



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE MACRO MEDICIÓN  
PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y EL CONTROL DE  
CALIDAD DE LA EP-EMASA-PM.**

---

**Trabajo de Titulación Modalidad:** Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**ÁREA:** Física y Electrónica

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Tecnologías de la Información y Sistemas de Control

**AUTOR:** Richard Stalyn Cacuango Labre

**TUTOR:** Ing. Andrea Patricia Sanchez Zumba

**Ambato – Ecuador**

**septiembre - 2022**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor de Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE MACRO MEDICIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMASA-PM, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Richard Stalyn Cacuango Labre, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, septiembre 2022.

.....

Ing. Andrea Patricia Sanchez Zumba

**TUTOR**

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE MACRO MEDICIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMASA-PM. es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efecto legal y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiones responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2022.



Richard Stalyn Cacuango Labre

C.C.: 1724843675

AUTOR

## **APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Richard Stalyn Cacuango Labre, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado SISTEMA DE MONITOREO DE VARIABLES DE MACRO MEDICIÓN PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y EL CONTROL DE CALIDAD DE LA EP-EMASA-PM, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con el señor Presidente del Tribunal.

---

Ing. Carlos Sánchez Rosero.

**PRESIDENTE SUBROGANTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Santiago Altamirano

**PROFESOR CALIFICADOR**

---

Ing. Clara Sánchez

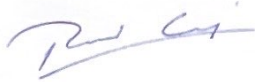
**PROFESOR CALIFICADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, septiembre 2022



Richard Stalyn Cacuang Labre

C.C.: 1724843675

AUTOR

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo de fin de carrera a quienes permanentemente estuvieron atentos durante mi etapa estudiantil, apoyándome en los momentos felices y también difíciles en especial a mis padres María Lucía Labre Shagñay y Carlos Alfredo Cacuango Robalino quienes, con su ejemplo, esfuerzo y mucho amor estaban siempre vigilantes de mi diario caminar con constante motivación para culminar esta fase de mi vida, no claudicar en el camino y que mis hermanos y toda mi familia se sienta orgullosa de lograr ser una mejor persona.*

*También dedico a mis compañeros como parte de motivación que, con ayuda, compromiso y dedicación es posible alcanzar cualquier meta mediante el apoyo mutuo que nos permite adquirir nuevos conocimientos constantemente.*

*Richard Stalyn Cacuango Labre*

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido poder sobrellevar todas las desavenencias que se han suscitado en estos últimos años, librándome de los peligros y enfermedades que amenazaban al mundo entero, además de manera general a la misma Universidad Técnica de Ambato y todos los docentes que tuve la oportunidad de conocer, quienes compartieron sus conocimientos en las distintas áreas disciplinares.*

*También de manera especial a mi Tutora de tesis Ingeniera Andrea Patricia Sánchez Zumba que me ha brindado su paciencia y dedicación para poder guiarme en este trabajo final.*

*Como no agradecer también a la Empresa Pública de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento del cantón Pedro Moncayo EP-EMASA-PM, que me abrió las puertas y brindó las facilidades para desarrollar el trabajo investigativo sobre el sistema de monitoreo para*

*la gestión del recurso hídrico y  
control de calidad del agua.*

*Richard Stalyn Cacuango Labre*



## ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA .....	iii
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
CAPÍTULO I .....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 Antecedentes Investigativos .....	1
1.2 Contextualización del problema.....	4
1.3 Fundamentación Teórica.....	5
1.3.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE .....	5
1.3.2 SISTEMAS ELECTRÓNICOS .....	6
1.3.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	8
1.4 Objetivos.....	11
1.4.1 Objetivo General .....	11
1.4.2 Objetivos Específicos.....	11
CAPÍTULO II .....	14
METODOLOGÍA.....	14
2.1 Materiales.....	14
2.2 Métodos .....	15
CAPÍTULO III .....	19
RESULTADO Y DISCUSIÓN .....	19
3.1 Análisis y discusión de los resultados.....	19
3.2 Desarrollo de la Propuesta .....	19
3.3 Análisis de parámetros técnicos.....	19
3.3.1 Sensores .....	19
3.3.2 Microcontroladores.....	23
3.3.3 Gateway.....	25
3.3.4 Respaldo Energético.....	26
3.3.5 Base de Datos .....	26

3.4	Sistema de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad .....	28
3.4.1	Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo .....	28
3.4.2	Sensorización .....	29
3.4.3	Desarrollo del sistema de control .....	30
3.4.4	Diseño de las placas del sistema de control .....	38
3.5	Presupuesto .....	40
3.6	Costos de diseño .....	41
3.7	Esquema del Dosificador .....	42
3.8	Pruebas de funcionamiento del sistema dispensador .....	43
3.9	Resultados .....	46
	CAPÍTULO IV .....	48
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
4.1	Conclusiones .....	48
4.2	Recomendaciones .....	48
	Bibliografía .....	50
	ANEXO 1 .....	53
	ANEXO 2 .....	71
	ANEXO 3 .....	75
	ANEXO 4 .....	79
	ANEXO 5 .....	83
	ANEXO 6 .....	87
	ANEXO 7 .....	90
	ANEXO 8 .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tabla 1 Distancia de protocolos LoraWAN .....	11
Tabla 2.	Materiales usados en el Sistema de monitoreo de recursos hídricos .....	14
Tabla 3.	Sensores de Turbiedad .....	20
Tabla 4.	Sensor de PH.....	21
Tabla 5.	Sensor de Cloro.....	21
Tabla 6.	Sensor de Ultrasonido e infrarrojo.....	22
Tabla 7.	Sensor de Temperatura .....	23
Tabla 8.	Microcontrolador del sistema .....	24
Tabla 9.	Gateway basados en LoRaWAN .....	25
Tabla 10.	Baterías .....	26
Tabla 11.	Base de Datos .....	27
Tabla 12.	Presupuesto del Proyecto .....	40
Tabla 13.	Valores de Calidad del agua del mes de marzo .....	43
Tabla 14.	Valores de Calidad del agua del mes de abril .....	44
Tabla 15.	Variables de macro medición en tanques mes de marzo .....	45
Tabla 16.	Variables de macro medición en tanques mes de abril.....	45
Tabla 17.	Normativas INEN 1108 .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama del sistema de comunicaciones.....	8
Figura 2.	Tecnologías Inalámbricas (IoT).....	9
Figura 3.	Red LoRaWAN.....	10
Figura 4.	Diagrama esquemático del sistema de monitoreo de variables de macro medición.	28
Figura 5.	Ubicación de las estaciones del sistema.....	29
Figura 6.	Diagrama de Bloques.....	29
Figura 7.	Pantalla de conexión del Gateway.....	31
Figura 8.	Ingreso de datos al servidor.....	32
Figura 9.	Creación de Nodos del Sistema.....	32
Figura 10.	Base de Datos MQTT.....	33
Figura 11.	Configuración de Workbench.....	33
Figura 12.	Configuración de Node RED.....	34
Figura 13.	Flujograma de la interfaz web.....	35
Figura 14.	Monitoreo de variables de macro medición.....	36
Figura 15.	Monitoreo de Distribución.....	36
Figura 16.	Monitoreo de tanques.....	37
Figura 17.	Ubicación geográfica de los nodos de la empresa.....	37
Figura 18.	Sistema generador de reportes.....	38
Figura 19.	Esquemático y PCB de Captación.....	38
Figura 20.	Esquemático y PCB de Tanques de distribución.....	39
Figura 21.	Esquemático y PCB de Macros.....	39
Figura 22.	Pruebas de funcionamiento del sistema por etapas.....	40
Figura 23.	Proyecto precargado en Google Cloud.....	42
Figura 24.	Interfaz de Monitoreo.....	42
Figura 25.	Pruebas de funcionamiento.....	43

## RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación tiene como finalidad proveer un sistema que facilite el monitoreo de variables de macro medición, para la gestión del recurso hídrico y control de calidad del agua de forma automática, permitiendo visualizar los resultados a través de interfaces web y móviles.

Tomando como referencia los niveles de turbiedad, pH, cloro y temperatura, como principales variables en el control de calidad del agua, mientras que la adquisición del nivel de caudal y consumo se usan para la gestión de recursos hídricos. Una vez adquiridos estos valores, son comparados con la normativa INEN 1108: 2014 a nivel nacional y con la guía de calidad de agua provista por la OMS a nivel Internacional.

La adquisición de los datos de muestreo en los cinco tanques contenedores de agua potable, se lo realiza dos veces por día, en el transcurso de la jornada de trabajo del personal a cargo de la Empresa Pública de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del cantón Pedro Moncayo, permitiendo tomar acciones rápidas, cuando se requiera el control de alguna variable que presente niveles inadecuados para el consumo humano.

El sistema de monitoreo se desarrolla en torno al Microcontrolador Heltec wireless stick lite con software libre, lo que permite bajar los costos de fabricación del sistema. Este microcontrolador se encarga de recibir las variables obtenidas por los sensores, para poder enviar la información a través de un Gateway hacia el servidor The things stack Enterprise, usando la red LORA. La información posteriormente, se envía al servidor Node Red en donde se gestiona la información para finalmente, ser almacenada en la base de datos MySQL. Este servidor además, permite la visualización de la información, a través de un dashboard, localizado en el localhost del servidor.

Para brindar una mayor seguridad en el acceso, se genera previamente el registro del personal encargado de monitoreo, en base a un correo electrónico y una contraseña las cuales son almacenadas en la base de datos de MySQL. Para verificar su funcionalidad, se realizan pruebas en un periodo de un mes con tomas continuas de datos cada 30 min, además para brindar mayor fiabilidad, en caso de fallas de energía eléctrica, se incorpora un respaldo energético construido en base a paneles solares, permitiendo

almacenar energía en baterías Li ion las cuales permiten el funcionamiento autónomo del sistema en un periodo de 24h.

**Palabras clave:** Monitoreo, LORA, nodo, gateway.

## ABSTRACT

The research project aims to provide a system that facilitates the monitoring of macro measurement variables, for the management of water resources and water quality control automatically, allowing the results to be viewed through web and mobile devices.

Taking as reference the levels of turbidity, pH, chlorine and temperature, as the main variables in the control of water quality, while the acquisition of the level of flow and consumption are used for the management of water resources. Once these values are acquired, they are compared with the INEN 1108: 2014 standard at the national level and with the water quality guide provided by the WHO at the international level.

The acquisition of the sampling data in the five drinking water container tanks is carried out twice a day, during the work day of the personnel in charge of the Public Company of Drinking Water, Sewage and Sanitation of the Pedro canton Moncayo, allowing rapid action to be taken when control of any variable that presents levels that are inadequate for human consumption is required.

The monitoring system is developed around the Heltec wireless stick lite Microcontroller with free software, which allows lowering the manufacturing costs of the system. This microcontroller is responsible for receiving the variables obtained by the sensors, in order to send the information through a Gateway to the The things stack Enterprise server, using the LORA network. The information is later sent to the Node Red server where the information is managed to finally be stored in the MySQL database. This server also allows the display of information, through a dashboard, located on the localhost of the server.

To provide greater access security, the record of the personnel in charge of monitoring is previously generated, based on an email and a password, which are stored in the MySQL database. To verify its functionality, tests are carried out over a period of one month with continuous data collection every 30 min, in addition to providing greater reliability, in case of power failures, an energy backup built on the basis of solar panels is incorporated, allowing store energy in Li ion batteries which allow the autonomous operation of the system in a period of 24 hours.

**Keywords:** Monitoring, LORA, node, gateway.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **Tema de Investigación**

Sistema de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad de la EP-EMASA-PM.

### **1.1 Antecedentes Investigativos**

Con el avance tecnológico a nivel mundial y el desarrollo de las industrias 4.0, se ha producido una variedad de sistemas electrónicos encargados del control de la calidad del agua, empleando diferentes tipos de componentes y tecnologías.

En Costa Rica, en el año 2021, Sergio Solorzano Alfaro desarrolló un prototipo de Sistema de control y monitoreo hídrico, basado en LoRaWAN protocolo clase C, para el acueducto principal de la Asociación Administradora del Acueducto Rural de Playa Sámara de Nicoya, usando tecnología IOT. El proyecto consistía en el desarrollo de tres dispositivos denominados ASADA V1.0, los cuales son administrados por un microcontrolador Heltec LoRa, este recibe los datos de un sensor ultrasónico Octave, adquiriendo las unidades de volumen y caudal, además cuenta con un sistema de alimentación energética autónomo basado en paneles solares. En caso que se presente una falla en la toma de mediciones, se incorporó luces piloto que permiten alertar respecto a problema, una vez realizadas las pruebas de funcionamiento, se obtuvo que el margen de error del prototipo varía entre 0% y 0,73%. Finalmente, el sistema generó un ahorro económico entre 3 745 998 ₡ y 8 387 377 ₡, con un margen de 5 a 10 meses en recuperar la inversión [1].

En Perú, en el año 2021, Christian Cesar Acero implementó un Sistema IOT denominado Smart Farming, para optimizar la gestión de agua en la agricultura de Tacna conjuntamente a un sistema de control. El sistema fue implementado en 4 asentamientos con la finalidad de ahorrar energía y tiempo, a una distancia de 50m del cuarto de control. Los datos son adquiridos por medio de sensores Damla, y válvulas solenoides en tiempo real, permitiendo controlarlo su activación por medio de un cronograma o de forma manual en caso de ser necesario. El sistema de riego implementado permitió reducir el 21,25% de tiempo y gestionar de mejor forma los recursos hídricos [2].

En Taiwan, en el año 2021, Halim Fathoni desarrolló un sistema de monitoreo de la calidad del agua del lago Tunghai usando IOT y LoRaWAN. El sistema se basa en la adquisición de variables de PH, conductividad OD y Temperatura usando sensores de calidad del agua, estos datos son transmitidos por medio de la puerta de enlace MQTT permitiendo gestionar QoS y usando la tecnología LoRa debido a las largas distancias de transmisión y su alta tasa de fiabilidad. Los datos obtenidos son visualizados mediante la plataforma de Grafana en un Panel de control. Una vez comprobada la funcionalidad del sistema, se genera una base que permite ayudar en los futuros estudios de aguas residuales a la Universidad de Tunghai [3].

En la India, en el año 2019, Simitha KM desarrolló un sistema de monitoreo de la calidad del agua basado en IOT y WSN permitiendo transmisión de datos a largas distancias con un bajo consumo eléctrico. Para el control de la calidad del agua, se obtienen muestras de ph, turbidez, temperatura y cálculos de oxígeno, los cuales se transmiten inalámbricamente hacia el receptor LoRa, para posteriormente ser visualizados en un display LCD de 2x16, estos datos son administrados por el microcontrolador ESP32, que al ser procesados se transmiten al servidor ThingSpeak usando tecnología IOT para visualizarlos de mejor manera. Una vez probado el sistema, se obtuvo como resultado que la tecnología LoRa es idónea para el desarrollo de proyectos de largo alcance a diferencia de proyectos que usan ZigBee, Bluetooth y WiMAX, permitiendo extenderse a futuro en SmartCitys [4].

En Colombia, en el año 2019, Julián Andrés Avendaño desarrolló un sistema IOT para supervisar la calidad de agua en caudales superficiales, a partir de la normatividad ambiental. El sistema, se conforma de tres prototipos distribuidos en la zona, encargados de adquirir las variables de pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto. Estos datos son llevados por una red inalámbrica LoRa hacia el microcontrolador LoPy de Pycom de bajo consumo energético, encargado de la administración del sistema. Los datos obtenidos se envían hacia el servidor TTN que permite la monitorización en tiempo real, debido a la integración de Cayenne myDevice, en caso de presentar un nivel fuera de lo común se genera un sistema de alertas. Finalmente, se concluyó que la zona A presenta cierto grado de acidez, la zona B es apta para el consumo humano y la zona C presenta contaminación [5].

En Taiwan, en el año 2018, Yan-Ting Liu desarrolló un sistema de monitoreo de calidad del agua en el lago Dong de la Universidad Nacional Dong Hwa, basado en tecnología IOT. El sistema se encarga de la adquisición de temperatura del agua, turbidez, conductividad y pH. Al finalizar el proceso estas variables son enviadas a la base de datos MongoDB mediante una red de área amplia (LoRaWAN), para posteriormente ser visualizadas en una página web usando Node.js como encargado de la conexión. Adicionalmente, se incorporó un sistema de energía autónoma basado en paneles solares permitiendo prolongar la vida del sistema. Obteniendo como resultado que la tecnología de LoRaWAN es adecuada para transmitir datos a larga distancia sin pérdidas de información [6].

En Colombia, en el año 2018, Boris Fernando Quintana Fajardo desarrolló un Sistema de monitoreo de la calidad de agua de los caños y lagos internos del Distrito Cartagena de Indias, basado en tecnología IOT. El sistema se encarga de recolectar variables fisicoquímicas mediante sensores de pH y temperatura, estas variables son gestionadas mediante arduino UNO en el entorno de programación de Arduino IDE, para posteriormente ser enviadas a la base de datos alojada en el servidor cloudMQTT, donde son gestionados por MongoDB. La información almacenada es visualizada en una página web desarrollada en el servidor. El sistema es dirigido a entidades encargadas de preservar el medio ambiente, permitiendo conocer el estado del agua en los caños y lagos del distrito [7].

En la ciudad de Latacunga, en el año 2021, Ronquillo Sánchez desarrolló un sistema IOT encargado de la medición de caudal. El sistema se inicia en Factor IO software que permite simular un caudal de manera virtual, logrando adquirir los datos de nivel programados con anterioridad a través de un PLC Siemens. Este controlador se configura mediante una dirección ip estática que permite el envío de los datos adquiridos a través de OPC Server, hacia la página de diseño de la interfaz de visualización alojada en la plataforma Thingsboard. Una vez configurada, los datos se muestran en tiempo real, en la pantalla del servidor local (PC). El diseño del Sistema permite establecer nuevas técnicas de digitalización de señales en una red industrial [8].

En la ciudad de Riobamba, en el año 2019, Erick Cristhian Soliz Oliveros implementó un sistema IOT, para el módulo de nivel y caudal, en el laboratorio de control y

manipulación automática de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. El sistema adquiere los datos por medio de un caudalímetro y un sensor ultrasónico, una vez obtenidos eran transmitidos mediante tecnología Node-RED e IOT hacia el controlador PLC S7-1200 encargado de la administración del sistema. La visualización de las variables se realiza mediante una pantalla HMI de manera local y a través de dispositivos móviles de forma remota. Al implementar este Sistema se logra introducir una nueva funcionalidad en la Pasarela Simatic, con bases en la Industria 4.0 [9].

En la ciudad de Quito, en el año 2018, Carlos Gabriel Poveda Cueva desarrolló un Sistema de medición de caudal energéticamente independiente, en la Comunidad de Paquiestancia. Las variables respecto al nivel del caudal son adquiridas mediante un caudalímetro y gestionadas por un controlador PLC, el cual se encarga de la comunicación vía GPRS hacia Ubidots. Para poder visualizar los datos, se adquiere un dominio y un hosting que permite almacenar la página web desarrollada en WordPress, logrando ser visualizada mediante dispositivos web y móviles. El proyecto, además, presenta un sistema de energía autónomo basado en paneles solares. De esta forma los habitantes del sector Cayambe pueden monitorear de manera constante los datos respecto al canal de distribución [10].

## **1.2 Contextualización del problema**

El agua es considerada a nivel mundial como un recurso indispensable para los seres vivos. Debido a los cambios climáticos y contaminación ambiental, cada vez es más difícil encontrar fuentes de agua que presenten condiciones aceptables para el consumo humano, por este motivo hoy en día se han desarrollado cada vez más sistemas que facilitan el monitoreo de variables de macro medición para la gestión de recursos hídricos en torno a normativas de calidad del agua [11].

Desde la antigüedad, los pobladores en la zona andina han valorado el agua como una deidad, considerado como uno de los elementos de mayor importancia, razón por la cual actualmente es indispensable llevar un control estricto en su potabilización [12].

En Ecuador, específicamente en el Cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha mediante una entrevista realizada a la “Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Básico del Cantón Pedro Moncayo”. El encargado del seguimiento y control de calidad del agua, manifiesta que la principal problemática de

la empresa es la adquisición de datos referentes a la captación de entrada y salida del caudal en su tanque de reserva principal, de igual forma en los puntos de distribución secundarios proveniente de las fuentes de la laguna Chiriyacu.

La finalidad del proyecto es implementar un sistema electrónico autónomo, en base a hardware y software libre, que permita monitorear las variables necesarias para la gestión de calidad del agua y recursos hídricos en tiempo real, sin tener que movilizarse hasta los puntos de distribución de difícil acceso. Estas variables serán comparadas con las normativas de calidad del agua INEN 1108, además de las normativas decretadas por la OMS a nivel internacional, lo que permite tomar acciones inmediatas en caso de presentarse niveles contaminación.

Los beneficiarios directos al implementar el sistema de monitoreo son los encargados de Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento Básico del Cantón Pedro Moncayo, evitando gastos de transporte y gestión de personal por largas distancias, además de pérdidas de tiempo que conllevan el adquirir las mediciones de recursos hídricos al encontrarse en lugares de difícil acceso. Los beneficiarios indirectos serían los pobladores del cantón al obtener agua potabilizada de forma constante.

### **1.3 Fundamentación Teórica**

#### **1.3.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE**

El sistema de agua potable, lo conforma un conjunto de obras ineludibles empezando con la etapa de captación hasta la etapa de distribución, abarcando fuentes subterráneas o superficiales y naturales, que tiene como finalidad, la de entregar a los habitantes de un sector, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades [13].

### **Captación**

La captación es el principio del sistema de agua potable y consiste en las obras encargadas de extraer el agua, estas pueden ser una o varias, lo importante es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua necesaria para poder así abastecer a la población [13].

### **Conducción**

A la conducción también se la nombra "Línea de conducción", tiene como finalidad transportar agua comenzando en la etapa de captación hasta los distintos puntos de distribución o almacenamiento, conformados por estructuras civiles y electromecánicas [13].

### **Almacenamiento**

El almacenamiento tiene como función principal, contar con un volumen de agua de reserva como medida de prevención ante un posible desabastecimiento de agua en una localidad [13].

### **Red de distribución del agua**

La red de distribución del agua (RDA), es un sistema que traslada el líquido vital hasta su usuario final para su respectivo uso, estas RDA están formadas por distintos elementos como son tanques, tuberías, válvulas, entre otros, que se encuentran conectados para formar este sistema [14].

## **1.3.2 SISTEMAS ELECTRÓNICOS**

Los sistemas de monitoreo son aquellos empleados extensamente en la vigilancia y control de procesos industriales, ya que permite al operario o a todo el personal mantenerse informado sobre la situación actual de los procesos en ejecución, permitiéndoles actuar pertinentemente sin la necesidad de estar presentes. La principal ventaja es vigilar procesos que se encuentran en lugares remotos o peligrosos, permitiendo así reducir gastos y riesgos, cumpliendo eficientemente con lo pretendido [15].

## **SENSORES**

Los sensores son dispositivos que acorde al lugar en donde se realicen mediciones, entregan una señal transducible a la salida, en función de la muestra medida. Estos dispositivos electrónicos se clasifican de acuerdo con la magnitud medida como: [16].

**Sensor de Caudal.** – el sensor de caudal o flujo es un dispositivo electrónico, el cual permite determinar la cantidad de líquido que está circulando por una tubería usualmente se usa para determinar el consumo de agua potable. Existen una amplia variedad como los: [17].

- o Sensores de flujo YF-S201

- o Sensores de flujo FS300A

- o Sensores de flujo FS400A

**Sensor de Presión.** – el sensor de presión utiliza el efecto piezoeléctrico para medir aceleración, fuerza, presión o tensión, este efecto consiste en generar polarización eléctrica al cambiar la forma de un material por una fuerza ejercida [18].

**Sensor de temperatura.** – el sensor de temperatura es un dispositivo integrado cuyo comportamiento depende de las variaciones de temperatura, esta función se puede medir a raíz de determinados fenómenos como la dilatación de cuerpos sólidos, cambio de la resistencia o conductividad, cambio de la diferencia de potencial, entre otras [19] [20].

Dentro de la gama de sensores más conocidos se tienen:

- o LM35

- o TMP36

- o TC74

- o DHT11

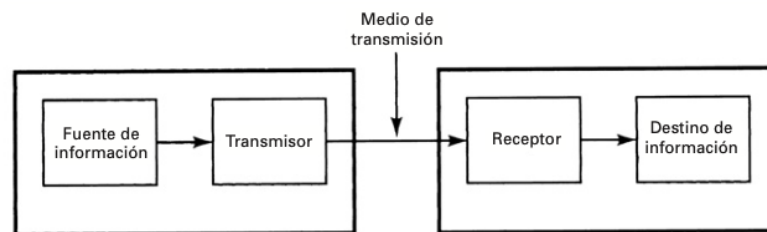
- o Thermocouple

**Sensor de Nivel.** – el sensor de nivel es un dispositivo que detecta el nivel de un líquido de un depósito o tanque, indicando con una señal cuando se ha alcanzado una determinada altura. Existen sensores de nivel de tipo: [21].

- o Ultrasónicos
- o Magnéticos
- o Ópticos
- o Capacitivos

### 1.3.4 SISTEMA DE COMUNICACIONES

Un sistema de comunicaciones es aquel que está comprendido por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor es un dispositivo que convierte la información de la fuente original en una señal. El medio de transmisión transporta la señal desde el transmisor hasta el receptor por un medio alámbrico o inalámbrico. El receptor es un dispositivo que acepta la señal del medio de transmisión y la reconvierte en su forma original. El sistema de comunicaciones se lo describe en bloques en la Figura 1 [22].



**Figura 1.** Diagrama del sistema de comunicaciones.

### Comunicaciones inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas son sistemas que utilizan radiofrecuencia, infrarrojos, microondas u otro tipo de ondas electromagnéticas en lugar de cables o fibra óptica para transmitir señales o datos, el transmisor y receptor pueden estar entre pocos metros y miles de kilómetros [23].



## Tecnologías de comunicaciones inalámbricas

Las tecnologías de comunicaciones inalámbricas son utilizadas a nivel mundial, las más utilizadas que se han implementado son Wifi, Zigbee y Zwave. En la Figura 2 se muestra de forma general las diferentes tecnologías inalámbricas según su velocidad de datos y rango de operación [24].



**Figura 2.** Tecnologías Inalámbricas (IoT).

## Red de sensores inalámbricas (WSN)

Una red de sensores inalámbricos es una red local compuesta por nodos sensores los cuales pueden variar de unas pocas decenas a unos miles, interconectados que intercambian datos detectados por un medio inalámbrico, logrando así supervisar una región. Se define dos tipos de redes inalámbricas de sensores: [25].

- Una WSN estructurada es aquella que tiene todos o algunos de los nodos del sensor extendidos de una manera pre planificada facilitando el mantenimiento de la red [25].
- Una WSN no estructurada es aquella que domina una densa lista de nodos de sensores que pueden ser extendidos de manera ad-hoc en el campo, dificultando así el manteniendo de la red [25].

## INTERNET DE LAS COSAS (IoT)

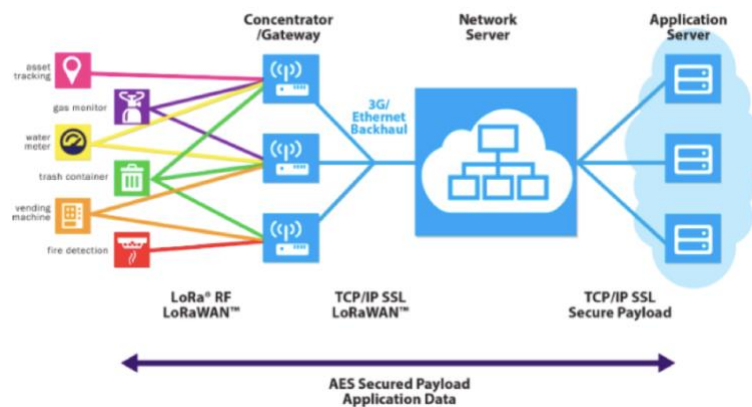
El Internet de las Cosas es una estructura de red global, dinámica y autónoma de dispositivos físicos y virtuales interconectados de una forma inteligente con la capacidad de recolectar datos [26].

## LoRa

LoRa es una tecnología inalámbrica emergente que se caracteriza por ser de largo alcance y trabaja con un bajo consumo de potencia de transmisión, es utilizada en la transmisión de datos de sensores para IoT [27].

LoRa es un tipo de modulación que utiliza métodos de espectro ensanchado y Chirp Spread Spectrum (CSS) donde éste se modula en canales y velocidades diferentes, también usa la corrección de Erros (FEC) [27].

- LoRaWAN. – la tecnología LoRaWAN hace uso de un protocolo de red libre denominado LPWAN (Low Power Wide Area Network). La red LoRaWAN consiste en que un nodo se comunica con un Gateway y viceversa utilizando el protocolo MAC, a su vez los Gateways se conectan a una nube a través del protocolo IP, como se lo muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Red LoRaWAN.

- Distancia de Protocolo LoRaWAN. – la distancia de este protocolo depende de factores como los obstáculos o cuanta visibilidad tienen los nodos con respecto a los Gateways. En la **Tabla 1** se puede ver las distancias posibles en una red LoRaWAN [28].

**Tabla 1.** Tabla 1 Distancia de protocolos LoraWAN

<b>Distancias Protocolo LoRaWAN</b>	
<b>Distancias (Km)</b>	<b>Visibilidad</b>
1-5	Con obstáculos
5-10	Con pocos obstáculos
10-20	Con línea de vista libre

Fuente: Universidad Santo Tomas

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Implementar un prototipo de sistema de monitoreo de variables de macro medición, para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad en la EP-EMASA-PM.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual mediante el diagnóstico del proceso administrativo en la gestión de macro medición del recurso hídrico y el control de calidad en la EP-EMASA-PM.
- Determinar los equipos y tecnologías de comunicación necesarios para mejorar el monitoreo permanente del sistema de captación, almacenamiento y distribución del agua.
- Diseñar un prototipo de sistema para el monitoreo del recurso hídrico y el control de calidad desde las fuentes de Chiriyacu.

El objetivo principal del presente proyecto de investigación es Implementar un prototipo de sistema de monitoreo de variables de macro medición basado en hardware y software libre, que permita gestionar los recursos hídricos y el control de calidad del agua en la EP-EMASA-PM, utilizando dispositivos remotamente mediante tecnología LoRa.

Se debe realizar un estudio de la situación actual, en la toma de datos referentes a la captación, almacenamiento y distribución de agua en la EP-EMASA-PM,

tomando en cuenta los factores necesarios que permitan facilitar la adquisición de estas variables, en los diferentes puntos de distribución. En base a las siguientes actividades:

- Investigación del procedimiento que desarrollan los operadores para el control y monitoreo de las fuentes de agua Chiriyacu.
- Análisis de factores necesarios que permitan mejorar el rendimiento, almacenamiento, distribución y monitoreo del sistema de captación, de agua.
- Determinación de requerimientos técnicos, para el monitoreo y almacenamiento de datos en tiempo real.
- Delimitación de distancias desde los puntos de captación, almacenamiento y distribución, hasta el centro de control en donde se registra y analiza los datos de las variables.

Para el diseño del sistema de control automático, se seleccionan los componentes adecuados, con sus respectivos lenguajes de programación, permitiendo precargar el funcionamiento del sistema en el microcontrolador seleccionado, para ello se realizan las siguientes actividades:

- Indagación de instrumentación y dispositivos de comunicación con las características y especificaciones necesarias, para obtención y transmisión de datos en tiempo real.
- Elaboración de un cuadro comparativo de tecnologías vigentes, que permitan monitorear, variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.
- Selección de equipos con la tecnología necesaria para el monitoreo de variables de macro medición, en la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.
- Diseño del sistema electrónico para el prototipo de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.

Para poder monitorear la adquisición de variables del sistema de forma remota desde el servidor o dispositivo móvil, se desarrolla una interfaz web, en base a las siguientes actividades:

- Elaboración de una interfaz web, para monitoreo de variables en tiempo real desde los puntos de captación, almacenamiento y distribución hasta el centro de control.
- Implementación del prototipo de monitoreo de variables de macro medición, para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

El presente proyecto de investigación es desarrollado en base a la selección de componentes, que permitan un funcionamiento adecuado y a bajo costo. Estos materiales están detallados en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Materiales usados en el Sistema de monitoreo de recursos hídricos

Material	Gráfico	Utilidad
<b>Sensor de PH</b>		El sensor de pH se encarga de medir la acides del agua en un rango de 0 a 14
<b>Sensor de turbidez</b>		El Servo de turbidez, se encarga de adquirir los datos de claridad del agua en los diferentes tanques.
<b>Sensor de nivel de agua</b>		El sensor de nivel de agua, se encarga de enviar el estado de llenado del tanque hacia el microcontrolador.
<b>Sensor de temperatura DS18B20</b>		El sensor DS18B20 se encarga de obtener valores de temperatura de los tanques de agua
<b>Microcontrolador Heltec Automation</b>		El microcontrolador es el encargado de recibir la medición de los sensores, administrar y enviarla hacia el servidor

<b>Gateway Heltec HT-M00</b>		El Gateway se encarga de la comunicación entre el microcontrolador y el servidor
<b>Batería Li-ion</b>		Las baterías de Li-ion se usan como un respaldo energético del dispositivo.
<b>MariaDB</b>		MariaDB es la plataforma encargada de almacenar los datos adquiridos por el sistema.
<b>Workbench</b>		Herramienta que permite visualizar los datos almacenados en MariaDB.

**Elaborado por:** El investigador

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Modalidad de Investigación

El Sistema de Sistema de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad, tiene como finalidad la investigación, desarrollo e implementación del sistema, usando herramientas y conocimientos adquiridos previamente en la Carrera de Electrónica y Comunicaciones, solventando una necesidad en la EP-EMASA-PM, mediante la aplicación de la siguiente metodología de investigación:

#### **Modalidad de Investigación y Desarrollo**

En el presente proyecto se desarrolló el análisis de la situación actual sobre el sistema de operación y monitoreo de captación, almacenamiento y distribución del recurso hídrico en las fuentes de Chiriyacu del cantón Pedro Moncayo, en donde se determina

el requerimiento de un sistema técnico que permita mejorar el monitoreo para tener un control eficiente del sistema hídrico que distribuye a las distintas parroquias.

### **Modalidad Bibliográfica**

Se realizó la investigación bibliográfica sobre información de métodos de monitoreo y control del sistema hídrico en las fuentes de Chiriyacu, basándose en archivos de proyectos de investigación, artículos de revistas y publicaciones de distintas fuentes, que permitan sustentar y respaldar la investigación y desarrollo del proyecto con los conocimientos adquiridos sobre tecnologías de comunicación y sistemas electrónicos para monitoreo.

### **Modalidad de Campo**

Se desarrolló una investigación de campo, necesaria para la recopilación de información con las condiciones actuales sobre la toma de datos respecto al monitoreo de agua para consumo humano, desde la captación en las fuentes de Chiriyacu y de esta forma poder determinar la tecnología de comunicación necesarias que permitan obtener información en tiempo real y tomar decisiones que mejoren el funcionamiento.

### **Recolección de Información**

El presente proyecto de investigación toma de referencia, información publicada en revistas relacionadas a sistemas de monitoreo y control hídrico que utilicen tecnologías de comunicación para facilitar el registro de datos, además de artículos científicos sobre sistemas de comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía para monitoreo y control de sistemas de captación de agua.

### **Procesamiento y Análisis de Datos**

El procesamiento y análisis de datos se basa en la información obtenida en diferentes medios bibliográficos, fundamentados en los siguientes puntos

- Estudio de la problemática presente en la adquisición de datos de calidad de agua en la EP-EMASA-PM
- Selección de la tecnología inalámbrica con características necesarias que se adapten a los requerimientos geográficos.



- Análisis de parámetros técnicos en la selección de componentes electrónicos
- Visualización de las variables de monitoreo mediante una aplicación web y móvil.

### **2.2.1 Desarrollo del Proyecto**

Para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo de recursos hídricos y calidad del agua se han desarrollado las siguientes actividades:

- Investigación del procedimiento que desarrollan los operadores para el control y monitoreo de las fuentes de agua Chiriyacu.
- Análisis de factores necesarios que permitan mejorar el rendimiento, almacenamiento, distribución y monitoreo del sistema de captación, de agua.
- Determinación de requerimientos técnicos, para el monitoreo y almacenamiento de datos en tiempo real.
- Delimitación de distancias desde los puntos de captación, almacenamiento y distribución, hasta el centro de control en donde se registran y analizan los datos de las variables.
- Indagación de instrumentación y dispositivos de comunicación con las características y especificaciones necesarias, para obtención y transmisión de datos en tiempo real.
- Elaboración de un cuadro comparativo de tecnologías vigentes, que permitan monitorear, variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.
- Selección de equipos con la tecnología necesaria para el monitoreo de variables de macro medición, en la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.
- Diseño del sistema electrónico para el prototipo de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.
- Elaboración de una interfaz web, para monitoreo de variables en tiempo real desde los puntos de captación, almacenamiento y distribución hasta el centro de control.

- Implementación del prototipo de monitoreo de variables de macro medición, para la gestión del recurso hídrico y control de calidad de la EP-EMASA PM.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADO Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Análisis y discusión de los resultados**

Acorde a información obtenida referente al desarrollo de sistemas de macro medición para la gestión del recurso hídrico a nivel mundial, se obtienen sistemas que se han desarrollado en base a diferentes tipos de tecnologías como: Bluetooth, IOT, LoRaWAN, OPC.

En el mercado actual no se encuentran empresas encargadas de evaluar los recursos hídricos periódicamente a bajo costo, por lo cual se toma como base la información obtenida en estas investigaciones, para desarrollar un sistema que mejore su funcionalidad a un menor costo.

#### **3.2 Desarrollo de la Propuesta**

El proyecto de investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de gestión de recursos hídricos, usando equipos basados en software libre que permitan reducir los costos de implementación.

El sistema presenta dos etapas, una de adquisición de datos y una etapa de monitoreo en tiempo real. La etapa de adquisición de datos se encarga de obtener las mediciones realizadas por los sensores de caudal y gestión de recursos hídricos, las cuales serán almacenadas en una base de datos. La etapa de monitoreo se encarga de llevar el control de niveles en los agentes de calidad del agua cada 30 minutos siendo visualizados en el servidor del sistema.

La funcionalidad del sistema incluye un registro de la adquisición de las variables de recursos hídricos, y su respectiva visualización en tiempo real, esto ayuda al personal encargado del control de la empresa EP-EMASA-PM a optimizar tiempo y recursos económicos. Además, en caso de fallas eléctricas, el sistema cuenta con una fuente de respaldo alimentada por paneles solares, brindándole autonomía al sistema.




#### **3.3 Análisis de parámetros técnicos**

##### **3.3.1 Sensores**

Los sensores son los encargados de controlar la adquisición de las variables necesarias para el control de recursos hídricos y la calidad del agua en la empresa EP-EMASA-

PM, permitiendo llevar a cabo un control en la captación de ingreso y niveles de sustancias en los tanques reservorios. Estos sensores son seleccionados en base a la funcionalidad y factibilidad adquisitiva a nivel nacional, detallados en las **Tablas 3, 4, 5, 6,7.**




**Tabla 3.** Sensores de Turbiedad

Marca	Turb Sensor InPro8100/S/205	Sensor De Turbidez Analógico Sen 0189	Sensor Turbidez Agua Arduino Análogo R3 + Acondicionadora
Imagen			
Costo	\$1700.00	\$21.99	\$19.99
Accesibilidad	Cualquier parte del mundo	Riobamba	Riobamba
Intervalo de Funcionamiento Turbiedad	10 – 4000	5-3000	0-100
Intervalo de temp.	-30°C-100°C	-30°C-90°C	-30°C-80°C
Conexión	Cable fijo	Cable Fijo	Cable Fijo
Aprobaciones para zonas peligrosas	Si	No	No
Aprobaciones de higiene/biocompatibilidad	Si	Si	Si
Fuente de luz	Externo	Externo	Externo
Resistencia de presión medida	0 bar – 6 bar	-	-
Esterilizable/autoclavable	Si	Si/No	Si/No

**Elaborado por:** El investigador

Se selecciona el sensor análogo R3, porque incluye un acondicionador de señal que permite gestionar de mejor manera los datos adquiridos, además los tanques reservorios no presentan niveles altos de temperatura, siendo el más factible para el proyecto, así como por su bajo costo de adquisición.

**Tabla 4. Sensor de PH**

Marca	Medidor de pH PCE-CP 10	Sensor De Ph + Tarjeta Acondicionadora Arduino Electrostore	Megatronica Sensor De Ph Tarjeta + Acondicionamiento Arduino
Imagen			
Costo	€ 289.90	\$45.99	\$44.99
Accesibilidad	España	Quito	Quito
Bluetooth	Si	No	No
Fuente de Luz	LED 503 nm / 570 nm / 620 nm	LED 503 nm	LED 503 nm
Alimentación	4 x pilas de 1,5V, tipo AA	5 V	5 V
Capacidad de la Memoria	256 valores	-	-
Dimensiones	165 x 95 x 50 mm	43 x 32 mm	42 x 32 mm
Peso	230 g	220 g	232 g
Intervalo de temp.	5°C-45°C	0°C -60°C	-10°C -50°C
Rango de PH	6,50 pH-8,40 pH	0 pH-14 pH	0 pH-14 pH
Precisión	0,11 pH	± 0.1 pH	± 0.1 pH

**Elaborado por:** El investigador.

Debido al mayor rango de temperaturas en las mediciones, se seleccionó el sensor de Ph, que incluye una tarjeta acondicionadora para Arduino, además de contar con el rango de niveles de Ph necesarios estipulado en las normativas de calidad del agua.

**Tabla 5. Sensor de Cloro**

Marca	CL-2059-01	BOQU YLG-2058	EIT SZ-2059-01
Imagen			
Costo	\$ 159.00	\$ 215.00	\$ 285.00
Accesibilidad	China	China	China
Rango	0-20mg/L	0-20mg/L	0-20mg/L

Tamaño	12 x 120mm	146 x 146 x 108mm	230mm × 30mm
Resistencia de Presión	10 bar	8 bar	10 bar
Intervalo de temp.	-20°C- 20°C	0°C- 65°C	-10 °C - 110 °C
CE Certificate	Si	Si	Si
Material	Vidrio	Vidrio	Metal

**Elaborado por:** El investigador

El sensor de cloro no ha sido usado debido a dos factores: El primero su alto costo de adquisición ya que no se lo encuentra en el mercado local. El segundo factor es el tiempo de adquisición, que puede oscilar en un periodo de 48 a 72 días laborables.


**Tabla 6.** Sensor de Ultrasonido e infrarrojo

Marca	Sensor ultrasonidos HC-SR04	Sensor Nivel Agua Fotoeléctrico Infrarrojo Arduino + Modulo	Sensor Ultrasónico Distancia Anti Agua Jsn-sr04t V3 Arduino
Imagen			
Costo	\$ 2.16	\$ 29.99	\$ 16.99
Accesibilidad	Perú	Riobamba	Quito
Voltaje de Operación	5V DC	5V DC	5V DC
Corriente de Trabajo	15 mA	10 mA	30 mA
Rango de medición	2 cm a 450 cm	1 cm a 600 cm	25 cm a 450 cm
Precisión	+/- 3 mm	+/- 2 mm	± 0.5 cm
Ángulo de apertura	15°	15°	15°
Frecuencia de ultrasonido	40KHz	-	-
Dimensiones	45 x 20 x 15 mm	30 x 20 x 11 mm	30 x 20 mm
Tiempo Mínimo de Lectura	20 ms	<500 ms	50 ms

**Elaborado por:** El investigador.

Se selecciona el sensor JSN-SR04T el cual permite tener mediciones continuas con un menor tiempo de respuesta, en comparación con el sensor HC-SR04, que no permite tomar más de una muestra a la vez, además de presentar una mejor precisión en un rango mayor a los demás.

**Tabla 7.** Sensor de Temperatura

Marca	Sensor de temperatura DS18B20	Termorresistencia PT 100 RS PRO	Mgsystem Modulo Sensor De Temperatura Y Humedad Dht11 Arduino
Imagen			
Costo	\$ 5	\$ 33,41	\$ 3.50
Accesibilidad	Ecuador	Madrid	Quito
Voltaje de Operación	3.0V – 5.5V DC	3.0V – 5 V DC	3V-5.5V
Rango de Medición	-55 °C hasta +125 °C (-67°F a +257°F)	-50 °C hasta +200 °C	0 °C - 50 °C
Precisión	±0.5 °C	±0.5 °C	±0.5 °C
Protocolo	1-Wire, solo necesita 1 pin para comunicarse.	1-Wire, solo necesita 1 pin para comunicarse.	1-Wire, solo necesita 1 pin para comunicarse.
Longitud de Cable	1 m	2 m	-
Dimensiones Sonda	5 mm x 50 mm	6 mm x 100 mm	33 mm x 14 mm
Peso	23 gramos	10 gramos	20 gramos




**Elaborado por:** El investigador

Debido a la resistencia al agua, además del costo de adquisición se selecciona el sensor de temperatura DS18B20.

### 3.3.2 Microcontroladores

Para la selección del microcontrolador el primer factor a tomar en cuenta es la tecnología con la que se puede desarrollar, razón por la cual se realiza una comparación entre los microcontroladores Helctec, Nodemcu, y Raspberry Pi, además el número de pines necesarios para el funcionamiento del sistema como se lo detalla en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Microcontrolador del sistema

Marca	Heltec Automation	ESP8266 NODEMCU V2	BCM2711 Raspberry Pi 4
Imagen			
Costos	US\$ 30	US\$ 7	US\$ 249
Accesibilidad	Cualquier parte del Mundo	Cualquier parte del Mundo	Cualquier parte del Mundo
Voltaje de Alimentación	2,3 V a 3,6 V	7 V - 12 V	5 V CC 3 A
CPU	ESP32-PICO (dual-core 32-bit MCU + ULP core + Internal 4MB FLASH), with LoRa node chip SX1276.	ESP8266 Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)	Broadcom BCM2711, quad-core Cortex-A72 (ARM v8) SoC de 64 bits 1,5 GHz
Frecuencia de Reloj	868-915mhz	52 MHz	1,5 GHz
Wifi	Si	Si	Si
Bluetooth	Si	No	Si
Dimensiones	22.3 x 9.4 in.	49 x 26 mm	3.74 x 2.76 x 1.1 pulgadas
Peso	1.06 onzas	9 gramos	2.36 onzas
Pines Digitales E S	28	11 o 13	40
Pines Analógicos E S	11	1	-
SRAM	520 KB	n. A	8 GB DDR3
Memoria Flash	4 MB	4 MB	-
EEPROM	8 KB	512 bytes	-
Sensor Táctil	10	No	No
Sensor de Temperatura	No	No	No
SPI/I2C/12S/UART	2/2/2/3	2/1/2/2	No

**Elaborado por:** El investigador




Al realizar la comparación entre los microcontroladores se aprecia la similitud entre los mismos permitiendo desarrollar las mismas funciones, sin embargo, se selecciona el microcontrolador Heltec Automation, debido a la estabilidad de la conexión y el rango de trabajo sin necesidad de una conexión a internet.



### 3.3.3 Gateway

El Gateway es la compuerta de conexión entre el microcontrolador y el servidor del sistema en una red local, para este proyecto se toma en cuenta los Gateway con conexiones a la red LoRaWAN como se muestra en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.** Gateway basados en LoRaWAN

Marca	HT-M00 doble canal LoRa Gateway Heltec	HT-M01 Mini LoRa Gateway	HT-M02 Edge LoRa Gateway
Imagen			
Costos	\$39.00	\$99.00	\$410.00 – \$509.00
Accesibilidad	China	China	China
CE Certificate	Si	Si	Si
Tamaño	75 x 30 x 13mm	66(+10) x 30 x 15mm	125(+40) x 125 x 52 mm
Espectro Adaptivo Automático	SF7 a SF12 para cada canal es opcional	SF7 a SF12 para cada canal es opcional	SF7 a SF12 para cada canal es opcional
Salida Máxima	18 ± 1dBm	20 ± 1dBm	20 ± 1dBm
Interfaz de Comunicación	Tipo-C USB	SPI o USB	4G
Fuente de Alimentación	5 V	5 V	110 V
Soporte para LoRaWAN	Protocolos Clase A, Clase C.	Protocolos Clase A, Clase C.	Protocolos Clase A, Clase C.
Rango de Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europe – 868MHz ISM band (863MHz to 870MHz range)</li> <li>• Europe – 433MHz ISM band</li> <li>• USA/Australia – 915MHz ISM band (902MHz to 928MHz range)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europe – 868MHz ISM band (863MHz to 870MHz range)</li> <li>• Europe – 433MHz ISM band</li> <li>• USA/Australia – 915MHz ISM band (902MHz to 928MHz range)</li> </ul>	Cobertura de banda completa correspondiente a la opción de frecuencia de trabajo.
Rango de temperatura de Operación	-20°C a 70°C	-20°C a 70°C	-20°C a 70°C

**Elaborado por:** El investigador

Para este proyecto, se escogió el Gateway Heltec HT-M00 doble canal LoRa, al ser el más económico, ya que todos pueden realizar la misma función, además su potencia de transmisión abarca el rango de cobertura necesario para el sistema.

### 3.3.4 Respaldo Energético

Para el respaldo energético se ha comparado baterías en base a su autonomía como se muestra en la **Tabla 10**.

**Tabla 10.** Baterías

Marca	Batería Litio Li-ion 3,7v 3800mah	Batería Lipo Litio 1 Celda	Batería HKANON 9000 mAH
Imagen			
Costo	\$ 24.99	\$ 12.00	\$ 12.83
Accesibilidad	Quito	Cuenca	China
Capacidad	3800 mAH	1500 mAH	9000 mAH
Corriente de Salida	1.8 A	1.85 A	9 A
Voltaje de Salida	5.1 V	3.7 V	12 V
Corriente de carga	1 A/5 V	1 A/5V	2A/6hours, 5A/2.5hours
Duración de batería	9 Horas	4.5 Horas	24 Horas




**Elaborado por:** El investigador

Se selecciona las Baterías HKANON 9000 mAH por el número de celdas, ya que genera una mayor capacidad de almacenamiento energético, y con ello mayor autonomía.

### 3.3.5 Base de Datos

Para determinar la base de datos necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, se comparan aquellas que cuentan con soporte para LoRaWan, como se muestra en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Base de Datos

Nombre	MariaDB	MySQL	PostgreSQL
Imagen			
Desarrollador	MariaDB Corporación	Oracle Corporación	PostgreSQL Global Development Group
Versión Inicial	2009	1994	1996
Licencia	Fuente Abierta	Licencia pública general/Licencia comercial	Fuente Abierta
Almacenamiento Gratis	Limitado	2 GB	Limitado
Datos almacenados en la nube	No	Si	Si
SQL	Si	Si	Si
Lenguaje de Programación compatibles.	Ada C++ Java JavaScript (Node .js) PHP Python Etc.	PHP .NET Node.js Go Python Java C C++ Ruby Etc.	C C++ Java PL/Java web PL/Perl pI PHP PL/Python PL/Ruby PL/sh PL/Tcl PL/Scheme
Concurrencia	Si	Si	Si
Durabilidad	Si	Si	Si
Escalable	Si	Si	Si

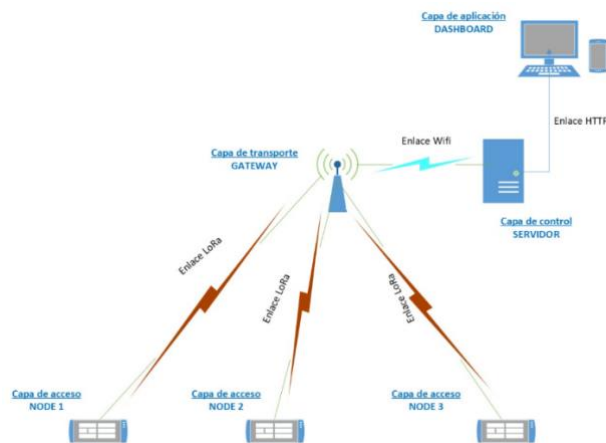
**Elaborado por:** El investigador

La base de datos seleccionada es MariaDB acorde a conocimientos previos desarrollados del investigador y porque dispone de las características mínimas necesarias. Esta permite almacenar información usando lenguajes de programación compatibles con el servidor del Sistema.

### 3.4 Sistema de monitoreo de variables de macro medición para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad

El sistema de monitoreo de variables de macro medición se desarrolla con la finalidad de optimizar tiempo y recursos económicos en la adquisición de agentes de calidad del agua, permitiendo tomar acciones rápidas en caso de presentar contaminación. Las muestras serán tomadas en intervalos de 30 min al día y almacenados en una base de datos, llevando un registro de las actividades realizadas en la empresa EP-EMASA-PM.

En la **figura 4**, se aprecia el diagrama esquemático del sistema de monitoreo de calidad del agua, compuesto por las diferentes etapas del proyecto y su forma de interacción.

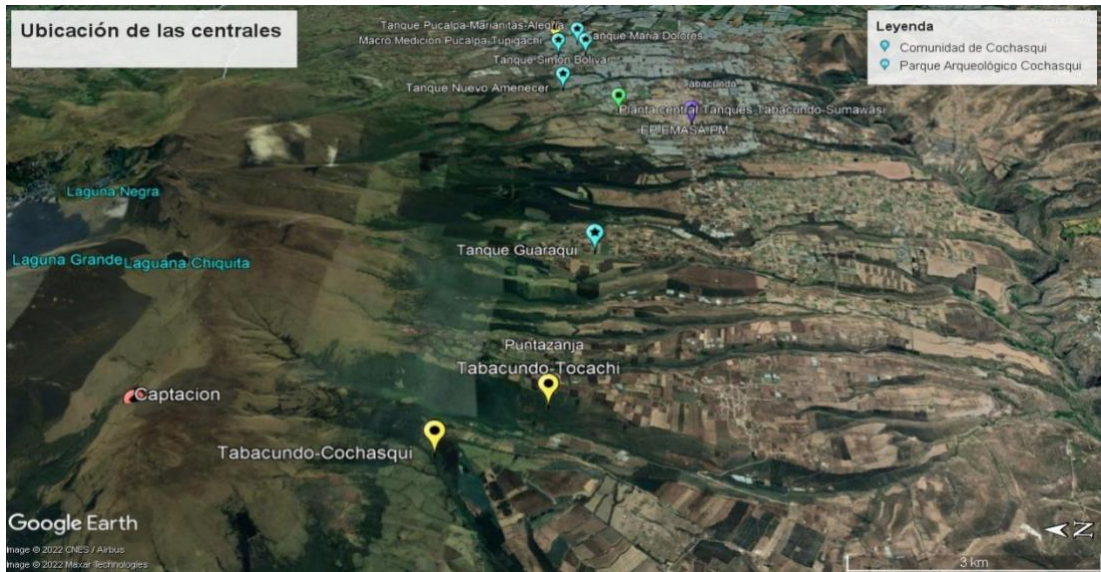


**Figura 4.** Diagrama esquemático del sistema de monitoreo de variables de macro medición.

**Elaborado por:** El investigador

#### 3.4.1 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo

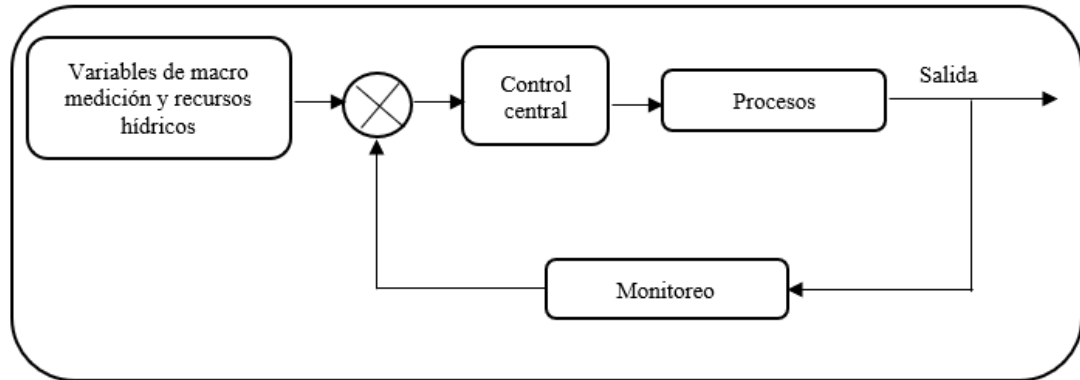
El sistema de monitoreo de variables de macro medición y calidad de agua, está compuesto por tres puntos centrales, ubicadas en las diferentes estructuras centrales que conforman la empresa EP-EMASA-PM. Al seleccionar la tecnología a utilizar en base a la estabilidad y rango de cobertura, se ubican las estaciones en las coordenadas mostradas en la **figura 5**.



**Figura 5.** Ubicación de las estaciones del sistema.

**Elaborado por:** El investigador

El funcionamiento del sistema de macro medición se basa en un diagrama de control, que incluye 5 fases como se muestra en la **figura 6**.



**Figura 6.** Diagrama de Bloques

**Elaborado por:** El investigador

### 3.4.2 Sensorización

Esta etapa está compuesta por dos tipos de variables de adquisición del sistema. Los primeros encargados de adquirir las variables de calidad del agua entre los cuales se usan los sensores: Sensor Turbidez de Agua Arduino, Sensor De Ph. El segundo grupo se encarga de adquirir las variables de recursos hídricos usando los sensores: Sensor

ultrasonico JSN-SR04T, sensor de temperatura DS18B20, Macromedidor Sensor ultrasonico(caudal).

### **3.4.3 Desarrollo del sistema de control**

El sistema de control se encarga de gestionar todas las etapas del proyecto, el cual se desarrolla en el microcontrolador Heltec ESP32, codificado en base a software libre en el entorno de Arduino IDE. Antes de poder utilizar el microcontrolador se debe realizar una actualización de firmware compatible con el entorno de IDE. Al finalizar la actualización y la respectiva configuración, el microcontrolador se encarga de adquirir los datos de las variables enviadas desde los sensores de calidad del agua y los sensores de gestión de recursos hídricos, que posteriormente son enviados hacia el servidor de THE THING NETWORK. Estas actividades son desarrolladas en el lenguaje de programación compatible con IDE Arduino, apreciado en el **Anexo 1**.

#### **Configurar la puerta de enlace**

Al configurar la puerta de enlace, se debe realizar una actualización del firmware del Gateway a la versión 20, conectándose mediante la red wifi del equipo a la red local con el respectivo SSID y el Password. Una vez finalizada la actualización se procede a reiniciar con la nueva versión, permitiendo la configuración de las frecuencias CH0 en 902,5Hz y CH1 en 902,3Hz pertenecientes al servidor de Norte América “The things stack enterprice”, en donde se aloja el sistema. Este proceso se puede visualizar en la **figura 7**.

## HT-M00 Config

(Note 1: Only bandwidth 125KHz supported)  
(Note 2: LoraWan node Tx preamble length should be 16 which default is 8)

<p>WiFi SSID</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="Fastnett lucia"/> <p>WiFi PASS</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="Jeremias08"/> <p>GatewayID</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="9C9C1FFFFFFE79D10"/> <div style="border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px; background-color: #333; color: white; padding: 2px; text-align: center; width: fit-content; margin: 0 auto;">GatewayID Default</div> <p>CH0 FREQ(Hz)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="902500000"/> <p>CH1 FREQ(Hz)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="902300000"/> <p>MIN SF(7-12)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="7"/> <p>MAX SF(MIN SF-12)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="12"/> <p>SERVER ADDR</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="nam1.cloud.thethings.network"/> <p>Server Port Up</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="1700"/> <p>Server Port Down</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="1700"/>	<p>MIN SF(7-12)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="7"/> <p>MAX SF(MIN SF-12)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="12"/> <p>SERVER ADDR</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="nam1.cloud.thethings.network"/> <p>Server Port Up</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="1700"/> <p>Server Port Down</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="1700"/> <p>Keep alive intervals(Seconds)</p> <input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px;" type="text" value="60"/> <p>TIME ZONE</p> <div style="border: 1px solid #ccc; border-radius: 10px; padding: 2px;">UTC-5 ▾</div> <div style="background-color: #333; color: white; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;">Modify login info</div> <div style="background-color: #333; color: white; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;">Submit</div> <div style="background-color: #333; color: white; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center; margin: 10px 0;">Firmware Update</div> <p style="font-size: small; text-align: center;">firmware version : V2.0</p>
--	---

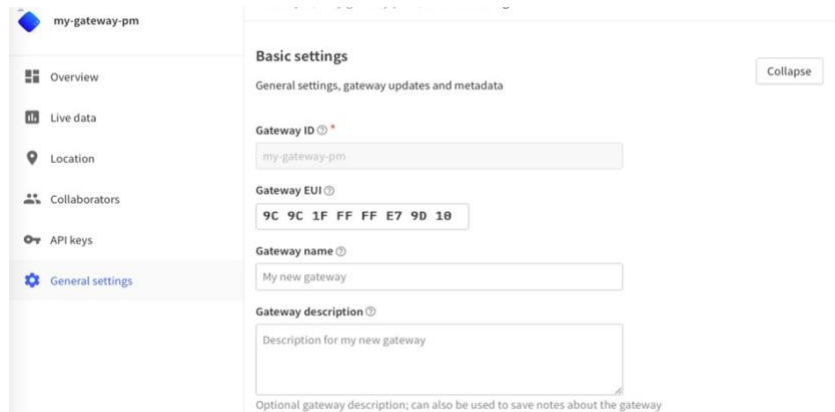
**Figura 7.** Pantalla de conexión del Gateway

**Elaborado por:** El investigador

La seguridad del servidor se la puede configurar en el mismo Gateway, ya que permite utilizar un Login, para controlar el ingreso al sistema en caso de realizar algún cambio.

### **Registrar la puerta de enlace Lora en TTN(THE THING NETWORK)**

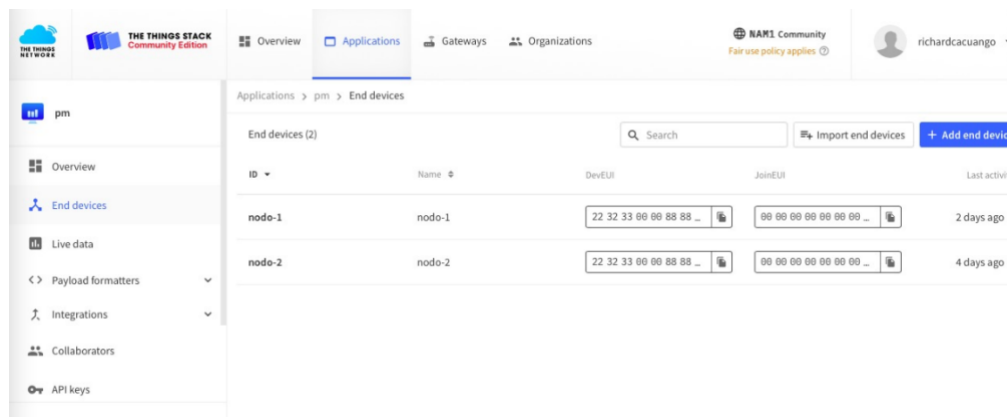
Para la creación del servidor de LoRaWAN se accede a The thing network en busca de los diferentes servidores que proporciona este enlace. En este caso se selecciona The thing stack community edition, uno de los servidores gratuitos con conexión a Norte América, en el que se asignó el Gateway. Para su registro se ingresa el ID y Frecuencia de trabajo como se muestra en la **figura 8**.



**Figura 8.** Ingreso de datos al servidor

**Elaborado por:** El investigador

Una vez configurado el Gateway en el Servidor The thing stack community edition, se procede con la creación del nodo padre del proyecto denominado pm la cual contendrá a los nodos hijos asignados en el apartado application mediante Wireless Stick Lite, pertenecientes a las diferentes sucursales de distribución de la Empresa de Agua Potable Pedro Moncayo, una de las características de este servidor es que se ingresa el nombre de la empresa y frecuencia de trabajo. Este proceso se lo puede apreciar en la **figura 9.**



**Figura 9.** Creación de Nodos del Sistema

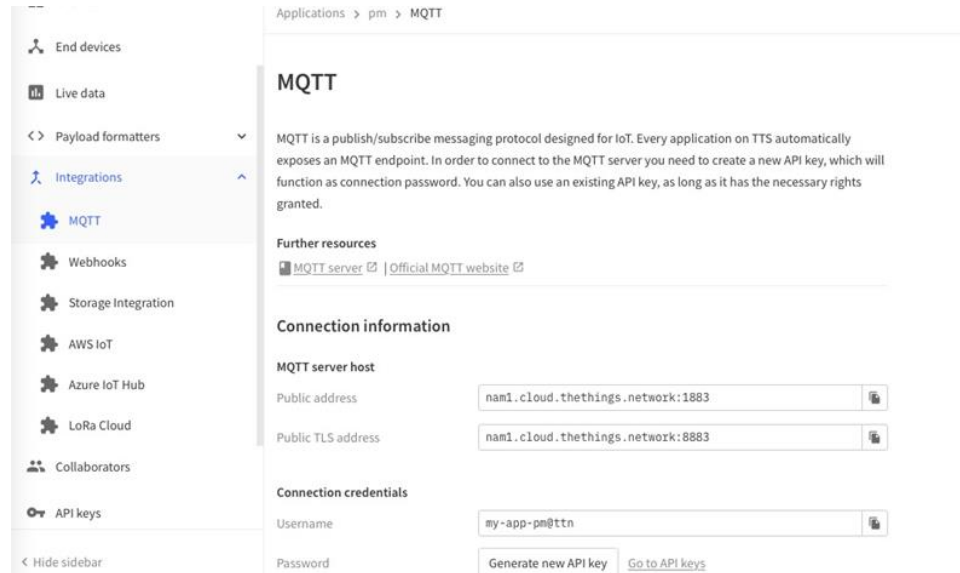
**Elaborado por:** El investigador

### Configuración de la Base de Datos

Para la integración con la base de datos, se trabaja con MQTT uno de los gestores permitidos por el servidor de forma gratuita, este se encarga de enviar los registros de



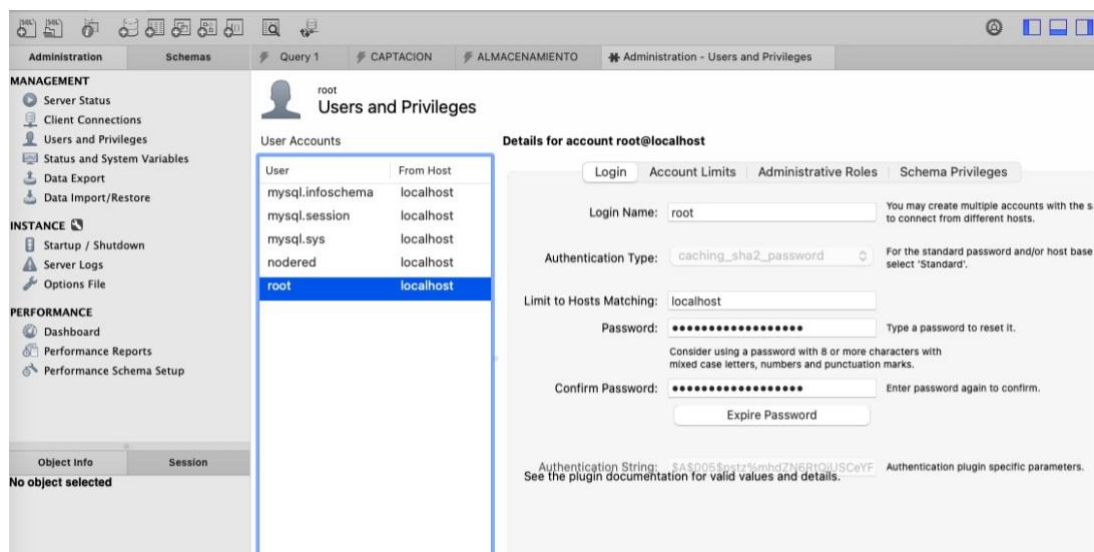
las mediciones obtenidas diariamente de los sensores de calidad de agua y gestión de recursos hídricos, sin la necesidad de tener que conectarse a un hosting. Como se muestra en la **figura 10**.



**Figura 10.** Base de Datos MQTT

**Elaborado por:** El investigador

Una vez adquirida la información se procede a almacenarla en la base de datos de MySQL instalada en el servidor, para facilitar el envío de datos se procede con la instalación de Workbench gestor de entorno gráfico para MySQL. Esta configuración se la puede visualizar en la **figura 11**.

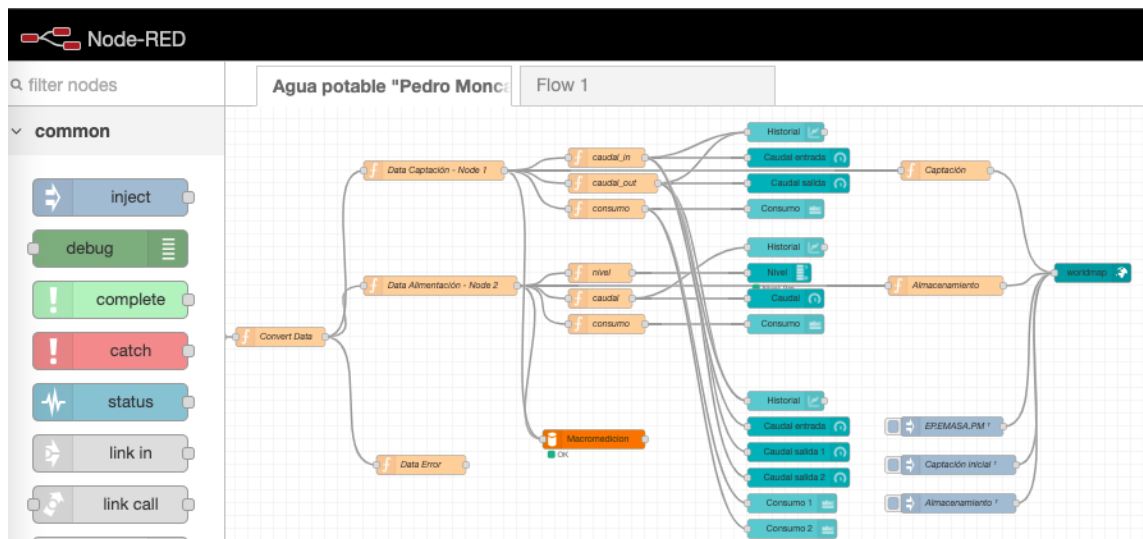


**Figura 11.** Configuración de Workbench

**Elaborado por:** El investigador

## Instalación de Node Red

Para poder ejecutar Node Red se debe instalar Node.js en la página del servidor en línea y en el servidor local, una vez finalizado se procede con su respectiva configuración en la interfaz gráfica mostrada en la **figura 12**. Encargada de gestionar las actividades del sistema. Cada bloque de código será detallado en el **Anexo 2**.



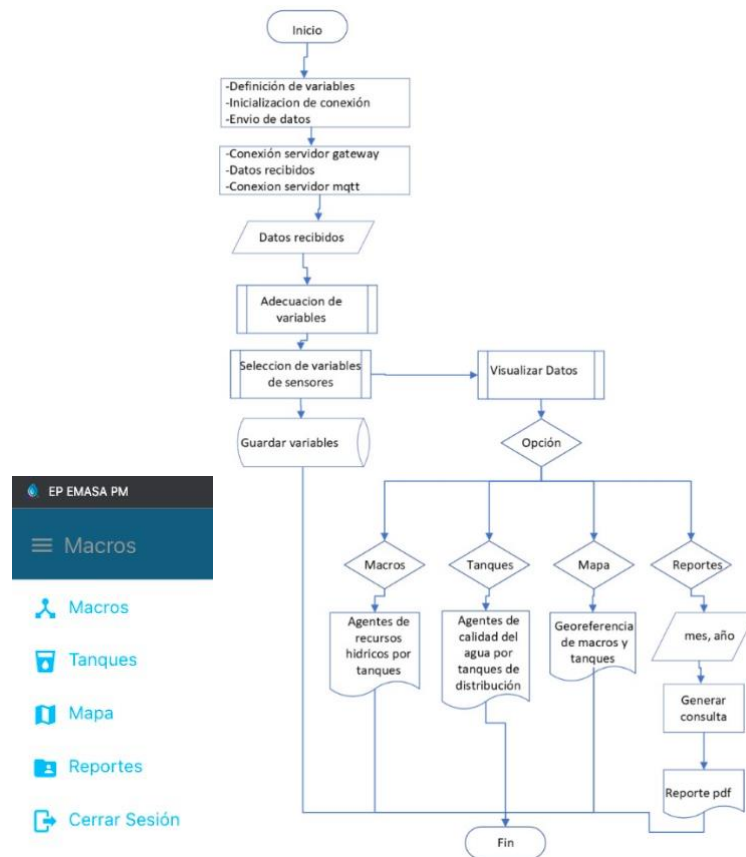
**Figura 12.** Configuración de Node RED

**Elaborado por:** El investigador

Una vez finalizada la configuración de Node Red, se procede con la instalación del bróker mosquitto, que se encarga de la comunicación entre el servidor del Gateway y Node RED, para ello se ingresa los siguientes códigos en el apartado de símbolos del sistema: `/usr/bin/ruby -e "$(curl -fsSLgithubusercontent.com/Homebrew , brew install mosquitto`.

## Desarrollo de la interfaz web

Para el desarrollo de interfaz web, se usa el dashboard proporcionado por Node red, el mismo que se puede visualizar en el servidor instalado para la empresa EP-EMASA-PM. El sistema de monitoreo cuenta con un menú con 4 pantallas que realizan diferentes actividades, su visualización y respectiva funcionalidad es esquematizada en la **Figura 13**.



**Figura 13.** Flujograma de la interfaz web

**Elaborado por:** El investigador

La primera pantalla consta de dos etapas de monitorización, la primera permite monitorear en tiempo real las variables de Macro medición, entre los cuales están el consumo, temperatura y Ph como se aprecia en la **Figura 14**. Estos valores son adquiridos partiendo desde la Fuente de captación en Chiriyacu, hacia los demás puntos de distribución respectivos de la empresa.

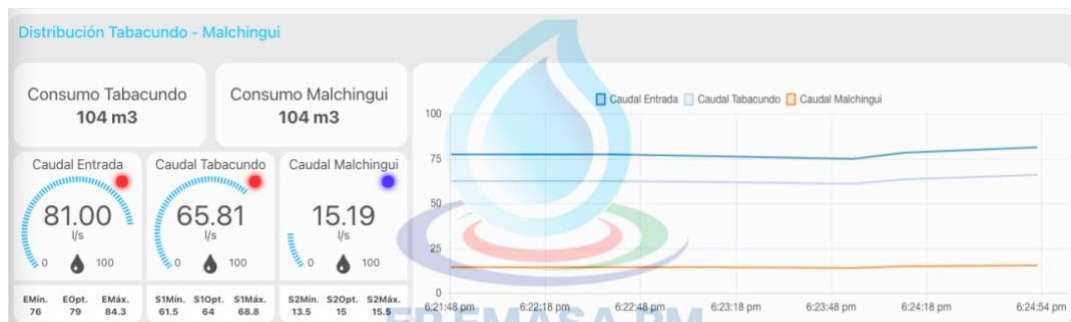
El respectivo lenguaje de bloques y código de programación desarrollado en NodeRED se detallada en el **Anexo 3**.



**Figura 14.** Monitoreo de variables de macro medición

**Elaborado por:** El investigador

La segunda etapa muestra la distribución desde cada uno de los nodos, con sus respectivos niveles como se muestra en la **Figura 15**. A la vez su funcionamiento y respectivo código de programación se aprecian en el **Anexo 4**.



**Figura 15.** Monitoreo de Distribución

**Elaborado por:** El investigador

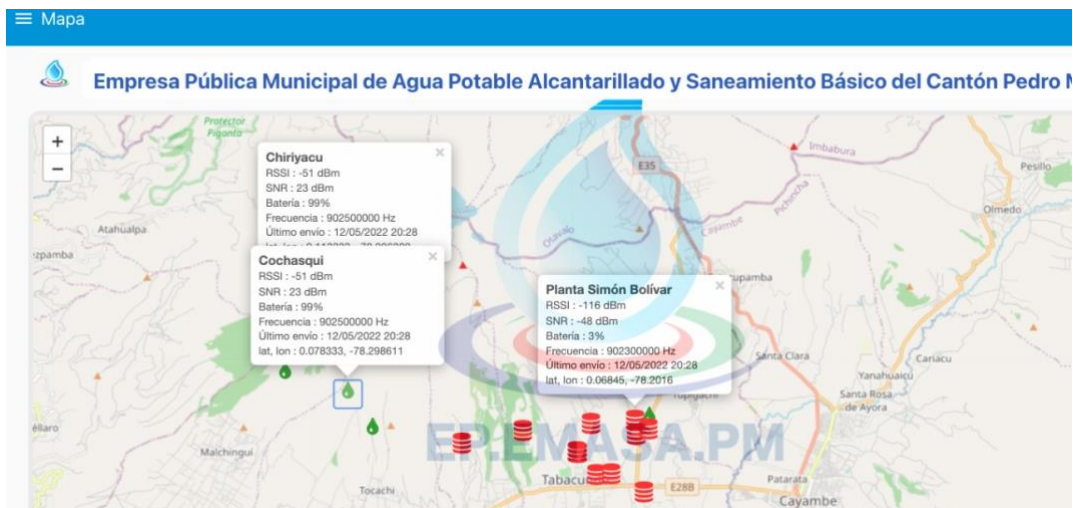
La segunda pantalla se basa en la adquisición de datos de los tanques de distribución de la empresa, tomando en cuenta los valores adquiridos por los sensores de calidad del agua y caudal como se aprecia en la **Figura 16**. Su funcionamiento es especificado mediante lenguaje de bloques y código de programación detallados en el **Anexo 5**.



**Figura 16.** Monitoreo de tanques

**Elaborado por:** El investigador

La tercera pantalla muestra la ubicación geográfica de cada punto a ser censado, empezando por captación, los puntos de distribución, tanques de reserva y la empresa en donde se ubica el sistema de monitoreo, esto se aprecia en la **Figura 17**. Además, se puede observar el estado de cada uno de los nodos en caso de presentarse algún tipo de falla en el sistema, generando notificaciones mediante la activación de leds. Este funcionamiento se detalla junto a su respectiva codificación en el **Anexo 6**.



**Figura 17.** Ubicación geográfica de los nodos de la empresa

**Elaborado por:** El investigador

La cuarta pantalla cumple la función de generar dos reportes, uno respecto al monitoreo de variables de macro medición y otro de consumo como se muestra en la

**Figura 18.** Estos reportes son generados mediante un archivo PDF, permitiendo seleccionar las fechas mensuales a visualizar durante cada año. Dicho funcionamiento de detallan en el **Anexo 7**.



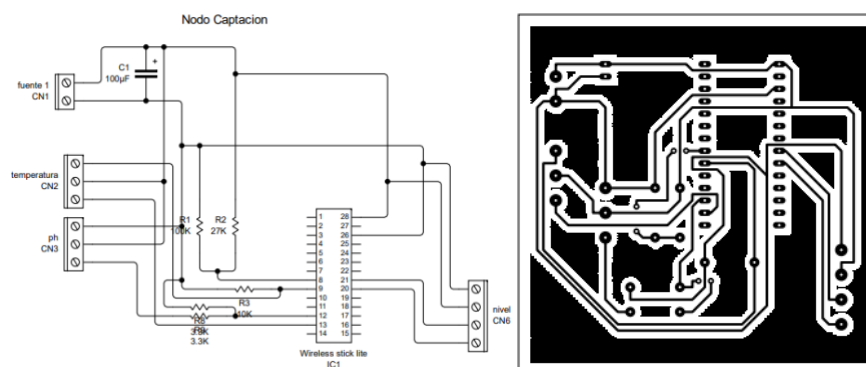
**Figura 18.** Sistema generador de reportes

**Elaborado por:** El investigador

### 3.4.4 Diseño de las placas del sistema de control

Se realizan tres esquemas acordes a las fases de funcionamiento del sistema, con sus respectivas PCB y pruebas de funcionamiento.

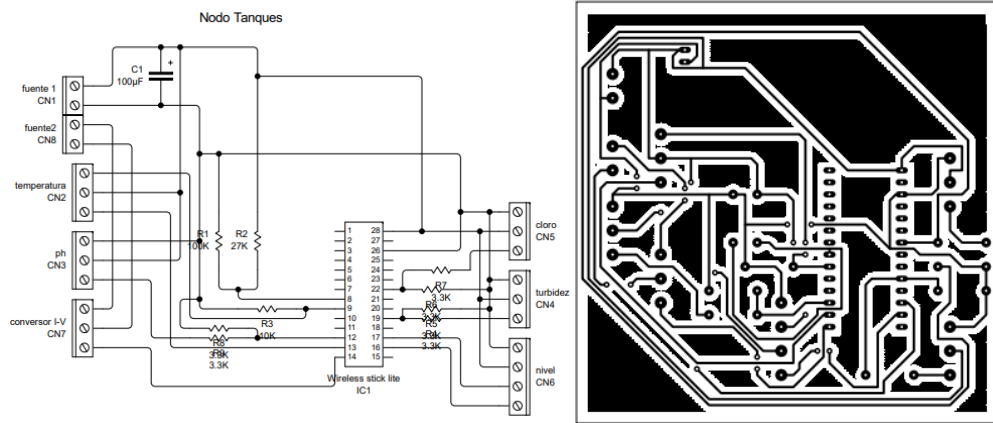
La primera fase está conformada por la adquisición de valores en los puntos de captación, en la **Figura 19** se muestra el diseño y circuito impreso respectivo.



**Figura 19.** Esquemático y PCB de Captación

**Elaborado por:** El investigador

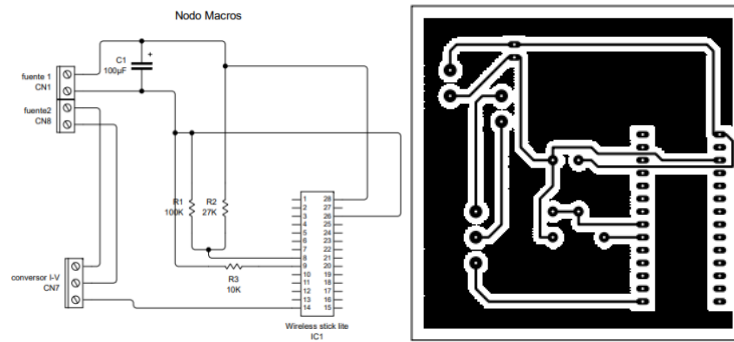
La segunda fase la conforma el circuito encargado del control de variables de calidad del agua, el diseño esquemático se lo puede visualizar en la **Figura 20** junto con su respectivo PCB.



**Figura 20.** Esquemático y PCB de Tanques de distribución

**Elaborado por:** El investigador

La tercera fase está conformada por el circuito de adquisición de variables de macro medición del sistema, el cual se aprecia en la **Figura 21** junto con su respectivo PCB.

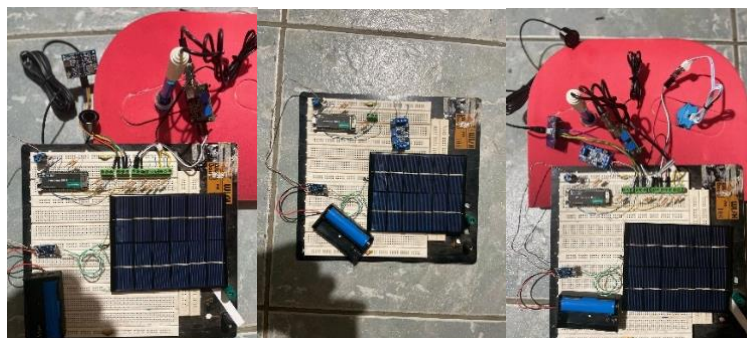


**Figura 21.** Esquemático y PCB de Macros

**Elaborado por:** El investigador

En la **Figura 22** se muestra las pruebas de funcionamiento realizadas para cada etapa del sistema, junto con sus respectivas conexiones, además de incorporar el sistema de respaldo energético en caso de fallos eléctricos.





**Figura 22.** Pruebas de funcionamiento del sistema por etapas

**Elaborado por:** El investigador

### 3.5 Presupuesto

El presupuesto empleado en la construcción del sistema de monitoreo de variables de macro medición y agentes de calidad del agua, toma en cuenta los materiales de construcción, componentes electrónicos y factores externos al sistema, los cuales están detallados en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.** Presupuesto del Proyecto

Presupuesto del Proyecto					
Ítems	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario(\$)	Total
1	Wireless Stick lite	c/u	3	30,00	90,00
2	Gateway HT-M00	c/u	1	70,00	70,00
3	Sensor de PH	c/u	2	46,00	92,00
4	Sensor de Turbidez	c/u	1	20,00	20,00
5	Sensor de Temperatura	c/u	2	6,00	12,00
6	Sensor de Nivel ultrasónico	c/u	2	20,00	40,00
7	Porta baterías de ion litio	c/u	3	2,00	6,00
8	Borneras de 3 pines	c/u	10	0,25	2,50
9	Batería de ion litio	c/u	6	7,00	42,00
10	Paneles Solares 2W 5V	c/u	3	6,00	18,00
11	Módulo cargador de batería	c/u	6	2,00	12,00
12	Case de acrílico	c/u	3	5,00	15,00
13	Flotador	c/u	1	5,00	5,00
14	Baquelitas	c/u	3	2,00	6,00
15	Cable utp CAT6 blindado	m	10	0,50	5,00
16	Resistencias	c/u	40	0,04	1,60



17	Capacitores electrolíticos	c/u	3	0,10	0,30
18	Capacitores monolíticos	c/u	3	0,05	0,15
19	Módulo conversor corriente-voltaje	c/u	3	6,00	18,00
20	Estaño	m	5	0,50	2,50
<b>Total</b>					458,05

**Elaborado por:** El investigador

Los valores presentados son tomados acorde a datos de tiendas a nivel nacional con valores por unidad, debido a la facilidad de adquisición. En caso de fabricar un sistema se obtiene un costo total de \$458,05

### 3.6 Costos de diseño

Para obtener un valor estimado para el desarrollo del sistema de medición de macro variables y calidad del agua, se controla el tiempo empleado en su diseño, con referencia al valor del salario básico unificado en Ecuador, con una cifra de \$425 según Acuerdo Ministerial No. MDT-2021-276 del 23 de diciembre del 2021, además del salario promedio para un Ingeniero en Electrónica estimado en \$750, según el informe de seguimiento a graduados FISEI del año 2021.

Con los datos de salarios actuales obtenidos, se calcula mediante la siguiente ecuación el salario por hora de trabajo, basado en 8 horas laborables con 21 días por mes.

$$Salario_{hora} = \frac{Salario_{mensual}}{Días_{laborables} * Horas_{laborables}}$$

$$Salario_{hora} = \frac{750}{21 * 8}$$

$$Salario_{hora} = \$4.46$$

El sistema se estima en un tiempo de desarrollo de 240h obteniendo el siguiente valor:

$$Diseño = 240 * 4.46$$

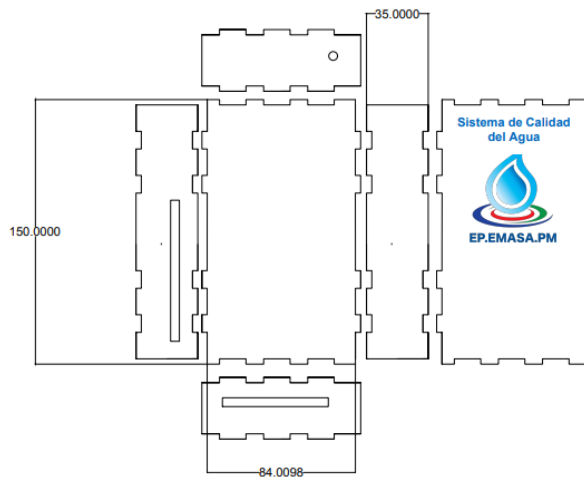
$$Diseño = \$ 1070,4$$

Generando un costo final del sistema de \$1528,45.

Se debe tomar en cuenta que en caso de comercializar el sistema los costos bajarían, debido a la compra de materiales al por mayor o en caso de importar a bajos costos, convirtiéndolo en un sistema accesible por las empresas de agua potable.

### 3.7 Esquema del Dosificador

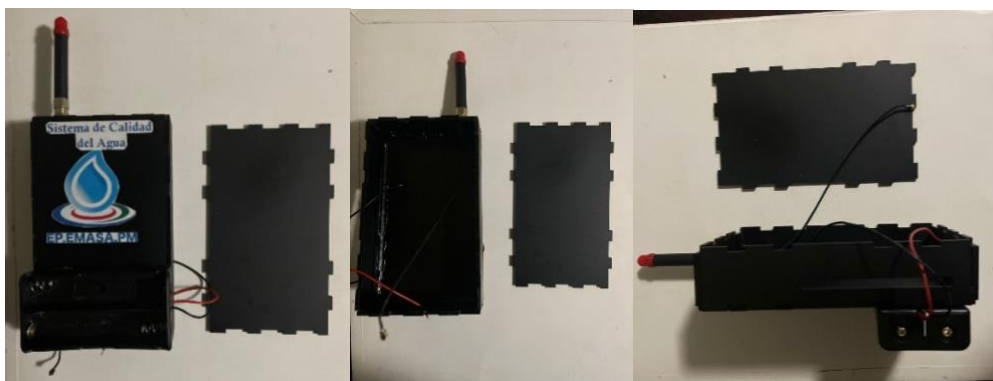
El sistema se elabora en base a acrílico tanto para el nodo central como para los puntos de captación, macro medición y tanques de distribución, con una vida útil de 5 años. Presentando la característica de ser portable debido a su tamaño y autonomía. Su diseño esquemático se muestra en la **Figura 23** junto con sus respectivas medidas.



**Figura 23.** Proyecto precargado en Google Cloud

**Elaborado por:** El investigador

Al obtener el esquema del sistema junto con sus respectivas medidas, se procede con su construcción. En la **Figura 24** se puede observar el diseño final ensamblado, desde diferentes perspectivas. Este diseño es usado para los nodos de macro medición, distribución y captación del agua.



**Figura 24.** Interfaz de Monitoreo

**Elaborado por:** El investigador

### 3.8 Pruebas de funcionamiento del sistema dispensador

Para las pruebas de funcionamiento se tomaron mediciones cada 30 min diariamente de manera continua, ya que es el periodo de tiempo mínimo para que las sustancias de purificación surtan efecto en el agua en caso de ser aplicadas, estos datos son almacenados permitiendo generar reportes esenciales para la administración de la empresa. La **Figura 25** muestra la toma de datos en los diferentes puntos de la empresa.



**Figura 25.** Pruebas de funcionamiento

Los resultados adquiridos durante dos meses en los nodos centrales y secundarios son divididos en muestras de calidad del agua y muestras de macro medición. En la **Tabla 13** y **Tabla 14** se muestran los datos adquiridos de variables de la calidad del agua.

**Tabla 13.** Valores de Calidad del agua del mes de marzo

Sectores	Temperatura (°C)	Cloro (mg/l)	pH	Turbidez (NTU)
Tabacundo	14	0	6,6	0,01
Guaraqui	13,5	0	6,7	0,02
La Cruz	13,1	0	6,7	0,01
Pucalpa	13,5	0	6,7	0,04
Nuevo Amanecer	14,1	0	6,6	0,01
La Y	14,5	0	6,6	0,03
Cananvalle	13,2	0	6,6	0,02
María Dolores	13,1	0	6,7	0,02
San Rafael	14	0	6,7	0,02
Simón Bolivar	12,5	0	6,6	0,03

Mama Nati	13,5	0	6,7	0,03
Sumahuasi	12,9	0	6,7	0,04
Chiriyacu	12,2		6,8	

**Elaborado por:** El investigador

**Tabla 14.** Valores de Calidad del agua del mes de abril

Sectores	Temperatura (°C)	Cloro (mg/l)	pH	Turbidez (NTU)
Tabacundo	14,1	0	6,6	0,01
Guaraqui	13,7	0	6,6	0,01
La Cruz	13,9	0	6,7	0,02
Pucalpa	13,9	0	6,7	0,01
Nuevo Amanecer	14	0	6,7	0,01
La Y	14	0	6,7	0,02
Cananvalle	13,9	0	6,6	0,01
María Dolores	12,9	0	6,6	0,01
San Rafael	14	0	6,7	0,01
Simón Bolívar	12,5	0	6,6	0,01
Mama Nati	14	0	6,6	0,01
Sumahuasi	14,3	0	6,6	0,01
Chiriyacu	12		7	

**Elaborado por:** El investigador

Los datos adquiridos muestran un valor promedio mensual en cada punto de distribución, generando valores con hasta un margen del 4.5% de error en las mediciones, respecto a los datos tomados por el personal de la empresa de forma manual. Además, se toma como referencia los valores estipulados en la normativa INEN 1108: 2014 a nivel nacional y con la guía de calidad de agua provista por la OMS a nivel Internacional, estos datos se muestran en el **Anexo 8**.

Los datos de macro medición adquiridos son apreciados en la **Tabla 14 y Tabla 15**.

**Tabla 15.** Variables de macro medición en tanques mes de marzo

<b>TANQUES EP EMASA PM</b>				
<b>Sectores</b>	<b>Nivel (m)</b>	<b>Caudal Controlado (l/s)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Consumo</b>
Tabacundo	3,2	28	27,55	322
Guaraquí	2	2,5	1,9	322
La Cruz	2,5	3	2,65	322
Pucalpa	1,45	2,5	2,45	322
Nuevo Amanecer	2,35	2	1,8	322
La Y	1,5	2,5	2,3	322
Cananvalle	1,95	3	2,9	322
María Dolores	2	2	1,5	322
San Rafael	1,5	2,5	2,1	322
Simón Bolívar	1,6	3	2,6	322
Mama Nati	1,55	2,5	2,1	322
Sumahuasi	1	2,5	2,45	322
<b>MACRO</b>				
<b>Sectores</b>	<b>Caudal Controlado (l/s)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Consumo</b>	
Chiriyacu	80	77,1	210	
Malchinguí	15	14,27	210	
Tocachi	16	15,82	210	
Cochasqui	14	13,72	210	
Pucalpa	7	6,9	210	

**Elaborado por:** El investigador

**Tabla 16.** Variables de macro medición en tanques mes de abril

<b>TANQUES EP EMASA PM</b>				
<b>Sectores</b>	<b>Nivel (m)</b>	<b>Caudal Controlado (l/s)</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Consumo</b>
Tabacundo	3,5	28	27,08	455
Guaraquí	2,3	2,5	2,41	455

La Cruz	2,5	3	2,9	455
Pucalpa	1,2	2,5	2,41	455
Nuevo Amanecer	2,2	2	1,92	455
La Y	1,8	2,5	2,41	455
Cananvalle	2	3	2,9	455
María Dolores	1,8	2	1,92	455
San Rafael	1,7	2,5	2,41	455
Simón Bolívar	1,55	3	2,9	455
Mama Nati	1,2	2,5	2,41	455
Sumahuasi	1,3	2,5	2,41	455
<b>MACRO</b>				
<b>Sectores</b>	<b>Caudal Controlado (l/s)</b>		<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Consumo</b>
Chiriyacu	80		77,36	345
Malchinguí	15		14,51	345
Tocachi	16		15,47	345
Cochasqui	14		13,54	345
Pucalpa	7		6,77	345

**Elaborado por:** El investigador

Con respecto a los datos de macro medición adquiridos, tiene un porcentaje de certeza del 100%, ya que son tomados directamente de los sensores ubicados en los puntos de distribución y tanques de la empresa EP-EMASA-PM, mejorando la adquisición de datos.

### **3.9 Resultados**

Según datos proporcionados por Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Saneamiento Básico del Cantón Pedro Moncayo - EP EMASA PM, diariamente necesitan llevar un control a lo largo de la línea de conducción del agua respecto a tanques de distribución estaciones de desinfección, además de realizar un control mensual en los puntos de captación.

Para realizar el control en los puntos de captación una vez por mes, es necesario la intervención de dos personas con un consumo de 8 horas laborables, conllevando a un gasto aproximado de \$150.

Para el control en los once tanques de distribución, se necesita realizar la medición del caudal, altura y agentes del agua de forma diaria sin excepciones, con un consumo de 8 horas de trabajo generando un gasto aproximado de \$800.

En lo concerniente al monitoreo en el sistema de distribución, se realiza dos veces por semana y en captación una vez cada tres meses, con un consumo de 5 horas de trabajo, generando un gasto aproximado de \$300.

Una vez conocido el tiempo y gastos totales de manera mensual se genera un gasto aproximado de \$1250.

Con la implementación del sistema de monitoreo de macro medición y agentes de la calidad del agua, se logró obtener todas las variables detalladas de manera visual en tiempo real. Además de obtener un documento en formato PDF con los datos promediados por mes de los diferentes tanques, puntos de distribución y captación, sin necesidad de que el personal de la empresa requiera movilizarse, permitiendo emplear el tiempo usado en las mediciones en otro tipo de actividades conllevando mejorar el rendimiento del personal y generando un ahorro en facturación mensual promedio de \$1250.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- El sistema de monitoreo de variables de macro medición, para la gestión del recurso hídrico y el control de calidad de la EP-EMASA-PM, fue construido en base al microcontrolador Heltec wireless stick lite usando tecnología LoRa, debido a la estabilidad en la transmisión de datos, permitiendo la comunicación entre el servidores y los puntos de captación más lejanos con un rango de hasta 13km.
- Una vez generadas las pruebas de funcionamiento el sistema presenta un margen de error en la adquisición de datos del 0 al 4.5%, comparado con las muestras adquiridas por el personal de la empresa de forma presencial, los cuales son tomados cada 30 min de manera ininterrumpida, al contar con una fuente de respaldo alimentada por paneles solares en caso de fallas de energía eléctrica, con una autonomía de 12 horas.
- El sistema cuenta con una interfaz web distribuida de manera didáctica, además de poder generar un registro mensual de todos los puntos de captación distribución y tanques, facilitando el control y optimización del tiempo por parte de los encargados de la empresa.
- Con la implementación del sistema de macro medición, el personal encargado de las mediciones, no tiene que desplazarse grandes distancias, conllevando a un ahorro económico mensual de \$1200.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda incluir una etapa de control, que permita mantener el nivel de purificación del agua de manera continua, sin tener la necesidad de desplazarse a los tanques para colocar los agentes de purificación.
- Se recomienda cambiar los materiales de construcción del Sistema por unos de mejor calidad aptos para proyectos industriales, permitiendo alargar la vida útil de los equipos.
- Incorporar cifrados de seguridad en la interfaz web, usando la plataforma Let's Encrypt, basada en software libre, conllevando mayor seguridad en la información adquirida del sistema.



- Realizar una capacitación al personal de la empresa EP-EMASA-PM, mediante un instructivo que facilite el manejo del sistema de monitoreo de variables de macro medición.

## Bibliografía

- [1] S. S. Alfaro, «Sistema de control y monitoreo hídrico, basado en LoRaWAN™,» *Engineerscanada*, 2021.
- [2] C. C. A. Catacora y E. L. Valencia, «IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INTERNET DE LAS COSAS PARA OPTIMIZAR LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA DE LA REGIÓN TACNA,» *Ingeniería Investiga*, pp. 520-533, 2021.
- [3] H. Fathoni, H.-Y. Miao y C.-Y. C. a. C.-T. Yang, «A Monitoring System of Water Quality Tunghai Lake Using LoRaWAN,» *ICPAI*, pp. 281-283, 2021.
- [4] S. K. M y S. R. M. S, «IoT and WSN Based Water Quality Monitoring System,» *IEEE Xplore ISBN*, pp. 205 - 210, 2019.
- [5] J. A. A. LEÓN, «SISTEMA IoT PARA SUPERVISAR LA CALIDAD EN CAUDALES SUPERFICIALES, A PARTIR DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL,» UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA, BOYACÁ, 2019.
- [6] Y.-T. Liu y B.-Y. Lin, «A Solar Powered Long Range Real-Time Water Quality Monitoring System by LoRaWAN,» *The 27th Wireless and Optical Communications Conference (WOCC2018)*, 2018.
- [7] B. F. Q. FAJARDO y J. J. S. CAFFRONI, «ARQUITECTURA PARA EL SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS CAÑOS Y LAGOS INTERNOS DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS SOPORTADA EN TECNOLOGÍAS DE INTERNET DE LAS COSAS.,» UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, Cartagena de Indias, 2018.
- [8] J. J. Ronquillo Sánchez, «Digitalización de datos de la estación de caudal para prácticas de comunicación industrial en el Laboratorio de Instrumentación Virtual,» ESPE, Ecuador, Latacunga, 2021.
- [9] E. C. S. OLIVEROS, «“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTERNET DE LAS COSAS, PARA EL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL Y CAUDAL, EN EL LABORATORIO DE CONTROL Y MANIPULACIÓN AUTOMÁTICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO”,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba, 2019.
- [10] C. G. C. CUEVA y J. A. G. CACHAGO, «DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL ENERGÉTICAMENTE INDEPENDIENTE CON TRANSMISIÓN DE DATOS EN LA COMUNIDAD DE

PAQUIESTANCIA,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito, 2018.

- [11] J. y. C. José, «“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN CAPTADOR DE AGUA DE LLUVIA,”» *Jovenes en la Cienc*, Vols. %1 de %2SRC-BaiduScholar FG-1, 2017, pp. pp. 2398-2401, 2018.
- [12] T. y. J. Moncada, «“Significados del agua para la comunidad indígena,”» Moncada Significados del agua para la comunidad indigena biblatunam, 2018, p. 1.
- [13] D. L. C. J. a. F. E. P. GUARACA, «“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY,”» UNIVERSIDAD DE CUENCA, CUENCA, 2010.
- [14] J. T. J. Manuel, «“MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO,”» UNIVERSIDAD VERACRUZANA, MEXICO, 2013.
- [15] V. C. A. C. P. F. M. M. J. C. V. E. a. A. R. L. P. V Edwin, «“Diseño Óptimo de Redes de Distribución de Agua Usando Un Software Basado En Microalgoritmos Genéticos Multiobjetivos,”» *Ribagua*, vol. vol. 4, nº 10.1080/23863781.2017.1317087., pp. 6 - 23, 2017.
- [16] F. A. M. P. B. E. N. P. a. J. L. S. G. J. D. Campuzano Cervantes, “Sistema de monitoreo electrónico de desplazamiento de tubos de extensión para junta expansiva,” 2017.
- [17] R. P. Areny, *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Marcombo, 2005.
- [18] J. A. G. N. a. W. F. V. Bajaña, «“Diseño de un sistema de monitoreo para medir el caudal y tirante de canales para el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad De Guayaquil.”» *Universidad de Guayaquil*, 2020.
- [19] M. A. L. A. G. S. G. V. N. T. V. a. F. J. S. R. J. I. V. Luna, «SISTEMA DE BAJO COSTO PARA MEDIDA REMOTA DE PRESIÓN EN TUBERÍAS DE AGUA USANDO UN SENSOR PIEZOELÉCTRICO,» *Pist. Educ*, vol. vol. 38, nº no. 120, 2018.
- [20] F. R. a. J. C. R. A. Serna, *Guía Práctica de Sensores*, Creaciones Copyright, 2010.
- [21] L. D. v. Hernandez, *Escoger el mejor sensor de temperatura para Arduino.*, 2018.
- [22] G. I. C. SIMBAÑA, *IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL DE AGUA PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INTERFAZ HMI*, QUITO, 2019.

- [23] G. M. H. a. V. G. P. W. Tomasi, *Sistemas de comunicaciones electrónicas*, Pearson Educación, 2013.
- [24] T. Britannica, *Comunicaciones inalámbricas*, Encicl. Británica, 2012.
- [25] C. R. V. TUQUERES, *EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS EN REDES DE ÁREA DOMÉSTICA PARA OBTENER LA CURVA CARACTERÍSTICA DE CARGA EN EDIFICIOS INTELIGENTES.*, Quito: Universida Politécnica Salesiana, 2019.
- [26] J. S. R. a. J. M. T. Portocarrero, «Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora,» *Rev. Colomb. Comput*, vol. 18, nº 10.29375/25392115.3218, pp. 58 - 74, 2017.
- [27] H. A. T. Bernal, *Análisis de tecnologías de comunicaciones inalámbricas para determinar la mejor opción a implementar para los servicios que presta la DITG-EAAB.*, 2018.
- [28] J. S. R. S. a. A. F. B. Montoya, *Esquema de Seguridad de Datos Entre los Nodos y el Gateway en una Red LoRaWan*, 2018.

## ANEXO 1

En este apartado se muestra la codificación empleada en el microcontrolador, encargado de la adquisición de las variables que son enviadas al servidor de Node RED mediante LoRa WAN.

```
#include <ESP32_LoRaWAN.h>
```

```
#include "Arduino.h"
```

```
/*licencia para Heltec ESP32 LoRaWan, extraiga su licencia ChipID relevante:
```

```
http://resource.heltec.cn/search */
```

```
uint32_t license[4] = {0xF10B3AFF, 0x9B50548D, 0x2EAC349B, 0x4F4C6AAB};
```

```
/* OTAA para*/
```

```
uint8_t DevEui[] = { 0x22, 0x32, 0x33, 0x00, 0x00, 0x88, 0x88, 0x16 };
```

```
uint8_t AppEui[] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
```

```
uint8_t AppKey[] = { 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88,  
0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x66, 0x01 };
```

```
/* ABP para*/
```

```
uint8_t NwkSKey[] = { 0x15, 0xb1, 0xd0, 0xef, 0xa4, 0x63, 0xdf, 0xbe, 0x3d, 0x11,  
0x18, 0x1e, 0x1e, 0xc7, 0xda, 0x85 };
```

```
uint8_t AppSKey[] = { 0xd7, 0x2c, 0x78, 0x75, 0x8c, 0xdc, 0xca, 0xbf, 0x55, 0xee,  
0x4a, 0x77, 0x8d, 0x16, 0xef, 0x67 };
```

```
uint32_t DevAddr = ( uint32_t)0x007e6ae1;
```

```
/*Máscara de canales LoraWan, canales predeterminados 0-7*/
```

```
uint16_t userChannelsMask[6]={ 0x00FF,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000 };
```

```
/*Se admiten la clase LoraWan, la clase A y la clase C*/  
  
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;  
  
/*el ciclo de trabajo de transmisión de datos de la aplicación. valor en [ms]*/  
  
uint32_t appTxDutyCycle = 15000;  
  
/*OTAA or ABP*/  
  
bool overTheAirActivation = true;  
  
/* velocidad de datos adaptativos (ADR) habilitado*/  
  
bool loraWanAdr = true;  
  
/* Indica si el nodo está enviando mensajes confirmados o no confirmados */  
  
bool isTxConfirmed = true;  
  
/* Puerto de aplicación*/  
  
uint8_t appPort = 2;  
  
uint8_t confirmedNbTrials = 8;  
  
uint8_t debugLevel = LoRaWAN_DEBUG_LEVEL;  
  
/*Región de LoraWan, seleccione en herramientas IDE de arduino*/
```

```
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = ACTIVE_REGION;
```

```
/*Variables de Captación (Nodo1)*/
```

```
String caudalEntrada = "";
```

```
String caudalSalida = "";
```

```
String temperatura = "";
```

```
String ph = "";
```

```
String bateria = "";
```

```
/*PIN de voltaje*/
```

```
#define PowerDetection 13
```

```
void Bateria(){
```

```
    //Lectura ADC
```

```
    uint16_t ADC_voltage = analogRead(PowerDetection);
```

```
    //Conversión ADC a Porcentaje
```

```
    uint16_t BateriaV = (ADC_voltage*100)/4096;
```

```
    bateria = String(BateriaV);
```

```
}
```

```
void Datos()
```

```
{
```

```
    //Variables
```

```
    double caudalEntradaDouble = analogRead(27);
```

```
double temperaturaDouble = analogRead(15);  
  
int phInt = analogRead(2);  
  
caudalEntrada = String(caudalEntradaDouble);  
  
temperatura = String(temperaturaDouble);  
  
ph = String(phInt);  
  
}
```

```
static void prepareTxFrame( uint8_t port )
```

```
{  
  
  Bateria();  
  
  Datos();
```

```
  unsigned char *puc;
```

```
  appDataSize = 18;//AppDataSize max value is 64 ( src/Commissioning.h -> 128 )
```

```
  puc = (unsigned char *)&bateria );
```

```
  appData[0] = puc[0];
```

```
  appData[1] = puc[1];
```

```
  appData[2] = puc[2];
```

```
  puc = (unsigned char *)&caudalEntrada );
```

```
  appData[3] = puc[0];
```

```
  appData[4] = puc[1];
```

```
  appData[5] = puc[2];
```



```

appData[6] = puc[3];

appData[7] = puc[4];

puc = (unsigned char *)(&temperatura );

appData[8] = puc[0];

appData[9] = puc[1];

appData[10] = puc[2];

appData[11] = puc[3];

appData[12] = puc[4];

puc = (unsigned char *)(&ph );

appData[13] = puc[0];

appData[14] = puc[1];

appData[15] = puc[2];

appData[16] = puc[3];

appData[17] = puc[4];

}

void setup()

{

  Serial.begin(115200);

  while (!Serial);

  SPI.begin(SCK,MISO,MOSI,SS);

  Mcu.init(SS,RST_LoRa,DIO0,DIO1,license);

```

```

//Sensor de bateria

adcAttachPin(PowerDetection);

analogSetClockDiv(255); // 1338mS

deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
}

void loop()
{
  switch( deviceState )
  {
    case DEVICE_STATE_INIT:
    {
      #if(LORAWAN_DEVEUI_AUTO)
        LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
      #endif
      LoRaWAN.init(loraWanClass,loraWanRegion);

      break;
    }
    case DEVICE_STATE_JOIN:
    {
      LoRaWAN.join();

      break;
    }
  }
}

```

```

}

case DEVICE_STATE_SEND:

{

    prepareTxFrame( appPort );

    LoRaWAN.send(loraWanClass);

    deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;

    break;

}

case DEVICE_STATE_CYCLE:

{

    // Programar la próxima transmisión de paquetes

    txDutyCycleTime = appTxDutyCycle + randr( -APP_TX_DUTYCYCLE_RND,
APP_TX_DUTYCYCLE_RND );

    LoRaWAN.cycle(txDutyCycleTime);

    deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;

    break;

}

case DEVICE_STATE_SLEEP:

{

    LoRaWAN.sleep(loraWanClass,debugLevel);

    break;

}

default:

{

```

```

    deviceState = DEVICE_STATE_INIT;

    break;

}

}

}

```

Nodo Tanques

```

#include <ESP32_LoRaWAN.h>
#include "Arduino.h"
#define pinTrigger 13
#define pinEcho 12
uint32_t license[4] = {0xB9747E2F, 0x4C991A33, 0x5F01C01C, 0x275544D0};
/* OTAA para*/
uint8_t DevEui[] = { 0x22, 0x32, 0x33, 0x00, 0x00, 0x88, 0x88, 0x32 };
uint8_t AppEui[] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
uint8_t AppKey[] = { 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88,
0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x66, 0x01 };
/* ABP para*/
uint8_t NwkSKey[] = { 0x15, 0xb1, 0xd0, 0xef, 0xa4, 0x63, 0xdf, 0xbe, 0x3d, 0x11,
0x18, 0x1e, 0x1e, 0xc7, 0xda,0x85 };
uint8_t AppSKey[] = { 0xd7, 0x2c, 0x78, 0x75, 0x8c, 0xdc, 0xca, 0xbf, 0x55, 0xee,
0x4a, 0x77, 0x8d, 0x16, 0xef,0x67 };
uint32_t DevAddr = ( uint32_t )0x007e6ae1;
/*LoraWan channelmask, default channels 0-7*/
uint16_t userChannelsMask[6]={ 0x00FF,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000 };
/*LoraWan Class, Class A and Class C are supported*/
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;
/*the application data transmission duty cycle. value in [ms].*/
uint32_t appTxDutyCycle = 15000;

```

```

/*OTAA or ABP*/
bool overTheAirActivation = true;
/*ADR enable*/
bool loraWanAdr = true;
/* Indicates if the node is sending confirmed or unconfirmed messages */
bool isTxConfirmed = true;
uint8_t appPort = 2;
uint8_t confirmedNbTrials = 8;
uint8_t debugLevel = LoRaWAN_DEBUG_LEVEL;

/*LoraWan region, select in arduino IDE tools*/
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = ACTIVE_REGION;
/*Variables de Almacenamiento (Nodo2)*/
String nivelTanque = "";
String temperatura = "";
String cloro = "";
String ph = "";
String turbidez = "";
String caudal = "";
String bateria = "";
/*PIN de voltaje*/
#define PowerDetection 13
void Bateria(){
  //Lectura ADC
  uint16_t ADC_voltage = analogRead(PowerDetection);
  //Conversión ADC a Porcentaje
  uint16_t BateriaV = (ADC_voltage*100)/4096;
  bateria = String(BateriaV);
}
/*Nivel de Tanque calculo*/
void sonarBegin(byte trig ,byte echo) {
  #define divisor 58.0
  #define intervaloMedida 5

```

```

#define qtdMedidas 20
pinMode(trig, OUTPUT);
pinMode(echo, INPUT);
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(500);
}
float nivelTanque () {
float lecturaSum = 0;
float resultado = 0;
for (int index = 0; index < qtdMedidas; index++) {
    delay(intervaloMedida);
    lecturaSum += lecturaSimples();
}
resultado = (float) lecturaSum / qtdMedidas;
resultado = resultado + 2.2;
return resultado;
}
float lecturaSimples() {
long duracion = 0;
float resultado = 0;
digitalWrite(pinTrigger, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(pinTrigger, LOW);
duracion = pulseIn(pinEcho, HIGH);
resultado = ((float) duracion / divisor);
return resultado
}
void Datos()
{
    double temperaturaDouble = analogRead(15);
    double cloroDouble = analogRead(4);
    int phInt = analogRead(8);
    int turbidezInt = analogRead(2);
}

```

```

double caudalDouble = analogRead(27);

nivelTanque = String(nivelTanqueDouble);
temperatura = String(temperaturaDouble);
cloro = String(cloroDouble);
ph = String(phInt);
turbidez = String(turbidezInt);
caudal = String(caudalDouble);
}

static void prepareTxFrame( uint8_t port )
{
  Bateria();
  Datos();

  unsigned char *puc;
  appDataSize = 33;//AppDataSize max value is 64 ( src/Commissioning.h -> 128 )

  puc = (unsigned char *)&bateria );
  appData[0] = puc[0];
  appData[1] = puc[1];
  appData[2] = puc[2];
  puc = (unsigned char *)&nivelTanque );
  appData[3] = puc[0];
  appData[4] = puc[1];
  appData[5] = puc[2];
  appData[6] = puc[3];
  appData[7] = puc[4];
  puc = (unsigned char *)&temperatura );
  appData[8] = puc[0];
  appData[9] = puc[1];
  appData[10] = puc[2];
  appData[11] = puc[3];

```

```

appData[12] = puc[4];
puc = (unsigned char *)&cloro );
appData[13] = puc[0];
appData[14] = puc[1];
appData[15] = puc[2];
appData[16] = puc[3];
appData[17] = puc[4];
puc = (unsigned char *)&ph );
appData[18] = puc[0];
appData[19] = puc[1];
appData[20] = puc[2];
appData[21] = puc[3];
appData[22] = puc[4];
puc = (unsigned char *)&turbidez );
appData[23] = puc[0];
appData[24] = puc[1];
appData[25] = puc[2];
appData[26] = puc[3];
appData[27] = puc[4];
puc = (unsigned char *)&caudal );
appData[28] = puc[0];
appData[29] = puc[1];
appData[30] = puc[2];
appData[31] = puc[3];
appData[32] = puc[4];
}

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial);
  SPI.begin(SCK,MISO,MOSI,SS);
  Mcu.init(SS,RST_LoRa,DIO0,DIO1,license);

```



```

//Sensor de bateria
adcAttachPin(PowerDetection);
analogSetClockDiv(255); // 1338mS
deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
}
void loop()
{
  switch( deviceState )
  {
    case DEVICE_STATE_INIT:
    {
      #if(LORAWAN_DEVEUI_AUTO)
        LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
      #endif
        LoRaWAN.init(loraWanClass,loraWanRegion);
      break;
    }
    case DEVICE_STATE_JOIN:
    {
      LoRaWAN.join();
      break;
    }
    case DEVICE_STATE_SEND:
    {
      prepareTxFrame( appPort );
      LoRaWAN.send(loraWanClass);
      deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;
      break;
    }
    case DEVICE_STATE_CYCLE:
    {
      // Programar la próxima transmisión de paquetes

```

```

    txDutyCycleTime = appTxDutyCycle + randr( -APP_TX_DUTYCYCLE_RND,
APP_TX_DUTYCYCLE_RND );
    LoRaWAN.cycle(txDutyCycleTime);
    deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;
    break;
}
case DEVICE_STATE_SLEEP:
{
    LoRaWAN.sleep(loraWanClass,debugLevel);
    break;
}
default:
{
    deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
    break;
}
}
}

```

Nodo Distribución

```

#include <ESP32_LoRaWAN.h>
#include "Arduino.h"

```

```

uint32_t license[4] = {0xF6F63601, 0xC7655048, 0x291A3092, 0x4B4A30EE};

```

```

/* OTAA para*/
uint8_t DevEui[] = { 0x22, 0x32, 0x33, 0x00, 0x00, 0x88, 0x88, 0x77 };
uint8_t AppEui[] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
uint8_t AppKey[] = { 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x88,
0x88, 0x88, 0x88, 0x88, 0x66, 0x01 };

/* ABP para*/
uint8_t NwkSKey[] = { 0x15, 0xb1, 0xd0, 0xef, 0xa4, 0x63, 0xdf, 0xbe, 0x3d, 0x11,
0x18, 0x1e, 0x1e, 0xc7, 0xda,0x85 };
uint8_t AppSKey[] = { 0xd7, 0x2c, 0x78, 0x75, 0x8c, 0xdc, 0xca, 0xbf, 0x55, 0xee,
0x4a, 0x77, 0x8d, 0x16, 0xef,0x67 };
uint32_t DevAddr = ( uint32_t )0x007e6ae1;

/*LoraWan channelsmask, default channels 0-7*/
uint16_t userChannelsMask[6]={ 0x00FF,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000,0x0000 };

/*LoraWan Class, Class A and Class C are supported*/
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;

/*the application data transmission duty cycle. value in [ms].*/
uint32_t appTxDutyCycle = 15000;

/*OTAA or ABP*/
bool overTheAirActivation = true;

/*ADR enable*/
bool loraWanAdr = true;

/* Indicates if the node is sending confirmed or unconfirmed messages */
bool isTxConfirmed = true;

/* Application port */

```

```

uint8_t appPort = 2;

uint8_t confirmedNbTrials = 8;

uint8_t debugLevel = LoRaWAN_DEBUG_LEVEL;

/*LoraWan region, select in arduino IDE tools*/
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = ACTIVE_REGION;

static void prepareTxFrame( uint8_t port )
{

    float caudalFloat = analogRead(27)
    String caudal = String(caudalFloat);
    unsigned char *puc;
    appDataSize = 5;//AppDataSize max value is 64 ( src/Commissioning.h -> 128 )

    puc = (unsigned char *)&caudal );
    appData[0] = puc[0];
    appData[1] = puc[1];
    appData[2] = puc[2];
    appData[3] = puc[3];
    appData[4] = puc[4];

    Serial.print("App data: ");
    Serial.println((char*)appData);
    Serial.println();

}

// Add your initialization code here
void setup()
{

```

```

Serial.begin(115200);
while (!Serial);
SPI.begin(SCK,MISO,MOSI,SS);
Mcu.init(SS,RST_LoRa,DIO0,DIO1,license);
deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
}

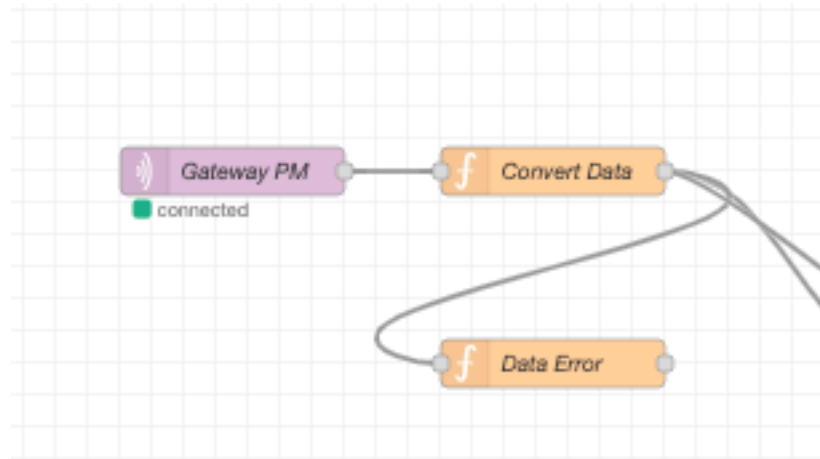
// The loop function is called in an endless loop
void loop()
{
  prepareTxFrame( appPort );
  switch( deviceState )
  {
    case DEVICE_STATE_INIT:
    {
      #if(LORAWAN_DEVEUI_AUTO)
        LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
      #endif
        LoRaWAN.init(loraWanClass,loraWanRegion);
        break;
    }
    case DEVICE_STATE_JOIN:
    {
        LoRaWAN.join();
        break;
    }
    case DEVICE_STATE_SEND:
    {
        prepareTxFrame( appPort );
        LoRaWAN.send(loraWanClass);
        deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;
        break;
    }
  }
}

```

```
case DEVICE_STATE_CYCLE:
{
// Schedule next packet transmission
txDutyCycleTime = appTxDutyCycle + randr( -APP_TX_DUTYCYCLE_RND,
APP_TX_DUTYCYCLE_RND );
LoRaWAN.cycle(txDutyCycleTime);
deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;
break;
}
case DEVICE_STATE_SLEEP:
{
LoRaWAN.sleep(loraWanClass,debugLevel);
break;
}
default:
{
deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
break;
}
}
}
```

## ANEXO 2

Código javascript para la recepción de los mensajes en Node RED de los nodos de captación, tanque y distribución. La programación detallada a continuación esta contenida en cada uno de los bloques de la figura.



```
try {  
  var node = msg.payload.end_device_ids.device_id;  
  var bytes = msg.payload.uplink_message.decoded_payload.bytes;  
  var rssi = msg.payload.uplink_message.rx_metadata[0].rssi;  
  var snr = msg.payload.uplink_message.rx_metadata[0].snr;  
  var frequency = msg.payload.uplink_message.settings.frequency;  
  var success = {};  
  var voltajeString = String.fromCharCode(bytes[0], bytes[1], bytes[2]);  
  var voltaje = parseInt(voltajeString,10);  
  if(node=="nodo-1") {  
    var caudalEntradaStringNodo1 = String.fromCharCode(bytes[3], bytes[4],  
bytes[5], bytes[6], bytes[7]);  
    var caudalEntradaNodo1 = parseFloat(caudalEntradaStringNodo1).toFixed(2);  
    var caudalSalidaStringNodo1 = String.fromCharCode(bytes[8], bytes[9],  
bytes[10], bytes[11], bytes[12]);  
    var caudalSalidaNodo1 = parseFloat(caudalSalidaStringNodo1).toFixed(2);  
    var temperaturaStringNodo1 = String.fromCharCode(bytes[13], bytes[14],  
bytes[15], bytes[16], bytes[17]);
```

```

var temperaturaNodo1 = parseFloat(temperaturaStringNodo1).toFixed(2);
var phStringNodo1 = String.fromCharCode(bytes[18], bytes[19], bytes[20],
bytes[21], bytes[22]);
var phNodo1 = parseInt(phStringNodo1, 10);
var consumoNodo1 = context.get('consumoNodo1') || 100;
consumoNodo1 += (caudalEntradaNodo1/4)*(4/100);
context.set('consumoNodo1', consumoNodo1);
success = {
    payload: [caudalEntradaNodo1, caudalSalidaNodo1, temperaturaNodo1,
phNodo1, parseInt(String(consumoNodo1),10)],
    topic: "INSERT INTO ROOTPM.CAPTACION (CAUDAL_ENTRADA,
CAUDAL_SALIDA, TEMPERATURA, PH, CONSUMO) VALUES (?, ?, ?, ?, ?);",
    node: "NODO-1",
    rssi: rssi,
    snr: snr,
    voltaje: voltaje,
    frequency: frequency
};

return {
    successNode1 : success
};

} else if(node=="nodo-2") {
    var nivelTanqueStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[3], bytes[4],
bytes[5], bytes[6], bytes[7]);
    var nivelTanqueNodo2 = parseFloat(nivelTanqueStringNodo2).toFixed(1);

    var temperaturaStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[8], bytes[9],
bytes[10], bytes[11], bytes[12]);
    var temperaturaNodo2 = parseFloat(temperaturaStringNodo2).toFixed(2);

```



```

var cloroStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[13], bytes[14], bytes[15],
bytes[16], bytes[17]);
var cloroNodo2 = parseFloat(cloroStringNodo2).toFixed(2);

var phStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[18], bytes[19], bytes[20],
bytes[21], bytes[22]);
var phNodo2 = parseInt(phStringNodo2, 10);

var turbidezStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[23], bytes[24],
bytes[25], bytes[26], bytes[27]);
var turbidezNodo2 = parseInt(turbidezStringNodo2, 10);

var caudalStringNodo2 = String.fromCharCode(bytes[28], bytes[29], bytes[30],
bytes[31], bytes[32]);
var caudalNodo2 = parseFloat(caudalStringNodo2).toFixed(2);
var consumoNodo2 = context.get('consumoNodo2') || 300;
consumoNodo2 += (caudalNodo2/4)*(4/100);
context.set('consumoNodo2', consumoNodo2);
success = {
    payload: [nivelTanqueNodo2, temperaturaNodo2, cloroNodo2, phNodo2,
turbidezNodo2, caudalNodo2, parseInt(String(consumoNodo2), 10)],
    topic: "INSERT INTO ROOTPM.ALMACENAMIENTO
(NIVEL_TANQUE, TEMPERATURA, CLORO, PH, TURBIDEZ, CAUDAL,
CONSUMO) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?);",
    node: "NODO-2-2",
    rssi: rssi,
    snr: snr,
    voltaje: voltaje,
    frequency: frequency
};
return {
    successNode2 : success
};

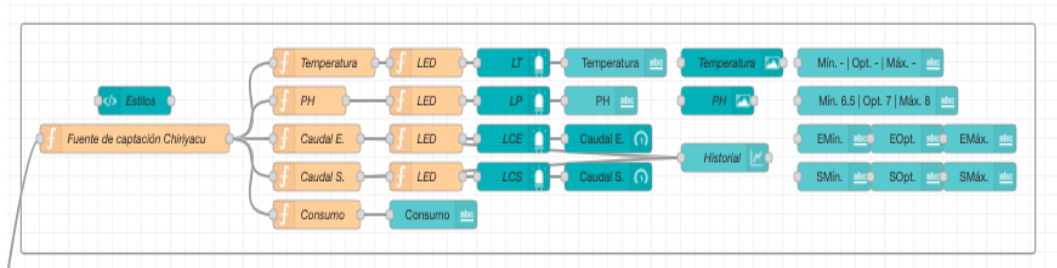
```

```
    }  
  
  } catch(error) {  
    return {  
      errorMsg: error  
    };  
  }  
}
```

## ANEXO 3

### Nodo de Captación

En este apartado se muestra la programación concerniente al nodo de Captación además de la programación en CSS para los estilos en la pantalla de visualización



<style>

*/\*Historial\*/*

```
[node-id="886998e934fe1537"] {  
  width: 966px !important;  
}
```

*/\*Caudal Entrada ref min\*/*

```
[node-id="7a7bea4b88d5c37e"] {  
  width: 57px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;  
}
```

*/\*Caudal Entrada ref med\*/*

```
[node-id="e5e68ced36e8e4ce"] {  
  width: 60px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  margin-left: -7px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;  
}
```

*/\*Caudal Entrada ref max\*/*

```
[node-id="5995208da8cb5ae4"] {  
  width: 60px !important;  
  margin-left: -12px !important;  
}
```

```

font-size: 11px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;
}
/*Caudal Entrada led*/
[node-id="5cef3b6d2bea42cc"] {
margin-top: 12px !important;
margin-left: -1080px !important;
width: 48px !important;
border-radius: 50% !important;
background-color: transparent !important;
}
/*Caudal Salida ref min*/
[node-id="d80dfa731f96e62d"] {
width: 57px !important;
font-size: 11px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;
}
/*Caudal Salida ref med*/
[node-id="5a6c0ca843a95bc2"] {
width: 60px !important;
font-size: 11px !important;
margin-left: -7px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;
}/*Caudal Salida ref max*/
[node-id="81432d4d5402f314"] {
width: 60px !important;
margin-left: -12px !important;
font-size: 11px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;
}

```

```

}
/*Caudal Salida led*/
[node-id="651894f3a104e6df"] {
    margin-top: 12px !important;
    margin-left: -972px !important;
    width: 48px !important;
    border-radius: 50% !important;
    background-color:transparent !important;
}
/*Temperatura Led*/
[node-id="c3780ba4d23c9e3f"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 27px !important;
    border-radius: 50% !important;
}
/*Temperatura txt*/
[node-id="77d9efc06a881ff4"] {
}
/*Temperatura img*/
[node-id="7394828994bd8e58"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*Temperatura ref*/
[node-id="603b69f48f1394b2"] {
    margin-left: 0px !important;
}
/*PH Led*/
[node-id="6c34247d52e7f028"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
}

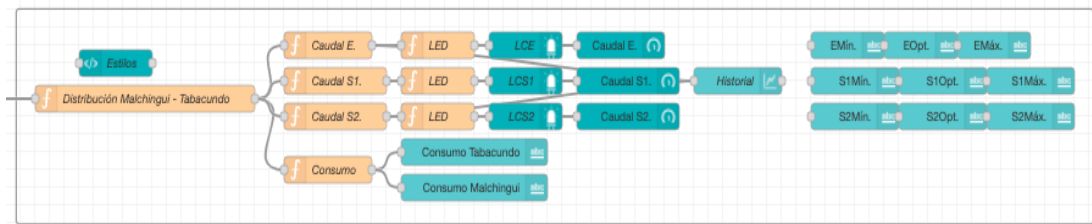
```

```
margin-left: 54px !important;
border-radius: 50% !important;
}
/*PH txt*/
[node-id="118373f283eea20d"] {
margin-left: 27px !important;
}
/*PH img*/
[node-id="b73896292a05d6b7"] {
height: 48px !important;
width: 48px !important;
margin-left: 27px !important;
border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*PH ref*/
[node-id="43cea500c725578d"] {
margin-left: 27px !important;
}
</style>
```

## ANEXO 4

### Distribución

En este apartado se muestra la programación concerniente al nodo de distribución, además de la programación en CSS para los estilos en la pantalla de visualización.



<style>

*/\*Historial\*/*

```
[node-id="ff256f11eb206266"] {  
  width: 804px !important;  
}
```

*/\*Caudal Entrada ref min\*/*

```
[node-id="5cea88e34b0b19d0"] {  
  width: 57px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;  
}
```

*/\*Caudal Entrada ref med\*/*

```
[node-id="4f350eeca90dc654"] {  
  width: 60px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  margin-left: -7px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;
```

```
}/*Caudal Entrada ref max*/  
[node-id="94ed0f0b15aa69fa"] {  
  width: 60px !important;  
  margin-left: -12px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;  
}
```

```
}/*Caudal Entrada led*/  
[node-id="b430756778eb0784"] {  
  margin-top: 12px !important;  
  margin-left: -1026px !important;  
  width: 48px !important;  
  border-radius: 50% !important;  
  background-color: transparent !important;  
}
```

```
}/*Caudal Salida 1 ref min*/  
[node-id="155974da4759354a"] {  
  width: 57px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;  
}
```

```
}/*Caudal Salida 1 ref med*/  
[node-id="9125ae9cf29a5873"] {  
  width: 60px !important;  
  font-size: 11px !important;  
  margin-left: -7px !important;  
  font-weight: bold;  
  border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;
```

```
}/*Caudal Salida 1 ref max*/  
[node-id="49165e817acdd105"] {  
  width: 60px !important;
```



```

margin-left: -12px !important;
font-size: 11px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;
}
/*Caudal Salida 1 led*/
[node-id="1beb902fb2f83d46"] {
margin-top: 12px !important;
margin-left: -918px !important;
width: 48px !important;
border-radius: 50% !important;
background-color:transparent !important;
}
/*Caudal Salida 2 ref min*/
[node-id="b23f137db7930307"] {
width: 57px !important;
font-size: 11px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;
}
/*Caudal Salida 2 ref med*/
[node-id="60822232e884412a"] {
width: 60px !important;
font-size: 11px !important;
margin-left: -7px !important;
font-weight: bold;
border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;
}/*Caudal Salida 2 ref max*/
[node-id="80c061d6fe8e5a6c"] {
width: 60px !important;
margin-left: -12px !important;
font-size: 11px !important;
font-weight: bold;

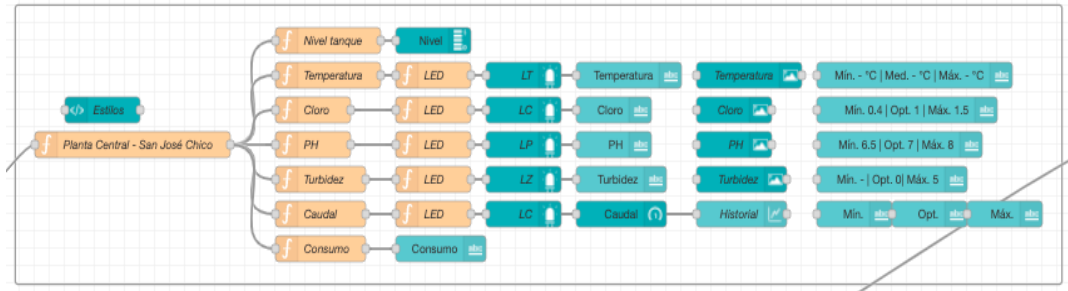
```

```
border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;  
}  
</style>
```

## ANEXO 5

### Tanques

En este apartado se muestra la programación concerniente al nodo de tanques, además de la programación en CSS para los estilos en la pantalla de visualización



<style>

*/\*Caudal ref min\*/*

```
[node-id="e099a0ead6606d2c"] {
```

```
width: 57px !important;
```

```
font-size: 11px !important;
```

```
font-weight: bold;
```

```
border-radius: 0px 0px 0px 15px !important;
```

```
}
```

*/\*Caudal ref med\*/*

```
[node-id="674a5058339f8169"] {
```

```
width: 60px !important;
```

```
font-size: 11px !important;
```

```
margin-left: -7px !important;
```

```
font-weight: bold;
```

```
border-radius: 0px 0px 0px 0px !important;
```

```
}/*Caudal ref max*/
```

```
[node-id="38f7b6479d914e21"] {
```

```
width: 60px !important;
```

```
margin-left: -12px !important;
```

```
font-size: 11px !important;
```

```
font-weight: bold;
```

```
border-radius: 0px 0px 15px 0px !important;
```

```

}
/*Caudal led*/
[node-id="27b0467b41a0ab2d"] {
  margin-top: -162px !important;
  margin-left: 270px !important;
  width: 48px !important;
  border-radius: 50% !important;
}
/*Temperatura Led*/
[node-id="6a8ba2bf5b315825"] {
  height: 48px !important;
  width: 48px !important;
  margin-left: 27px !important;
  border-radius: 50% !important;
}
/*Temperatura txt*/
[node-id="87a44328f833ca2e"] {
}
/*Temperatura img*/
[node-id="e28780f9b02a74cd"] {
  height: 48px !important;
  width: 48px !important;
  border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*Temperatura ref*/
[node-id="ad9101c9d79bfd18"] {
  margin-left: 0px !important;
}
/*Cloro Led*/
[node-id="0b4fc3285f388a70"] {
  height: 48px !important;
  width: 48px !important;
  margin-left: 54px !important;
}

```

```

    border-radius: 50% !important;
}
/*Cloro txt*/
[node-id="b7667243bec87433"] {
    margin-left: 27px !important;
}
/*Cloro img*/
[node-id="ca3f28618144dd11"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 27px !important;
    border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*Cloro ref*/
[node-id="45d6cbb9bf0cfbbe"] {
    margin-left: 27px !important;
}
/*PH Led*/
[node-id="1860cdf5e64bf360"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 81px !important;
    border-radius: 50% !important;
}
/*PH txt*/
[node-id="5fe8281dd56b9a63"] {
    margin-left: 54px !important;
}
/*PH img*/
[node-id="36ddac9197fea0f8"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 54px !important;
}

```

```

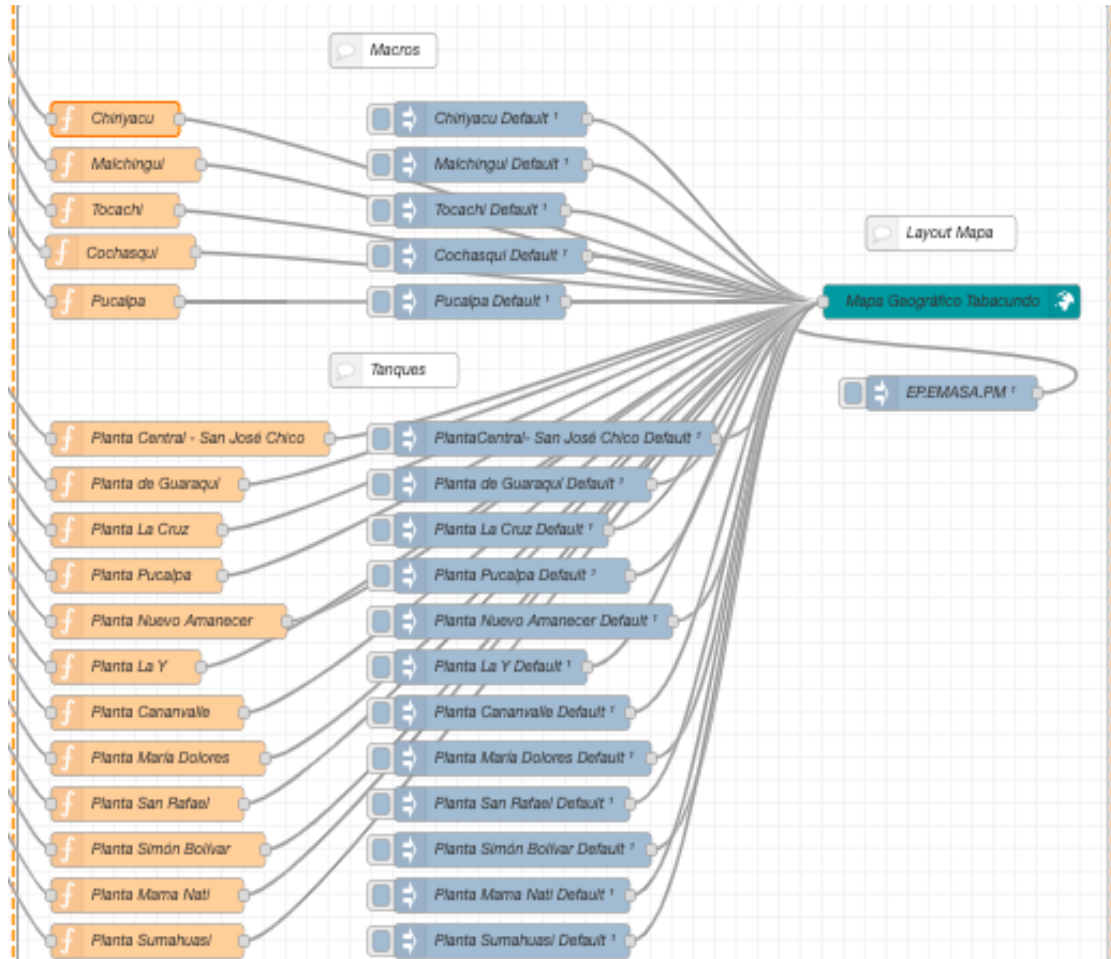
    border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*PH ref*/
[node-id="514f5dffebd935c9"] {
    margin-left: 54px !important;
}
/*Turbidez Led*/
[node-id="1a8868e64215c6b3"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 108px !important;
    border-radius: 50% !important;
}
/*Turbidez txt*/
[node-id="bbb5b93b5877f7d5"] {
    margin-left: 81px !important;
}
/*Turbidez img*/
[node-id="f2120c6daad7be04"] {
    height: 48px !important;
    width: 48px !important;
    margin-left: 81px !important;
    border-radius: 15px 0px 0px 0px !important;
}
/*Turbidez ref*/
[node-id="470f86e05609cf4a"] {
    margin-left: 81px !important;
}
/*Nivel Tanque*/
[node-id="c58863701f0359aa"] {
    opacity: 0.9 !important;
    border-radius: 15px !important;
}
</style>

```

## ANEXO 6

### Mapa

En este apartado se muestra la programación concerniente a la adquisición de los puntos de localización en el mapa de Google mediante javascript, concerniente a los nodos de captación, tanques y distribución.



### Captacion

```
var hoy = new Date();  
var dia = hoy.getDate()<10?"0"+hoy.getDate():hoy.getDate();  
var mes = (hoy.getMonth()+1)<10?"0"+(hoy.getMonth()+1):(hoy.getMonth()+1);  
var año = hoy.getFullYear();  
var hora = hoy.getHours()<10?"0"+hoy.getHours():hoy.getHours();  
var minutos = hoy.getMinutes()<10?"0"+hoy.getMinutes():hoy.getMinutes();  
var fecha = dia+"/"+mes+"/"+año+" "+hora+": "+minutos;
```

```

var iconColor = "red";
if(msg.voltaje>25) {
    iconColor = "green";
}
return {payload: {
    "name": "Chiriyacu",
    "icon": "fa-tint",
    "iconColor": iconColor,
    "lat": 0.11333333333333334,
    "lon": -78.29638888888888,
    "RSSI": msg.rssi+" dBm",
    "SNR": msg.snr+" dBm",
    "Batería": msg.voltaje+"%",
    "Frecuencia": msg.frequency+" Hz",
    "Último envío": fecha
}};

```

Tanques

```

var hoy = new Date();
var dia = hoy.getDate()<10?"0"+hoy.getDate():hoy.getDate();
var mes = (hoy.getMonth()+1)<10?"0"+(hoy.getMonth()+1):(hoy.getMonth()+1);
var año = hoy.getFullYear();
var hora = hoy.getHours()<10?"0"+hoy.getHours():hoy.getHours();
var minutos = hoy.getMinutes()<10?"0"+hoy.getMinutes():hoy.getMinutes();
var fecha = dia+"/"+mes+"/"+año+" "+hora+": "+minutos;
var iconColor = "red";
if(msg.voltaje>25) {
    iconColor = "green";
}
return {payload: {
    "name": "Planta Central - San José Chico",
    "icon": "fa-database",
    "iconColor": iconColor,

```



```

"lat": 0.05748,
"lon": -78.22128,
"RSSI": msg.rssi+" dBm",
"SNR": msg.snr+" dBm",
"Batería": msg.voltaje+"%",
"Frecuencia": msg.frequency+" Hz",
"Último envío": fecha
}};

```

Distribucion

```

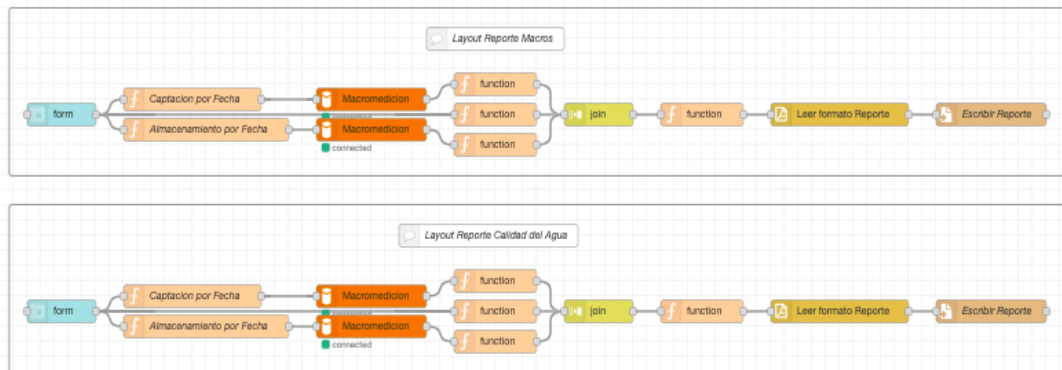
var hoy = new Date();
var dia = hoy.getDate()<10?"0"+hoy.getDate():hoy.getDate();
var mes = (hoy.getMonth()+1)<10?"0"+(hoy.getMonth()+1):(hoy.getMonth()+1);
var año = hoy.getFullYear();
var hora = hoy.getHours()<10?"0"+hoy.getHours():hoy.getHours();
var minutos = hoy.getMinutes()<10?"0"+hoy.getMinutes():hoy.getMinutes();
var fecha = dia+"/"+mes+"/"+año+" "+hora+": "+minutos;
var iconColor = "red";
if(msg.voltaje>25) {
    iconColor = "green";
}
return {payload: {
    "name": "Malchingui",
    "icon": "fa-tint",
    "iconColor": iconColor,
    "lat": 0.084721,
    "lon": -78.319997,
    "RSSI": msg.rssi+" dBm",
    "SNR": msg.snr+" dBm",
    "Batería": msg.voltaje+"%",
    "Frecuencia": msg.frequency+" Hz",
    "Último envío": fecha}};

```

## ANEXO 7

### Reportes

En este apartado se muestra la codificación para generar un PDF con los reportes mensuales tanto para macro medición, como para agentes de calidad del agua realizado con el bloque función agregando el siguiente código en JavaScript.



```
var ALMACENAMIENTO = msg.payload.ALMACENAMIENTO;
var CAPTACION = msg.payload.CAPTACION;
var INFORMACION = msg.payload.INFORMACION;
var TIME_NOW = new Date();
var SECONDS = TIME_NOW.getTime();
var TIME = new Date(SECONDS-(5*60*60*1000)).toISOString();
var TIME_STRING = TIME.replace("T", " ");
var FECHA = TIME_STRING.substring(0, TIME_STRING.indexOf("."));
return { filename: "/Users/richardcacuangelabre/assets/files/Reporte Control del
Agua "+INFORMACION.MES+" - "+INFORMACION.AÑO+".pdf",payload:
{
  "pageSize": "A4",
  "pageMargins": [
    40,
    130,
    40,
    60
  ],
  "header": {
    "style": "table",
```

```

"table": {
  "widths": [
    70,
    "*"
  ],
  "body": [
    [
      {
        "image": "data:image/jpeg;base64 ",
        "width": 70
      },
      {
        "text": "\n\nEmpresa Municipal de Agua Potable y Saneamiento
básico Pedro Moncayo\n(EP EMASA PM)",
        "style": "title",
        "alignment": "center"
      }
    ]
  ]
},
"margin": [
  40,
  40,
  40,
  10
]
},
"content": [
  {
    "text": "PARÁMETROS OPERATIVOS DE CONTROL DE CALIDAD DE
AGUA",
    "style": "subheader",
    "alignment": "center"
  }
]

```

```
},
",
{
  "text": INFORMACION.MES+" - "+INFORMACION.AÑO,
  "style": "subheader",
  "alignment": "center"
},
"\n",
{
  "style": "table",
  "table": {
    "widths": [
      "*",
      80,
      80,
      80,
      80
    ],
  },
}
```

## ANEXO 8

Normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 Quinta revisión, para macro medición y gientes de calidad del agua. Detallada en la Tabla 16.

**Tabla 17.** Normativas INEN 1108

| <i>PARAMETRO</i>   | <i>UNIDAD</i>                         | <b>Límite máximo permitido</b> |
|--|---------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Características físicas</b>   |                                       |                                |
| Color  | Unidades de color aparente<br>(Pt-Co) | 15                             |
| Turbiedad  | <i>NTU</i>                            | 5                              |
| Olor   | ---                                   | no objetable                   |
| Sabor  | ---                                   | no objetable                   |
| <b>Inorgánicos</b>   |                                       |                                |
| Antimonio, Sb  | mg/l                                  | 0,02                           |
| Arsénico, As   | mg/l                                  | 0,01                           |
| Bario, Ba  | mg/l                                  | 0,7                            |
| Boro, B  | mg/l                                  | 2,4                            |
| Cadmio, Cd   | mg/l                                  | 0,003                          |
| Cianuros, CN <sup>-</sup>  | mg/l                                  | 0,07                           |
| Cloro libre residual*  | mg/l                                  | 0,3 a 1,5 <sup>1)</sup>        |
| Cobre, Cu  | mg/l                                  | 2,0                            |
| Cromo, Cr (cromo total)  | mg/l                                  | 0,05                           |
| Fluoruros  | mg/l                                  | 1,5                            |
| Mercurio, Hg   | mg/l                                  | 0,006                          |
| Níquel, Ni   | mg/l                                  | 0,07                           |
| Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>   | mg/l                                  | 50                             |
| Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | mg/l                                  | 3,0                            |
| Plomo, Pb  | mg/l                                  | 0,01                           |
| Radiación total α *  | Bg/l                                  | 0,5                            |
| Radiación total β **   | Bg/l                                  | 1,0                            |
| Selenio, Se  | mg/l                                  | 0,04                           |
| <sup>1)</sup> Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos<br>* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>210</sup> Po, <sup>224</sup> Ra, <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>234</sup> U, <sup>238</sup> U, <sup>239</sup> Pu<br>** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>60</sup> Co, <sup>89</sup> Sr, <sup>90</sup> Sr, <sup>129</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>210</sup> Pb, <sup>228</sup> Ra |                                       |                                |