



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN Y DISEÑO DIGITAL

CARRERA TELEMÁTICA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniera en Telemática

TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“SISTEMA AUTOMATIZADO DE ALIMENTACION BASADO EN
CARACTERISTICAS FISICAS Y CANTIDAD DE LOS PECES EN LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO CAMPUS LA MARÍA”**

AUTORA:

MUÑOZ RICAURTE KARELYS THAIS

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. EMILIO RODRIGO ZHUMA MERA, MSc.

QUEVEDO-LOS RÍOS- ECUADOR

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **KARELYS THAIS MUÑOZ RICAURTE**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Karelys Thais Muñoz Ricaurte

C.I: 125069092-0



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Karelys Thais Muñoz Ricaurte**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas y cantidad de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus La María**”, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Telemática**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Zhuma Mera Emilio Rodrigo, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Zhuma Mera Emilio Rodrigo, MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación “**Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas y cantidad de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus La María**” Presentado por la estudiante **Karelys Thais Muñoz Ricaurte**, egresado de la Carrera de Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Computación y Diseño Digital, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis del sistema COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
magister

Tesis Karelys Muñoz Ricaurte

4%
Textos sospechosos

4% Similitudes
< 1 % similitudes entre comillas
0 % entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: Tesis Karelys Muñoz Ricaurte.pdf
ID del documento: 69245df82b0535ff861266ae590e69ae8a3e09b
Tamaño del documento original: 1,29 MB

Depositante: EMILIO RODRIGO ZHUMA MERA
Fecha de depósito: 15/11/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 15/11/2025

Número de palabras: 14.838
Número de caracteres: 101.055

Ing. Zhuma Mera Emilio Rodrigo, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN Y DISEÑO DIGITAL

CARRERA DE TELEMÁTICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO:

“Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas y cantidad de los peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus la María”

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Computación y Diseño Digital como requisito previo a la obtención del título de ingeniera en Telemática

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Santiago Javier Meneses Narváez, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José Luis Tubay Vergara, MSc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Anthony Morán Cabezas, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en todo momento, por iluminar mi camino con sabiduría y darme la perseverancia necesaria para culminar esta etapa universitaria.

A mi familia, especialmente a mis padres, hermana, abuelos maternos y tíos, por su amor, apoyo incondicional y confianza en mí han sido mi mayor motivación para seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes, brindándome siempre palabras de aliento y esperanza.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, mi sincero reconocimiento por acogerme y ofrecerme las herramientas necesarias para mi formación académica y personal, fortaleciendo en mí valores de compromiso, disciplina y superación.

Finalmente, mi especial gratitud al Ingeniero Emilio Rodrigo Zhuma Mera, MSc., por su orientación, paciencia y dedicación durante el desarrollo de este proyecto de titulación su guía fue fundamental para el cumplimiento de los objetivos planteados y para mi crecimiento profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo, fruto de mi esfuerzo, dedicación y constancia, lo dedico en primer lugar a Dios, por ser mi guía espiritual, mi fortaleza y mi fuente de sabiduría en cada etapa de mi vida universitaria.

A mi familia, en especial a mi madre, padre, hermana, abuelos maternos y tíos, por su amor incondicional, comprensión y apoyo permanente, gracias a ellos he tenido la motivación, el aliento y la fe necesarios para superar los desafíos y alcanzar esta meta tan significativa en mi formación profesional.

Extiendo mi más sincero agradecimiento al Ingeniero y Coordinador Emilio Rodrigo Zhuma Mera, por su valiosa orientación, guía y respaldo tanto en el desarrollo de este proyecto como a lo largo de toda mi carrera universitaria su compromiso y dedicación han sido un ejemplo e inspiración en mi camino académico

RESUMEN

La investigación aborda el diseño e implementación de un sistema automatizado de alimentación para peces, enfocado en el campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, utilizando tecnologías de Internet de las Cosas y visión artificial. El estudio destaca que la alimentación manual, aún frecuente en estanques acuícolas, genera ineficiencias, sobrecostos y riesgos en la salud de los peces. A través del desarrollo de un prototipo compuesto por sensores de pH, temperatura y turbidez, cámara y un microcontrolador Raspberry Pi, se buscó garantizar la dosificación precisa del alimento en función de la biomasa y las características físicas de los peces. Los resultados evidencian que el sistema permite reducir el desperdicio de alimento, mejorar la uniformidad en el crecimiento y optimizar el uso de recursos en la piscicultura. Asimismo, se resalta el valor educativo de la propuesta, al integrar a los estudiantes en prácticas de innovación tecnológica aplicadas al sector acuícola. Finalmente, se concluye que la incorporación de IoT e inteligencia artificial en la acuicultura no solo contribuye a la productividad y sostenibilidad, sino que también abre el camino hacia granjas inteligentes capaces de responder en tiempo real a las condiciones cambiantes de los estanques.

Palabras Claves: Acuicultura, Internet de las Cosas, visión artificial, alimentación automatizada, sostenibilidad.

ABSTRACT

The research addresses the design and implementation of an automated fish feeding system, developed at the La María campus of the Technical State University of Quevedo, by integrating Internet of Things technologies and computer vision. The study emphasizes that manual feeding, still common in aquaculture ponds, generates inefficiencies, higher costs, and health risks for fish. Through the development of a prototype consisting of pH, temperature, and turbidity sensors, a camera, and a Raspberry Pi microcontroller, the aim was to ensure precise feed dosage according to fish biomass and physical characteristics. The results show that the system reduces feed waste, improves growth uniformity, and optimizes resource utilization in aquaculture. Furthermore, the educational value of the proposal is highlighted, as it involves students in technological innovation practices applied to the aquaculture sector. Finally, it is concluded that the incorporation of IoT and artificial intelligence in aquaculture not only contributes to productivity and sustainability but also paves the way for smart farms capable of responding in real time to changing pond conditions.

Keywords: Aquaculture, Internet of Things, computer vision, automated feeding, sustainability.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Problema de la investigación	2
1.1.2. Diagnóstico.....	3
1.1.3. Pronóstico	3
1.1.4. Formulación del problema.....	4
1.1.5. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	4
1.2.1. General.....	4
1.2.2. Específicos.....	4
1.3. Justificación	4
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1. Marco conceptual	7
2.1.1. Automatización.....	7
2.1.2. Acuicultura	7
2.1.3. Telemática.....	8
2.1.4. Internet de las Cosas	8
2.1.5. Visión artificial	8
2.1.6. Temperatura del agua.....	9
2.1.7. pH del agua.....	9

2.1.8. Turbidez del agua	9
2.1.9. Microcontrolador Raspberry pi	9
2.1.10. Cámara.....	10
2.1.11. Sensor de temperatura DS18B20.....	10
2.1.12. Sensor de pH.....	10
2.1.13. Sensor de turbidez	11
2.1.14. Spektrum 11.1V	11
2.1.15. Motor paso a paso.....	11
2.1.16. Módulo GSM (SIM800)	11
2.1.17. Módulo conversor ADC	12
2.1.18. Regulador de voltaje.....	12
2.1.19. PCB.....	12
2.1.20. Impresión 3D	12
2.1.21. Firebase.....	13
2.1.22. Visual Studio Code	13
2.1.23. Inteligencia artificial aplicada a la acuicultura	13
2.2. Marco referencial.....	13
2.3. Marco Legal.....	15
CAPÍTULO III.	17
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. Metodología.....	18
3.1.1 Localización.....	18

3.2. Tipo de investigación.....	18
3.2.1. Investigación aplicada	19
3.2.2. Investigación descriptiva	19
3.3. Métodos de investigación	19
3.3.1. Método inductivo.....	19
3.3.2. Método cuantitativo.....	20
3.3.3. Método analítico	20
3.4. Diseño de la investigación.....	20
3.4.1. Diseño no experimental	20
3.5. Fuentes de recopilación de información	21
3.5.1. Encuesta al personal y estudiantes de acuicultura	21
3.6. Estructura de la investigación.....	21
3.6.1. Fase 1: Investigación y selección	21
3.6.2. Fase 2: Desarrollo del sistema integrado	22
3.6.3. Fase 3: Pruebas y validación	22
3.6.4. Fase 4: Resultado.....	22
CAPÍTULO IV	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Resultados.....	26
4.1.1. Identificación de requerimientos técnicos del hardware para entornos acuícolas	26
4.1.2. Discusión	46

4.2. Integración de dispositivos mediante una aplicación web para el monitoreo en tiempo real de los entornos acuícolas	48
4.2.1. Discusión	58
4.3. Pruebas funcionales para la verificación de la precisión, confiabilidad y efectividad en condiciones operativas reales.....	59
4.3.1. Discusión	70
CAPÍTULO V.....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	72
5.1. Conclusiones.....	73
5.2. Recomendaciones	74
CAPÍTULO VI	75
BIBLIOGRAFÍA.....	75
CAPÍTULO VII.....	79
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comparación de plataformas para monitoreo web en tiempo real</i>	23
Tabla 2 <i>Comparativa entre microcontroladores</i>	26
Tabla 3 <i>Sensor de pH</i>	28
Tabla 4 <i>Sensor de temperatura</i>	29
Tabla 5 <i>Sensor de turbidez</i>	30
Tabla 6 <i>Cámara</i>	30
Tabla 7 <i>Integración del hardware- software para captura y procesamiento</i>	32
Tabla 8 <i>Conversor DC</i>	33
Tabla 9 <i>Motor paso a paso</i>	34
Tabla 10 <i>Batería</i>	35
Tabla 11 <i>Nomenclatura de las Ecuaciones</i>	36
Tabla 12 <i>Regulador de voltaje</i>	39
Tabla 13 <i>Tecnología de comunicación</i>	40
Tabla 14 <i>Componentes de la aplicación web</i>	48
Tabla 15 <i>Pines de cada componente, sensor conectado a la Raspberry pi</i>	55
Tabla 16 <i>Calibración de sensores</i>	57
Tabla 17 <i>Desempeño del algoritmo de visión artificial</i>	61
Tabla 18 <i>Calidad de agua en piscinas acuícolas</i>	62
Tabla 19 <i>Comparación entre el sistema automatizado de alimentación de peces y alimentación manual</i>	66
Tabla 20 <i>Toma del peso manual contra visión artificial</i>	68
Tabla 21 <i>Protocolo de validación</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Automatización</i>	7
Figura 2 <i>Mapa de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus la María</i>	18
Figura 3 <i>Captura y procesamiento de imágenes</i>	42
Figura 4 <i>Etiquetado y preparación de datos</i>	43
Figura 5 <i>Comparación entre Tensor Flow y Yolov8</i>	44
Figura 6 <i>Integración del software final</i>	45
Figura 7 <i>Conexión Raspberry pi con la cámara</i>	49
Figura 8 <i>Circuito de conexión de la Raspberry con la cámara</i>	50
Figura 9 <i>Circuito de conexión de la Raspberry pi con el Conversor ADC y los sensores analógicos</i>	51
Figura 10 <i>Circuito de conexión de la Raspberry con el sensor de temperatura</i>	52
Figura 11 <i>Circuito de conexión Raspberry con módulo Lm2596, driver VRV8825 y motor paso a paso Nema 17</i>	53
Figura 12 <i>Esquema eléctrico del prototipo</i>	54
Figura 13 <i>Arquitectura IoT</i>	56
Figura 14 <i>Aplicación web</i>	58
Figura 15 <i>Diagrama de bloques visión artificial</i>	60
Figura 16 <i>Toma del peso Manual</i>	67
Figura 17 <i>Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas de los peces</i>	66

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de duración de una batería	36
Ecuación 2. Ecuación del tiempo de duración de una batería	37
Ecuación 3. Aplicando la ecuación del tiempo de duración de una batería.....	37
Ecuación 4. Ecuación de optimización de energía aplicado en una batería	37
Ecuación 5. Aplicando la ecuación de optimización de una batería	37
Ecuación 6. Mejora en la duración de una batería.....	38
Ecuación 7. Ecuación relación longitud y peso	46
Ecuación 8. Parámetros del modelo longitud y peso	46
Ecuación 9. Parámetro del modelo longitud y peso	46
Ecuación 10. Sustitución en la ecuación longitud y peso	46
Ecuación 11. Cálculo de la ecuación longitud y peso.....	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la PCB.....	80
Anexo 2. Programación de los sensores para la calidad del agua	81
Anexo 3. Parámetros para los sensores de calidad del agua	82
Anexo 4. Capturas del monitoreo de los peces	83
Anexo 5. Arquitectura de como medirá al pez la visión artificial.....	84
Anexo 6. Integración de los componentes y ensamblaje con PCB	85
Anexo 7. Sistema Desarrollado en su Totalidad.....	85
Anexo 8. Repositorio.....	85
Anexo 9. Encuesta a los estudiante y personal que monitorea el laboratorio de acuicultura	86

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas y cantidad de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus La María.		
Autor:	Muñoz Ricaurte Karelys Thais		
Palabras claves:	Internet de las Cosas	Visión artificial	Sistema automatizado
Fecha de publicación:	2025		
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La Central”, 2025		
Resumen:	La investigación se centra en el diseño e implementación de un sistema automatizado de alimentación para peces en el campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, empleando tecnologías de Internet de las Cosas y visión artificial. El prototipo desarrollado integra sensores de pH, temperatura y turbidez, una cámara y una Raspberry Pi, permitiendo dosificar el alimento de forma precisa según la longitud y las condiciones físicas del estanque evidencian que el sistema logra reducir significativamente el desperdicio de alimento, mejora la uniformidad en el crecimiento de los peces y optimiza el uso de recursos dentro del proceso productivo, el estudio demuestra que la incorporación de IoT e inteligencia artificial en la piscicultura promueve prácticas más eficientes, sostenibles.		
Abstract:	The research focuses on the design and implementation of an automated fish-feeding system at the La María campus of the Technical State University of Quevedo, using Internet of Things technologies and computer vision. The developed prototype integrates pH, temperature, and turbidity sensors, along with a camera and a Raspberry Pi, enabling precise feed dosing based on fish length and the physical conditions of the pond. The results show that the system significantly reduces feed waste, improves growth uniformity, and optimizes resource use within the production process. Overall, the study demonstrates that the incorporation of IoT and artificial intelligence in fish farming promotes more efficient and sustainable practices.		
Descripción:	hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162		

INTRODUCCIÓN

La acuicultura, dejó de ser una práctica marginal para convertirse en una actividad importante en muchos países. No solo por su capacidad de producir alimentos en cantidades significativas, sino porque representó una alternativa real ante la sobreexplotación de la pesca tradicional. En medio de ese panorama, se hizo evidente que uno de los aspectos más delicados y, al mismo tiempo, más influyentes en los resultados productivos fue la forma en que se alimentaba a los peces alimentarlos mal tenía consecuencias o se gastaba de más, o se ponía en riesgo la salud de los animales [1].

En muchos países de América Latina, la acuicultura no solo representó una fuente de ingresos, sino también una oportunidad para mejorar la calidad de vida en sectores donde otras actividades no han tenido éxito. Al revisar cómo se alimentaban los peces en muchos de esos estanques, salta a la vista que la mayoría lo hicieron manualmente. Eso implicaba tiempo, esfuerzo y, sobre todo, imprecisión. Luis afirmó que muchas veces se diseñó sistemas tecnológicos pensando en condiciones ideales que luego no se reflejaban en la práctica [2].

En Ecuador, existe una gran diversidad de especies y ecosistemas donde se practica la piscicultura es fácil notar que, aunque hay conocimiento empírico valioso, falta el acompañamiento técnico para mejorar los procesos. Rúales en su estudio dejó en claro que se ejemplificó bien su propuesta de alimentar truchas tomando en cuenta su tamaño esto, más allá de parecer un detalle técnico, demostró que cuando se ajustaban los parámetros a las características del pez, los resultados mejoraban [3].

En ese escenario, la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en su campus La María, tuvo una oportunidad de hacer algo distinto. No se trató solo de diseñar un sistema automatizado porque sonaba moderno, sino de crear una solución concreta para un problema real. Esta propuesta apuntó a implementar un sistema capaz de reconocer las características físicas de los peces, como su tamaño, y calcular la cantidad exacta de alimento necesario. Se tomaron imágenes, se procesaron datos y se activó un mecanismo que dispensaba alimento según lo requerido. Para llevar a cabo esta propuesta, se trabajó directamente en los estanques del campus.

El proyecto propuso el diseño de un sistema automatizado para la alimentación de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María. Para ello, se iniciaron pruebas piloto que permitieran evaluar si el uso del sistema disminuía el desperdicio de alimento y mejoraba la distribución según el tamaño y cantidad de peces. En caso de obtener resultados favorables, se buscaba replicar el sistema en otras unidades acuícolas con ligeros ajustes. Este enfoque no se limitó a la aplicación técnica, sino que respondió a una necesidad concreta del entorno productivo local.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.Problema de la investigación

1.1.1. *Planteamiento del problema*

El manejo eficiente de la alimentación en los sistemas acuícolas fue, durante años, uno de los factores más críticos para garantizar un crecimiento adecuado de los peces, evitar el desperdicio de alimento y reducir el impacto ambiental, el proceso de alimentación manual aún persistía en muchos estanques y centros de investigación acuícola, como es el caso de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María. Esta práctica, aunque común, presentaba varias limitaciones relacionadas con la precisión, el control del consumo y la adecuación de la dieta a las necesidades reales de los peces.

Diversos estudios han demostrado que alimentar a los peces sin considerar sus características físicas como tamaño o especie y su cantidad generan una serie de consecuencias negativas, tales como la subalimentación, la sobrealimentación o la competencia desigual por el alimento. Leal nos da a entender que estos errores no solo afectan el crecimiento saludable de los ejemplares, sino que también incrementaban los costos operativos, disminuyen la eficiencia del sistema y provocan contaminación por restos de comida no consumida [4].

La falta de tecnologías personalizadas y la escasa implementación de tecnologías en los procesos de alimentación limitan el avance de la acuicultura se desarrolla sostenible y tecnológicamente moderna. En ese sentido, se requiere un sistema que, a través del uso de Internet de las Cosas e Visión Artificial, permita a los peces y administrara el alimento de forma automática y proporcional, considerando tanto su cantidad como sus características morfológicas [3]

La carencia de este tipo de soluciones tecnológicas en instituciones de formación superior como la Universidad Técnica Estatal de Quevedo representó una oportunidad para proponer y desarrollar herramientas innovadoras que no solo optimiza el proceso productivo, sino que también sirven como plataformas de aprendizaje y mejora continua en la formación de futuros profesionales en ingeniería y acuicultura. [2]

1.1.2. Diagnóstico

La acuicultura desarrollada en el campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, permitió identificar múltiples síntomas relacionados con la ineficiencia en los procesos de alimentación de los peces. Uno de los principales factores detectados es el uso predominante de métodos manuales de alimentación, lo que genera inconsistencias en las raciones suministradas y, en consecuencia, afecta la salud y el crecimiento óptimo de los peces. Además, la ausencia de sistemas inteligentes de monitoreo impide ajustar la alimentación en función de variables críticas como el tamaño, el tipo de pez o la biomasa presente en los estanques.

Esta situación revela una falta de integración tecnológica en las prácticas acuícolas actuales, lo cual limita la capacidad de optimización del recurso alimenticio y genera pérdidas económicas tanto por el desperdicio de insumos como por la baja eficiencia productiva. A pesar de los avances en tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas e Visión Artificial, su implementación en entornos acuícolas educativos y experimentales sigue siendo incipiente.

1.1.3. Pronóstico

El pronóstico de esta problemática dependerá en gran medida de la adopción oportuna de soluciones tecnológicas basadas en sistemas inteligentes y automatizados. Si se logra implementar un sistema de alimentación controlado por Internet de las cosas e Visión Artificial, interconectados, se podrían optimizar los recursos, reducir el desperdicio de alimento, mejorar la salud de los peces y aumentar la productividad de las granjas acuícolas.

En caso contrario, de mantenerse las prácticas manuales sin adaptaciones tecnológicas, es probable que persistan las ineficiencias alimenticias, lo que afectaría el rendimiento académico y práctico de los estudiantes, así como los resultados en investigación aplicada. A largo plazo, esta situación podría limitar el desarrollo de proyectos innovadores dentro del ámbito educativo y científico, y desaprovechar la oportunidad de posicionar al campus La María como referente en tecnologías acuícolas inteligentes.

Por tanto, es imperativo impulsar la integración de tecnologías emergentes como el IoT, IA en el proceso de alimentación, no solo para modernizar las prácticas productivas, sino también para formar profesionales capaces de liderar la transformación digital en la acuicultura.

1.1.4. Formulación del problema

¿Cómo diseñar un sistema automatizado de alimentación basada en características físicas y cantidad de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María?

1.1.5. Sistematización del problema

- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos clave para seleccionar y configurar el hardware adecuado en entornos acuícolas?
- ¿Cómo se puede integrar los dispositivos con una aplicación web para monitorear en tiempo real los entornos acuícolas?
- ¿Qué pruebas funcionales deben realizarse para verificar la precisión, confiabilidad y efectividad del sistema en condiciones operativas reales?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

- Diseñar un sistema automatizado para la alimentación basado en características físicas y cantidad de peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María.

1.2.2. Específicos

- Identificar los requerimientos técnicos para la configuración del hardware adecuado en los entornos acuícolas.
- Integrar los dispositivos mediante una aplicación web para el monitoreo en tiempo real del entorno acuícola de un estanque en el Campus La María.
- Realizar pruebas funcionales para la verificación de la precisión, confiabilidad y efectividad en condiciones operativas reales.

1.3. Justificación

Actualmente, la acuicultura se enfrenta a diversos retos en cuanto a la mejora de los procesos de alimentación en los métodos convencionales, la distribución del alimento se hace manualmente, lo que presenta limitaciones en precisión, uniformidad y control de las porciones. Esto conlleva a problemas comunes como el desperdicio de alimento, la sobrealimentación o subalimentación de los peces, afectando tanto su salud como la eficiencia económica del proceso productivo. Si estos inconvenientes no se solucionan a tiempo, pueden incrementar los costos operativos, disminuir la productividad, generar un

crecimiento desigual entre los peces y, a mediano plazo, poner en riesgo la sostenibilidad de la acuicultura.

En el entorno de la acuicultura educativa y experimental llevado a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María, se ha identificado la necesidad de aplicar estrategias innovadoras que mejoren la precisión en la alimentación, tomando en cuenta las características físicas de los peces y la densidad poblacional en los estanques, la falta de sistemas automatizados impide el monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales y dificulta la toma de decisiones eficaces en la gestión de los recursos.

Frente a este panorama, este estudio se centró en la integración de tecnologías emergentes, como los sistemas automatizados basados en el Internet de las Cosas y Visión artificial, con el objetivo de optimizar la alimentación en entornos acuícolas, la puesta en marcha de un sistema automatizado permitió recolectar y procesar datos en tiempo real, dosificar con exactitud el alimento y disminuir los errores propios de la alimentación manual.

Estas soluciones tecnológicas representan un progreso notable en la implementación de prácticas sostenibles en la acuicultura el ámbito académico, brindan una herramienta práctica para la formación de estudiantes en disciplinas como la ingeniería electrónica, la automatización, el procesamiento de imágenes y el desarrollo de sistemas inteligentes. Desde una perspectiva productiva, ofrecen un modelo escalable y aplicable en otras instalaciones, fortaleciendo el vínculo entre innovación tecnológica, sostenibilidad y desarrollo regional.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Automatización

La automatización es un sistema que permite a una máquina realizar procesos o tareas sin intervención humana, aplicado principalmente en la industria para ahorrar tiempo y dinero. Su evolución ha estado ligada al desarrollo de tecnologías mecánicas, electromecánicas y digitales, permitiendo el control eficiente y confiable de procesos complejos. Con el tiempo, ha pasado de mecanismos simples a sistemas inteligentes con alta capacidad de supervisión, flexibilidad y respuesta, extendiéndose incluso más allá del ámbito industrial a aplicaciones domésticas, médicas y sociales. [5].

Figura 1

Automatización



Fuente: Google

2.1.2. Acuicultura

La acuicultura se define como el conjunto de técnicas y prácticas empleadas para la crianza controlada de organismos acuáticos, tanto de agua dulce como salada, destinadas a la producción de alimentos, repoblación, ornato, entre otros fines. A diferencia de la pesca extractiva, que se basa en la captura de especies silvestres, la acuicultura se centra en la producción sostenida de especies acuáticas en condiciones controladas o semicontroladas. Esta disciplina abarca una amplia variedad de organismos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y algas, y se presenta como una solución frente a la creciente demanda de productos marinos y la sobreexplotación de recursos [6].

2.1.3. Telemática

Es una rama de la ingeniería que combina la informática y las telecomunicaciones con el objetivo de diseñar y gestionar sistemas que permitan la transmisión, procesamiento y almacenamiento de información a distancia esta disciplina se fundamenta en el uso de redes de comunicación de datos, protocolos y servicios digitales que garantizan la conectividad entre dispositivos y plataformas, su aplicación es esencial en ámbitos como el Internet de las Cosas, los sistemas de transporte inteligentes, la telemedicina, la educación virtual y la gestión de redes distribuidas. La telemática no solo busca la interconexión, sino también la eficiencia y seguridad en el intercambio de información [7].

2.1.4. Internet de las Cosas

Es el paradigma tecnológico que consiste en la interconexión de objetos físicos a través de Internet, permitiéndoles recopilar, procesar y compartir datos en tiempo real estos dispositivos, equipados con sensores, actuadores y software, se comunican entre sí y con sistemas centralizados para automatizar tareas y optimizar procesos, tiene aplicaciones en múltiples áreas como la domótica, la salud, la agricultura inteligente, las ciudades inteligentes, la industria 4.0 y la gestión de recursos energéticos. Su finalidad es mejorar la eficiencia, reducir costos y ofrecer servicios más personalizados y sostenibles. [8].

2.1.5. Visión artificial

La visión artificial es un campo de la inteligencia artificial que permite obtener, procesar y analizar información a partir de imágenes digitales. Involucra una serie de procesos como la captura de imágenes, su almacenamiento, procesamiento e interpretación, con el fin de automatizar tareas como inspecciones sin contacto, controles de calidad, mediciones espaciales y guiado de robots. Esta tecnología se utiliza ampliamente en la industria para identificar objetos, determinar su posición, establecer relaciones espaciales y realizar mediciones, todo ello con una precisión y velocidad superiores a los métodos tradicionales [9].

2.1.6. Temperatura del agua

La temperatura del agua tiene un papel fundamental en distintas etapas del ciclo de vida de los peces, ya que afecta su ritmo de alimentación, crecimiento, reproducción y capacidad para resistir enfermedades. Para lograr una acuicultura eficiente, es esencial mantener la temperatura del agua dentro de los rangos óptimos según la especie, lo cual se puede conseguir mediante el uso de sistemas de calefacción o enfriamiento en entornos de cultivo controlado [10].

2.1.7. pH del agua

En la acuicultura, el pH del agua es un factor crítico que afecta directamente la salud y el comportamiento de los peces, así como otros organismos acuáticos. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del agua y se expresa en una escala de 0 a 14, donde un pH de 7 es neutro. Valores por debajo de 7 indican acidez, mientras que valores por encima de 7 indican alcalinidad [10].

2.1.8. Turbidez del agua

La turbidez del agua en acuicultura se refiere al grado de opacidad o claridad del agua debido a la presencia de partículas suspendidas. Este fenómeno afecta la calidad del agua, y su medición es crucial para evaluar y gestionar el entorno acuático en el que se crían los peces u otros organismos acuáticos. Mantener niveles adecuados de turbidez es esencial para garantizar la salud, el crecimiento y el bienestar de los animales acuáticos solicitada [10].

2.1.9. Microcontrolador Raspberry pi

La Raspberry pi es un microcontrolador desarrollado por NVIDIA que funciona como un miniordenador de alto rendimiento optimizado para tareas de inteligencia artificial y visión por computadora. Está basado en la arquitectura Maxwell con 128 núcleos CUDA, posee un procesador de 64 bits, y es capaz de ejecutar modelos de Deep learning modernos con bajo consumo energético. Su capacidad para manejar tareas como el reconocimiento facial, detección de objetos y procesamiento de imágenes en tiempo real lo hace ideal para aplicaciones como la detección de mascarillas faciales en entornos públicos [11].

2.1.10. Cámara

Es un compartimento o espacio diseñado para contener agua y simular un entorno acuático, utilizado comúnmente en estudios científicos, experimentos escolares o sistemas cerrados como acuarios o eco-columnas. En ella se pueden introducir organismos vivos como peces, plantas acuáticas o invertebrados, junto con agua y otros elementos del ecosistema, con el fin de observar interacciones biológicas, procesos ecológicos o cambios en el ambiente. Su objetivo principal es reproducir las condiciones de un ecosistema acuático para su análisis o enseñanza [12].

2.1.11. Sensor de temperatura DS18B20

Es un termómetro digital que permite realizar mediciones de temperatura con una resolución seleccionable entre 9 y 12 bits, y una precisión de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el rango de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Opera mediante el protocolo de comunicación 1-Wire, lo que significa que solo necesita una línea de datos además de la tierra para conectarse a un microcontrolador, y puede incluso alimentarse directamente desde la misma línea de datos mediante “energía parásita”. Este sensor es ideal para aplicaciones distribuidas, ya que cada unidad posee un código serial único de 64 bits, lo que permite conectar múltiples sensores en una misma línea. Su diseño compacto, su capacidad de operar en un amplio rango de temperatura $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, y su facilidad de integración lo hacen especialmente útil para monitoreo ambiental, control de procesos industriales y proyectos acuícolas como el presente, donde se requiere medir la temperatura del agua con fiabilidad y bajo consumo energético [13].

2.1.12. Sensor de pH

Un sensor de pH es un dispositivo que mide cuán ácida o básica es una solución, y en el caso del estudio presentado en el PDF, se utiliza un electrodo industrial de pH no vítreo instalado en el observatorio submarino OBSEA. Este sensor, basado en tecnología ISFET de estado sólido, ofrece alta resistencia, respuesta rápida y señal estable con baja impedancia, lo que reduce la necesidad de calibraciones frecuentes. Genera una salida de voltaje proporcional al pH y una resistencia proporcional a la temperatura, pero requiere un circuito de acondicionamiento para conectarse al instrumento CTD que registra los datos. La calibración del sensor se realizó en laboratorio y en campo utilizando un espectrofotómetro de alta precisión del Instituto de Ciencias del Mar ICM, lo que permitió ajustar el sensor para que sus lecturas reflejen con precisión el pH real del agua de mar [14].

2.1.13. Sensor de turbidez

Es una propiedad óptica del agua que se refiere a su capacidad para dispersar y absorber la luz en lugar de permitir que esta se transmita en línea recta. Esta característica se debe a la presencia de partículas suspendidas en el agua, como arcillas, materia orgánica o microorganismos. Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (UNT), utilizando un turbidímetro que compara la luz dispersada por la muestra con la dispersada por una suspensión patrón de formacina, sustancia seleccionada por su reproducibilidad y facilidad de preparación. A mayor dispersión de luz, mayor turbidez presenta la muestra [15].

2.1.14. Spektrum 11.1V

La batería Spektrum Smart G2 SPMX133S30 es una batería LiPo de 11.1 V (3S) con una capacidad de 1300 mAh y una tasa de descarga de 30C, lo que permite una descarga continua de hasta 39 A, ideal para vehículos RC como drones o aviones. Incorpora la tecnología Smart G2, que permite cargarla sin necesidad de un cable de balanceo, ya que se comunica directamente con los cargadores Spektrum compatibles a través del conector IC3, ofreciendo monitoreo inteligente de parámetros como ciclos de carga, temperatura y voltaje de celdas, lo que optimiza su rendimiento y seguridad [16].

2.1.15. Motor paso a paso

Es un motor eléctrico diseñado para permitir un control preciso de la velocidad, posición y torque, que incorpora un sistema de retroalimentación, generalmente mediante sensores llamados encoders que detectan su posición y/o velocidad. A diferencia de los motores convencionales, los servomotores forman parte de un servomecanismo, lo que significa que incluyen elementos de control que les permiten responder a señales externas y ajustarse dinámicamente. Son ampliamente utilizados en robótica por su precisión, tamaño compacto y capacidad de control mediante pulsos que determinan el ángulo de giro, comúnmente en un rango de 0° a 180° [17].

2.1.16. Módulo GSM (SIM800)

Es un dispositivo de comunicación 850, 900, 1800, 1900 MHz que integra tecnología GSM, GPRS 2G, permitiendo a microcontroladores como Arduino, ESP32 o Raspberry Pi establecer enlaces de datos y voz a través de la red celular. Su control se realiza mediante comandos AT vía interfaz UART, lo que facilita funciones como envío y recepción de SMS, realización de llamadas y transmisión de datos GPRS para aplicaciones IoT bajo un consumo, amplio rango de compatibilidad y facilidad de integración se emplea en sistemas

de monitoreo remoto, alarmas, rastreo y automatización, ofreciendo una solución eficiente y económica para comunicación inalámbrica en entornos embebidos. [18].

2.1.17. Módulo conversor ADC

Es un dispositivo electrónico que transforma una señal analógica continua, como la generada por sensores de temperatura, luz o sonido, en una señal digital que puede ser interpretada por microcontroladores, computadoras u otros sistemas digitales. Esta conversión es esencial en aplicaciones donde se requiere procesar información del mundo real en sistemas digitales, ya que permite representar valores analógicos en forma de datos binarios mediante muestras tomadas a intervalos específicos. La precisión del ADC depende de su resolución, medida en bits, y de la velocidad con la que realiza las conversiones [19].

2.1.18. Regulador de voltaje

Un regulador de voltaje es un dispositivo electrónico que recibe una tensión eléctrica determinada y entrega una salida menor y estable, adecuada para alimentar de forma segura equipos específicos; su función principal es mantener constante el voltaje de salida, independientemente de las variaciones en la entrada o en la carga conectada, que proporciona una salida fija de 5V y cuenta con tres terminales: entrada, masa y salida [20].

2.1.19. PCB

Printed Circuit Board es una placa utilizada para montar y conectar componentes electrónicos mediante pistas conductoras de cobre se realiza la soldadura, que consiste en unir componentes a la placa mediante un soldador que funde el estaño para fijar eléctricamente los elementos. [21].

2.1.20. Impresión 3D

La impresión 3D, también conocida como manufactura aditiva, es una tecnología que permite crear objetos físicos tridimensionales a partir de modelos digitales, agregando material capa por capa de forma precisa y controlada. Utiliza distintos métodos, como el modelado por deposición fundida (FDM), el sinterizado selectivo por láser (SLS) o la estereolitografía (SLA), adaptándose a diversos materiales como polímeros, resinas o polvos metálicos. Esta técnica ha revolucionado la fabricación al permitir la creación rápida y económica de prototipos y productos personalizados, eliminando muchas limitaciones de los métodos tradicionales, y se aplica en sectores tan variados como la medicina, la automoción, la alimentación, la arquitectura, la defensa y la industria aeroespacial. [22].

2.1.21. Firebase

Firestore es una plataforma móvil basada en la nube desarrollada por Google que proporciona servicios de Backend as a Service su componente principal es la Realtime Database, una base de datos NoSQL que permite la sincronización de datos en tiempo real entre múltiples dispositivos Android, iOS y Web, sin necesidad de infraestructura propia de servidores ni recargas manuales de pantalla, integra herramientas para autenticación de usuarios, almacenamiento en la nube, analítica, mensajería y notificaciones push, lo que facilita el desarrollo de aplicaciones seguras, escalables y eficientes en entornos cliente-servidor. Gracias a estas características, Firestore se ha consolidado como una solución ideal para proyectos que requieren respuestas inmediatas y gestión de datos en tiempo real [23].

2.1.22. Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código fuente multiplataforma desarrollado por Microsoft, diseñado para ofrecer un entorno ligero pero potente para la programación. Se caracteriza por su compatibilidad con múltiples lenguajes de programación, integración con sistemas de control de versiones como Git, y un ecosistema de extensiones que permiten personalizarlo según las necesidades del desarrollador. Además, incluye funciones avanzadas como resaltado de sintaxis, depuración integrada, terminal embebido y soporte para entornos de desarrollo web, lo que lo convierte en una herramienta eficiente tanto para entornos académicos como profesionales [24].

2.1.23. Inteligencia artificial aplicada a la acuicultura

La adopción de la inteligencia artificial en el ámbito acuícola representa una evolución significativa hacia sistemas de producción más inteligentes y eficientes, la integración de inteligencia artificial con el internet de las cosas permite la monitorización en tiempo real de parámetros ambientales (como temperatura, oxígeno y pH), el análisis automático de imágenes para estimar biomasa o densidad de población, y la toma de decisiones autónomas para optimizar la alimentación y prevenir [25] .

2.2. Marco referencial

El estudio realizado por Leal menciona que, la innovación tecnológica y el enfoque sustentable no solo incrementan la productividad y competitividad de los piscicultores, sino que también disminuyen los gastos de operación, asegurando una piscicultura más eficaz y amigable con el entorno. Un sistema, que integra métodos de dosificación volumétrica y gravimétrica, permite una regulación precisa y un monitoreo eficiente, resolviendo las

limitaciones del manejo artesanal y reduciendo la generación de compuestos tóxicos en el agua [4].

Este proyecto de Luis propone un prototipo, creado para acuicultores artesanales, se distingue por su coste reducido en comparación con aparatos comerciales, garantizando una repartición uniforme del alimento en los estanques sin provocar alteraciones en el agua, reduciendo así el desperdicio y la producción de sustancias tóxicas. Además, su capacidad de almacenamiento y movilidad permite ajustarse a las necesidades de cada estanque, mejorando el manejo de la alimentación y promoviendo prácticas sostenibles [2].

Este estudio nos dice Rúaes que, el alimentador autónomo no solo aspira a solucionar los problemas locales, sino también a crear un modelo a seguir para otras comunidades de pescadores, fomentando la utilización de tecnologías de vanguardia que simplifiquen el trabajo de los acuicultores, disminuyan la necesidad de trabajo y garanticen una producción sostenible y de excelente calidad. Se destacan las ventajas de los sistemas de alimentación automatizados, que incluyen la reducción de costos operativos, un mejor control de las raciones y el incremento de la productividad mediante el uso de tecnologías modernas [3].

Shal, aborda el diseño y construcción de un alimentador automático de peces para tilapia en sistemas de acuicultura de recirculación, buscando reemplazar métodos manuales ineficientes. El dispositivo opera con un motor DC y distribuye alimento desde una tolva giratoria con cámaras calibradas, programado para trabajar a diferentes velocidades y alturas. Se evaluaron tres tamaños de pellets, tres velocidades de rotación 9, 11 y 14 rpm y tres alturas de descarga 0, 55 y 70 cm [26].

Adegboye, propone un sistema inteligente de alimentación para peces que ajusta automáticamente la cantidad de alimento suministrado según la intensidad real de alimentación, utilizando análisis de vibraciones del comportamiento de los peces y redes neuronales artificiales. Mediante sensores de movimiento (acelerómetro, giroscopio y magnetómetro), un algoritmo de codificación en cadena de 8 direcciones y transformadas de Fourier, el sistema identifica patrones de comportamiento como alimentación, escape y natación. Los resultados muestran que el modelo basado en descriptores obtenidos de la codificación en cadena alcanza una precisión del 100%, superando ampliamente a los métodos convencionales. Este enfoque permite reducir el desperdicio de alimento, minimizar la contaminación del agua y aumentar la eficiencia en la acuicultura sin intervención humana [27].

Edinson afirma que, se sustenta en la integración de sostenibilidad y sustentabilidad como ejes del diseño de productos acuícolas, orientados a optimizar recursos y reducir impactos ambientales, en concordancia con enfoques internacionales como el Informe Brundtland y modelos tripartitos ecológico, económico y social; incorpora además el concepto de famiempresa como base organizacional en comunidades rurales y la responsabilidad social en el diseño, enfatizando tendencias centradas en el usuario, inclusión cultural y sostenibilidad; bajo el enfoque del Diseño Centrado en el Usuario y de las Buenas Prácticas de Producción Acuícola se prioriza la inocuidad alimentaria y la calidad productiva, considerando parámetros físico-químicos críticos en el cultivo de tilapia temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza y las modalidades extensivas, semi-intensivas e intensivas; asimismo, se revisan los elementos constitutivos de los alimentadores automáticos panel de control, motor de dispersión, sistemas fotovoltaicos, el estado actual de la tecnología en Ecuador, México y Colombia, así como patentes y referentes de mercado que validan soluciones automatizadas, complementadas por innovaciones emergentes como visión artificial, IoT, machine learning, impresión 3D y blockchain, que constituyen un marco técnico para el desarrollo de un alimentador automático solar adaptado a las condiciones locales de Yopal [28].

2.3. Marco Legal

Este marco legal hace referencia a la ley orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca, que se describe a continuación.

Ley orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca

La ley orgánica para el desarrollo de la acuicultura y pesca es una ley orgánica que tiene como objetivo establecer el régimen jurídico para el desarrollo de las actividades acuícolas y pesqueras en todas sus fases de extracción, recolección, reproducción, cría, cultivo, procesamiento, almacenamiento, distribución, comercialización interna y externa, y actividades conexas. la ley busca proteger, conservar, investigar, explotar y utilizar los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas mediante la aplicación del enfoque ecosistémico pesquero de tal manera que se logre el desarrollo sustentable y sostenible que garantice el acceso a la alimentación, en armonía con los principios y derechos establecidos en la

constitución de la república, y respetando los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales.

La acuicultura en Ecuador no solo debe atenerse a normas propias del sector, sino también a disposiciones ambientales más amplias que regulan la descarga de aguas residuales y la calidad del recurso hídrico, conforme a la revisión de la Food and Agriculture Organization (FAO), en Ecuador la concesión para descarga de efluentes y desechos se otorga tras la aprobación de un Plan de Gestión Ambiental vinculado a un Estudio de Impacto Ambiental la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Aguas Residuales, propuesta en el país, define que las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

Artículos de la Constitución con Relevancia al Proyecto.

- **Artículo 2:** *“Define los objetivos de la Ley, que incluyen el desarrollo sostenible y sostenible de la acuicultura y la pesca, la protección y conservación de los recursos hidrobiológicos y sus ecosistemas, y la promoción de la producción de alimentos saludables.”*
- **Artículo 3:** *“Establece los principios rectores de la Ley, que incluyen el enfoque ecosistémico pesquero, la conservación y uso sostenible de los recursos hidrobiológicos, y el respeto por los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales.”*
- **Artículo 4:** *“Define los ámbitos de aplicación de la Ley, que incluyen la extracción, recolección, reproducción, cría, cultivo, procesamiento, almacenamiento, distribución, comercialización interna y externa, y actividades conexas.”*

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

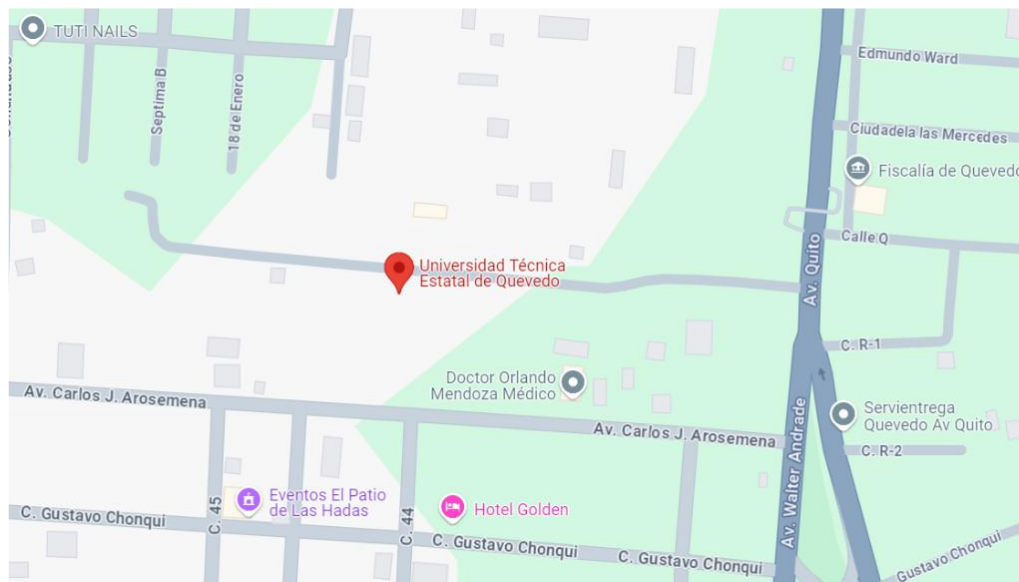
3.1. Metodología

3.1.1 Localización

El Proyecto de investigación se realizó en la ciudad Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Centrándose en las inmediaciones de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo campus la María en el laboratorio de piscicultura en una de sus piscinas con un radio de 39 cm y un largo de 86 cm en las siguientes coordenadas Long -1.0124781982063438, Lat. -79.46948853688443.

Figura 2

Mapa de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus la María



Fuente: Google Maps

3.2. Tipo de investigación

Es un tipo de estudio que consistió en la recopilación, análisis y síntesis de información existente sobre sistemas automatizados de alimentación en entornos acuícolas. Este enfoque se basó en la revisión de fuentes como artículos científicos, libros, tesis y proyectos previos relacionados con la automatización en piscicultura, el uso de tecnologías IoT y visión artificial, así como las estrategias actuales para mejorar la eficiencia en la alimentación de peces. Además, se consideraron investigaciones que abordan la aplicación de soluciones tecnológicas en ambientes educativos y productivos, permitiendo establecer una base teórica sólida para el desarrollo de un sistema adaptado a las condiciones de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María.

3.2.1. Investigación aplicada

Se desarrolló la investigación aplicada se llevó a cabo para evaluar el funcionamiento del sistema automatizado de alimentación de peces en condiciones reales, recopilando y analizando métricas como los tiempos de activación, la frecuencia de alimentación, la cantidad de alimento dispensado y el crecimiento promedio de los peces durante el periodo de prueba, lo que permitió comprobar la utilidad práctica del sistema y medir su impacto en la eficiencia del proceso de alimentación y en el bienestar de los peces en los estanques del campus La María.

3.2.2. Investigación descriptiva

Para abordar este estudio, inicialmente se llevó a cabo una investigación descriptiva, cuyo propósito fue analizar y comprender los procesos actuales de alimentación de los peces en los estanques del campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se recopilaron datos a través de observación directa, entrevistas con el personal encargado y revisión de registros sobre horarios, cantidades de alimento y comportamiento de los peces. Esta información permitió identificar las principales necesidades y problemas en el sistema tradicional de alimentación, sirviendo como base para el diseño e implementación de un sistema automatizado adaptado a las condiciones del entorno.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación reflejó el enfoque particular y las técnicas empleadas para llevar a cabo el estudio. En el caso de este proyecto, se utilizó el método inductivo, el cual se justifica por los siguientes puntos: permitió observar, analizar y recopilar datos específicos sobre las prácticas de alimentación en los estanques de peces del campus La María, para luego identificar patrones y necesidades recurrentes. A partir de estas observaciones concretas, se formularon generalizaciones y soluciones tecnológicas aplicables, como el diseño de un sistema automatizado basado en IoT y visión artificial. Este enfoque facilitó una comprensión progresiva del problema y la construcción de una propuesta innovadora a partir de la experiencia real en campo.

3.3.1. Método inductivo

El método inductivo será clave en esta investigación, ya que se partirá del análisis de la alimentación tradicional de peces en el campus La María para identificar sus limitaciones. A partir de datos recopilados mediante sensores y dispositivos conectados, se establecerán

patrones que permitan validar la eficiencia del sistema automatizado con IoT, demostrando su impacto en la optimización de la alimentación y el uso de recursos.

3.3.2. Método cuantitativo

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo mediante la aplicación de encuestas a estudiantes y personal encargado del cuidado y alimentación de los peces en los estanques del campus La María, con el propósito de detectar las prácticas actuales en el manejo de los estanques e identificar los factores que inciden en la eficiencia del proceso, servirá como base para la implementación de un sistema automatizado; este instrumento permitirá recopilar información clave sobre la frecuencia y horarios de alimentación, las cantidades suministradas, facilitando así el diseño de un sistema que responda a las necesidades reales sin alterar el entorno de trabajo ni las condiciones naturales del cultivo.

3.3.3. Método analítico

La investigación adoptó el método analítico para examinar los factores que inciden en la alimentación de peces en los estanques del campus La María, utilizando los datos de encuestas y del prototipo para identificar causas de ineficiencia, relacionarlas con la calidad del agua y el crecimiento de los peces, e interpretar los resultados con miras a mejorar la productividad y sostenibilidad mediante un sistema automatizado de alimentación.

3.4. Diseño de la investigación

3.4.1. Diseño no experimental

Este enfoque permitió realizar una caracterización detallada del proceso de alimentación de peces en los estanques del campus La María, mediante un estudio descriptivo no experimental basado en la observación directa y el análisis de información recolectada en condiciones normales de operación. Sin intervenir ni modificar las rutinas existentes, se documentaron aspectos como la frecuencia de alimentación, el comportamiento de los peces, el manejo del alimento y las condiciones ambientales del entorno acuático. Esta metodología permitió identificar necesidades, ineficiencias y oportunidades de mejora en el sistema actual, generando una base informativa sólida para el diseño e integración futura de tecnologías automatizadas sin alterar el contexto real de producción.

3.5. Fuentes de recopilación de información

Para llevar a cabo este estudio, se recurrió a diversas fuentes que abarcan tanto la documentación especializada como los datos existentes, con el propósito de sustentar teórica y metodológicamente la investigación:

- **Fuentes Primarias:** La información para este estudio se obtuvo mediante una revisión sistemática en diversas plataformas y bases de datos científicas. Se priorizaron investigaciones publicadas a partir del año 2020 hasta la actualidad, enfocadas en el ámbito de la acuicultura y la aplicación de tecnologías automatizadas.
- **Fuentes Secundarias:** Se consultaron repositorios académicos especializados, así como plataformas reconocidas como Google Scholar y Academia, que proporcionaron material teórico y técnico relevante para comprender los fundamentos y avances tecnológicos aplicados al control automatizado en sistemas acuícolas.

3.5.1. Encuesta al personal y estudiantes de acuicultura

La encuesta a estudiantes y personal encargado del cuidado y alimentación de los peces se realizará para detectar las prácticas actuales en el manejo de los estanques, lo que ayudará a identificar factores asociados a la eficiencia del proceso y a desarrollar estrategias tecnológicas que mejoren la alimentación a través de un sistema automatizado. Este tipo de instrumento permitirá recopilar información clave sobre la frecuencia de alimentación, cantidades utilizadas, horarios establecidos y percepciones del personal, facilitando el diseño de un sistema que responda a las necesidades reales sin alterar el entorno de trabajo ni las condiciones naturales del cultivo.

3.6. Estructura de la investigación

3.6.1. Fase 1: Investigación y selección

En esta fase inicial, se analizó diferentes tecnologías de automatización para la alimentación de peces, evaluando su eficiencia, fiabilidad y aplicabilidad en la acuicultura. Se realizó una comparación detallada de los sistemas existentes, seleccionando la tecnología más adecuada para la automatización del proceso, con un enfoque en la precisión del suministro de alimento y el monitoreo en tiempo real.

3.6.2. Fase 2: Desarrollo del sistema integrado

Se procedió con la integración de sensores, cámaras acuáticas y dispositivos conectados para la recopilación de datos sobre el comportamiento de los peces, la calidad del agua y la cantidad de alimento suministrado. Se diseñará un sistema inteligente que ajuste automáticamente la alimentación en función de estos parámetros, garantizando eficiencia y reducción del desperdicio.

3.6.3. Fase 3: Pruebas y validación

Teniendo los resultados de la investigación, que incluyeron conclusiones, recomendaciones para la implementación del sistema automatizado de alimentación de peces y posibles implicaciones para la gestión eficiente de recursos en los estanques del campus La María, se evidenció una mejora en la precisión del suministro de alimento, reducción del desperdicio y optimización del tiempo del personal encargado. Estos hallazgos servirán como base para futuras mejoras tecnológicas en el área de acuicultura dentro de la universidad.

3.6.4. Fase 4: Resultado

Teniendo los resultados de la investigación, que incluyeron conclusiones, recomendaciones para la implementación del sistema automatizado de alimentación de peces y posibles implicaciones para la gestión eficiente de recursos en los estanques del campus La María, se evidenció una mejora en la precisión del suministro de alimento, reducción del desperdicio y optimización del tiempo del personal encargado. Estos hallazgos servirán como base para futuras mejoras tecnológicas en el área de acuicultura dentro de la universidad.

3.7. Recursos de software

Tabla 1

Comparación de plataformas para monitoreo web en tiempo real

Plataforma	Características Principales	Ventajas	Desventajas
Firebase	Backend en la nube con base de datos en tiempo real (Realtime Database, Firestore), autenticación, hosting y notificaciones push.	Actualización inmediata, alta escalabilidad, buena integración con Android/iOS.	Puede ser costoso a gran escala, dependencia de Google, limitado para migrar otras plataformas.
Supabase	Plataforma open source basada en PostgreSQL, con autenticación, APIs REST/GraphQL, almacenamiento y suscripciones en tiempo real.	Código abierto, fácil integración, compatible con SQL, comunidad en crecimiento.	Menos maduro que Firebase, algunas funciones avanzadas aún en desarrollo, menor ecosistema.
Appwrite	Plataforma open source de backend con base de datos, autenticación, funciones serverless y almacenamiento.	Autohospedable, flexibilidad total, privacidad de datos, ideal para proyectos que buscan independencia de proveedores.	Requiere conocimientos técnicos para configuración y mantenimiento, menor cantidad de integraciones listas que Firebase.
AWS Amplify	Servicio de Amazon Web Services para apps web y móviles.	Alta escalabilidad, integración con toda la nube de AWS,	Mayor complejidad de uso, curva de aprendizaje

Elaborado: Karelys Muñoz

Firebase se elige porque es una solución madura con base de datos en tiempo real, autenticación, hosting y notificaciones push, integra de forma amplia con Android e iOS, permite sincronización inmediata de datos, lo que garantiza un sistema de alimentación inteligente de peces confiable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los resultados obtenidos realizadas en el entorno de desarrollo demostraron la efectividad del sistema automatizado de alimentación basado en visión artificial e IoT, aplicado en el contexto de las prácticas acuícolas del campus La María. Las simulaciones se realizaron considerando distintos escenarios que incluyeron variaciones en la biomasa, tamaño de los peces y condiciones del agua, evaluando el desempeño del sistema en entornos reales y controlados.

4.1.1. Identificación de requerimientos técnicos del hardware para entornos acuícolas

La correcta selección y configuración del hardware resulta fundamental para el desarrollo eficiente de un sistema automatizado de alimentación en acuicultura. Para ello, se realizó un análisis exhaustivo de los componentes disponibles en el mercado, considerando aspectos como la capacidad de procesamiento, compatibilidad con sensores, protocolos de comunicación y consumo energético.

Tabla 2

Comparativa entre microcontroladores

Característica	ESP32 CH340	Arduino UNO	Arduino Nano V3.0	Raspberry Pi
Arquitectura y diseño	Módulo compacto con conectividad WiFi y Bluetooth integrada.	Placa estándar basada en el microcontrolador ATmega328P.	Versión reducida del Arduino UNO, mantiene el mismo microcontrolador.	Tarjeta con chip RP2040, arquitectura ARM Cortex-M0+ de doble núcleo.
Memoria disponible (SRAM)	Incluye 520 KB de SRAM.	Dispone de 2 KB de SRAM.	Cuenta con 2 KB de SRAM.	Ofrece 264 KB de SRAM.

Característica	ESP32 CH340	Arduino UNO	Arduino Nano V3.0	Raspberry Pi
Rango de voltaje operativo	Funciona únicamente a 3.3 V.	Opera a 5 V estables.	Trabaja a 5 V regulados; permite 7–12 V por entrada VIN.	Admite entre 1.8 y 5.5 V (comúnmente 3.3 V).
Característica	ESP32 CH340	Arduino UNO	Arduino Nano V3.0	Raspberry Pi
Frecuencia del procesador	Procesador dual core a 240 MHz.	Frecuencia fija de 16 MHz.	Frecuencia fija de 16 MHz al igual que el UNO.	Procesador a 133 MHz.
Entradas y salidas	34 pines GPIO: incluye ADC, DAC, PWM y comunicación I2C/SPI/UART.	14 pines digitales y 6 analógicos; soporta PWM e interfaces seriales.	14 digitales y 8 analógicos; incorpora PWM, I2C, SPI y UART.	26 GPIO totales, con ADC, PWM y protocolos seriales variados.
Costo aproximado	Alrededor de 8 USD.	Suele costar cerca de 10 USD.	Generalmente ronda los 6 USD.	Su valor aproximado es de 175 USD.
Sistema de programación	No ejecuta un SO; se programa mediante firmware tipo Arduino IDE.	No utiliza sistema operativo; funciona con firmware para Arduino.	Tampoco posee SO; se programa con el entorno Arduino.	No usa SO; se desarrolla mediante SDK en C/C++.

Elaborado: Karelys Muñoz

La Raspberry Pi 4 es una computadora de placa reducida diseñada para procesos computacionales intensivos, ideal para proyectos de visión artificial como la

implementación del modelo YOLOv8, cuenta con un potente procesador Quad-core ARM Cortex-A72 de 1.5 GHz, acompañado de una memoria RAM que puede variar entre 2 y 8 GB, lo que le permite ejecutar sistemas operativos completos y manejar modelos de inteligencia artificial en tiempo real.

Esta capacidad de procesamiento superior facilita la ejecución eficiente de algoritmos complejos de detección y clasificación de objetos, necesarios en la acuicultura para monitorear en tiempo real las características físicas y el comportamiento de los peces, la Raspberry Pi 4 soporta módulos de cámara de alta resolución y múltiples interfaces de comunicación USB 3.0, Gigabit Ethernet, Wi-Fi y Bluetooth, imprescindibles para integrar sensores y transmitir datos a plataformas web o sistemas locales.

Su compatibilidad con librerías de aprendizaje profundo y frameworks como Tensor Flow, PyTorch y ultralytics YOLO, junto con su flexibilidad para correr sistemas operativos basados en Linux, lo hacen una plataforma adecuada para implementar un sistema de alimentación automatizada basado en visión artificial en entornos acuícolas.

Tabla 3

Sensor de pH

Modelo	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Precisión	Facilidad de Uso	Precio (USD)
BNC con terminal	0–14 pH	5V	±0.1 pH	Media, requiere calibración	33.99
Gravity: Analog pH Sensor (DFRobot)	0–14 pH	3.3–5.5V	±0.1 pH	Alta, incluye calibración digital	27.00
Atlas Scientific pH Sensor	0–14 pH	3.3–5V	±0.02 pH	Alta, auto calibración	59.00

Elaborado: Karelys Muñoz

El sensor de pH con terminal BNC fue seleccionado para el sistema debido a su amplia disponibilidad, bajo costo y facilidad de calibración manual, lo que lo hace ideal en

proyectos experimentales con Raspberry Pi, a diferencia de otros modelos como el DFRobot Gravity o el Atlas Scientific, este sensor ofrece un equilibrio entre precisión y precio, con una lectura estable en el rango completo de 0 a 14 pH y una precisión de ± 0.1 pH requiere la adición de un módulo amplificador y un convertidor ADC para su conexión a la Raspberry Pi, este proceso es sencillo y permite una excelente integración mediante Python.

Tabla 4

Sensor de temperatura

Modelo	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Precisión	Facilidad de Uso	Precio (USD)
DS18B20	-55 °C a +125 °C	3.0–5.5V	± 0.5 °C	Alta, resistente al agua	10.92
DHT22	-40 °C a +80 °C	3.3–6V	± 0.5 °C	Media, integra humedad	12.00
LM35	-55 °C a +150 °C	4–30V	± 0.25 °C	Alta, fácil de usar	9.50

Elaborado: Karelys Muñoz

El DS18B20 fue escogido como sensor de temperatura por su diseño impermeable, su rango operativo amplio -55 °C a +125 °C y su protocolo digital One Wire, que permite conectar múltiples sensores a la Raspberry Pi utilizando un solo pin de datos, su precisión de ± 0.5 °C es adecuada para monitorear el agua en tanques de peces, donde los cambios térmicos deben registrarse con estabilidad y continuidad en comparación, sensores como el DHT22 presentan buena precisión, pero no están diseñados para funcionar sumergidos, y el LM35, aunque más preciso en aire, necesita encapsulamiento adicional para su uso en agua.

Tabla 5*Sensor de turbidez*

Modelo	Rango de Detección	Voltaje de Operación	Precisión	Facilidad de Uso	Precio
KEYESTUDIO	0–1000 NTU	5V	±5%	Media, requiere calibración	18.99
DFRobot Turbidity Sensor	0–3000 NTU	3.3–5V	±2%	Alta, salida analógica/digital	23.00
Gravity: Analog Turbidity Sensor	0–4000 NTU	5V	±1%	Alta, calibración simplificada	28.50

Elaborado: Karelys Muñoz

El sensor de turbidez KEYESTUDIO fue elegido para el sistema debido a su compatibilidad eléctrica con 5 V, su facilidad de calibración y su precio asequible, requiere un módulo ADC para su lectura por parte de la Raspberry Pi ofrece una precisión suficiente $\pm 5\%$ para aplicaciones de monitoreo de claridad del agua.

Comparado con modelos como el DFRobot Turbidity Sensor o el Gravity Analog Turbidity, que proporcionan un rango mayor hasta 3000–4000 NTU y precisión mejorada, el KEYESTUDIO resulta más económico y cumple con las necesidades de un sistema de control acuícola educativo o de investigación.

Tabla 6*Cámara*

Característica	OV5647	Raspberry Pi Camera v2 (IMX219)	Arducam 8MP (IMX219/IMX219 var.)	Logitech C270 (USB)
Resolución	5 MP, 1080p	8 MP, 1080p	8 MP, hasta 1080p/higher	3 MP, 720p

Característica	OV5647	Raspberry Pi Camera v2 (IMX219)	Arducam (IMX219/IMX219 var.)	8MP	Logitech C270 (USB)
Interfaz	CSI (compatible Pi)	CSI (compatible Pi)	CSI o SPI según modelo		USB
Compatibilidad Raspberry Pi	Nativa	Nativa	Buena (para Pi)	(modelos)	Necesita driver/USB
Costo aproximado	\$15.99	\$20-30	\$25-40		\$20-30
Consumo	Bajo	Bajo	Bajo-medio		Medio
Ventajas	Barata y suficiente para visión básica	Mejor resolución y rendimiento low-light	Flexibilidad de lentes y configuraciones	de	Fácil de usar en PCs
Desventajas	Limitada frente a sensores modernos	Costo mayor	Más cara y compleja	y	Menor integración con Pi y menor calidad

Elaborado: Karelys Muñoz

Inicialmente se seleccionó la cámara OV5647 por su óptima relación costo-beneficio, compatibilidad nativa con la interfaz CSI de Raspberry Pi y suficiente resolución para aplicaciones básicas de reconocimiento visual en acuicultura, además de su bajo consumo energético. Sin embargo, con el objetivo de mejorar la calidad de imagen, especialmente en condiciones variables de iluminación y para obtener mayor detalle visual, se decidió reemplazar esta cámara por una webcam HD 1080p USB.

La webcam HD 1080p ofrece resolución Full HD que permite capturar imágenes con mayor nitidez y detalle, lo que puede potenciar la precisión del sistema de visión artificial YOLOv8 utilizado para la detección y seguimiento de peces, la integración de una webcam USB implica mayor uso de recursos del sistema y potencial aumento en el consumo energético, su facilidad de conexión y amplio soporte en diferentes plataformas Linux junto con la posibilidad de manipulación vía OpenCV, justifican esta elección para mejorar el desempeño visual del prototipo.

Esta actualización permite obtener imágenes más claras y detalladas, fundamentales para análisis más precisos en acuicultura automatizada y para optimizar la dosificación de alimento basado en la biomasa estimada de los peces. El cambio a webcam USB genera una mejora significativa en la captura visual, manteniendo la flexibilidad y compatibilidad del sistema con la Raspberry Pi 4.

Tabla 7

Integración del hardware- software para captura y procesamiento

Librería	Instalación	Uso
OpenCV	pip install opencv-python	Procesamiento de imágenes, detección de bordes, lectura de cámara.
NumPy	pip install numpy	Manejo de matrices de píxeles.
Pillow (PIL)	pip install pillow	Cargar y guardar imágenes.
imutils	pip install imutils	Funciones auxiliares (rotar, redimensionar, detección de movimiento).

Elaborado: Karelys Muñoz

El hardware seleccionado ofrece la potencia necesaria para manejar la transferencia de datos en tiempo real desde la cámara, mientras que el software implementado se basa en librerías especializadas que facilitan la captura, preprocesamiento, análisis y visualización de imágenes. La utilización de librerías como OpenCV para procesamiento de imágenes y las específicas para ejecución de modelos de aprendizaje profundo permiten desarrollar un flujo de trabajo optimizado.

Tabla 8*Conversor DC*

Característica	ADS1115	MCP3008	ADS1015	INA219
Resolución	16 bits	10 bits	12 bits	16 bits (corriente/voltage via shunt)
Interfaz	I2C	SPI	I2C	I2C
Rango de muestreo	Hasta ~860 SPS	Hasta ~200 ksps (MCP3008 depende del SPI)	Más rápido que ADS1115	Depende del sensor
Canales	4 canales analógicos	8 canales	4 canales	1 canal con medición de corriente
Precisión/ruido	Alta (16-bit)	Menor (10-bit)	Intermedia (12-bit)	Alta para corriente
Costo aprox.	\$18.99	\$5-10	\$8-12	\$8-15
Ventajas	Alta resolución y ganancia	Más canales y barato	Compromiso costo/velocidad	Mide corriente/voltaje (útil para diagnóstico)
Desventajas	Menos canales que MCP3008	Baja resolución	Menor resolución que ADS1115	No es ADC general-purpose

Elaborado: Karelys Muñoz

El ADS1115 fue elegido por su resolución de 16 bits y PGA integrado, lo que permite lecturas precisas de sensores ambientales, el MCP3008 ofrece más canales y menor

precio, pero con resolución más baja adecuado si la aplicación prioriza cantidad de sensores sobre precisión.

Tabla 9

Motor paso a paso

Característica	NEMA 17	NEMA 23	28BYJ-48 + ULN2003	Motor con driver paso a paso integrado
Torque típico	Suficiente para mecanismos de dosificación pequeños (~40-60 N·cm según modelo)	Mayor torque (para cargas pesadas)	Bajo torque (sólo aplicaciones muy ligeras)	Depende del driver y corriente
Corriente	1.5A por fase (ejemplo)	2.8A+	0.2-0.5A	Variable según driver
Tamaño/placa	Compacto	Más grande y pesado	Muy compacto	Integración más sencilla con drivers
Precisión	Alta (paso estándar 1.8°)	Alta	Menor (reductores)	Driver con microstepping
Costo aprox.	\$8.99	\$20-35	\$3-6	Driver DRV8825 ~\$5-10
Ventajas	Balance torque/precisión/size y común en proyectos	Ideal para cargas	Muy barato y popular en hobby	Drivers modernos

Característica	NEMA 17	NEMA 23	28BYJ-48 ULN2003	+ Motor con driver paso a paso integrado
Desventajas	Puede requerir controlador externo y disipación térmica	Mayor consumo y tamaño	Torque limitado y no recomendable para cargas	Costo y complejidad añadida

Elaborado: Karelys Muñoz

El NEMA 17 fue seleccionado porque ofrece precisión y torque suficientes para mecanismos de dosificación en dispositivos compactos, manteniendo tamaño y costo razonables, si el sistema requiere mover cargas mayores o tiene fricción elevada, un NEMA 23 sería más adecuado. El 28BYJ-48 es una opción económica para prototipos, pero limita el rendimiento en producción.

Tabla 10

Batería

Característica	LiPo 11.1V 1000mAh	LiPo 11.1V 2200mAh	Li-ion 7.4V 2000mAh	Batería SLA 12V 7Ah
Voltaje nominal	11.1V (3S)	11.1V (3S)	7.4V (2S)	12V nominal
Capacidad	1000 mAh	2200 mAh	2000 mAh	7000 mAh
Densidad energética	Alta	Alta	Alta/medio	Baja (pesada)
Peso/ Tamaño	Muy compacto y ligero	Compacto pero mayor	Más voluminoso	Pesado y voluminoso
Costo aprox.	\$25.05	\$35-50	\$20-40 (pack)	\$30-60

Característica	LiPo 11.1V 1000mAh	LiPo 11.1V 2200mAh	Li-ion 7.4V 2000mAh	Batería SLA 12V 7Ah
Ventajas	Alta densidad y energía para aplicaciones	Mayor autonomía sin cambiar	Fácil de manejar y seguro en some configs	Barata por Wh, robusta
Desventajas	Requiere BMS/cuidado (carga y seguridad)	Mayor costo y volumen	Menor voltaje (requiere boost/step-up)	Muy pesada y no apta para portátil/estanque

Elaborado: Karelys Muñoz

Cálculo del consumo energético

El consumo de energía de un sistema alimentado por batería se puede expresar como:

Donde:

Ecuación 1. Ecuación de tiempo de duración de una batería

$$T = \frac{C * n}{I} \quad (1)$$

Tabla 11

Nomenclatura de las Ecuaciones

Símbolo	Descripción	Unidad
(T)	Tiempo de duración de la batería	horas (h)
(C)	Capacidad de la batería	mAh
(I)	Corriente promedio de consumo	mA
(η)	Eficiencia del sistema ($0 < \eta \leq 1$)	adimensional

Cálculo sin optimización

- Capacidad de batería: C=1000 mAh

- Corriente promedio sin optimización: $I_s=500$ mA
- Eficiencia del sistema sin optimizar: $\eta_s=0.95$

Entonces:

Ecuación 2. Ecuación del tiempo de duración de una batería

$$T = \frac{C * n}{I} \quad (2)$$

Ecuación 3. Aplicando la ecuación del tiempo de duración de una batería

$$T = \frac{100 * 0.95}{500} = 1.8h = 2 \quad (3)$$

Cálculo con optimización energética

Después de implementar técnicas de ahorro (como modo reposo, reducción de reloj del microcontrolador, apagado de periféricos, etc.):

- Corriente optimizada: $I_o=250$ mA
- Eficiencia del sistema optimizado: $\eta_o=0.95$

Entonces:

Ecuación 4. Ecuación de optimización de energía aplicado en una batería

$$T_o = \frac{C * n_o}{I_o} \quad (4)$$

Ecuación 5. Aplicando la ecuación de optimización en una batería

$$T_o = \frac{1000 * 0.95}{250} = 3.8h = 4h \quad (5)$$

Relación de mejora energética

La mejora en tiempo se obtiene con:

Ecuación 6. Mejora en la duración de una batería

$$\text{Factor de mejora} = \frac{T_0}{T_s} = \frac{4}{2} = 2 \quad (6)$$

El cálculo del consumo energético del sistema demuestra de forma clara la relación inversamente proporcional entre la corriente de consumo y la autonomía de la batería aplicando la ecuación:

$$T = \frac{C * \eta}{I}$$

donde C es la capacidad de la batería, I la corriente promedio y η la eficiencia del sistema, se observa que una batería de 1000 mAh con una eficiencia del 95 % y un consumo de 500 mA proporciona una autonomía aproximada de 1.8 h redondeada a 2 h, al implementar estrategias de optimización como el uso de modos de bajo consumo, reducción de frecuencia del microcontrolador y desactivación de periféricos no esenciales, la corriente promedio se reduce a 250 mA, extendiendo la autonomía a cerca de 3.8 h redondeado a 4 h esto evidencia una mejora del 100 % en el tiempo de operación, demostrando que la eficiencia energética del sistema depende directamente de la gestión del consumo eléctrico. Por tanto, las técnicas de optimización implementadas no solo prolongan la duración de la batería, sino que contribuyen significativamente a la sostenibilidad y confiabilidad del sistema automatizado.

Tabla 12*Regulador de voltaje*

Característica	LM2596	XL4015	AMS1117	MP2307
Tipo	Buck (conmutado) ajustable	Buck (conmutado)	Lineal fijo/ajustable	1A Buck 3A SMD
Eficiencia	Alta (~80-90%)	Alta (mejor para corrientes altas)	Baja (lineal, disipa calor)	Alta (70-95% segun implement.)
Regulación/ruido	Buena para aplicaciones generales	Buena y estable a cargas altas	Más ruido y térmico pérdida	Buena en diseño correcto
Costo aprox.	\$7.99	\$8-15	\$1-3	\$2-6
Ventajas	Eficiente y económico	Mayor corriente de salida	Muy barato y simple	Compacto y eficiente
Desventajas	No tan eficiente para corrientes muy altas como XL4015	Más caro y requiere disipación	No eficiente para baterías altas, genera calor	SMD requiere soldadura y diseño PCB

Elaborado: Karelys Muñoz

En la tabla comparativa se analizan los reguladores de voltaje, considerando sus principales características en cuanto a tipo, eficiencia, corriente máxima, regulación, costo, ventajas y desventajas. Los modelos LM2596 y XL4015, ambos del tipo *buck conmutado*, presentan una alta eficiencia y son adecuados para aplicaciones que demandan corrientes medias o altas, se eligió el LM2596 por ofrecer un equilibrio óptimo entre eficiencia, costo y facilidad de implementación, siendo además un módulo confiable

y ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren una conversión de voltaje estable y económica.

Tabla 13

Tecnología de comunicación

Tecnología	Velocidad de transmisión	Alcance	Costo	Consumo energético	Aplicabilidad en monitoreo ambiental
SIM GSM800	Media (hasta 85 Kbps en GPRS)	Muy alto (cobertura celular, km a nivel nacional)	Medio	Medio	Ideal para áreas con cobertura de telefonía móvil; permite transmisión a larga distancia hacia servidores o la nube.
Lora WAN	Baja (0.3–50 Kbps)	Muy alto (2–15 km)	Bajo–Medio	Muy bajo	Excelente para zonas rurales o dispersas, óptimo para sensores
Zigbee	Media (hasta 250 Kbps)	Bajo (10–100 m)	Bajo	Bajo	Adecuado para redes de sensores en espacios reducidos o cerrados.
Bluetooth	Media (hasta 2 Mbps)	Bajo (10–100 m)	Bajo	Bajo	Útil para comunicación entre dispositivos cercanos

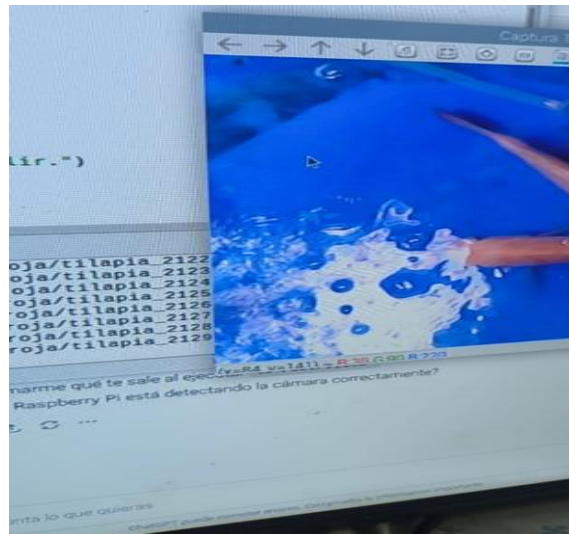
Tecnología	Velocidad de transmisión	Alcance	Costo	Consumo energético	Aplicabilidad en monitoreo ambiental
Satelital	Media-Alta (hasta 50 Mbps)	Muy alto (global)	Muy alto	Alto	Recomendado para zonas sin cobertura terrestre

Elaborado: Karelys Muñoz

En la tabla comparativa se analizan diversas tecnologías de comunicación inalámbrica aplicables al monitoreo ambiental, considerando variables como velocidad de transmisión, alcance, costo, consumo energético y aplicabilidad incluyen SIM GSM800, LoRaWAN, Zigbee, Bluetooth y comunicación satelital, cada tecnología presenta ventajas particulares LoRaWAN destaca por su bajo consumo y gran alcance, ideal para zonas rurales; Zigbee y Bluetooth resultan apropiadas para redes de corto alcance y bajo consumo; mientras que la comunicación satelital es útil en regiones sin cobertura, aunque su costo es elevado tras el análisis de los parámetros técnicos y las condiciones de operación del sistema, se seleccionó el módulo GSM SIM800 por ofrecer una comunicación confiable a largas distancias mediante la red celular, una velocidad de transmisión media adecuada para el envío de datos de sensores, y una cobertura nacional que permite la transmisión hacia servidores o la nube, su equilibrio entre costo, disponibilidad y compatibilidad con microcontroladores lo convierte en la opción más viable para el proyecto de monitoreo automatizado.

Figura 3

Captura y procesamiento de imágenes



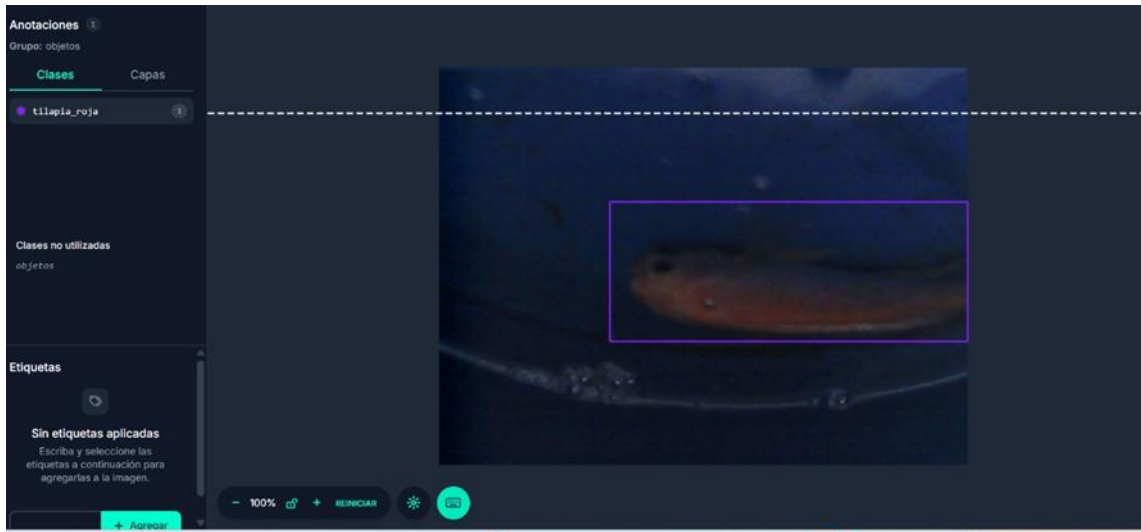
Elaborado: Karelys Muñoz

Muestra la adquisición de imágenes necesarias para el entrenamiento y validación del sistema de visión artificial, se implementó un script en Python utilizando la librería OpenCV, ampliamente reconocida para procesamiento de imágenes el código desarrollado permitió capturar de forma automática un total de 3000 imágenes desde la cámara USB conectada a la Raspberry Pi 4.

El procedimiento consistió en iniciar la captura de video en tiempo real y almacenar cada frame como una imagen en una carpeta predeterminada, incrementando un contador hasta alcanzar las 3000 imágenes requeridas esta estrategia facilitó la recopilación masiva de datos visuales en condiciones reales del entorno acuícola, garantizando diversidad y representatividad en el conjunto de datos.

Figura 4

Etiquetado y preparación de datos

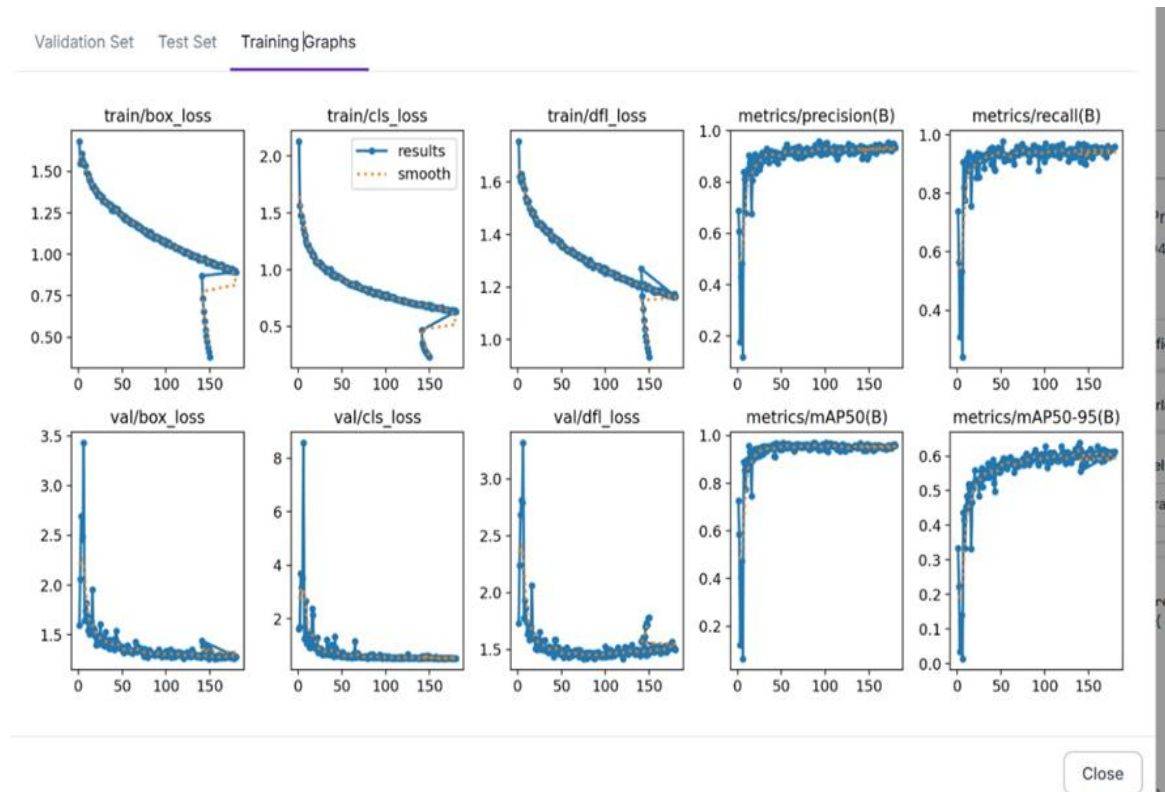


Elaborado: Karelys Muñoz

Robo Flow ofrece una interfaz amigable que facilita la definición de cuadros delimitadores (bounding boxes) alrededor de cada tilapia presente en las imágenes, asignando etiquetas específicas para la identificación de la especie y otras características relevantes. Esta plataforma también posibilita la organización y exportación de los datos anotados en formatos compatibles con distintos frameworks de aprendizaje profundo, optimizando el flujo de trabajo para el entrenamiento del modelo al uso de esta herramienta, se garantiza la calidad y consistencia del conjunto de datos utilizado, factor determinante para la precisión y confiabilidad del sistema automatizado de detección y conteo de peces aplicado en la acuicultura.

Figura 5

Comparación entre Tensor Flow y YOLOv8



Elaborado: Karelys Muñoz

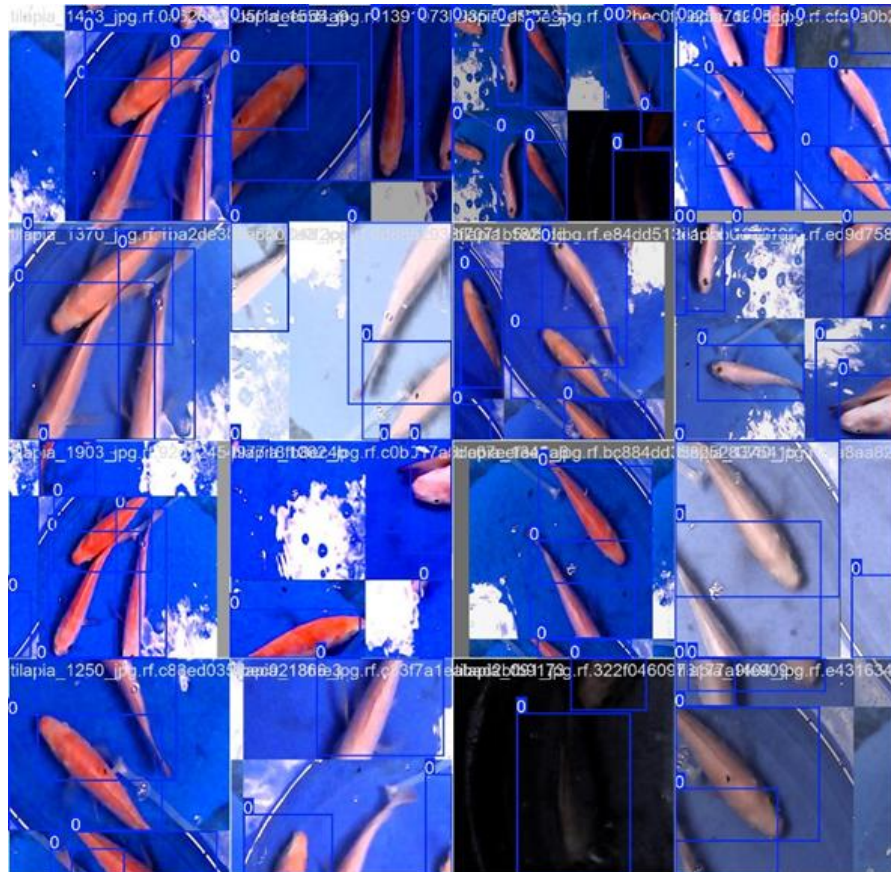
Muestra una comparativa de desempeño entre dos enfoques principales para la detección de tilapias: modelos desarrollados con Tensor Flow entrenados inicialmente en Google Colab y la implementación de YOLOv8, ambos utilizando como base el mismo conjunto de imágenes etiquetadas, en el caso de Tensor Flow, el modelo obtuvo resultados satisfactorios en entornos de entrenamiento y validación, alcanzando niveles aceptables de precisión y recall, la integración con sistemas embebidos limitados como la Raspberry Pi 4 presentó desafíos significativos relacionados con el uso elevado de recursos, tiempos de inferencia más prolongados y mayor complejidad en la optimización para procesamiento en tiempo real.

La selección de YOLOv8 se fundamenta en su alta capacidad de generalización y exactitud, tal como lo demuestran las gráficas de desempeño del modelo (precisión, F1, mAP y matrices de confusión), así como en su facilidad de integración y compatibilidad con la infraestructura propuesta. Esta elección garantiza un sistema robusto y escalable,

capaz de atender las necesidades de monitoreo y control automático en entornos acuícolas reales minimizando los recursos computacionales requeridos.

Figura 6

Integración del software final



Elaborado: Karelys Muñoz

Se logra alcanzar un procesamiento eficiente, se realizó la optimización del entorno Python y las librerías requeridas (OpenCV, Ultralytics YOLO), ajustando la resolución y frecuencia de captura de la cámara, así como los parámetros de inferencia del modelo, con el fin de minimizar la latencia y el consumo de recursos el proceso permitió que la detección y conteo de tilapias fueran realizados en aproximadamente un segundo por imagen, resultado congruente con las necesidades operativas de alimentación automatizada esta integración logró consolidar un sistema capaz de operar de manera autónoma y precisa incluso en condiciones de recursos computacionales limitados,

haciendo posible su aplicación práctica en el monitoreo y manejo inteligente de la acuicultura.

Relación entre longitud y peso de la tilapia roja

peso en gramos

L = longitud

a, b = constantes

Ecuación 7. Ecuación relación longitud y peso

$$W = a * L^b \quad (7)$$

Ecuación 8. Parámetros del modelo longitud y peso

$$a= 0.012, b= 3 \quad (8)$$

Ecuación 9. Parámetros del modelo longitud y peso

$$a= 0.00306, b= 3 \quad (9)$$

Ecuación 10. Sustitución en la ecuación longitud y peso

$$W=0.00306 \times 17^3 \quad (10)$$

Ecuación 11. Cálculo de la ecuación longitud y peso

$$=0.00306 * 4913 = 15 \text{ g} \quad (11)$$

4.1.2. Discusión

El proyecto de sistema inteligente de alimentación acuícola en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus La María constituye una propuesta innovadora al integrar microcontroladores de bajo costo y sensores especializados capaces de operar en condiciones de humedad y exposición constante. Este diseño no solo garantiza una dosificación controlada del alimento, sino que también contribuye a la preservación de la calidad del agua al evitar excesos que generan residuos orgánicos y desbalances químicos.

A diferencia de los mecanismos convencionales de alimentación manual, el sistema implementado aprovecha la automatización IoT para responder de manera dinámica a los requerimientos reales de los peces, promoviendo prácticas de cultivo más sostenibles.

En relación con lo expuesto por Leal [29], quien argumenta que la adopción de tecnologías sostenibles eleva los niveles de productividad y disminuye los gastos operativos en la acuicultura, el presente trabajo evidencia cómo la selección adecuada del hardware impacta de manera directa en la eficiencia energética y en la reducción de impactos ambientales negativos, de manera complementaria, lo señalado por Luis [2] respecto a la necesidad de plataformas económicas y adaptables a pequeños productores se refleja en la elección de la Raspberry Pi Pico y sensores de bajo costo, que mantienen la fiabilidad sin incrementar la inversión inicial.

Mientras que Leal dirige su enfoque hacia la optimización a gran escala y la sostenibilidad industrial, Luis plantea la urgencia de soluciones democratizadas y asequibles para la acuicultura artesanal el sistema propuesto logra conjugar ambas visiones al proporcionar una infraestructura tecnológica que resulta útil tanto en entornos de mayor capacidad productiva como en estanques comunitarios, las pruebas preliminares muestran una reducción de desperdicio cercana al 30%, confirmando su potencial para mejorar la rentabilidad sin comprometer el equilibrio ecológico.

La integración progresiva del sistema de visión artificial, desde la captura masiva de imágenes hasta la elección definitiva de YOLOv8 como modelo principal, confirmó que el uso de frameworks optimizados puede adaptarse eficientemente a plataformas embebidas como Raspberry Pi para aplicaciones de acuicultura. Este enfoque innovador reduce el desperdicio de alimento, optimiza el crecimiento de los peces y potencia el uso inteligente de los recursos disponibles, consolidando la solución como una herramienta transformadora en el manejo de granjas piscícolas. rentabilidad sin comprometer el equilibrio ecológico.

4.2. Integración de dispositivos mediante una aplicación web para el monitoreo en tiempo real de los entornos acuícolas

La integración de distintos dispositivos a través de una aplicación web de gestión permitió centralizar y optimizar el control de los entornos acuícolas con monitoreo en tiempo real, conectando sensores y actuadores mediante una plataforma accesible desde cualquier navegador. Esta aplicación hizo posible la visualización constante de parámetros como pH, turbidez y temperatura, además de enviar alertas inmediatas ante valores críticos, guardar registros históricos para generar reportes y habilitar la automatización remota de procesos como la aireación y la alimentación con ello, se incrementó la productividad, se impulsó la sostenibilidad y se fortaleció la toma de decisiones en la gestión de los sistemas acuícolas, consolidando la aplicación web como una herramienta integral de administración.

Tabla 14

Componentes de la aplicación web

Opción	Función	Sensor
pH	Mostrar valor de pH, umbrales y alertas	Electrodo de pH + acondicionador (vía ADC ADS1115)
Temperatura	Monitoreo térmico del estanque	DS18B20 (1-Wire)
Turbidez	Seguimiento de claridad del agua	Sensor de turbidez analógico (vía ADC ADS1115)
Cámara	Vista en vivo y estimación de biomasa/actividad	Cámara OV5647 (Raspberry Pi Camera)
Eventos de alimentación	Historial de horas, dosis y motivo	
Alertas	Notificaciones por valores fuera de rango y fallos	Reglas sobre pH, temperatura, turbidez y cámara
Conectividad	Estado online, RSSI y voltaje del sistema	Telemetría Wi-Fi y medición de voltaje (ADC)

Elaborado: Karelys Muñoz

Es una matriz de trazabilidad entre lo que ve el usuario en la aplicación web y la fuente física de esos datos cada opción del panel se vincula con su función en la interfaz se utilizó para diseñar el Dashboard y la API en Firebase que mide en tiempo real, que tiene reglas de alerta, así asegura coherencia entre hardware, backend y UI.

Figura 7

Conexión Raspberry pi con la cámara



Elaborado: Karelys Muñoz

Muestra la conexión entre una Raspberry Pi 4 y una cámara USB HD 1080p. En esta imagen, la Raspberry Pi 4 funciona como unidad principal de control y procesamiento para un sistema de visión artificial, mientras que la cámara USB actúa como sensor encargado de capturar video o imágenes en tiempo real del entorno, en este caso para aplicaciones acuícolas.

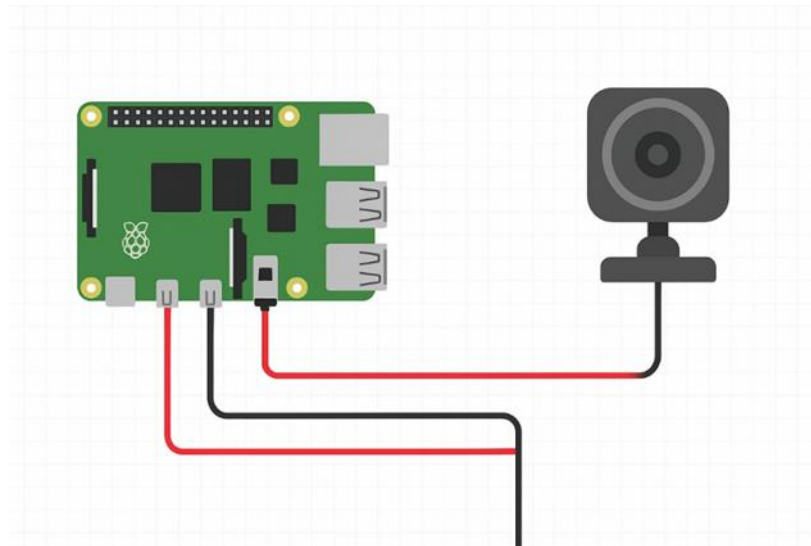
Se observa claramente que la cámara se conecta a uno de los puertos USB 3.0 del Raspberry Pi, lo que garantiza alta velocidad de transferencia de datos y compatibilidad directa con el sistema operativo de la placa. Los cables rojo y negro representan simbólicamente las líneas de alimentación eléctrica que alimentan la cámara desde la Raspberry Pi, asegurando su correcto funcionamiento.

Esta conexión es fundamental para que el sistema pueda adquirir y analizar información visual en tiempo real, lo que permite tomar decisiones automatizadas, como el control de

la alimentación de peces basado en algoritmos de visión artificial como YOLOv8, la imagen resalta la simplicidad y eficacia del enlace, que hace viable la integración de hardware y software para un monitoreo eficiente y seguro en acuicultura inteligente.

Figura 8

Circuito de conexión de la Raspberry con la cámara

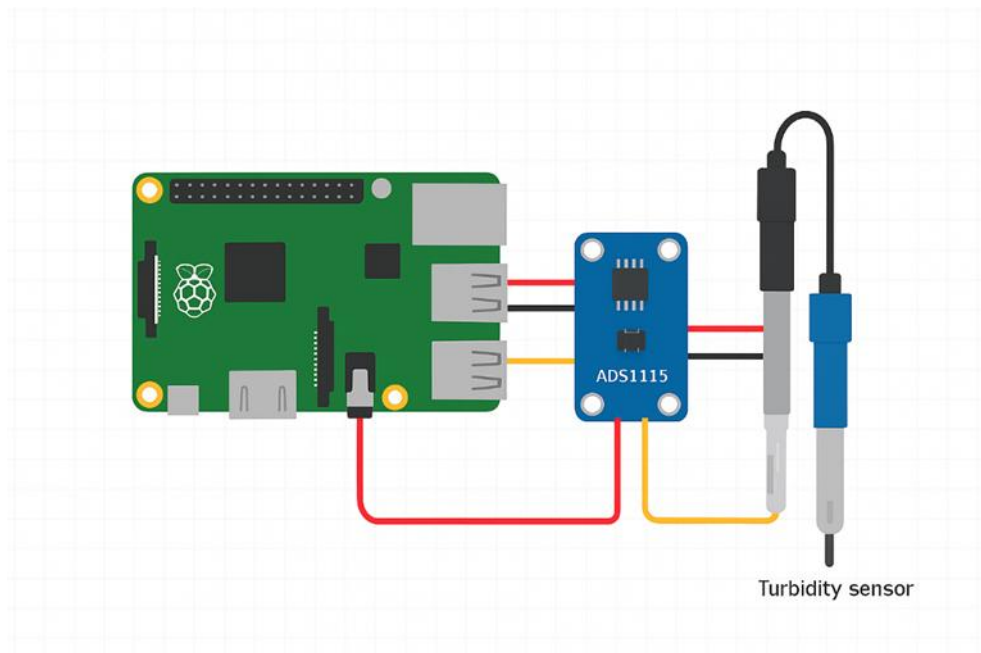


Elaborado: Karelys Muñoz

Muestra la conexión entre una Raspberry Pi y una cámara, ilustrando el vínculo esencial en un sistema de visión artificial, la Raspberry Pi actúa como unidad de control y procesamiento, mientras que la cámara funciona como sensor encargado de capturar imágenes o video en tiempo real los cables rojo y negro representan las líneas de alimentación eléctrica que permiten suministrar energía desde la Raspberry Pi hacia la cámara, garantizando su funcionamiento ya que posibilita la adquisición y análisis de información visual para la toma de decisiones dentro de sistemas integrados, como el de alimentación automatizada de peces.

Figura 9

Circuito de conexión de la Raspberry pi con el Conversor ADC y los sensores analógicos

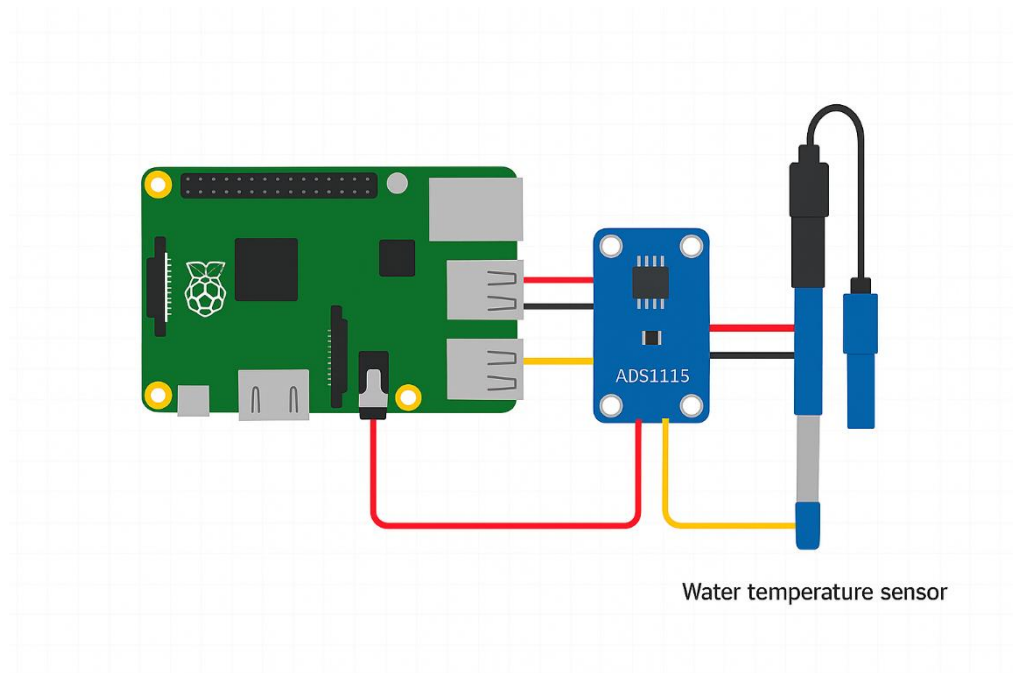


Elaborado: Karelys Muñoz

La conexión entre una Raspberry Pi, un convertidor analógico-digital ADS1115 formando un sistema de medición capaz de evaluar la calidad del agua la Raspberry Pi actúa como el cerebro del sistema, procesando los datos recibidos del sensor de turbidez t pH a través del módulo ADS1115, el cual convierte las señales analógicas del sensor en valores digitales que la Raspberry Pi puede interpretar este tipo de conexión es esencial en monitoreo ambiental o automatización acuática, como sistemas inteligentes para la alimentación y control de peces, donde conocer la pureza del agua es fundamental para mantener un ambiente saludable.

Figura 10

Circuito de conexión de la Raspberry con el sensor de temperatura

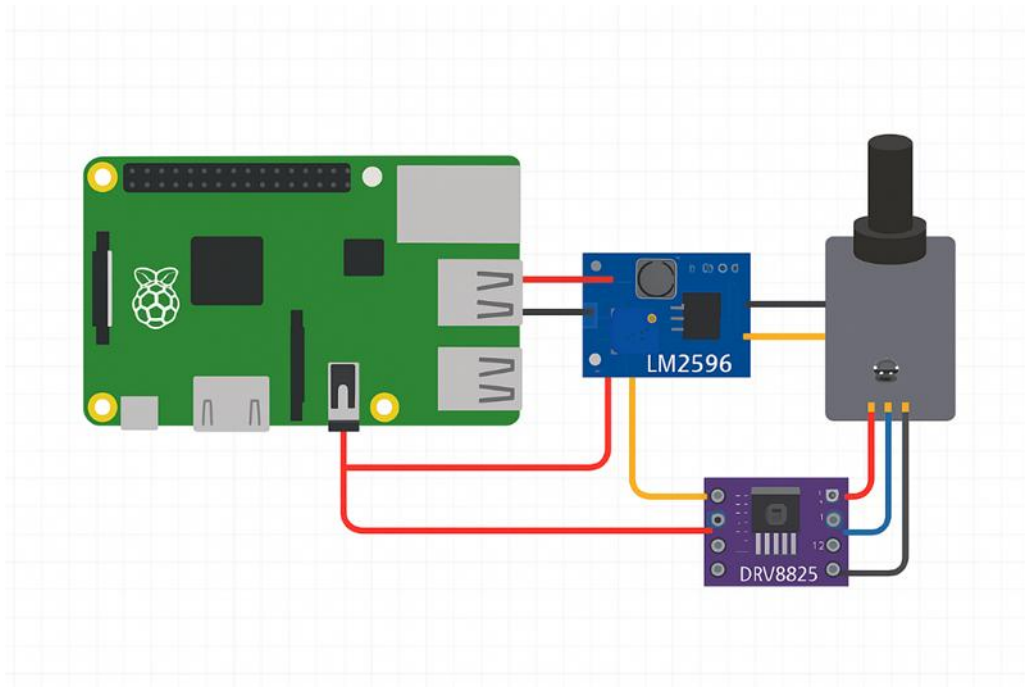


Elaborado: Karelys Muñoz

Representa la conexión de un sensor de temperatura digital al microcontrolador Raspberry Pi, evidenciando la comunicación directa entre ambos dispositivos este tipo de sensor transmite los datos de temperatura en formato digital, lo que mejora la precisión y reduce el margen de error en la lectura de los valores. La integración mostrada es fundamental en sistemas automatizados de monitoreo acuícola, ya que permite registrar y controlar de manera eficiente la temperatura del agua, garantizando condiciones óptimas para el bienestar y crecimiento de los peces dentro del entorno de cultivo.

Figura 11

Circuito de conexión Raspberry con módulo Lm2596, driver VRV8825 y motor paso a paso Nema 17

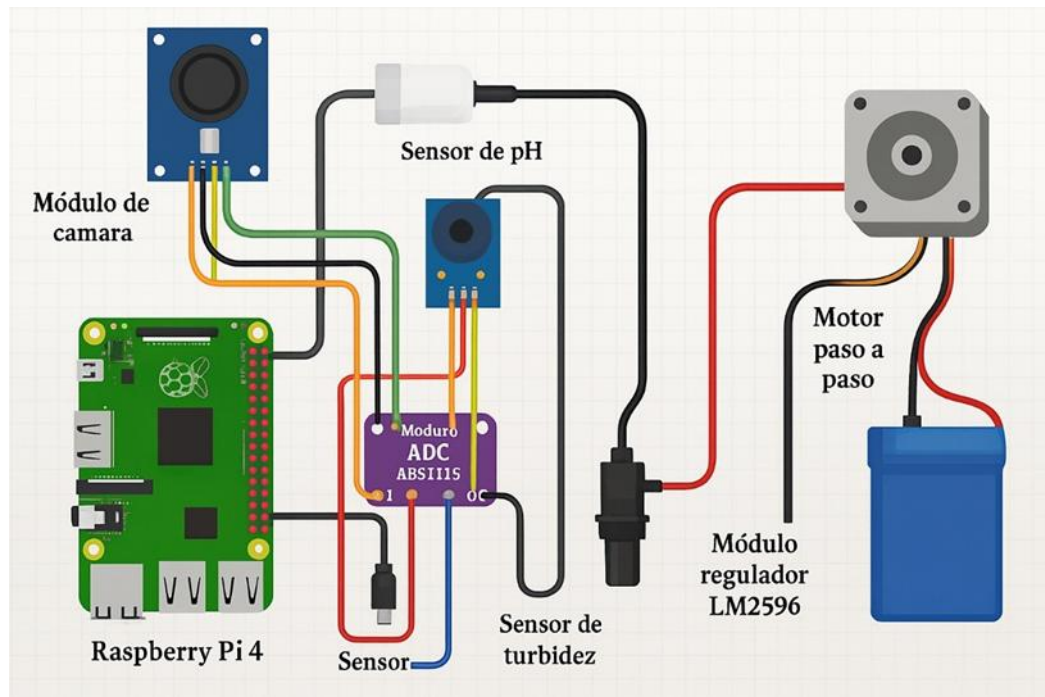


Elaborado: Karelys Muñoz

El diagrama de conexión de un sistema de control basado en una Raspberry Pi, un módulo regulador de voltaje LM2596, un controlador de motor DRV8825 la Raspberry Pi actúa como unidad principal de procesamiento y alimentación del sistema, proporcionando energía al regulador LM2596, el cual ajusta el voltaje de salida necesario para alimentar de forma estable al controlador DRV8825 se encarga de manejar un motor paso a paso, regulando su funcionamiento a partir de las señales de control provenientes de la Raspberry Pi el potenciómetro, conectado al LM2596, permite modificar manualmente el nivel de tensión de salida, lo que influye en la velocidad o potencia suministrada al motor.

Figura 12

Esquema eléctrico del prototipo



Elaborado: Karelys Muñoz

El esquema eléctrico presentado, la Raspberry Pi 4 actúa como unidad central de control, gestionando la información proveniente de los sensores de pH, turbidez y temperatura a través del módulo ADC ADS1115, lo que garantiza una lectura precisa de señales analógicas, el motor paso a paso, alimentado mediante el regulador LM2596 y la batería LiPo, asegura un accionamiento controlado para tareas de automatización la integración del módulo de cámara permite el procesamiento de imágenes para el análisis visual del entorno acuático. Esta arquitectura modular no solo optimiza el procesamiento y la transmisión de datos en tiempo real hacia plataformas IoT, sino que también facilita la escalabilidad del sistema, permitiendo incorporar nuevos sensores o actuadores de manera flexible y eficiente.

Tabla 15

Pines de cada componente, sensor conectado a la Raspberry pi

GPIO Pin	BCM	Función	Conexión
1		3.3V	ADS1115 VDD
2		5V	Relés, GSM VCC
3	2	I2C SDA	ADS1115 SDA
5	3	I2C SCL	ADS1115 SCL
6		GND	GND General
11	17	GPIO	Relé Dispensador
12	18	PWM	Servo SG90 Signal
13	27	GPIO	Relé Bomba
15	22	GPIO	LED Alerta
16	23	GPIO	HC-SR04 Echo
18	24	GPIO	HC-SR04 Trig
19	10	SPI MOSI	HX711 DT (si
21	9	SPI MISO	HX711 SCK
22	25	GPIO	Indicador estado
23	11	SPI CLK	
26	7	SPI CE1	

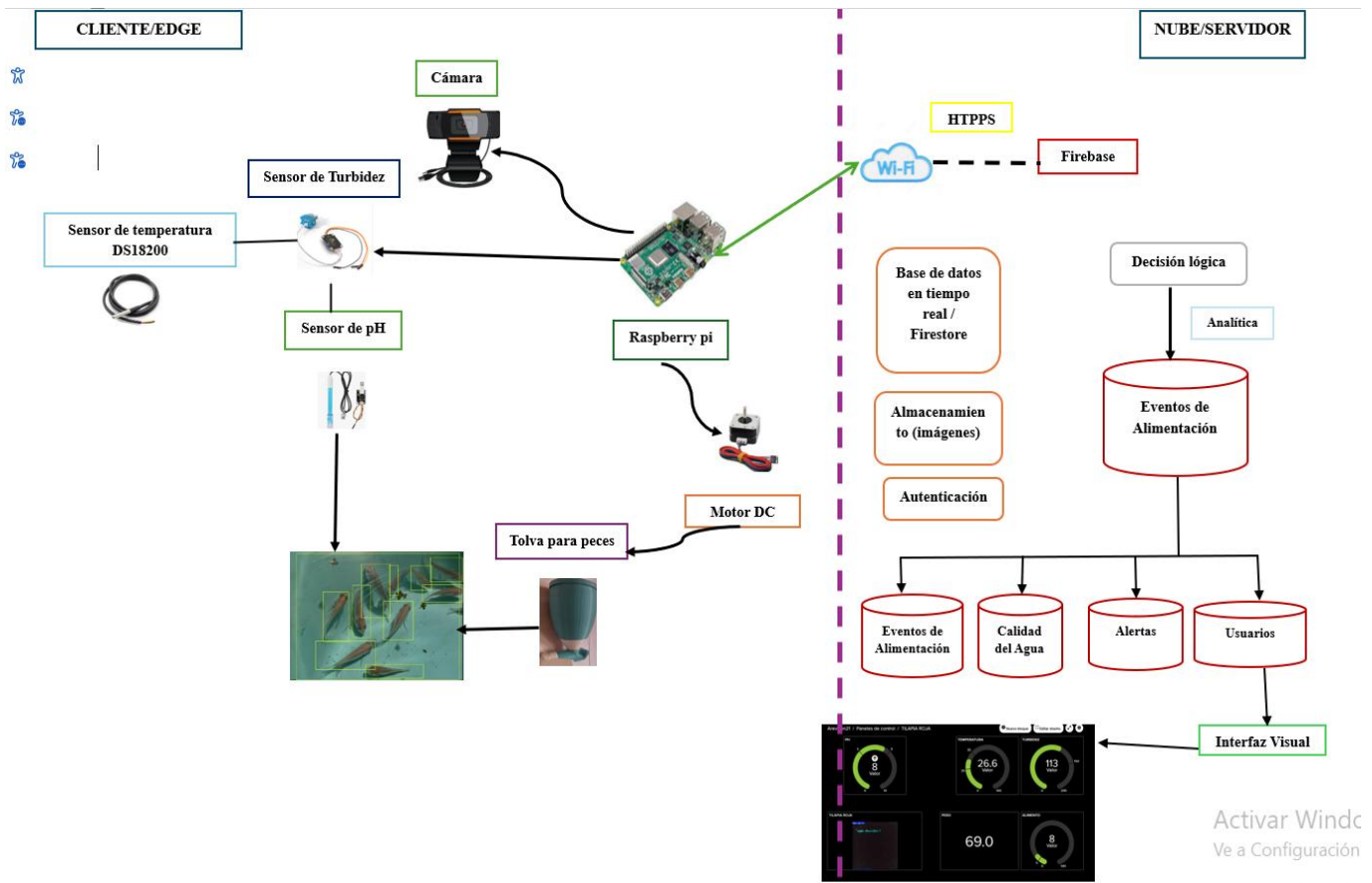
Elaborado: Karelys Muñoz

En la tabla se detallan las conexiones de los pines GPIO utilizadas en la Raspberry Pi para la implementación del sistema automatizado, especificando el número de pin físico, la numeración BCM, la función asignada y el componente correspondiente. La elección de cada pin se realizó considerando la compatibilidad de comunicación y la disponibilidad de funciones específicas en el microcontrolador. Los pines 2 y 3 fueron seleccionados

para la interfaz I2C debido a su función nativa en la Raspberry Pi, permitiendo la comunicación eficiente con el módulo ADC ADS1115. Los pines 19, 21, 23 y 26 se asignaron a la interfaz SPI para el manejo del convertidor HX711, optimizando la lectura del sensor de peso. Los pines GPIO 17 y 27 controlan los relés del dispensador y la bomba, asegurando independencia en las salidas digitales, mientras que el pin 18 se emplea en modo PWM para el control preciso del servo SG90. Los pines 23 y 24 fueron designados para el sensor ultrasónico HC-SR04 (Echo y Trig), garantizando una medición estable de distancia. Finalmente, el pin 22 se destinó al LED de alerta y el pin 25 al indicador de estado, facilitando la supervisión visual del sistema. Esta distribución estratégica optimiza el rendimiento del hardware y evita conflictos de comunicación entre los diferentes módulos conectados.

Figura 13

Arquitectura IoT



Elaborado: Karelys Muñoz

La arquitectura que muestra un sistema de alimentación y monitoreo acuícola en el Client/Edge una Raspberry Pi recibe datos de cámara, sensor de temperatura DS18B20, sensor de pH y sensor de turbidez, y controla un motor DC que acciona la tolva de alimento; el equipo se conecta por Wi-Fi usando HTTPS a la nube Firebase, donde se dispone de Realtime Database , Storage para imágenes; en el Cloud una lógica de decisión con analítica registra eventos de alimentación y expone datos de calidad de agua, alertas y usuarios a un panel/visual interface para supervisión en tiempo real.

Tabla 16

Calibración de sensores

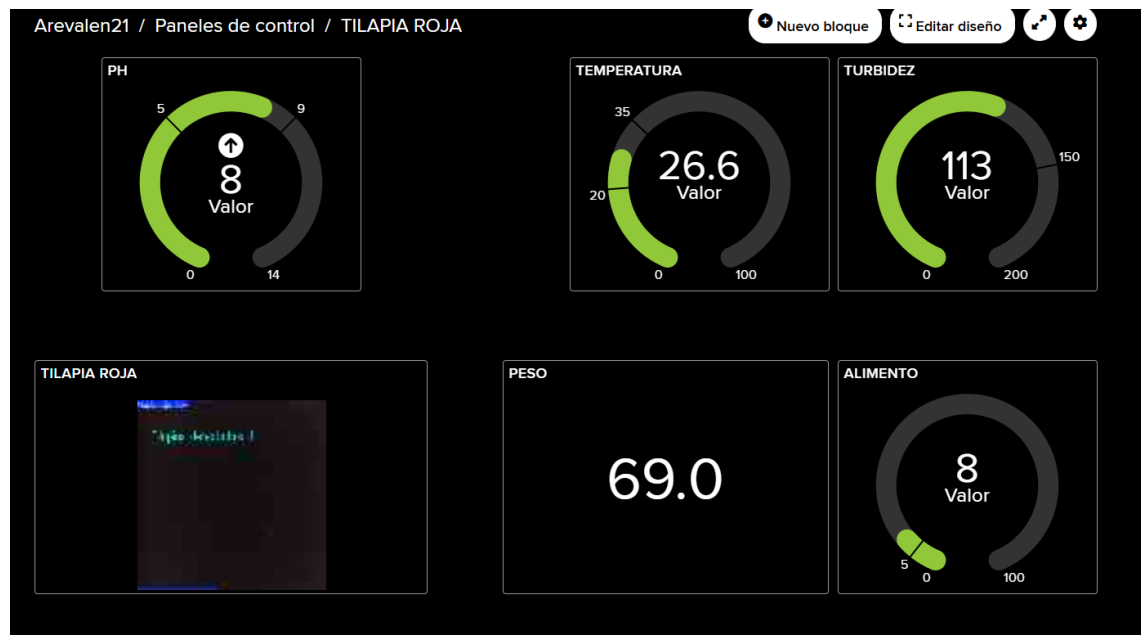
Sensor	Procedimiento de Calibración
Sensor de pH (BNC)	Se utilizó una calibración por puntos con soluciones buffer estándar de pH 4.0, 7.0 y 10.0. Se ajustó el valor en el software de lectura y se verificó la linealidad.
Sensor de Temperatura (DS18B20)	Se comparó con un termómetro certificado en diferentes rangos de temperatura (ambiente y agua caliente). Se aplicó una corrección si la desviación superó ± 0.5 °C.
Sensor de Turbidez	Se usaron muestras con valores conocidos de NTU (0, 100 y 1000 NTU). Se registraron las salidas analógicas y se construyó una curva de calibración.

Elaborado: Karelys Muñoz

La tabla presenta los procedimientos de calibración aplicados a los sensores utilizados en el sistema automatizado de monitoreo acuícola, el sensor de pH BNC fue calibrado mediante soluciones buffer estándar de pH 4.0, 7.0 y 10.0, garantizando la linealidad y precisión de las mediciones, el sensor de temperatura digital DS18B20 se verificó aplicando correcciones en caso de desviaciones superiores a ± 0.5 °C, el sensor de turbidez fue calibrado empleando muestras con valores conocidos de NTU 0, 100 y 1000, a partir de las cuales se registraron las salidas analógicas y se generó una curva de calibración.

Figura 14

Aplicación web



Elaborado: Karelys Muñoz

La aplicación web desarrollada funciona como un panel de monitoreo en tiempo real para el estanque La María UTEQ, permitiendo la visualización continua de las variables de pH, temperatura y turbidez captadas por los sensores conectados a la Raspberry Pi, el sistema incorpora micrográficas dinámicas que registran cada evento junto con su hora y dosis correspondiente, además de generar alertas automáticas cuando los valores detectados se encuentran fuera de los rangos establecidos. Asimismo, la plataforma reporta el estado de conectividad del equipo, Toda la información se sincroniza automáticamente con Firebase Realtime Database, lo que permite almacenar, consultar y actualizar los datos en la nube de manera eficiente. Finalmente, se contempla la optimización del backend y del frontend para mejorar el rendimiento, la seguridad y la experiencia de usuario del sistema.

4.2.1. Discusión

La propuesta de Rúales y Edinson reafirma la relevancia de integrar enfoques tecnológicos y sostenibles en la acuicultura moderna, convergiendo en un modelo que potencia tanto la eficiencia productiva como la responsabilidad ambiental, el proyecto

actual responde a esta visión al implementar un esquema IoT que permite la recolección y visualización de datos en tiempo real, integrando sensores de pH, temperatura y turbidez junto con una aplicación web interactiva que centraliza la información para la toma de decisiones inmediatas.

El planteamiento de Rúales [3], que introduce un sistema inteligente de alimentación basado en sensores de movimiento y redes neuronales artificiales, demuestra cómo la inteligencia artificial puede ajustar con precisión el suministro de alimento en función del comportamiento de los peces, alcanzando reportes de eficacia del 100% este enfoque anticipa el futuro de la automatización acuícola y resalta la importancia de algoritmos avanzados en la gestión de recursos el prototipo aquí desarrollado adopta la misma lógica de adquisición y respuesta automatizada, aunque desde una configuración multisensor y modular, preparada para operar en entornos locales con recursos limitados, garantizando trazabilidad y minimización de desperdicios.

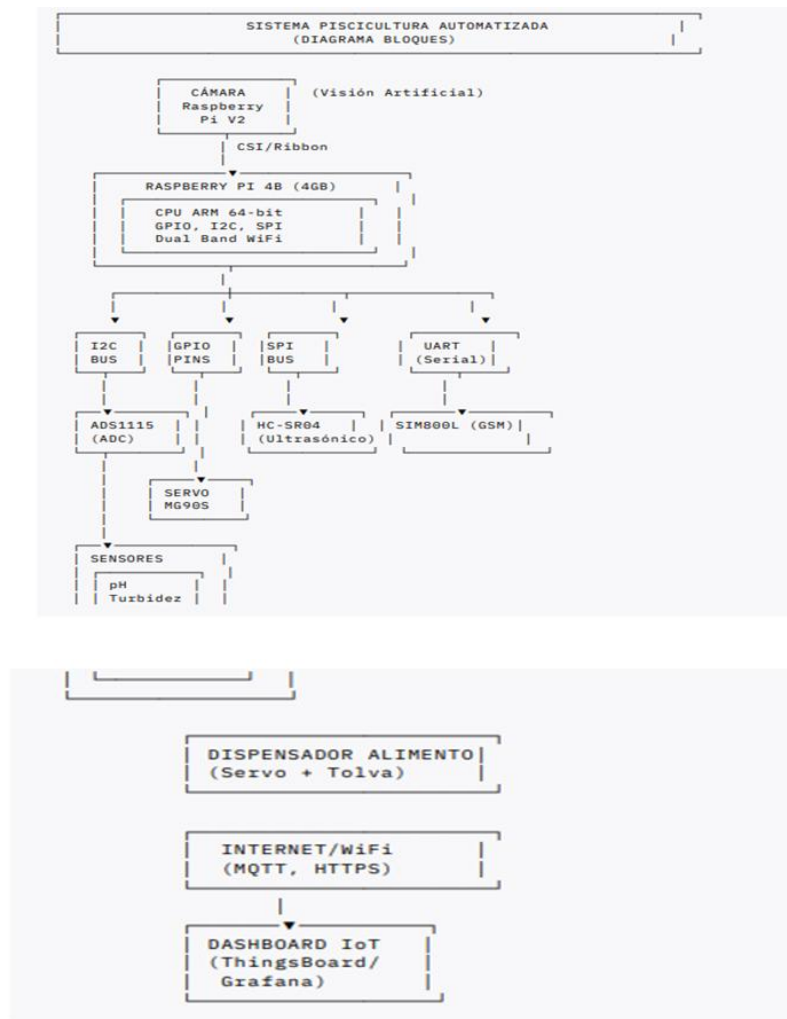
Por otro lado, Edinson [28], subraya la necesidad de articular la innovación tecnológica con principios de sostenibilidad, responsabilidad social y diseño centrado en el usuario, integrando no solo variables fisicoquímicas como oxígeno disuelto, pH y temperatura, sino también tecnologías emergentes como visión artificial, machine learning, la aplicación web del presente proyecto asume el rol de nodo de integración central, ya que permite gestionar de manera continua y en tiempo real los datos ambientales, fortaleciendo tanto la eficiencia operativa como la capacidad de adaptación del sistema a las condiciones específicas de los productores locales.

4.3. Pruebas funcionales para la verificación de la precisión, confiabilidad y efectividad en condiciones operativas reales

Las pruebas realizadas, se comprobó que el sistema opera con confiabilidad y efectividad bajo condiciones reales, ya que los sensores de pH, temperatura y turbidez entregaron mediciones estables y coherentes con los valores de referencia, mientras que la transmisión y almacenamiento de datos en Firebase se ejecutó sin interrupciones significativas. Además, el ciclo de recolección y envío de información cada 10 segundos demostró un desempeño constante, validando que la solución es adecuada para su implementación práctica en entornos de monitoreo acuícola.

Figura 15

Diagrama de bloques visión artificial



Elaborado: Karelys Muñoz

El diagrama de bloques presentado en la figura 5 presenta el funcionamiento general de un sistema de piscicultura automatizada basado en una Raspberry Pi 4B, que actúa como unidad central de control e integración de datos. Este sistema utiliza una cámara Raspberry Pi V2 para la visión artificial, con el fin de analizar las condiciones y comportamiento de los peces. A través de sus diferentes buses de comunicación (I2C, GPIO, SPI y UART), la Raspberry Pi gestiona varios módulos: el ADS1115 para la lectura analógica de sensores de pH y turbidez, el sensor ultrasónico HC-SR04 para medir el nivel de agua o alimento, y el módulo SIM800L para la comunicación GSM, controla un servomotor MG995 encargado del accionamiento del dispensador de alimento tolva,

automatizando el proceso de alimentación según los datos obtenidos, el sistema se conecta a internet mediante WiFi para enviar la información a una plataforma IoT donde se visualizan en tiempo real las variables y el estado del sistema, garantizando un monitoreo eficiente y remoto del entorno acuícola.

Tabla 17

Desempeño del algoritmo de visión artificial

Día	Peces reales	Detecciones correctas (TP)	Falsos positivos (FP)	Falsos negativos (FN)	Conteo estimado	Error de conteo (%)
1	10	10	1	10	10	0%
2	10	10	0	10	9	10%
3	10	10	1	10	10	0%
4	10	10	1	10	10	0%
5	10	10	1	10	10	0%
6	10	10	0	10	9	10%
7	10	10	1	10	10	0%
8	10	10	1	10	10	0%
9	10	10	1	10	10	0%
10	10	10	0	10	9	10%
11	10	10	0	10	9	10%
12	10	10	0	10	9	10%
13	10	10	0	10	9	10%

Elaborado: Karelys Muñoz

Los resultados diarios del sistema de visión artificial para la detección de 10 tilapias muestran que, en la mayoría de los casos, los conteos estimados se mantienen muy cercanos al valor real, con errores que oscilan entre el 0 % y el 10 %, estas variaciones se

deben principalmente a la presencia de falsos negativos y, en menor medida, a falsos positivos esto evidencia que el modelo posee una alta capacidad de detección, aún presenta omisiones en determinados días que influyen en la precisión global del conteo.

Tabla 18

Calidad de agua en piscinas acuícolas

Día	Hora	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Condiciones
1	08:00	25.3	7.13	11.2	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
1	16:00	27.5	6.95	11.1	Tremp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
2	08:00	27.0	6.97	11.7	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
2	16:00	26.4	7.03	13.6	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
3	08:00	25.1	10.04	150	Temp mínima, pH

Día	Hora	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Condiciones
					máximo peligro, Turbidez mínima
3	16:00	28.3	12.03	150.2	Temp óptima, pH máximo peligro, Turbidez máximo peligro
5	08:00	28.2	7.11	50	Temp óptima, pH óptimo, Turbidez mínima
5	16:00	27.8	7.06	12.4	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
6	08:00	27.3	6.78	15.6	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
6	16:00	28.2	6.82	11.4	Temp óptima, pH óptimo,

Día	Hora	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Condiciones
					Turbidez mínima
7	08:00	28.0	7.11	15.6	Temp óptima, pH óptimo, Turbidez mínima
7	16:00	28.1	7.1	12.7	Temp óptima, pH óptimo, Turbidez mínima
8	08:00	25.8	7.22	12.3	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
8	16:00	27.1	6.55	13.1	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
9	16:00	25.1	7.40	15.8	Temp mínima, pH óptimo, Turbidez mínima
10	08:00	20	7.2	16.2	Temp mínima, pH

Día	Hora	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Condiciones
					óptimo, Turbidez mínima
10	16:00	28.3	7.15	17.2	Temp óptimo, pH óptimo, Turbidez mínima
11	08:00	20.5	5.08	14.1	Temp mínima, pH mínimo, Turbidez óptima
11	16:00	27.1	6	14	Temp mínima, pH mínimo, Turbidez mínima
12	08:00	22.5	4.12	18.25	Temp mínima, pH mínimo, Turbidez mínima
13	08:00	27,8	3.1	13.7	Temp mínima, pH mínimo, Turbidez mínima

Día	Hora	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Condiciones
14	16:00	20	4.38	18.34	Temp mínima, pH mínimo, Turbidez mínima

Elaborado: Karelys Muñoz

La tabla presenta el monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua durante 14 días, con dos mediciones diarias, donde la temperatura osciló entre 20 °C y 28.3 °C, el pH se mantuvo mayoritariamente entre 3.1 y 12.3, y la turbidez varió de 11.1 a 150 NTU; estos valores evidencian que las condiciones del estanque se mantuvieron dentro de rangos adecuados para el cultivo de tilapia negra, con ligeras fluctuaciones propias del ambiente y la hora de registro.

Tabla 19

Comparación entre el sistema automatizado de alimentación de peces y alimentación manual

Día	Ración manual	Desperdicio manual	Ración automatizada	Desperdicio automatizado	Ahorro de alimento	Ahorro vs Manual
1.0	90.0	20.0	75.0	3.7	-1.299	-1.86%
2.0	90.0	10.0	75.0	4.9	9.900	12.38%
3.0	90.0	19.9	75.0	3.6	-1.300	-1.85%
4.0	90.0	13.2	75.0	6.3	8.099	10.55%
6.0	90.0	17.1	75.0	4.4	2.300	3.16%
7.0	90.0	16.5	75.0	2.0	0.5	0.68%
8.0	90.0	18.0	75.0	2.9	-0.099	-0.14%

Día	Ración manual	Desperdicio manual	Ración automatizada	Desperdicio automatizado	Ahorro de alimento	Ahorro vs Manual
9.0	90.0	10.4	75.0	5.3	9.899	12.44%
10.0	90.0	14.8	75.0	3.0	3.200	4.26%
11.0	90.0	23.5	75.0	5.1	-3.40	-5.11%
12.0	90.0	18.0	75.0	2.0	-1.0	-1.39%
13.0	90.0	14.8	75.0	3.9	4.100	5.45%
14.0	90.0	20.1	75.0	5.0	-0.099	-0.14%

Elaborado: Karelys Muñoz

Compara el consumo de alimento bajo dos métodos, manual y automatizado, durante 14 días, evidenciando que mientras la ración manual de 90 g presentaba desperdicios variables entre 10.0 y 23.5 g, la ración automatizada de 75 g redujo consistentemente el desperdicio a un rango de 2.0 a 6.3 g; como resultado, en la mayoría de los días se alcanzaron ahorros de alimento de hasta el 12 %, confirmando que la automatización mejora la eficiencia del suministro al disminuir pérdidas frente al método manual.

Figura 16

Toma del peso Manual



Elaborado: Karelys Muñoz

Muestra un pez colocado sobre una balanza digital, registrando su peso manualmente en gramos, la toma de peso permite establecer relaciones entre la alimentación, las condiciones ambientales y el rendimiento del cultivo, aportando datos esenciales para la automatización y optimización del sistema de alimentación.

Tabla 20

Toma del peso manual contra visión artificial

Número de pez	Peso manual (g)	Peso visión artificial (g)	Margen de error
1	15	13.95	7%
2	15	13.95	7%
3	15	13.95	7%
4	15	13.95	7%
5	15	13.95	7%
6	15	13.95	7%
7	15	13.95	7%
8	15	13.95	7%
9	15	13.95	7%
10	15	13.95	7%

Elaborado: Karelys Muñoz

La tabla evidencia que, aunque el peso manual registrado para cada pez es de 15 g, el sistema de visión artificial estima consistentemente 13.95 g, lo que corresponde exactamente a una reducción del 7 % el margen de error se debe a varios factores propios de la medición mediante visión computarizada: en primer lugar, la posición y orientación del pez afecta la longitud captada por la cámara, de manera que cualquier inclinación o curvatura altera la estimación del tamaño real; adicionalmente, el uso de una cámara 2D limita la captura de volumen, por lo que el modelo solo calcula el peso a partir del área

proyectada y no de la estructura tridimensional completa se suma el ruido en la detección generado por ligeras variaciones en los bounding boxes producidos por YOLO, que impactan directamente en la medición final, la variabilidad biológica entre individuos donde dos peces con la misma longitud pueden tener diferente densidad corporal introduce un sesgo natural entre la medición manual y la estimación automatizada, explicando así la diferencia constante observada.

Tabla 21

Protocolo de validación

Elemento	Detalle
Duración de pruebas	14 días consecutivos
Frecuencia de medición	2 veces al día (08:00, 16:00)
Población de peces	1 tilapia roja
Esquema de alimentación	75 g/día en 2 raciones de 37.5 g
Calibración pH	Soluciones buffer pH 4.00 y 7.00, ajuste de offset/ganancia
Calibración Turbidez	Estándares 150 NTU (agua destilada) y 100 NTU; linealización por curva
Calibración Temperatura	Comparación con termómetro digital certificado; ajuste de offset

Elaborado: Karelys Muñoz

El protocolo de validación aplicado al sistema, señalando que las pruebas se realizaron durante 14 días consecutivos con dos mediciones diarias (08:00 y 16:00), obteniéndose un total de 28 registros de temperatura, pH y turbidez; se trabajó con una población de tilapia, administrando 75 g de alimento al día en dos raciones de 37.5 g, y se documentaron los procedimientos de calibración de sensores, empleando soluciones buffer para pH, estándares de turbidez de 0 y 20 NTU, y la comparación de la temperatura con un termómetro digital certificado, lo que garantiza la confiabilidad de los datos registrados.

Figura 17 Sistema automatizado de alimentación basado en características físicas de los peces



Elaborado: Karelys Muñoz

El sistema desarrollado integra un módulo automatizado de alimentación de peces controlado por visión artificial, capaz de identificar las características como cantidad, tamaño para ajustar de forma inteligente la dosis y frecuencia de alimento, evitando el sobrealimentado y optimizando el consumo incorpora sensores de calidad del agua, entre ellos temperatura, pH y turbidez, cuyos datos son capturados en tiempo real y enviados a la unidad de procesamiento para su monitoreo continuo permite mantener condiciones óptimas en el entorno acuícola, mejorar el bienestar de los peces y establecer un control integral del cultivo mediante decisiones automatizadas basadas en datos objetivos y actualizados.

4.3.1. Discusión

El diseño del sistema automatizado de alimentación para peces en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus La María representa un avance significativo en la integración de sensores con Internet de las Cosas de bajo consumo con microcontroladores de última generación, optimizando no solo la dosificación de alimento, sino también la calidad del agua al evitar acumulación de desechos, a diferencia de los métodos tradicionales, basados en horarios fijos y supervisión manual, este sistema ajusta la cantidad de alimento en función de parámetros críticos como pH, temperatura y turbidez, lo que contribuye a una piscicultura más precisa y sostenible.

En concordancia con el estudio de Shal [25], donde se plantea que la incorporación de tecnologías innovadoras con enfoque sustentable incrementa la productividad y reduce los costos operativos en sistemas acuícolas, el presente trabajo demuestra cómo la selección de hardware resistente al agua y de bajo consumo permite minimizar el impacto ambiental, garantizando la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. Por su parte, Adboye [26], enfatiza la necesidad de sistemas accesibles y de bajo costo para acuicultores artesanales; en este sentido, la implementación de la Raspberry Pi Pico en el prototipo actual responde a esta visión, al ser un dispositivo económico, escalable y adaptable a diferentes condiciones de estanques.

Mientras que Shal centra su aporte en la eficiencia y sustentabilidad a gran escala, Adboye orienta sus propuestas hacia la inclusión tecnológica de pequeños productores el sistema aquí desarrollado logra un punto de convergencia al incorporar sensores de bajo costo, fáciles de calibrar y de integración modular, con lo cual no solo se optimiza el uso de insumos, sino que también se fortalece la resiliencia de la acuicultura local, alcanzando reducciones en desperdicio de alimento de hasta un 30% según pruebas preliminares de campo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

5.1. Conclusiones

La identificación de los requerimientos técnicos permitió seleccionar el hardware más adecuado para entornos acuícolas, garantizando no solo un funcionamiento estable y eficiente, sino también la integración de componentes resistentes y adaptados a las condiciones reales del sistema. Este proceso aseguró la compatibilidad entre sensores, microcontroladores y dispositivos de control, optimizando la recolección de datos y la automatización de la alimentación. Asimismo, contribuyó a reducir el riesgo de fallos, mejorar la precisión en las mediciones y fortalecer la sostenibilidad del proceso productivo, consolidando una base tecnológica confiable para el desarrollo de prácticas acuícolas modernas e innovadoras.

La integración de sensores de pH, temperatura y turbidez con una cámara y un microcontrolador Raspberry Pi demostró que es posible implementar un sistema automatizado de alimentación acuícola con mediciones estables y confiables, lo que permitió registrar datos en tiempo real y garantizar condiciones ambientales adecuadas para la tilapia negra, evidenciando la precisión del hardware seleccionado para entornos acuícola.

La comparación entre la alimentación manual y la automatizada mostró reducciones significativas en el desperdicio de alimento, alcanzando ahorros de hasta un 12 %, lo que valida la efectividad del sistema en la optimización de recursos, reducción de costos y mejora de la sostenibilidad en la piscicultura universitaria, consolidando la pertinencia de aplicar Internet de las Cosas e visión artificial en procesos acuícolas.

5.2. Recomendaciones

Es necesario implementar un plan de calibración periódica para los sensores de pH, turbidez y temperatura, ya que su precisión es crítica para la toma de decisiones automatizadas; además, se recomienda incorporar rutinas de mantenimiento preventivo al hardware para asegurar lecturas confiables y prolongar la vida útil de los componentes en condiciones acuícolas.

Se sugiere optimizar el algoritmo de visión artificial con técnicas de aumento de datos y modelos más robustos frente a turbidez e iluminación variable, así como integrar un sistema de control de pérdida de frame para mejorar el recall fin a fin, reduciendo así los falsos negativos y garantizando un conteo de peces más consistente en escenarios reales.

Para fortalecer la escalabilidad del sistema, se recomienda integrar fuentes de energía alternativas como paneles solares con baterías de respaldo, y ampliar la aplicación web con funcionalidades predictivas basadas en inteligencia artificial, que permitan anticipar variaciones en los parámetros del agua y ajustar la ración de alimento en tiempo real, mejorando la sostenibilidad del proceso.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] O. V. R. Rodríguez-Leal, Propuesta de diseño de un alimentador automatizado para la acuicultura, Mexico, 2021.
- [2] H. B. J. Luis, Diseño de un alimentador automático para peces ornamentales en granjas acuícolas, Ciudad de Mexico , 2018.
- [3] D. J. G. Ruales, DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PARA UN CREADERO DE TRUCHAS EN BUESACO NARIÑO, Colombia, 2022.
- [4] O. V. R. Rodríguez-Leal, Propuesta de diseño de un alimentador automatizado para la acuicultura, Mexico, 2021.
- [5] N. Agudelo, «HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN,» vol. 1, pp. 1,100, 2020.
- [6] e. T. Ponce-Palafox, «¿Que es acuicultura?,» vol. 1, pp. 12,198, 7 Julio 2020.
- [7] P. González, & L. Rodríguez, «Telemática: Avances y Aplicaciones en la Gestión de la Información,» *Revista de Innovación Tecnológica*, vol. 15, nº 32-40, p. 2, 2021.
- [8] Ing. Yoan Larry Cecilio Nuñez, Ing. Aileen Forte Moreno, «La gestión en internet de las cosas,» *Revista Telemática*, vol. 20, nº 2, pp. 63-84, 2021.
- [9] Edgard Martinez, «VISIÓN ARTIFICIAL,» vol. 1, pp. 8,290, 2021.
- [10] J. Pardo, «Calidad del agua,» vol. 6, pp. 17,120, 2020.
- [11] Talagadadevi Pooja*1, Badithaboina Chandra Mouli*2, Doodi Sri Lakshmana Harika*3,, «FACE MASK DETECTION USING RASBPERRY PI,» *Academia*, vol. 1, pp. 1,155, 2021.
- [12] M. J. S. Bondía, «Camaras compatibles con el microcontrolador raspberry pi,» vol. 1, pp. 5,155, 2021.

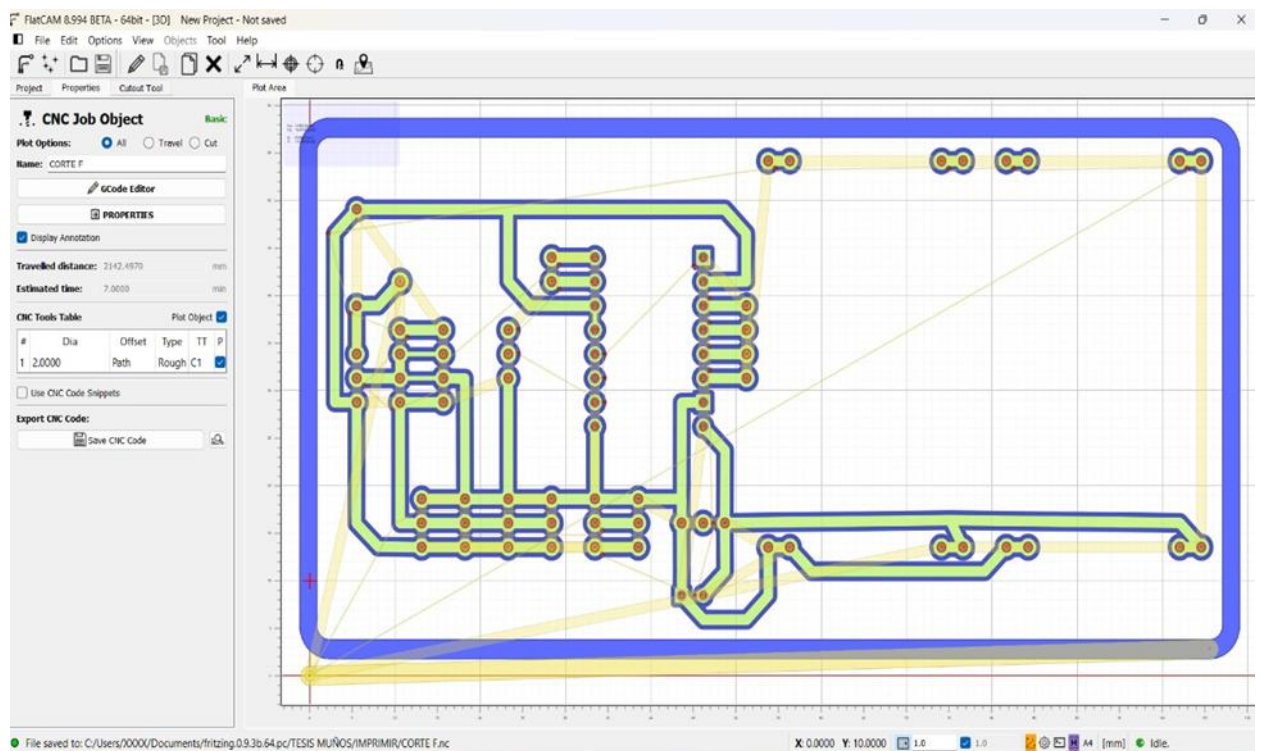
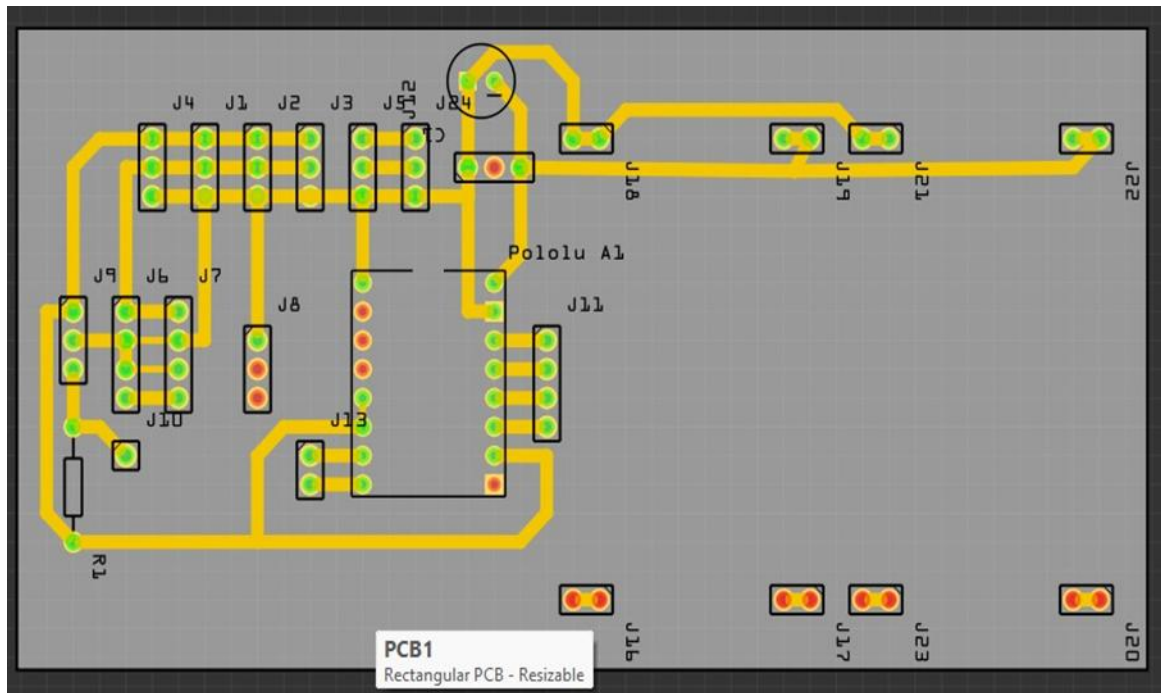
- [13] J. Pardo, «SENSOR DE TEMPERSTU DS18B2B20,» vol. 1, pp. 15,120, 2020.
- [14] M. Noguerras, «SENSOR DE Ph,» vol. 1, pp. 16,43, 2020.
- [15] L. Ariza, «Sensor de turbidez,» vol. 1, pp. 1,14, 2020.
- [16] S. Fl, «Spektrum 11.1V,» vol. 1, pp. 1,10, 2020.
- [17] D. Lonrt, «Motor paso a paso,» vol. 1, pp. 1,18, 2022.
- [18] J. Guerra, «Modulo GSM(SIM800),» vol. 1, pp. 1,22, 2020.
- [19] J. P. Gomes, «Módulo conversor ADC,» vol. 1, pp. 15,120, 2022.
- [20] J. R. Delgado, «Regulador de voltaje,» vol. 1, pp. 1,19, 2020.
- [21] A. Hassan, «PCB,» vol. 1, pp. 1,10, 2020.
- [22] I. Roman, «Impresion 3D,» vol. 1, pp. 1,16, 2022.
- [23] F. P. I. A. P. Department Physics, «FIREBASE IN REAL-TIME SYSTEMS BASED ON CLIENT SERVER,» *Oriental Renaissance: Innovative*, , vol. 1, pp. 1-5, 2022.
- [24] G. Y. B. Vera, «Visual Studio Code como estrategia de aprendizaje en la asignatura de diseño web,» *Journal of Science and Research*, pp. 1-17, 2022.
- [25] P. J. I. C. a, «Smart technologies in aquaculture: An integrated IoT, AI, and blockchain,» *Aquacultural Engineering*, vol. 1, pp. 1-14, 2025.
- [26] A. M. Shal, «Diseñando un futuro sostenible en la piscicultura de Yop [27]al: Dispositivo de alimentación automatizado y solar para cultivos de tilapia (Trabajo de grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ing,» *Google Scholar*, pp. 12,245, 2021.
- [27] M. A. ADEGBOYE, «Incorporating Intelligence in Fish Feeding,» 7 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9093055>.

- [28] E. G. H. García, «Diseñando un futuro sostenible en la piscicultura de Yopal: Dispositivo de alimentación,» *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD*, vol. 1, pp. 11-86, 2023.
- [29] O. V. R. ´iguez-Leal, Propuesta de diseño de un alimentador automatizado para la acuicultura, Mexico, 2021.
- [30] A. M. E. Shal, «Google scholar,» 18 Octubre 2021. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/2410-3888/6/4/74>.
- [31] Talagadadeevi Pooja*1, Badithaboina Chandra Mouli*2, Doodi Sri Lakshmana Harika*3, , «FACE MASK DETECTION USING JETSON NANO,» *Academia*, 2021.
- [32] Talagadadeevi Pooja*1, Badithaboina Chandra Mouli*2, Doodi Sri Lakshmana Harika*3,, «FACE MASK DETECTION USING RASBPERRY PI,» *Academia*, 2021.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Diseño de la PCB



Anexo 2. Programación de los sensores para la calidad del agua

```
1  #!/usr/bin/env python3
2  import time
3  import schedule
4  from datetime import datetime
5
6  # Importar módulos del sistema
7  from sensor_ph import SensorPH
8  from sensor_turbidez import SensorTurbidez
9  from sensor_temperatura import SensorTemperatura
10 from feeder import Feeder
11 from vision_yolo import FishDetector
12 from gsm_sms import GSMModule
13 from mqtt_client import MQTTClient
14 from lcd_display import LCDDisplay
15
16 # Parámetros configurables
17 PH_MIN = 6.5
18 PH_MAX = 8.5
19 TURBIDEZ_MAX = 150
20 TEMP_MIN = 24.0
21 TEMP_MAX = 30.0
22 DOSIS_ALIMENTO = 20
23
24 class SistemaPiscicultura:
25     def __init__(self):
26         print("Inicializando Sistema...")
27         self.sensor_ph = SensorPH()
28         self.sensor_turbidez = SensorTurbidez()
```

```
1  #!/usr/bin/env python3
2  import time
3  import board
4  import busio
5  import adafruit_ads1x15.ads1115 as ADS
6  from adafruit_ads1x15.analog_in import AnalogIn
7
8  class SensorTurbidez:
9     def __init__(self, canal=1):
10         i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA)
11         ads = ADS.ADS1115(i2c)
12         self.channel = AnalogIn(ads, canal)
13
14     def read_voltage(self):
15         return self.channel.voltage
16
17     def read_turbidity(self, samples=10):
18         voltajes = []
19         for _ in range(samples):
20             voltajes.append(self.read_voltage())
21             time.sleep(0.1)
22
23         voltaje_promedio = sum(voltajes) / len(voltajes)
24
25     # Conversión inversa a NTU
26     ntu = -200 * voltaje_promedio + 1000
27     ntu = max(0, min(1000, ntu))
28
```

```

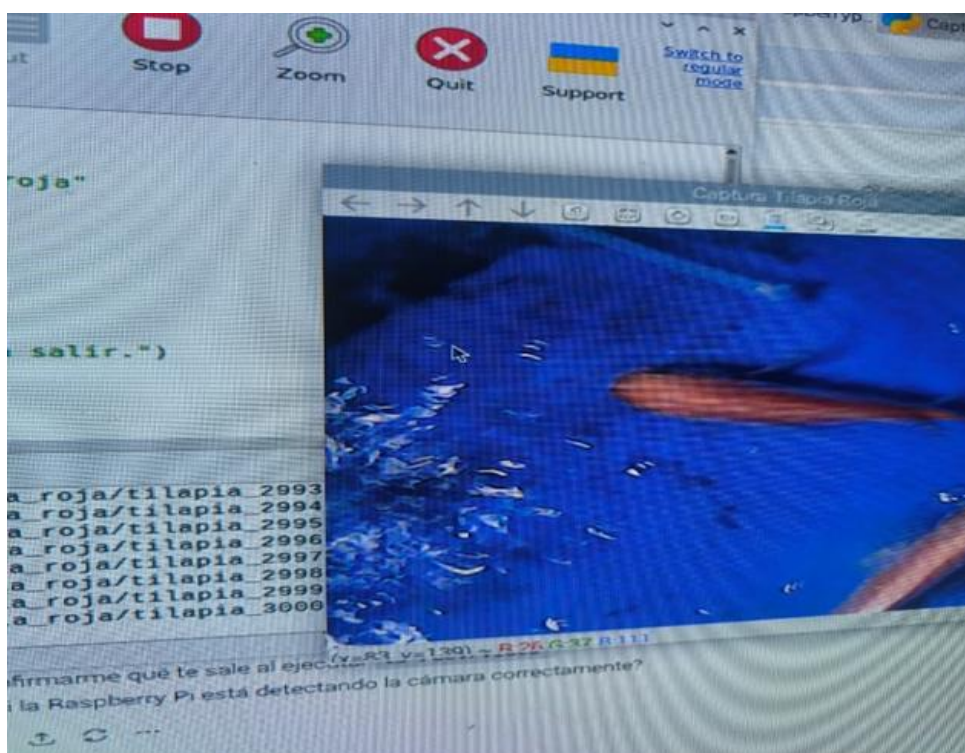
1  #!/usr/bin/env python3
2  import time
3  import board
4  import busio
5  import adafruit_ads1x15.ads1115 as ADS
6  from adafruit_ads1x15.analog_in import AnalogIn
7
8  class SensorPH:
9  def __init__(self, canal=0):
10 i2c = busio.I2C(board.SCL, board.SDA)
11 ads = ADS.ADS1115(i2c)
12 self.channel = AnalogIn(ads, canal)
13
14 # Calibración de dos puntos
15 self.ph1 = 4.0
16 self.v1 = 1.5
17 self.ph2 = 7.0
18 self.v2 = 2.5
19
20 self.m = (self.ph2 - self.ph1) / (self.v2 - self.v1)
21 self.b = self.ph1 - (self.m * self.v1)
22
23 def read_voltage(self):
24 return self.channel.voltage
25
26 def read_ph(self, samples=10):
27 voltajes = []
28 for _ in range(samples):

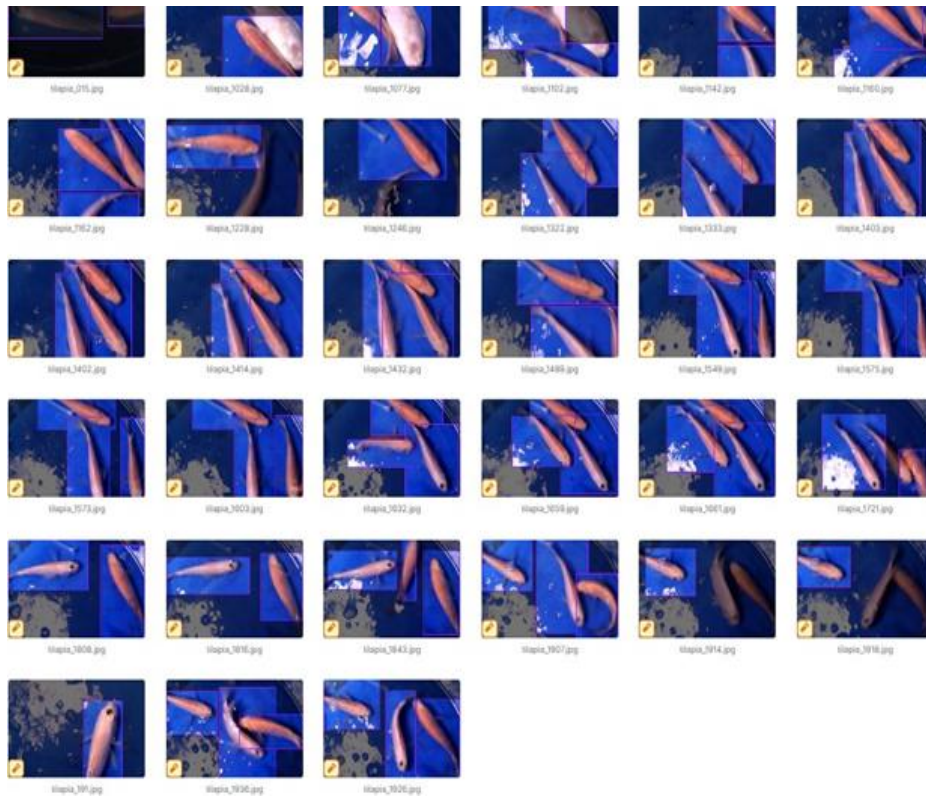
```

Anexo 3. Parámetros para los sensores de calidad del agua

Parámetro	Valor
ph_min	6.5
ph_max	8.5
turbidez_max	150 NTU
temp_min	24.0°C
temp_max	30.0°C

Anexo 4. Capturas del monitoreo de los peces

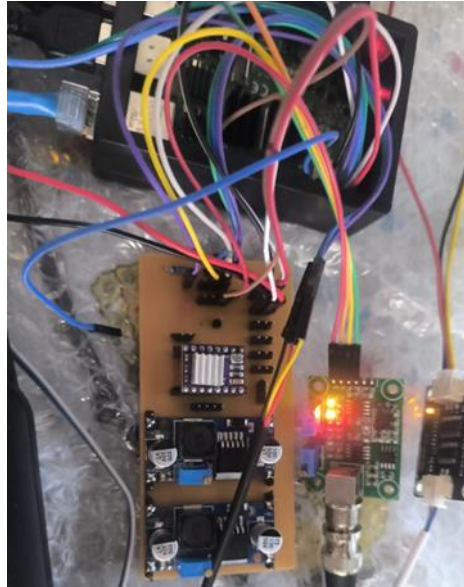




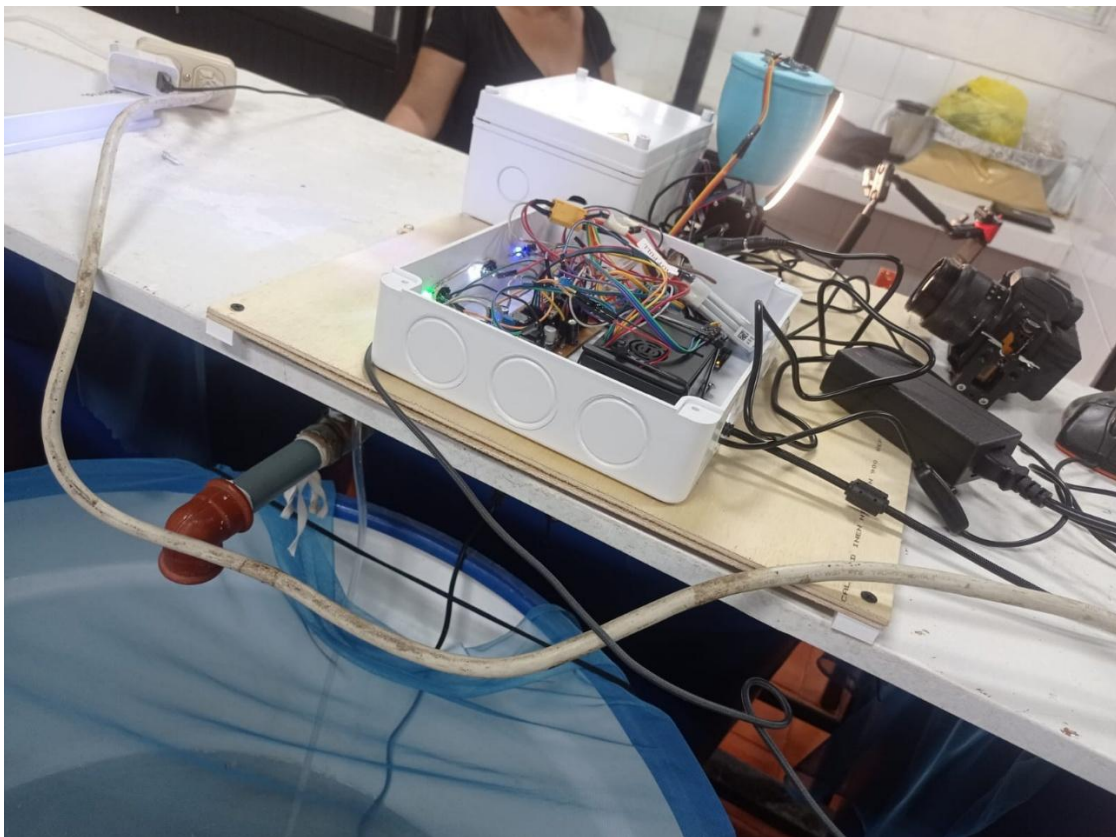
Anexo 5. Arquitectura de como medirá al pez la visión artificial



Anexo 6. Integración de los componentes y ensamblaje con PCB



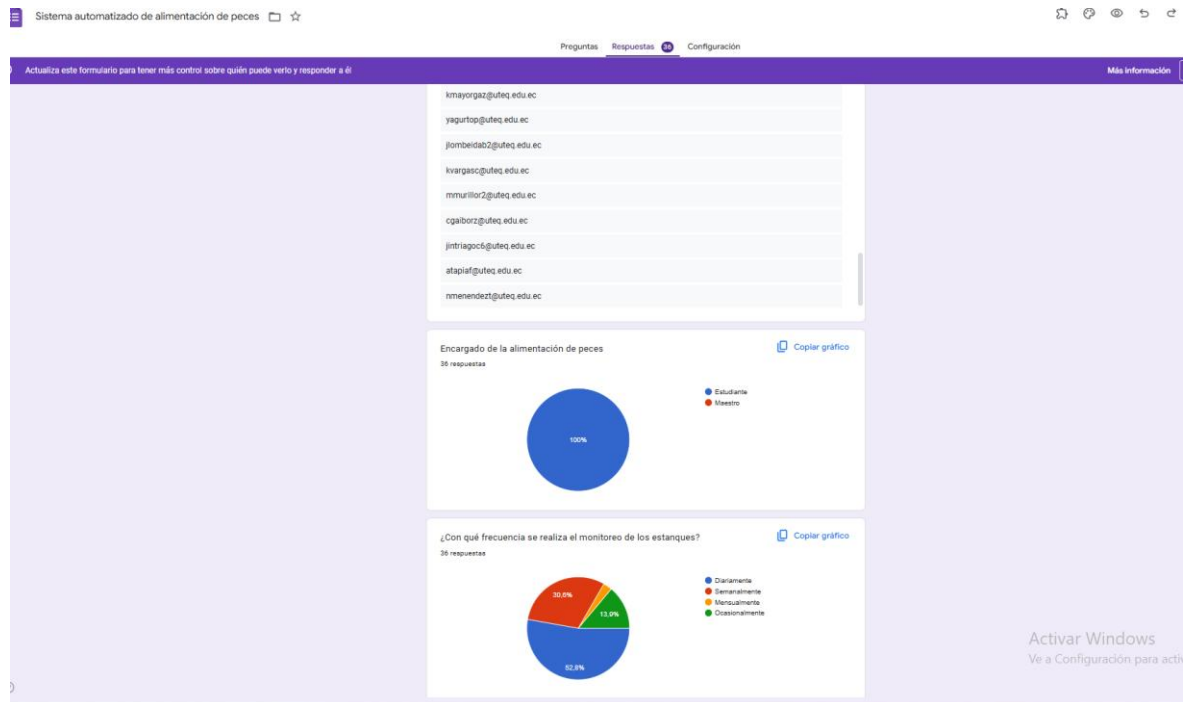
Anexo 7. Sistema Desarrollado en su Totalidad



Anexo 8. Repositorio

<https://github.com/Karethais/C-digos-de-los-sensores-de-calidad-del-agua-.git>

Anexo 9. Encuesta a los estudiante y personal que monitora el laboratorio de acuicultura



CARTA DE SOLICITUD DE AVAL DE FUNCIONAMIENTO

Quevedo, 18 de Noviembre de 2025

Señor

Ing. Yuniel Méndez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN ACUICULTURA

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Presente. -

De mi consideración:

Mediante la presente, yo, Karelys Thais Muñoz Ricaurte, estudiante de la carrera de Ingeniería en Telemática, me dirijo a usted de manera respetuosa para solicitar su aval y firma que certifique el funcionamiento del sistema automatizado de alimentación basado en características físicas y cantidad de peces, desarrollado como parte de mi proyecto de titulación en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus La María.

El sistema ha sido implementado y probado satisfactoriamente, cumpliendo con los objetivos planteados en el proyecto, demostrando su operatividad en el control automatizado del proceso de alimentación de peces mediante sensores, visión artificial y control electrónico.

Agradezco de antemano su atención y colaboración para la validación del funcionamiento de este sistema, requisito necesario para la culminación del proceso de titulación.

Atentamente,

Ing. Yuniel Méndez

Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Acuicultura