monitorear la crianza de alevines y control de la calidad del agua
- **HE2:** La etapa de envío de datos permite el monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua de forma remota

Variables y dimensiones

Variable 1: Monitoreo de crianza de alevines y control de calidad agua

Dimensiones: Conteo de alevines, calidad de agua

Variable 2: Prototipo IoT

Dimensiones: Eficiencia del sistema, conectividad

3.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

MONITOREO DE CRIANZA DE ALEVINES Y CONTROL DE CALIDAD AGUA MEDIANTE PROTOTIPO IOT					
Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable dependiente	Monitoreo de crianza de alevines y control de calidad agua	El monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua son los procesos entrelazados que definen la crianza en el ámbito piscícola. Ambas actividades brindan información y	El monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua es necesario para analizar el agua empleada en la acuicultura que procede de diferentes fuentes, como arroyos, ríos, manantiales, lagunas y embalses. Las cuales, al presentar diversas características físicas, biológicas y químicas, experimentan variaciones que resultan fundamentales para el proceso de producción de alevines.	Alevines	% Alevines
				Calidad de agua	Temperatura
					Grado de acidez (pH)
					Turbidez
					Cantidad de O ₂
Variable independiente	Prototipo IoT	Se define al prototipo IoT como un sistema tecnológico compuesto de subprocesos que llevan a cabo alguna tarea en específico y su propósito es poder realizar transmisión de datos por medio de una red.	El prototipo IoT será el sistema que dará soporte a los procesos de monitoreo y control por medio de sensores y actuadores, a su vez, será la función disruptiva, el poder realizar envío de información	Eficiencia de sistema	Reportes actualizados
					Funcionamiento de los componentes electrónicos
				Conectividad	Tasa de transmisión de datos

Fuente: Elaboración propia

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño de investigación

Según el metodólogo, el estudio desarrollado corresponde a una naturaleza **aplicada y tecnológica** por el propósito de generar un producto funcional para poder brindar no solo solución a un problema identificado, sino ser presentado al mercado de empresas cuya actividad reside en la crianza de tilapia nilótica. Dentro de los niveles de alcance de la investigación, posee características de I+D, siendo que los resultados se llevan a nivel de laboratorio para el desarrollo del prototipo propuesto.

4.2. Método de investigación

El enfoque de la presente tesis es **cuantitativo** debido a la naturaleza de las variables involucradas, mismas que poseen valores cuantificables en sus indicadores. Se optó por este método porque permite estimar las magnitudes del sistema en función de cada factor que influye directamente en la calidad del agua del cultivo de peces y prever la aparición de patologías y mortalidad del cultivo.

El estudio comenzó con un enfoque **descriptivo**, con el objetivo de recopilar datos e información para determinar si la calidad del agua en una piscina de cultivo afecta la crianza de peces y en qué medida. Posteriormente, el estudio evolucionó a un enfoque correlacional para determinar la relación entre los parámetros medidos y su impacto en la calidad del agua.

4.3. Población y muestra

Debido a la naturaleza de la investigación, la tesis solo posee una muestra para realizar experimentos, la cual es el prototipo IoT, debido a la naturaleza tecnológica de la investigación.

Población

El autor Vara (2015) nos proporciona la noción de una agrupación completa de todos los individuos, objetos, personas, documentos, datos, eventos, empresas,



circunstancias, etc. Una población se puede definir para efectos de enumeración como una colección de individuos o elementos que comparten una o más características. Estos componentes se encuentran en un lugar o territorio y cambian con el tiempo.

En ocasiones, es muy importante ponerse en contacto y supervisar a todos los miembros de la población en cuestión. Sin embargo, por razones prácticas, se utiliza con frecuencia una muestra, que representa un subconjunto de la población. El término "muestreo" se refiere al proceso de selección de esta muestra.

Muestra

(Vara, 2015) sugiere que la muestra es un conjunto de instancias seleccionadas utilizando un enfoque lógico y fundamentado de una población. Es importante tener en cuenta que la muestra sigue siendo un componente de la población, y en caso de tener múltiples poblaciones, será necesario obtener varias muestras.

En esta sección, se identificará población y muestra, así como cómo elegir el método de muestreo más apropiado y realista de acuerdo con el tamaño.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El estudio será realizado en un laboratorio electrónico del distrito de Ventanilla - Callao

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para el procesamiento de los datos de la presente investigación, se consideran las siguientes técnicas e instrumentos definidos. Además de la observación sistemática constante de los investigadores, los investigadores definen previamente los elementos a evaluar.

Técnicas para recolección de la información

Las técnicas de recolección de datos son procedimientos y actividades que permiten al investigador obtener la información necesaria para responder a su pregunta de investigación [29]. En una investigación, se emplean diversas técnicas e instrumentos para recopilar datos, entre los cuales se encuentran la observación, los cuestionarios, las entrevistas y las escalas [30]. La observación se considera fundamental en un proyecto de investigación como el que se desarrolló, ya que permite recopilar una gran cantidad de datos de manera clara, definida y precisa. Las diferentes modalidades de presentación pueden ser directa, participante, no participante, estructurada, no estructurada, de campo, de laboratorio, individual y en equipo. Para la presente investigación se define a la observación como la técnica a utilizar para la cuantificación de los datos a recolectar de los indicadores.

Instrumentos para la recolección de la información

Para la recolección de datos de la información para hipótesis general se realizó una guía de observación, la cual fue validada por medio del juicio de expertos.

A continuación, se muestra la validación po

Tabla 2. Relación de técnicas e instrumentos

N°	Técnica	Instrumento	Propósito
1	Observación	Guía de observación comparativa	Comparar los valores obtenidos por el prototipo respecto a valores de alta confiabilidad
2	Observación	Guía de observación técnica 2 – Apartado A	Obtener valoración cuantitativa de eficiencia del sistema
3	Observación	Guía de observación técnica 2 – Apartado B	Obtener valoración cuantitativa de conectividad

Fuente: Elaboración propia

En el apartado de Anexos, en el anexo N°1 se aprecia la Ficha de Observación empleada para esta observación sistematizada.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Según Valderrama (2013), después de recopilar los datos, el siguiente paso es examinarlos detenidamente para encontrar respuestas a las preguntas iniciales. Se requiere un conocimiento profundo del tipo de variable presente, y una vez que la información esté bien organizada y codificada, se realiza una evaluación detallada de los datos.

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y su procesamiento se realizó por medio del software SPSS. Los datos analizados son expuestos en el Anexo 02 del presente documento

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

La investigación desarrollada ha hecho uso de la normativa vigente de la Universidad Nacional del Callao, como:

- Directiva 004-2022R
- Reglamento de Líneas de Investigación
- Código Nacional de Integridad Científica

Asimismo, el desarrollo de la investigación ha hecho uso del entorno de las especies acuáticas denominadas “alevines” motivo por el cual, no ha realizado una manipulación del medio ambiente real, más por el contrario se ha simulado un hábitculo como herramienta alternativa para la conservación de especies de etapa temprana de tilapia. Asimismo, los parámetros considerados para el control de calidad de agua no incurren en inyección de sustancias toxicológicas u alguna que se considere nociva para los seres vivos.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Parámetros de agua de los alevines

Para definir los parámetros del hábitat óptimo para los alevines se optó por realizar una búsqueda de información brindada por entidades de confianza como instituciones, institutos, etc. De la información obtenida se detallan los siguientes:

Tabla 3. Comparaciones entre sensores de temperatura

Parámetros	Símbolo	Unidad	Rangos teóricos
Acidez en agua	<i>ph</i>	adimensional	[6.00 - 9.00] ¹
Temperatura	<i>temp</i>	Grados Celsius (°C)	[24°C - 32°C] ¹
Oxígeno disuelto	<i>oxid</i>	miligramos por litro (g/ml)	[5.00 – 9.00] ¹
Turbidez	<i>turb</i>	Unidad nefelométrica de turbidez	<10 NTU ²

Figura 7. Parámetros fisicoquímicos de agua

5.1.2. Lógica del sistema

Para establecer la lógica del sistema se dispuso a realizar un diagrama de flujo para definir el funcionamiento del prototipo IoT.

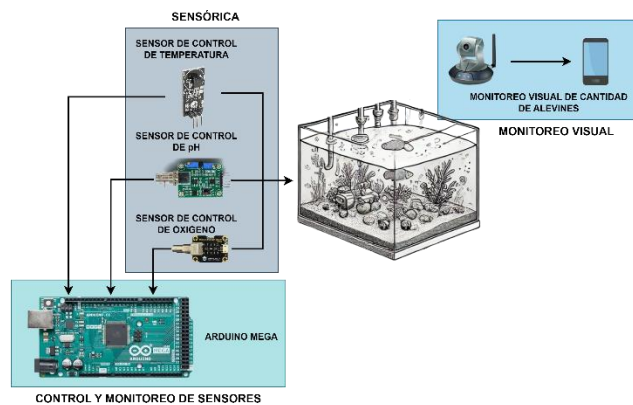


Figura 8. Funcionamiento del prototipo IoT

5.1.3. Diseño

Diseño electrónico

Para el diseño electrónico se definieron los subsistemas a desarrollar para cada funcionalidad que posee el diseño, como se observa en la Figura 9, se poseen 5 subsistemas de los cuales se realizó el esquema de sus respectivos circuitos

Subsistema de control de temperatura

Elección de componentes electrónicos

Para realizar el control de la temperatura del agua se dispuso la elección de sensores compatibles con la tarjeta Arduino Mega

Tabla 4. Comparaciones entre sensores de temperatura

Criterios	DS18B20	PT100	DHT11	TMP35
Voltaje de alimentación	3,3 - 5 V	3,3 - 5,5 V	3 - 5 V	2,7 - 5 V
Rango de medición	-55 - 125°C	-200 - 550°C	0 - 50°C	10 -125°C
Precisión	± 0.5°C	± 0.5°C	± 2°C	± 2°C
Precio	S/. 9.00	S/.55.00	S/. 22.00	S/. 10.00

Fuente: Elaboración propia en Microsoft Excel

Configuración de sensor de temperatura DS18B20

En el subsistema de control de temperatura se realizó la elección del sensor de temperatura que soporte condiciones acuáticas, considerando los parámetros de 21°C a 24°C. De los sensores de temperatura mostrados en la Tabla 3 se eligió el DS18B20 en su forma encapsulada TO-92, debido a su compatibilidad de conexión. El modelo consta de 3 pines: alimentación (V_{DD}), tierra (GND) y pin de datos. La importancia de la elección del sensor es la baja precisión que presenta en un intervalo de 10°C a 85°C, misma que se equipara a la del PT100, y en costo de adquisición es menor, siendo de S/. 9.00 (\$2.60 aproximadamente). Para el uso del sensor se optó por utilizar la cápsula impermeable para ser sumergible en el agua. La programación del sensor se basó en la librería *1-Wire*

y *Dallas Temperature* que permite anidar más de 1 sensor para captar datos de distintos puntos de temperatura, a su vez, el protocolo de comunicación fue el I2C [31].

La conexión del sensor estuvo definida por su modo de uso no parásito, en el cual el pin posee enlace a una fuente en común externa para el microprocesador por medio de una resistencia en pull-up, el diagrama de conexión fue el siguiente:

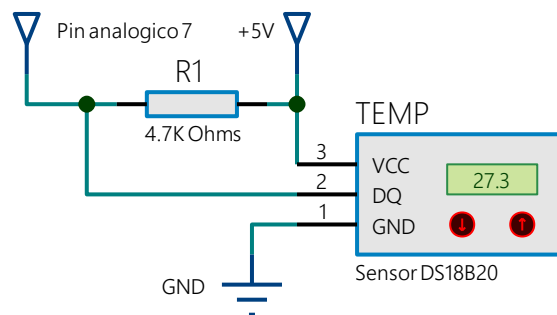


Figura 9. Esquema de conexión de sensor DS18B20

Para el código de programación en Arduino IDE

```
#include <OneWire.h> //Librería de pin de datos
#include <DallasTemperature.h>
const int pinTemp = 7; //Definición de pin de datos
// Declaración de datos tipo librerías
OneWire oneWireObjeto(pinTemp);
DallasTemperature sensorTemp(&oneWireObjeto);
void setup () {
  Serial.begin(9600); // Comunicación serial a 9600 baudios
  sensorTemp.begin(); // Inicio del protocolo 1-Wire
}
```

Figura 10. Configuración inicial de sensor DS18B20

Fuente: Elaboración propia en Arduino IDE

```
void loop() {
  // Imprimimos un mensaje "Subsistema de control de temperatura"
  Serial.println("Subsistema de control de temperatura");
  sensorTemp.requestTemperatures();

  // Se realiza la lectura del sensor DS18B20
  Serial.print("Valor de temperatura: ");
  Serial.print(sensorTemp.getTempCByIndex(0));
  Serial.println("Centígrados");
  delay(1000); // Tiempo de ejecución de 1000 ms
}
```

Figura 11. Muestra de datos del sensor DS18B20

Fuente: Elaboración propia en Arduino IDE

Subsistema de control de pH

El módulo sensor de constante de acidez de agua, llamado PH-4502C es una herramienta electrónica capaz de realizar la medición de valores de pH mediante una sonda (electrodo E201) con entrada tipo BCN.

Dispone de un potenciómetro offset (el más cercano al conector BNC) que puede calibrar la lectura de PH, y otro potenciómetro que controla la salida Do. Este se activa cuando el PH alcanza el límite establecido mediante el potenciómetro. La salida es de 3,7 V de alta potencia.

No se requieren bibliotecas especiales para usar esto, ya que el pin Po se puede conectar directamente a pines analógicos en Arduino, PIC o cualquier tecnología TTL. Además, hay dos indicadores LED, uno que indica la fuente de alimentación del circuito y el otro que indica la salida Do.

```
1 #include <ph4502c_sensor.h>
2 // Establecemos los pines de lectura del sensor; el A0 para pH
3 PH4502Sensor ph4502c(A0, A1);
4 void setup() {
5     // Inicio del sensor
6     ph4502c.init();}
7 void loop() {
8     // Lectura del pH
9     float pHValue = ph4502c.read_ph_level();
10    delay(1000);}
```

Figura 12. Configuración del sensor PH-4502C

Fuente: Elaboración propia en Arduino IDE

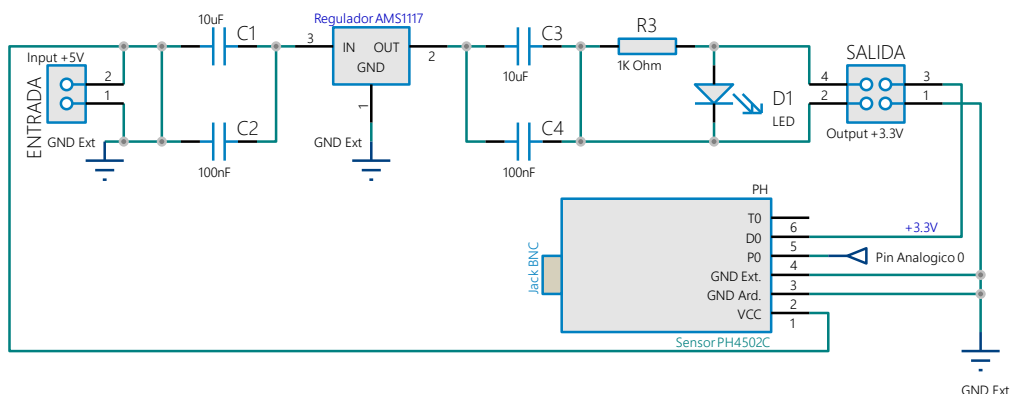


Figura 13. Esquema de pines de sensor PH-4502C

Subsistema de control de oxígeno disuelto en agua O₂

El sensor SEN0237-A de oxígeno disuelto es adecuado para su uso con placas Arduino. Se emplea para la determinación de la concentración de oxígeno disuelto en muestras de agua. Este parámetro posibilita la evaluación de la calidad del agua. La disminución de la concentración de oxígeno en el agua puede ocasionar problemas respiratorios en los seres vivos acuáticos. El sensor dispone de tres conexiones: GND, VCC y la señal de salida analógica. La solución no contiene componentes alcalinos.

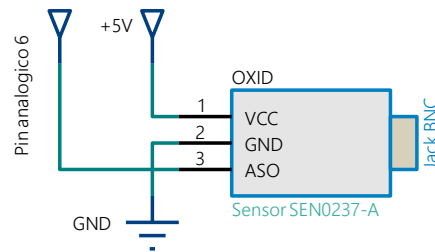


Figura 14. Esquema de pines de sensor SEN0237-A

```
1 #include <Arduino.h>
2 #define VREF 5000//Vred(mv)//Valor en milivoltios
3 #define ADC_RES 1024//Resolución del ADC
4 uint32_t raw;
5 void setup()
6 {Serial.begin(115200);}
7 void loop()
8 { raw=analogRead(A1);
9   Serial.println("raw:\t"+String(raw)+"\tVoltage(mv)+"String(raw*VREF/ADC_RES));
10  delay(1000);
11 }
```

Método de control de nivel

Sensor de nivel XKC-Y25-T12V

El sensor de nivel de líquido XKC-Y25-T12V es un sensor de proximidad capacitivo no invasivo que detecta la presencia o ausencia de líquido en un nivel instalado. Mide la presencia de líquido desde el exterior del recipiente, por lo que no es necesario el contacto con el líquido. Esto es útil cuando la sustancia no puede manipularse por razones de seguridad o para mantener la integridad del contenedor. Cuando el líquido alcanza el nivel del sensor, su capacitancia parásita se acopla al campo eléctrico generado por el sensor. Esto es detectado por un sensor capacitivo y tratado como

presencia de líquido. Puede ajustar la sensibilidad quitando la cubierta trasera y ajustando el potenciómetro con un destornillador. Girarlo en el sentido de las agujas del reloj disminuirá la sensibilidad y girarlo en el sentido contrario a las agujas del reloj aumentará la sensibilidad. La salida del sensor se puede invertir (ver conexiones a continuación). Los contenedores de líquidos no deben estar hechos de materiales metálicos para no interferir con campos eléctricos detectables. Recomendamos utilizar recipientes de plástico o vidrio. Puedes fijar el sensor al recipiente usando pegamento limo.

```
int nivelAgua = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(5, INPUT);
}

void loop()
{
  nivelAgua = digitalRead(5);
  // Lectura del Nivel del agua
  Serial.print("Nivel de agua = "); Serial.println(nivelAgua, DEC);
  delay(500);
}
```

Figura 15. Configuración de sensor XKC-Y25-T12V

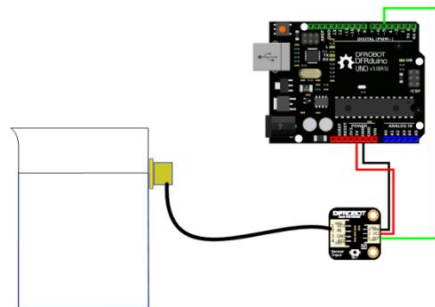


Figura 16. Instalación de sensor de nivel

Diseño mecánico

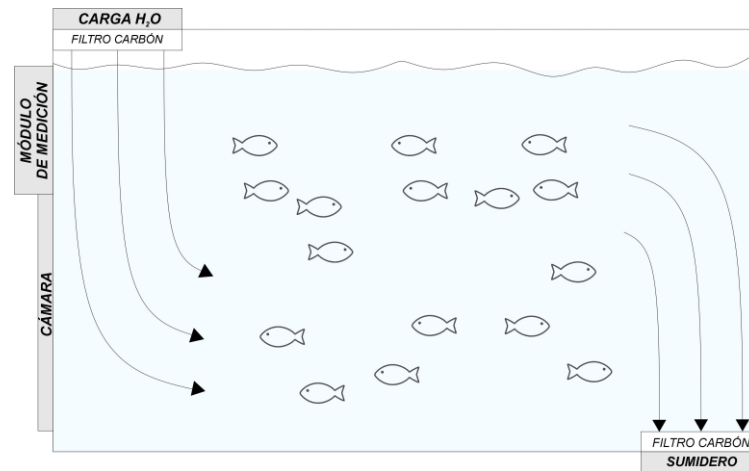


Figura 17. Arte conceptual de habitáculo piscícola

Fuente: Elaboración propia

Se muestran las consideraciones técnicas para el diseño estructural del prototipo IoT, el cual se basa en un habitáculo adecuado para la inclusión de los sensores, actuadores, sistemas de carga y descarga de agua. Para la inclusión de cada etapa se obtuvieron las dimensiones de los componentes:

Monitoreo de alevines

Para el monitoreo de alevines de tilapia nilótica se realizó el diseño de la forma de realizar el conteo de estas especies en el espacio cerrado de habitáculo. Para ello se realizó una serie de pasos para definir la mejor forma de realizar este conteo de forma automatizada. Esta sección involucró los siguientes procesos:

Entrenamiento de red neuronal convolucional existente

Se ejecuta el entrenamiento en una red neuronal convolucional preexistente usando el modelo brindado por MobileNet-v2 a fin de omitir el preentrenamiento y evitar el alto uso de recursos informáticos. Se realizaron cargas de fotogramas de alevines de tilapia nilótica en un archivo comprimido, mismos que fueron descargados de forma masiva con la extensión de Google Chrome llamada

“Download All Images”. Cabe resaltar que las imágenes obtenidas en primera instancia no fueron utilizadas en su totalidad, puesto que solo nos basamos en imágenes que netamente enfoque a la especie acuática en cuestión de análisis, para ello se realizó un filtro manual para descartar las imágenes alejadas a lo requerido.



Figura 18. Banco de imágenes de tilapia nilótica

Fuente: Elaboración propia

Luego de ello, se utilizó el entorno en línea de Google Colab, por medio del cual se realizó el entrenamiento de la base de datos obtenida. Primero, para ello se creó la carpeta llamada “alevines”, misma a la cual se le cargó el archivo comprimido de las fotos de alevines. Luego de ello se procedió a realizar el conteo de imágenes, mismo que dio un numero de 185.

```
[ ] #Se crea la carpeta "alevines"
!mkdir alevines

[ ] #Entrar en la carpeta y descomprimir el archivo zip
%cd alevines
!unzip alevines.zip
%cd ..

[ ] #Borrar los archivo ZIP
!rm -rf /content/alevines/alevines.zip

[ ] #Mostrar cuantas imagenes tengo de cada categoria
!ls /content/alevines | wc -l
```

Con el propósito de expandir la variedad de



```

#Gráficas de precisión (entrenamiento y pruebas)
acc = historial.history['accuracy']
val_acc = historial.history['val_accuracy']

loss = historial.history['loss']
val_loss = historial.history['val_loss']

rango_epocas = range(50)

plt.figure(figsize=(8,8))
plt.subplot(1,2,1)
plt.plot(rango_epocas, acc, label='Precisión Entrenamiento')
plt.plot(rango_epocas, val_acc, label='Precisión Pruebas')
plt.legend(loc='lower right')
plt.title('Precisión de entrenamiento y pruebas')

plt.subplot(1,2,2)
plt.plot(rango_epocas, loss, label='Pérdida de entrenamiento')
plt.plot(rango_epocas, val_loss, label='Pérdida de pruebas')
plt.legend(loc='upper right')
plt.title('Pérdida de entrenamiento y pruebas')
plt.show()

```

De la generación realizada se obtuvieron los siguientes gráficos:

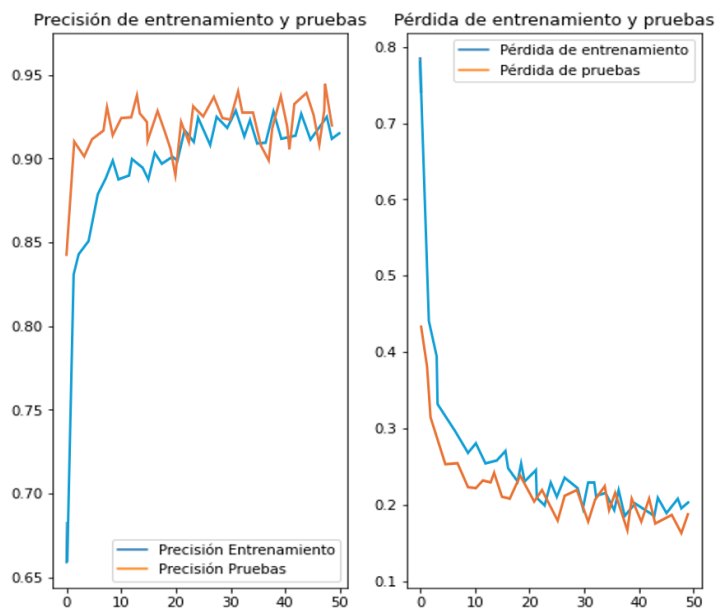


Figura 19. Precisión y pérdidas de corridas realizadas

Resultados inferenciales

Se obtuvieron los resultados de un conjunto de mediciones de parámetros fisicoquímicos del agua

Tabla 5. Valores de parámetros fisicoquímicos de dos tipos de mediciones

Valores	24°C - 26°C				7,4 - 7,9				0,4 mg/L - 1,2 mg/L				6,1 mg/L - 8,2 mg/L			
N° Medición	Temp(P)	Temp(L)			Ph(P)	Ph(L)			NH3(P)	NH3(L)			O2(P)	O2(L)		
1	24.7	24.7	0.0	0.0	7.8	7.8	0.0	0.0	0.9	1.0	10.0	10.0	7.6	7.6	0.0	0.0
2	24.9	24.8	-0.4	0.4	7.9	8.0	1.3	1.3	0.8	0.8	0.0	0.0	7.6	7.7	1.3	1.3
3	24.8	24.8	0.0	0.0	7.8	7.9	1.3	1.3	1.1	0.9	-22.2	22.2	7.8	7.8	0.0	0.0
4	25.1	24.9	-0.8	0.8	7.8	7.8	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	7.9	8.0	1.3	1.3
5	24.8	24.8	0.0	0.0	7.7	7.8	1.3	1.3	0.9	0.9	0.0	0.0	8.0	8.1	1.2	1.2
6	24.8	24.8	0.0	0.0	7.6	7.7	1.3	1.3	0.9	0.8	-12.5	12.5	8.0	8.0	0.0	0.0
7	24.6	24.7	0.4	0.4	7.7	7.7	0.0	0.0	0.8	0.9	11.1	11.1	7.8	7.8	0.0	0.0
8	25.1	24.9	-0.8	0.8	7.8	7.8	0.0	0.0	0.8	0.9	11.1	11.1	7.7	7.8	1.3	1.3
9	24.9	25	0.4	0.4	7.7	7.8	1.3	1.3	0.7	0.8	12.5	12.5	7.7	7.7	0.0	0.0
10	24.7	24.8	0.4	0.4	7.8	7.8	0.0	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	7.5	7.6	1.3	1.3
11	24.7	24.9	0.8	0.8	7.9	7.8	-1.3	1.3	0.7	0.7	0.0	0.0	7.6	7.6	0.0	0.0
12	25.0	25	0.0	0.0	7.7	7.8	1.3	1.3	0.7	0.7	0.0	0.0	7.4	7.4	0.0	0.0
13	24.8	24.9	0.4	0.4	7.8	7.7	-1.3	1.3	0.8	0.8	0.0	0.0	7.5	7.6	1.3	1.3
14	25.0	25	0.0	0.0	7.8	7.7	-1.3	1.3	0.8	0.8	0.0	0.0	7.6	7.6	0.0	0.0
15	25.1	25.1	0.0	0.0	7.7	7.8	1.3	1.3	0.9	0.9	0.0	0.0	7.6	7.7	1.3	1.3
16	25.2	25.1	-0.4	0.4	7.8	7.9	1.3	1.3	0.9	1.0	10.0	10.0	7.5	7.6	1.3	1.3
17	25.1	25	-0.4	0.4	7.7	7.8	1.3	1.3	0.8	0.9	11.1	11.1	7.7	7.6	-1.3	1.3
18	24.8	24.9	0.4	0.4	7.6	7.7	1.3	1.3	0.9	0.9	0.0	0.0	7.7	7.7	0.0	0.0
19	24.8	24.9	0.4	0.4	7.7	7.7	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	7.8	7.9	1.3	1.3
20	25.0	24.9	-0.4	0.4	7.8	7.9	1.3	1.3	0.9	0.9	0.0	0.0	7.9	7.9	0.0	0.0
% Error				0.3				0.9				5.0				0.6

Fuente: Elaboración propia realizado en Microsoft Excel

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de las hipótesis con los resultados

Contrastación de hipótesis general

Para la hipótesis general (HG), se realizó una medición del funcionamiento del prototipo IoT en base a las dos funciones brindadas que corresponden a las variables dependientes del diseño, implementación y desarrollo: Se expresan los resultados de la observación realizada por el instrumento ficha de observación, la cual realizó un conteo cuantitativo del funcionamiento del prototipo.

Para la función de control de calidad de agua:

Indicador de temperatura:

Se revisó que el valor del set point (sp) establecido en un rango de 24 a 26°C se mantuvo en lo normalizado por los valores de crianza. Mediante el instrumento de recolección de datos, se compararon los valores detectados por el prototipo IoT y las medidas realizadas de forma manual con instrumentos de laboratorio fisicoquímicos para determinar la eficiencia al momento de realizar la medición:

Tabla 6. Valores de error obtenido de temperatura

	%Error	%Error
Prueba 1	0.0	0.0
Prueba 2	-0.4	0.4
Prueba 3	0.0	0.0
Prueba 4	-0.8	0.8
Prueba 5	0.0	0.0
Prueba 6	0.0	0.0
Prueba 7	0.4	0.4
Prueba 8	-0.8	0.8
Prueba 9	0.4	0.4
Prueba 10	0.4	0.4
Prueba 11	0.8	0.8
Prueba 12	0.0	0.0
Prueba 13	0.4	0.4
Prueba 14	0.0	0.0



Prueba 15	0.0	0.0
Prueba 16	-0.4	0.4
Prueba 17	-0.4	0.4
Prueba 18	0.4	0.4
Prueba 19	0.4	0.4
Prueba 20	-0.4	0.4
		0.3

Fuente: Elaboración propia realizado en Microsoft Excel

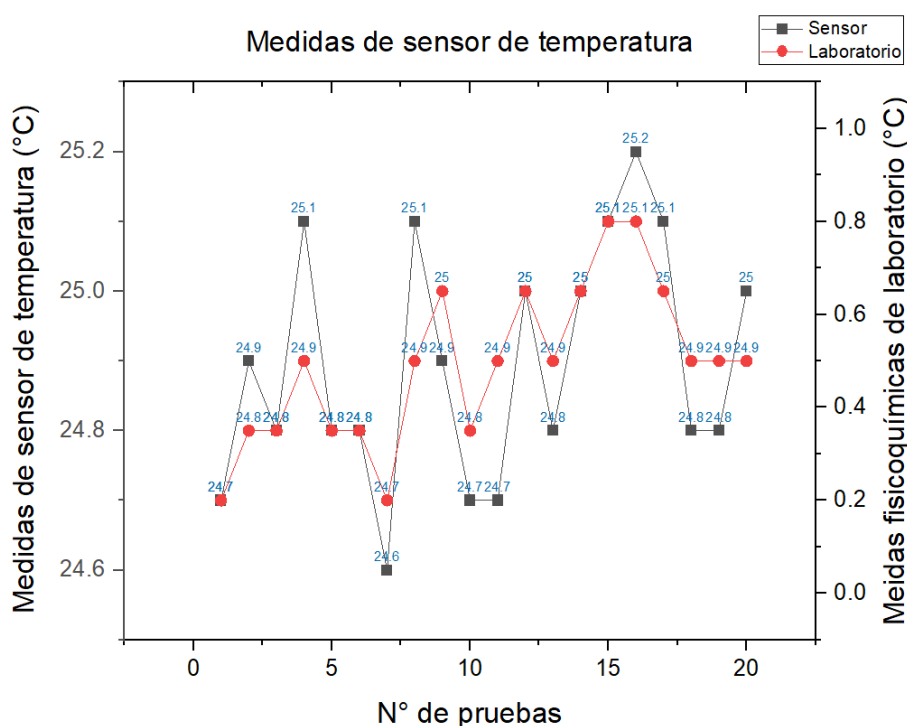


Figura 20. Medidas de valores de temperatura

Fuente: Elaboración propia realizado en OriginPro 2024b

Indicador de pH:

Se revisó que el valor del set point (sp) establecido en un rango de 7.4 a 7.9°C se mantuvo en lo normalizado por los valores de crianza. Mediante el instrumento de recolección de datos, se compararon los valores detectados por el prototipo IoT y las medidas realizadas de forma manual con instrumentos de laboratorio fisicoquímicos para determinar la eficiencia al momento de realizar la medición:

Tabla 7. Valores de error obtenido en pH

	%Error	%Error
Prueba 1	0.0	0.0
Prueba 2	1.3	1.3
Prueba 3	1.3	1.3
Prueba 4	0.0	0.0
Prueba 5	1.3	1.3
Prueba 6	1.3	1.3
Prueba 7	0.0	0.0
Prueba 8	0.0	0.0
Prueba 9	1.3	1.3
Prueba 10	0.0	0.0
Prueba 11	-1.3	1.3
Prueba 12	1.3	1.3
Prueba 13	-1.3	1.3
Prueba 14	-1.3	1.3
Prueba 15	1.3	1.3
Prueba 16	1.3	1.3
Prueba 17	1.3	1.3
Prueba 18	1.3	1.3
Prueba 19	0.0	0.0
Prueba 20	1.3	1.3
		0.9

Fuente: Elaboración propia realizado en Microsoft Excel

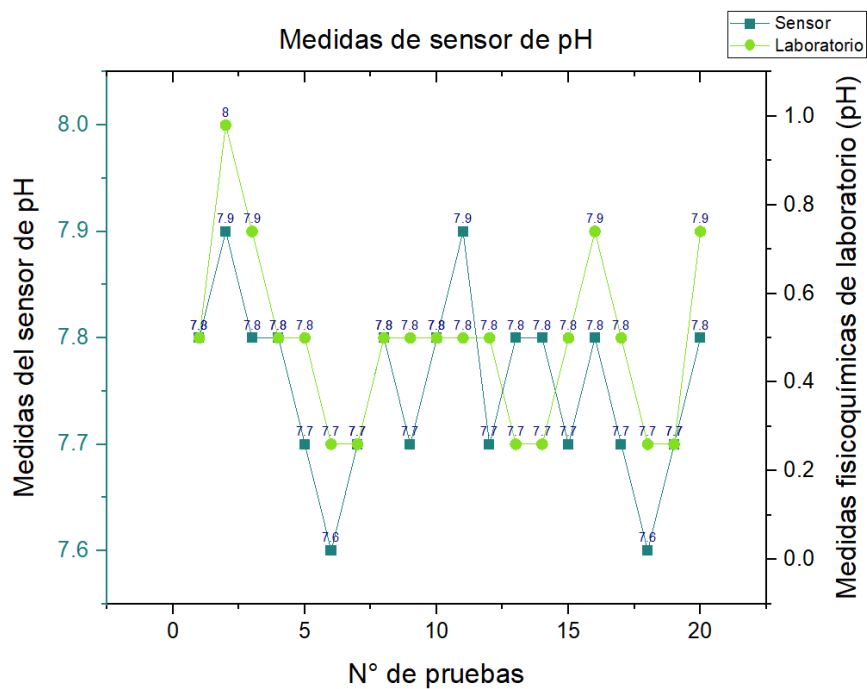


Figura 21. Medidas de valores de pH

Fuente: Elaboración propia realizado en OriginPro 2024b

Indicador de amonio:

Se revisó que el valor del set point (sp) establecido en un rango de 0.4 a 1.2 mg/L se mantuvo en lo normalizado por los valores de crianza. Mediante el instrumento de recolección de datos, se compararon los valores detectados por el prototipo IoT y las medidas realizadas de forma manual con instrumentos de laboratorio fisicoquímicos para determinar la eficiencia al momento de realizar la medición:

Tabla 8. Valores de error obtenidos de sensado de amonio

	%Error	%Error
Prueba 1	10.0	10.0
Prueba 2	0.0	0.0
Prueba 3	-22.2	22.2
Prueba 4	0.0	0.0
Prueba 5	0.0	0.0
Prueba 6	-12.5	12.5
Prueba 7	11.1	11.1
Prueba 8	11.1	11.1
Prueba 9	12.5	12.5
Prueba 10	0.0	0.0
Prueba 11	0.0	0.0
Prueba 12	0.0	0.0
Prueba 13	0.0	0.0
Prueba 14	0.0	0.0
Prueba 15	0.0	0.0
Prueba 16	10.0	10.0
Prueba 17	11.1	11.1
Prueba 18	0.0	0.0
Prueba 19	0.0	0.0
Prueba 20	0.0	0.0
		5.0

Fuente: Elaboración propia realizado en Microsoft Excel

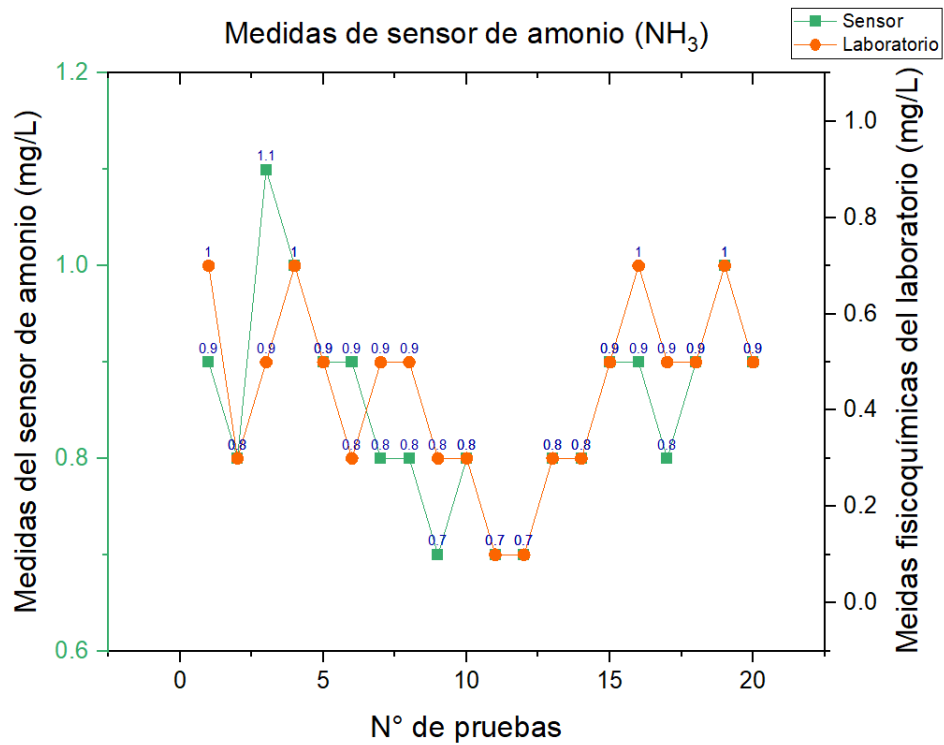


Figura 22. Medidas de valores de amonio

Fuente: Elaboración propia realizado en OriginPro 2024b

Indicador de oxígeno disuelto:

Se revisó que el valor del set point (sp) establecido en un rango de 6.1 a 8.2 mg/L se mantuvo en lo normalizado por los valores de crianza. Mediante el instrumento de recolección de datos, se compararon los valores detectados por el prototipo IoT y las medidas realizadas de forma manual con instrumentos de laboratorio fisicoquímicos para determinar la eficiencia al momento de realizar la medición:

Tabla 9. Valores de error obtenido en mediciones de O₂

	%Error	%Error
Prueba 1	0.0	0.0
Prueba 2	1.3	1.3
Prueba 3	0.0	0.0
Prueba 4	1.3	1.3
Prueba 5	1.2	1.2

Prueba 6	0.0	0.0
Prueba 7	0.0	0.0
Prueba 8	1.3	1.3
Prueba 9	0.0	0.0
Prueba 10	1.3	1.3
Prueba 11	0.0	0.0
Prueba 12	0.0	0.0
Prueba 13	1.3	1.3
Prueba 14	0.0	0.0
Prueba 15	1.3	1.3
Prueba 16	1.3	1.3
Prueba 17	-1.3	1.3
Prueba 18	0.0	0.0
Prueba 19	1.3	1.3
Prueba 20	0.0	0.0
		0.6

Fuente: Elaboración propia realizado en Microsoft Excel

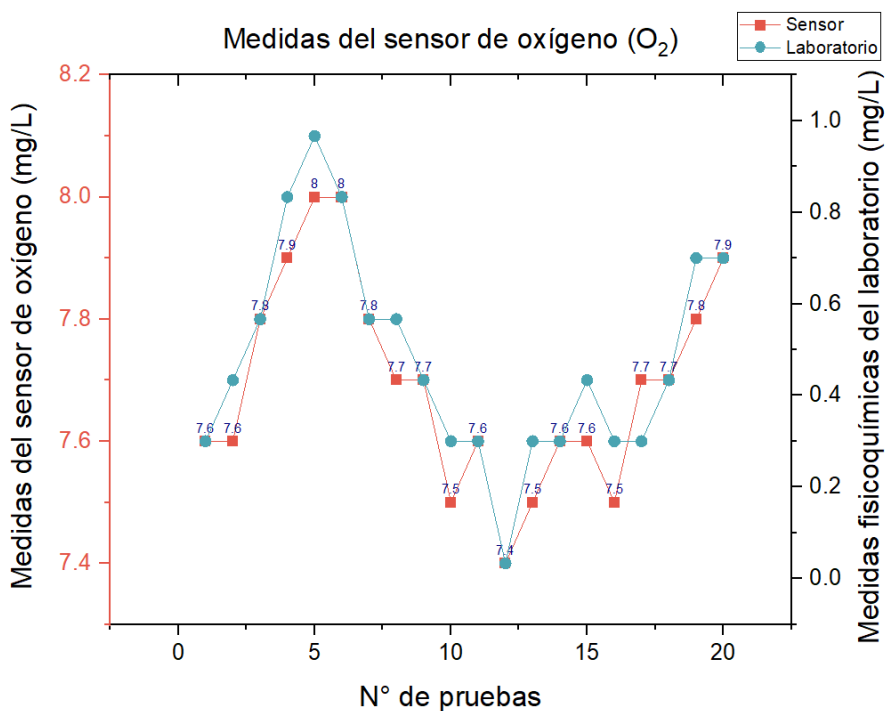


Figura 23. Medidas de valores de O₂

Fuente: Elaboración propia realizado en OriginPro 2024b

Para la función de monitoreo de la crianza de alevines:

Se realizaron las pruebas para el contraste del conteo de alevines de tilapia por medio de la CNN (Convolutional Neuronal Network), la cual dio como error un 3% de omisiones al momento de realizar el conteo

Contrastación de hipótesis específica 1

Para la hipótesis específica N°1 (HE1), se consolidó el objetivo mediante las especificaciones de diseño electrónico especificado por las etapas de cada una de las funcionalidades que posee el prototipo IoT. Al aplicar el instrumento N°2 de la investigación, se obtuvo la evaluación realizada por un personal especializado en maniobrar la herramienta

Contrastación de hipótesis específica 2

Para la hipótesis específica N°2 (HE2), se consolidó el objetivo mediante las especificaciones de conectividad especificado por la funcionalidad del envío de datos de forma inalámbrica por parte del prototipo IoT. Al aplicar el instrumento N°2 de la investigación, se obtuvo la evaluación realizada por un personal especializado en el análisis de rendimiento de red, tasa de envío de información, etc.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios de similares

Tomando como referentes a los antecedentes internacionales y nacionales, se realizaron las siguientes comparativas de lo obtenido en la presente investigación y los resultados de estudios ejecutados en otras regiones del mundo y Perú, cumple con los criterios de otros trabajos, los cuales han realizado un correcto funcionamiento de los equipos.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

El presente informe de tesis aplicó los criterios de responsabilidad ética al no realizar pruebas invasivas a los seres vivos, se realizaron las pruebas en ambientes controlados, el



VII. CONCLUSIONES

El prototipo IoT logra realizar el monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua

La etapa de envío de datos logró realizar de forma oportuna el envío de los parámetros medidos en las etapas de monitoreo y crianza de alevines

El procesamiento digital de imágenes ayuda de forma significativa con el control de conteo de alevines



VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el desarrollo de un prototipo IoT a una escala mayor para que se realice la función de crecimiento de tilapia nilótica.

Se recomienda realizar mayores estudios acerca de composición lumínica sobre la tilapia

Se recomienda evaluar la factibilidad para aplicar el proyecto al contexto empresarial



IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sociedad Nacional de Pesquería (SNP), «Acuicultura: Proceso, potencial y retos para su desarrollo». [En línea]. Disponible en: <https://www.snp.org.pe/acuicultura/>
- [2] FAO, «The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture», *The State of the World's Aquatic Genetic Resources for Food and Agriculture*, nov. 2019, doi: 10.4060/CA5256EN.
- [3] J. Pérez y M. Merino, «Piscicultura - Qué es, definición y concepto», Definición.de. [En línea]. Disponible en: <https://definicion.de/piscicultura/>
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), «Una producción pesquera y acuícola sin precedentes contribuye de manera decisiva a la seguridad alimentaria mundial», FAO, jun. 2023. doi: 10.4060/CC7285EN.
- [5] R. L. Naylor *et al.*, «A 20-year retrospective review of global aquaculture», *Nature* 2021 591:7851, vol. 591, n.º 7851, pp. 551-563, mar. 2021, doi: 10.1038/s41586-021-03308-6.
- [6] Organización de las Naciones Unidas (ONU), «“Transformación azul” para mejorar los sistemas alimentarios marinos», Noticias ONU, Portugal, junio de 2022. Accedido: 25 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2022/06/1511092>
- [7] FAO, «El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022», FAO, ago. 2022. doi: 10.4060/CC0461ES.
- [8] «Producción pesquera y acuícola en América Latina y el Caribe | Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura». Accedido: 25 de

noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.fao.org/americas/prioridades/pesca-y-acuicultura/es/>

- [9] «Efectos del tiempo y el clima en la acuicultura - Responsible Seafood Advocate». Accedido: 25 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.globalseafood.org/advocate/efectos-del-tiempo-y-el-clima-en-la-acuicultura/>
- [10] «Acuicultura en el Perú y sus beneficios para el canal HORECA - UMI Foods». Accedido: 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://www.umifoods.com/acuicultura-en-el-peru-beneficios-canal-horeca/>
- [11] R. Ferrer, «Pandemia por COVID-19: el mayor reto de la historia del intensivismo», *Med Intensiva*, vol. 44, n.º 6, pp. 323-324, ago. 2020, doi: 10.1016/J.MEDIN.2020.04.002.
- [12] J. Amadeo, O. Cáceres, R. Marilu, y L. Ticona, «Efecto de la pandemia de COVID-19 en el comportamiento de la economía del Perú, 2020», *Economía & Negocios*, vol. 3, n.º 2, pp. 39-46, oct. 2021, doi: 10.33326/27086062.2021.2.1182.
- [13] P. David, M. Ramirez, C. B. Cebrelli, y K. B. Cisneros, «LA ACUICULTURA PERUANA-UNA MIRADA AL 2025 (THE PERUVIAN AQUACULTURE-A LOOK AT 2025)», Accedido: 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://rnia.produce.gob.pe/>
- [14] J. R. García-González, P. A. Sánchez-Sánchez, J. R. García-González, y P. A. Sánchez-Sánchez, «Diseño teórico de la investigación: instrucciones metodológicas para el desarrollo de propuestas y proyectos de investigación científica», *Información tecnológica*, vol. 31, n.º 6, pp. 159-170, 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000600159.

- [15] A. A. Risco, «Justificación de la Investigación», doi: 10.1108/SRJ-08-2017-0155.
- [16] J. A. G.- Ingenierías y undefined 2005, «Justificación social de la investigación», *eprints.uanl.mx*, vol. VIII, n.º 28, 2005, Accedido: 27 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/10222/1/28_editorial.pdf
- [17] C. De y L. C. Casaño, «Metodología de la investigación tecnológica en ingeniería», *Ingenium*, vol. 1, n.º 1, pp. 2519-1403, jun. 2016, doi: 10.18259/ing.2016007.
- [18] S. Llamas y J. Baron, «Procedimiento Metodológico para la Ponderación Relativa de la Importancia Ambiental de las Acciones de Proyectos», *Revista Tecnología y Ciencia*, n.º 36, pp. 51-70, oct. 2019, doi: 10.33414/RTYC.36.51-70.2019.
- [19] C. E. Delgado Tapia y W. G. Valencia Astudillo, «Diseño e implementación de prototipo IOT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques», 2021, Accedido: 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21427>
- [20] «Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto, de la calidad del agua en criaderos de Tilapia en estanques de tierra». Accedido: 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>
- [21] L. Sergio, D. Ramos, y J. Dávalos, «Diseño de un sistema de monitoreo remoto de parámetros ambientales críticos de la planta piloto de acuicultura de la PUCP», jun. 2011, Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/538>

- [22] Á. F. Arescurenaga Ochoa, «Diseño de los componentes hidráulicos de un sistema de recirculación acuícola y el diseño estructural de los tanques de cultivo», *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, dic. 2016, Accedido: 12 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621695>
- [23] boletinagrario.com, «Alevín - ¿Qué es alevín? - significado, definición, traducción y sinónimos para alevín», oct. 2022, Accedido: 12 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://boletinagrario.com/ap-6,alevin,1268.html>
- [24] S. Shashank, S. Prabjeet, V. Nitin, y K. Diniesh, «Integrated Fish Farming - Rationale And Scope». Accedido: 12 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: http://aquafind.com/articles/Integrated_Fish_Farming.php
- [25] F. Flores Zermeño, F. Gonzalo Cossio, y F. Javier Flores, «Aplicaciones, Enfoques y Tendencias del Internet de las Cosas (IoT): Revisión Sistemática de la Literatura», vol. 13, n.º 9, p. 568, 2021.
- [26] S. C. Mimendi y E. H. Medina, «El prototipo en la investigación a través del diseño»: *i+Diseño. Revista Científico-Académica Internacional de Innovación, Investigación y Desarrollo en Diseño*, vol. 16, pp. 85-106, dic. 2021, doi: 10.24310/IDISENO.2021.V16I.11316.
- [27] A. F. C. Salcedo, A. B. Martínez, y A. C. González, «Centro de Investigación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas», *Visión electrónica*, vol. 12, n.º 1, pp. 43-50, may 2018, doi: 10.14483/22484728.13405.
- [28] L. Prat Viñas y J. Calderer Cardona, «Dispositivos electrónicos y fotónicos : fundamentos», p. 396, 2003, Accedido: 12 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.3/36170>

- [29] S. Hernandez Mendoza y D. Duana Avila, «Técnicas e instrumentos de recolección de datos», *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, vol. 9, n.º 17, pp. 51-53, dic. 2020, doi: 10.29057/ICEA.V9I17.6019.
- [30] D. V. S. Martínez, «Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación», *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, vol. 9, n.º 17, pp. 38-39, ene. 2022, doi: 10.29057/ESTR.V9I17.7928.
- [31] «DS18B20 sensor de temperatura para líquidos con Arduino». Accedido: 28 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/>

ANEXOS



X. ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

MONITOREO DE CRIANZA DE ALEVINES Y CONTROL DE CALIDAD AGUA MEDIANTE PROTOTIPO IOT							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General					
¿En qué medida un prototipo IoT realizará el monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua?	Desarrollar un prototipo IoT para el monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua	<p>HI: El prototipo IoT logra monitorizar la crianza de alevines y el control de calidad de agua</p> <p>HO: El prototipo IoT no logra monitorizar la crianza de alevines y el control de calidad de agua</p>	Monitoreo de crianza de alevines y control de calidad agua	<p>Alevines</p> <p>Calidad de agua</p>	<p>% Alevines</p> <p>Turbidez</p> <p>Porcentaje de oxígeno disuelto</p> <p>Grado de acidez</p> <p>Temperatura</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>tipo experimental</p> <p>Método de investigación</p> <p>Se aplicará el enfoque cuantitativo</p>	<p>Población:</p> <p>En la presente investigación, la población estará constituida por los 40 colaboradores.</p> <p>Muestra:</p> <p>Por conveniencia, por ser muestras pequeñas menor a 30 ó 50 unidades</p>
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Prototipo IoT	<p>Eficiencia de sistema</p> <p>Conectividad</p>	<p>Reportes actualizados</p> <p>Funcionamiento de los componentes electrónicos</p> <p>Tasa de transmisión de datos</p>	<p>Diseño de investigación</p> <p>El diseño de investigación será retrospectiva y</p>	<p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión documentaria • Entrevistas • Cuestionario
¿Cómo realizar un eficiente monitoreo y control mediante el uso de herramientas electrónicas?	Diseñar un sistema electrónico para el control monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua	El sistema electrónico logra monitorear la crianza de alevines y control de la calidad del agua					

<p>¿Cómo realizar un correcto envío de los datos de forma inalámbrica del monitoreo de crianza de alevines y control de calidad de agua?</p>	<p>Diseñar una etapa de envío de datos de forma remota para el monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua</p>	<p>La etapa de envío de datos permite el monitoreo de la crianza de alevines y control de la calidad del agua de forma remota</p>				<p>prospectiva, no experimental en un caso de estudio particular</p>	<p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fichas de entrevista • Formato de cuestionario
--	---	---	--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración propia



Anexo 2: Instrumento de recolección de datos 1

Ficha de observación comparativa									N°
Observador:									
Fecha:									
Promedio	24°C - 26°C		7,4 - 7,9		0,4 mg/L - 1,2 mg/L		6,1 mg/L - 8,2 mg/L		Observaciones
N° Medición	Temperatura FQ	Temperatura Prototipo	Ph FQ	Ph Prototipo	Amonio (NH3) FQ	Amonio (NH3) Prototipo	Oxígeno FQ	Oxígeno Prototipo	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									

15										
16										
17										
18										
19										
20										
							Firma			

Christoph *R.*

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos 2

Prueba de Funcionamiento 1: Parametrización de Sensores				
Objetivos	Realizar la configuración de parámetros de medición de los sensores.			
Descripción	Verificar la asignación de parámetros de medición de los sensores de pH, Oxígeno disuelto, Temperatura y NH ₃			
Roles:	Administrador			
Escenario N°1: Edición de datos de los sensores (50 Puntos)			Puntuación	
Datos de Entrada	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se selecciona en la lista el sensor y se asigna el tiempo medición del sensor y el intervalo de alertas.	OK	20 puntos	0 puntos	20 puntos
Datos de Salida	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se muestra un mensaje de "Sensor Actualizado Correctamente".	OK	30 puntos	0 puntos	30 puntos
Escenario N°2: Ingreso de parámetros Incorrectos (50 puntos)			Puntuación	
Datos de Entrada	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Ingreso de parámetros incorrectos o campos vacíos	OK	20 puntos	0 puntos	20 puntos
Datos de Salida	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se muestra un mensaje de error "Parámetros Incorrectos".	OK	30 puntos	0 puntos	30 puntos
PUNTUACIÓN FINAL	EVALUACIÓN EXITOSA	100 puntos		
CONCLUSIÓN	Los datos son actualizados por cada sensor.			

Prueba de Funcionamiento 2: Envío y recepción de datos del dispositivo				
Objetivos	Verificación el correcto funcionamiento de dispositivo			
Descripción	Verificación la comunicación del módulo wifi con la red de la institución.			
Roles:	Administrador			
Escenario N°1: Módulo ESP32 conectado a la red (35 Puntos)			Puntuación	
Datos de Entrada	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Tiempo de Medición en minutos.	OK	10 puntos	0 puntos	10 puntos
Intervalo de Medición Mínimo y Máximo.	OK	10 puntos	0 puntos	10 puntos
Datos de Salida	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se muestra un mensaje en la consola de "Conexión exitosa" y la IP asignada.	OK	15 puntos	0 puntos	15 puntos
Escenario N°2: Recepción de datos en el servidor web (35 puntos)			Puntuación	
Datos de Entrada	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Comandos AT	OK	5 puntos	0 puntos	5 puntos
Tiempo de Medición en minutos	OK	5 puntos	0 puntos	5 puntos
Intervalo de Medición Mínimo y Máximo	OK	5 puntos	0 puntos	5 puntos
Número telefónico de los usuarios	OK	5 puntos	0 puntos	5 puntos
Datos de Salida	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se muestra un mensaje de los datos recibidos y los datos de pH, Oxígeno disuelto, Temperatura y Turbidez	OK	15 puntos	0 puntos	15 puntos

Escenario N°3: Conexión con la red GSM (30 puntos)			Puntuación	
Datos de Entrada	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se selecciona el tanque de las mediciones registradas.	OK	10 puntos	0 puntos	10 puntos
Datos de Salida	Cumplimiento	Puntuación Asignada	No cumple	Cumple
Se muestra un mensaje en la consola de "Enviando SMS".	OK	10 puntos	0 puntos	10 puntos
Se visualiza un mensaje en el teléfono del usuario.	OK	10 puntos	0 puntos	10 puntos
PUNTUACIÓN FINAL	EVALUACIÓN EXITOSA	100 puntos		
CONCLUSIÓN	El prototipo recibe y envía datos al servidor en intervalos de tiempo y al teléfono del usuario encargado cuando los parámetros no sean los indicados por el administrador.			




Anexo 3. Especificaciones técnicas de DS18B20

PRELIMINARY

DS18B20
Programmable Resolution
1-Wire[®] Digital Thermometer



www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

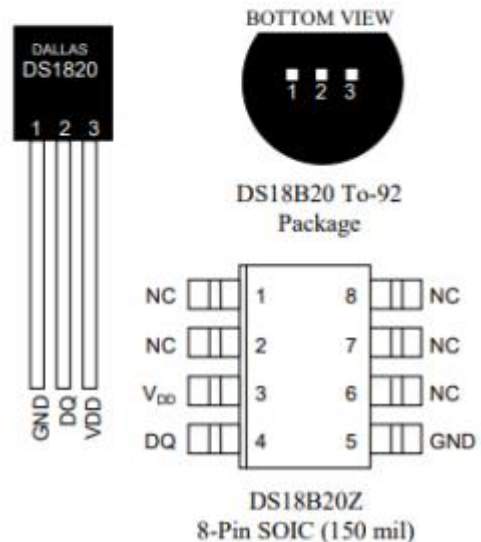
DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

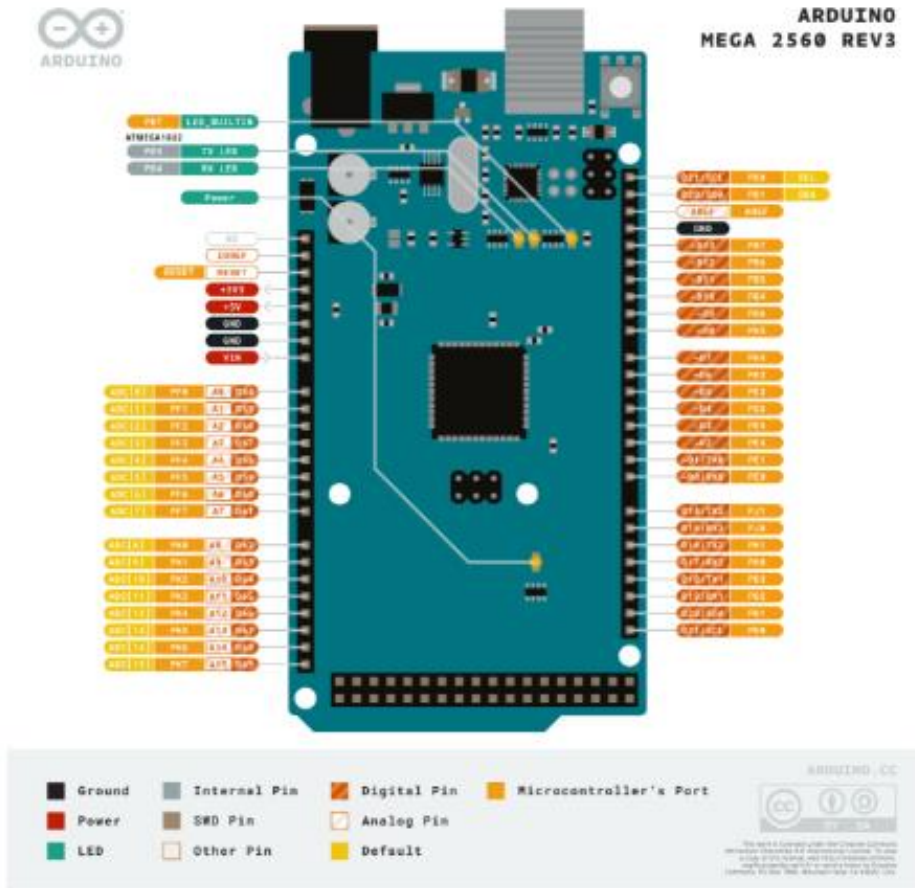
- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V_{DD} - Power Supply Voltage
- NC - No Connect



Anexo 4: Especificaciones técnicas de Arduino Mega



5 Connector Pinouts



Arduino Mega 2560 Rev3 Pinout

5.1 Analog

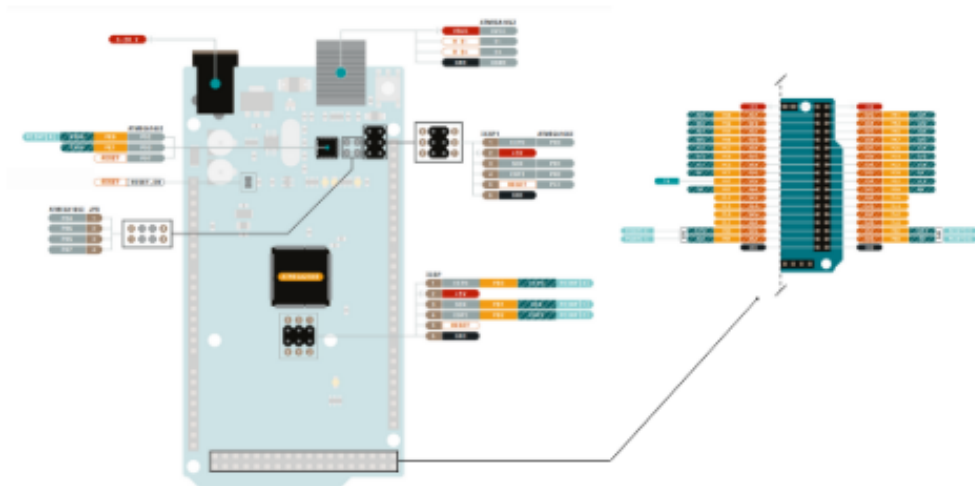
Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not Connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
13	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
14	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
15	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
16	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
17	A8	Analog	Analog input 8 /GPIO
18	A9	Analog	Analog input 9 /GPIO
19	A10	Analog	Analog input 10 /GPIO
20	A11	Analog	Analog input 11 /GPIO
21	A12	Analog	Analog input 12 /GPIO
22	A13	Analog	Analog input 13 /GPIO
23	A14	Analog	Analog input 14 /GPIO
24	A15	Analog	Analog input 15 /GPIO

5.2 Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D21/SCL	Digital Input/I2C	Digital input 21/I2C Dateline
2	D20/SDA	Digital Input/I2C	Digital input 20/I2C Dateline
3	AREF	Digital	Analog Reference Voltage
4	GND	Power	Ground
5	D13	Digital/GPIO	Digital input 13/GPIO
6	D12	Digital/GPIO	Digital input 12/GPIO
7	D11	Digital/GPIO	Digital input 11/GPIO
8	D10	Digital/GPIO	Digital input 10/GPIO
9	D9	Digital/GPIO	Digital input 9/GPIO
10	D8	Digital/GPIO	Digital input 8/GPIO
11	D7	Digital/GPIO	Digital input 7/GPIO
12	D6	Digital/GPIO	Digital input 6/GPIO
13	D5	Digital/GPIO	Digital input 5/GPIO
14	D4	Digital/GPIO	Digital input 4/GPIO



Pin	Function	Type	Description
15	D3	Digital/GPIO	Digital input 3 /GPIO
16	D2	Digital/GPIO	Digital input 2 /GPIO
17	D1/TX0	Digital/GPIO	Digital input 1 /GPIO
18	D0/Tx1	Digital/GPIO	Digital input 0 /GPIO
19	D14	Digital/GPIO	Digital input 14 /GPIO
20	D15	Digital/GPIO	Digital input 15 /GPIO
21	D16	Digital/GPIO	Digital input 16 /GPIO
22	D17	Digital/GPIO	Digital input 17 /GPIO
23	D18	Digital/GPIO	Digital input 18 /GPIO
24	D19	Digital/GPIO	Digital input 19 /GPIO
25	D20	Digital/GPIO	Digital input 20 /GPIO
26	D21	Digital/GPIO	Digital input 21 /GPIO



Arduino Mega 2560 Rev3 Pinout