

Información general

Facultad: Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías FCNI			
Programa académico: Ingeniería Electromecánica articulada por ciclos propedéuticos con la Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico		Grupo(s) de investigación: DIANOIA	
Nombre del semillero / Siglas: GITEDI		Fecha creación:22-11-2021	Logo: 
		Campus: Barrancabermeja	
Líneas de Investigación: Investigación y Desarrollo en Ingeniería (Diseño, simulación y prototipado)			
Áreas del saber (1, 2)			
	1. Ciencias Naturales	x	2. Ingeniería y Tecnologías
	3. Ciencias médicas y de la salud		4. Ciencias Agrícolas
	5. Ciencias sociales		6. Humanidades

Información del director del proyecto

Nombre: Fredy Alberto Rojas Espinoza		No. de identificación y lugar de expedición:	
Nivel de formación académica: Ingeniero Electrónico-Magister en Administración de Organizaciones		x	Asesor
			Líder de semillero
Celular:		Correo Electrónico: frojas@correo.uts.edu.co	

Información de los autores

Nombre y/o firma	No. Identificación y lugar de expedición:	Celular	Correo electrónico
Karen Julieth Tafur Paba			Karen.tafur@outlook.com
Claudia Milena Menco Montes			clamimenmo@gmail.com

Proyecto

1. Título del proyecto: IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE MONITOREO PARA CRIADEROS DE PECES BASADO EN EL CONCEPTO DE LA INTERNET DE LAS COSAS (IOT)	Modalidad del Proyecto (2)				
	PA	PI	TG	RE	Otra. ¿Cuál?
		X			
<p>2. Planteamiento de la Problemática:</p> <p>En la mayoría de los estanques de criaderos de peces en Barrancabermeja (Santander) y sus alrededores, se sigue practicando técnicas muy culturales y convencionales con bajo nivel de eficiencia y productividad comparados a procesos implementados en las piscícolas San silvestre y San José.</p> <p>La industria de la piscicultura en sus últimos años y de manera paulatina se ha comenzado a monitorear el proceso de cría de peces; para dicho proceso se requiere la implementación y el uso de un prototipo de un sistema de monitoreo basado en el internet de las cosas que permita acceder a la información en tiempo real y a distancia, además que garantice que los peces tengan unas condiciones ambientales adecuadas y en caso contrario, tomar medidas de solución asertivas a los problemas que se generen día a día en la producción y mitigar de manera óptima todos aquellos procesos repetitivos que pueden generar costos adicionales.</p> <p>De acuerdo a lo anterior, la aplicación de dicho sistema de monitoreo basado en el concepto del internet de las cosas permitirá identificar, actualizar y precisar algunas variables físico-químicas del agua y la regulación de los niveles de los estanques que se deben vigilar en la producción piscícola que redundaría en la calidad de los peces.</p> <p>¿De qué manera es posible mejorar el proceso de piscicultura empleando una solución tecnológica de Internet de las cosas en los estanques de criaderos de peces de Barrancabermeja?</p>					
<p>3. Antecedentes:</p> <p>A nivel internacional, se encontró que la calidad del agua de un estanque para la crianza de peces y otras especies, es una variable que se prioriza debido a que los parámetros del agua al no ser monitoreados pueden afectar la salud del animal o afectar en un crecimiento tardío y una reproducción lenta. Se desarrollará un sistema de monitoreo remoto, con el objetivo de automatizar el proceso de toma de datos y evitar accidentes con la especie en observación, éste incluye nodos con sensores para medir parámetros del agua, sensores ambientales, módulo de comunicación inalámbrica y microcontrolador Arduino. La información de cada lectura tomada de los parámetros puede ser consultada desde un dispositivo móvil o un computador con acceso a internet en cualquier instante. Finalmente se realizan pruebas del sistema, para comprobar su funcionamiento en el ambiente requerido. (Flores Mollo & Aracena Pizarro, 2018).</p> <p>A nivel nacional, también se encontró una propuesta de un modelo del Internet de las Cosas que permita dar soporte al proceso de piscicultura, con el objetivo de monitorear a distancia y en tiempo real diferentes variables del proceso, para así poder tomar decisiones oportunas que incidan en mejorar los índices en la multiplicación artificial de los peces (Betancur & Haydee, 2020).</p>					
<p>4. Justificación: De acuerdo con los antecedentes y las prácticas tradicionales en la cría y engorde de peces, la realización de este proyecto de grado de la tecnología electromecánica tiene como finalidad la implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para criaderos de peces basado en el concepto del internet de las cosas, permitiéndole al ingeniero de las unidades tecnológicas de Santander, seleccionar el prototipo de sistema de monitoreo adecuado para los estanques artificiales de criaderos de peces en la zona rural del distrito de Barrancabermeja.</p> <p>Las variables físico-químicas del agua tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nivel del agua, entre otras, se monitorean y se calculan con base en actividades repetitivas, la cual es efectuada de manera manual con la ayuda de instrumentos de medición para hacerle seguimiento al estado de cada variable. Los registros de las mediciones de las variables físico-químicas del agua permiten a los piscicultores ver cambios y tomar decisiones de manera ágil para que las acciones correctivas puedan ser realizadas a tiempo.</p> <p>Con el fin de optimizar el proceso de toma de mediciones de las variables se elaborará un prototipo que simule un estanque pequeño de cría de peces, el cual tendrá instalado un módulo que incluye sensores y microcontroladores cuya función es obtener las medidas de las variables físico-químicas del agua cada fracción de hora. Dichos resultados se podrán visualizar a través de cualquier dispositivo que tenga acceso a Wifi en una app manejable e intuitiva al usuario, que permitirá la minimización de riesgos en su producción, optimización del tiempo y recurso humano.</p>					
<p>5. Marcos Referenciales:</p> <p>Métodos de adquisición de datos</p> <p>Los sensores son dispositivos que hacen el trabajo crítico de los procesos de monitoreo, mediciones y recolección de datos. Son parte primordial en las que las personas piensan al imaginar en IOT. Un sensor convierte el parámetro físico (por ejemplo: temperatura, presión, humedad, velocidad, etc.) en una señal que puede ser medida eléctricamente. Algunas de las características que necesitan ser consideradas cuando se elige un sensor son: precisión, costo, condiciones ambientales, alcance, calibración y consumo de energía.</p>					

Los sensores por sí solos resultan inútiles, por lo que se presentan formando parte de un sistema en el que diversos componentes se conectan entre sí con el objetivo de tomar la información, procesarla, transportarla a través de una red, almacenarla y analizarla.

Tecnologías de red de área amplia y de bajo consumo para IOT

En los sistemas donde se utiliza el Internet de las Cosas se manejan distintas tecnologías como lo son las de área personal o local, de área amplia y bajo consumo de energía, móvil, soluciones con redes privadas y satelitales.

Algunas tecnologías de área amplia y bajo consumo son:

✓ **LPWAN (Low Power Wide Area Network)**

Protocolo básico de transporte inalámbrico de datos con red de amplia y baja potencia. Pueden soportar los diversos dispositivos físicos conectados a una red IOT, con el propósito de optimizar la eficacia de las operaciones y los servicios urbanos y establecer conexiones con los ciudadanos.

✓ **LoRaWAN**

Protocolo de red empleado para comunicar y administrar dispositivos LoRa. Este se compone de puertas de enlace y nodos:

- **Puerta de enlaces** (antenas): son los encargados de recibir y enviar información a los nodos.
- **nodos** (dispositivos): son los dispositivos finales que envían y reciben información hacia la puerta de enlace.

Permite la interconexión entre objetos inteligentes sin la necesidad de instalaciones locales complejas, y además otorga amplia libertad de uso al usuario final, al desarrollador y a las empresas que quieran instalar su propia red para Internet de las Cosas.

✓ **Sigfox**

Es una solución de conectividad de amplio alcance celular mundial que se basa en una infraestructura de antenas y de estaciones de base totalmente independientes de las redes existentes pensada para el Internet de las cosas, hacia comunicaciones de baja velocidad que permite reducir los precios y el consumo de energía para los dispositivos conectados.

Utiliza bandas de radio (ISM), que se pueden utilizar sin necesidad de adquirir licencias. Sigfox responde a las necesidades de muchas aplicaciones de máquina a máquina que funcionan con una batería pequeña y solo requieren niveles menores de transferencia de datos.

Tipos de conectividad inalámbrica usadas por aplicaciones IOT

En la siguiente tabla 1, se observa un resumen que incluye distintas tecnologías inalámbricas sobre las cuales se pueden desplegar redes IOT, basándose en los tipos de red y su área de cobertura, el uso del espectro, los tipos de servicios comerciales, las posibles bandas de frecuencia y tecnologías que son usadas en diferentes países alrededor del mundo.

Tabla 1. Tipos de conectividad inalámbrica usadas por aplicaciones IOT.

Tipo de red por alcance	Uso del espectro	Espectro	Tipo de servicios comerciales	Tecnologías para IOT M2M/Proveedores	Banda de frecuencia que pueden ser usadas
PAN CORTO alcance	Libre o excento de licencia	Espectro compartido	Privado	6LoWPAN (Fabricantes: Crossbow o Zolertia) ANT+ultra-lowpower (ULP). NEC.RFID . Thread basado en IEEE802.15.4	Bandas de uso libre según la Resolución ANE 711 de 2016. Uso oportunista del espectro (White Spaces) Otras bandas de frecuencia.
LAN corto alcance	Libre o excento de licencia	Espectro compartido	Público/Privado	y 6Low Energy . Zigbee basado en IEEE 802.15.4, Z-Wave Wifi 802.11 ab/Wifi Halow , SymphonyLink	
				, Nwave , RPMA , Ingem (formerly OnRam) , Sigfox , Weightless , Lora Alliance, Dash 7 , Neul , Wireless M BUS	
LPWAN Área extendida, baja potencia	Requiere permiso-IMT	Espectro dedicado	Público	LTE-MTC (LTE-M) Emtc (ENHANCED Machine Type Communication Narrow-Band IoT (NB-IoT) EC-EGPRS// Extended Coverage GSM for the internet of Things	Bandas de frecuencia para telecomunicaciones móviles internacionales IMT Colombia
	Requiere permiso-IMT	Espectro dedicado	Público	2G GSM/GPRS/E DGE, 3G UMTS/HSPA 4G LTE, 5G Euturo	

WAN Área extendida	Requiere permisos	Espectro dedicado	Privado	PMR/LMR-Redes privadas de radios móviles en VHF-UHF	VHF Bandas de 30 a 300MHz UHF bandas de 300 y 400 MHz
GAN Red de Área global	Requiere permisos	Espectro de uso común, compartido y coordinado	Público	VSAT Very-small-aperture terminal for SCADA & M2M BGAN M2M Broadband Global Area Network M2m Iridium Short Burst Data (SBD), <u>IsatData Pro (IDP)</u> <u>SmartLNB</u> Automatic Identification System (AIS) Para <u>Barcos</u> , <u>buques</u> , <u>Orbitabaja</u> Advanced Research and	Bandas de frecuencia satelitales: L, S, C, X, <u>Ku</u> , <u>Ka</u> , Q/V
				Global observation satellite (Argos). Seguimiento de animales	

Fuente: ANE, Agencia Nacional del Espectro, 2018. [En línea].

✓ **Protocolos de comunicación**

Es un conjunto de normas que permiten la transmisión de datos en internet, están obligadas a cumplir todos los artefactos y programas que intervienen en una comunicación de datos entre ordenadores enlazando los dispositivos que acceden a la red. (suyama, 2004)

Para compartir datos por la red es necesaria una comunicación previa, y esta comunicación se rige a través de ciertos protocolos que, bajo su cumplimiento, permiten la comunicación.

✓ **Tipos de protocolos de red**

Los protocolos para la transmisión de datos en internet más importantes son TCP (Protocolo de Control de Transmisión) e IP (Protocolo de Internet). De manera conjunta (TCP/IP) podemos enlazar los dispositivos que acceden a la red, algunos otros protocolos de comunicación asociados a internet son POP, SMTP y HTTP.

- **Protocolos de comunicación de red:** protocolos de comunicación de paquetes básicos como TCP / IP y HTTP.

TCP/IP es el modelo usado para acceder a Internet o a redes internas (Intranet) de ordenadores. Arduino va a permitir conectarse a Internet o a una red interna mediante TCP/IP y poder realizar múltiples operaciones o usarse como pasarela para conectar a Internet dispositivos que no tienen esa capacidad. La implementación de la pila de protocolos de TCP/IP en Arduino se hace mediante un Shield o Hardware adicional que nos da la capa de acceso a red (ethernet o WiFi), internet (IP) y transporte. La capa de aplicación deberemos implementarla dentro de Arduino ya sea directamente o mediante una librería. (ARDUINO, 2017)

- **Protocolos de seguridad de red:** implementan la seguridad en las comunicaciones de red entre servidores, incluye HTTPS, SSL y SFTP. (KIO NETWORKS, 2020)
- **Protocolos de gestión de red:** proporcionan mantenimiento y gobierno de red, incluyen SNMP e ICMP. (KIO NETWORKS, 2020)

Protocolos de comunicación IOT de capa de aplicación, con los que comunican el Hardware con el Software:

- MQTT
- API REST/HTTP
- SNMP
- CoAp
- Websockets
- Buses de campo industriales, modbus, etc...

PROCOLO MQTT

Message Queue Telemetry Transport (en español transporte de telemetría de cola de mensajes), y liberado para que cualquiera podamos usarlo enfocado a la conectividad Machine-to-Machine (M2M).

Es un protocolo de mensajería estándar y de código abierto con una topología de publicación/suscripción con reconocimiento de sesión continua basada en TCP/IP que es supervisado por la Organización para el Avance de los Estándares de Información Estructurada (OASIS). Enfocado para dispositivos restringidos y pequeños al envío o transmisión de datos en aplicaciones donde se requiere bajo ancho de banda.

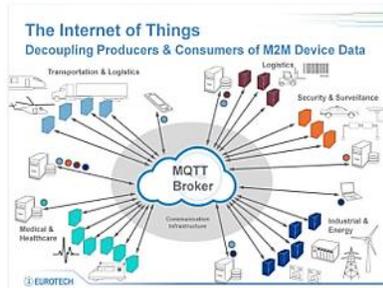
Características:

- Ancho de banda muy bajo.
- TCP/IP.
- Publicar/suscribir transferencia de mensajes.
- Topología de muchos a muchos a través de un broker central.
- Sin metadatos.
- Tres niveles de QoS.
- Última Voluntad y Testamento revela nodos desconectados.
- Empleado en la comunicación de sensores y, consecuentemente, dentro del Internet de las Cosas.
- Bajo recursos para su funcionamiento.

Las ventajas de usar el protocolo MQTT son:

- Es asíncrono con diferentes niveles múltiples de calidad del servicio, lo que resulta ser importante en los casos donde las conexiones de Internet son poco confiables.
- Envía mensajes cortos que se vuelven adecuados para las situaciones de un bajo ancho de banda.
- No se requiere de mucho software para implementar a un cliente, lo cual lo vuelve fantástico para los dispositivos como Arduino con una memoria limitada.
- Podemos cifrar los datos enviados y usar usuario y password para proteger nuestros envíos.

Figura 1. Arquitectura MQTT.



Fuente: EUROTECH, Aprendiendo Arduino. 2017.

Para conseguir una comunicación se emplea una de las librerías más conocidas y la más estable y flexible es “Arduino Client for MQTT” que nos provee de un sencillo cliente que nos permite tanto subscribirnos como publicar contenido usando MQTT. Internamente, usa la API de Arduino Ethernet Client lo que lo hace compatible con un gran número de Shields y placas. (ARDUINO, 2017)

PROCOLO HTTP

Hypertext Transfer Protocol (en español protocolo de transferencia de hipertexto) es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información en la WWW.

Es un protocolo muy importante puesto que es el que se va a usar para comunicar Arduino con cualquier elemento de la WWW o de una intranet. En el IOT es uno de los protocolos más usados y sobre todo si queremos obtener o mandar datos a servidores o usar las APIs que nos ofrecen algunos servicios para obtención de información.

HTTP define la sintaxis y la semántica que utilizan los elementos de software de la arquitectura web (clientes, servidores, proxies) para comunicarse. Es un protocolo orientado a transacciones y sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor. Al cliente que efectúa la petición (un navegador web) se lo conoce como “useragent” (agente del usuario). A la información transmitida se la llama recurso y se la identifica mediante un localizador uniforme de recursos (URL).

Plataformas del internet de las cosas “IOT”

Diariamente surgen nuevas plataformas para proyectos IOT, pero se podría hacer una rápida clasificación dependiendo del costo y el sector al que va orientado, sin olvidar que la propuesta del proyecto es hacia el sector productivo de la piscicultura.

En este proyecto mencionare algunas de las principales plataformas de IOT, algunas de estas tienen una cuenta gratuita y algunas tienen una cuenta premium que permite servicios como envío de SMS, emails, etc, para realizar acciones. (Dieguez, 2020)

✓ Temboo.

Es una plataforma que permite gestionar dispositivos IOT desde diversos lenguajes de programación y además configurar todos los posibles componentes del sistema contando con un SDK compatible para java, C++, Python, IOS, Android, Java script. Una de las ventajas que ofrece esta plataforma consiste en la opción que ofrece de simular código para configurar cualquier tipo de sensor en las placas Arduino contando con un simulador de circuitos y a partir del mismo generar el código correspondiente a la configuración dada.

El sistema de esta plataforma tiene una estructura como se puede observar en la figura 2 que permite asociar tantos sensores como se quieran, mientras cada sensor cuente con un Gateway que sea capaz de enviar datos por protocolo HTTP para poder comunicarse con la nube de servicios.

La plataforma es capaz de realizar gráficos históricos en base a los datos tomados y además permite enviar alertas por correo electrónico en base a los mismos. (Dieguez, 2020).

Figura 2. Topología comunicación de Temboo.



Fuente: Temboo, 2021.

Fuente: Temboo, 2021.

✓ UBIDOTS.

Es una herramienta de recopilación de datos, análisis y visualización, en la nube listas para producción, tiene las siguientes características:

API y protocolos que se puede conectar de cualquier hardware a Ubidots Cloud por medio de HTTP, MQTT, TCP, UDP o Parse (protocolo personalizado). Se pueden analizar datos en tiempo real, porque la plataforma crea cuadros como se muestra en la figura 3, por lo tanto, se pueden controlar los dispositivos. Comunicación con los sensores (entrada/salida) permite la creación API, extendiendo el monitoreo y análisis de datos de las aplicaciones de API de todo tipo.

También la plataforma posee una gestión de usuario, la cual ayuda a tener un orden en cuanto a permisos y restricciones dependiendo del operador final. Por otro lado, posee un almacenamiento y Back-End el cual permite visualizar los datos todos los días durante dos años de retención en la fuente, también presentando un buen plan para el mantenimiento predictivo. La salida de datos se le llama informes programados y se entregan en formatos PDF o Excel y también se puede programar una entrega a cualquiera que los necesite. (Dieguez, 2020).

Figura 3. Visualización de la plataforma UBIDOTS.



Fuente: Ubidots, 2020.

✓ MyDevices

Es una plataforma de visualización de datos gratuita, que no es de código abierto.

La forma de diseñar sus interfaces para mostrar datos es sencilla, simplemente arrastra y coloca los elementos para mostrar datos provenientes de dispositivos conectados remotamente o controlarlos, cuenta con un motor de reglas, seguimiento de activos, supervisión y control remoto.

Utiliza widgets para visualizar información y admite varios dispositivos, como Arduino, Raspberry, ESP, etc. Además, My Devices Cayenne tiene un conjunto de API para simplificar la integración de servicios y admite el protocolo MQTT. (Dieguez, 2020)

Esta plataforma se puede dividir en dos áreas principales:

- Una aplicación móvil que controla remotamente un dispositivo.
- Interfaz para visualizar datos.

Características:

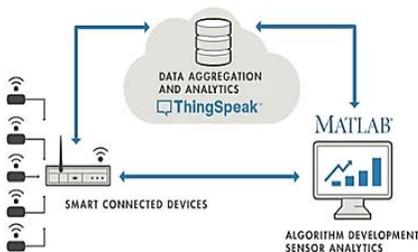
- Integración con LoRa, una tecnología utilizada para crear LPWAN a M2M (máquina a máquina).
- Puede soportar varios dispositivos diferentes dentro de un mismo proyecto.
- La forma de dar de alta dispositivos se puede hacer tan fácil como escaneando un código del dispositivo y automáticamente estará dado de alta en la plataforma.
- Puede generar reportes con la periodicidad que desees.

✓ THINGSPEAK

Es una aplicación de código abierto con soportes para integraciones con Matlab y tiene una API que permite gestionar datos de los elementos conectados utilizando el protocolo HTTP y MQTT.

El núcleo de esta plataforma es agregar, analizar y visualizar los datos que recibe de los sensores conectados como se observa en la figura 4 la estructura de esta plataforma.

Figura 4. Plataforma IOT Thing speak.



Fuente: 9 magnificas plataformas de IOT, de Dieguez, L., 2020.

Las **características** principales proporcionadas incluyen:

- Visualización de datos del sensor en tiempo real.
- Agregación de datos de proveedores externos.
- Programar tareas de análisis de datos.
- Programación de eventos.
- Ejecutar acciones de acuerdo con los datos adquiridos.
- Permite crear aplicaciones de registro de sensores.
- Seguimiento de sensores.

✓ **Kaa**

Es una plataforma de código abierto y tiene la opción de probarla de forma gratuita que proporciona varios servicios.

Permite conectar y administrar dispositivos a través de la nube mediante la interfaz gráfica de usuario o la API REST como se visualiza en la figura 5 una estructura general de la plataforma IOT, así como ofrece la posibilidad de recopilar y visualizar la telemetría utilizando un interfaz incorporado o herramientas de terceros como Grafana.

Figura 5. Plataforma IOT Kaa.



Fuente: 9 magnificas plataformas de IOT, Dieguez, L., 2020.

Las principales **características** proporcionadas por Kaa son:

- Conectividad del dispositivo
- Gestión de dispositivos
- Recopilación de datos
- Procesamiento y análisis de datos.
- Visualización de datos
- Ejecución del comando
- Admite varios protocolos como MQTT y CoAP.

Elementos que intervienen en el IOT.

- Sensores, actuadores, periféricos, etc...
- Dispositivos Hardware: por ejemplo, Arduino es el dispositivo con el que vamos a medir o interactuar con él.
- Conectividad: Medio de comunicación, como vamos a comunicar el HW, ya sea por red o de forma inalámbrica. Ejemplo: Ethernet, Wifi, GPRS, LPWAN, zigbee, bluetooth, ANT, etc...
- Protocolos de comunicación: Lenguaje para comunicar el HW y el SW. Ejemplo: HTTP, FIWARE, MQTT, API, REST.
- Plataformas Software: para tratar los datos recogidos por nuestros sensores y almacenarlos, se pueden usar plataformas de terceros o plataformas propias desarrolladas por nosotros o simplemente guardar en base de datos propias. Por ejemplo: Carriots, Thingspeak, Temboo, Thinger, etc... Además todas estas plataformas SW que están en la nube, deben estar soportadas por un HW de servidores, unas bases de datos de gran

capacidad y una infraestructura segura que los hospede.

- Servicios: son los servicios que ofrecen las plataformas como mostrar los datos recogidos, mandar avisos cuando se detecte un evento o la interconexión con otras plataformas o simplemente.

Características de Arduino para IOT:

- Barato y rápido.
- Hardware libre y por lo tanto es modificable para que consuma menos y para hacer un hardware final de características industriales.
- Disponibilidad de Hardware de comunicaciones de todo tipo para conectar con Arduino.
- Librerías y Software público para su reutilización o adaptación.
- Flexibilidad en la programación.

Placa Arduino

Es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software, hardware flexibles y de fácil uso. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada a través de una serie de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y actuadores.

El microcontrolador de la placa Arduino como se ve en la figura 6 los circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, el cual se escriben y se utiliza en el entorno **Arduino IDE** mediante el lenguaje de programación "C++ y Java" (basado en lenguaje de programación) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en proceso). (Arduino, 2010).

Figura 6. Placa Arduino Uno.



Fuente: Autor

En la tabla 2 se encuentran las características y rangos permitidos del microcontrolador de 8 bits de bajo consumo, con tecnología pico y poderosa arquitectura AVR RISC. Ejecuta potentes instrucciones en un solo ciclo de reloj, el ATmega328 / P o Arduino UNO alcanza rendimientos cercanos a 1MIPS por MHz, lo cual permite al diseñador del sistema optimizar el dispositivo para el consumo de energía frente a la velocidad de procesamiento.

Tabla 2. Rangos de operación Arduino UNO R3.

Características	
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines de E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de E / S digitales PWM	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente CC por pin de E / S	20 mA
Corriente CC para pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utiliza el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: Autor.

Modulo Wifi o MCU

Es un chip Wi-Fi o placa de desarrollo como se observa en la figura 7, de bajo costo a nivel de software y de hardware con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (Micro Controller Unit) producida por el fabricante chino Espressif Systems.

Figura 7. Modulo WiFi Esp8266.



Fuente: Autor

Este pequeño módulo permite y facilita la programación a los microcontroladores conectarse a una red Wi-Fi y realizar conexiones TCP/IP sencillas utilizando comandos de tipo Hayes.

Son el primer paso hacia el Internet de las Cosas o IOT. Pueden enviar datos, recibir datos e incluso controlar los pines de entrada y salida de forma remota e inalámbrica. (Hernandez, 2020)

La placa de desarrollo facilita su uso con los objetos a conectar por conexión wifi, por tal motivo es necesario conocer algunas características tal como se evidencia en la tabla 3.

Tabla 3. Características del ESP8266.

Compatibilidad	Arduino, PIC, Raspberry Pi, etc.
Voltaje de entrada (USB)	5V
Voltaje de salida en los pines	3.3V
Voltaje de referencia en el ADC	3.3V
Corriente nominal por pin	12mA
Frecuencia de procesador	80MHz (160MHz max.)
Memoria	4MB Flash

Fuente: Autor

Aspecto técnico de la piscicultura

Según la tecnología aplicada, manejo dado por el hombre y según el número de especies cultivadas, se clasifican así:

- ✓ **Extensiva:** Es el cultivo de peces a baja densidad (1 pez por cada 5-10m²) con encerramiento en malla como se observa en la figura 8, generalmente en una gran extensión de espejo de agua ya existentes con ningún recambio de agua, con alimentación natural, ningún o poco control sobre el cultivo y una mínima inversión de capital. (Merino et al., 2006)

Figura 8. Piscicultura extensiva.



Fuente: Piscicultura, Unknown, 2017.

- ✓ **Semi-intensiva:** Es el cultivo en corrales con excavación en tierra impermeable como se observa en la figura 9, de peces nativos en grandes extensiones de agua (2 a 4 por m²) en estanques de 200 a 2.500 m² o mayores, se suministra alimento concentrado y productos agrícolas suplementarios. Requiere bajo recambio de agua (5-15%), este es el tipo de piscicultura más usado en Colombia; por cuanto el nivel de inversión es relativamente bajo y el manejo es básico, es decir, sin aplicación de tecnologías o controles muy sofisticados. (Merino et al., 2006)

Figura 9. Piscicultura semi-extensiva.



Fuente: Piscicultura, Unknown, 2017.

- ✓ **Intensiva:** Es el cultivo de peces mediante un manejo tecnificado con altas densidades (5 a 20 peces por m²); el diseño y la construcción de las instalaciones y estanques drenables como se puede evidenciar en la figura 10, deben ser acordes con la tasa de recambio de agua requerida (mínimo un 30% diariamente), pudiéndose

utilizar algún sistema de aireación u oxigenación, especialmente en las etapas finales de engorde. La alimentación es únicamente con concentrado, suministrado manual o mecánicamente; es necesario constantemente hacer los test de la calidad del agua en los estanques, el estado de sanidad de los animales y requiere una alta inversión de capital. (Merino et al., 2006).

Figura 10. Piscicultura intensiva.



Fuente: Piscicultura, Unknown, 2017.

Calidad del agua

La calidad del agua está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas del medio acuoso y por sus interacciones con los organismos vivos que lo habitan. Con respecto al cultivo de organismos acuáticos, cualquier característica del agua que afecte de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, los rendimientos por unidad de área, la productividad primaria y el manejo de las especies acuáticas, es una variable de calidad de agua. (Rodríguez Gomez, Anzola Escobar, 2009)

Parámetros físicos-químicos del cultivo de peces

Los parámetros de la calidad del agua óptimos varían con la especie a cultivar y la tecnología de cultivo empleada.

Toda especie tiene un rango óptimo para desarrollarse normalmente, el cual está básicamente dado por la temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad, pH, amoníaco, nitritos y nitratos, dureza, etc. (Rodríguez Gomez, Anzola Escobar, 2009)

- ✓ **Temperatura:** Es uno de los parámetros físicos más importante en el agua y su rango oscila entre los 20 a 26 °C, por lo general influye en los peces como: tienden a estresarse (a mayor temperatura el oxígeno disuelto en el agua baja), reducen el consumo de alimento, se tornan susceptibles a enfermedades y mueren en poco tiempo. Cabe resaltar que los peces no tienen capacidad propia para regular su temperatura corporal y esta depende del medio acuático que se encuentran. (INCODER, 2006)
- ✓ **Potencial de hidrogeno (pH):** Es uno de los parámetros químicos que se relaciona con la concentración de iones de hidrogeno en el agua, valores muy altos o bajos contribuyen a la muerte de los peces, disminución del crecimiento, inapetencia y alteración del metabolismo reproductivo; adicionalmente, cuando el pH es ácido (menor de 7), las branquias se afectan produciendo problemas de respiración y cuando es básico (mayor de 7), se incrementa la toxicidad del amonio para los peces. (INCODER, 2006)
- ✓ **Oxígeno disuelto (DO):** parámetro químico que se refiere a la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua, a veces se expresa en términos de ppm, mg/l ó porcentaje de saturación. Este es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los organismos vivos, dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono en la célula. Además, el oxígeno disuelto es importante en los procesos de: fotosíntesis, oxidación-reducción, solubilidad de minerales y la descomposición de materia orgánica. (Rodríguez Gomez, Anzola Escobar, 2009).
- ✓ **Turbidez:** Parámetro físico del agua, está dada por el material en suspensión bien sea mineral u orgánica y el grado de turbidez varía dependiendo de la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas en suspensión. En consecuencia, limita la habilidad de los peces para capturar el alimento concentrado y por consiguiente éste irá al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica. (Rodríguez Gomez, Anzola Escobar, 2009).

Los parámetros físico-químicos más relevantes y sus valores límites admisibles para las diferentes especies endémicas en aguas superficiales son los siguientes, ver la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos de especies endémicas.

Especie endémica	Tilapia Roja		Cachama	
	Rango	Ideal	Rango	Ideal
Temperatura	22 – 28 °C	24-26 °C	24 – 29 °C	26-27 °C
Oxígeno [ppm]	>3.0 a 4.0	>4.5	>3.0 a 4.0	>4
P.H	5.0-9.0	7.5	6.5-9.0	7
Nivel [Min, Max] m	[0.8, 2]	[0.5 , 1-1.5]	[0.8, 2]	[0.5 , 1.2-1.7]

Fuente: Autor

6. Objetivo General y Objetivos específicos:

Objetivo General

Implementar un prototipo de sistema de monitoreo para la optimización de un proceso de cría de peces en un estanque artificial con interfaz de visualización basado en el Internet de las cosas.

Objetivos específicos

- Efectuar un diagnóstico de procesos productivos en las piscícolas del distrito de Barrancabermeja, para caracterizar y seleccionar las variables más relevantes en un estanque de cría de peces a ser intervenidas, bajo el modelo de internet de las cosas.
- Determinar el entorno de trabajo basado en el Internet de las Cosas para la optimización del desempeño de las variables del proceso productivo seleccionado, mediante la identificación de sus características tecnológicas como tipos de sensores, transmisión, interfaz de visualización y almacenamiento de datos.
- Implementar un prototipo de sistema de monitoreo para criadero de peces que permita la medición de las variables físico-químicas presentes en el agua mediante microcontrolador Arduino e interfaz de visualización.
- Gestionar un acuerdo para la ejecución de una consultoría técnica con una empresa del sector agroindustrial con el fin de proponer mejoras que aumenten su productividad, mediante una inspección del proceso basado en el desarrollo e implementación de un prototipo que optimice la cría de peces en un estanque artificial.

7. Metodología:

La metodología descriptiva usada para el desarrollo del presente prototipo es de enfoque cuantitativo con un énfasis en la aplicación de las IOT (Internet de las cosas) a la cría de peces en estanque artificial. A partir de una plataforma denominada UBIDOTS con una cuenta gratuita, esta permite visualizar las señales eléctricas (datos cuantitativos de las distintas variables) recogidas por los sensores que controlados por Arduino y con la ayuda del módulo Wifi ESP8266 da acceso a la red por medio del protocolo TCP/IP a la plataforma mencionada.

Cabe destacar que los procesos de obtención de esos datos cuantitativos de las distintas variables permiten que se puedan tomar decisiones para mejorar su ambiente, que a su vez se verá reflejado en la minimización de riesgos en su producción, optimización del tiempo y recurso humano.

Por otra parte, de acuerdo a los parámetros físico-químicos del agua (FAO, 2020) y a sus variaciones conforme a la especie y la región, se recopiló la información del diseño de la investigación por el método de campo y posteriormente el método experimental (aplicado) realizando pruebas de funcionamiento del sistema (hardware-software) para comprobar su efectividad. Se verifica que los resultados obtenidos son consistentes con la realidad, luego se comparan ambos escenarios y se establece un alto grado de confianza de los sensores.

Técnicas.

Considerando que la implementación de un sistema en línea para el monitoreo de las variables físico-químicas del agua

ELABORADO POR:
Investigación

REVISADO POR:
Sistema Integrado de Gestión SIG

APROBADO POR: Representante de la Dirección
FECHA APROBACIÓN: Noviembre de 2021

requiere tener el conocimiento del experto en el tema de la cría de peces, el presente trabajo considera entrevistar al profesional en el tema de Piscicultura para llevar a cabo el experimento.

Instrumentos de investigación y recolección de datos.

- Se entrevista al profesional Jorge Luis Aristizábal Regino en el área concerniente a la producción piscícola. La entrevista se orienta a la problemática presentada.
- Visita de campo para observar, obtener conocimiento y registro de los procesos de la crianza de los peces.
- Recurrir a las fuentes secundarias de información documental ya existentes en algún medio como libros, páginas web, informes, etc.

Fases de la investigación

Esta investigación estará dirigida por una serie de actividades que permiten el desarrollo de los objetivos específicos para lograr el cumplimiento del alcance general de esta investigación, de esta manera a continuación se describen las actividades a desarrollarse:

FASE 1. Diagnóstico de procesos productivos en la piscícola por medio de visita técnica.

- Actividad 1: Entrevistar al Coordinador de producción para que nos ambiente sobre el proceso de la cría de peces, las especies endémicas que dan más resultados y utilización racional del agua de la Ciénega San Silvestre.
- Actividad 2: Conocer las variables físico-químicas del agua más relevantes, los instrumentos utilizados para la medición de las mismas, los datos generados, análisis, conclusión y toma de decisiones en el flujo del proceso piscícola.
- Actividad 3: Observar los procesos piscícolas y realizar lectura de formatos, fichas, reportes utilizados para tal fin.

FASE 2. Determinación del entorno de trabajo basado en el internet de las cosas.

- Actividad 1: Recolectar información de los procesos piscícolas que trabajan bajo la utilización del internet de las cosas a través de la investigación de antecedentes a nivel nacional e internacional con el propósito de obtener información guía en el desarrollo del proyecto.
- Actividad 2: Conocer las diferentes tendencias tecnológicas, teorías, conceptos y leyes que rigen dicha investigación con el fin de tener una idea clara que encaje y se adapte a la propuesta.
- Actividad 3: Establecer los tipos de instrumentos de medición(sensores), transmisión, interfaz de visualización y almacenamiento de datos, además el tipo de microcontrolador que se adapte a la necesidad de la propuesta.

FASE 3. Implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para criadero de peces.

- Actividad 1: Diseñar el estanque artificial de tal manera que sea manejable y proporcional a un número establecido de alevinos.
- Actividad 2: Ejecutar el sistema de hardware y software con el microcontrolador Arduino y el módulo de Wifi ESP8266 con el objetivo que se comuniquen y permitan controlar acciones y enviar datos a la plataforma IOT UBIDOS.

FASE 4. Visualización de resultados en la interfaz Web

- Actividad 1: Realizar pruebas y verificar la funcionalidad del prototipo construido.
- Actividad 2: Lectura de datos y conclusiones en la investigación con el propósito de evaluar la viabilidad de implementar sistemas de hardware-software a gran escala.

FASE 5. Realizar un informe técnico/ejecutivo de acuerdo a los resultados obtenidos de la investigación.

- Actividad 1: Ejecutar la consultoría de la piscicultura San Silvestre.
- Actividad 2: Documentar los resultados obtenidos de la investigación.

8. Avances realizados**Diagnóstico de procesos productivos en las piscícolas del distrito de Barrancabermeja y Ambientación sobre el proceso de cría de peces en estanques artificiales con el coordinador de producción de las piscícolas San Silvestre y San José.**

En dichas instalaciones se manejan especies nativas o de valor comercial medio tales como tilapia roja (mojarra), dorada, cachama y bocachico, debido a que los costos de venta son proporcionales a la producción y no se hace necesario el uso de tecnología avanzada.

Las instalaciones poseen un pequeño laboratorio donde tienen sus instrumentos o equipos electrónicos de medición y son netamente manuales (no existe proceso de automatizado hasta el momento) que se usan diariamente y en sitio para medir las variables físico-químicas del agua, tales como oxígeno disuelto, pH, amonio, dureza y temperatura. Semanalmente se mide la dureza, alcalinidad, nitritos y amonio, y cada tres meses variables como el hierro y aluminio. Proporcionalmente a la masa de la especie en gramos se les suelta el alimento y la talla de venta oscila entre 250 a 350 gramos.

Población

Las Entidades que se dedican a la producción piscícola que tienen como objetivo optimizar el control de la calidad del agua contenida en los estanques o piscinas criaderos de peces a través de la obtención de información de mediciones de los parámetros físicos y químicos de manera constante que les permitan reducir tiempo y recurso humano.

Muestra

Se selecciona como muestra, la Piscícola San Silvestre con el fin de observar los procedimientos para la obtención de los datos que registran diariamente en la bitácora de cada estanque.

Determinación del entorno de trabajo basado en el Internet de las Cosas para la optimización del desempeño de las variables del proceso.

Se establecen los sensores para la toma de las variables físico-químicas del agua en estanque artificial basado en el internet de las cosas.

En primera instancia, la elección o definición de los sensores que acompañan a este prototipo obedece claramente a la eficacia y eficiencia que estos han ofrecido en diferentes proyectos que se han analizado tanto a nivel nacional como internacional. Por lo tanto, el microcontrolador que se adapta mejor a los sensores definidos y mucho más porque Arduino ha sido parte de nuestra experiencia académica en los laboratorios realizados en la asignatura de microcontroladores.

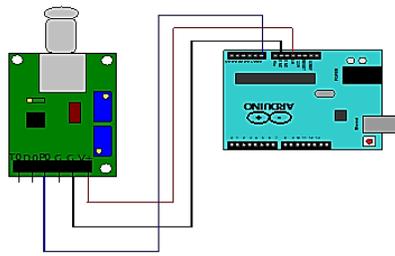
A la hora de elegir un sensor, debemos leer detenidamente las características y elegir uno que sea compatible con nuestro sistema (intensidad y voltaje) y que sea sencillo de usar o nos faciliten una librería sencilla y potente.

Módulo de Sensores

El módulo de sensores como se indicó anteriormente se encarga de la medición constante de los parámetros de calidad de agua de un estanque. Para este propósito los sensores deben tener la capacidad de permanecer sumergidos dentro de un estanque con agua de forma constante y por largos periodos de tiempo, por lo cual dentro del proceso de investigación del marco teórico y luego de leer información de diversos tipos de sensores se optó por escoger los siguientes sensores:

- ✓ **Sensor de Oxígeno Disuelto en el agua.** (simulado por su alto valor en el mercado)
- ✓ **Sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) analógico**

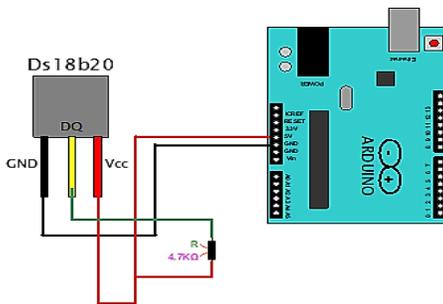
Figura 14. Conexiones del BNC a la placa de Arduino.



Fuente: Autor

✓ **Sensor digital de temperatura DS18B20.**

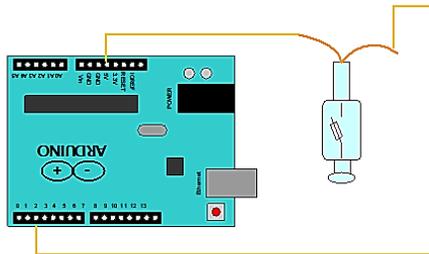
Figura 15. Conexiones del sensor Ds18B20.



Fuente: Autor

✓ **Sensor de nivel de agua tipo flotador**

Figura 16. Esquema de conexión Arduino



Fuente: Autor

Implementación del prototipo de sistema de monitoreo para criadero de peces.

Inicialmente se hace una prueba de funcionamiento y la aplicación del código de programación para la lectura de cada componente electrónico para el censado.

Paso 1. Se conectan cables jumpers hembra-macho para poder conectar el BNC del pH-metro a la placa de Arduino ver en la figura 14.

Pines usados en el BNC del pH-metro:

- Pin VCC: Alimentación
- Pin GND: tierra
- Pin P0: Salida analógica de pH.

Pines usados en la placa de Arduino:

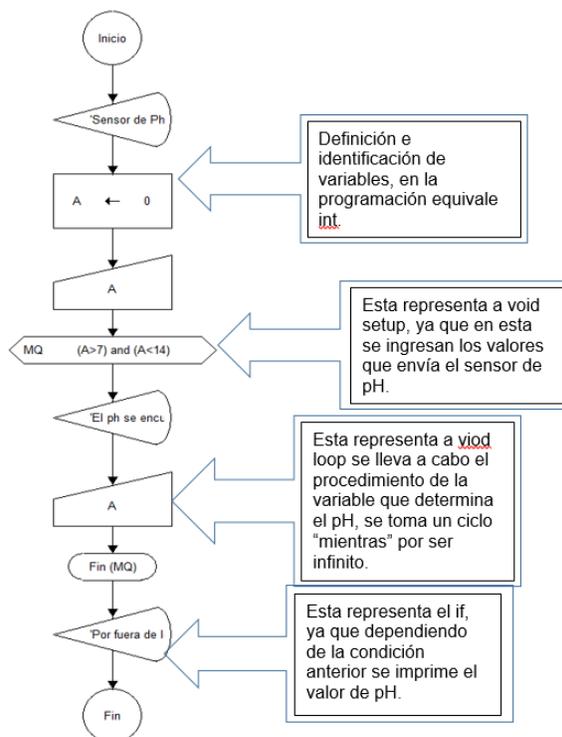
- Pin de alimentación: 5V,
- Pin de tierra: GND,

- Pin analógico: A0 este leerá la información que trae el pH-metro.

Paso2. Se conecta el puerto serie del Arduino al computador.

Paso3. Se selecciona la placa y el puerto en el sketch de Arduino pulsando el icono de herramientas, se puede pulsar sobre el botón verificar-subir y comenzará el proceso de compilación y carga del programa a la placa Arduino.

Flujograma medición de Ph



Paso 4. Se usa el siguiente código de programación en cual se escribe en el SKETCH de Arduino para la lectura del puerto analógico del pH-metro donde se conecta la salida (Po) del sensor al pin analógico 0, se lee e invierte el valor de entrada analógica (Po) del sensor de pH asignando el resultado '0 a 1023' a '0 a 14' y por ultimo Serial.println(Po, 2) imprime el resultado en el monitor serie.

```

// pHRead.ino
// Constants:-
const byte pHpin = A0;
// Variables:-
float Po;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  Po = (1023 - analogRead(pHpin)) / 73.07;
  
```

```
Serial.print("ph= ");
Serial.println(Po, 2);
delay(500);
}
```

Este sensor cuenta con una respuesta lineal, sin embargo, el mismo debe ser calibrado por medio de la resistencia de precisión en el puerto BNC, los valores de salida del sensor oscilan entre el 0 y 5 V, la referencia dada por el fabricante para algunos valores de PH son según la tabla 7 de valores de salidas analógicas:

Tabla 7.Valores de salida analógica.

Valor de PH	Salida
4	3.071
7	2.535
10	2.066

Fuente: Autor

Transmisión de datos por TCP a través de placa Arduino UNO y Modulo Wifi ESP8266

Usamos el ESP8266 como cliente significa que nuestro Arduino a través del ESP8266 debe de conectarse a un servidor, para este caso: <https://ubidots.com/>, existen varias formas de comunicarse entre cliente servidor, nosotros nos comunicaremos por HTTP, que es la misma forma en la que se comunican los navegadores web (Chrome, mozilla, etc.) con los servidores para poder enviar o pedir información.

- **Configuración del IDE estándar de Arduino para programar el ESP8266**
- **Comunicación de Arduino con puerto serie.**
- **Prueba de comunicación ESP8266 y la placa de Arduino.**
- **Interfaz de visualización con UBIDOTS**
- **Almacenamiento de datos**
- **Diseño de la Arquitectura General del Sistema**
- **Diseño del Hardware**
- **Módulo de Comunicación**
- **Diseño del Hardware**

Consultoría para la propuesta implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para criaderos de peces basado en el concepto de la internet de las cosas (IOT).

A continuación, se describe el desarrollo de la consultoría realizada a la empresa VARIEDADES DEISY dedicada a “COMERCIO AL POR MENOR DE ARTICULOS DE FERRETERIA, PINTURAS Y PRODUCTOS DE VIDRIO EN ESTABLECIMIENTOS ESPECIALIZADOS” y cuyo objetivo general de dicho acuerdo, establece proponer mejoras a los procesos mediante el desarrollo de “Implementación de un prototipo de sistema de monitoreo para criaderos de peces basado en el concepto de la internet de las cosas”

Propuesta de mejoras para la empresa y análisis de factibilidad

La propuesta de consultoría fue entregada y sustentada a la empresa por medio de un informe ejecutivo técnico que sintetiza los resultados del estudio (Ver anexo D), cuyo objetivo general establece acciones de mejora en la empresa, adquiriendo para la venta de bienes y servicios el sistema de monitoreo basado en componentes electrónicos para criadero de peces que permiten ver las variables físico-químicas en tiempo real del estado actual del agua, ya que en la región solo existe un sistema experimental repetitivo y en pocos casos un sistema manual.

Los pequeños emprendedores tendrán mayores utilidades y ahorro de tiempo. De acuerdo a lo anterior, la región estará un paso más adelante al implementar sistemas tecnológicos dentro de sus estanques, lo que hará que el mercado aumente sustancialmente y traerá más progreso a las comunidades.

La empresa debe disponer de un manual de calidad y ponerlo en práctica. Este manual debe estar soportado por un sistema de gestión documental que contemple procedimientos detallados, instrucciones, registros y documentos vigentes que abarquen todos los procesos y operaciones referentes a puntos de control con sus criterios de cumplimiento (NTC 5700:2008).

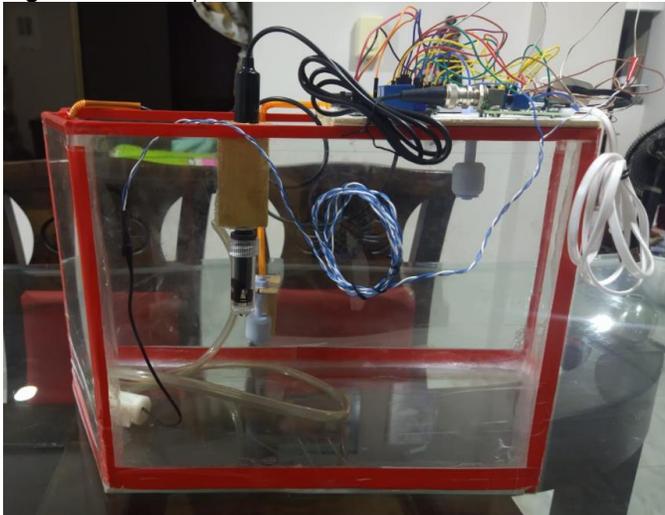
Se debe establecer un plan de contingencia que contemple las acciones a tomar, en caso de situaciones que puedan amenazar la inocuidad del producto, la salud humana, el bienestar animal o ambiental, y que hayan sido identificados como riesgos letales como: cortes de energía eléctrica, agua, daños por fenómenos naturales, fuego, productos químicos (NTC 5700:2008).

9. Resultados esperados:

Prototipo electrónico para el monitoreo.

Finalmente, el prototipo como se observa en la figura 30, es un acuario con medidas de: (profundidad 24.5cm, ancho 19cm, largo 38.5cm) con una capacidad de 21.53 litros que permite, alojar 17 alevinos (2cm de longitud) utilizando una bomba de oxigenación continua o en caso contrario máximo 10 alevinos (2.5cm longitud) sin la utilización de bomba oxígeno. Simula el estanque donde se efectúan las mediciones de la calidad del agua contenida en el acuario. Los sensores se mantienen durante un período de una semana. Ante una reacción anormal, se procede a evaluar la novedad y efectuar las correcciones pertinentes.

Figura 30. Estanque artificial.



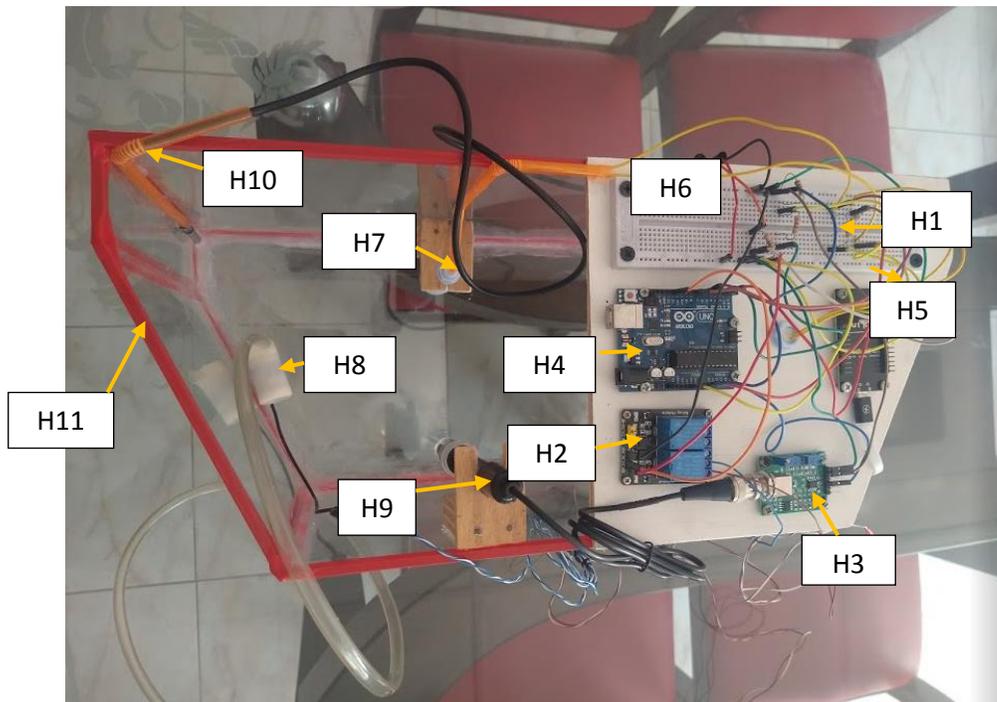
Fuente: Autor.

Dentro del estanque-prototipo se implementan los 3 sensores: oxígeno disuelto (sensor simulado), pH, temperatura y nivel, se conectan al módulo de control (Arduino uno) y para transmitir la información de los parámetros a medir con el módulo WifiESP8266 que nos permite conectarnos a la plataforma UBIDOTS de IOT.

En las figuras 30 y 31 se muestra el contenido del módulo de hardware encargado de realizar las mediciones y la transmisión de las mismas, así como el detalle de cada una de sus partes.

- H1. Resistencia de 4.7KΩ
- H2. Módulo Relé de 5v para activación de Bomba de agua.
- H3. Conector BNC para sonda de pH.
- H4. Placa Microcontrolador Arduino UNO
- H5. Módulo Wifi ESP8266.
- H6. Placa de pruebas Protoboard.
- H7. Sensor de nivel tipo boya.
- H8. Bomba de agua.
- H9. Sensor de pH.
- H10. Sensor de Temperatura.
- H11. Estanque artificial.

FIGURA 31. Hardware implementado en el prototipo.

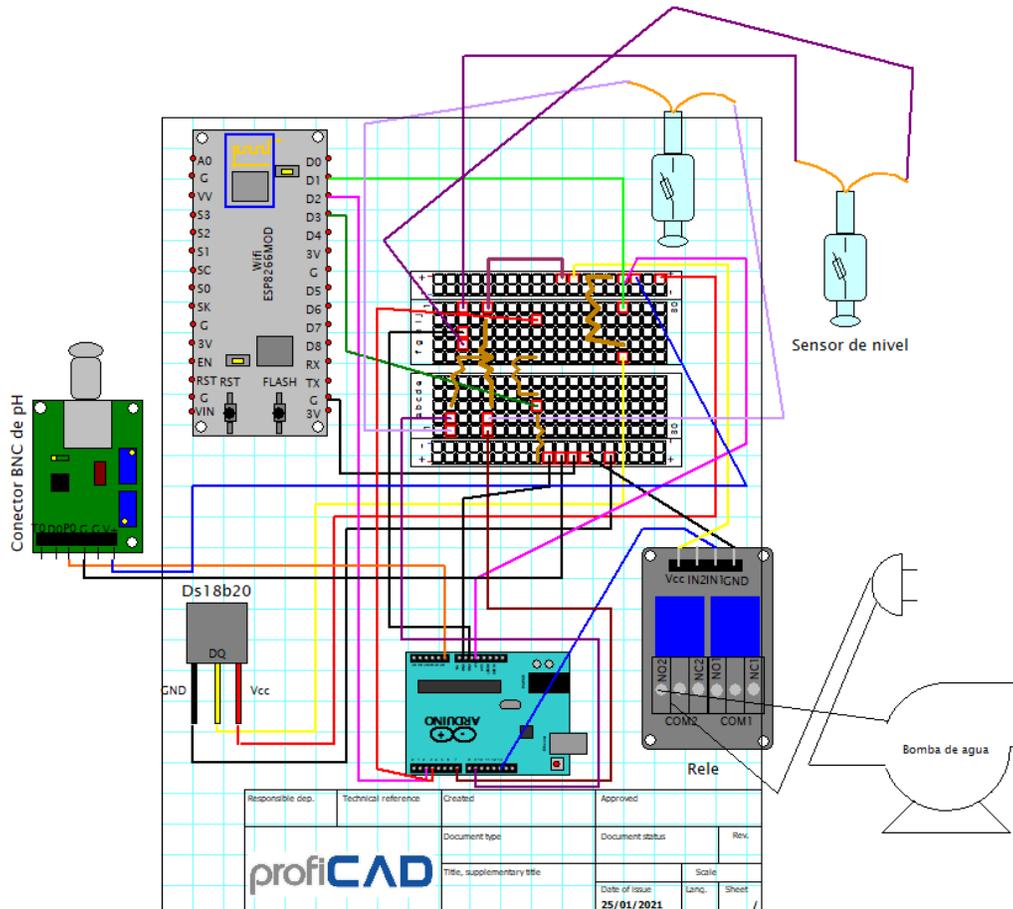


Fuente: Autor.

La figura 32 es la representación gráfica del conexionado de los sensores de Temperatura, pH y nivel del estanque

prototipo para medir los parámetros físicos-químicos del medio ambiente acuífero; procesa la señal analógica y la convierte en señal digital y es enviada a través del protocolo de comunicación RS232 hacia la placa electrónica Arduino UNO, la placa Arduino recibe el valor y lo procesa para enviarlo hacia el módulo WIFI ESP8266 nos permite conectarnos a Internet (plataforma IOT) mediante el puerto serie y ejecutar comandos AT. Cuando se desea desactivar la bomba, simplemente el microcontrolador envía una señal baja al relé para que desconecte o aisle la bomba de la fuente de alimentación.

FIGURA 32. Esquema del sistema de monitoreo.



Fuente: Autor.

En las primeras pruebas efectuadas durante el período de una semana por espacios cortos de tiempo, se observa el comportamiento de la medida en estas tres variables en la figura 33, 34 y 35 mediciones aleatorias de Oxígeno Disuelto, nivel y pH, obteniendo valores promedios correspondientes a los rangos establecidos. En el eje X se puede apreciar la hora de lectura que se le configura y en el eje Y los valores leídos por los sensores.

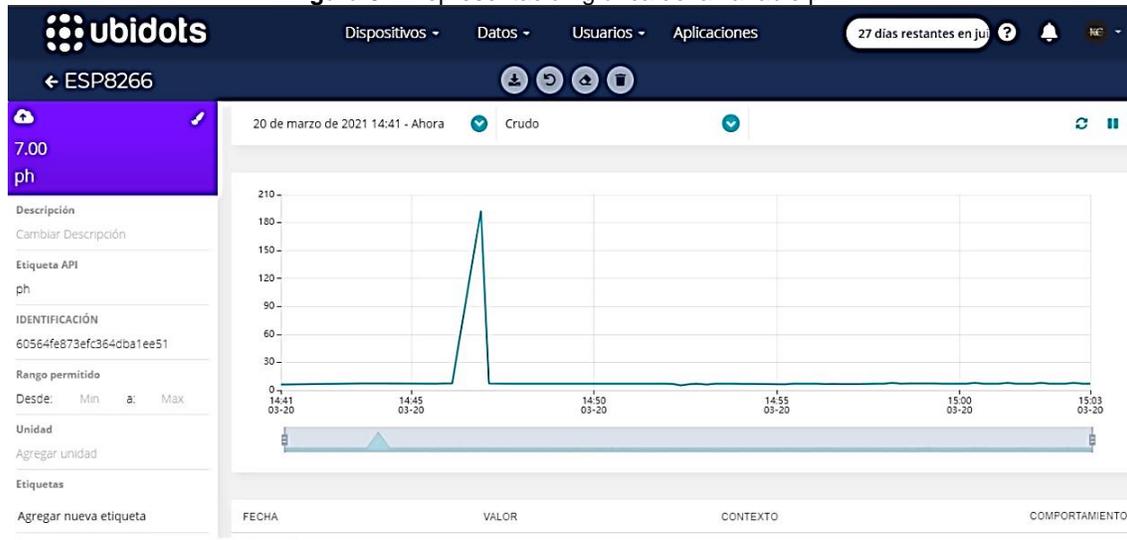
Figura 33. Representación gráfica de la variable oxígeno disuelto.



Fuente: Autor

Los picos vistos en las figuras 33, 34 y 35 son cambios bruscos provocados en el medio acuífero para corroborar el funcionamiento de cada lectura tomada por los sensores en el prototipo de estanque artificial. Cabe resaltar que se puede cambiar los rangos, la unidad de medida y la intermitencia de los datos en tiempo.

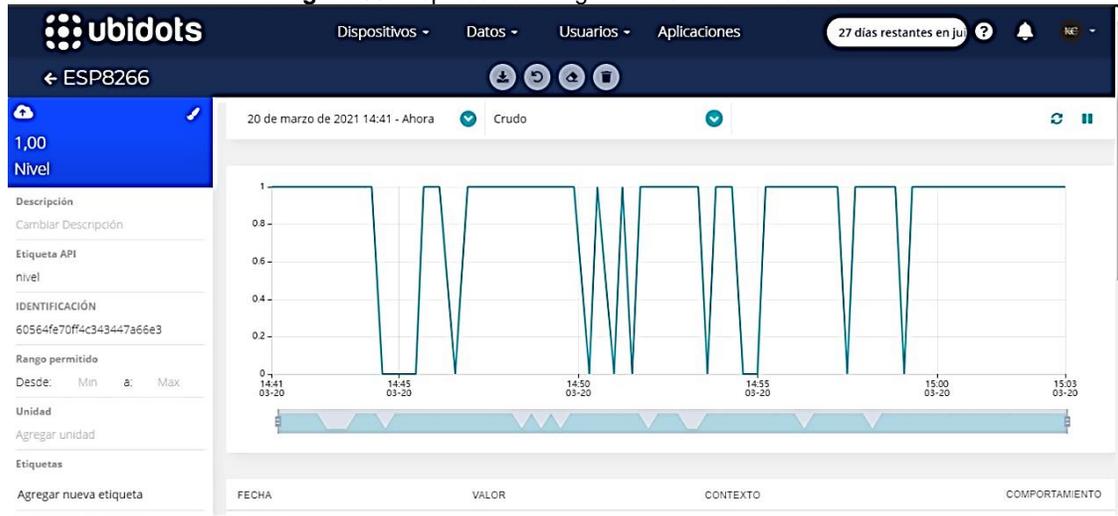
Figura 34. Representación gráfica de la variable pH.



Fuente: Autor

En la figura 35 se denota en el eje Y: el valor de 1 cuando está lleno el tanque, en el eje X: valor 0 cuando está vacío.

Figura 35. Representación gráfica de la variable nivel.



Fuente: Autor

Las mediciones de temperatura como se observa en la figura 36 son consistentes durante todo el periodo de pruebas. Cuando unas de las variables pasan los límites establecidos se genera una serie de alertas configuradas previamente en la plataforma, unas de ellas son por correo, y mensajes de texto, etc.

Figura 36. Representación gráfica de la variable temperatura.



Fuente: Autor

10. Cronograma:

Actividad (Semanal)	Mes 1				Mes 2					Mes 3					Mes 4			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Revisión bibliográfica																		
Caracterización y selección de las																		

ELABORADO POR: Investigación

REVISADO POR: Sistema Integrado de Gestión SIG

APROBADO POR: Representante de la Dirección
FECHA APROBACIÓN: Noviembre de 2021

las cosa (IoT) para la acuicultura. (s. f.). ResearchGate. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.367>

¿Qué es el Software Libre? | Hispalinux. (s. f.). Recuperado 29 de diciembre de 2020, de <https://hispalinux.es/SoftwareLibre>

Velandia, C. H. (2019). MONITOREO Y CONTROL DE UN ESTANQUE PARA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA. 151.

Vista de Uso de herramientas tecnológicas en la producción piscícola: Una revisión sistemática de literatura. (s. f.). Recuperado 18 de septiembre de 2020, de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/7183/5612

(1) Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

(2) PA: Plan de Aula, PI: Proyecto integrador, TG: Trabajo de Grado, RE: Reda

AUTORIZACIÓN

Al diligenciar este documento, autorizo de manera previa, expresa e inequívoca a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER a dar tratamiento de mis datos personales aquí consignados, conforme a la autorización otorgada (por mi o por mi representante legal) al momento de celebrada la matrícula, incluyendo el consentimiento explícito para tratar datos sensibles aun conociendo la posibilidad de oponerme a ello, conforme a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información publicada en www.uts.edu.co y/o en Calle de los estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas, que declaro conocer y estar informado que en ella se presentan los derechos que me asisten como titular y los canales de atención donde ejercerlos.