



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PISCINAS
PARA EL CULTIVO DE CAMARONES UTILIZANDO UNA IOT PARA
EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS DE
OPERACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización.

AUTOR: JOHAN JAVIER GARCIA FAJARDO

KEVIN DAVID QUIMIS LOOR

TUTOR: ING. DIEGO ROBERTO FREIRE QUIROGA, MSc

Guayaquil – Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Johan Javier García Fajardo con documento de identificación No. 0926951419 y Kevin David Quimis Loor con documento de identificación No. 0953735776; manifestamos que:

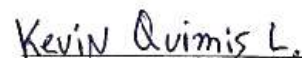
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 24 de febrero de 2026

Atentamente,



Johan Javier García Fajardo
0926951419



Kevin David Quimis Loor
0953735776

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Johan Javier García Fajardo con documento de identificación No. 0926951419 y Kevin David Quimis Loor con documento de identificación No. 0953735776 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de Proyecto Técnico: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PISCINAS PARA EL CULTIVO DE CAMARONES UTILIZANDO UNA IOT PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ing. Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de febrero de 2026

Atentamente,


Johan Javier García Fajardo
0926951419


Kevin David Quimis Loor
0953735776

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diego Roberto Freire Quiroga con documento de identificación N° 0917208084, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PISCINAS PARA EL CULTIVO DE CAMARONES UTILIZANDO UNA IOT PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN** realizado por Johan Javier García Fajardo con documento de identificación N° 0926951419 y por Kevin David Quimis Loor con documento de identificación N° 0953735776, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de febrero de 2026

Atentamente,


Ing. ~~Diego Roberto Freire Quiroga~~
CI. ~~0917208084~~

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, por permitirme soñar y luchar por cada meta. A mis padres, Javier Dionicio García Moreira y Mariuxi Mayra Fajardo Paredes, quienes con su amor, ejemplo y sacrificios hicieron posible este momento. A mis hermanos, familiares y seres queridos que me impulsaron a no rendirme. Este trabajo es para ustedes.

Johan Garcia F.

A mis familiares, dedico mi esfuerzo y perseverancia especialmente a quienes han estado a mi lado desde el inicio “TODA MI FAMILIA” por enseñarme a caminar con humildad y a soñar con valentía. A todos los que aportaron con palabras de aliento o un gesto de apoyo, gracias por inspirarme a llegar hasta aquí.

Kevin Quimis L.

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACIÓN
2026	JOHAN JAVIER GARCÍA FAJARDO	ING. DIEGO ROBERTO FREIRE QUIRIGA	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PISCINAS PARA EL CULTIVO DE CAMARONES UTILIZANDO UNA IOT PARA EL MONITOREO EN TIEMPO REAL DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN”

Este trabajo de grado se enfoca en la creación y puesta en marcha de un prototipo operativo que utiliza el Internet de las Cosas (IoT) para supervisar en tiempo real los parámetros físicoquímicos en estanques utilizados para el cultivo de camarón. La actividad de cultivar camarón es fundamental en la acuicultura y representa una valiosa fuente de ingresos en diversas zonas costeras de Ecuador y otros países de América Latina. Sin embargo, el éxito de esta actividad depende en gran medida del mantenimiento de un agua con condiciones adecuadas. Factores cruciales de la calidad del agua, como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, la turbidez y la conductividad, son imprescindibles para asegurar la salud, desarrollo y sobrevivencia de los camarones. Cualquier alteración en estos factores puede provocar estrés, enfermedades o incluso una alta mortalidad, lo que se traduce en pérdidas económicas significativas.

En la actualidad, un gran número de granjas de camarón realizan el control del agua de forma manual, lo que presenta considerables desventajas: mediciones irregulares, errores por parte del operario, carencia de registros históricos, descubrimiento tardío de cambios importantes y la falta de supervisión continua. Para abordar este desafío, este proyecto sugiere una solución tecnológica basada en IoT con el fin de automatizar y mejorar el proceso de monitoreo, brindando una vigilancia precisa, continua y a distancia que facilita la toma de decisiones informadas en tiempo real.

La solución planteada utiliza el microcontrolador ESP32-C, que cuenta con conectividad Wi-Fi integrada y la capacidad de procesamiento necesaria para aplicaciones IoT. Este microcontrolador se conecta a un conjunto de sensores específicos: un sensor de

pH, un sensor de turbidez SEN0189, un sensor de oxígeno disuelto, un sensor de turbidez y un sensor de conductividad. La información obtenida de estos sensores se envía a la plataforma Arduino Cloud, donde se procesa, almacena y presenta a través de un panel de control en línea. Además, se creó una interfaz de usuario local utilizando Python y la biblioteca CustomTkinter, lo que permite el monitoreo de las condiciones del agua desde una aplicación de escritorio, brindando así acceso a los datos tanto en la nube como de manera local.

La metodología utilizada integra enfoques teóricos y prácticos. En la etapa teórica, se elaboró un marco conceptual y se eligieron los componentes tecnológicos más apropiados según su compatibilidad, precisión, costo y eficiencia energética. En la etapa experimental, se construyó un prototipo a tamaño reducido de un estanque de cultivo de camarones, con un completo conjunto de sensores instalados para simular las condiciones de operación reales. Se evaluó la fiabilidad, la estabilidad de las lecturas y la capacidad del sistema para identificar anomalías en los parámetros del agua.

Los resultados evidencian un sistema operativo y escalable que puede adquirir datos en tiempo real, llevar a cabo un seguimiento histórico y emitir alertas en caso de condiciones críticas. Este prototipo establece una base sólida para futuras aplicaciones en granjas camaroneras reales y se puede mejorar con sistemas de control automatizados, modelos predictivos mediante inteligencia artificial y extenderse a otros parámetros o tipos de sistemas acuícolas.

Además de su aporte técnico a la industria de la acuicultura, este proyecto brinda una valiosa oportunidad de aprendizaje para los alumnos, combinando saberes en electrónica, programación, comunicación sin hilos, análisis de datos y diseño de interfaces. Muestra de qué manera la ingeniería electrónica puede apoyar el progreso sostenible en los sectores de producción alimentaria y agrícola.

Palabras clave: IoT, cría de camarones, acuicultura, sensores, vigilancia en tiempo real, Arduino Cloud, ESP32, piscicultura, CustomTkinter.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PRJ. DIRECTOR	SUBJECT
2026	JOHAN JAVIER GARCÍA FAJARDO KEVIN DAVID QUIMIS LOOR	ING. DIEGO ROBERTO FREIRE QUIROGA	“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PROTOTYPE OF POOLS FOR SHRIMP FARMING USING AN IoT FOR REAL-TIME MONITORING OF OPERATING PARAMETERS”.

This thesis focuses on the creation and implementation of an operational prototype that uses the Internet of Things (IoT) to monitor, in real time, the physicochemical parameters of shrimp farming ponds. Shrimp farming is fundamental to aquaculture and represents a valuable source of income in various coastal areas of Ecuador and other Latin American countries. However, the success of this activity depends largely on maintaining suitable water conditions. Crucial water quality factors, such as pH, temperature, dissolved oxygen, turbidity, and conductivity, are essential to ensure the health, development, and survival of the shrimp. Any alteration in these factors can cause stress, disease, or even high mortality, resulting in significant economic losses.

Currently, a large number of shrimp farms monitor water quality manually, which presents considerable disadvantages: irregular measurements, operator errors, lack of historical records, late detection of significant changes, and insufficient continuous monitoring. To address this challenge, this project proposes an IoT-based technological solution to automate and improve the monitoring process, providing accurate, continuous, and remote surveillance that facilitates informed, real-time decision-making.

The proposed solution utilizes the ESP32-C microcontroller, which features integrated Wi-Fi connectivity and the processing power necessary for IoT applications. This microcontroller connects to a set of specific sensors: a pH sensor, a SEN0189 turbidity sensor, a dissolved oxygen sensor, a turbidity sensor, and a conductivity sensor. The data

obtained from these sensors is sent to the Arduino Cloud platform, where it is processed, stored, and displayed via an online dashboard. Additionally, a local user interface was created using Python and the CustomTkinter library, enabling water condition monitoring from a desktop application, thus providing access to data both in the cloud and locally.

The methodology employed integrates theoretical and practical approaches. In the theoretical phase, a conceptual framework was developed, and the most appropriate technological components were selected based on their compatibility, accuracy, cost, and energy efficiency. In the experimental phase, a small-scale prototype of a shrimp farming pond was built, equipped with a complete set of sensors to simulate real-world operating conditions. The reliability, stability of the readings, and the system's ability to identify anomalies in water parameters were evaluated.

The results demonstrate a scalable and operational system capable of acquiring real-time data, performing historical monitoring, and issuing alerts in case of critical conditions. This prototype establishes a solid foundation for future applications in real shrimp farms and can be enhanced with automated control systems, predictive models using artificial intelligence, and extended to other parameters or types of aquaculture systems.

In addition to its technical contribution to the aquaculture industry, this project provides a valuable learning opportunity for students, combining knowledge in electronics, programming, wireless communication, data analysis, and interface design. This paper demonstrates how electronic engineering can support sustainable progress in the food and agricultural production sectors.

Keywords: IoT, shrimp farming, aquaculture, sensors, real-time monitoring, Arduino Cloud, ESP32, fish farming, CustomTkinter.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PROBLEMA	3
2.1 Delimitación del Problema	4
2.2 Temporal.....	4
2.3 Geográfica	4
2.4 Académica	5
2.2 Justificación	6
2.3 Antecedentes.....	7
2.4 Importancia y alcances	8
III. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos específicos	9
IV. FUNDAMENTO TEÓRICO	10
4.1 Tecnologías IoT en la Acuicultura	10
4.2 Importancia del Monitoreo en Tiempo Real.....	11
4.3 Parámetros Fisicoquímicos del Agua	12
4.4 Comunicación Inalámbrica.....	13
4.5 Plataformas en la Nube.....	14
4.6 Interfaces Gráficas con Python y CustomTkinter.....	15
4.7 Seguimiento de control en Acuicultura	16
4.8 Sensores de control en la Automatización.....	17
4.9 Supervisión de automatización	18
4.10 Red de Objetos Inteligentes (IOT).....	18
4.11 Plataformas IoT	19
4.12 Sensores Clave en Acuicultura	19

4.13 Controladores y Microcontroladores	21
4.14 Humedad de la pecera.....	21
4.15 Visualización en Tiempo Real.....	23
4.16 Eficiencia en el Uso del Agua y Control Automatizado	23
4.17 Consideraciones Energéticas y de Alimentación.....	25
4.18 Normativas y Regulaciones Ambientales	25
4.19 Aplicaciones en Proyectos Educativos y de Investigación.....	25
V. MARCO METODOLÓGICO	26
5.1 Explicación del prototipo.....	26
5.2 Componentes principales.....	26
5.3 Selección de componentes.....	28
5.4 Diagrama de conexiones.....	28
5.5 Desarrollo del sistema de monitoreo	29
5.6 Programación del controlador en el TDS	30
5.6.1 Conexiones del Prototipo.....	30
5.6.1.1 Sensor de humedad y temperatura.....	31
VI. RESULTADOS.....	37
VII. CRONOGRAMA	38
VIII. PRESUPUESTO	41
IX. CONCLUSIONES	42
X. RECOMENDACIONES	43
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
XII. ANEXO	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Monitoreo de los componentes</i>	11
Figura 2	<i>Monitoreo del programa en el ESP32</i>	11
Figura 3	<i>Sensores y mas</i>	12
Figura 4	<i>Dashboards On-Off</i>	13
Figura 5	<i>Módulo de Control y Comunicación</i>	13
Figura 6	<i>Captura de pantalla de programa web</i>	14
Figura 7	<i>Capturas de pantalla del programa y la programación</i>	15
Figura 8	<i>Conexión Phyton y Tkinter</i>	15
Figura 9	<i>Dashboards-Monitoreo-ESP32</i>	16
Figura 10	<i>Sensor de Oxígeno Disuelto (DO)</i>	17
Figura 11	<i>Sensor de Turbidez</i>	17
Figura 12	<i>Sensor de Temperatura y Humedad modelo RK520-01</i>	18
Figura 13	<i>Capturas de pantalla del programa y la programación</i>	19
Figura 14	<i>Sensor de Temperatura y Humedad modelo RK520-01</i>	20
Figura 15	<i>Sensor de Conductividad</i>	20
Figura 16	<i>ESP32</i>	21
Figura 17	<i>Pecera</i>	21
Figura 18	<i>Interfaz de sensores</i>	23
Figura 19	<i>Proceso de instalación del cableado en la maqueta</i>	24
Figura 20	<i>Funcionamiento del sistema y controladores</i>	24
Figura 21	<i>Proceso de la conexión del prototipo y su maquetad</i>	25
Figura 22	<i>Materiales de bloques del sistema de monitoreo acuícola</i>	27
Figura 23	<i>Diagrama de conexión de SENSOR DE TURBIDEZ TS-300B</i>	28
Figura 24	<i>Pines y Sensores</i>	30
Figura 25	<i>Prototipo del sistema de monitoreo IoT</i>	30
Figura 26	<i>Sensor EC</i>	32
Figura 27	<i>Medidor de PH</i>	32
Figura 28	<i>Configuración de Programa</i>	33
Figura 29	<i>Conexión en Red</i>	34
Figura 30	<i>Monitoreo en la programación</i>	34
Figura 31	<i>Conectividad de los componentes</i>	35

Figura 32 <i>Monitoreo en graficas</i>	36
Figura 33 <i>Materiales</i>	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del prototipo de piscina camaronera a escala	22
Tabla 2 Componentes del prototipo	28
Tabla 3 Cronogramas de actividades	38
Tabla 4 Tabla de presupuesto	41

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón es una de las actividades más importantes dentro del sector acuícola, debido a su impacto económico y social en las regiones costeras. El éxito de esta actividad depende del control adecuado de las condiciones del agua, ya que parámetros como el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, la turbidez y la conductividad influyen directamente en el crecimiento, la salud y la supervivencia de los camarones (Oswaldo, 2016).

En muchas unidades de producción de camarones, el monitoreo de los parámetros físico-químicos del agua aún se realiza de manera manual o mediante equipos cuyo Servicio no permite un registro continuo de datos. Este método experimental representa un riesgo significativo para el cultivo ya que ciertos cambios críticos simplemente pueden no ser detectados a tiempo, la interpretación de los resultados es, en última instancia, el criterio del operador y cualquier retraso en la identificación de condiciones adversas tiene un alto costo económico, especialmente cuando ocurren una disminución repentina del oxígeno disuelto o alteraciones graves de otros parámetros clave (Oswaldo, 2016).

En los últimos años, el avance de las tecnologías digitales ha permitido el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de medir, procesar y transmitir información en tiempo real. En particular, el Internet de las Cosas (IoT) ha sido aplicado en diversos sectores productivos, permitiendo mejorar los procesos de supervisión, automatización y toma de decisiones basadas en datos (García, 2025; Hernández, 2023).

Estas tecnologías han demostrado ser herramientas eficaces para reducir errores humanos, optimizar recursos y promover prácticas más eficientes y sostenibles en la gestión de sistemas productivos (Sensorix, 2024).

Bajo este punto de vista, el estudio presente plantea crear y montar un modelo de estanque para criar camarones que integre sensores electrónicos, comunicación sin cables y un sistema central en internet. El mecanismo sugerido dejará medir continuamente aspectos clave del agua, tales como el calor, el nivel de acidez, lo turbio y la conductividad, empleando un chip que puede enlazarse a internet para mandar la información a una plataforma virtual será posible verla y estudiarla en vivo.

Además, se creará una interfaz gráfica utilizando Python que facultará al usuario para ver los datos recolectados, generar alertas en caso de que las condiciones se salgan de los límites establecidos y facilitar la toma de decisiones operativas. Este enfoque

tecnológico no solo ayuda a mejorar el control en el cultivo de camarón, sino que también enriquece las habilidades técnicas en áreas como electrónica, programación, automatización y análisis de datos, lo que es significativo en el contexto académico y de formación.

II. PROBLEMA

Se recomienda llevar el prototipo de la piscina de camarón a un entorno real para demostrar su funcionamiento, ya que hay obtendremos un entorno real y validaremos el desempeño del prototipo. Sería conveniente incorporar bombas y sistemas de calentamiento de mayor calidad en función de los valores registrados por los sensores, con el fin de mejorar y mantener la estabilidad del prototipo. Se sugiere mejorar el encapsulado y los sensores mediante el uso de materiales resistente a la humedad y las altas temperaturas, ya que esto mejorara y prolongara la vida útil del prototipo en el campo. Esta actividad genera miles de empleos directos e indirectos, además de representar una de las principales fuentes de exportación no petrolera. Sin embargo, el éxito del cultivo camaronero depende en gran medida del control adecuado de las condiciones ambientales del agua, siendo la calidad del medio acuático uno de los factores más determinantes para garantizar la supervivencia, crecimiento y sanidad de las post larvas.

En la actualidad, muchos criaderos de post larvas continúan utilizando métodos tradicionales y manuales para medir los parámetros fisicoquímicos del agua, como el pH, la temperatura, la turbidez, la conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto. Además, los equipos empleados suelen presentar limitaciones en cuanto a precisión, confiabilidad y capacidad de automatización, lo que dificulta el monitoreo continuo y en tiempo real de las variables críticas del sistema de cultivo. Esta situación impide la detección temprana de cambios bruscos en las condiciones del agua, los cuales pueden afectar significativamente el desarrollo de los organismos acuáticos (Ponce, 2015).

La dependencia en el juicio del operador para analizar los resultados de las mediciones constituye otro desafío relevante, dado que las decisiones fundamentadas solo en la experiencia humana pueden dar lugar a errores, demoras en la reacción y carencia de uniformidad en el manejo del cultivo .La falta de sistemas automatizados aumenta la posibilidad de fallos operativos, lo que puede generar estrés en las post larvas, brotes de enfermedades y, en situaciones críticas, mortalidad masiva .Estas pérdidas impactan no solo la producción, sino que también representan repercusiones económicas significativas para los productores de acuicultura (Sensoricx, 2024).

En este escenario, es fundamental aplicar tecnologías avanzadas que faciliten la medición, vigilancia y control continuos de la calidad del agua. La adopción de sistemas que operan a través del Internet de las Cosas (IOT) ha probado ser una opción eficaz para la recolección de datos ambientales en tiempo real, permitiendo una transmisión ágil de información a plataformas digitales y propiciando una toma de decisiones más veloz y exacta. Estas tecnologías engloban sensores, microcontroladores y redes sin cables, ofreciendo una infraestructura inteligente que puede favorecer la gestión del cultivo acuícola (Cursosaula21, 2023; Guía Completa/aula21, 2024).

La automatización en la observación de los parámetros fisicoquímicos del agua no solo ayuda a mejorar la productividad del sistema, sino que también permite disminuir los costos operativos, reducir riesgos sanitarios y fomentar prácticas sostenibles en la acuicultura. Además, el acceso remoto a los datos a través de plataformas en la nube habilita una vigilancia constante del proceso productivo, incluso en ausencia del operador, lo que representa una ventaja notable en comparación con las técnicas tradicionales (Brito, 2022).

Por consiguiente, la integración de tecnologías de monitoreo inteligente en los criaderos de post larvas se considera una necesidad estratégica para optimizar la eficiencia del cultivo de camarón en Ecuador, asegurando la calidad del agua, la salud de los organismos y la rentabilidad del proceso de producción.

2.1 Delimitación del Problema

2.2 Temporal

Este proyecto se desarrolló en el período académico correspondiente al segundo semestre del año 2025. Todas las actividades de investigación, diseño, desarrollo, pruebas y validación estarán programadas dentro de este lapso.

2.3 Geográfica

La investigación y el desarrollo del prototipo se realizarán en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil. No obstante, el diseño está concebido

para ser adaptable a las condiciones reales de las zonas costeras del Ecuador donde se concentra la producción camaronera, tales como Guayas, Manabí y El Oro.

2.4 Académica

Este trabajo forma parte del proceso de titulación de la carrera de Ingeniería Electrónica y Automatización, la cual aplicamos programación, sensores y comunicación inalámbrica, aplicadas al monitoreo ambiental en sistemas de cultivo de camarones.

2.2 Justificación

La investigación actual se fundamenta en la necesidad de perfeccionar los métodos de supervisión y control de la calidad del agua en los sistemas de cultivo de camarones, especialmente durante las primeras fases del desarrollo de las postlarvas, donde las condiciones ambientales impactan directamente la supervivencia y crecimiento de los organismos. La acuicultura de camarones es un sector clave para la economía ecuatoriana, haciendo que la optimización de sus procesos productivos sea esencial para asegurar su competitividad y sostenibilidad (Oswaldo, 2016).

Desde una orientación técnica, el proyecto se fundamenta en la propuesta de crear e implementar un prototipo que utiliza tecnologías del Internet de las Cosas (IOT), lo que facilita la recopilación automática de datos físicoquímicos del agua, como temperatura, pH, turbidez y conductividad. La automatización de la supervisión reduce la necesidad de mediciones manuales y minimiza el margen de error humano, brindando información confiable en tiempo real para decisiones oportunas. Además, la combinación de sensores electrónicos, microcontroladores y plataformas en la nube mejora la eficiencia del sistema de monitoreo del cultivo (Tovar Tapia, 2024; Xylem, 2025).

Desde el enfoque científico y académico, este estudio contribuye al avance del conocimiento en áreas como electrónica, programación, redes de comunicación y análisis de datos aplicados a la acuicultura. El proyecto valida la implementación de tecnologías emergentes en entornos productivos simulados, generando evidencias experimentales que pueden servir de base para futuras investigaciones y avances tecnológicos en el sector acuícola. También potencia las habilidades técnicas de estudiantes e investigadores mediante la integración de conceptos interdisciplinarios en un sistema funcional (García, 2025; Hernández, 2023).

Desde una perspectiva económica, la adopción de un sistema de monitoreo automatizado puede reducir las pérdidas productivas derivadas de fallos en el control de la calidad del agua. La detección temprana de condiciones desfavorables ayuda a prevenir enfermedades, mortalidad masiva y descenso en el rendimiento del cultivo, resultando en un ahorro significativo de costos operativos y un incremento en la rentabilidad de los productores. Asimismo, la utilización de tecnologías accesibles y de bajo costo, como

microcontroladores y sensores comerciales, facilita la adopción del sistema por parte de pequeños y medianos productores (Baque, 2019; Sensoricx, 2024; Tinta Capuz, 2024).

Desde un punto de vista social y ambiental, el proyecto apoya la promoción de prácticas acuícolas más sostenibles, al propiciar un uso más eficiente de los recursos hídricos y energéticos. El monitoreo constante del agua contribuye a evitar la contaminación, optimizar el uso de insumos y asegurar condiciones adecuadas para el bienestar de los organismos cultivados. De esta forma, se fomenta una producción responsable que minimiza el impacto ambiental y apoya el desarrollo sostenible de las comunidades costeras (M. del Ambiente, 2017).

Finalmente, el proyecto se justifica porque establece una base tecnológica que puede ser escalada y adaptada a sistemas de mayor complejidad en el futuro. El prototipo desarrollado permite demostrar la viabilidad de soluciones inteligentes aplicadas a la acuicultura, constituyendo un modelo replicable para investigaciones posteriores y aplicaciones industriales.

2.3 Antecedentes

La productividad en acuicultura en los últimos años ha crecido notablemente. Recientes estudios demuestran que el monitoreo constante de parámetros como pH, temperatura, turbidez, conductividad, y oxígeno, son los responsables del incremento en productividad y de la disminución de pérdidas en el cultivo de camarones. Un monitoreo y control deficiente de estos parámetros pueden provocar estrés en los organismos, que por su estrés no crecen y que, por el estrés, pueden llegar a morir (Oswaldo, 2016; Ponce, 2015).

A la par, se han desarrollado sensores electrónicos, microcontroladores y plataformas en la nube, que han permitido el desarrollo de sistemas de monitoreo en tiempo real en agricultura y manejo del medio ambiente (M. del Ambiente, 2017). Estos sistemas han aportado en toma de decisiones, reducción de costos y uso eficiente de los recursos. Sin embargo, en la camaronicultura aún son incipientes, al menos en los pequeños y medianos productores.

El monitoreo, en sus sistemas, se realizan de manera manual y esporádica (García, 2025; Tovar Tapia, 2024).

2.4 Importancia y alcances

El proyecto es relevante por su ámbito técnico y por su ámbito académico y formativo. Desde su ámbito técnico, es una propuesta que brinda una solución práctica que busca una mejora en el monitoreo de parámetros de calidad de agua en piscinas camaroneras, facilitando una supervisión permanente y en tiempo real. Esto, además de ser una mejora en el monitoreo, permite responder de forma oportuna y rápida a condiciones adversas, lo que contribuirá a la reducción de riesgos y/o pérdidas en el proceso productivo (Oswaldo, 2016; Xylem, 2025). Desde su ámbito académico, el proyecto es el resultado de una experiencia interdisciplinaria muy valiosa en la que se conjuntan el conocimiento de la electrónica, la programación, las redes de comunicación, la automatización y el procesamiento de datos. A través de la elaboración, implementación y posterior validación de un sistema, los estudiantes no sólo fortalecen sus competencias técnicas, sino que se proveen de habilidades de carácter práctico que podrán ser utilizadas en un contexto real, lo que, en términos generales, representa un gran aporte en su proceso de formación profesional.

El alcance del estudio se limita al diseño, construcción y evaluación de un prototipo funcional a escala bajo condiciones simuladas de una piscina camaronera. No se considera su implementación comercial ni industrial; sin embargo, el sistema desarrollado establece una base técnica para futuras ampliaciones y aplicaciones en sistemas acuícolas de mayor complejidad.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Implementar un prototipo funcional de sistema de monitoreo para piscinas de cultivo de camarones utilizando tecnología IoT que permita controlar en tiempo real parámetros críticos del agua como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad.

3.2 Objetivos específicos

- Programar la lógica de control de la IoT usando la Plataforma Arduino Cloud para el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad.
- Diseñar un algoritmo de control On/Off para mantener la temperatura del prototipo en un valor requerido.
- Diseñar una interfaz gráfica intuitiva que permita monitorear los parámetros de operación del prototipo.

IV. FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1 Tecnologías IoT en la Acuicultura

La acuicultura moderna enfrenta un conjunto de desafíos que van más allá de la biología: el monitoreo constante de las condiciones ambientales, el uso racional de los recursos y la prevención de enfermedades exigen soluciones tecnológicas capaces de operar con precisión y en tiempo real. En ese contexto, el Internet de las Cosas se ha consolidado como una herramienta clave para elevar la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas productivos acuícolas (Baque, 2019).

El principio del IoT es simple pero poderoso: dispositivos físicos equipados con sensores, actuadores y capacidades de comunicación recopilan datos del entorno y los transmiten a plataformas digitales donde pueden analizarse y actuar sobre ellos. En acuicultura, estas variables incluyen temperatura, oxígeno disuelto, pH, turbidez, amoníaco y otros indicadores fisicoquímicos que determinan el bienestar de las especies cultivadas (Brito, 2022).

Diversos estudios han demostrado que la implementación de estos sistemas reduce la dependencia de mediciones manuales, minimiza los errores humanos y permite el acceso remoto a la información, lo que facilita decisiones rápidas que pueden marcar la diferencia entre una cosecha exitosa y una pérdida significativa. Desde el punto de vista arquitectónico, estos sistemas suelen combinar microcontroladores como el Arduino o el ESP32 con tecnologías de transmisión inalámbrica WiFi, LoRa, Zigbee, redes celulares conectados a plataformas en la nube donde los datos se almacenan, procesan y visualizan.

Plataformas como Arduino Cloud, ThingSpeak o AWS IoT han ganado protagonismo en este ámbito por su facilidad de integración y capacidad de escalar. Permiten gestionar dispositivos, almacenar registros históricos, definir variables y presentar la información de manera gráfica, lo que las hace útiles tanto en contextos formativos como productivos. En algunos casos, estas arquitecturas incorporan algoritmos de inteligencia artificial para anticipar eventos críticos antes de que ocurran.

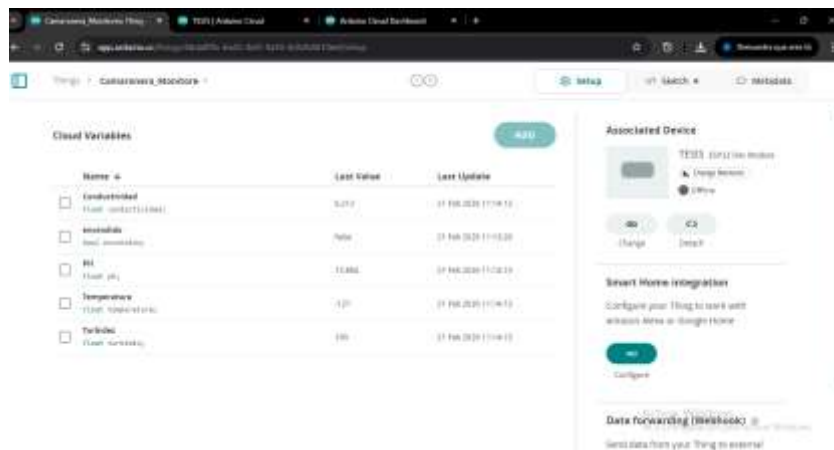
En suma, el IoT representa una alternativa sólida para el control inteligente de los sistemas acuícolas, con un impacto comprobado en la reducción de costos operativos, la mejora de la gestión del cultivo y el avance hacia una acuicultura de precisión.

4.2 Importancia del Monitoreo en Tiempo Real

La capacidad de detectar variaciones en la calidad del agua de forma inmediata es uno de los mayores beneficios que ofrece el monitoreo continuo, Figura 1 y 2, Ante cualquier cambio brusco en temperatura, pH u oxígeno disuelto, una respuesta rápida puede evitar consecuencias graves para los organismos en cultivo. Esta agilidad en la toma de decisiones no solo mejora la productividad, sino que también reduce los riesgos inherentes a un ambiente de cultivo dinámico (Pozueta, 2013; Pozueta et al., 2024).

Figura 1

Monitoreo de los componentes



Nota. Variables de los sensores del monitoreo

Figura 2

Monitoreo del programa en el ESP32



Nota. Código de los sensores del monitoreo y sus variables

4.3 Parámetros Fisicoquímicos del Agua

Para mantener condiciones óptimas en las piscinas camaroneras, Figura 3, es fundamental controlar las siguientes variables:

pH: Ideal entre 7.5 y 8.5. Valores extremos afectan procesos metabólicos y crecimiento del camarón.

Temperatura: Óptima entre 26°C y 32°C. Afecta la tasa metabólica, la digestión y la inmunidad.

Oxígeno Disuelto (OD): Niveles inferiores a 4 mg/L pueden ser letales.

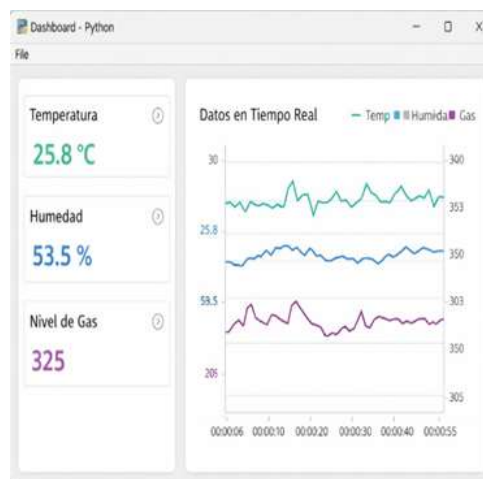
Turbidez: Alta turbidez afecta la fotosíntesis del fitoplancton y reduce la calidad del alimento natural.

Conductividad: Relacionada con la salinidad, importante para el equilibrio osmótico de los camarones (Sensoricx, 2024).

Cada uno de estos parámetros debe mantenerse dentro de rangos definidos, y su monitoreo en tiempo real puede prevenir desbalances que comprometan el ciclo de cultivo.

Figura 3

Sensores y mas



Nota. Código de los sensores del monitoreo y sus variables

4.4 Comunicación Inalámbrica

El (ESP32-C) es muy utilizado en proyectos de (IOT) debido a sus funcionalidades de conexión por Wi-Fi y Bluetooth, figura 4 y 5, su bajo consumo de energía y su simple integración. Su arquitectura permite gestionar múltiples sensores y enviar datos a la nube en tiempo real. En comparación con otros microcontroladores como Arduino Uno o ESP8266, el ESP32 ofrece mejor rendimiento y memoria, siendo ideal para aplicaciones de monitoreo ambiental (Industriashop, 2023)

La conectividad Wi-Fi es clave en este proyecto, ya que permite que el sistema transmita datos de manera inalámbrica a una red local o directamente a internet. Esto hace posible visualizar los datos en cualquier dispositivo con acceso a la plataforma seleccionada.

Figura 4

Dashboards On-Off



Nota. Respuesta de la comunicación del MQTT y sensores

Figura 5

Módulo de Control y Comunicación



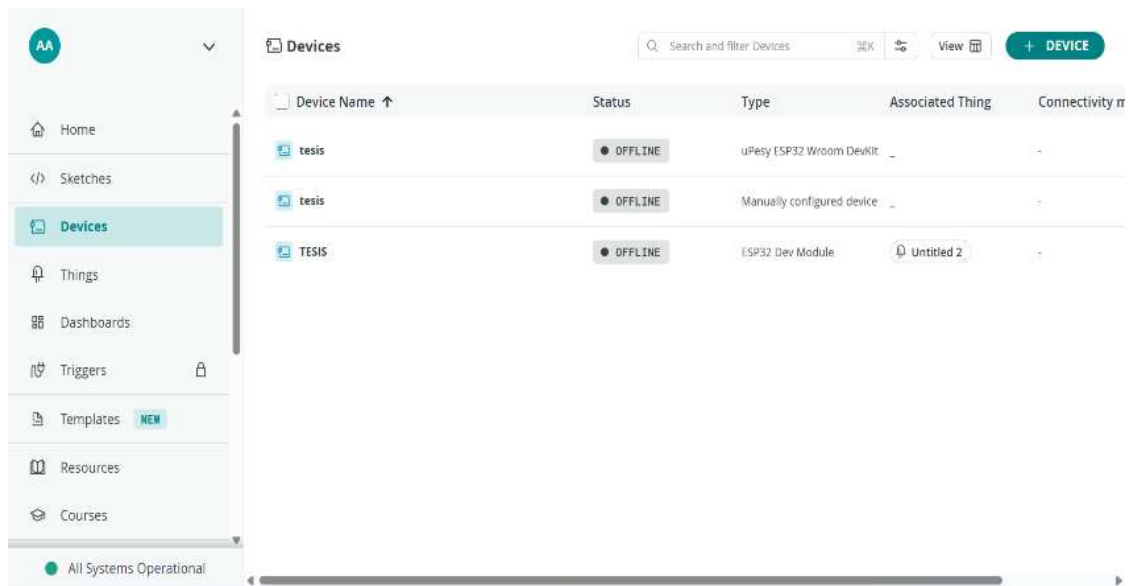
Nota. Respuesta de la comunicación del MQTT y sensores

4.5 Plataformas en la Nube

Las plataformas en la nube permiten almacenar, Figura 6, procesar y visualizar los datos obtenidos por los sensores IoT. Estas herramientas facilitan el acceso remoto a la información, brindando a los productores la posibilidad de supervisar las condiciones del cultivo desde cualquier lugar con conexión a internet (Garcia, 2025).

Figura 6

Captura de pantalla de programa web



Device Name ↑	Status	Type	Associated Thing	Connectivity n
tesis	● OFFLINE	uPesy ESP32 Wroom DevKit	-	-
tesis	● OFFLINE	Manually configured device	-	-
TESIS	● OFFLINE	ESP32 Dev Module	Untitled 2	-

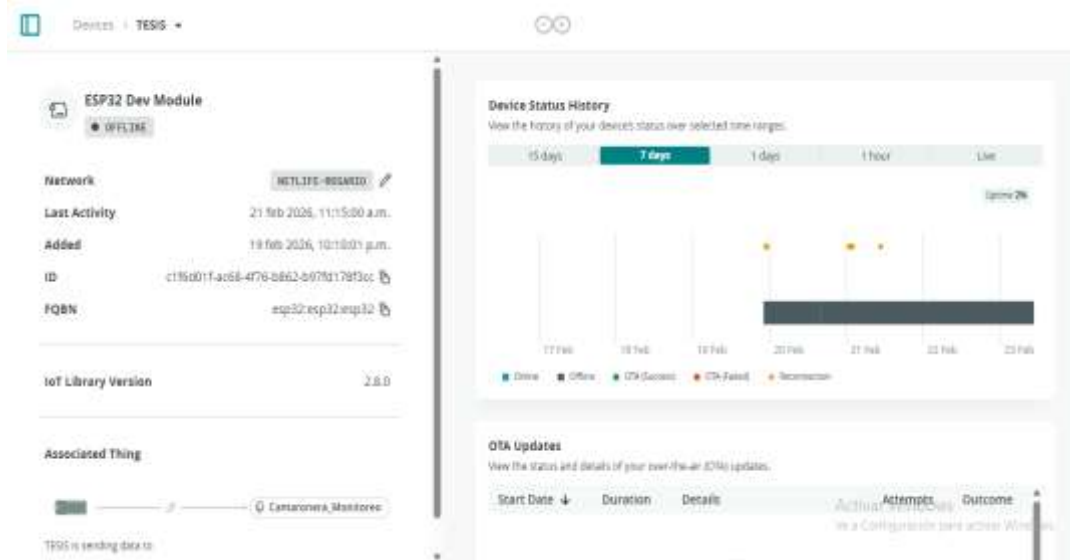
Nota. Programa web del prototipo de cultivo de camarones

4.7 Seguimiento de control en Acuicultura

La implementación de la automatización en el monitoreo acuícola requiere la fusión de sensores y dispositivos de control que funcionan de manera independiente, figura 9, eliminando la necesidad de intervención humana continua. La meta es asegurar que las condiciones del cultivo se mantengan dentro de los parámetros adecuados y minimizar errores resultantes de la operación manual.

Figura 9

Dashboards-Monitoreo-ESP32



Nota. Gráfica del historial del monitoreo del ESP32

4.8 Sensores de control en la Automatización

Los sensores son la parte fundamental de cualquier sistema de monitoreo automatizado, figura 10 y 11, ya que tienen la función de captar variables físicas y químicas del agua, como temperatura, pH, turbidez y conductividad, transformándolas en señales que se pueden procesar. La calidad y la fiabilidad de estos dispositivos son cruciales para lograr la exactitud del control automatizado.

Figura 10

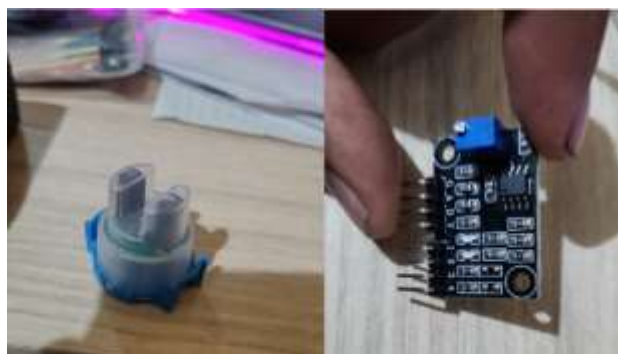
Sensor de Oxígeno Disuelto (DO)



Nota. Fuente: (Johan Javier Garcia Fajardo y Kevin David Quimis Loor, 2025)

Figura 11

Sensor de Turbidez



Nota. Fuente: (Johan Javier Garcia Fajardo y Kevin David Quimis Loor, 2025)

4.9 Supervisión de automatización

Los sistemas automatizados se pueden dividir según su grado de integración, los tipos de sensores utilizados y su capacidad de comunicación. Desde sistemas básicos con un solo sensor hasta estructuras más complejas con numerosos nodos distribuidos, Figura 12, todos tienen como objetivo proporcionar datos confiables que faciliten decisiones efectivas.

Figura 12

Sensor de Temperatura y Humedad modelo RK520-01



Nota. Fuente: (Johan Javier Garcia Fajardo y Kevin David Quimis Loor, 2025)

4.10 Red de Objetos Inteligentes (IOT)

Casos similares han sido documentados en investigaciones académicas donde se han utilizado microcontroladores y plataformas (IOT) para la recolección y el envío de datos medioambientales. Por ejemplo, (Tovar Tapia, 2024). Creó un módulo interactivo basado en Arduino con conexión (IOT), demostrando mejoras en la supervisión a distancia y en la automatización de procedimientos. Asimismo, (Garcia, 2025). Implementó un sistema de monitoreo remoto alimentado por energía solar, mostrando que la conectividad en la nube puede mejorar la toma de decisiones, aunque también indicó restricciones relacionadas con la estabilidad de la comunicación y la latencia en la transmisión de datos. Estas investigaciones evidencian que el uso del Internet de las Cosas ayuda considerablemente a aumentar la eficiencia operativa y el control de sistemas productivos (Industriashop, 2023).

4.11 Plataformas IoT

Las plataformas IoT actúan como el puente entre el hardware y el usuario final. Permiten visualizar, Figura 13, analizar y actuar sobre los datos recolectados por los sensores. Estas plataformas se clasifican en aquellas orientadas al hardware, desarrollo de aplicaciones, conectividad y análisis de datos (Hernández, 2023). Un ejemplo común es Arduino Cloud, ampliamente utilizada por su interfaz amigable, integración nativa con ESP32 y capacidad para representar datos en dashboards intuitivos (InfoPLC, 2023).

Figura 13

Capturas de pantalla del programa y la programación



Nota. Inicio de la pantalla de programación

4.12 Sensores Clave en Acuicultura

En la actualidad, se emplean diversos métodos para medir la temperatura mediante una amplia gama de sensores de distintas características. La ingeniería de control de procesos ha diseñado, figura 14 y 15, perfeccionado e innovado sensores que permiten un monitoreo preciso de las fluctuaciones de temperatura en procesos industriales (Bausa y otros, 2024).

- Sensor de pH: Este sensor evalúa la acidez o alcalinidad del agua. Valores fuera del rango de 7.5 a 8.5 pueden generar estrés en los camarones (Brito, 2022).
- Sensor de Oxígeno Disuelto (DO): Niveles bajos de oxígeno (menores a 5 mg/L) pueden provocar asfixia en los camarones (M. del Ambiente, 2017).
- Sensor de Turbidez: Determina la cantidad de partículas suspendidas que afectan la penetración de la luz (Brito, 2022).

- Sensor de Conductividad: Evalúa la salinidad del agua, crucial para el equilibrio osmótico del camarón (Xylem, 2025).
- Sensor de Temperatura: Registra los cambios de temperatura que afectan el metabolismo del camarón. Rango óptimo: 26°C – 32°C (Baque, 2019).

Figura 14

Sensor de Temperatura y Humedad modelo RK520-01



Nota. Fuente: (Johan Javier Garcia Fajardo y Kevin David Quimis Loor, 2025)

Figura 15

Sensor de Conductividad



Nota. Fuente: (Johan Javier Garcia Fajardo y Kevin David Quimis Loor, 2025)

4.13 Controladores y Microcontroladores

Variables El ESP32-C es uno de los microcontroladores más utilizados en proyectos de IoT por su conectividad WiFi, bajo consumo energético y facilidad de programación. Integra la recolección de datos y su envío a la nube, figura 16, lo cual lo convierte en una opción ideal para proyectos de monitoreo acuícola (Pozueta, 2013).

Figura 16

ESP32



Nota. tomado de autoría propia

4.14 Humedad de la pecera

Se refiere al porcentaje de agua presente en la pecera, figura 17, un factor fundamental para determinar el momento adecuado para rellenarla.

Figura 17

Pecera



Nota. se muestra el prototipo que se va implementar las pruebas a realizar de riego para la pecera.

Tabla 1*Características del prototipo de piscina camaronera a escala*

Parámetros	Descripción - pecera
Material de la pecera	Vidrio templado transparente
Profundidad del prototipo	30 a 45 cm
Capacidad aproximada	40 a 80 litros (dependiendo del área de la base)
Tipo de agua	Agua salobre o dulce simulada
Sustrato	Arena fina y grava lavada
Sensor de temperatura	DS18B20
Sensor de pH	Medidor de pH analógico
Sensor de turbidez	Sensor de turbidez óptico
Sensor de conductividad	Sensor EC
Microcontrolador	ESP32
Conectividad	Wi-Fi hacia plataforma en la nube
Prototipo de camarón	Modelo físico o simulación representativa del camarón

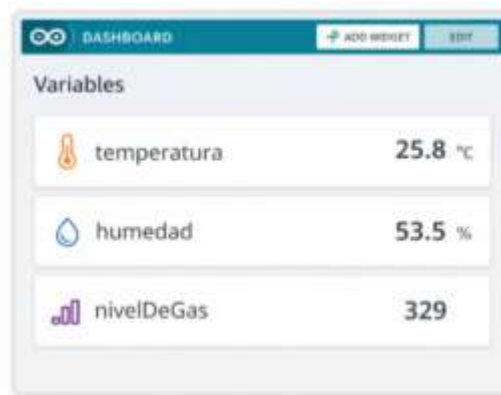
Nota. El prototipo fue desarrollado en una pecera de vidrio con una profundidad entre 30 y 45 cm, simulando las condiciones básicas de una piscina camaronera a escala. Se utilizaron sensores electrónicos para medir los parámetros del agua y un microcontrolador ESP32 para la adquisición y transmisión de datos. El modelo de camarón fue representado de forma física o conceptual para simular las condiciones del cultivo.

4.15 Visualización en Tiempo Real

Las interfaces de usuario locales, figura 18, desarrolladas en Python con bibliotecas como CustomTkinter, permiten visualizar de forma amigable los datos recolectados. Estas herramientas mejoran la experiencia del usuario y facilitan la toma de decisiones basadas en datos (Tinta Capuz, 2024).

Figura 18

Interfaz de sensores



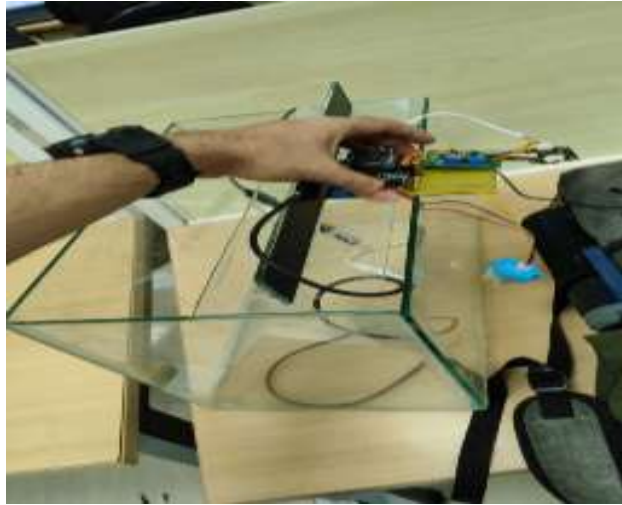
Nota. Una Interfaz donde se muestra los diferentes factores de variables de cambios en el ambiente

4.16 Eficiencia en el Uso del Agua y Control Automatizado

Al igual que en sistemas de riego, el monitoreo automatizado del agua en piscinas de cultivo ayuda a evitar excesos o deficiencias que podrían poner en riesgo la producción. La automatización permite actuar con precisión sobre el ambiente acuícola, figura 19 y 20, mejorando la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental (Bonet & Agramonte, 2022).

Figura 19

Proceso de instalación del cableado en la maqueta



Nota. La implementación completa del sistema en la maqueta.

Figura 20

Funcionamiento del sistema y controladores



Nota. Se conecta a través de un microcontrolador, que proporciona un enlace inalámbrico a través del cableado a la placa de desarrollo con WiFi y Bluetooth y el microcontrolador permite que los sensores obtengan y compartan datos a través de la red.

4.17 Consideraciones Energéticas y de Alimentación

El sistema requiere una fuente de alimentación estable y eficiente. Adaptadores AC-DC de corriente continua permiten la conexión segura y controlada de todos los componentes electrónicos, figura 21, reduciendo el riesgo de fallas o sobrecargas (ES, 2024).

Figura 21

Proceso de la conexión del prototipo y su maqueta



Nota. Se llevo a cabo la Implementación de todos los componentes en la placa.

4.18 Normativas y Regulaciones Ambientales

Todo sistema automatizado que maneje agua debe cumplir con regulaciones ambientales vigentes. El Ministerio del Ambiente de Ecuador (2017) regula las descargas de aguas residuales en cuerpos hídricos, por lo que es fundamental diseñar sistemas con prácticas responsables de vertido y recirculación.

4.19 Aplicaciones en Proyectos Educativos y de Investigación

Diversos trabajos como los de Baque (2019), Garcia (2025), y Tovar Tapia (2024), han demostrado el uso de tecnologías como Arduino, sensores de bajo costo y plataformas de visualización en investigaciones universitarias y prototipos de innovación, fortaleciendo la formación académica y fomentando la sostenibilidad tecnológica.

V. MARCO METODOLÓGICO

5.1 Explicación del prototipo

El sistema desarrollado para el monitoreo de parámetros en piscinas de cultivo de camarón está organizado en torno a una unidad central de procesamiento y un conjunto de sensores especializados, todos integrados bajo una arquitectura IoT. Su función principal es recolectar, procesar y transmitir variables ambientales críticas hacia una interfaz de usuario en PC, donde pueden analizarse y tomarse decisiones en función de los datos obtenidos.

5.2 Componentes principales

1. Módulo de control y comunicación (ESP32)

- Funciona como la unidad central de procesamiento del sistema.
- Integra conectividad WiFi y Bluetooth, lo que permite la transmisión de datos hacia un broker MQTT y la visualización remota.
- Se encarga de la lectura de sensores, el preprocesamiento de señales y la comunicación en tiempo real.

2. Sensor de Temperatura DS18B20 (1-Wire, impermeable)

- Permite medir con alta precisión la **temperatura del agua**, parámetro esencial en el crecimiento de los camarones.
- Su encapsulado impermeable lo hace adecuado para la **inmersión directa en la piscina**.
- Rango de operación: $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ con resolución de hasta 12 bits.

3. Sensor de Conductividad Eléctrica (EC / TDS analógico)

- Determina la **salinidad y concentración de sólidos disueltos** en el agua.
- Este parámetro es clave en la acuicultura, ya que los camarones requieren un rango específico de salinidad para desarrollarse correctamente.
- Se conecta al ESP32 mediante entrada **ADC analógica**.

4. Sensor de Turbidez (SEN0189)

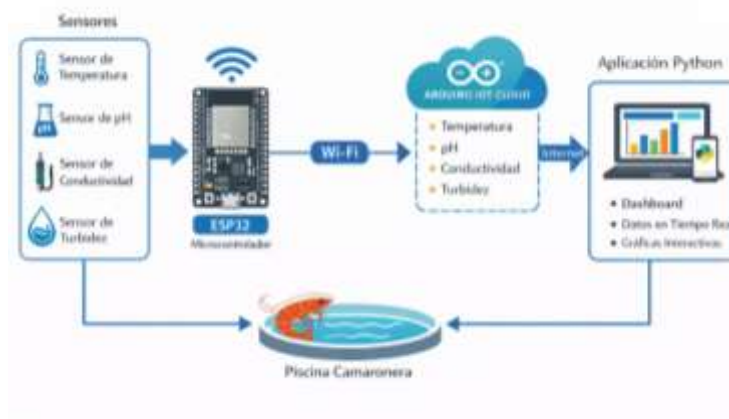
- Mide la **claridad del agua**, detectando partículas en suspensión.
- La turbidez influye en la calidad del hábitat de los camarones y puede indicar problemas de contaminación o exceso de materia orgánica.
- Genera una salida analógica proporcional al nivel de turbidez.

5. Medidor de pH

- Registra el **nivel de acidez o alcalinidad del agua**, otro factor determinante en la salud y metabolismo de los camarones.
- El sensor entrega una señal analógica al ESP32, que es procesada y calibrada mediante un algoritmo.

Figura 22

Materiales de bloques del sistema de monitoreo acuícola



Nota. Sensores → ESP32 (Python) → WiFi → ESP32 → Dashboard móvil/PC

5.3 Selección de componentes

Tabla 2

Componentes del prototipo

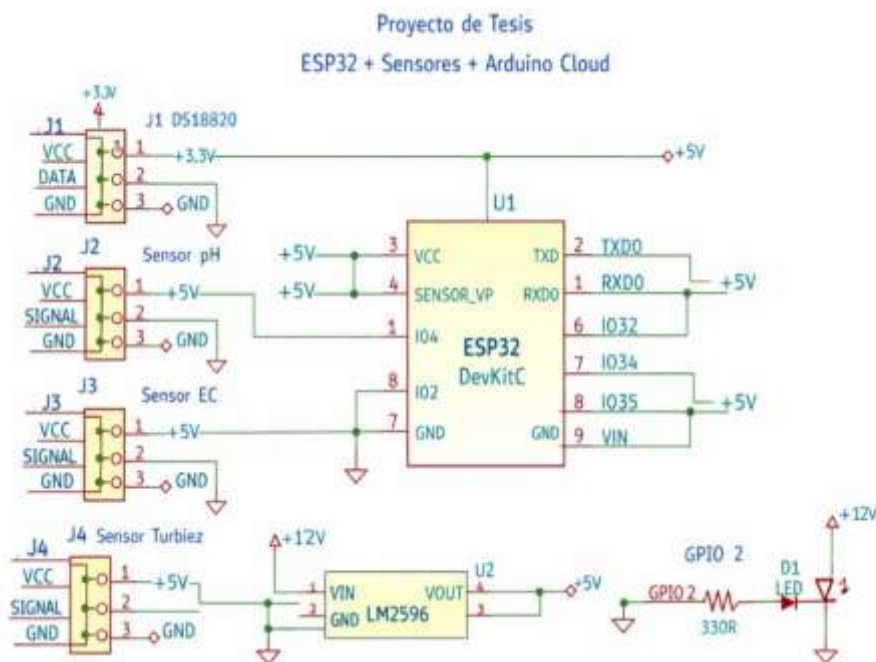
Componente	Descripción	Función en el sistema
ESP32	Placa de desarrollo con WiFi y Bluetooth, compatible con MicroPython	Procesamiento y envío de datos
DS18B20	Sonda Temperatura Sumergible	Monitoreo ambiental
Sensor EC	mide la conductividad eléctrica (EC) de un líquido o suelo	Análisis de calidad
Sensor Turbidez	sensor analítico que mide la turbidez	Análisis de calidad
Medidor de ph	Sensor que ayuda medir el ph de agua	Análisis de calidad
Fuente 12V y 5V	Alimentación	Suministro de energía

Nota. Características técnicas de los componentes electrónicos del prototipo

5.4 Diagrama de conexiones

Figura 23

Diagrama de conexión de SENSOR DE TURBIDEZ TS-300B



Nota. Diagrama de sensores donde podremos medir la calidad del agua mediante una señal de voltaje

5.5 Desarrollo del sistema de monitoreo

Para el desarrollo del sistema de monitoreo se partió de la idea de integrar varios sensores en un solo prototipo que pudiera registrar en tiempo real las condiciones del agua en las piscinas de camarón. La base del sistema fue el **ESP32**, elegido por su capacidad de procesamiento y su conexión WiFi, lo que lo convierte en el “cerebro” del proyecto.

El primer componente que se instaló fue el **sensor de temperatura DS18B20**, ya que resulta fundamental conocer la temperatura del agua para garantizar el bienestar de los camarones. Este sensor, al ser impermeable, se colocó de manera que pudiera sumergirse sin problema en la piscina.

Después se conectó el **sensor de conductividad eléctrica (EC)**, encargado de medir la cantidad de sales disueltas en el agua, algo muy importante en la acuicultura, porque los camarones necesitan un rango específico de salinidad para crecer de forma adecuada.

A continuación, se incorporó el **sensor de turbidez (SEN0189)**, que mide la claridad del agua. Este parámetro ayuda a identificar si el agua contiene partículas en suspensión o si empieza a presentar problemas de contaminación.

Se instaló el sensor de pH para medir el nivel de acidez o alcalinidad del agua. Esta variable es importante, ya que valores fuera del rango adecuado pueden afectar el crecimiento y la salud de los camarones, disminuyendo la productividad del cultivo.

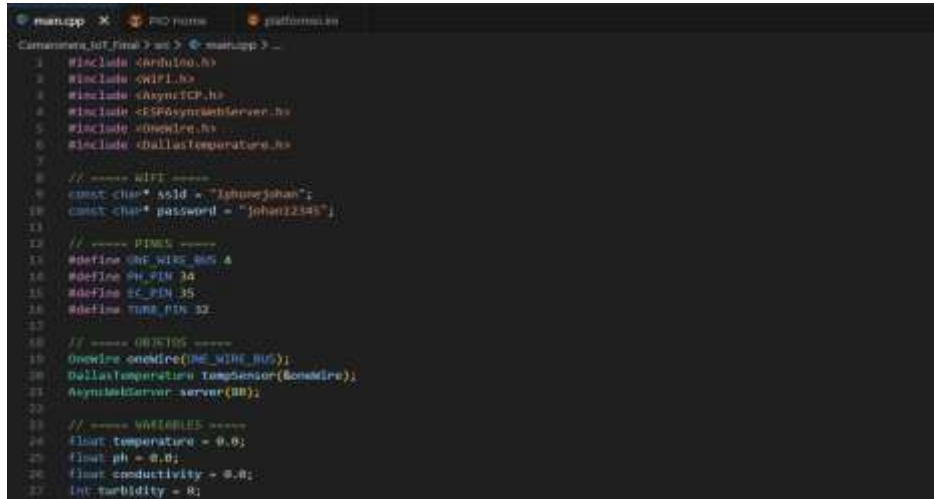
Envío de datos y aplicación, una vez integrados todos los sensores al microcontrolador ESP32, se programó el sistema para recopilar las mediciones y transmitir las mediante conexión WiFi. Para visualizar los datos, se desarrolló una aplicación en el computador utilizando Python y Tkinter, la cual muestra los valores en tiempo real y permite un control más sencillo y confiable del sistema.

Pruebas del prototipo, el prototipo fue evaluado en condiciones controladas para comprobar el funcionamiento de cada sensor y la correcta transmisión de los datos. Los resultados demostraron que el sistema opera de manera estable, proporcionando información relevante para mantener las piscinas de camarón en condiciones óptimas.

5.6 Programación del controlador en el TDS

Figura 24

Pines y Sensores



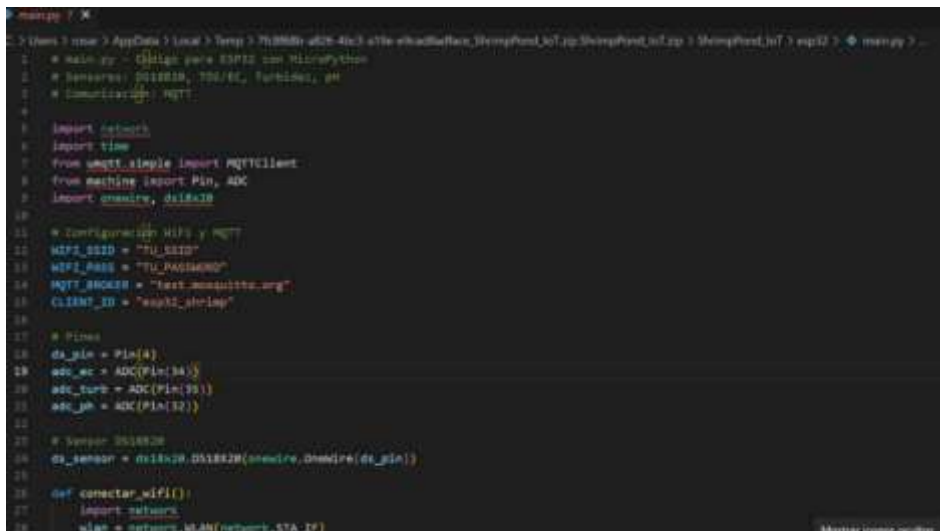
```
1 #include <Arduino.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include <AsyncTCP.h>
4 #include <ESPAsyncWebServer.h>
5 #include <OneWire.h>
6 #include <DallasTemperature.h>
7
8 // ===== WIFI =====
9 const char* ssid = "IphoneJohan";
10 const char* password = "johan12345";
11
12 // ===== PINES =====
13 #define ONE_WIRE_BUS A
14 #define PH_PIN 34
15 #define EC_PIN 35
16 #define TURB_PIN 32
17
18 // ===== OBJETOS =====
19 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
20 DallasTemperature tempSensor(&oneWire);
21 AsyncWebServer server(80);
22
23 // ===== VARIABLES =====
24 float temperature = 0.0;
25 float ph = 0.0;
26 float conductivity = 0.0;
27 int turbidity = 0;
```

Nota. Se requiere conectar ciertos pines analógicos para realizar conversión de voltaje y calibración con el agua que intervienen los sensores

5.6.1 Conexiones del Prototipo

Figura 25

Prototipo del sistema de monitoreo IoT



```
1 # main.py - Código para ESP32 con MicroPython
2 # Sensores: DS18B20, TDS/EC, Turbidez, pH
3 # Comunicador: MQTT
4
5
6 import network
7 import time
8 from umqtt.simple import MQTTClient
9 from machine import Pin, ADC
10 import onewire, ds18b20
11
12 # Configuración WiFi y MQTT
13 WIFI_SSID = "TU_SSID"
14 WIFI_PASS = "TU_PASSWORD"
15 MQTT_BROKER = "test.emqx.io"
16 CLIENT_ID = "esp32_01010"
17
18 # Pines
19 ds_pin = Pin(4)
20 adc_ec = ADC(Pin(34))
21 adc_turb = ADC(Pin(35))
22 adc_ph = ADC(Pin(32))
23
24 # Sensor DS18B20
25 ds_sensor = ds18b20.DS18B20(onewire.OneWire(ds_pin))
26
27 def conectar_wifi():
28     import utime
29     wlan = network.WLAN(network.STA_IF)
```

Nota. La Figura presenta la maqueta del sistema desarrollado, incluyendo los sensores, el microcontrolador ESP32 y la configuración del código en Python para la conexión Wi-Fi y el envío de datos en tiempo real.

5.6.1.1 Sensor de humedad y temperatura

- **1. Sensor de Temperatura DS18B20 (1-Wire, impermeable)**
- **Cable Rojo (VCC):** 3.3V del ESP32
- **Cable Negro (GND):** GND del ESP32
- **Cable Amarillo (DATA):** GPIO 4 (puede ser otro pin digital)
- **Resistencia pull-up de 4.7k Ω entre DATA y VCC (3.3V)**

5.6.1.2 Sensor de Conductividad Eléctrica (EC / TDS analógico)

- **VCC:** 3.3V
- **GND:** GND
- **Salida analógica (AOUT):** GPIO 34 (entrada analógica ADC del ESP32)

5.6.1.3 Sensor de Turbidez (SEN0189)

- **VCC:** 5V (recomendado, aunque funciona a 3.3V)
- **GND:** GND
- **Salida analógica (AOUT):** GPIO 35 (entrada analógica ADC del ESP32)

5.6.1.4 Módulo analógico del Sensor (PH)

- **VCC:** 5V
- **GND:** GND
- **Salida analógica (A0):** GPIO 32 (entrada ADC del ESP32)

Figura 26

Sensor EC



Nota. Sensor EC

Figura 27

Medidor de PH



Nota. Figura de autoría propia

5.6.1.5 Programación

El módulo de programación fue concebido para supervisar y regular las condiciones del entorno acuático: temperatura, pH, conductividad y turbidez, variables esenciales para mantener un cultivo saludable. En el código se establecen rangos de referencia para cada parámetro, figura 28, y el sistema compara continuamente las lecturas de los sensores DS18B20, sensor de conductividad eléctrica, sensor de turbidez y medidor de pH con esos valores. Cuando se detecta una desviación, el sistema genera señales de control que activan o desactivan dispositivos como bombas de agua o aireadores, respondiendo de forma automática a las condiciones registradas.

El sistema está configurado para operar en modo automático, permitiendo que las acciones correctivas se ejecuten sin intervención manual. La programación funciona de forma continua y en tiempo real, ajustando las salidas conforme a los cambios en los

parámetros medidos por los sensores, lo que garantiza un control eficiente y confiable del entorno de cultivo.

Figura 28

Configuración de Programa

```
88 // ===== CONEXION WIFI =====
89 void conectarWiFi(){
90   WiFi.begin(ssid,password);
91   Serial.print("Conectando WiFi");
92
93   while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED){
94     delay(500);
95     Serial.print(".");
96   }
97
98   Serial.println("\nWiFi conectado");
99   Serial.print("IP: ");
100  Serial.println(WiFi.localIP());
101 }
102
103 // ===== SETUP =====
104 void setup(){
105   Serial.begin(115200);
106   conectarWiFi();
107   tempSensor.begin();
108
109   // Página principal
110   server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
111     request->send(200,"text/html",index_html);
112   });
113
114   // Endpoint /data
115   server.on("/data", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
116     String json="{}";
117     json+="\"temp\": "+String(temperature,2)+" ";
118     json+="\"ph\": "+String(ph,2)+" ";
119   });
120 }
```

Nota. Estructura del código del cual se llamará para recompilar y ejecutar la funcionalidad que se le ha configurado

5.6.1.6 Implementación de la conexión en red para monitoreo remoto

Se realizó la incorporación de comunicación en red para monitoreo, figura 29 y 30, con el fin de habilitar la supervisión y el control remoto del sistema a través de dispositivos conectados, proporcionando datos en tiempo real sobre el consumo de agua, las condiciones del suelo y la variabilidad del riego.

5.6.1.7 Montaje de la plataforma

El módulo Wi-Fi se conecta a la red local y transmite datos a una plataforma en la nube, figura 31 y 32, que se utiliza para el envío y recepción de información. Para el monitoreo en tiempo real, se emplea la plataforma ESP32, la cual permite visualizar valores actuales de humedad y temperatura, así como el estado y modo de funcionamiento de la bomba.

La configuración de la plataforma incluyó el establecimiento de los parámetros de comunicación entre el microcontrolador y la aplicación de monitoreo. Se definieron las credenciales de red, los protocolos de transmisión de datos y las variables que se mostrarán en la interfaz gráfica.

Los nodos de salida indican el estado "Connected", confirmando que la conexión con la plataforma IoT está correctamente establecida y operativa.

Figura 31

Conectividad de los componentes



Nota. Se muestra un seguimiento de conectividad de los componentes antes de incluirlo en la maqueta de la pecera

Figura 32

Monitoreo en graficas



Nota. Monitoreo automático del sistema muestra la gráfica de los sensores

5.6.1.8 Valoración y Adaptación

Una vez que el prototipo estuvo operativo, figura 33, se realizó una evaluación de su rendimiento mediante el examen de los datos en tiempo real recogidos por los sensores (DS18B20), el Sensor (EC), el sensor de turbidez y el medidor de (pH), todos gestionados a través del (ESP32). El objetivo de esta etapa fue confirmar que las mediciones obtenidas representaran de manera precisa las condiciones del medio de cultivo y que la conexión con la plataforma (IOT) fuera continua y sin fallos.

Durante las pruebas, se detectaron aspectos que podían mejorarse tanto en la programación como en la calibración de los sensores, sobre los cuales se realizaron los cambios pertinentes. Esto permitió incrementar la exactitud de las mediciones y optimizar la estabilidad general del sistema.

Figura 33

Materiales



Nota. Se muestra los sensores y microcontrolador que se va usar en el prototipo

VI. RESULTADOS

Después de activar el prototipo utilizando el microcontrolador (ESP32) y los sensores (DS18B20), Sensor (EC), sensor de turbidez y medidor de (pH), los resultados obtenidos fueron los siguientes:

1. **Monitoreo en tiempo real:** Su capacidad para vigilar en tiempo real los parámetros del agua, registrando y transmitiendo de manera instantánea los valores de temperatura, conductividad, turbidez y pH hacia la plataforma en la nube. Esto permitió un monitoreo continuo de las condiciones del sustrato, facilitando la supervisión constante del entorno.
2. **Mediciones confiables:** Las lecturas obtenidas fueron consistentes, dado que los sensores se calibraron previamente y los valores registrados mostraron concordancia con las condiciones reales del ambiente. Las lecturas de temperatura del sensor (DS18B20) y los valores de (pH) reflejaron adecuadamente la situación del medio, evidenciando la exactitud del sistema aplicado.
3. **Modos de operación eficientes:** Asimismo, se comprobó el correcto funcionamiento de los modos de operación manual y automático. La activación de la bomba de riego y otros dispositivos se realizó según lo programado, evidenciando que el prototipo responde de manera adecuada a las diferentes formas de control establecidas en el sistema.
4. **Conectividad estable:** En cuanto a la conectividad, la comunicación con la plataforma en la nube mediante el ESP32 se mantuvo estable durante las pruebas realizadas. Los nodos del sistema mostraron un estado de conexión activo, confirmando que los datos se transmitieron sin interrupciones y pudieron ser supervisados de manera remota y en tiempo real.

VII. CRONOGRAMA

Tabla 3

Cronogramas de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES					
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Fase de investigación y planificación	X				
Revisión bibliográfica sobre monitoreo acuícola e IoT	X				
Definición del alcance y objetivos del proyecto	X				
Selección de tecnologías, sensores y microcontrolador	X				
Fase de diseño del sistema		X			
Definición de requisitos del sistema de monitoreo		X			
Diseño de la arquitectura del prototipo y disposición de sensores en la pecera		X			

Diseño del sistema de comunicación IoT y parámetros de operación	X		
Fase de implementación del hardware		X	
Instalación y conexión de sensores de temperatura, pH, turbidez y conductividad		X	
Configuración del microcontrolador ESP32 y módulos de comunicación		X	
Integración del hardware en la pecera prototipo		X	
Fase de desarrollo del software e interfaz			X
Programación del sistema de adquisición y transmisión de datos			X
Desarrollo de la interfaz gráfica en Python para visualización de datos			X
Implementación de alertas y funciones básicas de control			X
Fase de pruebas y ajustes			X
Pruebas funcionales del prototipo en condiciones controladas			X

Calibración de sensores y ajuste de parámetros del sistema	X
Identificación y corrección de errores del sistema	X
Fase de documentación y presentación	X
Elaboración del informe técnico y manual del prototipo	X
Preparación de la presentación final del proyecto	X

Nota. Las fechas indicadas corresponden al periodo estimado para la ejecución de cada etapa del proyecto, considerando la disponibilidad de los integrantes del equipo y los recursos técnicos necesarios para el desarrollo del prototipo.

VIII. PRESUPUESTO

Se detalla el costo de los materiales a utilizar para el diseño e implementación de un prototipo de piscinas para el cultivo de camarones utilizando una iot para el monitoreo en tiempo real de parámetros de operación.

Tabla 4

Tabla de presupuesto

Descripción del material	Especificación	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
ESP32-C (USB-C, 38 pines)	Microcontrolador con conectividad Wi-Fi	1	40	40
Sensor DS18B20 (impermeable, 1-Wire)	Sensor de temperatura para agua	2	70	140
Sensor EC (TDS analógico)	Sensor de conductividad eléctrica	2	40	80
Sensor de turbidez (SEN0189)	Sensor óptico para medición de turbidez	2	20	40
Horas de ingeniería	Tiempo dedicado al diseño, programación y pruebas del sistema	80	2.87	229.60
Total, general				529.60

Nota. El presupuesto incluye los componentes electrónicos y el tiempo de desarrollo del prototipo. Los valores presentados corresponden a una estimación referencial para fines académicos

IX. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto permitió diseñar y poner en funcionamiento un prototipo para el monitoreo en tiempo real de parámetros fisicoquímicos en piscinas destinadas al cultivo de camarones, alcanzando los objetivos establecidos en la investigación.

Se verificó que la integración del microcontrolador (ESP32) con sensores de temperatura, pH, conductividad y turbidez es una solución viable para la adquisición continua de datos, facilitando la supervisión del ambiente acuático sin necesidad de mediciones manuales frecuentes.

La plataforma fue efectiva para la transmisión, almacenamiento y acceso remoto a los datos, permitiendo que la información se pudiera consultar desde cualquier dispositivo con internet. A su vez, la interfaz creada en Python proporcionó una presentación clara y sencilla de los parámetros que se están monitoreando, facilitando la comprensión de los datos y apoyando las decisiones del operador.

El prototipo desarrollado establece una base tecnológica que puede ser reproducida y modificada, con posibilidades de ser utilizada en escenarios reales de producción, una vez que se mejore el encapsulado del hardware y se protejan los sensores de ambientes húmedos y corrosivos. La experiencia demostró también el potencial del (IOT) para disminuir la necesidad de supervisión física y mejorar la eficiencia en la gestión del cultivo.

En resumen, la integración de monitoreo automatizado con conectividad digital representa una opción contemporánea y efectiva para la acuicultura, con un impacto directo en la optimización de procesos productivos y en el uso más eficiente de los recursos disponibles.

X. RECOMENDACIONES

Es recomendable probar el prototipo en lugares reales de producción de camarones para analizar su comportamiento ante variaciones en el ambiente y confirmar su rendimiento en situaciones operativas específicas.

Sería útil añadir mecanismos automáticos para activar aireadores, bombas o sistemas de calefacción basados en los datos obtenidos de los sensores, a fin de asegurar la estabilidad del entorno de cultivo y disminuir la necesidad de intervención manual.

Se aconseja mejorar la protección del microcontrolador y los sensores utilizando carcasas selladas y materiales que sean resistentes a la humedad y a la corrosión, lo que aumentará la durabilidad del sistema en condiciones de campo.

Se sugiere incorporar algoritmos de análisis de datos o modelos predictivos que faciliten la anticipación de condiciones adversas en el cultivo, además de ampliar el sistema con sensores extra como los de oxígeno disuelto y amoníaco.

Por último, se sugiere establecer un sistema de alertas y notificaciones en tiempo real mediante aplicaciones móviles o mensajería que notifique al operador de inmediato cuando algún parámetro exceda los límites predefinidos, permitiendo una respuesta oportuna ante cualquier posible riesgo.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baque, J. (2019). *Repotenciación del módulo para pruebas de máquinas eléctricas feedback*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17283>
- Brito, L. (2022). *Trabajo académico sobre automatización*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24014>
- Cursosaula21. (2023). *Transformadores eléctricos industriales*. <https://www.cursosaula21.com/transformadores-electricos-industriales/>
- Garcia, M. (2025). *Implementación de un sistema de monitoreo de oleaje remoto con alimentación solar*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12952>
- Guía Complea/aula21. (2024). *Transformadores eléctricos industriales: Guía completa*. <https://www.cursosaula21.com/transformadores-electricos-industriales/>
- Hernández, V. C. (2023). *Desarrollo de base de datos y diseño de interfaz*. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/5778>
- Industriashop. (2023). *Los beneficios de los motores eléctricos en la industria*. <https://industriashop.com/blogs/news/los-beneficios-de-los-motores-electricos-en-la-industria>
- InfoPLC. (2023). *¿Qué es TIA Portal de Siemens?* <https://www.infoplc.net/descargas/107-siemens/software-step7-tiaportal/tia-portal/3459-que-es-tia-portal-siemens>
- M. del Ambiente, M. (2017). *Las descargas de aguas residuales son controladas por el Ministerio del Ambiente*. <https://www.ambiente.gob.ec/las-descargas-de-aguas-residuales-son-controladas-por-el-ministerio-del-ambiente/>
- Oswaldo, N. (2016). *Estudio de factibilidad para producir camarón bajo un sistema semi-intensivo*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f9131c4d-b48b-46e8-af37-e895b4a5e441/content>
- Ponce, C. (2015). *Diseño y construcción de un banco didáctico para pruebas de motores monofásicos*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10279>
- Pozueta. (2013). *Transformadores*. <https://personales.unican.es/rodrigma/pdfs/trafos.pdf>
- Pozueta, M, E. J., Ponce, C., Oswaldo, N., M. del Ambiente, M., Baque, J., Brito, L., InfoPLC, Industriashop, Hernández, V. C., Cursosaula21, Guía Complea/aula21, Tovar Tapia, J. E., Tinta Capuz, C. J., Sensoricx, Xylem, & Garcia, M. (2024). *Transformadores eléctricos industriales: Guía completa*. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12952>
- Sensoricx. (2024). *Máquinas eléctricas*. <https://sensoricx.com/maquinas-electricas/>
- Tinta Capuz, C. J. (2024). *Sistema automático de detección de extorsiones mediante análisis de voz*. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/67f06338-4d9a-41dc-843c->

d525c22bc6ab

Tovar Tapia, J. E. (2024). *Repotenciación de un módulo interactivo con Arduino e IoT*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28131>

Xylem. (2025). *Conductivity Measurement*. <https://www.yei.com/parameters/conductivity>

XII. ANEXO

```
#include <Arduino.h>
#include <WiFi.h>
#include <AsyncTCP.h>
#include <ESPAsyncWebServer.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// ===== WIFI =====
const char* ssid = "Iphonejohan";
const char* password = "johan12345";

// ===== PINES =====
#define ONE_WIRE_BUS 4
#define PH_PIN 34
#define EC_PIN 35
#define TURB_PIN 32

// ===== OBJETOS =====
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature tempSensor(&oneWire);
AsyncWebServer server(80);

// ===== VARIABLES =====
float temperature = 0.0;
float ph = 0.0;
float conductivity = 0.0;
int turbidity = 0;

// ===== HTML DASHBOARD =====
const char index_html[] PROGMEM = R"rawliteral(
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
<style>
body { font-family: Arial; text-align: center; }
canvas { max-width: 600px; margin: 20px auto; }
</style>
</head>
<body>

<h2>Sistema IoT Monitoreo Camaronera</h2>
```

```

<canvas id="tempChart"></canvas>
<canvas id="phChart"></canvas>
<canvas id="ecChart"></canvas>
<canvas id="turbChart"></canvas>

<script>
let labels=[], tempData=[], phData=[], ecData=[], turbData=[];

function createChart(id,label,data){
  return new Chart(document.getElementById(id),{
    type:'line',
    data:{labels:labels,datasets:[{label:label,data:data}]},
    options:{animation:false,responsive:true}
  });
}

let tChart=createChart('tempChart','Temperatura (°C)',tempData);
let pChart=createChart('phChart','pH',phData);
let eChart=createChart('ecChart','Conductividad',ecData);
let uChart=createChart('turbChart','Turbidez %',turbData);

setInterval(()=>{
  fetch('/data')
  .then(res=>res.json())
  .then(d=>{
    labels.push('');
    tempData.push(d.temp);
    phData.push(d.ph);
    ecData.push(d.ec);
    turbData.push(d.turb);

    tChart.update();
    pChart.update();
    eChart.update();
    uChart.update();
  });
},3000);
</script>

</body>
</html>
)rawliteral";

// ===== CONEXION WIFI =====
void conectarWiFi(){
  WiFi.begin(ssid,password);
  Serial.print("Conectando WiFi");

```

```

while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED){
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("\nWiFi conectado");
Serial.print("IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

// ===== SETUP =====
void setup(){
    Serial.begin(115200);
    conectarWiFi();
    tempSensor.begin();

    // Página principal
    server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
        request->send(200,"text/html",index_html);
    });

    // Endpoint JSON
    server.on("/data", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *request){
        String json="{";
        json+="\"temp\": "+String(temperature,2)+",";
        json+="\"ph\": "+String(ph,2)+",";
        json+="\"ec\": "+String(conductivity,2)+",";
        json+="\"turb\": "+String(turbidity);
        json+="}";
        request->send(200,"application/json",json);
    });

    server.begin();
}

// ===== LOOP =====
void loop(){

    // Temperatura
    tempSensor.requestTemperatures();
    temperature=tempSensor.getTempCByIndex(0);

    // pH
    int ph_adc=analogRead(PH_PIN);
    ph=(ph_adc*14.0)/4095.0;
}

```

```
// Conductividad
int ec_adc=analogRead(EC_PIN);
conductivity=(ec_adc*10.0)/4095.0;

// Turbidez
int turb_adc=analogRead(TURB_PIN);
turbidity=map(turb_adc,0,4095,100,0);

delay(3000);
}
```