

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

PROYECTO TÉCNICO:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO IOT PARA EL
MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA CRIANZA
DE TILAPIAS EN ESTANQUES**

AUTORES:

WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO

CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA

TUTOR:

MSC. ORLANDO GIOVANNI BARCIA AYALA

GUAYAQUIL - ECUADOR

2021

I

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO y CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA, estudiantes de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana certificamos que los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente proyecto de titulación son de exclusiva responsabilidad de los autores y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2021



(f) _____
WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO
C.I. 0920755733



Firma

(f) _____
CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA
C.I. 0930498530

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Nosotros, WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO y con documento de identificación N.º 0920755733 y CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA con documento de identificación N.º 0930498530, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Politécnica Salesiana los derechos patrimoniales en calidad de autores del proyecto de titulación titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO IOT PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA CRIANZA DE TILAPIAS EN ESTANQUES”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de ingeniero electrónico con énfasis en telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada.

En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2021



(f) _____

WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO
C.I. 0920755733



Firma

(f) _____

CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA
C.I. 0930498530

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente doy a conocer que el proyecto de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO IOT PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA CRIANZA DE TILAPIAS EN ESTANQUES” presentado por WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO y CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA para optar por el título de ingeniero electrónico con énfasis telecomunicaciones, se ajusta a las normas establecidas por la Universidad Politécnica Salesiana, por tanto, autorizo su presentación ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, abril del 2021



firma
Orlando Barcia Ayala
Tutor

(f) _____
Ing. ORLANDO BARCIA MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO DE TESIS

DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO y con documento de identificación N.º 0920755733 y CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA con documento de identificación N.º 0930498530, estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana con sede Guayaquil, declaramos que la responsabilidad de contenido de este proyecto de titulación corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, abril del 2021



(f) _____
WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO
C.I. 0920755733



Firma

(f) _____
CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA
C.I. 0930498530

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se lo dedico a mi Dios, en agradecimiento a todas sus bendiciones que me ha brindado en cada momento, dándome paciencia, humildad y la capacidad necesaria para afrontar y enfrentar los grandes desafíos de la vida.

A mi Sra. madre Magdalena Astudillo Otero, por haber sido mi pilar a lo largo de mi vida, es una bendición de Dios que me ha guiado con sabiduría y responsabilidad, a mi hermana que es un complemento indispensable en mi vida y a quienes me han brindado su apoyo en todo el trayecto de mi carrera.

WILLIAM GEOVANNY VALENCIA ASTUDILLO

Agradecido con Dios pilar fundamental en mi vida, por haberme permitido culminar esta etapa que a pesar de los diferentes tropiezos he podido salir victorioso. Gracias a mis padres por haberme dado su apoyo incondicional y enseñanzas para seguir este duro proceso, a mi novia Alejandra, mi compañera de vida, que estuvo desde el inicio hasta el final de mi carrera, alentándome y dándome fuerzas para no desmayar, siempre tan acertada con sus palabras y consejos que me daban la fortaleza necesaria para llegar a la meta. Mis hermanas siempre dispuestas a ayudar y brindarme palabras de aliento. A mis amigos y a todos quienes a lo largo de la carrera de una u otra manera me ayudaron y forman parte de este éxito alcanzado.

CÉSAR EMMANUEL DELGADO TAPIA

ABSTRACT

This article has as its main objective the design and implementation of an IoT prototype for remote monitoring of water quality for tilapia breeding in ponds to be applied in fish farming located in Ecuador in order to technify the breeding, growth and maintenance of tilapia, carrying out constant monitoring through IoT platforms that together with sensors and low-cost hardware technologies such as ESP8266 and Raspberry PI. Different environmental and water quality parameters can be constantly monitored to maintain adequate control over the growth of tilapia, since the objective is to reduce tilapia mortality and technified growth for local consumption or subsequent sales. An IoT device was made that together with the sensors monitors water quality and the tilapia breeding environment, the data will be obtained by the sensors and sent to ESP8266 and Raspberry PI, to be stored on the local Raspberry PI server and data is sent to servers on the web using Thingspeak. All the information obtained by the sensors is displayed locally on the Raspberry PI server using Grafana Opensource software. The contribution of the IoT prototype was made with low-cost hardware and ThingSpeak software with a free test license. It is essential that in the place where the pool is with the fry there is a stable internet connection.

RESUMEN

Este artículo tiene como principal objetivo el diseño e implementación de un prototipo de IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la cría de tilapia en estanques para ser aplicado en la piscicultura localizada en Ecuador con el fin de tecnificar la cría, crecimiento y mantenimiento de lastilapias, realizando un monitoreo constante a través de plataformas IoT que junto a sensores y tecnologíasde hardware de bajo costo como ESP8266 y Raspberry PI. Se pueden monitorizar constantemente diferentes parámetros ambientales y de calidad del agua para mantener un control adecuado sobre el crecimiento de tilapias, ya que el objetivo es reducir la mortalidad de tilapia y el crecimiento tecnificado para el consumo local o posterior venta. Se realizó undispositivo IoT que junto con los sensores monitorizala calidad del agua y el ambiente de cría de tilapia, los datos serán obtenidos por los sensores y enviadosal ESP8266 y Raspberry PI, para ser almacenados enel servidor local Raspberry PI y se envían datos a servidores en la web utilizando ThingSpeak. Toda lainformación obtenida por los sensores se muestra localmente en el servidor de Raspberry PI mediante el software opensource Grafana. La contribución delprototipo IoT se realizó con hardware de bajo costo ysoftware ThingSpeak con licencia gratuita de pruebas. Es indispensable que en el sitio donde esté la piscina con los alevines haya una conexión establede internet.

ÍNDICE GENERAL

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación.....	II
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la UPS.....	III
Certificado de dirección del trabajo de titulación.....	IV
Dedicatoria de responsabilidad.....	V
Agradecimiento.....	VI
Resumen.....	VIII
Abstract.....	VII
Índice general.....	IX
Índice de figuras.....	XI
Índice de tablas.....	XIII
Introducción.....	XIV
1. El problema.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Importancia y alcance.....	2
1.4. Delimitación.....	2
1.5. Beneficiarios de la propuesta.....	2
1.6. Propuesta de solución.....	3
1.7. Innovación e impacto del proyecto.....	3
1.8. Objetivo general.....	3
1.9. Objetivo específico.....	4
2. Fundamentos teóricos.....	5
2.1. Crianza de tilapia en el Ecuador.....	5
2.2. Aplicaciones IoT.....	5
2.3. Biología de la especie.....	6
2.4. Hábitat.....	7
2.5. Alimentación.....	7
2.6. Parámetros de calidad de agua para la crianza de tilapias.....	8
2.6.1. Temperatura del agua.....	8
2.6.2. Oxígeno.....	8
2.6.3. Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto.....	9
2.6.4. Aireación.....	10
2.6.5. Salinidad.....	10
2.6.6. PH del agua.....	10
2.6.7. Gases tóxicos.....	11
2.6.8. Calidad del agua.....	11
2.6.9. Sólidos en suspensión.....	11
2.6.10. Altitud.....	11
2.6.11. Luz o luminosidad.....	12
2.6.12. Jaulas.....	12
2.6.13. Estanques.....	12
3. Marco metodológico.....	13
3.1. Tipo de investigación.....	13
3.2. Diseño de investigación.....	13
3.3. Enfoque de la investigación.....	13
3.4. Metodología de investigación.....	14
3.5. Proyectos de investigación vinculados.....	14
3.6. Título de la propuesta.....	15

3.7.	Descripción del método	15
3.8.	Elementos principales utilizados en el prototipo IoT.....	16
3.8.1.	ESP8266	16
3.8.2.	Especificaciones técnicas del ESP8266	17
3.8.3.	Raspberry PI 3.....	18
3.8.4.	Especificaciones técnicas Raspberry PI 3	19
3.9.	Sensores de prototipo IoT para la medición de calidad de agua en la crianza de tilapias.....	20
3.9.1.	Sensor de temperatura del agua con sonda	20
3.9.2.	Sensor humedad y temperatura ambiente	21
3.9.3.	Sensor PH de Agua.....	22
3.9.4.	Sensor TDS METER	26
3.9.5.	Sensor de oxígeno disuelto	28
3.9.6.	Sensor de nivel de agua	29
3.9.7.	Sensor MQ4 (Gas Metano).....	30
3.9.8.	Sensor MQ7 (Monóxido de carbono)	31
3.9.9.	Sensor MQ135 (Calidad de aire)	32
3.9.10.	Sensor MQ8 (Sensor de Hidrógeno)	33
3.10.	Frecuencia de monitorización de parámetros de calidad de agua.	34
3.11.	Resumen de parámetros importantes a considerar.	34
3.12.	Diseño electrónico de prototipo IoT.....	34
3.13.	Ensamblaje electrónico del prototipo IoT.....	39
3.14.	Ensamblaje de piscina para acuicultura.	47
3.15.	Pruebas de sensores en prototipo IoT.....	53
3.16.	Configuraciones de ThingSpeak	60
3.17.	Configuraciones de alertas vía mail en ThingSpeak.....	66
3.18.	Configuraciones de servicios en Raspberry PI.	70
3.18.1.	Instalación de Mosquitto	71
3.18.2.	Configuraciones de base de datos InfluxDB.....	72
3.18.3.	Configuraciones de Telegraf en Raspberry Pi.....	74
3.18.4.	Configuraciones de Grafana	76
3.19.	Código cargado en el ESP8266	78
4.	Análisis de resultados	86
4.1.	Resultados de datos de sensor de temperatura ambiente	86
4.2.	Resultados de datos de sensor de humedad relativa.....	86
4.3.	Resultados de datos de sensor de temperatura de agua.....	87
4.4.	Resultados de datos de sensor de nivel de agua.....	88
4.5.	Resultados de datos de sensor PH.....	88
4.6.	Resultados de datos de sensor TDS	89
4.7.	Resultados de datos de sensor Gas metano	90
4.8.	Resultados de datos de sensor Monóxido de carbono.....	90
4.9.	Datos vistos desde Grafana.....	91
5.	Conclusiones	93
6.	Recomendaciones	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Estanques para el cultivo de tilapia roja.....	5
Figura 2.2 IoT aplicada a la piscicultura.....	6
Figura 3.1 Prototipo IoT para la crianza de tilapias en estanques.....	15
Figura 3.2 ESP8266	17
Figura 3.3 Raspberry PI.....	19
Figura 3.4 Sensor temperatura con sonda.....	20
Figura 3.5 Sensor humedad y temperatura.....	22
Figura 3.6 Sensor PH agua	23
Figura 3.7 Sensor PH agua conexiones.....	23
Figura 3.8 Referencia PH	24
Figura 3.9 Conexiones sensor	24
Figura 3.10 Descripciones del sensor PH	25
Figura 3.11 Conexiones sensor	26
Figura 3.12 Sensor TDS	27
Figura 3.13 Conexiones sensor TDS	28
Figura 3.14 Sensor de oxígeno disuelto.....	29
Figura 3.15 Sensor nivel de agua	29
Figura 3.16 Diagrama de conexión de sensor nivel de agua.....	30
Figura 3.17 Sensor de gas metano.....	30
Figura 3.18 Sensor monóxido de carbono	31
Figura 3.19 Sensor calidad de aire	32
Figura 3.20 Sensor de hidrógeno.....	33
Figura 3.22 Diagrama de conexiones prototipo acuicultura IoT.....	35
Figura 3.23 Esquemático del ESP8266	35
Figura 3.24 Esquemático del CP2102.....	36
Figura 3.25 Esquemático nivel de shifter	36
Figura 3.26 Esquemático regulador de voltaje	37
Figura 3.27 Esquemático LD1117.....	37
Figura 3.28 Esquemático ADC ADS1115	38
Figura 3.29 Conexiones de sensores.....	38
Figura 3.30 Diseño de PCB	39
Figura 3.31 Ensamblaje electrónico.....	39
Figura 3.32 Laboratorio de diseño de PCB	40
Figura 3.33 Ensamble de PCB.....	40
Figura 3.34 Soldadura de elementos	41
Figura 3.35 Tarjeta PCB	41
Figura 3.36 Impresora 3D	42
Figura 3.37 Diseño en software	42
Figura 3.38 Diseño de tarjeta.....	43
Figura 3.39 Elementos electrónicos de tarjeta PCB	43
Figura 3.40 Ensamblaje de elementos.....	44
Figura 3.41 Monitor con su case.....	44
Figura 3.42 Vista frontal de PCB.....	45
Figura 3.43 Sensores	45
Figura 3.44 Caja para prototipo	46
Figura 3.45 Diseño final en software.....	46
Figura 3.46 Prueba de prototipo en laboratorio.....	47
Figura 3.47 Armado de piscina	47

Figura 3.48 Armado de estructura	48
Figura 3.49 Ensamblaje final	48
Figura 3.50 Llenado de piscina	49
Figura 3.51 Colocar sensores en piscina	49
Figura 3.52 Fijación de sensores	50
Figura 3.53 Ensamble de motor aireador	50
Figura 3.54 Pruebas de prototipo con piscina	51
Figura 3.55 Maqueta pecera	51
Figura 3.56 Alevines de tilapia	52
Figura 3.57 Alimento de alevines de tilapias	52
Figura 3.58 Conexiones internas de prototipo	53
Figura 3.59 Conexiones Raspberry	53
Figura 3.60 Chip Wifi	54
Figura 3.61 Conectores de sensores	54
Figura 3.62 Sensores de gases	55
Figura 3.63 Sensor PH de agua	55
Figura 3.64 Sensor TDS	56
Figura 3.65 Sensor humedad y temperatura	56
Figura 3.66 Sensor nivel de agua	57
Figura 3.67 Prototipo con pedestal	57
Figura 3.68 Pruebas de sensores en campo	58
Figura 3.69 Extensor WIFI para incrementar señal inalámbrica	58
Figura 3.70 Pruebas de sensores en piscina	59
Figura 3.71 Toma de datos de sensores	59
Figura 3.72 Pantalla principal de la cuenta de ThingSpeak	60
Figura 3.73 Configuración de canales en ThingSpeak	60
Figura 3.74 Monitoreo de sensores de temperatura ambiente y humedad relativa	61
Figura 3.75 Monitoreo de sensores de temperatura de agua y nivel de agua	61
Figura 3.76 Monitoreo de sensores de pH de agua y calidad del agua	61
Figura 3.77 Monitoreo de sensores de gas metano y monóxido de carbono	62
Figura 3.78 Localización de prototipo Vía a la Costa Guayaquil	62
Figura 3.79 Temperatura ambiente	63
Figura 3.80 Humedad relativa	63
Figura 3.81 Configuraciones de canal	64
Figura 3.82 Coordenadas de prototipo	64
Figura 3.83 API Key de lectura	65
Figura 3.84 API Key de escritura	65
Figura 3.85 APP MATLAB Analysis	66
Figura 3.86 Red channel to trigger email	67
Figura 3.87 Configuración timecontrol	69
Figura 3.88 Alertas mail ThingSpeak	70
Figura 3.89 Diagrama de flujo de adquisición de datos	71
Figura 3.90 Pantalla principal de Grafana	77
Figura 3.91 Configuración Grafana	77
Figura 3.92 Dashboard Grafana	78
Figura 4.1 Promedio temperatura ambiente	86
Figura 4.2 Promedio humedad relativa	87
Figura 4.3 Temperatura de agua	87
Figura 4.4 Datos de nivel de agua	88
Figura 4.5 Datos de sensor PH	89
Figura 4.6 Datos de sensor TDS	89

Figura 4.7 Datos del sensor de gas metano.....	90
Figura 4.8 Datos del sensor de monóxido de carbono	90
Figura 4.9 Sensores de ambiente visto desde Grafana.....	91
Figura 4.10 Sensores de agua visto desde Grafana	91
Figura 4.11 Sensores de gases vistos desde Grafana	92
Figura 4.12 Monitorización de Raspberry PI	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Biología de la especie	6
Tabla 2.2 Alimentación de los alevines	7
Tabla 2.3 Parámetros calidad de agua	8
Tabla 2.4 Nivel de oxígeno	9
Tabla 3.1 Parámetros importantes para la crianza de tilapias	34

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la acuicultura ha presentado un gran crecimiento en los últimos años, en especial el cultivo de la tilapia, incentivado especialmente por los miles de hectáreas de estanques camaroneros que fueron abandonados después del brote del Síndrome de Taura, patología que afectó alrededor de 14000 ha de cultivos en la zona de Taura en la provincia del Guayas.

Esta infraestructura disponible facilitó la introducción del cultivo de la tilapia roja como una alternativa en estas áreas, complementándose luego con el policultivo Tilapia-Camarón a partir de 1995, actualmente existen cerca de 2000 ha. Dedicadas al cultivo de tilapia.

La tilapia roja (*Oreochromis niloticus* O. *mossambicus*) es un pez con alta nutricidad muy consumido en las zonas litoral, sierra y oriental del Ecuador. Fueron introducidas en 1974 por empresas privadas desde Brasil. Se han construido algunos estanques de tipo familiar y sirven para los programas de extensión. Las bondades técnicas son conocidas, pero no han sido difundidas. Es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente. (FAO Naciones Unidas, 2020)

En este contexto se requiere implementar la tecnificación de la crianza de la tilapia utilizando tecnologías IoT y hardware de bajo costo para la monitorización remota de parámetros indispensables para la correcta crianza de estos peces tales como: temperatura ambiente, pH del agua, nivel de oxígeno en el agua, temperatura del agua, calidad de agua TDS y nivel de agua, flujo de caudal, validando y constatando con estándares de crianza de tilapias y expertos. La monitorización constante de estos elementos principales en el agua hace que el desarrollo de la tilapia roja se la realice de una manera adecuada, tecnificada y con alta rentabilidad.

El prototipo IoT se implementará para resolver el problema de producción de la tilapia, ya que se efectúa de forma rudimentaria artesanal lo que conlleva a una alta muerte de peces y peces enfermos, este Prototipo IoT resuelve el problema a través de la tecnificación y monitorización remota de la calidad del agua para la crianza de tilapia en estanques, será ejecutado mediante hardware de bajo costo con sensores, Arduino y Raspberry PI, que conectados a una red inalámbrica enviará los datos al internet para que plataformas como Grafana y ThingSpeak ordenen y analicen esta información y la muestren de una manera amigable para una correcta monitorización y toma de decisiones.

Este trabajo de investigación se clasifica de la siguiente manera, en el primer capítulo se explica el problema, antecedentes, importancia y alcance, delimitación, beneficiarios de la propuesta, propuesta de solución y objetivos. En el segundo capítulo se refiere al marco metodológico, tipo de investigación. El capítulo 3 trata sobre los resultados de la investigación. El capítulo 4 trata sobre los análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La tilapia es un pescado que muestra crecimiento en su consumo en Ecuador. La tilapia es cultivada sobre todo en estanques de tierra de manera semi-intensiva. El Ministerio de Acuicultura y Pesca del Ecuador indica que se cultiva mayormente en las provincias de la Costa (Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas) y Amazonía (Sucumbíos, Pastaza, Napo y Zamora Chinchipe), aunque también se lo observa en la Sierra (Cotopaxi, Bolívar, Loja y Azuay), en zonas donde el clima lo permite.

El Ministerio de Acuicultura y Pesca del Ecuador impulsa la actividad piscícola mediante la asistencia técnica y capacitación constante en el manejo del cultivo, en temáticas como selección del sitio para implementación de la actividad piscícola, diseño y construcción de estanques, siembra y aclimatación de alevines, nutrición y alimentación, toma e interpretación de parámetros físicos y químicos del agua, prevención contra enfermedades, muestreos y seguimiento, cosecha, costos de producción en piscicultura y buenas prácticas de piscicultura.

Sin embargo, muchos pequeños piscicultores no acceden a este tipo de capacitaciones y asesorías al momento de la crianza de tilapias en sus fincas, por lo que se plantea una solución automatizada de bajo costo para la crianza y producción de tilapias en estanques. Para lograr llegar a más piscicultores se ha implementado un prototipo IoT de fácil uso mediante tecnologías de telecomunicaciones y de electrónica de hardware de bajo costo.

La importancia de este trabajo de investigación es muy alta para el sector piscicultor de la costa ecuatoriana debido a que plantea e implementa la tecnificación de la crianza de tilapias mediante prototipo IoT, sensores y hardware de bajo costo.

Así mismo es de alta importancia para el estudiante de la carrera de ingeniería de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil ya que tendrá una investigación y prototipo IoT a su disposición en el laboratorio de telecomunicaciones para prácticas del internet de las cosas y monitoreo web.

1.2. Antecedentes

Uno de los desafíos en el área de la investigación de telecomunicaciones es el desarrollo de prototipo basados en el internet de las cosas, utilizando elementos de hardware de bajo costo como Raspberry Pi, ESP8266 y sensores, que conectados de la mejor manera y configurados correctamente, realizan una comunicación de datos que podrán ser monitorizados de una manera flexible y económica tanto localmente como remotamente utilizando servidores web en la nube de internet.

Este tipo de prototipos para la monitorización de la calidad del agua en la crianza de tilapias en estanques beneficiará de mejor manera al pequeño acuicultor, el cual ayudará a una mejor crianza, mayor volumen de peces, reducir la mortalidad, y aumentar en producción de tilapias gracias a la tecnificación utilizando dispositivos IoT.

Aplicaciones IoT para la acuicultura es un tema innovador y nuevo en el Ecuador es por este motivo que se propone en este trabajo de titulación el diseño e implementación de un prototipo aplicado a la acuicultura para el monitoreo de la calidad de agua en estanques dedicados a la crianza de peces.

1.3. Importancia y alcance

Con el aporte de esta propuesta, los acuicultores de varios sectores de la costa ecuatoriana se verán beneficiados ya que se contará con elementos de bajo costo para la monitorización de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques.

De igual manera se verán beneficiados los estudiantes de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones los cuales podrán practicar los conocimientos adquiridos en las diferentes materias aplicando el internet de las cosas y las telecomunicaciones en general.

Con este aporte se fomentará la investigación en el campo de la tecnificación en la acuicultura utilizando dispositivos IoT para la monitorización de la calidad del agua

1.4. Delimitación

El trabajo de investigación “Diseño e implementación de prototipo IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques” se realizará e implementará en el domicilio del autor de este trabajo de investigación César Delgado ubicado en el sector de la Cdla Ceibos.

Posterior a las pruebas y estudio se prevé realizar entrega del prototipo al laboratorio de telecomunicaciones del edificio F de la Universidad Politécnica Salesiana ubicada en la ciudad de Guayaquil, barrio Cuba dirección Chambers 227 y 5 de diciembre y su desarrollo investigativo será por 6 meses, se pretende finalizar el trabajo de investigación los primeros meses del 2021.

1.5. Beneficiarios de la propuesta

Tanto los pequeños y medianos piscicultores se verán beneficiados al contar con dispositivos IoT de bajo costo que permitirán la tecnificación de sus piscinas o estanques para la crianza de tilapias, incorporando así la ciencia y tecnología para ser más eficientes, por consecuencia ahorrando recursos y logrando una mayor calidad y cantidad de producción.

En el ámbito educativo aporta significativamente en la preparación del futuro ingeniero en telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil ya que el alumno se preparará en las nuevas tecnologías IoT a través del desarrollo del prototipo para la monitorización remota de la calidad del agua para la crianza de tilapias en estanques.

1.6. Propuesta de solución

La propuesta del diseño del prototipo IoT consiste en un sistema de sensores interconectados y controlados por Arduino para su posterior envío y almacenamiento en base de datos local en la Raspberry PI, esta información será presentada de manera local en una pantalla touch adecuada para Raspberry PI. La visualización será en forma de dashboard gracias al software opensource Grafana que permite crear diseños para la monitorización de los parámetros de estudio.

La información obtenida por los sensores será enviada al internet vía WIFI para su correcta monitorización y visualización de la información obtenida por todos los sensores mediante servidores en la nube de ThingSpeak, que es una plataforma IoT para almacenamiento y presentación de datos obtenidos por dispositivos IoT.

1.7. Innovación e impacto del proyecto

Un proyecto similar presentado en la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil denominado "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control utilizando el controlador GSM BR160SM mediante mensajes de texto, en una piscina de tilapia ubicada en la parroquia Taura, para la empresa Dipromacom".

Consiste en un sistema diseñado mediante una boya, paneles solares y sensores de calidad del agua para utilizarse en piscinas de la empresa Dipromacom con la finalidad de monitorizar vía GPRS la información obtenida de los sensores.

La propuesta del proyecto se diferencia: en la implementación de más sensores que ayuden a determinar los parámetros críticos en la crianza de tilapias en estanques, así como también en la implementación de WIFI para el envío de información a internet para su posterior análisis en herramientas como Grafana y ThingSpeak.

Se analiza algunos parámetros relacionados con la calidad de agua como son: temperatura ambiente, pH del agua, nivel de oxígeno en el agua, temperatura del agua, gases tóxicos, calidad de agua TDS, nivel de agua.

Se realizará un diseño de estanque mediante una piscina adecuada para la crianza de tilapias de manera local.

1.8. Objetivo general

Diseñar e implementar un prototipo IoT para el control y monitorización remota de la calidad del agua en estanques para la crianza de tilapias utilizando hardware de bajo costo, sirviendo para el mejoramiento de producción de tilapias.

1.9. Objetivo específico

- Diseñar un prototipo IoT para la obtención de datos mediante sensores tales como temperatura ambiente, pH del agua, nivel de oxígeno en el agua, temperatura del agua, calidad de agua TDS y nivel de agua. Almacenar y enviar la información de los sensores obtenidas por el Arduino y Raspberry PI de forma inalámbricamente hacia servidores en la nube de internet como ThingSpeak y servidor local Grafana.
- Visualizar mediante un dashboard de Grafana los datos obtenidos por los sensores a través de un acceso de internet vía web y localmente mediante una pantalla táctil adecuada para Raspberry PI.
- Construir piscina estanque a escala para la crianza y monitorización del desarrollo de tilapias.
- Configurar alertas vía mail cuando los niveles monitorizados por el prototipo IoT obtengan niveles peligrosos.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Crianza de tilapia en el Ecuador

La tilapia es un tipo de pescado, lo que demuestra que su consumo en Ecuador ha aumentado. La tilapia se cultiva principalmente en estanques de tierra de manera semi-intensiva. El Ministerio de Acuicultura y Pesca del Ecuador manifestó que, aunque también se ha observado, se encuentra principalmente en las zonas costeras (Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas) y la región Amazónica (Sucumbíos, Pastaza, Napo y Zamora Chinchipe) aunque también en la Sierra (Cotopaxi, Bolívar, Loja y Azuay) zonas en donde el clima lo permite. El Ministerio promueve la piscicultura a través de asistencia técnica y capacitación continua en manejo de cultivos. Los temas tratados incluyen: selección del sitio para la piscicultura, diseño y construcción de estanques, repoblación y adaptación de especies de peces, nutrición y alimentación, adquisición y explicación de la química física y del agua, parámetros, prevención de enfermedades, muestreo y seguimiento, pesca, costes de producción de piscicultura y buenas prácticas de piscicultura.



Figura 2.1 Estanques para el cultivo de tilapia roja.
Fuente: (Aquaculturealliance, 2020)

2.2. Aplicaciones IoT

Las aplicaciones de IoT son aplicaciones de software como servicio (SaaS) prediseñadas que pueden analizar y presentar los datos capturados por los sensores de IoT a los usuarios comerciales a través de paneles.

Las aplicaciones de IoT utilizan algoritmos de aprendizaje automático para analizar grandes cantidades de datos de sensores conectados en la nube.

Mediante el uso de paneles y alertas de IoT en tiempo real, puede ver los indicadores clave de rendimiento, el tiempo promedio entre fallas y otra información. Los algoritmos basados en el aprendizaje automático pueden identificar anomalías y

enviar alertas a los usuarios, e incluso activar reparaciones automáticas o medidas de respuesta activas.

Las aplicaciones de IoT basadas en la nube, los usuarios comerciales pueden mejorar rápidamente los procesos existentes de la cadena de suministro, el servicio al cliente, los recursos humanos y los recursos financieros. No es necesario volver a crear todos los procesos comerciales.



Figura 2.2 IoT aplicada a la piscicultura.
Fuente: (Aquaculturealliance, 2020)

2.3. Biología de la especie

Rango de peso adulto: 1.000 a 3.000 gramos. Edad de madurez sexual: macho (4 a 6 meses), hembra (3 a 5 meses). Número de desoves: de 5 a 8 veces al año. Temperatura de desove: rango de 25°C a 31°C. Número de huevos / hembras / desove: En buenas condiciones, más de 100 huevos, dependiendo de la hembra, pueden llegar a 1.500 en promedio. Vida reproductiva: 2 a 3 años. Tipo de incubación: Bucal.

Tabla 2.1 Biología de la especie

Hábitat	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Aguas cálidas		Oreochromis aureus.	Tilapia plateada.
25° C a 34 °	Cichlidae	Oreochromis niloticus	Tilapia plateada.
Aguas lénticas		Oreochromis sp.	Tilapia roja.

Fuente: (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

Tiempo de incubación: de 3 a 6 días. Proporción de población de reproductores: 1,5 a 2 machos por cada 3 hembras. Tiempo de cultivo: En buenas condiciones de 7 a 8

meses, cuando el peso del producto alcance los 300 gramos (dependiendo de la temperatura del agua, cambios de temperatura diurnos y nocturnos, densidad de siembra y técnicas de manejo).

2.4. Hábitat

Son especies aptas para plantar en regiones tropicales y subtropicales. Debido a sus propiedades híbridas, es fácil de adaptarse a entornos de lentes (aguas ligeramente estancadas), estanques, lagunas, embalses y entornos generalmente estrechos.

2.5. Alimentación

Se deben utilizar alimentos con alto contenido proteico (45%), de alta energía y tamizados para asegurar que el alimento sea uniforme y fácil de comer.

Generalmente, el tamaño de partícula a transportar durante la reducción debe estar entre 0,5 y 0,8 mm.

El éxito de las actividades de cultivo de peces depende de la eficiencia de la acuicultura, depende principalmente del procesamiento de alimentos y la tecnología de alimentos, al tiempo que se considera la calidad y cantidad de alimentos. La tilapia es omnívora y sus necesidades y tipos de alimentos varían con la edad del pez. En su período juvenil, pueden alimentarse de fitoplancton, zooplancton y pequeños crustáceos.

Los alimentos representan del 50% al 60% de los costos de producción. El alimento manipulado incorrectamente se convertirá en el fertilizante más caro. Los planes de alimentación inadecuados reducirán la rentabilidad de la empresa. La producción semi-intensiva e intensiva depende directamente del pienso. La cantidad y el tipo de alimentos para suministrar deben controlarse y evaluarse periódicamente para evitar costes excesivos. El sabor del animal depende del alimento proporcionado. La desnutrición hace que los animales busquen comida del fondo, mientras que su carne adquiere un sabor desagradable. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

Tabla 2.2 Alimentación de los alevines

Estadio del Pez (gramos)	Tamaño del pellet recomendado (mm).
alevines	Polvo
De 0.50 gr. a 5.0 gr.	Quebrantado (0.50 a 1.0 mm.)
De 5.0 gr. a 15.0 gr.	1 X 1
De 15.0 gr. a 30.0 gr.	1 ½ X 1 ½
De 30.0 gr. a 80.0 gr.	2 X 2
De 80.0 gr. a 200 gr.	3 X 3
De 200 gr. a 500 gr.	4 X 4
De 500 gr. ó más	5 X 5.

Fuente: (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6. Parámetros de calidad de agua para la crianza de tilapias

La calidad del agua depende de sus propiedades físicas y químicas, siendo las más importantes: temperatura, oxígeno, pH y transparencia. Estas características afectan la producción y reproducción de los peces, por lo que los parámetros del agua deben mantenerse dentro del rango óptimo para el desarrollo de la tilapia. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

Tabla 2.3 Parámetros calidad de agua

PARÁMETROS	RANGOS
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcio	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l
Nitratos	1.5 - 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05 - 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 - 0.2 mg/l
Dióxido de Carbono	5.0 - 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno	0.01 mg/l

Fuente: (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.1. Temperatura del agua

El mejor rango es 28-32° C. Cuando la temperatura desciende hasta los 15° C, los peces dejan de comer, y cuando la temperatura desciende por debajo de los 12° C, no sobreviven por mucho tiempo. En los meses más fríos, los peces dejan de crecer y se reduce el consumo de alimento, cuando la temperatura del agua cambia repentinamente en 5°C, los peces se sienten estresados e incluso mueren. Cuando la temperatura supera los 30°C, el pescado consumirá más oxígeno. La temperatura letal está entre 10-11°C.

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, por ejemplo, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la tasa metabólica y, por lo tanto, mayor es el consumo de oxígeno. El impacto negativo en el crecimiento de los peces de piscifactoría puede resultar en grandes cambios de temperatura entre el día y la noche, que se pueden compensar proporcionando alimentos con un alto porcentaje de proteínas (30%, 32%, etc.).(<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.2. Oxígeno

La concentración y la presencia de oxígeno disuelto es un elemento importante en la acuicultura de tilapia. Es una de las áreas más difíciles de comprender, predecir y gestionar y está asociada con la mortalidad, las enfermedades, la desnutrición y la calidad del agua. En el agua rica en alimentos, el oxígeno suele ser abundante durante el día y limitado por la mañana. Otro factor que marca una gran diferencia en

los niveles de oxígeno en el agua son las condiciones climáticas, especialmente en los días nublados. La luz solar y el plancton son responsables de la mayor parte del oxígeno producido durante el proceso de obtención de imágenes. Por lo tanto, cuando ocurren condiciones de poca luz y el proceso de obtención de imágenes está restringido, los niveles vitales de oxígeno se vuelven problemáticos.

La disolución de oxígeno disuelto depende en gran medida de la temperatura y el pH. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

Tabla 2.4 Nivel de oxígeno

Oxígeno (ppm)	Efectos
0 - 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
0.3 2.0	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 4.0	Los peces sobreviven, pero crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

Fuente: (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.3. Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto.

Descomposición de materia orgánica. - Alimentos no consumidos. - Heces. - Animales muertos. - Aumento de la tasa metabólica debido al aumento de temperatura (cambio de temperatura durante el día en comparación con la noche). - Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman la cadena de productividad primaria y secundaria). - Desgasificación: salida de oxígeno del agua a la atmósfera. - Nubosidad: en días nublados, las algas no producen suficiente oxígeno. - Incremento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en agua, heces, etc. - Densidad de plantación.

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg / l), pero esto provoca un efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de las infecciones patológicas. Para mantener un cultivo de tilapia exitoso, los valores de oxígeno disuelto deben estar por encima de 4 mg / L, que deben medirse en la estructura de salida del estanque (drenaje). Valores inferiores a los indicados reducen el crecimiento y aumentan la mortalidad; y para una mejor comprensión en la Tabla 1, se especifica el efecto de diferentes concentraciones del elemento en el pescado. Consecuencias de la exposición prolongada a valores bajos de oxígeno disuelto

Descomposición de sustancias orgánicas. - Comida no ingerida. - heces. - Animales muertos. - Aumento de la tasa metabólica por aumento de temperatura (variación de la temperatura diurna en relación con la noche). - Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman las cadenas de productividad primaria y secundaria). - Desgasificación: liberación de oxígeno del agua a la atmósfera. - Nubosidad: en días nublados las algas no producen suficiente oxígeno. - Incremento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en agua, heces, etc. - Densidad vegetal.

La tilapia puede sobrevivir a pequeñas cantidades de oxígeno disuelto (1.0 mg / L). Sin embargo, esto conduce a un efecto de estrés, que es la principal causa del desarrollo de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los niveles de oxígeno disuelto deben estar por encima de 4 mg / L, que deben medirse en la estructura de salida del estanque (drenaje). Los valores inferiores a los indicados disminuyen el crecimiento y aumentan la mortalidad. y para una mejor comprensión en la Tabla 1 se da el efecto de las diferentes concentraciones del elemento en el pescado. Consecuencias de la exposición prolongada a niveles bajos de oxígeno disuelto

Ralentiza la tasa de crecimiento del animal. Aumenta la conversión alimenticia (relación de alimento consumido a ganancia de peso). Se produce pérdida de apetito y letargo. Provoca enfermedades a nivel branquial. Crea inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades. La capacidad de reproducirse disminuye. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.4. Aireación

Permite aumentar la densidad hasta un 30% y manejar densidades más altas por unidad de superficie, como en el caso del cultivo en jaulas. Se obtienen buenos rendimientos (crecimiento, conversión alimenticia, ganancia de peso y menor mortalidad), compensa el consumo de oxígeno requerido en la descomposición de la materia orgánica y mantiene niveles más constantes en el cuerpo de agua. Elimina gases tóxicos. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.5. Salinidad

Los peces pueden tolerar diferentes niveles de sal, pero son sensibles a cambios repentinos. El agua de mar contiene 34 ppt (partes por mil) de salinidad, el agua dulce tiene poca o ninguna salinidad, generalmente menor o igual a 1 ppt. *O. niloticus* puede vivir, crecer y reproducirse a una salinidad de 24 ppt. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.6. PH del agua

El pH está involucrado en determinar si un agua es dura o blanda, la tilapia crece mejor en agua de pH neutro o ligeramente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas ácidas y toleran hasta un pH de 5; un pH alto (de 10 por la tarde) no les afecta y el límite, aparentemente, es 11. Con valores de 6,5 a 9, hay condiciones de crecimiento.

El rango óptimo está entre 6,5 y 9,0. Los valores más altos o más bajos provocan cambios de comportamiento en los peces, como letargo, falta de apetito, retraso en el crecimiento y reproducción retardada. Los valores de PH cercanos a 5 conducen a la mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por insuficiencia respiratoria; además, provocan pérdida de pigmentación y aumento de la secreción de moco de la piel. Cuando se presentan niveles de pH ácido, el ion Fe ++ se vuelve soluble, afectando las células de los arcos branquiales y, en consecuencia, ralentizando los procesos respiratorios, provocando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). El pH

del agua fluctúa en un ciclo diurno, influenciado principalmente por la concentración de CO₂, la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH de la tilapia debe ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para asegurar una secreción adecuada de moco en la piel. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.7. Gases tóxicos

Dióxido de carbono: Es producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel por debajo de 20 ppm, ya que cuando supera este valor se produce letargo y pérdida de apetito.

Estos son compuestos químicos producidos en estanques por la descomposición de materia orgánica. Los más comunes se enumeran a continuación y cuyas concentraciones deben ser inferiores a los siguientes valores: Sulfuro de hidrógeno <10 ppm. Ácido cianhídrico <10 ppm. Gas metano <25 ppm. Estos gases aumentan su concentración con la edad de los estanques y con la acumulación de materia orgánica en el fondo, produciendo mortalidades masivas y crónicas. Se pueden controlar añadiendo cal y zeolita a razón de 40 kg / ha, además de los estanques de secado (entre cosechas).

2.6.8. Calidad del agua

Es la medida de la concentración de iones Ca y Mg expresada en ppm de su equivalente en carbonato cálcico. Hay agua blanda (<100 ppm) y agua dura (> 100 ppm). Rangos óptimos: entre 50-350 ppm CaCO₃. Dado que está directamente relacionado con la dureza, el agua de cultivo debe tener una alcalinidad entre 100 ppm y 200 ppm. Las durezas inferiores a 20 ppm causan problemas con el porcentaje de fertilidad [se controlan mediante la adición de carbonato cálcico (CaCO₃) o cloruro cálcico (CaCl₂)]. Las durezas superiores a 350 ppm se controlan mediante el uso de zeolita en forma de arcilla en polvo, que se agrega al sistema de filtración. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.9. Sólidos en suspensión

Aumentan la turbidez del agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. Los sólidos deben ser controlados por arena y sistemas de filtración. Según la concentración de sólidos disueltos, podemos clasificar los tanques de la siguiente manera: Tanques limpios: Sólidos menores a 25 mg / l.

Estanques intermedios: Sólidos entre 25 - 100 mg / l. Estanques fangosos: sólidos superiores a 100 mg / l. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.10. Altitud

Cría en altitudes entre 850 y 2000 m.o.h. recomendado.

2.6.11. Luz o luminosidad

La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando lugar a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman con el tiempo. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.12. Jaulas

Las jaulas pueden tener un volumen pequeño, es decir, menos de 5 metros cúbicos, o un volumen alto, más de 5 metros cúbicos; Se pueden almacenar hasta 600 tilapia / m³ en jaulas de bajo volumen y 50-100 tilapia / m³ en jaulas de gran volumen. Las producciones esperadas varían entre 50 y 300 kg / m³; los de bajo volumen son más productivos debido al mayor intercambio de agua en las jaulas, lo que ayuda a mantener la calidad de esa jaula. (<http://www.industriaacuicola.com/>, 2020)

2.6.13. Estanques

Deben tener una superficie entre 500 y 1500 m para facilitar la recogida de alevines y la recolección. Para garantizar una alta producción constante, es importante controlar con frecuencia parámetros como el oxígeno disuelto, el pH y los sólidos disueltos. Los estanques pueden ser exteriores e interiores. Los tanques al aire libre se utilizan generalmente para las fases de maduración de la cría y el desove. Los tanques internos se utilizan para los procesos de reversión y pre mejoramiento y están recubiertos con algún tipo de plástico para mantener una temperatura constante. En los estanques de cría, es necesario contar con sistemas anti-aves, como redes, para evitar la depredación de las camadas y los ataques a los criadores adultos. La tilapia tiene un comportamiento reproductivo muy particular; los machos eligen el sitio de desove, construyen el nido en forma de bandeja, que se limpia constantemente, con la esperanza de atraer a una hembra. Asimismo, la zona se defiende continuamente de la invasión de otros machos, con movimientos agresivos de natación. Después del cortejo, la hembra nada dentro del nido, soltando los huevos, seguida de cerca por el macho, quien expulsa el esperma en las inmediaciones del desove; por tanto, la fecundación de los huevos es externa. Una vez que los huevos son fertilizados, la hembra los recolecta y se los lleva a la boca para incubarlos. Este período dura de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia es aconsejable mantener la temperatura en el rango de 28 a 31 °C.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La metodología utilizada para desarrollar el prototipo de IoT es experimental e inductiva, ya que se realizan pruebas y observaciones del comportamiento de la calidad de los cuerpos de agua utilizados en los estanques para el desarrollo y crecimiento tecnológico de la tilapia.

La metodología será experimental, los sensores se colocarán a escala en el estanque y se realizará un análisis de la cría de los peces durante aproximadamente tres meses, recolectando información de los sensores que se enviará a una base de datos local en el Raspberry. PI para monitoreo local usando Grafana. La información también se envía a los servidores en la nube de ThingSpeak para su monitoreo remoto.

El primer paso es almacenar esta información para un análisis posterior que controlará todos los sensores y parámetros del estanque cerca del estanque, p. Ej. la temperatura ambiente las 24 horas del día durante tres meses, duración del estudio.

Luego se utiliza el método inductivo, en el que la información obtenida saca conclusiones sobre la calidad del agua y todo el proceso. Si se encuentran anomalías durante el período de observación, se corregirán. Esta información recopilada se muestra y almacena de forma remota a la persona que administra los estanques cuando los valores disminuyen y los valores del nivel ideal de los parámetros configurados aumentan. Se debe instruir a la persona responsable para que resuelva los problemas. La medición de una piscina se realiza con los sensores de medición con energía autónoma, los datos se almacenan en la Raspberry PI y la información a su vez se envía al panel de control táctil y al servidor en la nube ThingSpeak.

3.2. Diseño de investigación

Se aplica a un estudio de tipo experimental, ya que según (Arias, 2012), permite la manipulación de un objeto o de un grupo de personas sometidos a diferentes condiciones y estímulos para observar los resultados.

Este estudio se basa en información extraída de diferentes artículos científicos con la misma o similar temática; Además, el estudio se basa en el análisis de los parámetros de calidad del agua en los viveros de cría de tilapia encontrados en la investigación bibliográfica correspondiente al estado del arte.

3.3. Enfoque de la investigación

En este trabajo de campo se utiliza un enfoque mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo, ya que las variables se consideran en dos partes básicas; B. la revisión teórica realizada a través de la investigación bibliográfica de diversas fuentes, p. Ej. B. Libros, tesis afines, artículos científicos y otras publicaciones en las que se realice el análisis cualitativo de la información obtenida.

Por otro lado, se realiza un estudio experimental, es decir, se realiza un estudio de campo en el que se obtienen datos cuantitativos en base al análisis de las señales analógicas recibidas de los sensores y enviadas al ESP8266 y Raspberry PI permite el estudio de estos deben realizarse con un máximo de aprendizaje práctico llevado a cabo. (Cadena-Iñiguez, la Cruz-Morales, del Rosario, & Ma, n.d.)

3.4. Metodología de investigación

En cuanto al método de investigación, utilizamos un método inductivo para buscar la inducción del pensamiento a través de la generación de ciertas ideas que en conjunto forman una generalidad del pensamiento y brindan la oportunidad de sacar conclusiones relacionadas con el estudio. (Rodríguez Moguel, 2005)

En este caso, a partir de las configuraciones y pruebas realizadas y del análisis de los resultados obtenidos, se pueden extraer conclusiones generales para la cría técnica de tilapia en estanques. (Rodríguez Moguel, 2005)

3.5. Proyectos de investigación vinculados

El prototipo IoT para el control y monitorización remota de la calidad del agua en estanques para la crianza de tilapias utilizando el uso hardware de bajo el costo de sensores, Raspberry PI y Arduino, tiene como proyecto de vinculación las siguientes tesis de investigación:

- Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control a través del controlador GSM BR160SM a través de mensajes de texto, en un estanque de tilapias ubicado en la parroquia de Taura, para la empresa Dipromacom

La investigación realizada en esta tesis servirá como base para el desarrollo del prototipo de IoT.

- Diseño e implementación de un sistema de control de acceso y monitoreo de sensores para el centro de datos de la empresa Quifatez. S.A., utilizando material gratuito.

De la siguiente tesis se tomarán referencias para el control de sensores y la comunicación entre Arduino y Raspberry Pi para el monitoreo remoto a través de la web.

- Sistematización del proyecto local: promoción de la producción, comercialización y autoconsumo de tilapia en el cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago durante el período 2014-2016

Se está estudiando la técnica correcta de reproducción de la tilapia roja en Ecuador.

3.6. Título de la propuesta

Diseño e implementación de un prototipo de IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para la cría de tilapia en estanques.

3.7. Descripción del método

El tema propuesto en este documento se basará en el diseño e implementación de un prototipo de IoT para el monitoreo remoto de la calidad del agua para el cultivo de tilapia en estanques.

El prototipo constará de un módulo compuesto por una placa electrónica diseñada con el ESP8266, la Raspberry Pi 3 modelo B, y varios sensores analógicos y digitales que tomarán datos como temperatura ambiente y humedad relativa, pH nivel del agua, nivel de oxígeno en el agua, la temperatura del agua, la calidad del agua TDS y el nivel del agua. También se incluyen sensores de monitoreo de gases junto a la piscina, como sensores de hidrógeno, calidad del aire, monóxido de carbono y metano. Habrá dos sensores que controlan el flujo a la piscina y una válvula sinusoidal para el drenaje de la piscina que funcionará en conjunto con el aireador de la piscina.



Figura 3.1 Prototipo IoT para la crianza de tilapias en estanques.

Como se puede observar en la figura 3.1, se presenta el prototipo de monitoreo de la calidad del agua IoT para el cultivo de tilapia en estanques, para obtener datos a través de sensores como la temperatura ambiente, pH del agua, el nivel de oxígeno en el agua, la temperatura del agua, el TDS la calidad del agua, el nivel del agua y el caudal que convergen hacia el módulo ESP8266 que tomará estos valores analógicos y los enviará a la Raspberry PI para su almacenamiento interno y posterior envío de los datos a la nube de Internet, donde a través del En el software ThingSpeak, la información se recopilará y se mostrará a través de la web al administrador o al acuicultor para un seguimiento adecuado del cultivo de tilapia.

Toda esta información almacenada en la nube y en una microSD de la Raspberry PI se utilizará para la toma de decisiones durante el cultivo de tilapia.

Para los métodos de prueba, el modelo se implementará primero en un autor de tesis, para probar su funcionamiento y operabilidad.

Se espera que el prototipo pase varias pruebas para poder ser implementado en un estanque de reproducción de tilapia en el futuro.

Para cumplir con este primer paso se adquiere una piscina y un pez tilapia que, con el prototipo de IoT, permitirá sacar conclusiones una vez realizadas las pruebas.

Se explica a continuación los sensores utilizados en el prototipo.

3.8. Elementos principales utilizados en el prototipo IoT.

3.8.1. ESP8266

El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo costo con pila TCP / IP completa y capacidad de unidad de microcontrolador (MCU) producido por el fabricante chino Espressif Systems, con sede en Shanghai.

El chip llamó la atención de los fabricantes occidentales por primera vez en agosto de 2014 con el módulo ESP-01. Este pequeño módulo permite que los microcontroladores se conecten a una red Wi-Fi y establezcan conexiones TCP / IP simples usando comandos similares a Hayes. Sin embargo, en ese momento casi no había documentación en inglés sobre el chip y los comandos que aceptaba. El precio muy bajo y el hecho de que había muy pocos componentes externos en el módulo, lo que sugiere que podría ser muy barato en volumen, atrajo a muchos piratas informáticos a explorar el módulo, el chip y el software que contiene, así como a traducirlo. Chino. Documentación.

Los módulos ESP8266 pueden funcionar con el firmware ESP-AT para proporcionar conectividad Wi-Fi a microcontroladores host externos, o como microcontroladores

independientes con un RTOS SDK que puede ejecutar aplicaciones de conectividad de forma nativa. En ambos modos de operación, los clientes pueden disfrutar de características como conectividad en la nube lista para usar, operación de bajo consumo de energía y soporte para seguridad Wi-Fi, incluido WPA3. (ESP8266, 2020)

Las certificaciones que posee este chip son las siguientes:

- Certificación RF: SRRC, FCC, CE-RED, KCC, TELEC / MIC, IC, NCC.
- Certificación verde: RoHS, REACH.
- Fiabilidad: HTOL, HTSL, μ HAST, TCT, ESD.

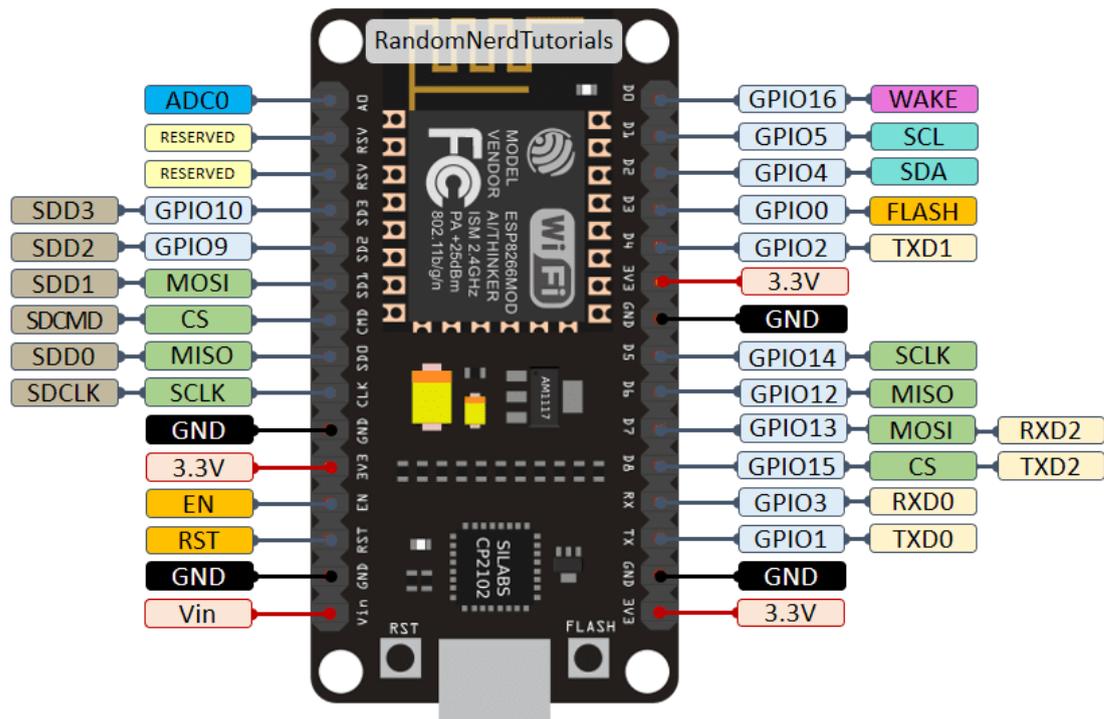


Figura 3.2 ESP8266
Fuente: (ESP8266, 2020)

3.8.2. Especificaciones técnicas del ESP8266

Hardware

- Utiliza un procesador Tensilica L106 de 32 bits
- Voltaje de funcionamiento entre 3 V y 3,6 V
- Corriente de funcionamiento 80 mA
- Temperatura de funcionamiento -40 ° C y 125 ° C

Conectividad

- Soporta protocolos IPv4 y TCP / UDP / HTTP / FTP
- No es compatible con HTTPS al principio. Sí, lo hace a través del software en el cliente y servidor TLS1.2. La primera implementación aún está en desarrollo.

Puertos GPIO (propósito general)

- Husillos esp01
- Tiene 17 puertos GPIO, pero solo 9 o 10. El GPIO16 es especial porque está conectado al RTC (reloj en tiempo real).
- Pueden configurarse con resistencia Pull-up o Pull-down.
- Soporta los principales buses de comunicación (SPI, I2C, UART). especificaciones eléctricas.

Especificaciones eléctricas

- Voltaje de operación entre 3V y 3.6V.
- Según noticias del propio CEO de Espressif, admite voltajes de entrada de 5V y puertos GPIO.

Consumo

- Dependerá de diferentes factores como el funcionamiento del ESP8266, los protocolos que usemos, la calidad de la señal wifi y sobre todo si enviamos o recibimos información por wifi, oscilan entre 0.5 μ A (microamperios) cuando el dispositivo está apagado y 170 mA cuando transmite en la parte superior de la señal.

Modos de funcionamiento

- Debido a sus industrias objetivo, dispositivos portátiles, dispositivos IoT y móviles, el ESP8266 requiere una administración de energía eficiente. Tiene una arquitectura de bajo consumo que funciona en 3 modos.

Modo activo o modo activo: a plena capacidad.

- Modo de suspensión: solo el RTC (reloj en tiempo real) está activo para mantener la sincronización. Permanece en modo de alerta ante posibles eventos que provoquen su despertar. Mantiene los datos de la conexión en la memoria, por lo que no es necesario restablecer la conexión a Wi-Fi, consume entre 0,6 mA y 1 mA.
- Modo de suspensión profunda o suspensión profunda: el RTC está habilitado, pero no está operativo. Debe ingresar al modo de suspensión antes de despertarse. Debes prestar especial atención a los datos porque en este estado es como si estuvieran apagados y se perdieran todos los datos que no están almacenados. Consume alrededor de 20 μ A. (ESP8266, 2020)

3.8.3. Raspberry Pi 3

La Raspberry Pi es una computadora de placa única, placa única o placa única (SBC) de bajo costo desarrollada en el Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de impulsar la educación informática en las escuelas.³⁴⁵ El modelo original

se hizo más popular de lo esperado⁶, incluso vendiendo fuera del mercado objetivo de aplicaciones robóticas. No incluye periféricos (como teclado y mouse) ni carcasa.

Aunque no se indica expresamente si es material gratuito o con derechos de marca, explican en su web oficial que tienen contratos de distribución y venta con dos empresas, pero a la vez cualquier persona puede convertirse en revendedor o redistribuidor de placas Raspberry Pi. , lo que implica que se trata de un producto con titularidad registrada, conservando el control de la plataforma, pero permitiendo su libre uso tanto a nivel educativo como privado. (RaspberryPi, 2019)



Figura 3.3 Raspberry PI
Fuente: (PI, 2020)

3.8.4. Especificaciones técnicas Raspberry PI 3

Raspberry Pi 3B + está fuera. Tiene un procesador más rápido de 1,4 GHz, Gigabit Ethernet (a través de USB), LAN inalámbrica de doble banda y muchos ajustes de hardware interesantes. Puede leer el historial de especificaciones y los puntos de referencia de la Raspberry Pi 3B +. (Frambuesa PI, 2020)

- SoC: Broadcom BCM2837
- Procesador: 4 × ARM Cortex-A53,
- GPU de 1,2 GHz: Broadcom VideoCore IV
- RAM: 1 GB LPDDR2 (900 MHz)
- Redes: Ethernet 10/100, inalámbrica 802.11n de 2,4 GHz
- Bluetooth: Bluetooth clásico 4.1, Bluetooth
- Almacenamiento de baja energía: microSD
- GPIO: conector de 40 pines,
- Puertos equipados: HDMI, conector de audio y video analógico de 3,5 mm, 4 × USB 2.0, Ethernet, interfaz de cámara en serie (CSI), interfaz de pantalla en serie (DSI)

3.9. Sensores de prototipo IoT para la medición de calidad de agua en la crianza de tilapias.

3.9.1. Sensor de temperatura del agua con sonda

El sensor de temperatura digital impermeable MAXIM DS28B20 le permite conocer la temperatura usando un solo cable de datos (1 hilo), puede usar simultáneamente varios sensores en el mismo bus, porque cada sensor tiene una ID de fábrica diferente.

Entre sus aplicaciones más habituales se encuentran la detección de ambientes en edificios, climatización, maquinaria, control y monitorización de procesos industriales, etc.

Especificaciones:

- Voltaje de funcionamiento: 3,0 V - 5,5 V
- Rango de funcionamiento: -55 °C a + 125 °C (-67 ° F a + 257 ° F)
- Precisión en el rango de -10 ° C a + 85 ° C: $\pm 0,5$ ° C
- Resolución seleccionable de 9 a 12 bits
- Cubierta de acero inoxidable de alta calidad, evita la humedad y la oxidación.
- Impermeable
- No se necesitan componentes adicionales.
- Longitud del cable: 1 m
- Cables: rojo (+ VCC), blanco (DATA), negro (GND)



Figura 3.4 Sensor temperatura con sonda
Fuente: (cdtecnologia.net, 2020)

3.9.2. Sensor humedad y temperatura ambiente

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil de usar. Incorpora un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir el aire ambiente, y muestra los datos a través de una señal digital en el pin de datos (no tiene salida analógica). Se utiliza en aplicaciones académicas relacionadas con el control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

Usar el sensor DHT11 con plataformas Arduino / Raspberry Pi / Nodemcu es muy simple tanto en software como en hardware. A nivel de software, existen bibliotecas para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". Desde el punto de vista del hardware, solo necesita conectar el pin de alimentación VCC a 3-5V, el pin GND a tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino. Si desea conectar varios sensores DHT11 al mismo Arduino, cada sensor debe tener su propio pin de datos. Quizás el único inconveniente del sensor es que solo puede obtener nuevos datos cada 2 segundos. Cada sensor se calibra en fábrica para obtener coeficientes de calibración almacenados en su memoria OTP, lo que garantiza una alta estabilidad y confiabilidad en el tiempo. El protocolo de comunicación entre el sensor y el microcontrolador utiliza un solo hilo o cable, la distancia máxima recomendada de longitud del cable es de 20 m, preferiblemente utilizando un cable blindado. Proteja el sensor de la luz solar directa (radiación ultravioleta).

Comparado con DHT22 y DHT21, este sensor es menos preciso, menos preciso y funciona en un rango de temperatura / humedad más pequeña, pero su empaque es más pequeño y más económico.

Voltaje de Operación: 3V - 5V DC

- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura: ± 2.0 °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16*12*5 mm
- Peso: 1 gr.
- Carcasa de plástico celeste
- Alimentación: +5V (VCC)
- Datos (DATA)
- No Usado (NC)
- Tierra (GND)
- Recomendamos utilizar una resistencia de 4.7K Ohm en modo Pull-up, entre el pin de Datos y VCC

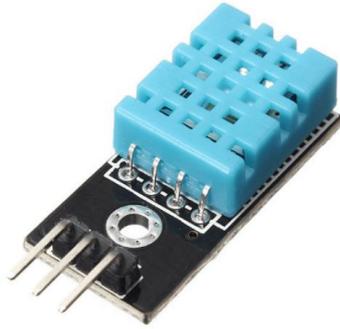


Figura 3.5 Sensor humedad y temperatura
Fuente: (cdtecnologia.net, 2020)

3.9.3. Sensor PH de Agua

- El sensor utilizado es el GAOHOU PH0-14 Valor Detect Sensor Módulo + PH Electrodo Sonda BNC adecuado para Arduino
- Voltaje de calentamiento: $5 \pm 0,2$ V (AC-DC); Corriente de trabajo: 5 – 10 mA; Rango de temperatura del detector: 32.0 – 176.0 °F
- Tiempo de respuesta: ≤ 5 S; Tiempo de arreglo: ≤ 60 S; Potencia del componente: $\leq 0,5$ W; Rango de concentración detectable: PH0-14; Tamaño del módulo: 1.654 in \times 1.260 in \times 0.787 in; Salida: salida de señal de voltaje analógico; con 4 agujeros de montaje M3.
- Temperatura de trabajo: -10~122.0 °F (temperatura nominal 68.0 °F); Humedad: 95% RH (humedad nominal 65 % RH)
- El paquete incluye: 1 módulo de sensor de prueba de detección de valor líquido PH0-14; 1 interfaz BNC con sensor hidropónico de sonda de electrodo PH.
- La sonda de electrodo PH es precisa y fiable que puede dar lecturas casi instantáneas; rango de PH: 0 – 14 PH; Rango de temperatura: 32.0 – 176.0 °F; Zero-point: $7 \pm 0,25$ PH; Resistencia interna: 250 M Ω , el color del artículo puede ser ligeramente diferente del que se muestra en la imagen, que se encuentra principalmente en diferentes efectos de luz y monitor de ordenador. (África, Aguilar, Lim, Pacheco, & Rodrin, 2017)



Figura 3.6 Sensor PH agua
Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

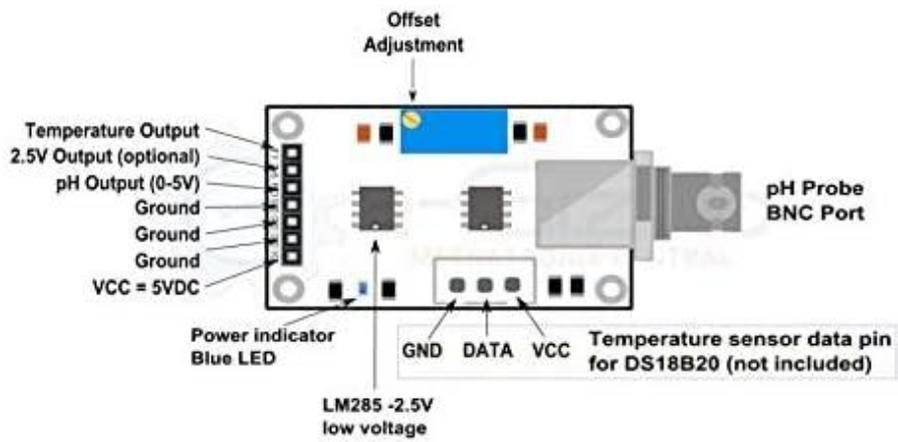


Figure 1: pH Sensor module kit v2 pinouts

Figura 3.7 Sensor PH agua conexiones
Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

Figure 1: Reference pH Value and Output voltage.

pH Value	Output
4	3.071
7	2.535
10	2.066

Table 2. pH Value of the known substances.

0	5% Sulphuric acid, H ₂ SO ₄ , battery acid.
1	0.1 N HCl, hydrochloric acid (1.1)
2	Lemon juice, Vinegar (2.4-3.4)
3	wine (3.5-3.7)
4	Orange juice, Apple juice (3.8), Beer, Tomatoes.
5	Cottage cheese, Black coffee, Rain water 5.6.
6	Milk, Fish (6.7-7), chicken (6.4-6.6).
7	Neutral: equal numbers of hydrogen and hydroxyl ions. Blood (7.3-7.4). Distilled water without CO ₂ , after boiling.
8	Sea water (8.1), Egg white.
9	Borax, baking soda.
10	Milk of magnesia, Magnesium hydroxide Mg (OH) ₂ .
11	Household ammonia
12	Photographic developer, household bleach
13	Oven cleaner
14	Sodium lye NaOH, 1 mol/litre.

Figura 3.8 Referencia PH
Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

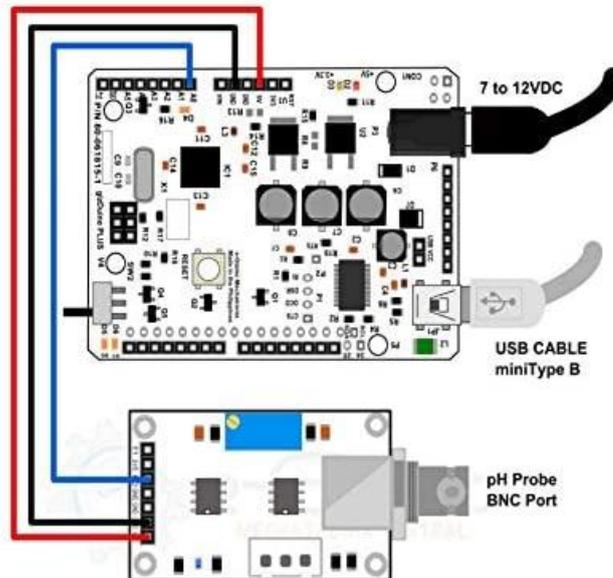


Figura 3.9 Conexiones sensor
Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

IMPORTANT TIPS:

On How to Clean pH Electrodes:

1. Do not "wipe" or rub the electrode.
2. Swirl the electrode gently in the cleaning solution.
3. Gently rinse with deionized or distilled water.
4. Store in a storage solution.
5. When possible, use a specialized electrode.

Which Cleaning Solution to use?

The cleaning solution you use will depend upon your particular process and the residues you are trying to remove. There is a wide range of pre-mixed cleaning solutions available online or you can make your own. Make sure you take care when handling any cleaning solution – some can be hazardous so make sure you follow all safety instructions and wear appropriate protection equipment!

(For more information - Please go to reference link)

Reference:

<https://www.southforkinst.com/ph-electrodes-clean-repair/>

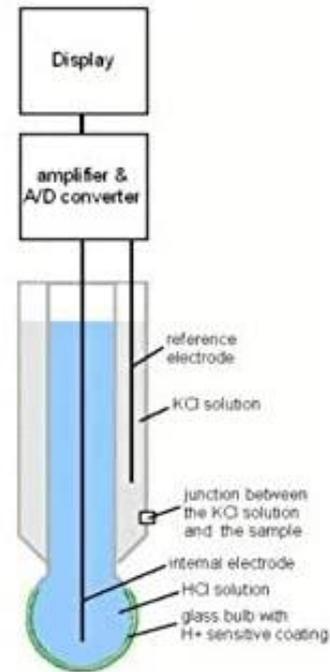


Figure 3: pH Electrode parts

Figura 3.10 Descripciones del sensor PH

Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

- Módulo sensor de detección de valor PH0-14
- Tensión de calefacción: $5 \pm 0,2$ V (DC AC).
- Corriente de funcionamiento: 5 - 10 mA.
- Rango de concentración detectable: PH0-14
- Rango de temperatura de detección: 32,0-176,0 ° F
- Tiempo de respuesta: ≤ 5 S.
- Tiempo de ajuste: ≤ 60 S.
- Potencia del componente: $\leq 0,5$ W.
- Temperatura de funcionamiento: 14.0-122.0 ° F (temperatura nominal 68.0 ° F).
- Humedad: 95% RH (humedad nominal 65% RH)
- Tamaño del módulo: 1,654 pulgadas x 1,260 pulgadas x 0,787 pulgadas.
- Salida: salida de señal analógica.
- Con 4 orificios de montaje M3.

El electrodo de PH tiene un solo cilindro que permite la conexión directa al terminal de entrada de un medidor de pH, controlador o cualquier dispositivo de PH que tenga un terminal de entrada BNC.

La sonda del electrodo de PH es precisa y confiable y puede dar lecturas casi instantáneas.

Características:

- Rango de pH: 0 - 14 PH
- Rango de temperatura: 32.0 - 176.0 ° F.
- Punto cero: 7 ± 0,25 PH
- Error alcalino: ≤15 mv
- Porcentaje teórico de la asignatura: 98%
- Resistencia interna: 250 MΩ
- Tiempo de respuesta: 1 min.
- Temperatura de funcionamiento: 0 a 140,0 ° F.
- Bloques de terminales: conector BNC.

El paquete incluye:

- 1 módulo de sensor de prueba de detección de valor líquido PH0-14.
- 1 interfaz BNC con sensor hidropónico de sonda de electrodo PH.

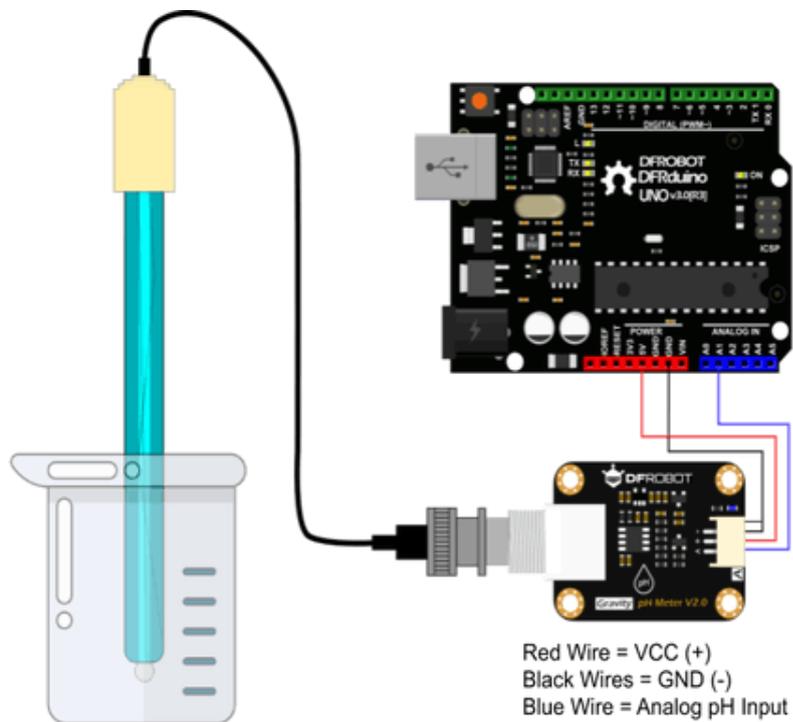


Figura 3.11 Conexiones sensor
 Fuente: (Uelectronics.com, 2021)

3.9.4. Sensor TDS METER

Este sensor de sonda TDS para Arduino se utiliza para medir el valor TDS del agua. El valor TDS se puede utilizar como una de las bases para reflejar la limpieza del agua.

- TDS (Total Sólidos Disueltos): indica cuántos miligramos de sólidos solubles se disuelven en un litro de agua. Cuanto mayor sea el valor TDS, más sólidos solubles se disuelven en agua y menos agua se limpia.
- Esta sonda medidora TDS es plug and play y fácil de usar. Además, el amplio voltaje de suministro de 3,3 ~ 5,5 V y la salida de señal analógica de 0 ~ 2,3 V. Viene con cables de conector XH2.54-2P/3P.
- Su electrodo puede medir materiales conductivos, como sólidos suspendidos, metales pesados e iones conductores en agua. Además, se puede utilizar para pruebas de calidad del agua en el campo del agua doméstica e hidroponía.
- Con este sensor, puedes hacer fácilmente un detector TDS y comprobar fácilmente la limpieza del agua para mejorar la calidad del agua. (Robotshop.com, 2021)

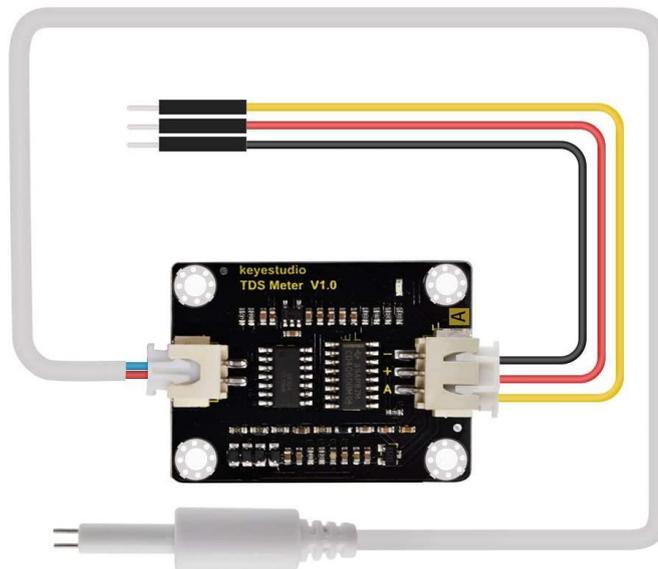


Figura 3.12 Sensor TDS
Fuente: (Robotshop.com, 2021)

- El kit de sensor TDS de Keyestudio es compatible con controladores Arduino, plug and play, sensor TDS analógico fácil de usar para hidroponía y control de calidad del agua. (Robotshop.com, 2021)

Parámetros técnicos:

- Sensor TDS Metro:
- Voltaje de entrada: CC 3,3 ~ 5,5 V.
- Voltaje de salida: 0 ~ 2,3 V.
- Corriente de funcionamiento: 3 ~ 6 mA.

- Rango de medición TDS: 0 ~ 1000 ppm.
 - Precisión de medición TDS: $\pm 10\%$ F.S. (77.0 °F).
 - Interfaz del módulo: XH2.54-3P
 - Interfaz del electrodo: XH2.54-2P.
 - Sonda TDS impermeable:
 - Número de agujas: 2.
 - Longitud total: 32.7 in.
 - Interfaz de conexión: XH2.54-2P.
 - Color: blanco.
-
- Sensor TDS Meter V1.0 para Arduino x1
 - 1 sonda TDS impermeable.
 - 1 cable puente XH2.54-3 pines.

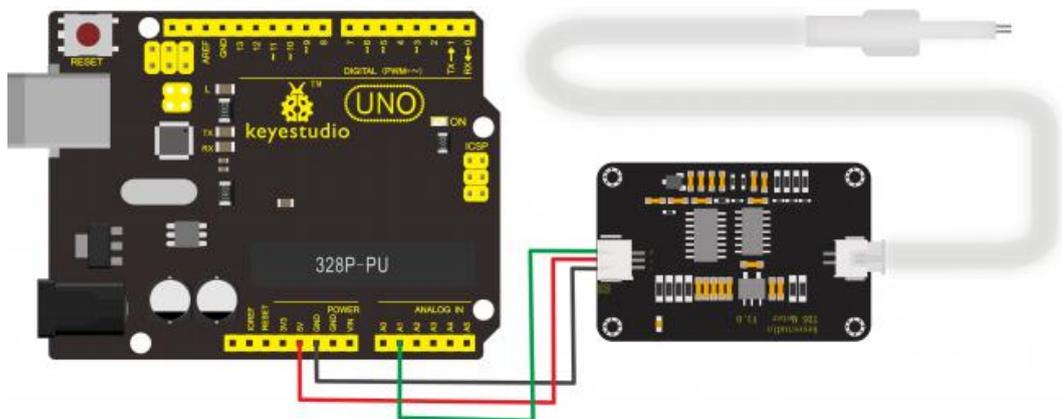


Figura 3.13 Conexiones sensor TDS
Fuente: (Robotshop.com, 2021)

3.9.5. Sensor de oxígeno disuelto

Dentro de los parámetros de medición para la calidad de agua en la piscina de crianza de tilapia el oxígeno disuelto es muy importante para mantener con salud a los alevines.

Para este proyecto de investigación se utilizó el medidor de oxígeno disuelto con sonda DO, mide entre 0 a 20 mg/L con resolución de 0,01 mg/L.

Se recomienda realizar las pruebas de oxígeno disuelto una vez a la semana para la correcta monitorización. Este sensor es el único independiente del prototipo debido a que no se encontró un sensor económico adaptable a Arduino para esta funcionalidad.



Figura 3.14 Sensor de oxígeno disuelto.

3.9.6. Sensor de nivel de agua

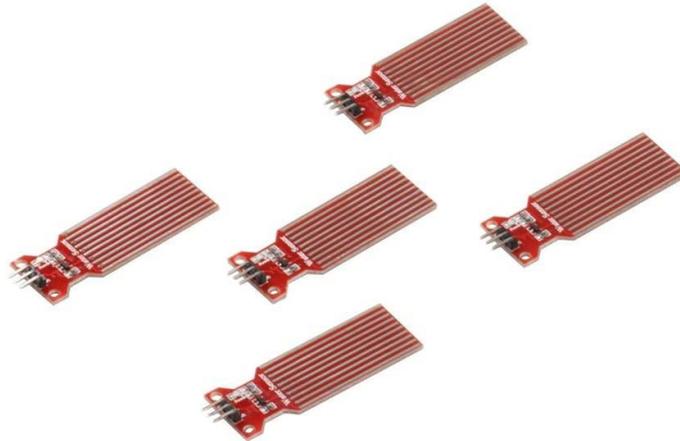


Figura 3.15 Sensor nivel de agua
Fuente: (Prometec.net, 2021)

- Voltaje de funcionamiento del sensor de nivel de agua: DC3-5 V.
- Corriente de funcionamiento: menos de 20 mA.
- Área de detección: 1.575 "x 0.630".
- Proceso de fabricación: FR4 HASL de doble cara.
- Temperatura de funcionamiento: 10 a 30 °C.
- Humedad: 10% -90% sin condensación.
- Tamaño: 2.441 x 0.787 x 0.315 pulgadas.

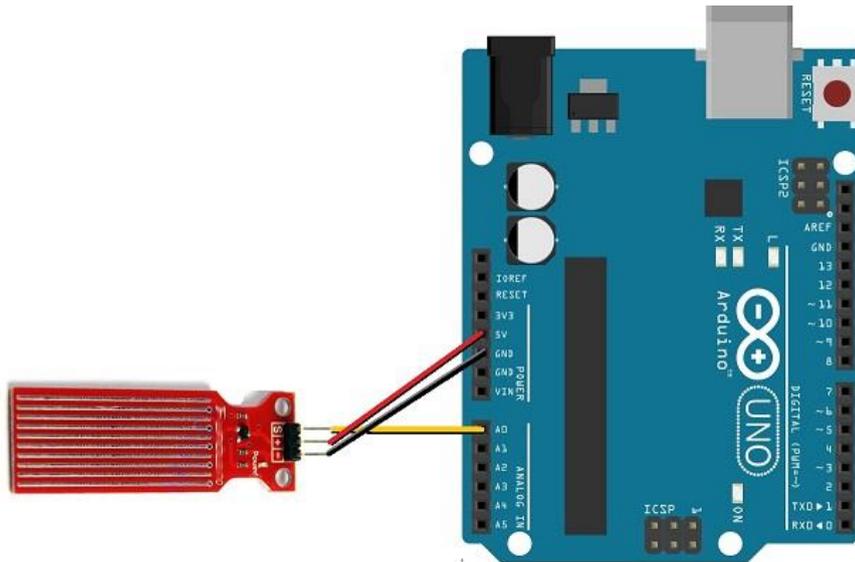


Figura 3.16 Diagrama de conexión de sensor nivel de agua
Fuente: (Prometec.net, 2021)

3.9.7. Sensor MQ4 (Gas Metano)

El detector de gas metano del módulo MQ-4 es un sensor electroquímico que varía su resistencia al contacto con el metano, teniendo una respuesta inmediata. Tiene 2 salidas, una analógica y otra digital.

El detector de metano del módulo MQ-4 puede detectar una concentración de metano entre 200 y 10,000 ppm (partes por millón). Se utiliza para la detección de metano (CH₄) y propano (C₃H₈). Gas en el aire. Tiene un potenciómetro para ajustar la sensibilidad del sensor.



Figura 3.17 Sensor de gas metano
Fuente: (Luisllamas.es, 2021)

- Voltaje de entrada: 5 V
- Consumo de energía: <900 mW
- Dispositivo básico: sensor MQ4.
- Detección de concentración: de 200 a 10.000 ppm. (gas natural / metano)
- Tiempo de respuesta: ≤ 10 s
- Resistencia de carga: 20 K Ω
- Resistencia de detección de Rs: 10K Ω - 60K Ω (1000ppm CH 4)
- Tiene alta sensibilidad y tiempo de respuesta rápido.
- Humedad: $\leq 95\%$ RH
- Temperatura de funcionamiento -20 ° C ~ 50 ° C

3.9.8. Sensor MQ7 (Monóxido de carbono)



Figura 3.18 Sensor monóxido de carbono
Fuente: (Luisllamas.es, 2021)

Es un sensor de monóxido de carbono (CO) fácil de usar, ideal para detectar concentraciones de CO en el aire. El MQ-7 puede detectar concentraciones entre 20 y 2000 ppm.

El módulo tiene una salida analógica que proviene del divisor de voltaje que forma el sensor y una resistencia de carga. También tiene una salida digital la cual está calibrada con un potenciómetro, esta salida tiene un indicador led.

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Voltaje de Calentamiento: 5V (alto) y 1.4V (bajo)
- Resistencia de carga: regulable
- Resistencia de calentamiento: 33 Ohm
- Tiempo de Calentamiento: 60s (alto) 90s (bajo)
- Consumo de Resistencia: aprox. 350mW
- Concentración de Oxígeno: 21%

3.9.9. Sensor MQ135 (Calidad de aire)



Figura 3.19 Sensor calidad de aire
Fuente: (Luisllamas.es, 2021)

Este sensor de control de calidad del aire se utiliza para la detección de contaminación en el ambiente, generalmente se implementa en circuitos de control como alarmas en casas, lugares donde se desea evitar altos niveles de contaminación aeróbica como industrias que manejan compuestos químicos que también pueden ser nocivo para la salud, especialmente en equipos de control de calidad del aire en edificios / oficinas.

Este sensor se encarga de detectar la concentración de gas en varios porcentajes, como sus análogos MQ-3/4/5. La señal de salida proporcionada por el MQ-135 es dual, analógica y digital. En cuanto a la señal analógica suministrada, es directamente proporcional al aumento de voltaje. La señal digital tiene niveles TTL para que esta señal pueda ser procesada por un microcontrolador.

Texto generado de 125 palabras.

- Voltaje de funcionamiento: 5 V CC
- Corriente de funcionamiento: 150 mA
- Consumo de energía: 800 mW
- Tiempo de calentamiento: 20 segundos
- Resistencia de carga: potenciómetro (ajustable)
- Detección de partes por millón: 10 ppm ~ 1000 ppm
- Concentración detectable: amoníaco, azufre, benceno, humo
- Concentración de oxígeno: 2% ~ 21%
- Humedad de funcionamiento: <95% RH
- Temperatura de funcionamiento: -20 ° C ~ 70 ° C

3.9.10. Sensor MQ8 (Sensor de Hidrógeno)



Figura 3.20 Sensor de hidrógeno
Fuente: (Luisllamas.es, 2021)

El MQ-8 se encarga de detectar concentraciones de hidrógeno en el aire con una alta sensibilidad al hidrógeno, Contiene electrónica básica para poder realizar la interfaz con un microcontrolador. El módulo tiene un tamaño pequeño y fácil de utilizar, cuenta con 2 salidas una analógica y una digital.

El MQ-8 Puede detectar concentraciones de hidrógeno en el rango de 100 a 10000 ppm (partes por millón). Se utiliza para la detección de hidrógeno, cuenta con un potenciómetro para ajustar la sensibilidad del sensor la salida es proporcional a la densidad del gas.

El Sensor MQ-8 tiene una conductividad baja cuando el aire es limpio. Cuando el sensor detecta hidrógeno la conductividad del sensor aumenta junto con el aumento de la concentración del gas. El módulo cuenta con un electro circuito que convierte el cambio de conductividad para que corresponda con la señal de salida de la concentración de gas.

- Tiene alta sensibilidad y tiempo de respuesta rápido
- Desde 100 a 10000ppm.
- Voltaje de entrada 5 V.
- Temperatura de funcionamiento: -10 a 50 °C
- Consumo de potencia: menos de 750 mW
- Resistencia de carga: regulable
- Concentración de Oxígeno: 21%
- Dispositivo base sensor MQ8
- Pines 1-salida, 2 GND, 3-VCC
- Salida digital: DO
- Salida analógica: AO
- Tamaño: 32mm x 22mm x 27mm.
- Output analógico: A mayor concentración más alta es la tensión de salida.
- Buena sensibilidad al hidrógeno.
- Tiene una larga vida y fiable.

3.10. Frecuencia de monitorización de parámetros de calidad de agua.

Se recomienda mediciones diarias y semanales de los parámetros que miden los sensores. Para efectos educativos actualmente los datos se están tomando cada 10 minutos, sin embargo, las recomendaciones son las siguientes:

3.11. Resumen de parámetros importantes a considerar.

En la siguiente tabla se muestra un resumen a algunos parámetros importantes a considerar para la monitorización y la crianza de la tilapia.

Tabla 3.1 Parámetros importantes para la crianza de tilapias

PARÁMETROS IMPORTANTES		
Edad de madurez	6 meses (machos)	5 meses (hembra)
Desove (puesta de huevos)	5 a 8 veces al año	
Temperatura de desove	25°C a 31°C	
Numero de huevos	más de 100 huevos	
vida reproductiva	2 a 3 años	
Temperatura de hábitat	25°C a 34°C	
Hábitat	Tropical y subtropical	Estanques , Lagunas
Gases tóxicos (Dióxido de carbono)	20 ppm	
Gases tóxicos (Gas metano)	25 ppm	
Alcalinidad	100 ppm - 200 ppm	
Sólidos en suspensión	25 mg/l	
Altitud	850 a 2000 msnm	
Tamaño piscina	5 metros cúbicos	

3.12. Diseño electrónico de prototipo IoT.

Para el diseño del prototipo se realizó un diseño electrónico de la PCB, a continuación, se muestran los diagramas de conexiones del prototipo.

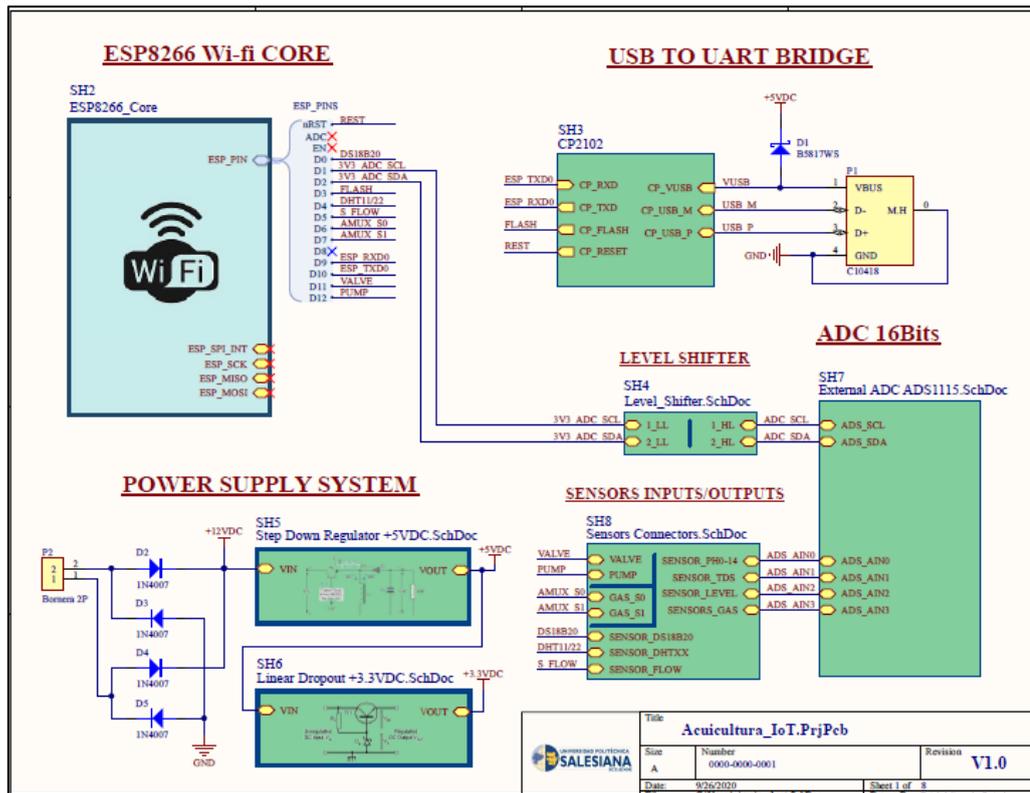


Figura 3.21 Diagrama de conexiones prototipo acuicultura IoT.

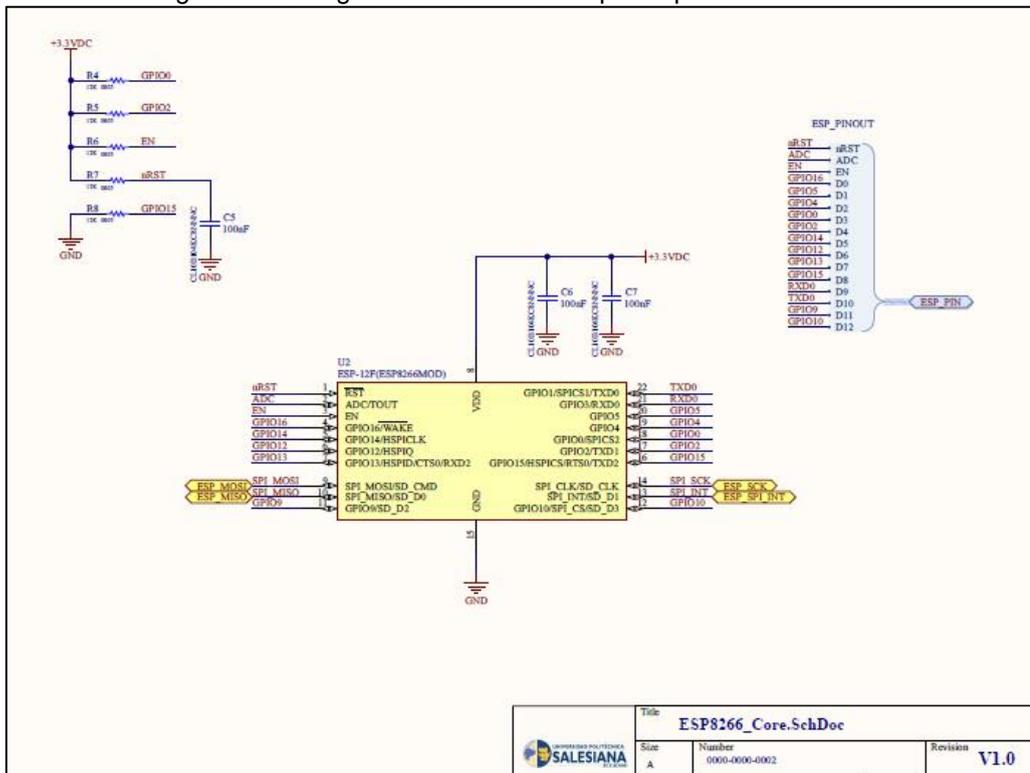


Figura 3.22 Esquemático del ESP8266

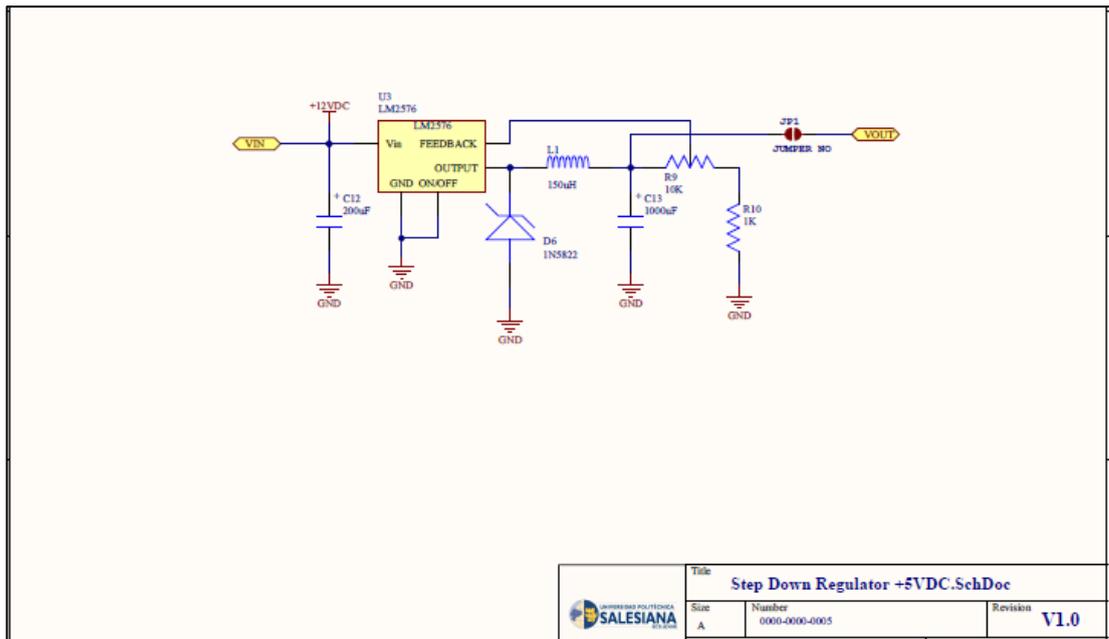


Figura 3.25 Esquemático regulador de voltaje

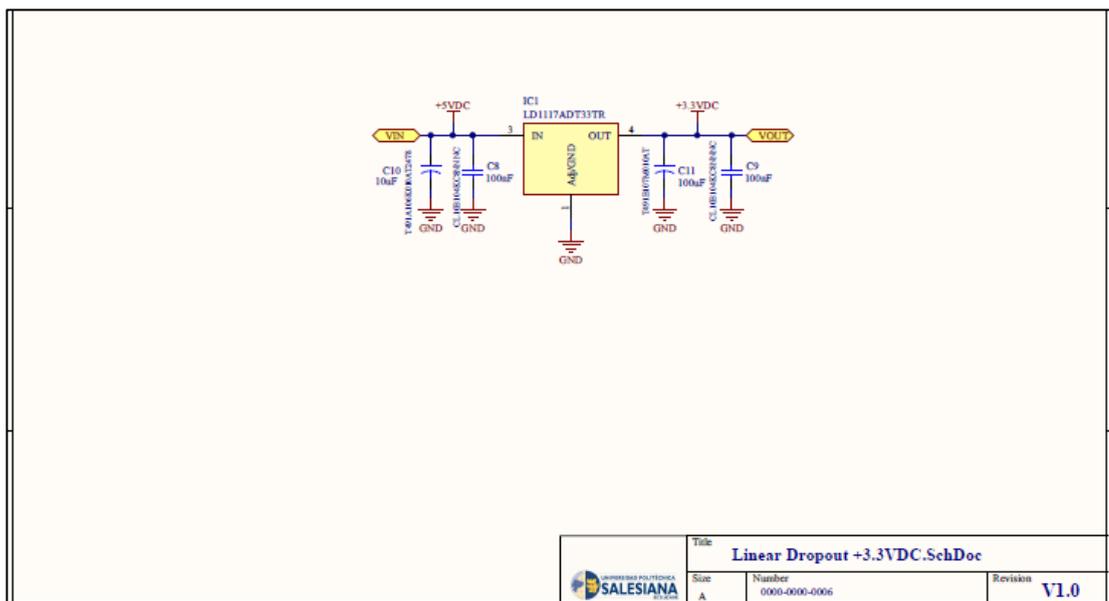


Figura 3.26 Esquemático LD1117

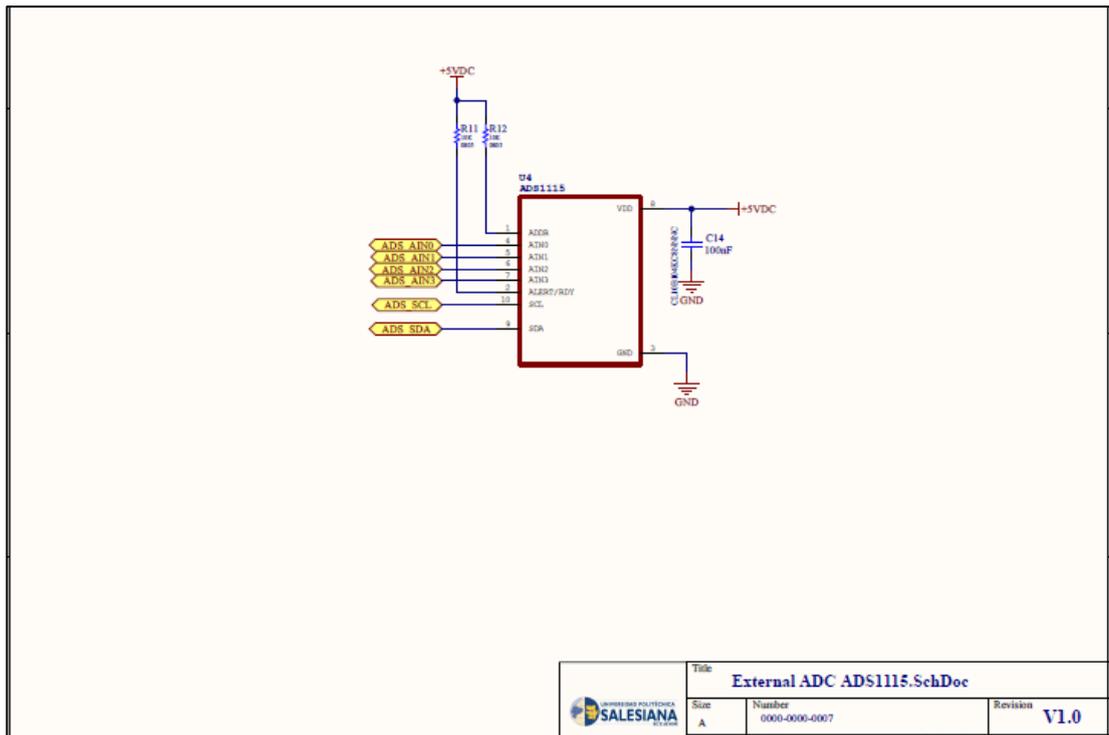


Figura 3.27 Esquemático ADC ADS1115

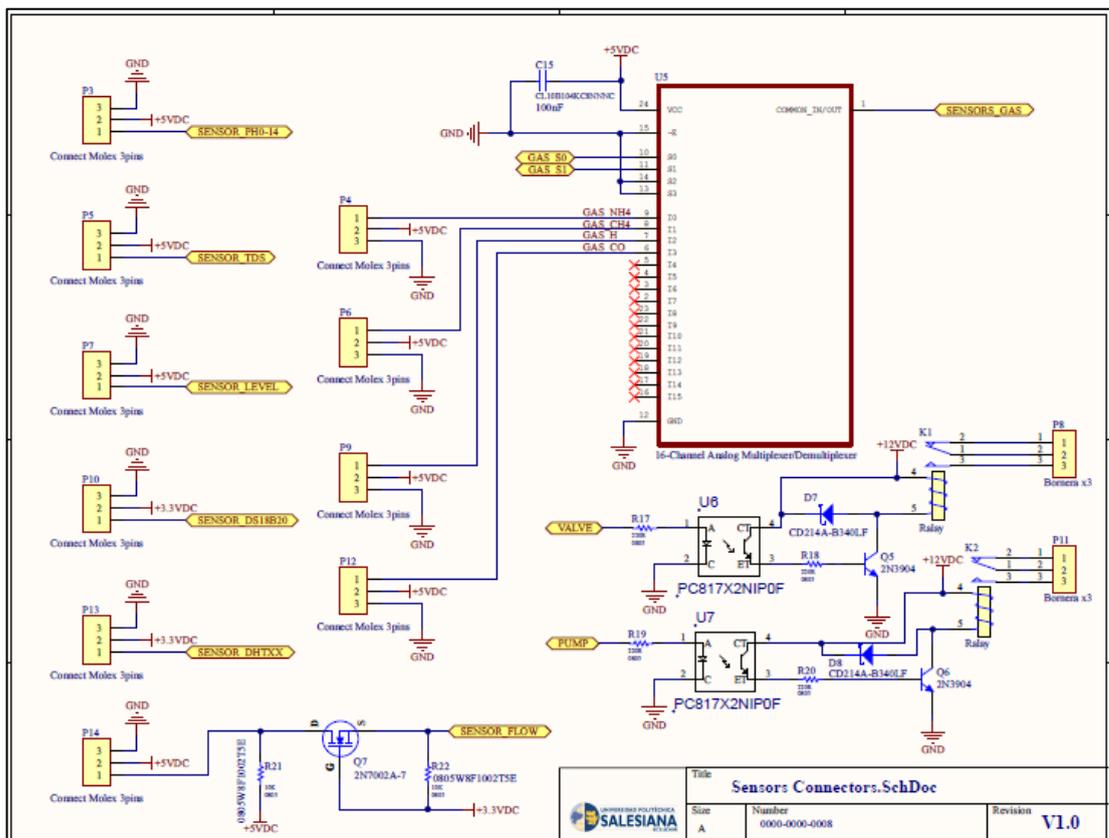


Figura 3.28 Conexiones de sensores

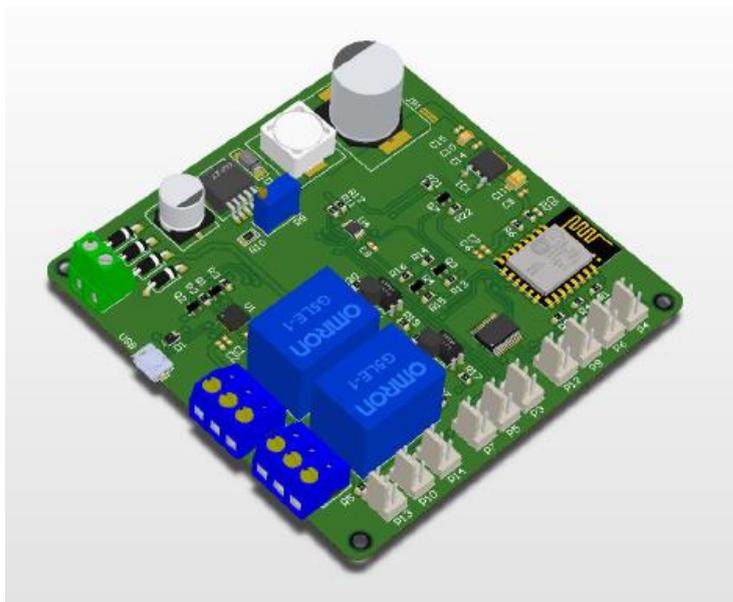


Figura 3.29 Diseño de PCB

3.13. Ensamblaje electrónico del prototipo IoT.

En esta sección se presenta los respaldos fotográficos del ensamblaje del prototipo IoT de acuicultura.



Figura 3.30 Ensamblaje electrónico



Figura 3.31 Laboratorio de diseño de PCB



Figura 3.32 Ensamble de PCB



Figura 3.33 Soldadura de elementos



Figura 3.34 Tarjeta PCB



Figura 3.35 Impresora 3D

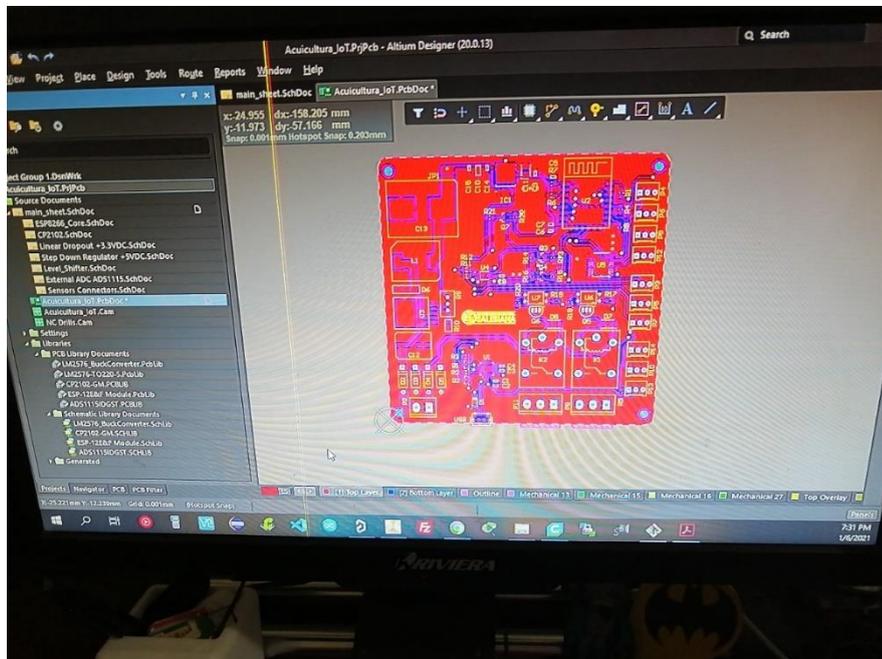


Figura 3.36 Diseño en software

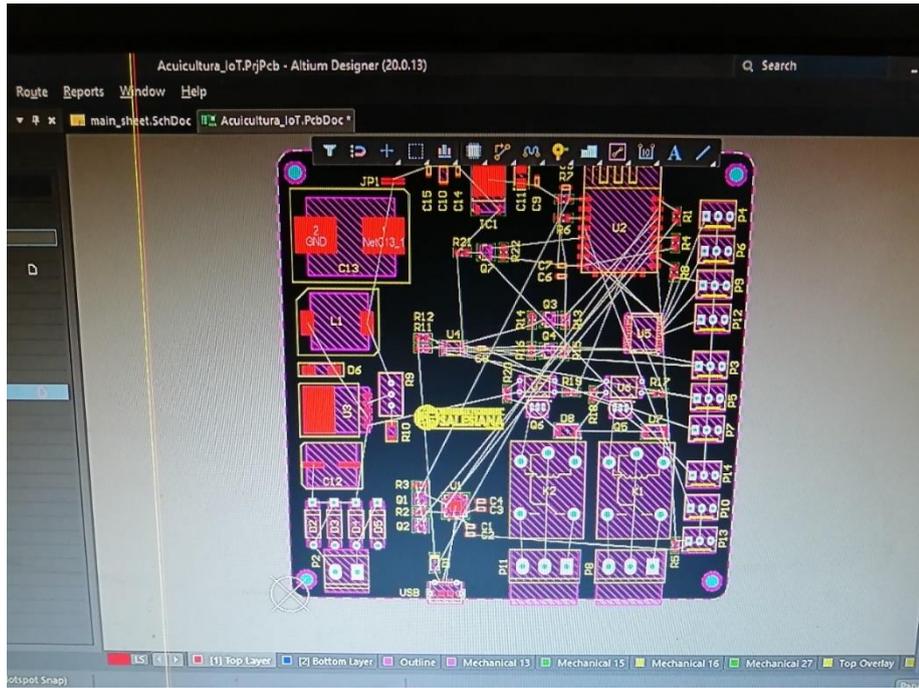


Figura 3.37 Diseño de tarjeta

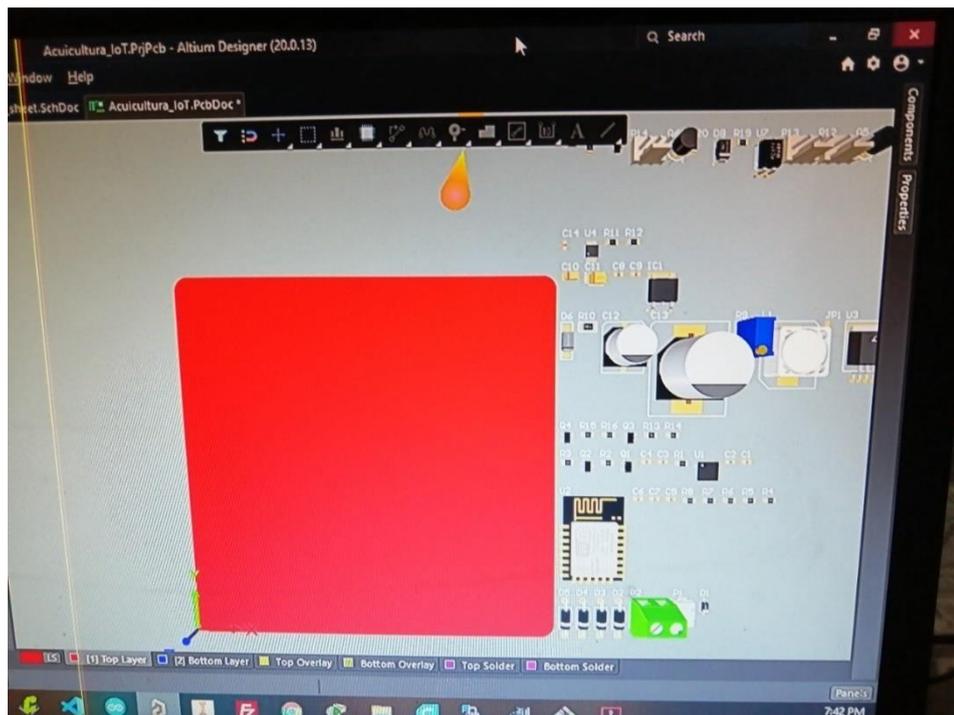


Figura 3.38 Elementos electrónicos de tarjeta PCB

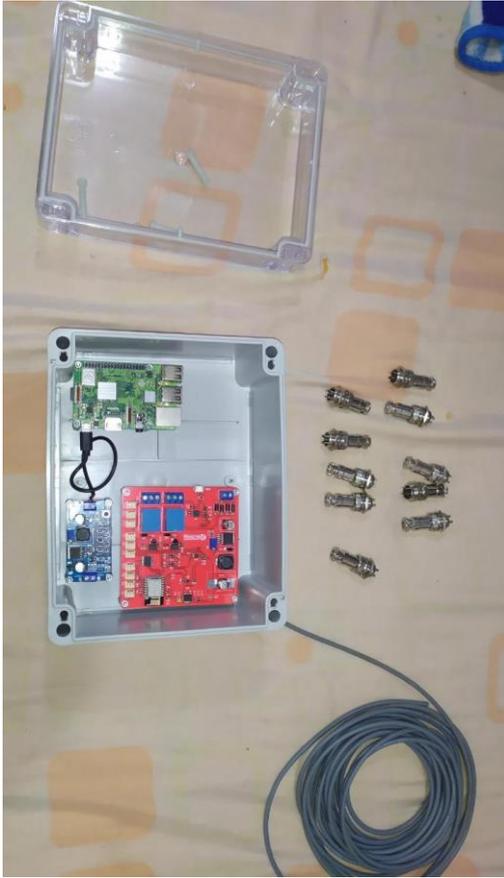


Figura 3.39 Ensamblaje de elementos



Figura 3.40 Monitor con su case

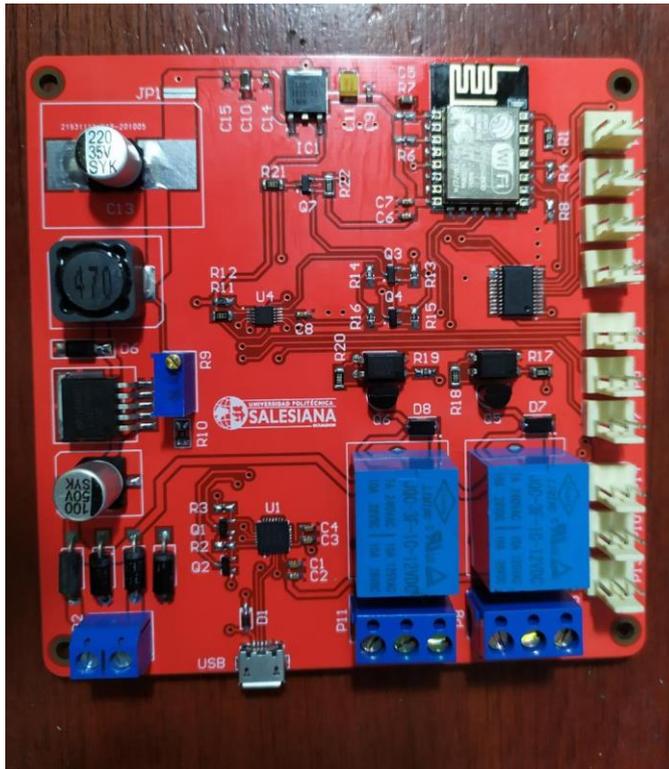


Figura 3.41 Vista frontal de PCB



Figura 3.42 Sensores



Figura 3.43 Caja para prototipo

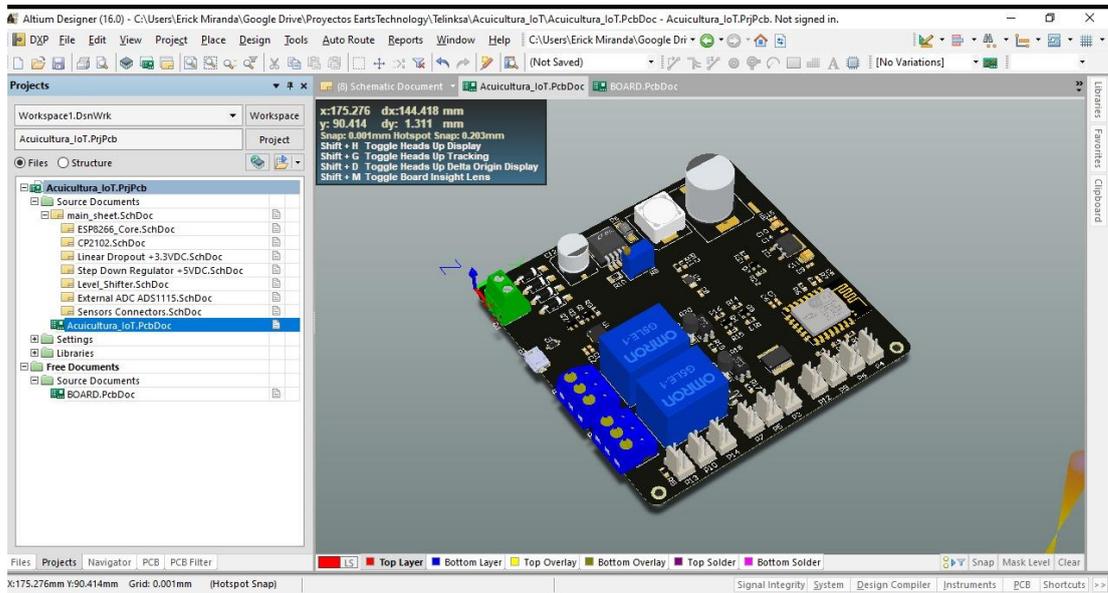


Figura 3.44 Diseño final en software



Figura 3.45 Prueba de prototipo en laboratorio

3.14. Ensamblaje de piscina para acuicultura.

En esta sección se presenta los respaldos fotográficos del ensamblaje de la piscina para acuicultura.



Figura 3.46 Armado de piscina



Figura 3.47 Armado de estructura



Figura 3.48 Ensamblaje final



Figura 3.49 Llenado de piscina



Figura 3.50 Colocar sensores en piscina



Figura 3.51 Fijación de sensores



Figura 3.52 Ensamble de motor aireador



Figura 3.53 Pruebas de prototipo con piscina



Figura 3.54 Maqueta pecera



Figura 3.55 Alevines de tilapia



Figura 3.56 Alimento de alevines de tilapias

3.15. Pruebas de sensores en prototipo IoT

En esta sección se muestran las evidencias de las pruebas de laboratorio que se realizaron con los sensores.



Figura 3.57 Conexiones internas de prototipo



Figura 3.58 Conexiones Raspberry

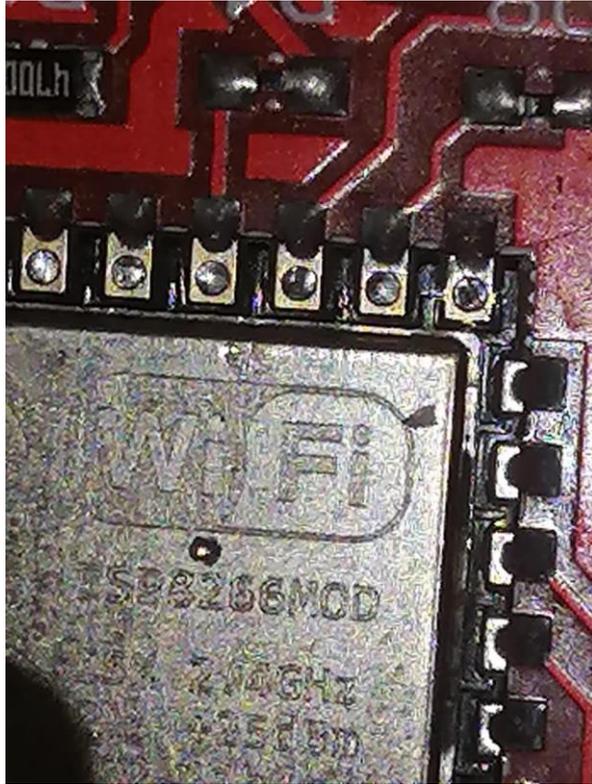


Figura 3.59 Chip Wifi



Figura 3.60 Conectores de sensores



Figura 3.61 Sensores de gases



Figura 3.62 Sensor PH de agua



Figura 3.63 Sensor TDS

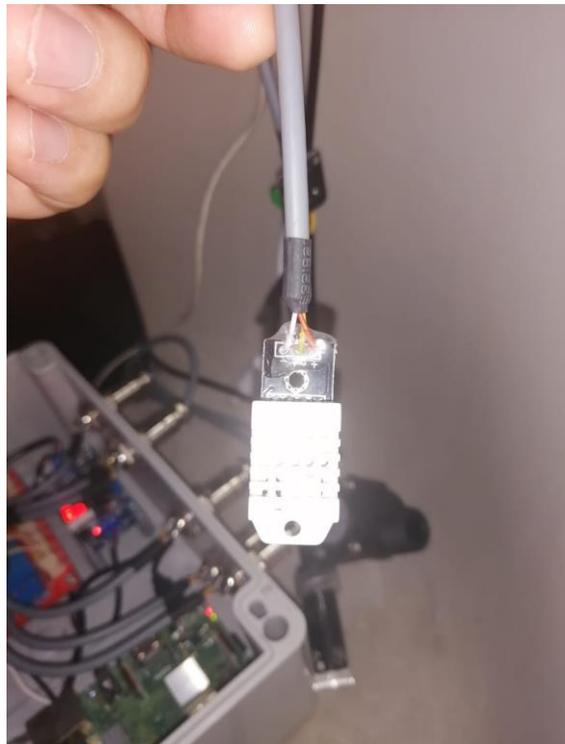


Figura 3.64 Sensor humedad y temperatura

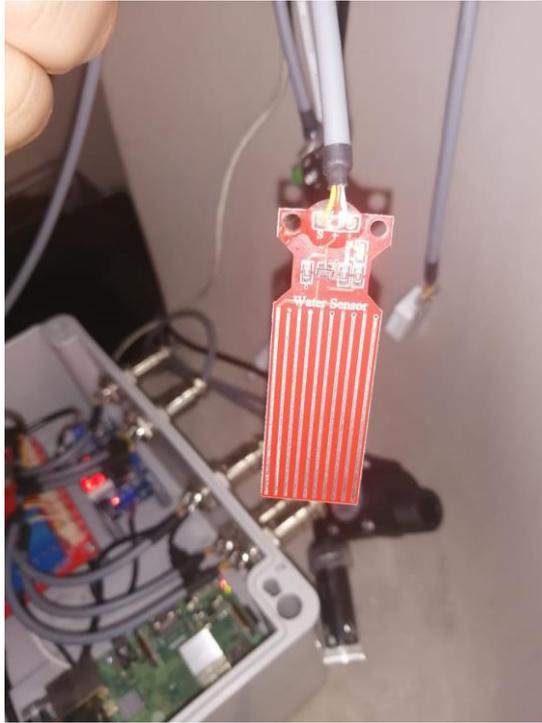


Figura 3.65 Sensor nivel de agua



Figura 3.66 Prototipo con pedestal

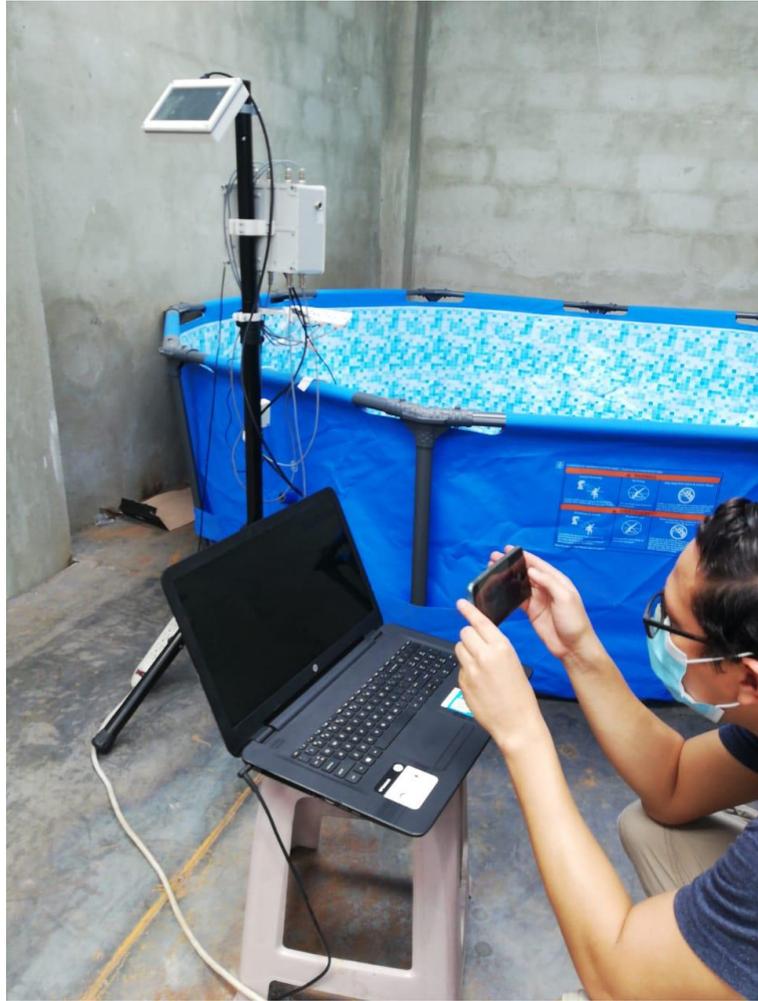


Figura 3.67 Pruebas de sensores en campo



Figura 3.68 Extensor WIFI para incrementar señal inalámbrica

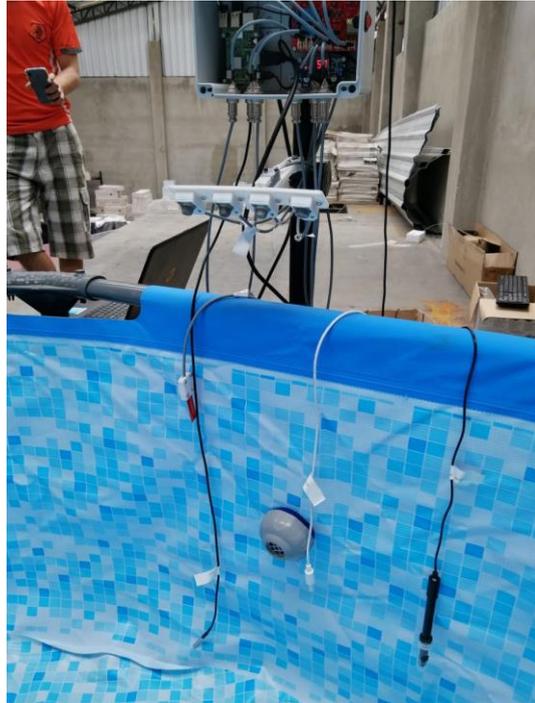


Figura 3.69 Pruebas de sensores en piscina



Figura 3.70 Toma de datos de sensores

3.16. Configuraciones de ThingSpeak

En esta sección se presentan las evidencias de las configuraciones de la aplicación web en la nube ThingSpeak. Mediante esta aplicación podemos visualizar los datos enviados desde el prototipo a la nube.

The screenshot shows the main page of a ThingSpeak channel. At the top, there is a blue navigation bar with the ThingSpeak logo and menu items: Channels, Apps, and Support. On the right side of the bar, there are links for Commercial Use, How to Buy, and a user profile icon labeled 'CD'. Below the navigation bar, the channel name 'Proyecto Acuicultura IoT' is displayed. To the left of the channel name, the following information is shown: Channel ID: 1244877, Author: mwa000020478672, and Access: Public. To the right, a description in Spanish reads: 'Proyecto de Investigación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO IOT PARA EL MONITOREO REMOTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA CRIANZA DE TILAPIAS EN ESTANQUES" desarrollado por César Delgado y William Valencia'. Below this, there are tabs for Private View, Public View (selected), Channel Settings, Sharing, API Keys, and Data Import / Export. A row of buttons includes 'Add Visualizations', 'Add Widgets', 'Export recent data', 'MATLAB Analysis', and 'MATLAB Visualization'. Underneath, the 'Channel Stats' section shows: Created: about 2 hours ago, Last entry: less than a minute ago, and Entries: 244.

Figura 3.71 Pantalla principal de la cuenta de ThingSpeak

The screenshot shows the 'My Channels' page in ThingSpeak. At the top, there is a browser address bar showing 'thingspeak.com/channels'. Below it is the same blue navigation bar as in the previous screenshot. The main heading is 'My Channels'. On the left, there is a green 'New Channel' button. To the right, there is a search bar labeled 'Search by tag' with a magnifying glass icon. Below these elements is a table with the following structure:

Name	Created	Updated
Proyecto Acuicultura IoT Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2020-11-28	2020-11-28 21:17

Figura 3.72 Configuración de canales en ThingSpeak

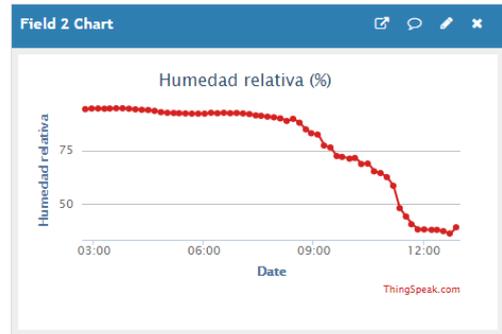
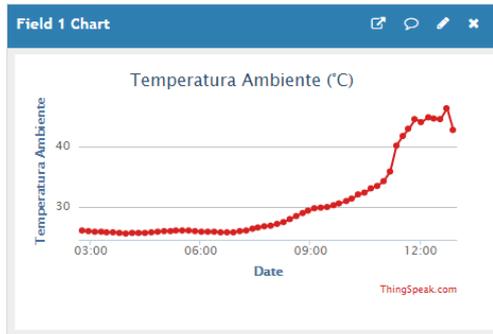


Figura 3.73 Monitoreo de sensores de temperatura ambiente y humedad relativa

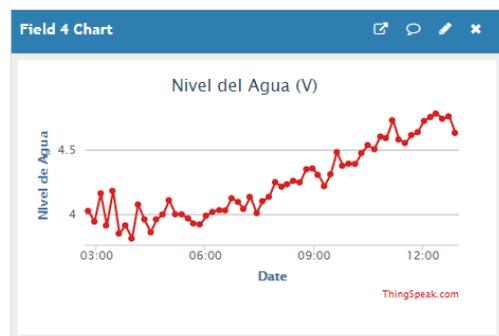
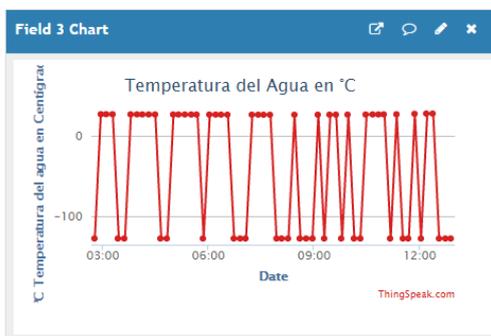


Figura 3.74 Monitoreo de sensores de temperatura de agua y nivel de agua

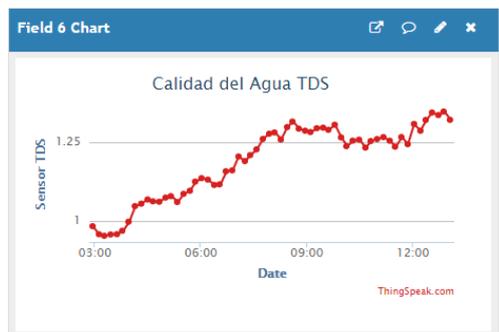


Figura 3.75 Monitoreo de sensores de pH de agua y calidad del agua

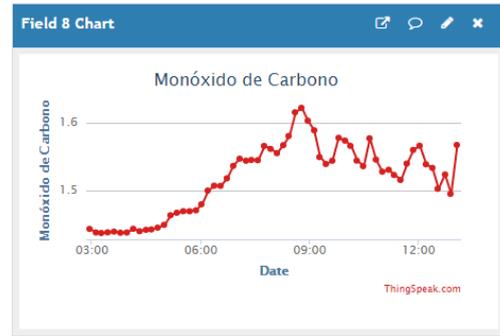
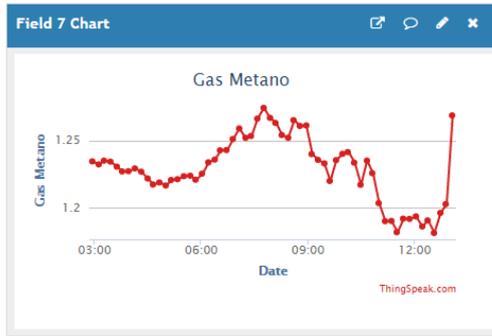


Figura 3.76 Monitoreo de sensores de gas metano y monóxido de carbono

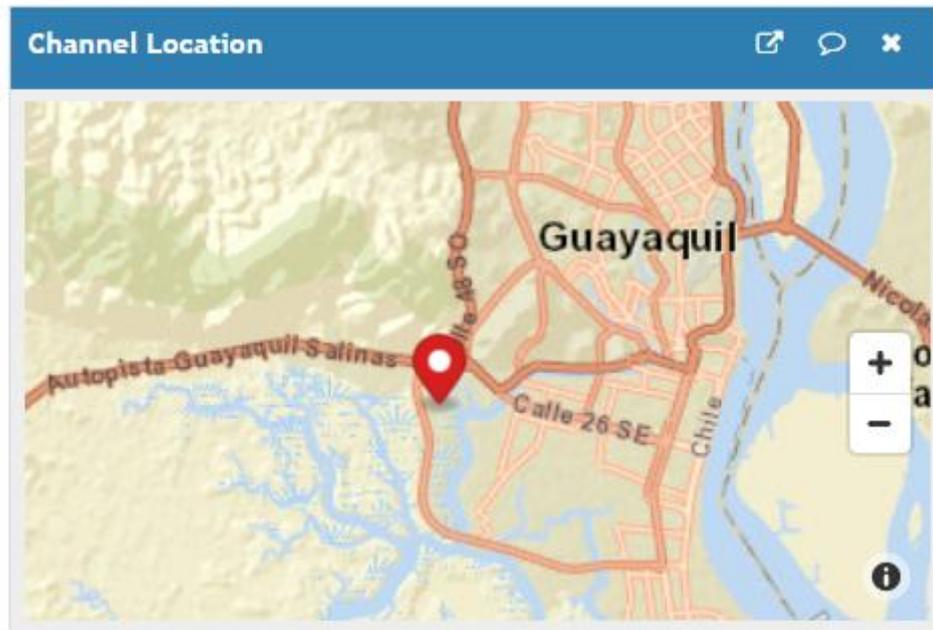


Figura 3.77 Localización de prototipo Vía a la Costa Guayaquil

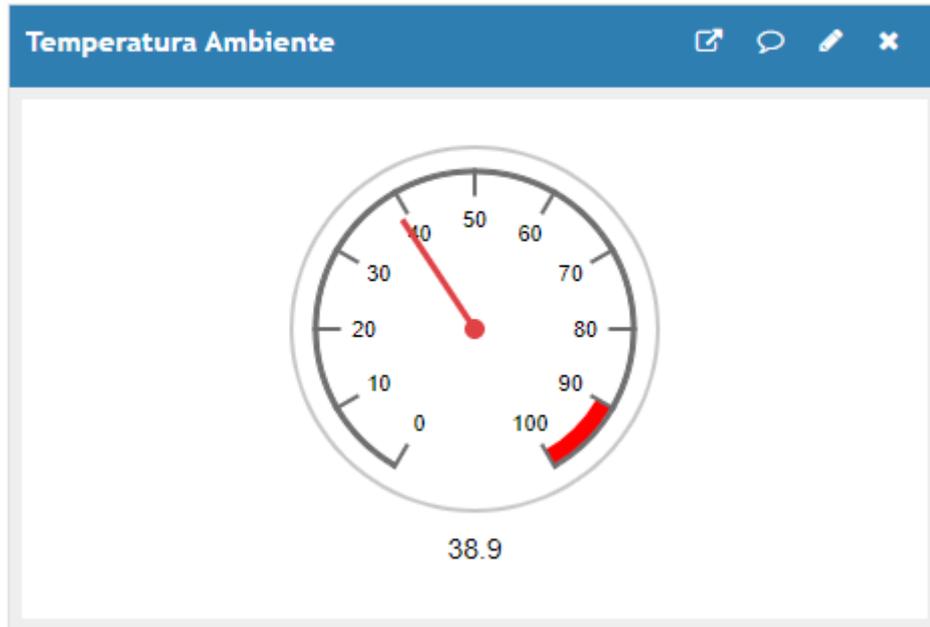


Figura 3.78 Temperatura ambiente

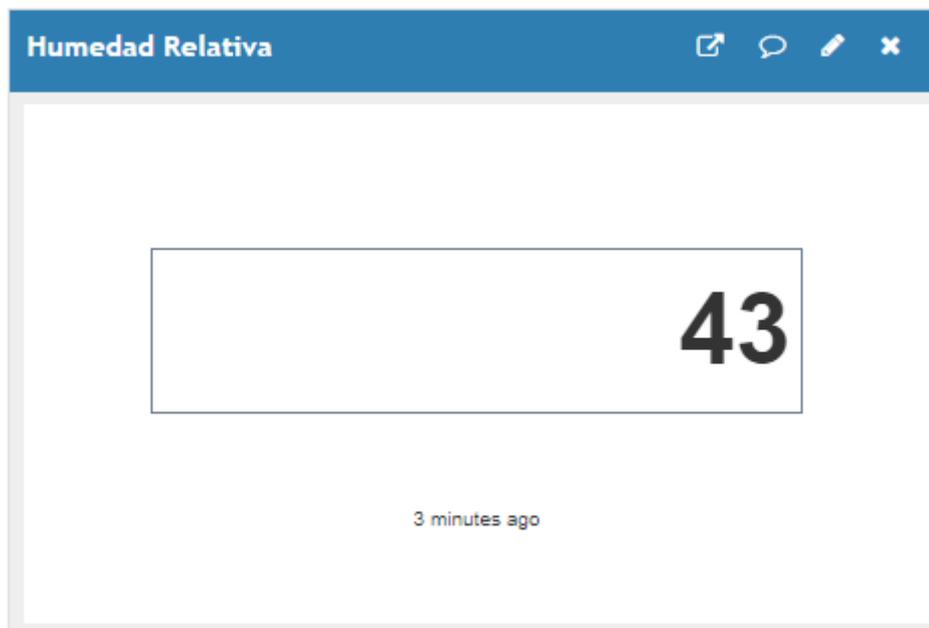


Figura 3.79 Humedad relativa

Channel ID 1244877

Name

Description

Field 1	<input type="text" value="Temperatura Ambient"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 2	<input type="text" value="Humedad relativa"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 3	<input type="text" value="°C Temperatura del ag"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 4	<input type="text" value="Nivel de Agua"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 5	<input type="text" value="Sensor PH"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 6	<input type="text" value="Sensor TDS"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 7	<input type="text" value="Gas Metano"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Field 8	<input type="text" value="Monóxido de Carbono"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3.80 Configuraciones de canal

Show Channel Location

Latitude

Longitude

Show Video

YouTube

Figura 3.81 Coordenadas de prototipo

Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key

Note

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

Figura 3.82 API Key de lectura

Write API Key

Key

[Generate New Write API Key](#)

Read API Keys

Key

Note

[Save Note](#) [Delete API Key](#)

Figura 3.83 API Key de escritura

3.17. Configuraciones de alertas vía mail en ThingSpeak

Dentro de los objetivos específicos de este trabajo de investigación, se encuentra la alerta vía mail de parámetros fuera de niveles tomados por los sensores. En este apartado se explica cómo se realiza la configuración para las alertas vía mail.

Para esto se debe ingresar vía web a la cuenta de ThingSpeak y configurar la APP de envío de mail ingresando a Matlab Analysis.

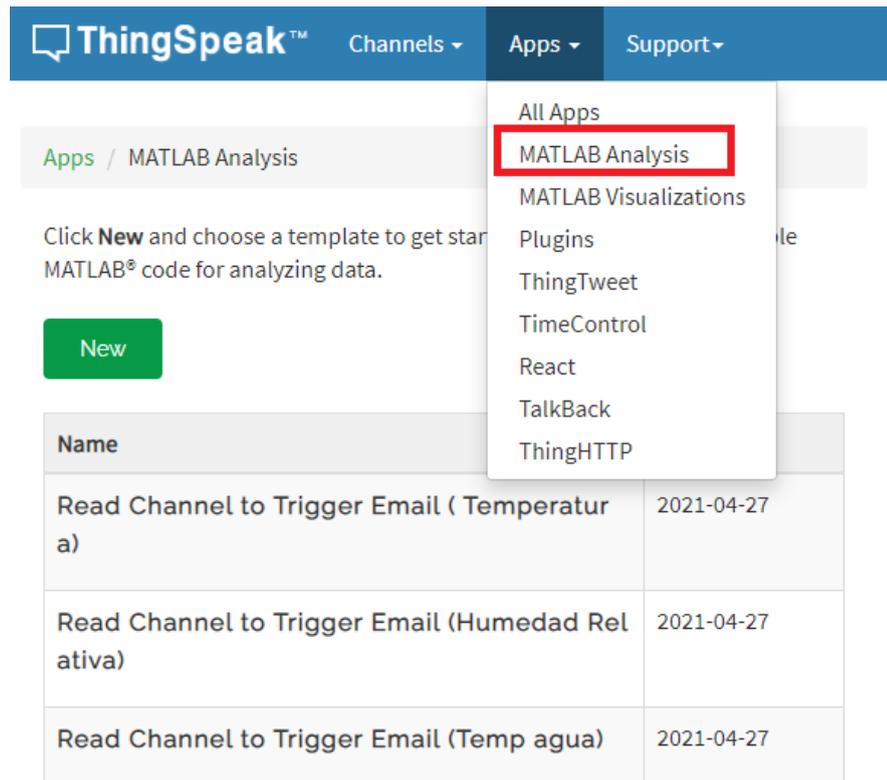


Figura 3.84 APP MATLAB Analysis

Al seleccionar New se selecciona Read Channel to Trigger email

Templates:

- Custom (no starter code)
- Get data from a private channel
- Get data from a public channel
- Get data from a webpage

Examples: Sample code to analyze and transform data

- Calculate and display average humidity
- Calculate wind chill and update channel
- Remove outliers from wind speed data
- Convert temperature units
- Calculate high and low temperatures
- Read Channel to Trigger Email
- Replace missing values in data
- Analyze text for the most common color
- Read live web data for vessels at the port of Boston
- Scrape web temperature data

Figura 3.85 Red channel to trigger email

Al ejecutar se abre ventana con script de Matlab donde se debe configurar cambiando el alertAPIKey, el Fields, las cabeceras de mensajes y el valor de thresholds.

```
% Read the soil moisture channel data from the past two weeks.  
% Send an email and tell the user to add water if the value  
% is in the lowest 10 %.
```

```
% Store the channel ID for the moisture sensor channel.  
channelID = 1244877;
```

```
% Provide the ThingSpeak alerts API key. All alerts API keys start  
with TAK.
```

```

alertApiKey = 'TAKFJZVAX2Q9YRM7A9C4M';

% Set the address for the HTTP call
alertUrl="https://api.thingspeak.com/alerts/send";

% webwrite uses weboptions to add required headers. Alerts needs a
ThingSpeak-Alerts-API-Key header.
options = weboptions("HeaderFields", ["ThingSpeak-Alerts-API-Key",
alertApiKey ]);

% Set the email subject.
alertSubject = sprintf("La temperatura ambiente esta elevandose");

% Read the recent data.
moistureData = thingSpeakRead(channelID,'NumDays',30,'Fields',1);

% Check to make sure the data was read correctly from the channel.
if isempty(moistureData)
    alertBody = ' No se leen los datos ';
else
    % Calculate a 20% threshold value based on recent data.
    span = max(moistureData) - min(moistureData);
    dryValue = 0.2 * span + min(moistureData);

    % Get the most recent point in the array of moisture data.
    lastValue = moistureData(end);

    % Set the outgoing message
    if (lastValue<=dryValue)
        alertBody = ' Revisar temperatura! ';
    elseif (lastValue>dryValue)
        alertBody = ' Desestimar alarma ';
    end
end

% Catch errors so the MATLAB code does not disable a TimeControl if it
fails
try
    webwrite(alertUrl , "body", alertBody, "subject", alertSubject,
options);
catch someException
    fprintf("No se pudo enviar alerta: %s\n", someException.message);
end

```

Se realiza la Configuración de timecontrol el cual indica la lectura y monitorización de parámetros en determinada hora y fechas, si sobrepasa el threshold enviará la alerta de mail.

Apps / TimeControl / New

Name

Time Zone UTC ([edit](#))

Frequency One Time Recurring

Recurrence Week Day Hour Minute

Time

Fuzzy Time

Action

Code to execute

Figura 3.86 Configuración timecontrol

Al ejecutar el script de acuerdo con el timecontrol configurado y de ser el caso sobrepasa o disminuye los niveles threshold de las alertas configuradas se obtendrá un email al email configurado en la cuenta de ThingSpeak.

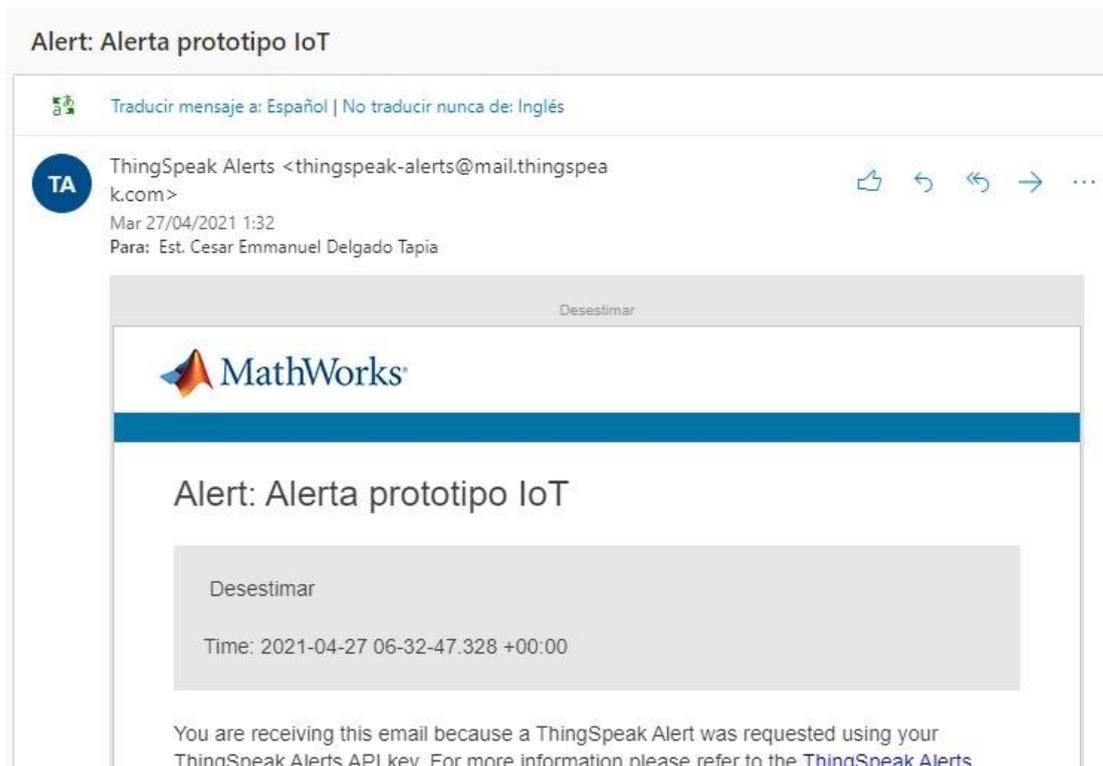


Figura 3.87 Alertas mail ThingSpeak

3.18. Configuraciones de servicios en Raspberry PI.

Es necesario comprender el funcionamiento de la comunicación entre el ESP8266 y la Raspberry PI, sabemos que los sensores están conectados a la PCB controlada por el ESP8266, la cual enviará vía WIFI la información obtenida por los sensores vía internet a los del sitio. servidores Web ThingSpeak con los que se pueden observar en tiempo real los datos obtenidos por todos los sensores.

Una limitación que tenemos con ThingSpeak es la cantidad de sensores que podemos visualizar, que son solo 8 sensores. Otra limitación es la cantidad de datos que se pueden almacenar en su versión gratuita, que son 3 millones de datos.

Por este motivo, en el diagrama de diseño, se ha analizado para enviar la información al mismo tiempo a la Raspberry PI para que actúe como un servidor local que almacena y muestra la información de los datos obtenidos por los sensores a través de la aplicación Grafana. . La limitación en este caso sería solo la capacidad de la microSD donde se almacenarán los datos obtenidos cada 10 minutos según la programación inicial configurada.

El PCB y el ESP8266 leen los datos de los sensores y los envían a un corredor de MQTT. Luego, a través de Telegraf, se suscribe al tema MQTT y registra lo que recibe en la base de datos InfluxDB. Con Grafana, los datos se leen de la base de datos de InfluxDB y se muestran en un panel personalizado.

El servidor de Raspberry Pi se encarga de recopilar los datos enviados por los sensores y los almacenará en la base de datos de InfluxDB.

La Raspberry Pi tiene instalados los servicios de base de datos InfluxDB, Telegraf como la aplicación de recopilación de datos y Grafana como la aplicación de visualización de datos.

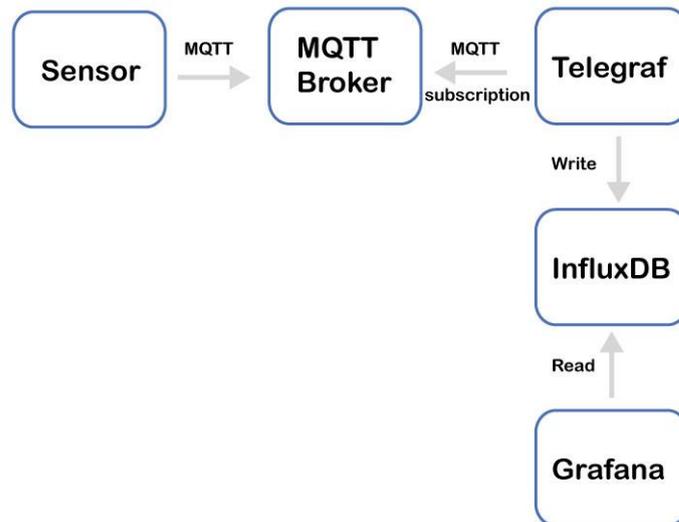


Figura 3.88 Diagrama de flujo de adquisición de datos
Fuente: (Gabrieltanner.org, 2021)

En primera instancia se instala el SO Raspbian en la Raspberry Pi y se realiza las actualizaciones con los siguiente comandos:

```
sudo apt update  
sudo apt upgrade
```

Luego de esto se procede con la instalación de las aplicaciones y servicios en la Raspberry PI.

3.18.1. Instalación de Mosquitto

Primero, se instala Mosquitto ejecutando la imagen oficial de eclipse-mosquitto y exponiendo los dos puertos de trabajo.

```
docker run -it -p 1883:1883 -p 9001:9001 -d eclipse-mosquitto
```

```
sudo docekr pull eclipse-mosquitto  
sudo docker run -it -p 1883:1883 -p 9001:9001 -d eclipse-mosquitto  
sudo docker run -it -p 1883:1883 -p 9001:9001 --name mqttBroker eclipse-mosquitto
```

```
docker ps
```

La bandera -p se utiliza para definir los puertos que desea exponer en el host. El indicador -d, por otro lado, define que desea ejecutar el contenedor en modo separado.

La instalación se puede validar enumerando todos los contenedores y mirando el campo de estado.

```
User: acuicultura
Pass: ups.2020
```

```
pi@raspberrypi:/etc/mosquitto $ sudo mosquitto_passwd -c /etc/mosquitto/pwfile
acuicultura
Password:
Reenter password:
pi@raspberrypi:/etc/mosquitto $
```

COMANDOS MOSQUITO

```
pi@raspberrypi:DROP 192.168.10.8
```

```
pi@raspberrypi:/etc/mosquitto $ mosquitto_sub -h localhost -t sensors
weather,location=us temperature=25.4
```

```
mosquitto_sub -h localhost -t sensors
```

3.18.2. Configuraciones de base de datos InfluxDB.

Posteriormente se realiza la instalación de la base de datos InfluxDB con los siguientes comandos:

```
sudo docker pull influxdb
```

```
docker run -d -p 8086:8086 -v influxdb:/var/lib/influxdb --name influxdb influxdb
docker exec -it influxdb influx
```

CREAR DATABASE

```
CREATE DATABASE sensors
USE sensors
CREATE USER telegraf WITH PASSWORD 'telegraf'
GRANT ALL ON sensors TO telegraf
```

```
> show retention policies on SENSORS
name  duration shardGroupDuration replicaN default
----  -
autogen 0s    168h0m0s      1      true
```

create user grafana with password 'ups.2020' with all privileges

```
[[outputs.influxdb]]
  urls = ["http://192.168.10.8:8086"]
  database = "telegraf"

  username = "acuicultura"
  password = "ups.2020"
```

```
curl -XPOST "http://localhost:8086/query" --data-urlencode "q=CREATE USER
acuicultura WITH PASSWORD 'ups.2020' WITH ALL PRIVILEGES"
```

Ver databases
show databases
use "name_database"

Borrar databases
DROP DATABASE sensors

```
> show users
user      admin
----      -
acuicultura false
```

```
> show databases
name: databases
name
----
_internal
acuicultura
```

Crear políticas de retención en la base de datos

```
$ influx
Connected to http://localhost:8086 version 1.3.0
InfluxDB shell version: v1.2.3
> CREATE RETENTION POLICY "two_weeks_only" ON "hivemq" DURATION 2w
REPLICATION 1
```

Configuración para la monitorización de la Raspberry pi

```
create database telegraf
use telegraf
```

create user grafana with password 'ups.2020' with all privileges


```

## Topics that will be subscribed to.
topics = [
  "acuicultura"
]

data_format = "influx"

:wq

[[outputs.influxdb]]
## Multiple URLs can be specified for a single cluster, only ONE of the
## urls will be written to each interval.
urls = ["http://192.168.10.8:8086"]

## The target database for metrics; will be created as needed.
## For UDP url endpoint database needs to be configured on server side.
database = "acuicultura"

## If true, no CREATE DATABASE queries will be sent. Set to true when using
## Telegraf with a user without permissions to create databases or when the
## database already exists.
skip_database_creation = true

## HTTP Basic Auth
username = "acuicultura"
password = "acuicultura"

:wq

docker run -d -v /home/pi:/etc/telegraf:ro telegraf

# Output Plugin InfluxDB
[[outputs.influxdb]]
  database = "acuicultura"
  urls = [ "http://192.168.10.8:8086" ]
  username = "acuicultura"
  password = "ups.2020"
  skip_database_creation = true

# Input Plugins
[[inputs.cpu]]
  percpu = true
  totalcpu = true
  collect_cpu_time = false
  report_active = false
[[inputs.disk]]
  ignore_fs = ["tmpfs", "devtmpfs", "devfs"]
[[inputs.io]]
[[inputs.mem]]

```

```
[[inputs.net]]
[[inputs.system]]
[[inputs.swap]]
[[inputs.netstat]]
[[inputs.processes]]
[[inputs.kernel]]
```

3.18.4. Configuraciones de Grafana

```
http://192.168.10.8:3000
http://192.168.10.8:8086
user:admin
pass:admin
```

```
http://192.168.10.8:3000/login
user: admin
pass: Acui.2021*IOT
```

Grafana tiene un paquete especial para ARM Raspberry Pi preparado, para descargarlo e instalarlo se debe hacer lo siguiente:

```
sudo apt-get install -y adduser libfontconfig1
wget https://dl.grafana.com/oss/release/grafana-rpi_7.0.3_armhf.deb
sudo dpkg -i grafana-rpi_7.0.3_armhf.deb
```

Además, se debe lanzar los siguientes comandos:

```
sudo /bin/systemctl daemon-reload
sudo /bin/systemctl enable grafana-server
sudo /bin/systemctl start grafana-server
```

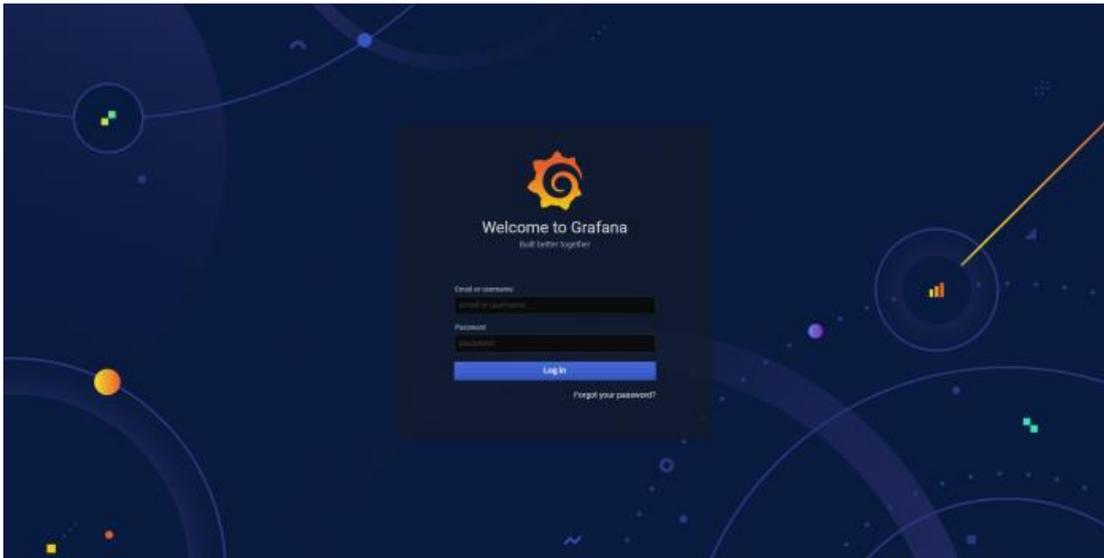


Figura 3.89 Pantalla principal de Grafana

Para referenciar la base de datos en Grafana se debe realizar la siguiente configuración.

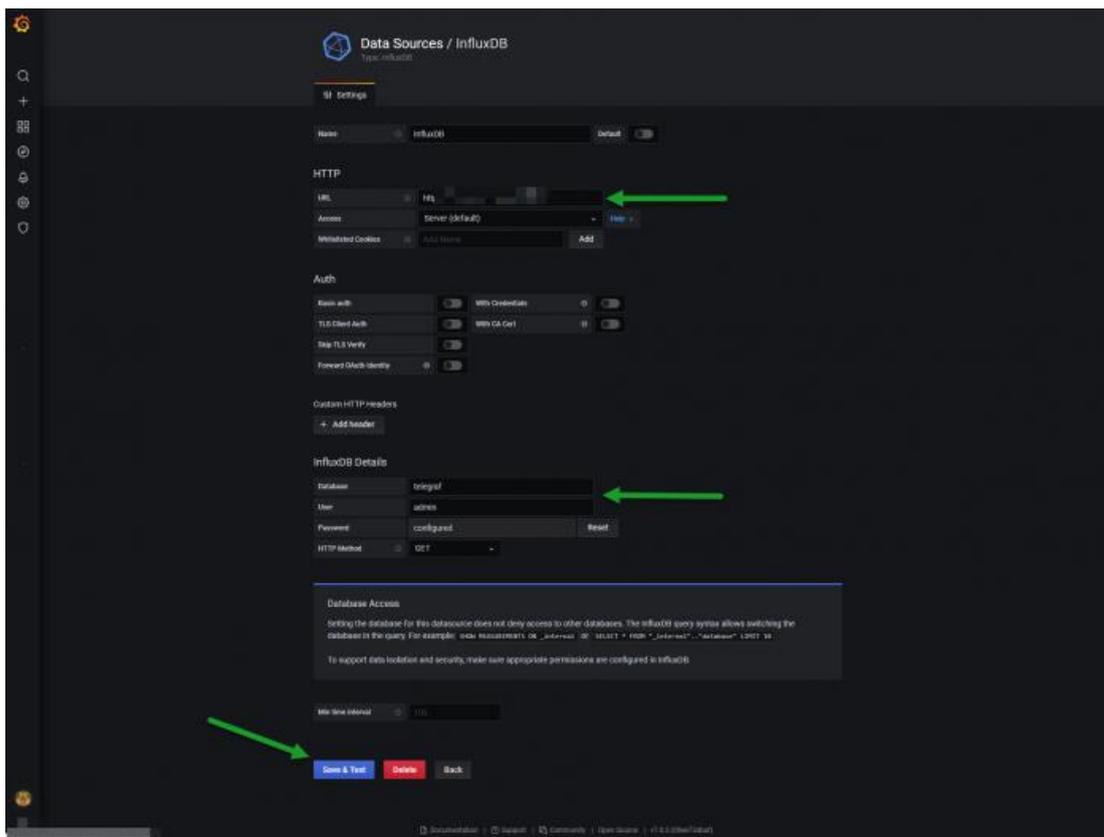


Figura 3.90 Configuración Grafana
Fuente: (Jorgedelacruz.es, 2021)

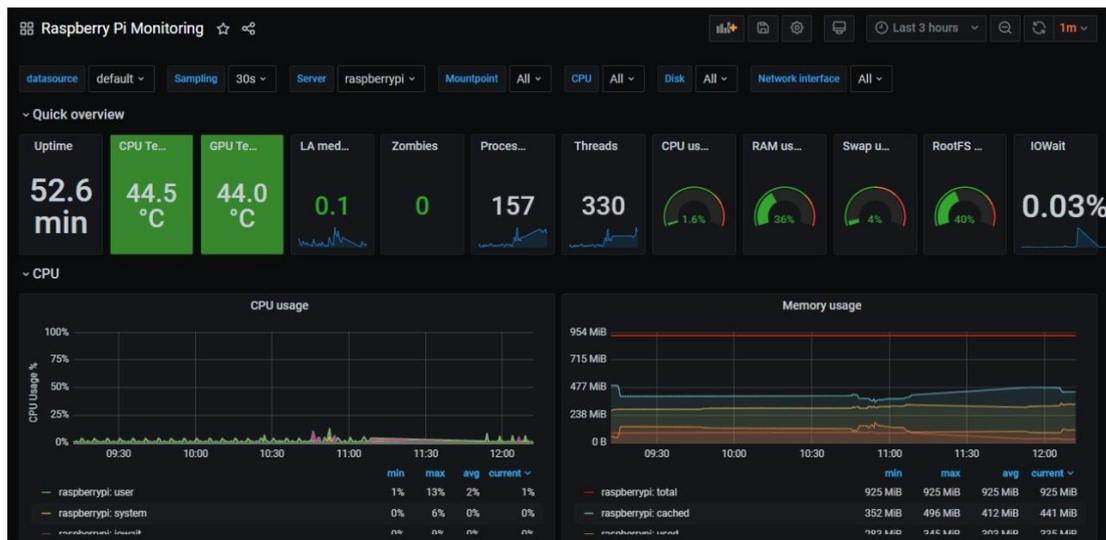


Figura 3.91 Dashboard Grafana

3.19. Código cargado en el ESP8266

```
// UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL- CARRERA DE
// INGENIERÍA ELECTRÓNICA
// PROYECTO IOT PARA ACUICULTURA
// AUTORES: CESAR DELGADO - WILLIAM VALENCIA
```

```
//LIBRERIAS
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
#include <SimpleDHT.h> //DHT22
#include <OneWire.h> //DS18B20
#include <DallasTemperature.h> //DS18B20
#include <Wire.h> //Level_Sensor PH_Sensor TDS_Sensor GAS_Sensors
#include <Adafruit_ADS1015.h> //Level_Sensor PH_Sensor TDS_Sensor
GAS_Sensors
#include <PubSubClient.h>
```

```
//VARIABLES DE SENSORES*****
```

```
//Sensor DS18B20
#define oneWireBus 2 //GPIO16
```

```
//GAS_Sensors
#define nBits sizeof(Select_pins)/sizeof(Select_pins[0])
#define VALVE 10
```

```
const char* ssid = "NETLIFE-KAROL_EXT"; // replace with your wifi ssid and wpa2
key
const char* password = "0909752250";
const char* mqtt_server = "192.168.10.8";
```

```
unsigned long myChannelNumber = 1244877; // Thingspeak número de canal
const char * myWriteAPIKey = "1LSP5WCJ41PFC6WB"; // ThingSpeak write API Key
```

```
//SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DHT22
int pinDHT22 = 16; // Puerto D0 entrada de datos
SimpleDHT22 dht22; // Modelo de sensor
```

```
OneWire oneWire(oneWireBus);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

```
//Flow_Sensor
#define PIN_FLOW 14
volatile int flow_frequency; // Measures flow sensor pulses
unsigned long l_hour; // Calculated litres/hour
unsigned long currentTime;
unsigned long cloopTime;
```

```
ICACHE_RAM_ATTR void flow () // Interrupt function
{
  flow_frequency++;
}
```

```
//Level_Sensor PH_Sensor TDS_Sensor GAS_Sensors
Adafruit_ADS1115 ads(0x49);
float Voltage = 0.0; //Level_Sensor
float Voltage1 = 0.0; //PH_Sensor
float Voltage2 = 0.0; //TDS_Sensor
```

```
int Select_pins[] = { 12, 13}; //Mux ADC
```

```
float Voltages[] = {0.0, 0.0, 0.0, 0.0};
int16_t Gases_adc_Value[] = {0, 0, 0, 0};
```

```
void ADC_selector(byte n){
  for (byte i=0; i<nBits; i++){
    digitalWrite(Select_pins[i], n & 1);
    n /= 2;
  }
}
```

```
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
```

```
// Create variable to hold mqtt messages
#define MSG_BUFFER_SIZE (100)
char msg[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg1[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg2[MSG_BUFFER_SIZE];
```

```

char msg3[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg4[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg5[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg6[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg7[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg8[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg9[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg10[MSG_BUFFER_SIZE];
char msg11[MSG_BUFFER_SIZE];

// CONECTANDO A RED WIFI

void setup_wifi() {
  delay(10);

  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  ThingSpeak.begin(espClient); // Inicia WIFI

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

  randomSeed(micros());

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi conectado");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Create a random client ID
    String clientId = "ESP8266Client-";
    clientId += String(random(0xffff), HEX);
    // Attempt to connect
    if (client.connect(clientId.c_str(), "mqtt", "")) {
      Serial.println("connected");
      // Once connected, publish an announcement...
      client.publish("outTopic", "hello world");
      // ... and resubscribe
      client.subscribe("inTopic");
    } else {

```

```

    Serial.print("failed, rc=");
    Serial.print(client.state());
    Serial.println(" try again in 5 seconds");
    // Wait 5 seconds before retrying
    delay(5000);
  }
}
}

void setup(){

  Serial.begin(115200); // Velocidad del puerto serie
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);

  pinMode(pinDHT22,INPUT); //DHT22
  sensors.begin(); //DS18B20
  ads.begin(); // Level_Sensor PDH_Sensor TDS_Sensor GAS_Sensors
  pinMode(VALVE, OUTPUT); //Valvula_Relé

//Flow_Sensor
  pinMode(PIN_FLOW, INPUT);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PIN_FLOW), flow, FALLING); // Setup
Interrupt
  sei(); // Enable interrupts
  currentTime = millis();
  cloopTime = currentTime;

//Gases_Sensors
  for (byte i=0; i<nBits; i++){
    pinMode(Select_pins[i], OUTPUT);
  }
}

void loop(){

  //Hacemos pausa de dos segundos antes de cada nueva medición
  //al sensor le cuesta 200ms leer estos datos

  delay(2000);

  // Conectarse a MQTT Client

  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();

  //Leer datos de los sensores del DHT22

```

```

float t = 0;
float h = 0;
if (dht22.read2(pinDHT22, &t, &h, NULL)){
  Serial.println("Error en la lectura.");
  return;
}

// Crear el mensaje que será enviado usando mqtt
String message = String("weather,location=us temperature="+String(float(t)));
String message1 = String("weather,location=us humedad="+String(float(h)));

message.toCharArray(msg, message.length());
message1.toCharArray(msg1, message1.length());

Serial.println(msg);
Serial.println(msg1);

// Envio del mensaje al topic del sensor
client.publish("sensors", msg);
client.publish("sensors", msg1);

//Leer datos de los sensores de temperatura del agua

sensors.requestTemperatures();
float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
float temperatureF = sensors.getTempFByIndex(0);

int16_t adc0;
adc0 = ads.readADC_SingleEnded(0);
Voltage = adc0*(0.1875/1000); //

int16_t adc1;
adc1 = ads.readADC_SingleEnded(1);
Voltage1 = adc1*(0.1875/1000); //V

int16_t adc2;
adc2 = ads.readADC_SingleEnded(2);
Voltage2 = adc2*(0.1875/1000); //V

String      message2      =      String("weather,location=us
temperatura_del_agua_°C="+String(float(temperatureC)));
String      message3      =      String("weather,location=us
temperatura_del_agua_°F="+String(float(temperatureF)));
message2.toCharArray(msg2, message2.length());
message3.toCharArray(msg3, message3.length());
Serial.println(msg3);
Serial.println(msg2);
client.publish("sensors", msg2);
client.publish("sensors", msg3);

```

```

//Flow_Sensor

currentTime = millis();
// Every second, calculate and print litres/hour
if(currentTime >= (cloopTime + 1000))
{
  cloopTime = currentTime; // Updates cloopTime
  // Pulse frequency (Hz) = 7.5Q, Q is flow rate in L/min.
  l_hour = (flow_frequency * 60 / 7.5); // (Pulse frequency x 60 min) / 7.5Q = flowrate
in L/hour
  flow_frequency = 0; // Reset Counter
  Serial.print(l_hour); // Print litres/hour
  Serial.println(" [L/Hour]");
}

String      message4      =      String("weather,location=us
sensor_flujo="+String(float(l_hour)));
message4.toCharArray(msg4, message4.length());
Serial.println(msg4);
client.publish("sensors", msg4);

//GAS_Sensors
for (byte i=0; i<=3; i++){
  ADC_selector(i);
  Gases_adc_Value[i] = ads.readADC_SingleEnded(3);
  Voltages[i] = Gases_adc_Value[i]*(0.1875/1000); //V
  delay(100);
}

for (byte j=0; j<=3; j++){
  Serial.print("ADC"+(String)j+": ");
  Serial.print(Gases_adc_Value[j]);
  Serial.print("\tV"+(String)j+": ");
  Serial.println(Voltages[j], 7);
}

Serial.println("*****");
Serial.println();
delay(1000);

String      message5      =      String("weather,location=us
Gas1="+String(float(Voltages[0])));
String      message6      =      String("weather,location=us
Gas2="+String(float(Voltages[1])));
String      message7      =      String("weather,location=us
Gas3="+String(float(Voltages[2])));
String      message8      =      String("weather,location=us
Gas4="+String(float(Voltages[3])));

```

```

message5.toCharArray(msg5, message5.length());
message6.toCharArray(msg6, message6.length());
message7.toCharArray(msg7, message7.length());
message8.toCharArray(msg8, message8.length());

Serial.println(msg5);
Serial.println(msg6);
Serial.println(msg7);
Serial.println(msg8);

client.publish("sensors", msg5);
client.publish("sensors", msg6);
client.publish("sensors", msg7);
client.publish("sensors", msg8);

//Valvula_Relé
digitalWrite(VALVE, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(VALVE, LOW);
delay(1000);

//Muestra por el puerto serie las medidas obtenidas
Serial.print("Humedad relativa: ");
Serial.print((float)h);
Serial.print(" %\t");
Serial.print("Temperatura Ambiente: ");
Serial.print((float)t);
Serial.println(" *C");

Serial.print((float)temperatureC);
Serial.println("°C Temperatura del agua en Centígrados");
Serial.print((float)temperatureF);
Serial.println("°F Temperatura del agua en Farenheit");

Serial.print("ADC: ");
Serial.print(adc0);
Serial.print("\tV: ");
Serial.println(Voltage, 7);
Serial.println();

Serial.print("ADC: ");
Serial.print(adc1);
Serial.print("\tV: ");
Serial.println(Voltage1, 7);
Serial.println();

Serial.print("ADC: ");
Serial.print(adc2);
Serial.print("\tV: ");

```

```

Serial.println(Voltage2, 7);
Serial.println();

String      message9      =      String("weather,location=us
level_sensor="+String(float(Voltage)));
String      message10     =      String("weather,location=us
ph_sensor="+String(float(Voltage1)));
String      message11     =      String("weather,location=us
tds_sensor="+String(float(Voltage2)));

message9.toCharArray(msg9, message9.length());
message10.toCharArray(msg10, message10.length());
message11.toCharArray(msg11, message11.length());

Serial.println(msg9);
Serial.println(msg10);
Serial.println(msg11);

client.publish("sensors", msg9);
client.publish("sensors", msg10);
client.publish("sensors", msg11);

//ThingSpeak
//Carga los valores a enviar
ThingSpeak.setField(1, (float)t); //Temperatura Ambiente
ThingSpeak.setField(2, (float)h); // Humedad relativa
ThingSpeak.setField(3, (float)temperatureC); //Temperatura del agua
ThingSpeak.setField(4, (float)Voltage); //Level_Sensor
ThingSpeak.setField(5, (float)Voltage1); //PH_Sensor
ThingSpeak.setField(6, (float)Voltage2); //TDS_Sensor
ThingSpeak.setField(7, (float)Voltages[0]); //Gas1
ThingSpeak.setField(8, (float)Voltages[1]); //Gas2
ThingSpeak.setField(9, (float)Voltages[2]); //Gas3
ThingSpeak.setField(10, (float)Voltages[3]); //Gas4
ThingSpeak.setField(11, (float)I_hour); //Flow_Sensor

//Escribe todos los campos a la vez.
ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
Serial.println("¡Datos enviados a ThingSpeak!");

delay(600000);
}

```

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se presentará los resultados obtenidos de las mediciones realizadas por los sensores, las visualizaciones obtenidas en ThingSpeak y en Grafana.

Las gráficas presentadas a continuación representan los datos obtenidos desde el mes de Diciembre del 2020 hasta el mes de Abril 2021.

En este periodo de tiempo los alevines han crecido sin mayores novedades, con una correcta alimentación y limpieza de la piscina se han desarrollado durante 5 meses.

4.1. Resultados de datos de sensor de temperatura ambiente

En general, observamos que la temperatura ambiente está entre 25 y 28 grados, ya que el prototipo fue instalado en la ciudad de Guayaquil y de acuerdo con la tabla de recomendaciones del manual de crianza de tilapia, la temperatura ambiente se encuentra en los límites del intervalo normal.

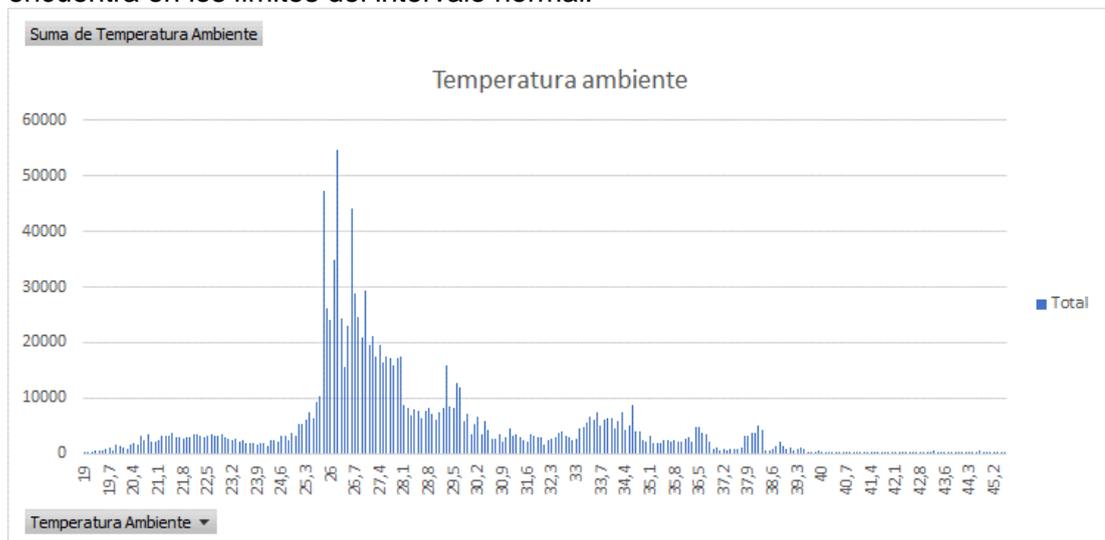


Figura 4.1 Promedio temperatura ambiente

4.2. Resultados de datos de sensor de humedad relativa

Como promedio general se observa que la humedad relativa se sitúa entre los 60 y 67% de humedad de ambiente relativa, adicional es considerable el dato de 88 a 95 % de humedad relativa debido a que estamos en época de lluvia en la ciudad de Guayaquil.

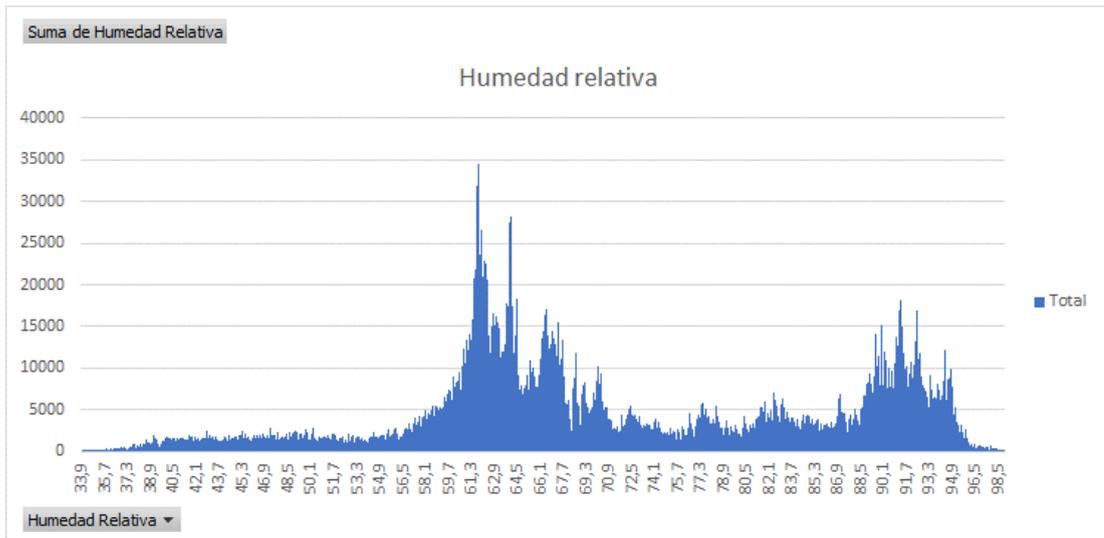


Figura 4.2 Promedio humedad relativa

4.3. Resultados de datos de sensor de temperatura de agua

La temperatura del agua obtenida por el sensor durante la muestra es en promedio de 24 a 29 grados Celsius. Según el manual de cría de tilapia, la temperatura del agua está dentro del rango apropiado.

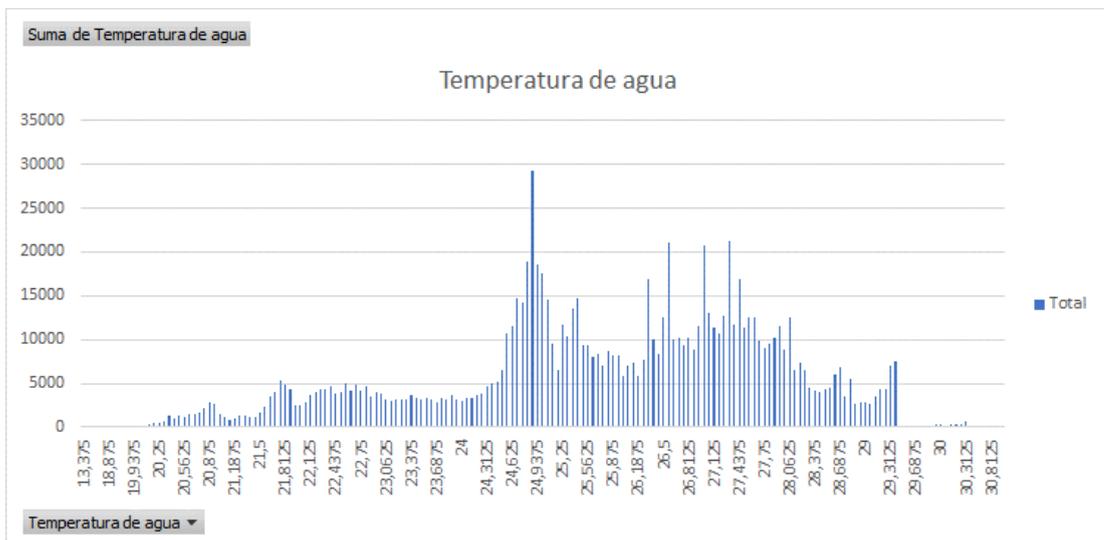


Figura 4.3 Temperatura de agua

4.4. Resultados de datos de sensor de nivel de agua

El sensor de nivel de agua se mantuvo estable en niveles aproximados a 3,3 lo que significa que la piscina no ha tenido desniveles considerables de agua, mantenimiento un correcto nivel de agua para los alevines de tilapia.



Figura 4.4 Datos de nivel de agua

4.5. Resultados de datos de sensor PH

El sensor de PH mide la composición alcalina, ácida o neutra del agua, según la investigación, la tilapia se cría mejor en aguas alcalinas que tienen un pH entre 6 y 10, el diseño en el prototipo detecta los valores de los voltajes tomados por la sonda de pH.

Como puede verse en el gráfico, la mayor concentración de datos se encuentra entre 0,8 y 1,1 voltios, lo que se refiere a que el pH es alto y por lo tanto el estanque de acuicultura tiene una alcalinidad adecuada para el cultivo de tilapia.

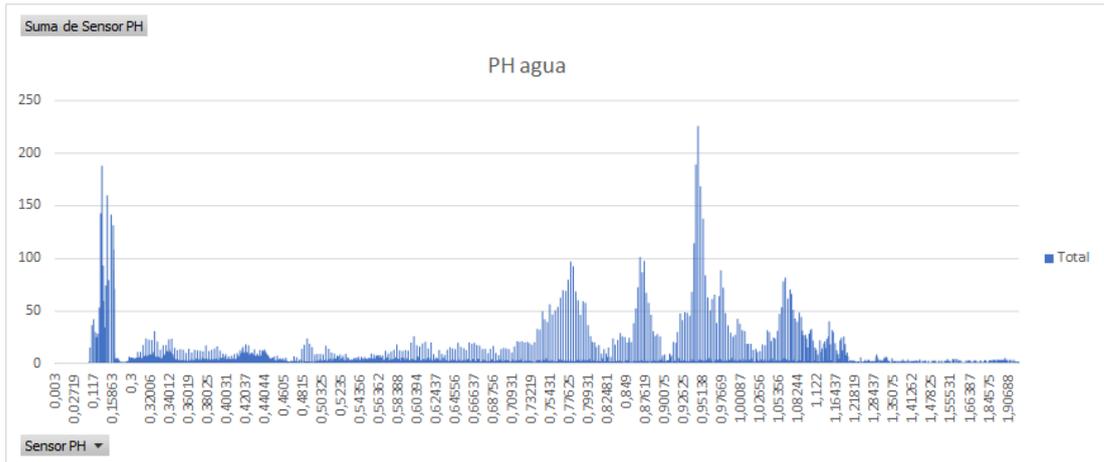


Figura 4.5 Datos de sensor PH

4.6. Resultados de datos de sensor TDS

Según la investigación, el agua alcalina contiene una mayor cantidad de sólidos en suspensión, se recomiendan altos niveles de sólidos por encima de 100 ppm.

Al igual que el sensor de PH, los valores producidos por el sensor se observan en voltios, con un promedio de 3 voltios que indica que los sólidos en suspensión en el agua son altos.

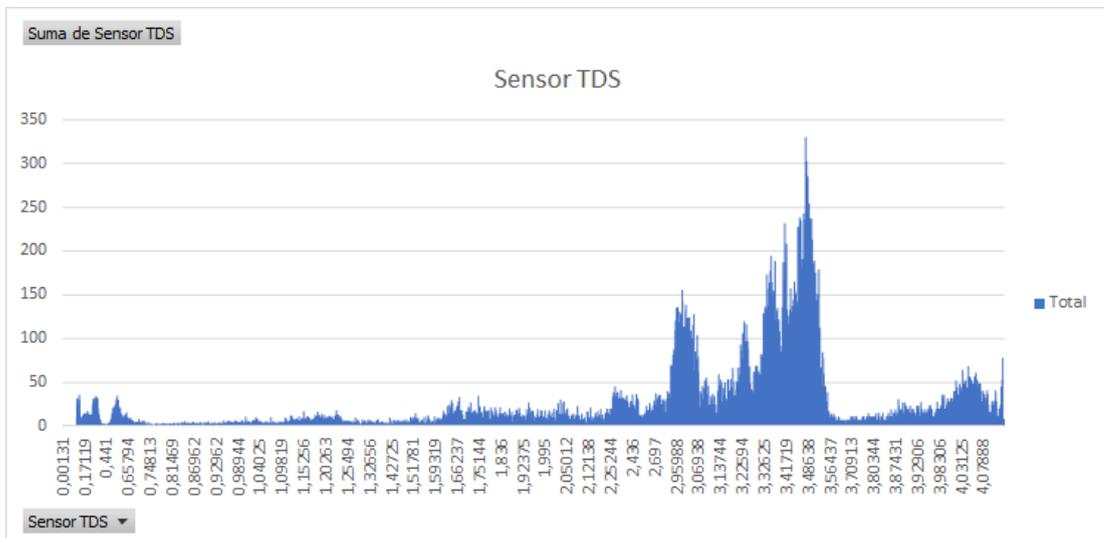


Figura 4.6 Datos de sensor TDS

4.7. Resultados de datos de sensor Gas metano

A partir de los datos obtenidos del sensor de gas metano, se puede observar que existen bajas concentraciones de este gas suspendido en el aire cerca de la piscina, según las mediciones de 0,7 voltios en promedio indican concentraciones bajas lo cual es correcto para el cultivo de tilapia según al manual de cultura.

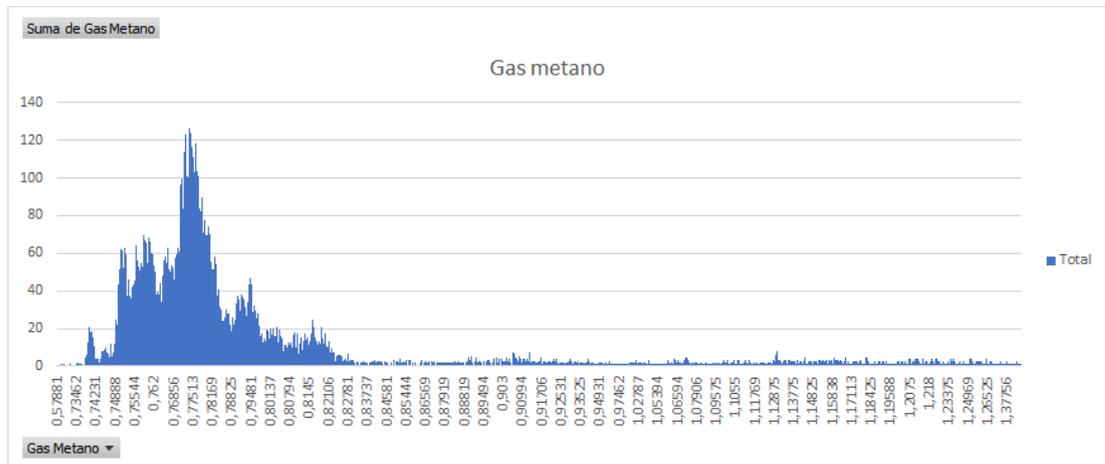


Figura 4.7 Datos del sensor de gas metano

4.8. Resultados de datos de sensor Monóxido de carbono

Según los datos obtenidos del sensor de monóxido de carbono, se puede observar que los datos se encuentran dispersos y encuentra valores de alto y bajo voltaje distribuidos en el gráfico. Esto nos da a entender que se detectan diferentes contenidos de carbono en el medio ambiente monóxido de carbono.

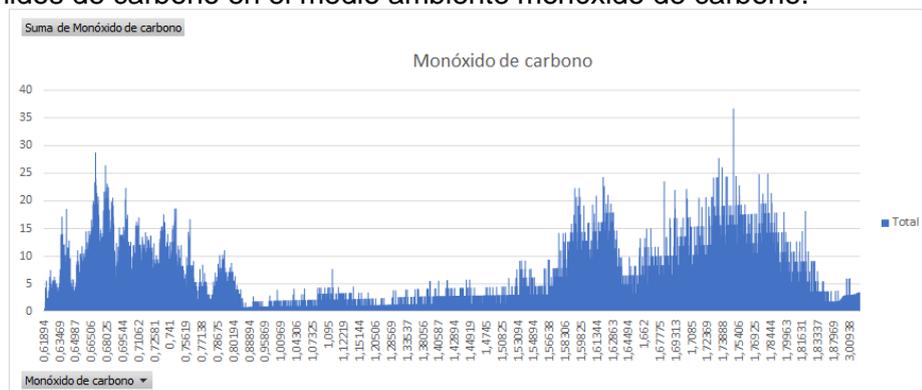


Figura 4.8 Datos del sensor de monóxido de carbono

4.9. Datos vistos desde Grafana

Esta sección muestra las imágenes de los datos obtenidos en tiempo real de los sensores del prototipo de acuicultura.

Se debe considerar que Grafana presenta datos históricos en función de la selección de los datos que se desee observar. Asimismo, estos datos se pueden descargar en formato Excel para su posterior análisis.



Figura 4.9 Sensores de ambiente visto desde Grafana



Figura 4.10 Sensores de agua visto desde Grafana



Figura 4.11 Sensores de gases vistos desde Grafana

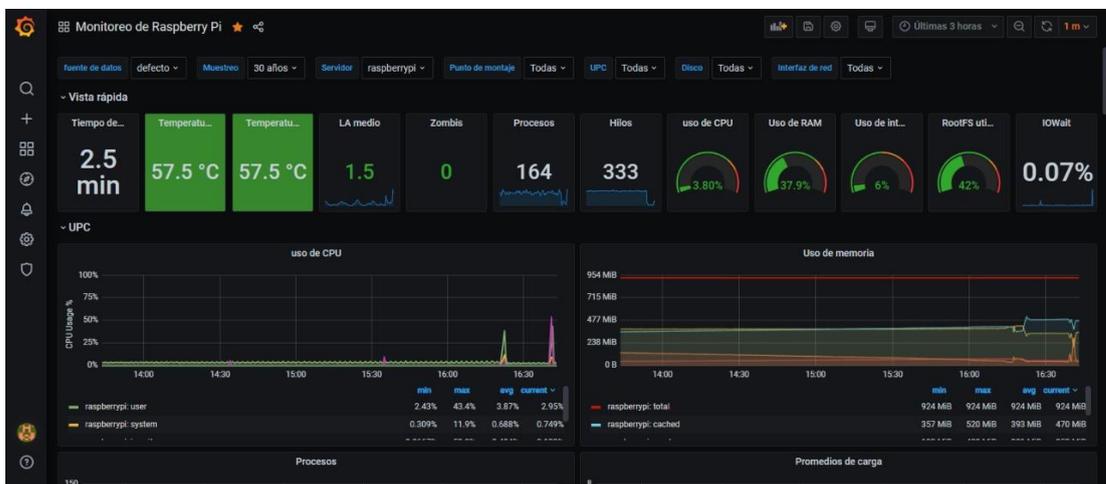


Figura 4.12 Monitorización de Raspberry Pi

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones de este trabajo de investigación cumplen con los objetivos planteados a continuación se detallan:

- Se diseñó e implementó un prototipo IoT para el control y monitorización remota de la calidad del agua en estanques para la crianza de tilapias utilizando hardware de bajo costo, sirviendo para el mejoramiento de producción de tilapias.
- Se diseñó un prototipo IoT para la obtención de datos mediante sensores tales como temperatura ambiente, pH del agua, nivel de oxígeno en el agua, temperatura del agua, calidad de agua TDS y nivel de agua. Se almacena y envía la información de los sensores obtenidas por el ESP8266 y Raspberry PI de forma inalámbricamente hacia servidores en la nube de internet como ThingSpeak y servidor local Grafana.
- Se realizó la configuración de los dashboard de Grafana con los datos obtenidos por los sensores a través de un acceso de internet vía web y localmente mediante una pantalla táctil adecuada para Raspberry PI.
- Se construyó una piscina tipo estanque a escala para la crianza y monitorización del desarrollo de tilapias.
- Se configuró alertas vía mail cuando los niveles monitorizados por el prototipo IoT obtengan niveles peligrosos.

Adicionalmente a los objetivos planteados inicialmente también se puede concluir lo siguiente:

- Se realizó la construcción e implementación de placa electrónica PCB la cual fue realizada en China y ensamblada localmente. Por ser fabricada en China el tiempo puede demorar entre 3 y 4 meses la importación.
- Se utilizó conocimientos en programación, servidores y bases de datos para el levantamiento de los servicios de Telegraf, InfluxDB, MQTT en la Raspberry PI.
- Los alevines que se utilizaron para este proyecto de investigación fueron comprados pequeños y actualmente están desarrollándose con normalidad.
- Los datos obtenidos por los sensores se lo observan en voltios, se pueden modificar y utilizar otras medidas como partes por millón para revisar los datos obtenidos por los sensores de gases y el sensor TDS.

6. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones a este proyecto de investigación se tiene lo siguiente:

- Se recomienda instalar los servicios y aplicaciones en una Raspberry PI 4 ya que tiene mas memoria y procesamiento que la versión 3 utilizada en esta investigación.
- Como recomendación para el almacenamiento de mas datos en la nube se debe comprar licencia en ThingSpeak para que almacene mas de 3 millones de datos de los sensores del prototipo.
- Para instalación en sitio se recomienda que el prototipo esté bajo techo y en sombra, sin humedad ya que podría afectarse en su funcionamiento.
- Es indispensable que en el sitio donde esté la piscina con los alevines haya una conexión estable de internet, con mínimo 5 Mbps de ancho de banda ya que se puede ingresar vía TeamViewer a la Raspberry y revisar los servicios y datos mediante Grafana.
- Los sensores que están en agua se deben limpiar cada 30 días como recomendación ya que puede provocar moho y arrojar datos incorrectos.
- El sensor de pH se debe calibrar cada cierto tiempo si es que empieza a arrojar valores que no son correctos.
- El router o repetidor WIFI debe estar conectado cerca del ESP8266 ya que su ganancia de recepción de datos es baja y necesita mayor señal Wifi para operar.
- Se recomienda realizar la monitorización visual diaria de los alevines y la piscina, se puede implementar una cámara ip para la visualización en todo momento desde un celular o vía web.
- La alimentación de los alevines y el cuidado es muy importante, más aún cuando algún parámetro salga de su rango normal.
- Se recomienda a futuro instalar el sensor de oxígeno disuelto para Arduino para que la data obtenida por este sensor se pueda almacenar automáticamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Africa, A. D. M., Aguilar, J. C. C. A., Lim, C. M. S., Pacheco, P. A. A., & Rodrin, S. E. C. (2017). Automated aquaculture system that regulates Ph, temperature and ammonia. *HNICEM 2017 - 9th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management*, 2018-January, 1–6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM.2017.8269494>
- Aquaculturealliance. (2020). Cultivo de tilapia roja en raceway en estanque « Global Aquaculture Advocate. Retrieved February 26, 2020, from <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/cultivo-de-tilapia-roja-en-raceway-en-estanque/>
- Arias, F. G. (2012). *El ProyectO de InvEstlgación Introducción a la metodología científica* (sexta; Episteme, Ed.). <https://doi.org/980-07-8529-9>
- Cadena-Iñiguez, M., la Cruz-Morales, de, del Rosario, F., & Ma, D. (n.d.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263153520009>
- cdtecnologia.net. (2020). Circuitos y Desarrollo en Tecnología. Retrieved July 26, 2020, from <https://cdtecnologia.net/>
- ESP8266. (2020). Módulos Wi-Fi ESP8266 I Espressif. Retrieved November 26, 2020, from <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp8266>
- FAO Naciones Unidas. (2020). FAO Fisheries & Aquaculture - Visión general del sector acuícola nacional - Ecuador. Retrieved December 3, 2020, from http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- GabrielTanner.org. (2021). Cómo visualizar los datos del sensor usando Grafana e InfluxDB. Retrieved April 23, 2021, from <https://gabrielTanner.org/blog/grafana-sensor-visualization>
- <http://www.industriaacuicola.com/>. (2020). *TILAPIA Manual de CRIANZA*.
- Jorgedelacruz.es. (2021). Raspberry Pi: He encontrado el servidor perfecto para ejecutar Telegraf, InfluxDB, y Grafana - Bienvenida Raspberry Pi 4B 8GB - El Blog de Jorge de la Cruz. Retrieved April 23, 2021, from <https://www.jorgedelacruz.es/2020/06/04/raspberry-pi-he-encontrado-el-servidor-perfecto-para-ejecutar-telegraf-influxdb-y-grafana-bienvenida-raspberry-pi-8gb/>
- Luisllamas.es. (2021). Detector de gases con Arduino y la familia de sensores MQ. Retrieved April 23, 2021, from <https://www.luisllamas.es/arduino-detector-gas-mq/>
- PI, R. (2020). Buy a Raspberry Pi 4 Model B – Raspberry Pi. Retrieved April 19, 2020, from <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Prometec.net. (2021). Arduino y el sensor de agua | Tienda y Tutoriales Arduino. Retrieved April 23, 2021, from <https://www.prometec.net/sensor-agua/>
- Raspberry Pi. (2020). Especificaciones de Raspberry Pi 4 Modelo B - Raspberry Pi. Retrieved November 10, 2020, from <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/?resellerType=home>
- RaspberryPi. (2019). Raspberry Pi. Retrieved from <https://www.raspberrypi.org/>
- Robotshop.com. (2021). Sensor/Medidor Analógico de TDS para Arduino de Gravity - RobotShop. Retrieved April 23, 2021, from <https://www.robotshop.com/us/es/sensor-medidor-analogico-tds-para-arduino-gravity.html>
- Rodriguez Moguel, E. (2005). *Metodología de la Investigación*.

Uelectronics.com. (2021). PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC.
Retrieved April 23, 2021, from <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-liquido/>