

Prototipo de IoT para monitorear los parámetros del agua de un cultivo acuícola

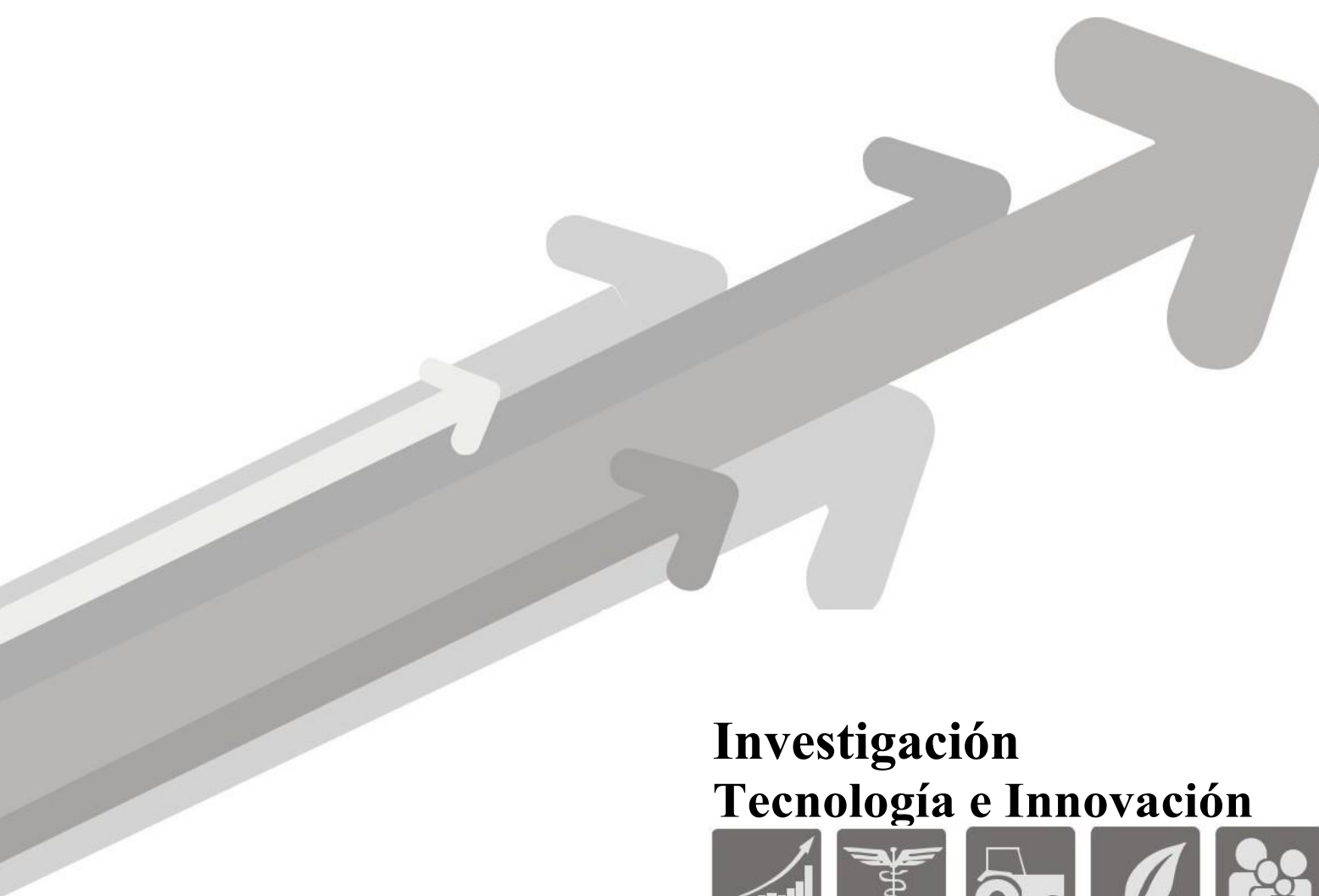
IoT prototype for monitoring the water parameters of an aquaculture farm

Rafael Humberto Miranda Almendaris

Alberto Antonio Acebo Vera

Jorge Eduardo Cevallos Zhunio

Lorena Isabel Mejía Burgos



Investigación

Tecnología e Innovación



Prototipo de IoT para monitorear los parámetros del agua de un cultivo acuícola

IoT prototype for monitoring the water parameters of an aquaculture farm

Rafael Humberto Miranda Almendaris¹, Alberto Antonio Acebo Vera², Jorge Eduardo Cevallos Zhunio³ y Lorena Isabel Mejía Burgos⁴

Como citar: Miranda Almendaris, R. H., Acebo Vera, A. A., Cevallos Zhunio, J. E., Mejía Burgos, L. I. (2025). Prototipo de IoT para monitorear los parámetros del agua de un cultivo acuícola. *Investigación, Tecnología e Innovación*. 17(24), 34-45. DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v17i24.2539>

RESUMEN

Contexto: IoT (Internet of Things o en español Internet de las Cosas) es una red de sensores conectados a un microcontrolador que recolectan los datos, para luego enviarlos mediante el uso del Internet a una plataforma para su procesamiento y visualización. **Objetivo:** Este proyecto tuvo como objetivo desarrollar un prototipo de IoT, para monitorear los parámetros del agua en un cultivo acuícola (tilapia y langosta de agua dulce) de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. **Método:** La investigación aplicada permitió adquirir los conocimientos teóricos y prácticos, complementada con entrevistas y encuestas realizadas a los investigadores responsables del cultivo multitrófico, mediante el marco de trabajo Scrum se organizó el proyecto. **Resultados:** La encuesta realizada a los responsables de la acuicultura evidenció que el prototipo IoT facilita un monitoreo en tiempo real de los parámetros acuícolas, visualizados desde la plataforma ThingSpeak mediante una conexión inalámbrica. **Conclusiones:** Los principales parámetros que se deben monitorear en un cultivo acuícola para asegurar la salud y el crecimiento óptimo de los organismos acuáticos son: pH, temperatura, nivel, flujo y turbidez del agua. El controlador ESP32 permite la conexión a Internet, la elección de sensores confiables y debidamente calibrados es esencial para asegurar mediciones precisas.

Palabras clave: Sensores, Parámetros, Temperatura, Turbidez, pH, Multitrófico, Plataforma IoT.

ABSTRACT

Context: IoT (Internet of Things) is a network of sensors connected to a microcontroller that collect data and then send it via the Internet to a platform for processing and visualization. **Objective:** The objective of this project was to develop an IoT prototype to monitor water parameters in an aquaculture farm (tilapia and freshwater lobster) at the Faculty of Natural Sciences of the University of Guayaquil. **Method:** Applied research allowed us to acquire theoretical and practical knowledge, complemented by interviews and surveys conducted with the researchers responsible for the multitrophic farm. The project was organized using the Scrum framework. **Results:** The survey of those responsible for aquaculture showed that the IoT prototype facilitates real-time monitoring of aquaculture parameters, which can be viewed from the ThingSpeak platform via a wireless connection. **Conclusions:** The main parameters that must be monitored in an aquaculture farm to ensure the health and optimal growth of aquatic organisms are: pH, temperature, water level, flow, and turbidity. The ESP32 controller allows connection to the Internet, and the choice of reliable and properly calibrated sensors is essential to ensure accurate measurements.

Keywords: Sensors, Parameters, Temperature, Turbidity, pH, Multitrophic, IoT Platform.

Fecha de recepción: Julio 25, 2025.

Fecha de aceptación: Octubre 16, 2025.

¹ Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: rafael.mirandaa@ug.edu.ec

² Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: alberto.acebov@ug.edu.ec

³ Magister en Sistemas de Información mención en Inteligencia de Negocios, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: jorge.cevallosz@ug.edu.ec

⁴ Magister en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorecursos y Medio Ambiente, Universidad de Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: lorena.mejiab@ug.edu.ec



INTRODUCCIÓN

El prototipo IoT, tiene como principal objetivo recopilar los parámetros para el correcto monitoreo del cultivo multitrófico en la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, mediante el control de los diferentes parámetros del agua, como lo son la temperatura, pH, turbidez, con la recolección de estos parámetros se podrá llevar un mejor control del crecimiento de las especies de langosta y tilapia dentro del cultivo multitrófico. De esta manera, se optimizará recursos, ya que el prototipo IoT permitirá realizar las mediciones de manera automática y en tiempo real, evitando el uso de equipos convencionales que suelen ser más lentos y requieren más esfuerzo, lo que a menudo retrasa el proceso de monitoreo.

El presente estudio se sustenta en un marco teórico basado en fuentes de información confiables y actualizadas, para asegurar la calidad y veracidad de los datos utilizados, se llevará a cabo una rigurosa recolección de información a través de bibliotecas virtuales de prestigiosas instituciones académicas y de investigación, como la Universidad de Guayaquil. Estas bibliotecas virtuales son reconocidas por su proceso de validación y verificación de las fuentes, garantizando que los documentos consultados sean de alta calidad y fiabilidad. Además, se buscará incorporar la perspectiva de expertos en el área de acuicultura, particularmente en la crianza de cultivos multitróficos, con el fin de enriquecer la investigación y obtener un enfoque integral sobre el tema.

Se ha optado por la metodología ágil Scrum para el desarrollo del prototipo de IoT, ya que se basa en la iteración continua y la entrega incremental de soluciones, el proyecto se estructura en varias etapas, cada una de las cuales se enfoca en el desarrollo y prueba de funcionalidades de manera progresiva. Este enfoque permite realizar ajustes y mejoras a medida que avanza el proceso. Los equipos de desarrollo trabajarán de manera colaborativa con los stakeholders y usuarios finales, asegurando que la solución se adapte de forma eficiente a las necesidades y requisitos del proyecto, al mismo tiempo que se optimizan los resultados a lo largo de cada ciclo de trabajo.

Por otro lado, se empleará la metodología de investigación aplicada, dado que se busca generar tanto conocimientos teóricos como prácticos que permitan desarrollar de manera efectiva el prototipo de IoT (Castro, Gómez, & Camargo, 2022). Esta metodología facilitará la recopilación, análisis y evaluación de información relevante sobre los parámetros ambientales y del cultivo que se desea monitorear, tales como la calidad del agua y las condiciones óptimas para los organismos acuáticos. Además, se investigarán los componentes electrónicos, sensores y módulos compatibles con el controlador, para asegurar que el prototipo cumpla con los requerimientos técnicos y funcionales necesarios para el monitoreo eficiente en tiempo real.

Acuicultura

La acuicultura es la actividad que consiste en el cultivo de organismos acuáticos, como peces, crustáceos, moluscos y plantas acuáticas, en entornos controlados o semi controlados. Esta práctica busca optimizar el crecimiento de las especies mediante técnicas específicas de manejo que aseguran una producción sostenible y eficiente, satisfaciendo las demandas de alimentos, materias primas y otros productos (FAO, 2022).

En este proyecto el cultivo acuícola a utilizar es el cultivo multitrófico, este concepto se basa en la integración de diferentes niveles tróficos en un mismo sistema, lo que resulta en una conversión de los residuos de cultivo de unas especies en alimentos o fertilización para otras especies (Naspirán Jojoa, Fajardo Rosero, Ueno Fukura, & Collazos Lasso, 2022). En la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil los investigadores han cultivado tilapia (*Oreochromis Sp*) y langosta de agua dulce (*Procambarus Clarkii*), en la figura 1 se representa gráficamente como están las dos especies en el estanque, en la parte superior las tilapias en la parte inferior las langostas.



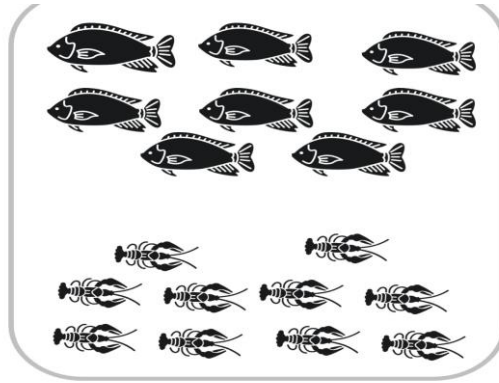


Figura 1. Representación gráfica del cultivo multitrofico

Fuente: Tomado de (Choez Casierra & Rosado Mendieta, 2023)

Infraestructura del Cultivo Acuicola

En la Facultad de Ciencias Naturales el cultivo acuicola multitrofico está en contenedores IBC, por sus siglas en inglés Intermediate Bulk Container, los cuales son depósitos con una gran capacidad, hechos de material plástico reforzados y protegidos por una estructura metálica. Son resistentes a condiciones climáticas, idóneos para la manipulación y el transporte (Canela, 2022).



Figura 2. Estanques de la Facultad de Ciencias Naturales

Fuente: Autores

IoT

El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés: Internet of Things) es un concepto que se refiere a la conexión de objetos físicos a internet para que puedan intercambiar datos entre sí y con otros sistemas, sin necesidad de intervención humana constante (Cevallos, Valle, Posligua, & Vera, 2023).

La tecnología IoT combina el desarrollo de hardware y software para llevar a cabo tareas específicas. Cada dispositivo conectado a Internet cuenta con una dirección IP, que le permite recibir instrucciones y enviar los datos recolectados, en la figura 3 se observa un diseño de arquitectura de IoT con base a la ISO/IEC 30141:2018 en la que incluyen entidades físicas, entidades digitales, tableros de monitoreo, usuarios internos y externos (Sugiharto & Kaburuan, 2023).

Las entidades físicas son objetos físicos que realizan las tareas de detección y actuación. Las entidades digitales, denominadas dispositivos IoT, son la representación digital de estos objetos físicos. La puerta de enlace de IoT se utiliza como intermediario entre los dispositivos y las aplicaciones de IoT. La puerta de enlace IoT puede alojar aplicaciones o servicios para realizar ciertas funciones, como el almacenamiento en caché de datos, el preprocesamiento de datos, la gestión de dispositivos y la lógica de control para sensores y actuadores.

El subsistema de tableros de monitoreo realiza las funciones para procesar, administrar y visualizar los datos recopilados. Los usuarios internos son los consumidores de los servicios proporcionados por las aplicaciones, los usuarios externos son los consumidores de los servicios proporcionados por el subsistema de intercambio de información.

La red privada se utiliza para acceder a las demás entidades del sistema, mientras que la red pública se utiliza para compartir información con la comunidad.

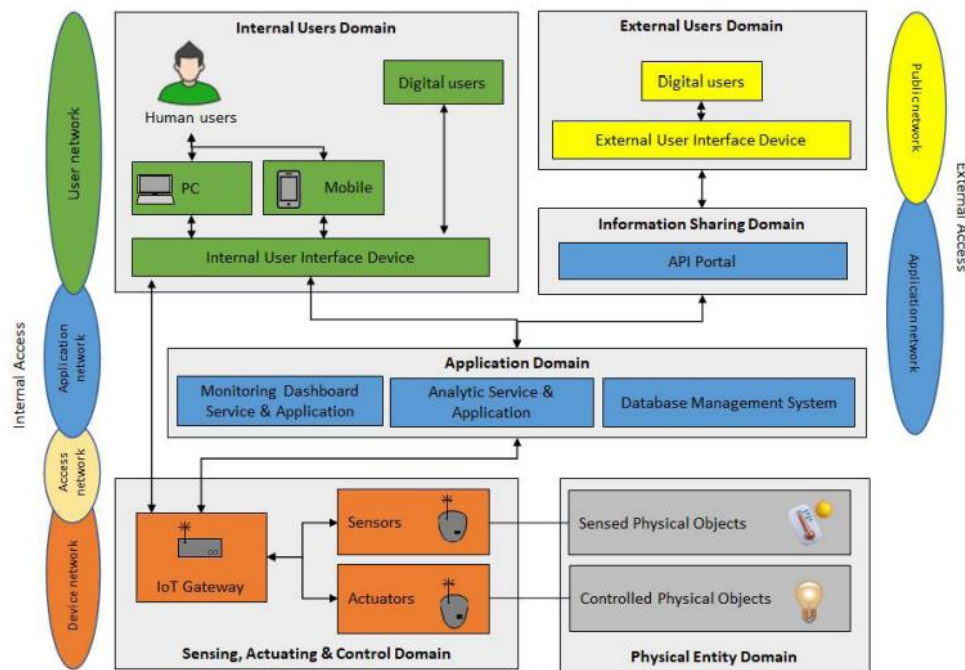


Figura 3. Arquitectura IoT con base a la ISO/IEC 30141:2018

Fuente: Tomado de (Sugiharto & Kaburuan, 2023)

Scrum

El proyecto de diseño y desarrollo del prototipo IoT se realizó siguiendo las buenas prácticas de Scrum, definido por Quevedo y Ferro (2023), como un marco de trabajo orientado a la mejora continua a través de ciclos de desarrollo iterativos e incrementales, en donde se pretende, entre otras cosas, maximizar el valor para el cliente o los usuarios. En la Tabla 1, se puede visualizar los roles establecidos en el proyecto.

Tabla 1. Definición de roles de equipo

Rol	Nombre
Product Owner	Blga. Lorena Mejía
Scrum Máster	Ing. Jorge Cevallos
Development Team	Alberto Acebo y Rafael Miranda

Fuente: Autores



Se definieron los siguientes Sprints:

- Sprint 1: Investigación de información
- Sprint 2: Levantamiento de requerimientos
- Sprint 3: Adquisición de materiales para el prototipo
- Sprint 4: Configuración del prototipo
- Sprint 5: Instalación del prototipo
- Sprint 6: Validación de hardware

Materiales y recursos

En este proyecto se utilizaron las siguientes herramientas como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Herramientas tecnológicas utilizadas

Tipo	Herramienta	Descripción
Software	IDE	Arduino IDE 2.3.4
	Plataforma IoT	ThingSpeak
	Lenguaje de programación	C++
Hardware	Microcontrolador	Arduino Uno, ESP32
	Red de sensores	DS18B20, PH0-14, LGDZ V.1.1
	Cable	UTP Categoría 6, jumper x40

Fuente: Autores

Arduino IDE se utilizó para programar la placa de Arduino Uno, este software tiene por sí solo un conjunto de herramientas que permite, editar el código, compilar y depurar todo a través de una interfaz gráfica, así mismo, da la oportunidad de interactuar con el microcontrolador almacenando los programas realizados en su memoria interna para poner en marcha todo el hardware (Pérez Tavera, 2023). Primero se debe leer los datos de los sensores conectados en los pines analógicos del Arduino Uno, como consta en la figura 4.

```

1  int ph_pin = A1;
2  int m_7 = 681; // Valor estimado para pH 7
3  int m_4 = 700; // Valor estimado para pH 4
4
5  void setup() {
6      Serial.begin(9600);
7      delay(2000); // Espera para estabilización
8  }
9
10 void loop() {
11     int prom = 0;
12     for (int i = 0; i < 20; i++) {
13         prom += analogRead(ph_pin);
14         delay(50);
15     }
16     prom /= 20; // Promedio de 20 lecturas
17     Serial.print("Medida analógica: ");
18     Serial.print(prom);
19     float Po = 7.0 + ((prom - m_7) * 3.0 / (m_7 - m_4));
20     Serial.print("\tPH: ");
21     Serial.println(Po, 2);
22     delay(1000);
23 }

```

Figura 4. Snippet del Código para leer datos del sensor de pH

Fuente: Autores



Se utilizó el protocolo de mensajería ligero para la comunicación entre dispositivos de IoT, MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), que según Quiñónez y otros (2020) concluyen que los dispositivos IoT tienen un mejor rendimiento bajo el protocolo MQTT, en comparación con HTTP; mediante la librería WiFi.h se estableció la conexión del ESP32 a una red inalámbrica y la librería ThingSpeak.h para conectar los módulos de los sensores, asociándolos al número del canal y a la API KEY correspondiente como se observa en la figura 5.

```

1  #include <WiFi.h>
2  #include <PubSubClient.h>
3
4  const char* ssid = "Note10";
5  const char* password = "rafa2023";
6
7  const char* mqtt_server = "mqtt3.thingspeak.com";
8  const int mqtt_port = 1883;
9
10 const char* mqtt_client_id = "Ig4lDx0pGy0WFSgMBD0V0Sw"; // Client ID
11 const char* mqtt_username = "Ig4lDx0pGy0WFSgMBD0V0Sw"; // Username
12 const char* mqtt_password = "vww0ghHEF5VuAA+pG7Iz1K6J"; // Password

```

Figura 5. Configuración MQTT para ThingSpeak

Fuente: Autores

Arduino Uno no viene con acceso a internet por ello se realizó la conexión con el ESP32 como se observa en la línea 19 de la figura 6, el cual se considera uno de los mejores microcontroladores del mercado para su uso en IoT debido a sus capacidades de conexión tanto de Bluetooth como de Wi-Fi a un bajo coste energético y económico (Madariaga, 2022). El Arduino Uno es el que realmente está leyendo los sensores físicos y enviando sus valores como texto al ESP32, este solo recibe el mensaje ya procesado por el Arduino, el cual debe venir en el formato: PH:7.2,Nivel:ON,Caudal (L/h):30,Temp (°C):22,Turbidez (NTU):15.

```

19  HardwareSerial SerialArduino(2); // UART2: RX = GPIO16, TX = GPIO17
20
21  void setup() {
22      Serial.begin(115200);
23      SerialArduino.begin(9600, SERIAL_8N1, 16, 17);
24      setupWiFi();
25      client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
26      Serial.println("ESP32 inicializada y esperando datos...");
27  }
28
29  void loop() {
30      if (!client.connected()) {
31          reconnectMQTT();
32      }
33      client.loop();
34
35      if (SerialArduino.available()) {
36          String mensaje = SerialArduino.readStringUntil('\n');
37          Serial.println("Datos recibidos del Arduino:");
38          Serial.println(mensaje);
39          enviarThingSpeak(mensaje);
40      }
41  }

```

Figura 6. Comunicación con Arduino Uno usando puerto UART2 del ESP32

Fuente: Autores

Los datos receptados por los sensores deben ser enviados a ThingSpeak definido por García (2021) como una plataforma de servicio de análisis IoT que permite la conexión entre personas y objetos, este software consta



de un almacenamiento y recuperación de datos. Luego de registrarse en ThingSpeak, se debe crear un canal como se observa en la figura 7, el cual va a permitir recibir, almacenar, analizar, graficar y compartir datos de IoT en la nube.



Figura 7. Visualización de canal en ThingSpeak

Fuente: Autores

En la línea 74 de la figura 8 la función `enviarThingSpeak(String mensaje)` procesa los datos recibidos del Arduino, para ello primero separa los pares clave:valor, luego asigna los valores a los field, para finalmente construir el payload y enviarlo al canal 2810701 en ThingSpeak.

```

74 void enviarThingSpeak(String mensaje) {
75     char payload[512];
76     char topic[128];
77     snprintf(topic, sizeof(topic), "channels/2810701/publish");
78     String field1 = ""; // PH
79     String field2 = ""; // Nivel
80     String field3 = ""; // Caudal
81     String field4 = ""; // Temp
82     String field5 = ""; // Turbidez
83     int start = 0, end = 0;
84     while ((end = mensaje.indexOf(',', start)) != -1) {
85         String pair = mensaje.substring(start, end);
86         pair.trim(); // Limpia espacios en blanco
87         int separator = pair.indexOf(':');
88         if (separator != -1) {
89             String name = pair.substring(0, separator);
90             String value = pair.substring(separator + 1);
91             name.trim();
92             value.trim();
93             if (name == "PH") field1 = value;

```

Figura 8. Snippet del código para enviar datos al ThingSpeak

Fuente: Autores

La presentación y visualización de los datos es fundamental, por ello, se hizo necesario personalizar los gráficos para una adecuada toma de decisiones. En la figura 9 consta cuando se va a seleccionar un widget, luego de eso se debe configurar correctamente los colores, fondo, títulos, indicadores, entre otros parámetros.

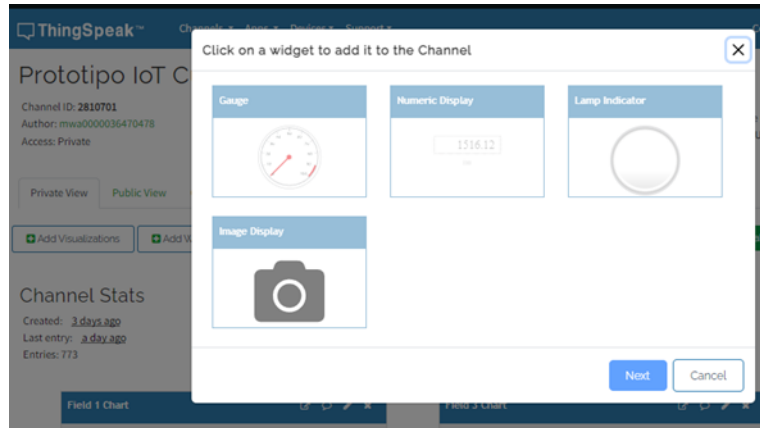


Figura 9. Widgets y personalización de gráficos

Fuente: Autores

Prototipo de IoT

Un prototipo es una versión inicial que actúa como representación o simulación del producto final, permitiendo evaluar su diseño y confirmar que cumple con las características establecidas. No obstante, para obtener mejores resultados, es importante considerar ciertos aspectos, procesos, elementos y herramientas que contribuyan a reflejar de manera óptima la propuesta del producto o servicio (Angeles, 2020). En la figura 10 se observa la integración de sensores al controlador, en este proyecto se desarrolló una red de sensores conectados a un microcontrolador Arduino Uno con acceso a Wi-Fi mediante ESP32.

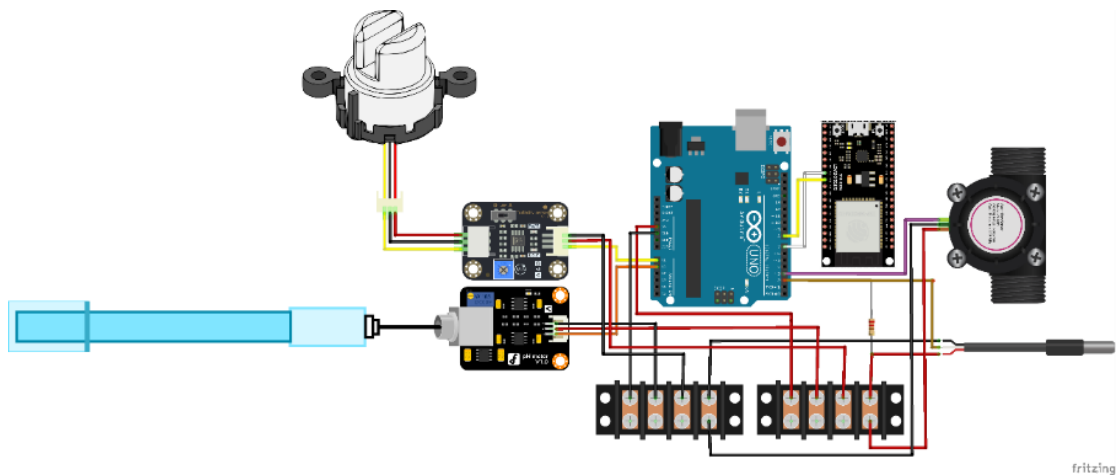


Figura 10. Integración de sensores al controlador

Fuente: Autores

Resultados

El prototipo facilita el registro en tiempo real de los parámetros de pH, temperatura, turbidez y sensor del agua, utilizando sensores que recogen los datos y los envían a una plataforma IoT (ThingSpeak) mediante una conexión inalámbrica. La plataforma procesa los datos y los presenta gráficamente en su interfaz como consta en la Figura 11, lo que permite acceder a la información en cualquier momento y desde cualquier lugar.





Figura 11. Visualización de los datos recopilados por los sensores en ThingSpeak

Fuente: Autores

En la Figura 12 se observa la arquitectura del prototipo de IoT, la cual consta de hardware (red de sensores y controladores) y software (plataforma de IoT).

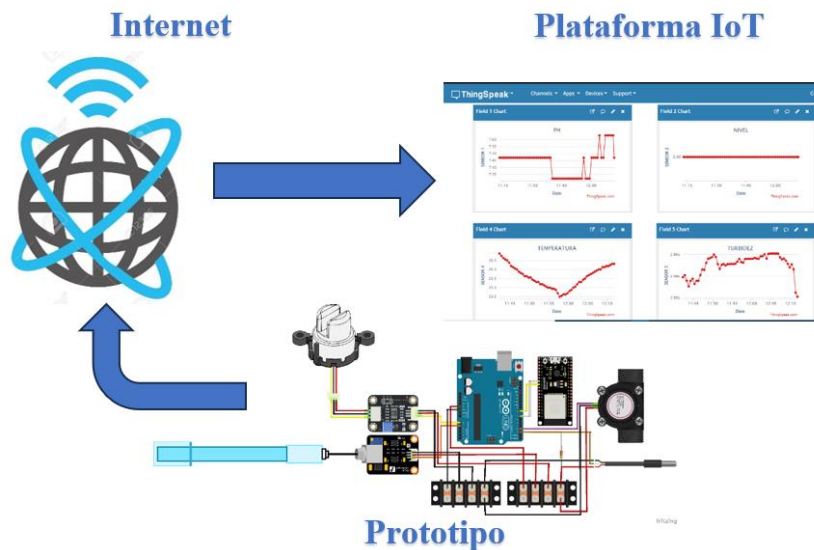


Figura 12. Arquitectura del Prototipo

Fuente: Autores

Mediante el uso de las buenas prácticas de Scrum, el proyecto se gestionó eficazmente, cumpliendo con las tareas propuestas dentro del plazo establecido para completar el desarrollo del prototipo, la encuesta de satisfacción realizada a los encargados del cultivo multitrófico reveló que se cumplieron los requisitos establecidos como consta en la Figura 13 y, al mismo tiempo, se verificó el correcto funcionamiento de la red de sensores.

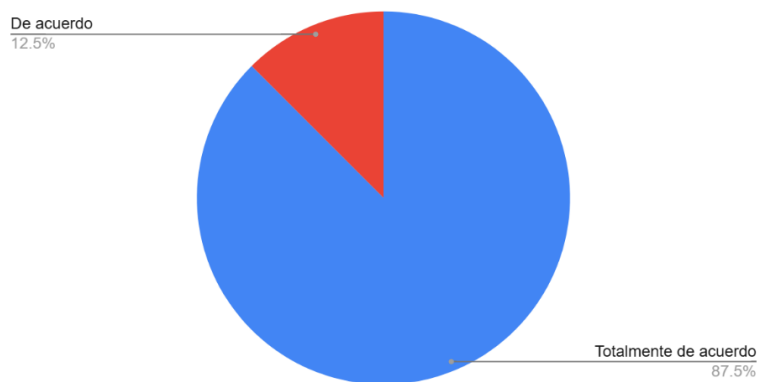


Figura 13: Aceptación del funcionamiento, precisión y fiabilidad del prototipo

Fuente: Autores

El prototipo pasó por un juicio de expertos para validar su funcionalidad, en el cual intervinieron tres especialistas en IoT, que evaluaron los indicadores y criterios descritos en la tabla 3, según la escala de Likert: deficiente (0-20), regular (21-40), buena (41- 60), muy buena (61- 80) y excelente (81 – 100).

Tabla 3. Indicadores y criterios de la validación de expertos

Indicador	Criterio
Claridad	Se utiliza el lenguaje de programación apropiado que facilita la comprensión.
Objetividad	Está expresado en conductas observables y medibles.
Actualidad	Esta acorde a los aportes recientes en la disciplina de estudio.
Suficiencia	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.
Intencionalidad	Es adecuado para valorar la variable seleccionada.

Fuente: Autores

Discusión

Los principales parámetros que se deben monitorear en un cultivo acuícola de conformidad al estado del arte y a las entrevistas con biólogos especializados en cultivos acuícolas, son: pH, temperatura y turbidez del agua, en el proyecto denominado “Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones”, los autores indican que los principales parámetros que se deben controlar son: temperatura del agua, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, amonio, nitritos y nitratos y salinidad (Flores Mollo & Aracena Pizarro, 2018). Cardozo Ramirez et al, en su trabajo “Monitoreo de la calidad del agua en criaderos de tilapias mediante Tecnologías LPWAN Y VPS” crearon un sistema de monitoreo automático para criaderos de tilapias que mide parámetros como pH, temperatura y turbidez (Cardozo Ramirez, 2024).

La elección de sensores confiables y debidamente calibrados es esencial para asegurar mediciones precisas, es importante mencionar que en el mercado ecuatoriano es difícil encontrar sensores para medir oxígeno disuelto, nitritos y nitratos.

Los datos en tiempo real ofrecen una ventaja en la toma de decisiones, por eso se decidió utilizar la placa de desarrollo Arduino Uno y el microcontrolador ESP32 para programarlos se usó la plataforma Arduino IDE, donde se realizaron configuraciones con fórmulas específicas para calibrar cada sensor; la visualización de los datos se realiza mediante ThingSpeak, utilizando el protocolo MQTT, la librería WiFi.h para establecer la



conexión Wi-Fi y la librería ThingSpeak.h para conectar los módulos de los sensores de pH y turbidez, asociándolos al número del canal y a la API KEY correspondiente. En el proyecto de “Desarrollo de una aplicación móvil para monitorear los principales parámetros de un Cultivo Multitrófico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil” los autores conectaron la plataforma ThingSpeak con la APK de Android (Choez Casierra & Rosado Mendieta, 2023).

Los autores del proyecto “Diseño e implementación de un prototipo IoT para el monitoreo de parámetros ambientales aplicados al cultivo de arroz”, utilizaron ESP32 y ThingSpeak (Mosquera Meléndrez & Cevallos Rojas, 2022), que les permitió observar los datos en tiempo real.

CONCLUSIONES

Los principales parámetros que se deben monitorear en un cultivo acuícola son: pH, temperatura, nivel, flujo y turbidez del agua, esto se pudo determinar mediante entrevistas con biólogos especializados en cultivos acuícolas y mediante la revisión del estado del arte. La elección de sensores confiables y debidamente calibrados es esencial para asegurar mediciones precisas.

El prototipo se desarrolló usando la placa de desarrollo Arduino Uno conectada con el microcontrolador ESP32, para programarlos se utilizó la plataforma Arduino IDE, donde se realizaron configuraciones con fórmulas específicas para calibrar cada sensor; la visualización de los datos se realiza mediante ThingSpeak, utilizando el protocolo MQTT, la librería WiFi.h para establecer la conexión Wi-Fi y la librería ThingSpeak.h para conectar los módulos de los sensores de pH y turbidez, asociándolos al número del canal y a la API KEY correspondiente.

La recopilación y el análisis de datos a través de IoT ofrece información relevante y oportuna para la gestión del cultivo acuícola, se llevaron a cabo pruebas para verificar el funcionamiento de los sensores y los responsables del cultivo multitrófico validaron la información recopilada por el prototipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeles, F. (2020). Prototipo. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 7(13), 33-34.
- Canela, E. (22 de Septiembre de 2022). *Haladjian Industrial Solutions*. Obtenido de https://www.haladjian-industrial.es/que-es-un-contenedor-ibc-y-para-que-sirve#Ventajas_de_los_contenedores_IBC
- Cardozo Ramirez, C. V. (2024). Monitoreo de la Calidad del Agua en Criaderos de Tilapias Mediante Tecnologías Lpwan y VPS. *Ciencia Latina*, 8(2), 5609-5629. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10975
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. doi:<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Cevallos, J., Valle, C., Posligua, R., & Vera, M. (2023). El Internet de las Cosas (IoT) en la acuaponía: estándar, hardware y software. *Polo del Conocimiento*, 8(12), 166-182.
- Choez Casierra, J., & Rosado Mendieta, L. (19 de Octubre de 2023). *Desarrollo de una aplicación móvil para monitorear los principales parámetros de un cultivo multitrófico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <https://repositorio.ug.edu.ec/items/38164e23-019e-43fd-a911-f51a32d07716>
- FAO. (2022). *La acuicultura y las pesquerías basadas en el cultivo*. Obtenido de www.fao.org/4/y5751s/y5751s08.htm
- Flores Mollo, S., & Aracena Pizarro, D. (2018). Sistema de monitoreo remoto de acuicultura en estanques para la crianza de camarones. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 55-64. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000500055>



- García Quinde, J. S. (24 de Abril de 2021). *Desarrollo de aplicaciones para IoT con módulos embebidos ESP-12E integrando las plataformas Thingspeak y Google Sites*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_c500ca7d58487a1c5d18829afbe018e3
- Madariaga, A. (20 de 09 de 2022). *Domotización de un puesto de trabajo usando el microcontrolador ESP32*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/187621>
- Mosquera Meléndrez, L., & Cevallos Rojas, C. (2022). *Diseño e implementación de un Prototipo Iot para el monitoreo de parámetros ambientales aplicados al cultivo de arroz utilizando ESP32 y Thingspeak*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22884>
- Naspirán Jojoa, D. C., Fajardo Rosero, A. G., Ueno Fukura, M., & Collazos Lasso, L. F. (2022). Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1), 75-97. doi:<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>
- Pérez Tavera, I. (05 de 01 de 2023). Arduino IDE. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4*, 11(21), 30-32. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/10474>
- Quevedo, M., & Ferro, R. (2023). Diseño y administración de un sistema de monitoreo de temperatura para personas de la tercera edad basado en IoT y metodología Scrum. *Aglala*, 307–316. Obtenido de <https://revistas.uninunez.edu.co/index.php/aglala/article/view/2499>
- Quiñones, M., Pachar, H., Martínez, J., Quiñones, L., & Torres, R. (2020). Desarrollo y evaluación de un gateway móvil IoT para redes 4G LTE. *Enfoque UTE*, 16-26. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.634>
- Sugiharto, F., & Kaburuan, E. (2023). Architecture design of IoT-based system using ISO/IEC 30141:2018 for indoor agriculture. *ICIC Express Letters Volume 17, Number 4*, 397–408. doi:[10.24507/icicel.17.04.397](https://doi.org/10.24507/icicel.17.04.397)