

Sistema automatizado de monitoreo de temperatura y control de oxigenación en un criadero de tilapias mediante tecnología IoT

Automated temperature monitoring and oxygenation control system in a tilapia farm using IoT technology

Sistema automatizado de monitoramento de temperatura e controle de oxigenação em um criadouro de tilápias por meio da tecnologia IoT

Ronald Ariel Arteaga Escobar¹

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

ronaldarteagaescobar@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-8659-5693>



Jonathan David Paillacho García²

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

jonathanpaillachogarcia@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-3712-3973>



Carlos Roberto Sampedro Guaman³

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

carlossampedro@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2784-1913>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1084>

Como citar:

Arteaga Escobar, R.A., Paillacho García, J.D., Sampedro Guaman, C.R. (2025). Sistema Automatizado de Monitoreo de Temperatura y Control de Oxigenación en un Criadero de Tilapias Mediante Tecnología IoT. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E2), 1266-1279.

Recibido: 28/06/2025

Aceptado: 30/07/2025

Publicado: 30/09/2025

Resumen

En la granja Mishily se implementó un tablero de control encargado de la automatización y monitoreo tanto en el tablero o por internet mediante IoT, parámetros de temperatura y oxigenación que se actualizarán en un tiempo determinado en un criadero de tilapias, su automatización estará programada mediante un esp32 en base a los estudios de las condiciones de vivencia de las tilapias, parámetros como la temperatura a menos de 27°C y de oxígeno disuelto a más de 5mg/L, en caso que no se cumplieran, de forma automatizada, prenderán las bombas para abastecer de oxígeno y regular la temperatura en el criadero evitando a su vez, la poca intervención humana, el tablero está estructurado para operar de forma automática o de forma manual en caso de alguna intervención humana. Para el desarrollo de este proyecto, se utilizaron componentes, tanto industriales como contactores, relé térmico para protección de las bombas, pulsadores y paros de emergencia para control eléctrico; componentes electrónicos como microcontroladores esp32, sensores utilizados de proyecto y una pantalla lcd. Además, el proyecto se centró en la lectura y vinculación de datos mediante plataformas IoT con interfaces intuitivas tanto para visualizar en computadores como en Teléfonos celulares dentro de la granja.

Palabras clave: Oxígeno disuelto, automatización, monitoreo, criadero de tilapias, temperatura.

Abstract

At Mishily Farm, a control panel was implemented to automate and monitor temperature and oxygenation parameters in a tilapia hatchery, either on the panel itself or online via IoT. These parameters will be updated at specific intervals, and automation will be programmed using an esp32 based on studies of the living conditions of tilapia. Parameters such as temperature below 27°C and dissolved oxygen above 5mg/L will be monitored, and if these conditions are not met, the pumps will automatically turn on to supply oxygen and regulate the temperature in the hatchery, thereby avoiding human intervention. The dashboard is structured to operate automatically or manually in case of human intervention. For the development of this project, industrial components such as contactors, thermal relays for pump protection, push buttons, and emergency stops for electrical control were used, as well as electronic components such as esp32 microcontrollers, project sensors, and an lcd screen. In addition, the project focused on reading and linking data through IoT platforms with intuitive interfaces for viewing on computers and cell phones within the farm.

Keywords: Dissolved oxygen, automation, monitoring, tilapia farm, temperature.

Resumo

Na fazenda Mishily, foi implementado um painel de controle responsável pela automação e monitoramento, tanto no painel quanto pela Internet através da IoT, dos parâmetros de temperatura e oxigenação que serão atualizados em um determinado período de tempo em um criadouro de tilápias. Sua automação será programada através de um esp32 com base em estudos das condições de vida das tilápias, parâmetros como temperatura abaixo de 27 °C e oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L. Caso esses parâmetros não sejam cumpridos, as bombas serão acionadas automaticamente para fornecer oxigênio e regular a temperatura no viveiro,

evitando, ao mesmo tempo, a intervenção humana. O painel está estruturado para operar de forma automática ou manual, caso seja necessária alguma intervenção humana. Para o desenvolvimento deste projeto, foram utilizados componentes industriais, como contadores, relé térmico para proteção das bombas, botões e paradas de emergência para controle elétrico; componentes eletrônicos, como microcontroladores esp32, sensores utilizados no projeto e uma tela lcd. Além disso, o projeto se concentrou na leitura e vinculação de dados por meio de plataformas IoT com interfaces intuitivas para visualização em computadores e celulares dentro da fazenda.

Palavras-chave: Oxigênio dissolvido, automação, monitoramento, criação de tilápias, temperatura.

Introducción

La acuicultura se ha establecido como una actividad productiva clave para asegurar la seguridad alimentaria y generar ingresos en comunidades rurales y costeras. La tilapia se encuentra entre las especies más cultivadas en todo el mundo, gracias a su rápido crecimiento, adaptabilidad a diferentes entornos y alto valor nutricional. Sin embargo, para que su cultivo sea efectivo, es crucial mantener condiciones óptimas en el medio acuático, especialmente en lo que se refiere a la temperatura del agua y el nivel de oxígeno disuelto, que son parámetros esenciales para la salud y el desarrollo de los peces.

La incorporación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) presenta nuevas oportunidades para modernizar la gestión de los sistemas acuícolas. Investigaciones recientes en Ecuador, como las de (Valencia y Delgado, 2021). demuestran que, mediante el uso de sensores, microcontroladores y plataformas digitales, se puede llevar a cabo un monitoreo continuo y en tiempo real de las condiciones del agua, así como activar automáticamente sistemas de aireación o calefacción al detectar valores fuera del rango ideal.

La acuicultura, especialmente en lo que respecta al cultivo de tilapias, ha cobrado gran importancia a nivel mundial por su aporte a la seguridad alimentaria y al desarrollo económico de comunidades rurales y costeras. La tilapia es valorada por su rápido crecimiento y adaptabilidad, así como por su alto contenido nutricional. No obstante, el éxito en su cultivo depende en gran medida de mantener condiciones adecuadas en el agua, especialmente en

relación a la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto. Estos factores son fundamentales para la salud, crecimiento y supervivencia de los peces, ya que cualquier desviación de los rangos ideales puede causar estrés, enfermedades, disminución en el crecimiento e incluso mortalidad masiva.

Muchos criaderos de tilapias realizan el monitoreo de estos parámetros de forma manual o utilizando sistemas básicos, lo que provoca demoras en la detección de anomalías y una respuesta lenta para corregirlas. Esta situación puede tener un impacto negativo en la productividad y rentabilidad de los criaderos. Además, la falta de automatización en el control de estos factores ambientales incrementa la dependencia del trabajo humano, elevando los costos operativos y el margen de error.

La adopción de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) ofrece una solución innovadora para enfrentar estos desafíos. Con el uso de sensores, microcontroladores y plataformas digitales, es posible monitorear en tiempo real la temperatura y los niveles de oxígeno disuelto, además de activar automáticamente sistemas de aireación o calefacción cuando se detectan valores fuera de lo óptimo. Esto no solo mejora la gestión del criadero, sino que también reduce la intervención humana, disminuye riesgos y optimiza recursos.

Esta investigación se centra en el desarrollo de un sistema automatizado basado en IoT para el monitoreo y control de estos parámetros en un criadero de tilapias. La propuesta busca integrar conocimientos en electrónica, automatización y tecnologías de la información para crear una solución accesible y escalable, adecuada para diferentes contextos productivos. Su importancia radica en su potencial para transformar la acuicultura, haciendo que los procesos sean más eficientes, sostenibles y rentables, mientras se contribuye al bienestar de los peces y a la calidad del producto final.

Como objetivo se tiene: Desarrollar un sistema automatizado basado en tecnología IoT para el monitoreo de la temperatura del agua y el control de los niveles de oxigenación en un criadero de tilapias.

Valencia y Delgado (2021), diseñaron e implementaron un prototipo IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua en estanques de tilapia en Taura, provincia del Guayas. Utilizando plataformas IoT junto a sensores y hardware de bajo costo como ESP8266 y Raspberry Pi, realizaron un seguimiento constante de parámetros como temperatura ambiental, pH, nivel de oxígeno, temperatura del agua, calidad del agua (TDS) y nivel de agua. Estos datos fueron almacenados y enviados de manera inalámbrica a servidores en la nube como ThingSpeak y un servidor local Grafana, lo que permitió reducir la mortalidad de las tilapias y mejorar el crecimiento para el consumo local o venta posterior.

Bertel y Martínez (2021), desarrollaron un prototipo electrónico para la medición y monitoreo remoto de la calidad del agua en criaderos de tilapia en estanques de tierra en Cundinamarca, Colombia. Este dispositivo de bajo costo utilizó sensores de pH, oxígeno y temperatura, transmitiendo la información adquirida a través de una red local WLAN a una distancia de 135 metros desde el estanque al centro de monitoreo mediante tecnología de comunicación inalámbrica XBee de 2.4GHz. El sistema monitoreó las variables fisicoquímicas en tiempo real, permitiendo su visualización a través de una interfaz gráfica en computadoras, tablets o smartphones.

Izurieta y Bassantes (2022), implementaron un sistema de monitoreo y alerta de la calidad del agua en un cultivo experimental de peces utilizando tecnologías IoT en el laboratorio de manicultura de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Este proyecto se centró en establecer un sistema para supervisar factores relacionados con la calidad del agua en un cultivo experimental de peces, utilizando tecnologías IoT para abordar influencias negativas. El desarrollo del proyecto siguió la metodología de Programación Extrema (XP)

adaptada a IoT, que abarca cuatro fases: planeación, diseño, desarrollo y pruebas. Se espera que el prototipo resultante integre IoT con un impacto positivo en el proceso de cultivo de peces, permitiendo un monitoreo constante de las variables de su ciclo vital a través de sensores y alertas mediante la clasificación de datos.

Metodología

La presente investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, ya que nos permitió recolectar, analizar y comparar datos de los parámetros físicos del agua (temperatura y oxigenación) en un entorno controlado. Asimismo, se incrementaron elementos tecnológicos y aplicados propios de una investigación orientada a resolver un problema práctico mediante el diseño e implementación de un sistema automatizado basado en tecnología IoT.

Se empleó un diseño cuasi-experimental, para evaluar los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema, sin la existencia de un grupo de control paralelo. Y la investigación es tecnológico y descriptivo-explicativo, para el diseño, desarrollo e integración de hardware y software en el monitoreo y control automático, y posteriormente explica los efectos observados en las condiciones del criadero y su relación con el funcionamiento del sistema.

Se adoptó un diseño tecnológico funcional, para estructurar el sistema mediante el uso de sensores (temperatura y oxígeno), una unidad de procesamiento y una plataforma de visualización de datos. El diseño fue complementado con la recolección de datos antes y después de su implementación, lo que permitió evaluar su eficacia.

El diseño adoptado fue de tipo tecnológico funcional, organizado bajo la lógica de la metodología en cascada, debido a su secuencial y estructura, lo que facilitó el desarrollo ordenado del sistema automatizado.

Las etapas principales del proyecto son las siguientes:

- **Análisis:** En esta fase se examinaron los parámetros y dispositivos a utilizar en el proyecto, detallando las especificaciones del entorno y los componentes necesarios para el diseño, así como los códigos de programación y diagramas para el prototipo que se utilizarán posteriormente.
- **Diseño:** Selección de componentes IoT, elaboración del esquema electrónico, definición de arquitectura de red y diseño de la interfaz de monitoreo.
- **Implementación:** Programación del microcontrolador (ESP32), configuración de sensores, ensamblaje del hardware y conexión a la red.
- **Verificación:** Ejecución de pruebas en entorno controlado, verificación de datos recolectados, ajuste de parámetros y resolución de errores.
- **Mantenimiento:** Instalación del sistema en el criadero real, monitoreo de su funcionamiento durante un período definido, y análisis comparativo de datos. Se elaboró el diagrama de control y fuerza utilizando el software CadeSimu para la instalación de contactores y el flujo de control. Sin embargo, el software presenta limitaciones en componentes electrónicos y no incluye conexiones con el microcontrolador ESP32.

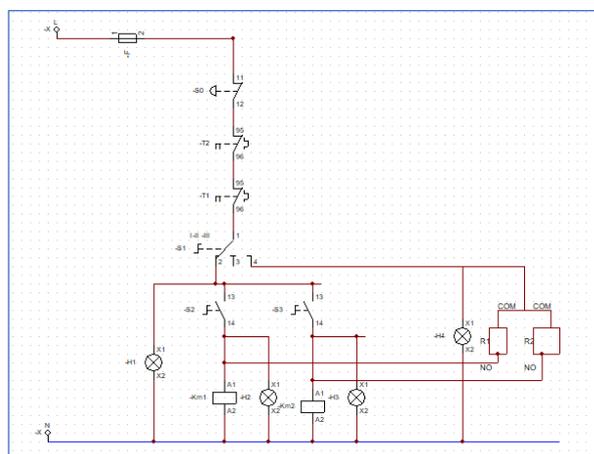


Figura 1
Diagrama de control en CadeSimu

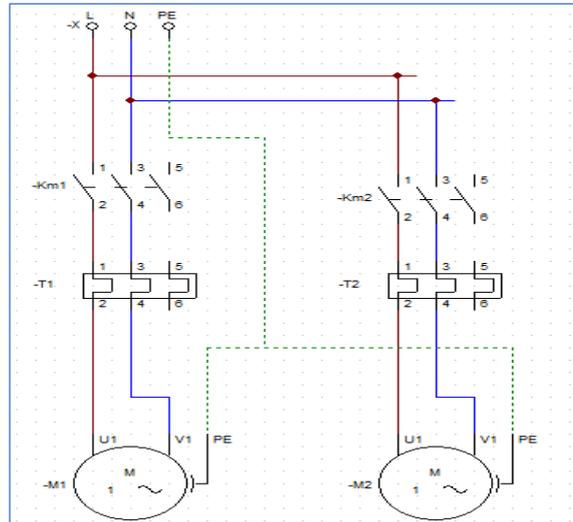


Figura 2
Diagrama de fuerza en CadeSimu

Resultados

Tras la implementación del sistema automatizado basado en tecnología IoT en el criadero de tilapias, se recolectaron datos durante un período 2 semanas sobre los parámetros críticos del agua: temperatura y nivel de oxígeno disuelto. El sistema utilizó sensores digitales conectados al microcontrolador ESP32, que enviaban la información a una plataforma de monitoreo en la nube, permitiendo su visualización en tiempo real.

Parámetros monitoreados

- Fecha y Hora
- Temperatura (°C)
- Oxígeno disuelto (mg/L)

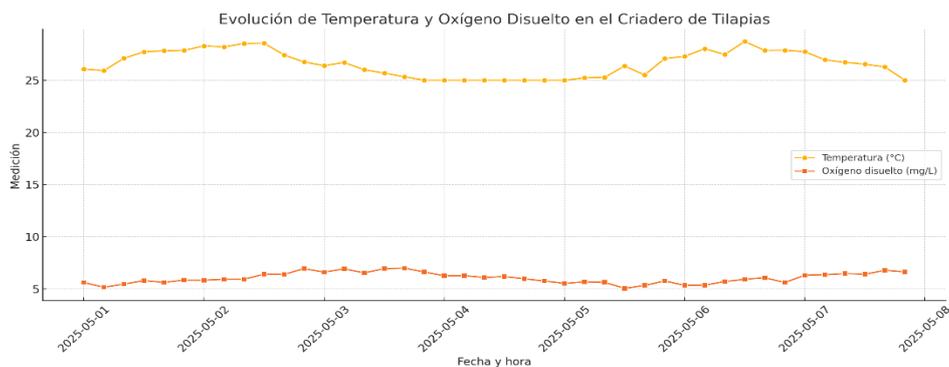


Figura 3. Evolución De Temperatura Y Oxígeno Disuelto
Nota. evolución de la temperatura del agua y los niveles de oxígeno disuelto en el criadero de tilapias.

Se muestra la evolución de la temperatura del agua y los niveles de oxígeno disuelto en el criadero de tilapias durante una semana, con mediciones cada 4 horas. Esta visualización puede incluirse en tu tesis para respaldar los resultados obtenidos con el sistema IoT implementado.

Además, se registraron datos históricos de cada variable mediante la plataforma Thingspeak, facilitando el análisis y estudio de las condiciones de la piscina.

- La comparación entre distintos periodos
- La identificación de momentos críticos para el cultivo.
- La toma de decisiones informada para los últimos 30 días.

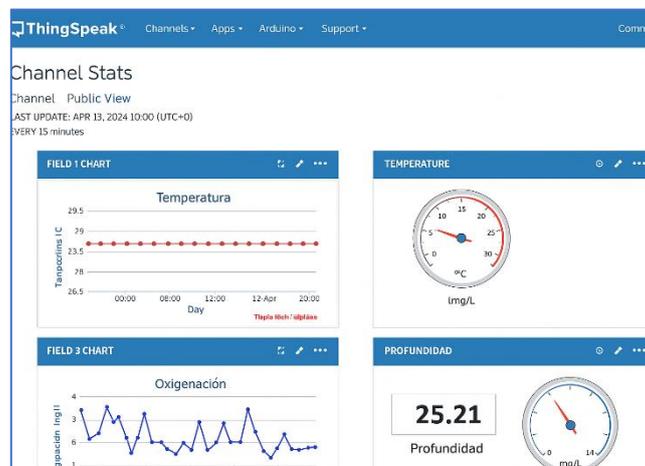


Figura 4. Parámetros que se visualizan en ThingSpeak

Nota: datos visualizados en el criadero mediante los últimos 30 días.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten comprender la utilidad del monitoreo automatizado en entornos acuícolas, especialmente en actividades relacionadas con la agroindustria. Los análisis históricos de los datos demuestran que el uso de sensores mejora la capacidad para anticipar y mitigar condiciones que podrían afectar la salud de los peces.

Los hallazgos coinciden con investigaciones previas como (Valencia y Delgado, 2023), las cuales destacan la importancia de mantener los parámetros dentro de los rangos óptimos de

los peces. Asimismo, el sistema contribuye al análisis práctico tanto para los estudiantes e ingenieros de la carrera de agroindustrias.

No obstante, se identificaron algunas limitaciones como:

- Dependencia de una conexión estable a internet
- Necesidad de calibración de algunos sensores como el de oxígeno disuelto
- Falta de integración de algunos parámetros relevantes como pH o concentración de amoníaco.

En función de lo anterior, se recomienda ampliar el sistema con nuevos sensores, sistemas de bombas automatizadas aprovechando el diseño del tablero de control implementado, se podrían conservar el controlador IoT ya implementado o podrían cambiarlo por uno más industrial.

Conclusión

Las pruebas y la experiencia del usuario evidencian que se pueden observar de manera significativa los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto a través de IoT. Además, se programó un sistema de automatización que minimiza la intervención humana en el diagnóstico de las tilapias, cumpliendo con las necesidades de los usuarios en agroindustrias para la obtención de estudios de datos. Se exploraron antecedentes relevantes que respaldan el desarrollo del proyecto utilizando microcontroladores como el ESP32 en la industria. Se ha diseñado un tablero de control que asegura protecciones para operar en modo automático o manual y para realizar mantenimiento a los equipos. La programación en Arduino IDE y el uso de plataformas especializadas en IoT como ThingSpeak facilitaron la automatización y visualización de parámetros en la nube. Este proyecto se llevó a cabo mediante etapas clave que incluyeron la revisión de antecedentes, análisis del proyecto, diseño, implementación y recomendaciones para cumplir con su objetivo de automatizar y visualizar los parámetros monitorizados mediante IoT.

Referencias bibliográficas

- Adasa Systems. (s.f.). Automatización industrial-ADASA. Automatización industrial-ADASA: <https://www.adasasystems.com/es/tecnologia/automatizacion-industrial.html>
- Agrotendencia. (2025). agrotendencia. agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/acuicultura/cultivo-de-peces-factores-que-afectan-y-bienestar/>
- Agua Planet. (6 de abril de 2025). Relé Térmico Chint NR2-25 4-6A 220v. Relé Térmico Chint NR2-25 4-6A 220v: <https://aguaplanet.cl/producto/rele-termico-chint-nr2-25-4-6a-220v>
- Amelia, T., y Carranza Manuel. (2022). Sobre el cultivo de tilapia. Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8693306>
- Amicus Engineering. (17 de abril de 2025). Analog Dissolved Oxygen Sensor / Meter Kit For Arduino. Analog Dissolved Oxygen Sensor / Meter Kit For Arduino: <https://amicus.com.sg/products/gravity-analog-dissolved-oxygen-sensor-meter-kit-for-arduino/>
- Andrade Arrieta, I. F., y Barreto Pilco, Z. F. (2023). El derecho al internet como derecho humano en el Ecuador. El derecho al internet como derecho humano en el Ecuador: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6206>
- Bertel López, Y. Y., y Martínez Quinchanequa, F. L. (2021). Prototipo electrónico de medición y monitoreo remoto,. Cundinamarca, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42726>
- Cabrera Toro, D. F. (2025). Desarrollo de una plataforma para la evaluación de la calidad de servicio (QoS) que brinda el ISP MEGared aplicando la metodología RAD. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14811>
- Cardozo, L., Fuentes, R., Calle, E., Ramos, E., y Tavera, D. (2024). Monitoreo de la calidad del agua en criaderos de tilapias mediante. Ciudad de Mexico: Ciencia Latina Internacional. https://doi.org/10.37811/c1_rcm.v8i2
- Chiu, M.-C., Yan, W.-M., Ahmad Bhat, S., y Huang, N.-F. (2022). Development of smart aquaculture farm management system using IoT and AI-based surrogate models. Taipei, Taipei, Taiwán: Elsevier B.V. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154322000904>
- Cueva Seraquive, A. D., y Yance Alava, J. V. (2023). Control de temperatura y regulación de parametros de oxígeno. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26400>
- Digikey. (s.f.). Kit de Medidor/Sensor Analógico de Oxígeno Disuelto para arduino. Kit de Medidor/Sensor Analógico de Oxígeno Disuelto para arduino: <https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/dfrobot/SEN0237->

[A/7897977?srsltid=AfmBOooyRZiZhi3QxWM8tCiYno1AeME1quL2-ONIXw3JAIS05ATXJ0Mx](https://www.expertelectrical.co.uk/chint-nc1-contactors#chint-nc1181024v-contactor-3-no-poles-with-1-no-24v-ac-75kw-18a)

ExpertElectrical. (9 de diciembre de 2024). Chint NC1 Contactors. Chint NC1 Contactors: <https://www.expertelectrical.co.uk/chint-nc1-contactors#chint-nc1181024v-contactor-3-no-poles-with-1-no-24v-ac-75kw-18a>

ExpertElectrical. (9 de diciembre de 2024). Chint NC1 Contactors. Chint NC1 Contactors: <https://www.expertelectrical.co.uk/chint-nc1-contactors#chint-nc1091024v-contactor-24v-ac-40kw-9a-3-no-poles-with-1-no>

Fernández, A., Morales, J., y Suárez, L. (2022). Implementación de redes LoRaWAN en sistemas de monitoreo acuícola en zonas rurales de Ecuador. Ecuador: Revista de Ingeniería y Tecnologías Aplicadas.

GSM globalite. (24 de septiembre de 2024). Luces y Bangalas Pilit. Luces y Bangalas Pilit: <https://www.gsm.ec/producto/luces-y-bangalas-pilit/>

Hernández-Sandoval, P., Castillo Meza, H., Cruz-Urrea, L. O., Guzmán-Dicochea, F. R., Mora-Sánchez, J. R., Bojórquez-Sauceda, J., . . . Guzmán-Arredondo, C. E. (2024). Sistema de monitoreo automatizado de variables ambientales en un cultivo acuapónico de tilapia y lechuga. Ciudad de México, México, México: Ciencia Latina Internacional. <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/13196/19024>

INSELEC. (13 de agosto de 2024). Selector 2 – 3 posiciones. Harmony XB4 - Quito. Selector 2 – 3 posiciones. Harmony XB4 - Quito: <https://inselec.com.ec/producto/selector-2-3-posiciones-harmony-xb4/>

Izurieta Reyes, C. A., y Bassantes Budiño, L. I. (2022). Sistema de monitoreo y alerta de la calidad del agua para un cultivo. Machala, El Oro, Ecuador: Universidad Técnica de Machala. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21292>

Kit de Medidor/Sensor Analógico de Oxígeno Disuelto para arduino. (s.f.). Kit de Medidor/Sensor Analógico de Oxígeno Disuelto para arduino: <https://www.digikey.com.mx/es/products/detail/dfrobot/SEN0237-A/7897977?srsltid=AfmBOooyRZiZhi3QxWM8tCiYno1AeME1quL2-ONIXw3JAIS05ATXJ0Mx>

Laoyan, S. (2024). Qué es la metodología waterfall y cuándo utilizarla. San Francisco, Estados Unidos: Asana, Inc.

Laumayer. (13 de febrero de 2025). Lista de precios Laumayer Ecuador. Lista de precios Laumayer Ecuador: <https://laumayer.com.ec/wp-content/uploads/2025/02/Lista-de-Precios-Laumayer-Ecuador-130225.pdf>

Loor, R. (2024). Propuesta de optimización de los procesos de producción en una granja de tilapia ubicada en la ciudad de guayaquil. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27646/1/UPS-GT005087.pdf>

- Mazcr. (14 de septiembre de 2024). RELE TERMICO NEXT 9-13AMP PARA CHASIS NXR-25. RELE TERMICO NEXT 9-13AMP PARA CHASIS NXR-25: https://mazcr.com/es/protectores-termicos/1879-2514-rele-termico-next-9-13amp-para-chasis-nxr-25.html#/1149-corriente-9_13a/1619-funcion-rele/1620-tipo-termico
- Navarro Rodríguez, R. E., Rengifo Dávila, J. Y., Riola, J. M., Portilla Mendoza, O. E., Jaimes, S., Ortiz, N., . . . Cárdenas Figueroa, G. (2024). III Congreso internacional de planeación y logística: Isla de Manzanillo, Cartagena de Indias, Colombia: Escuela Naval de Cadetes Almirante Padilla. https://www.escuelanaval.edu.co/sites/default/files/Congreso_Internacional_de_Planeacion/Memorias%20III%20CIPyL%20ENAP%202024.pdf
- Naylamp Mechatronics. (17 de julio de 2024). NodeMCU-32 30-pin ESP32 WiFi USB-C. NodeMCU-32 30-pin ESP32 WiFi USB-C: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/1250-esp32-devkit-v1-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi-usb-c.html>
- Naylamp Mechatronics SAC. (2023). Sensor Ultrasonido HC-SR04. Sensor Ultrasonido HC-SR04: <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html>
- Newhaven Display. (22 de abril de 2025). 20x4 Character LCD | STN- Blue Serial Display with White Backlight. 20x4 Character LCD | STN- Blue Serial Display with White Backlight: <https://newhavendisplay.com/es/4x20-caracteres-lcd-stn-display-serie-azul-con-retroiluminaci%C3%B3n-blanca/>
- propia, A. (06 de julio de 2025). Autoria propia. Autoria propia. Santo Domingo, Santo Domingo, Ecuador: propia.
- Saavedra, m. (2021). manejo del cultivo de tilapia. Managua. <https://core.ac.uk/download/pdf/35144428.pdf>
- Saldaña Escorcía, R., Salazar Sánchez, M., Rodríguez Barbosa, L., Hernández Martínez, I., y Sánchez Álvarez, N. (2022). Calidad del agua para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en etapa de alevinaje con tecnología biofloc. Cali, Valle del Cauca, Colombia: Universidad Popular del Cesar. https://www.researchgate.net/publication/358711403_Calidad_del_agua_para_el_cultivo_de_tilapia_roja_Oreochromis_sp_en_etapa_de_alevinaje_con_tecnologia_biofloc
- Sanjusha, V., Vinay Reddy, T., Manasa, S., y Sravan kumar, G. (2 de junio de 2023). Journal on Electronic and Automation Engineering Vol: 2(2). (J. I. Karimnagar, Ed.) Journal on Electronic and Automation Engineering Vol: 2(2): <https://doi.org/10.46632/jea/2/2/2>
- SDI Industrial. (26 de junio de 2024). ¿Qué es y dónde se instala el botón de paro de emergencia? ¿Qué es y dónde se instala el botón de paro de emergencia?: <https://sdiindustrial.com.mx/blog/boton-de-paro-de-emergencia/>
- Sigma Electrónica. (15 de junio de 2025). HC-SR04. HC-SR04: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/hc-sr04/>

- Sigma Electrónica. (13 de junio de 2025). SEN DS18B20 1M. SEN DS18B20 1M:
<https://www.sigmaelectronica.net/producto/sen-ds18b20-1m/>
- Slashtop. (6 de mayo de 2025). ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? Impacto y ventajas. ¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)? Impacto y ventajas:
<https://www.splashtop.com/es/blog/what-is-iot>
- SYSCOM. (28 de abril de 2025). Tomacorriente receptáculo convencional 120V, 15A, color blanco. Tomacorriente receptáculo convencional 120V, 15A, color blanco.:
<https://www.syscom.mx/producto/CAR15WH-LUTRON-ELECTRONICS-136582.html>
- Talos Electronics. (14 de abril de 2020). ¿Como medir temperatura con sensor DS18B20? ¿Como medir temperatura con sensor DS18B20?:
<https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/como-medir-temperatura-con-sensor-ds18b20>
- Talos Electronics. (13 de junio de 2021). Programar ESP32 con IDE arduino. Programar ESP32 con IDE arduino: <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/programar-esp32-con-ide-arduino>
- Universo de la Salud Animal. (17 de mayo de 2022). Entre las enfermedades de peces, ¿cuáles afectan a estos animales en la fase de engorde? Entre las enfermedades de peces, ¿cuáles afectan a estos animales en la fase de engorde?:
<https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/entre-las-enfermedades-de-peces-cuales-afectan-a-estos-animales-en-la-fase-de-engorde/>
- Valencia, W., y Delgado, C. (2021). Diseño e implementación de prototipo iot para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6779>