



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**

**TEMA:**

---

**“SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD  
FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA  
DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AIREADORES DE LA EP-EMAPAR.”**

---

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

**ÁREA:** Comunicaciones  
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** Tecnologías de Comunicación  
**AUTOR:** Juan Carlos Balarezo Constante  
**TUTOR:** Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño

**Ambato – Ecuador**

**Marzo – 2021**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AIREADORES DE LA EP-EMAPAR” desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Juan Carlos Balarezo Constante, estudiante de la Carrera de Ingeniería 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, marzo 2021



.....  
Ing. Franklin Wilfrido Salazar Logroño

**TUTOR**

## **AUTORÍA**

El presente trabajo de investigación titulado “SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AIREADORES DE LA EP-EMAPAR” es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicas que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2021



.....

Juan Carlos Balarezo Constante

C.C: 0503779043

**AUTOR**

## APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Juan Carlos Balarezo Constante, 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 PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AIREADORES DE LA EP-EMAPAR”, 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 la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2021



Firmado electrónicamente por:  
**ELSA PILAR  
URRUTIA**

.....  
Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia  
**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**MARIO GEOVANNY  
GARCIA CARRILLO**

.....  
Ing. Mario Geovanny García Carrillo  
**PROFESOR CALIFICADOR**



Firmado electrónicamente por:  
**ANA PAMELA  
CASTRO**

.....  
Ing. Ana Pamela Castro Martin  
**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 la 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, marzo 2021

  
.....  
Juan Carlos Balarezo Constante  
C.C: 0503779043

## DEDICATORIA

*El presente trabajo va dedicado a mis padres Luis Balarezo y Norma Constante que con su esfuerzo, dedicación y motivación lograron impulsar mi vida estudiantil, permitiendo desarrollarme en el campo profesional, entregando cada día su preocupación y consejo ante todas las etapas de mi vida, motivándome antes los fracasos y brindándome todo el apoyo para lograr alcanzar mis metas.*

*A mis hermanos, amigos y compañeros que siempre se preocuparon por que lograra alcanzar mis sueños de convertirme en un profesional con su ejemplo, ayuda, motivación y apoyo.*

*Juan Carlos Balarezo Constante*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por contar siempre con su bendición, por darme la vida, ayudarme en los momentos más difíciles y levantarme en los momentos de debilidad, a la Virgen María por interceder siempre en mis oraciones y cuidarme en todo momento.*

*A mis padres por su entrega, por dejar sus metas para que sus hijos puedan lograr tener un título profesional, por su gran labor para acompañarme en cada paso que di y a pesar de cometer errores estar siempre dispuestos a brindarme su ayuda.*

*Al grupo de misión “Jesús Misionero” por brindarme la oportunidad de ser parte de ellos y siempre guiarme por el camino correcto.*

*A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial por sus conocimientos impartidos en el aula de clases que han permitido no solo formarme como profesional sino como persona.*

*A mi tutor Ing. Franklin Salazar, por ser una gran persona y excelente profesional que compartió sus conocimientos para el desarrollo de la presente investigación.*

*Y finalmente a la empresa EP-EMAPAR por permitir el acceso a sus instalaciones para realizar el estudio del proyecto.*

*Juan Carlos Balarezo Constante*

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 Tema de Investigación.....	2
1.2 Antecedentes Investigativos.....	2
1.2.1 Contextualización del problema.....	5
1.2.2 Fundamentación teórica.....	7
1.2.2.1 Sistemas de monitoreo inalámbrico.....	7
1.2.2.1.1 Comunicación Inalámbrica.....	7
1.2.2.1.2 Redes Inalámbricas.....	8
1.2.2.1.3 Tipos de redes inalámbricas.....	8
1.2.2.2 Red de sensores inalámbricos (WSN).....	9
Características de la red de sensores:.....	10
Topología de red.....	11
• Topología en Estrella:.....	11
• Topología en Malla (Mesh):.....	11
• Topología Híbrida Estrella-Malla:.....	12
1.2.2.3 Control Automático.....	13
Tipos de sistemas de control.....	13
• Sistema de control en LAZO ABIERTO:.....	13
• Sistema de control en LAZO CERRADO:.....	13
1.2.2.4 Servidor Web.....	14
1.2.2.5 Base de datos.....	14
1.2.2.6 Servidores LAMP.....	14

• GNU/Linux .....	15
• Apache.....	16
• MySQL.....	16
• PHP .....	16
1.2.2.7    Parámetros de calidad del agua .....	16
• Potencial de Hidrógeno(pH): .....	17
• Temperatura: .....	17
• Conductividad:.....	18
• Turbidez: .....	19
1.2.2.8    Sistema de abastecimiento de agua potable. ....	19
1.2.2.8.1    Elementos que forman un esquema de abastecimiento de agua potable. 20	
1.2.2.8.2    Tipos de sistemas de abastecimiento de agua. ....	22
1.3    Objetivos .....	22
1.3.1    Objetivo General: .....	22
1.3.2    Objetivos específicos:.....	23
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	24
2.1    Materiales.....	24
2.2    Métodos.....	24
2.2.1    Modalidad de la Investigación .....	24
2.2.2    Recolección de Información.....	25
2.2.3    Procesamiento y Análisis de Datos .....	25
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
3.1    Análisis y discusión de los resultados.....	27
3.2    Desarrollo de la propuesta.....	28
3.2.1    Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 .....	30
3.2.2    Diagrama de Bloques del Sistema.....	33
3.2.3    Selección de dispositivos para el sistema.....	36
3.2.3.1    Tarjetas controladoras y procesamiento de datos .....	36
3.2.3.2    Sensores para medición de parámetros .....	39
3.2.3.3    Selección del Hardware para el servidor .....	43
3.2.3.4    Equipos de Comunicación RF .....	44
3.2.3.5    Dispositivos de red.....	47

3.2.3.6	Controlador de cantidad de cloro subministrado .....	48
3.2.4	Flujo de metodología de investigación.....	49
3.2.5	Proceso de diseño del proyecto de investigación .....	50
3.2.5.1	Conexión del sensor de pH .....	50
3.2.5.2	Conexión del sensor de temperatura.....	52
3.2.5.3	Conexión del sensor de turbidez.....	53
3.2.5.4	Conexión del sensor de conductividad .....	54
3.2.5.5	Conexión del módulo inalámbrico NRF24L01 .....	56
3.2.5.6	Elaboración de la placa electrónica para los nodos inalámbricos.....	56
3.2.5.7	Conexión de elementos electrónicos para el nodo servidor.....	60
3.2.5.8	Elaboración de la placa electrónica para el nodo servidor.....	61
3.2.5.9	Creación servo válvula.....	66
3.2.5.10	Control automático para la dosificación de cloro .....	67
3.2.5.11	Instalación del servidor LAMP .....	74
3.2.5.12	Programación de nodo inalámbrico .....	84
3.2.5.13	Programación del nodo servidor .....	85
3.2.5.14	Conexión entre el nodo servidor y el servidor LAMP .....	87
3.2.5.15	Creación de la página Web .....	88
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		91
4.1	Conclusiones .....	91
4.2	Recomendaciones.....	92
Anexos.....		100

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas .....	8
<b>Tabla 1.2:</b> Elemento de abastecimiento de agua potable. ....	21
<b>Tabla 3.1:</b> Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas .....	30
<b>Tabla 3.2:</b> Sustancias orgánicas .....	31
<b>Tabla 3.3:</b> Plaguicidas .....	31
<b>Tabla 3.4:</b> Residuos de desinfectantes .....	32
<b>Tabla 3.5:</b> Subproductos de desinfección .....	32
<b>Tabla 3.6:</b> Cianotoxinas .....	32
<b>Tabla 3.7:</b> Requisitos Microbiológicos .....	33
<b>Tabla 3.8:</b> Muestras mínimas para análisis de coliformes fecales .....	33
<b>Tabla 3.9:</b> Tipos de tarjetas controladoras .....	36
<b>Tabla 3.10:</b> Tipos de sensores pH .....	39
<b>Tabla 3.11:</b> Tipos de sensores de temperatura .....	40
<b>Tabla 3.12:</b> Tipos de sensores de turbidez .....	41
<b>Tabla 3.13:</b> Tipos de sensores de conductividad.....	42
<b>Tabla 3.14:</b> Hardware para servidor web .....	43
<b>Tabla 3.15:</b> Tipos de módulos para comunicación RF.....	45
<b>Tabla 3.16:</b> Modelos de dispositivos de red.....	47
<b>Tabla 3.17:</b> Tipos de dispositivos para el control del paso del cloro .....	48
<b>Tabla 3.18:</b> Dotación recomendada .....	69
<b>Tabla 3.19:</b> Relación de pH y apertura servo válvula .....	74

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Proporción de la población con acceso al agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe, 2015 .....	6
<b>Figura 1.2:</b> Tipos de redes inalámbricas .....	9
<b>Figura 1.3:</b> Red de sensores inalámbricos con NRF24L01 .....	10
<b>Figura 1.4:</b> Topología en Estrella .....	11
<b>Figura 1.5:</b> Topología en Malla .....	12
<b>Figura 1.6:</b> Topología Híbrida Estrella-Malla .....	12
<b>Figura 1.7:</b> Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto .....	13
<b>Figura 1.8:</b> Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado .....	13
<b>Figura 1.9:</b> Infraestructura del servidor LAMP .....	15
<b>Figura 1.10:</b> Escala del nivel de pH, .....	17
<b>Figura 1.11:</b> Icono de la temperatura del agua fría. ....	18
<b>Figura 1.12:</b> Conductividad eléctrica en el agua .....	18
<b>Figura 1.13:</b> Ilustración de agua turbia .....	19
<b>Figura 1.14:</b> Esquema de abastecimiento de agua .....	20
<b>Figura 3.1:</b> Esquema general del Sistema de Monitoreo de Parámetros de Calidad Físicos del Agua y Control Automático para la Dosificación de Cloro .....	29
<b>Figura 3.2:</b> Diagrama de bloques del sistema. ....	35
<b>Figura 3.3:</b> Tipos de tarjetas Arduino .....	38
<b>Figura 3.4:</b> Raspberry Pi 3 .....	44
<b>Figura 3.5:</b> Sensor NRF24L01 con Antena .....	46
<b>Figura 3.6:</b> Flujo de la metodología de investigación.....	49
<b>Figura 3.7:</b> Conexión del sensor pH .....	50
<b>Figura 3.8:</b> Gráfica de la ecuación de la recta pH y ADC .....	51
<b>Figura 3.9:</b> Conexión del sensor de temperatura .....	53
<b>Figura 3.10:</b> Conexión del sensor de turbidez .....	53
<b>Figura 3.11:</b> Conexión del sensor de Conductividad .....	54
<b>Figura 3.12:</b> Ecuación de la recta conductividad (mS/cm) y (v) .....	55
<b>Figura 3.13:</b> Conexión del módulo de comunicación NRF24L01 .....	56
<b>Figura 3.14:</b> Esquema de la conexión para el nodo inalámbrico Proteus .....	57
<b>Figura 3.15:</b> Diagrama en PCB de la placa transmisora del nodo inalámbrico .....	58
<b>Figura 3.16:</b> Placa electrónica vista 3D Proteus .....	58
<b>Figura 3.17:</b> Placa electrónica nodo inalámbrico soldado .....	59
<b>Figura 3.18:</b> Ensamblaje de caja para nodo inalámbrico .....	59
<b>Figura 3.19:</b> Nodo inalámbrico con los sensores de medición. ....	60
<b>Figura 3.20:</b> Componentes dentro de caja y el sellado de este. ....	60
<b>Figura 3.21:</b> Esquema de conexión nodo servidor.....	61
<b>Figura 3.22:</b> Esquema de conexión del nodo servidor Proteus.....	62
<b>Figura 3.23:</b> Diagrama en PCB de la placa del nodo servidor .....	63
<b>Figura 3.24:</b> Placa inalámbrica nodo servidor soldado.....	63

<b>Figura 3.25:</b> Conexión entre Arduino mega, Shield Ethernet, placa del nodo servidor.	64
<b>Figura 3.26:</b> Tarjeta Shield Ethernet .....	64
<b>Figura 3.27:</b> Diseño de caja 3D para protección del nodo servidor y LAMP.....	65
<b>Figura 3.28:</b> Ubicación de los servidores inalámbrico y LAMP .....	65
<b>Figura 3.29:</b> Piezas mecanismo mecánico servo válvula SolidWorks.....	66
<b>Figura 3.30:</b> Creación de la Servo Válvula con impresión 3D .....	67
<b>Figura 3.31:</b> Servomotor convencional.....	67
<b>Figura 3.32:</b> Esquema de control PI.....	68
<b>Figura 3.33:</b> Sistemas operativos Raspberry Pi.....	75
<b>Figura 3.34:</b> Formatear tarjeta SD .....	75
<b>Figura 3.35:</b> Cargar imagen de sistema operativo raspbian .....	76
<b>Figura 3.36:</b> Entorno gráfico Raspbian .....	76
<b>Figura 3.37:</b> Página por defecto Apache2.....	77
<b>Figura 3.38:</b> Instalación Mysql y creación de usuario. ....	78
<b>Figura 3.39:</b> Versión de PHP instalada .....	79
<b>Figura 3.40:</b> Contraseña para administrar la base de datos.....	79
<b>Figura 3.41:</b> Interfaz Gráfica de base de datos phpMyAdmin.....	80
<b>Figura 3.42:</b> Creación de Base de datos.....	81
<b>Figura 3.43:</b> Activación de servicio SSH.....	81
<b>Figura 3.44:</b> Ingreso al servidor por Putty .....	82
<b>Figura 3.45:</b> Ingreso a consola por Putty .....	82
<b>Figura 3.46:</b> Programa Filezilla acceso FTP.....	83
<b>Figura 3.47:</b> Icono programa Dreamweaver .....	87
<b>Figura 3.48:</b> Estructura de la interfaz Web .....	88
<b>Figura 3.49:</b> Imágenes de la pestaña Inicio.....	89
<b>Figura 3.50:</b> Imágenes pestaña Acerca de.....	89
<b>Figura 3.51:</b> Imágenes de las pestañas piscina 1 y 2.....	90

## RESUMEN

Los sistemas de monitoreo y control automático hoy en día se han visto tan necesarios para la industria de cualquier tipo que llevan a tener grandes alcances en la optimización de tiempo y dinero, por lo cual, dentro del ámbito del agua potable no sería una excepción, más aún cuando se denota que el agua es patrimonio nacional, esencial para la vida y un elemento vital. Este proyecto consta de una metodología de investigación aplicada, documental, de campo y experimental dentro de la línea de investigación de las tecnologías de comunicación.

El proceso de la implementación del sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro inicia con la adquisición de datos del potencial de hidrógeno (pH), temperatura, turbidez y conductividad desde una red de sensores inalámbricos (WSN); se los envía a un servidor donde son procesados y con un control proporcional, integral y derivativo (PID) aplicado a una servo-válvula que regula la cantidad de cloro requerido automáticamente para que el agua se ajuste a lo que rige la norma técnica ecuatoriana NTE INEN-1108; además dichos datos se visualizan en tiempo real en una página web. La dosificación adecuada de cloro permite disminuir significativamente la contaminación del agua, pero además de eso mejorar el tiempo y dinero que lleva realizar las mediciones de los parámetros de calidad en un laboratorio especializado, logrando la disminución de enfermedades a seres vivos que consumen diariamente el líquido vital. De esta manera la empresa EP-EMAPAR de la ciudad de Riobamba cuenta con un sistema robusto capaz de igualar o inclusive mejorar los sistemas convencionales para el proceso de dosificación existentes en el país.

**Palabras clave:** Agua potable, parámetros de calidad, dosificación, control automático.

## ABSTRACT

The monitoring systems and automatic control today have been so necessary for industry of any kind that they lead to great scope in optimizing time and money, for which, within the scope of drinking water it would not be an exception, even more so when it is denoted that water is a national heritage, essential for life and a vital element. This project consists of an applied, documentary, field and experimental research methodology within the research line of communication technologies.

The process of implementing the monitoring system for physical water quality parameters and automatic control for chlorine dosing begins with the acquisition of data on the hydrogen potential (pH), temperature, turbidity and conductivity from a Wireless sensor networks ( WSN); They are sent to a server where they are processed and with a proportional, integral and derivative control (PID) applied to a servo-valve that regulates the amount of chlorine required automatically so that the water adjusts to what is governed by the Ecuadorian technical standard NTE INEN-1108; Furthermore, said data is displayed in real time on a web page. The adequate dosage of chlorine allows to significantly reduce the quality of the water about contamination, but also to improve the time and money that it takes to carry out the measurements of the quality parameters in a specialized laboratory, achieving the reduction of diseases to beings living that consume the vital liquid daily. In this way, the EP-EMAPAR company in the city of Riobamba has a robust system capable of matching or even improving the conventional systems for the existing dosage process in the country.

**Keywords:** Drinking water, quality parameters, dosage, automatic control.

## INTRODUCCIÓN

El propósito del presente trabajo es mediante un sistema de monitoreo y control automático dosificar de forma correcta la cantidad de cloro requerida en el agua para que la misma pueda ser apta para el consumo humano, adaptándose a los parámetros establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana, las cuales garantizan la calidad del agua para ser consumida por los seres vivos. El prototipo desarrollado está compuesto por nodos inalámbricos, sensores, microcontroladores para el procesamiento y actuadores para el control respectivo; todos previamente programados para dar al sistema funcionalidad con el uso de software y hardware libre compatibles entre los mismos.

Se desarrolla en la empresa EP-EMAPAR ubicada en la ciudad de Riobamba la cual ha visto la necesidad de dar un mejor servicio a la población utilizando el sistema propuesto; la medición de los parámetros de pH, temperatura, conductividad y turbidez son alojados en un servidor montado en una Raspberry PI 3. El monitoreo se lo aprecia en una interfaz web desde cualquier dispositivo conectado con la red local generada por el proyecto.

El trabajo desarrollado se lo detalla en cuatro capítulos, los mismos que permiten conocer el proceso que tiene la elaboración del sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro. Por lo tanto, en el capítulo uno, se detalla los antecedentes investigativos, la contextualización del problema que permite plantear los objetivos, tanto general como específicos y la fundamentación teórica.

En el capítulo dos, se describe la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto de investigación. En el capítulo tres, se detalla los materiales y dispositivos electrónicos que se utilizaron, así como las tecnologías; se describe los procesos realizados para el funcionamiento del prototipo y de los mismos se recopilan los datos para su análisis. En el capítulo cuatro, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

## **CAPITULO I.- MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Tema de Investigación**

“Sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de aireadores de la EP-EMAPAR.”

### **1.2 Antecedentes Investigativos**

Una vez realizada la investigación en los repositorios digitales de la Universidad Técnica de Ambato y de las diferentes universidades, se han encontrado algunos trabajos similares al proyecto investigativo.

En 2017, Indonesia, en el Paper desarrollado por los autores Triya Haiyunnisa, Hilman Syaeful Alam, Taufik Ibnu Salim; bajo el tema “Diseño e implementación de control de lógica difusa Sistema de Control de Calidad del Agua”, donde analizan como la calidad del agua en la acuicultura se ve influenciada por varios parámetros tanto físicos como químicos; parámetros que tienen un gran efecto en la calidad del agua. Realizan la lectura de los sensores de oxígeno disuelto (DO), temperatura y pH que es procesada en la tarjeta Arduino UNO; los datos obtenidos pasan a un algoritmo desarrollado con lógica difusa (FLC) en Matlab y su salida encenderá la aireación requerida de microburbujas para mantener en equilibrio un DO de 6 ppm y un pH de 7 obteniendo de esta manera el control de la calidad del agua [1].

Vivanco Jessica en 2017 presenta el “SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA ACUARIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍAS GSM Y VOIP” donde logra controlar las variables físicas del agua en el Acuario Serpentario “San Martin” a través de la toma de valores con sensores de temperatura y humedad ambiental, los cuales crean las condiciones adecuadas para el buen desarrollo y reproducción de los peces, usando para los mismo sensores y la plataforma Arduino quienes son los encargados de la toma de los datos; una vez adquiridos se los envía por medio de una Shield Ethernet hacia la base de datos creada en la Raspberry Pi y con la misma una central telefónica con el GoIP; esto le permite consultar el valor que toma los sensores tan solo con realizar una llamada. Finalmente, gracias a los valores que se tiene permiten la activación de actuadores como son un ventilador, una luz piloto, una lampara fluorescente y un calentador de agua con esto se controla los parámetros necesarios para la calidad de agua [2].

K. Gopavanitha y S. Nagaraju en 2017 con la publicación “A Low Cost System for Real Time Water Quality Monitoring and Controlling using IoT” plantea realizar la toma de varios parámetros para la calidad del agua como son pH, turbidez, conductividad, temperatura y caudal; los cuales van conectados a un núcleo central usando así la Raspberry PI donde se configura una puerta de enlace, que es responsable de análisis de datos y la transmisión con el servidor. Los paquetes UDP (protocolo de datagramas de usuario), se generan en el gateway y encapsulan los datos de muestra que se va a enviar al servidor remoto. El servidor recoge los paquetes UDP y almacena en la base de datos. Con la estabilidad de los sensores se acciona la válvula solenoide para controlar el flujo del agua en la tubería que se la realiza desde cualquier lugar del mundo a través del internet. El Wi-Fi se utiliza para acceder con dispositivos móviles [3].

En 2017, China, en el artículo científico desarrollado por Zexin Lin, Weixing Wang, Huili Yin, Sheng Jiang, GuohuiJiao y JiepingYu bajo el tema “Design of Monitoring System for Rural Drinking Water Source Based on WSN” realizaron un sistema de monitoreo para la zona rural por la necesidad del control de calidad de los parámetros del agua en tiempo real mediante tecnología inalámbrica WSN, usan cinco tipos de nodos que controlan diferentes estados requeridos para la agricultura y consumo

personal; como es: la calidad de agua, vigilancia de suelo, nodo de encaminamiento, nodo de oxígeno disuelto y el servidor de puerta de enlace. Los nodos de vigilancia de suelo envían los datos recogidos al nodo de pasarela a través del módulo inalámbrico directamente; cada nodo de la colección de datos va unificado por el módulo GPRS que permite este proceso para luego subir a un servidor. El sistema puede detectar periódicamente la calidad del agua y los indicadores importantes del suelo en las fuentes de agua rural, y combinar la contaminación del agua con la contaminación de fuentes no puntuales de suelo para realizar el control Online y proporcionar orientación para el control de la contaminación [4].

En 2018, India, en el Paper de Venkatesh Suryawanshi y Meera Khandekar bajo el tema “Design and Development of Wireless Sensor Network (WSN) for Water Quality Monitoring using Zigbee” presentan la implementación de una red inalámbrica de sensores para el seguimiento de la calidad del agua con Zigbee. Usa el proceso de monitoreo continuo de varios nodos de sensores con la capacidad de conexión en red de manera inalámbrica que realiza el monitoreo de la calidad del agua con parámetros involucrados de pH y la turbidez. Estos parámetros son recopilados en tiempo real por los sensores que envían los datos a la sala de monitoreo. El sistema se puede caracterizar en el aspecto de bajo costo, baja potencia de consumo, fácil manejo, instalación y mantenimiento del sistema con un microcontrolador. Para comparar los resultados de enrutamiento se utiliza el simulador de topologías OPNET [5].

En China, Jiang Sheng, Wang Weixing, Yu Jieping y Huang Zhongqiang en el año 2018 presentan el Paper con el tema “Design a WSN system for monitoring the safety of drinking water quality” se crea una aplicación de vigilancia para la seguridad del agua potable, se desarrolló un nodo sensor y un nodo de puerta de enlace que eran adecuados para configurar una red inalámbrica de sensores (WSN) en el área de suministro de agua. El nodo del sensor utilizó un STM32F103 como núcleo de procesamiento, un chip RF A7139 y sus circuitos periféricos como módulo de comunicación inalámbrica y 4 electrodos de calidad de agua ASI que incluyen oxígeno disuelto (OD), exponente de iones de hidrógeno (pH), nitrógeno amoniacal y temperatura [6].

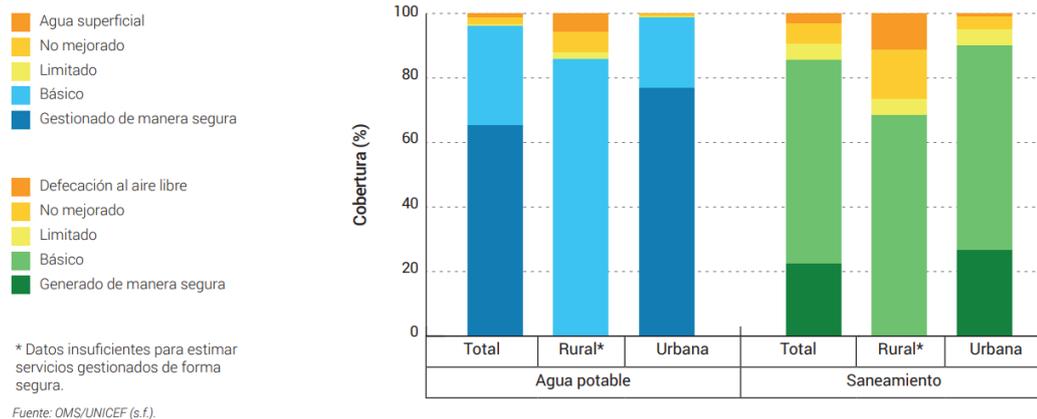
En base al estudio realizado, el trabajo presente va a hacer una toma progresiva de parámetros de calidad del agua a través de nodos de sensores inalámbricos, los mismos que serán enviados a un nodo central encargado del proceso para el control automático de la dosificación de cloro y el proceso de copilar los datos recibidos. Luego se envía la información a un servidor LAMP montado en una Raspberry PI que permita almacenar los datos tomados con fecha y hora para luego ser estos monitoreados en una página web alojado en el mismo dispositivo y que puede ser accedido desde cualquier dispositivo conectado a la misma red en la cual se está trabajando con el servidor.

### **1.2.1 Contextualización del problema**

Para el desarrollo de un “Sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro” se denota la problemática percibida a nivel mundial, continental y local, las cuales mencionan enfermedades que se presentan al consumir el líquido vital por contaminación de las fuentes del agua dulce, los altos precios que lleva el control automático por los dispositivos requeridos y el tiempo necesario para que a través de muestras se analicen en laboratorios. La Organización Mundial de la Salud (OMS) detalla que uno de cada tres personas no tiene acceso al agua potable mostrando que en más de la mitad del mundo no hay acceso a servicios seguros de saneamiento, provocando enfermedades que detallan que cada año más de 297.000 niños menores de 5 años mueren debido a enfermedades como la diarrea. Por estos motivos el agua contaminada también está relacionado con la transmisión de varias enfermedades como la fiebre tifoidea, la disentería, el cólera, y la hepatitis A [7].

En los gobiernos de países latinoamericanos y caribeños se reconoce hace mucho tiempo la importancia del abastecimiento de agua potable y saneamiento como un factor vital para la preservación y mejora de la salud, pero millones de personas en la región aún no cuentan con una fuente adecuada de agua potable, mientras que otros más sufren la ausencia de instalaciones seguras y decentes. El último estudio realizado muestra que el 65% de la población de América Latina y el Caribe tenía acceso a servicios de agua potable, pero solo el 22% a servicios de saneamiento gestionados de

forma segura. El 96% utiliza al menos un servicio básico de agua y el 86% al menos un servicio básico de saneamiento. Esto significa que en la región hay unos 25 millones de personas sin acceso a un servicio básico de agua y 222 millones sin servicios de agua potable gestionados de forma segura [8].



**Figura 1.1:** Proporción de la población con acceso al agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe, 2015 [8]

Dada a la importancia del agua, se cuenta con la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 1108 vigente desde el año 2014 donde establece los parámetros de calidad óptimos para el consumo del agua potable. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos, generalmente estas fuentes hídricas son subterráneas [9]

Un medio de comunicación escrito del país informa el estudio realizado sobre la calidad del agua que se consume, donde describe que solo 5 434 064 que constituye el 31% de los ecuatorianos consumen agua de calidad asegurada los cuales corresponden a la población de las ciudades de Quito y Guayaquil que cuentan con el sello de calidad que otorga el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), mientras que las demás municipalidades no garantizan que el agua procesada cumplan la normativa, por lo cual se ve la necesidad que las demás empresas potabilizadoras realicen la

implementación de maquinaria para poder tener el sello de calidad que está vigente por 3 años una vez que es emitido [10].

En la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba (EP-EMAPAR), se ve la necesidad de implementar un sistema automático para la dosificador de cloro acorde a las medidas requeridas según los parámetros de calidad del agua presentes en los estanques de depósito; por tal motivo se da la posibilidad de cambiar el proceso manual utilizado, por uno automático, logrando que la cantidad de cloro suministrada en el agua sea el requerido en todo momento y esta pueda desde su origen ser suministrada a cabalidad con lo que la norma técnica establece.

## **1.2.2 Fundamentación teórica**

### **1.2.2.1 Sistemas de monitoreo inalámbrico**

Es un proceso sistemático de recolectar, utilizar y analizar información sin el uso de ningún medio físico con el cual se realiza el seguimiento de principios, procesos, procedimientos y practicas operativas formando así el desarrollo de un conjunto de herramientas integradas los cuales llevan a una guía de decisiones de gestión. El monitoreo generalmente se dirige a los procesos en lo que respecta a cómo, cuándo y dónde tiene lugar las actividades o parámetros que necesita el control para que el proceso vaya en los estándares requeridos [11].

#### **1.2.2.1.1 Comunicación Inalámbrica**

Es aquella en la que extremos de la comunicación no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación; se caracterizan por el empleo del aire y las ondas de radio como soporte de la comunicación; se ha convertido en un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica a diferencia de lo que ocurre con sus homólogas cableadas, no requieren de un medio físico, como un cable de cobre o una fibra óptica, para el establecimiento de la comunicación. En efecto, la idea que subyace a toda red radio es la conectividad total,

tanto temporal (conexión disponible en cualquier momento) como espacial (conexión disponible en cualquier lugar) [11].

### 1.2.2.1.2 Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas (Wireless Network) son redes sin cables que se suelen comunicar por medios no guiados a través de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se efectúan a través de antenas. También podemos trabajar con antenas intermedias o repetidoras.

**Tabla 1.1.** Ventajas y desventajas de las redes inalámbricas [12]

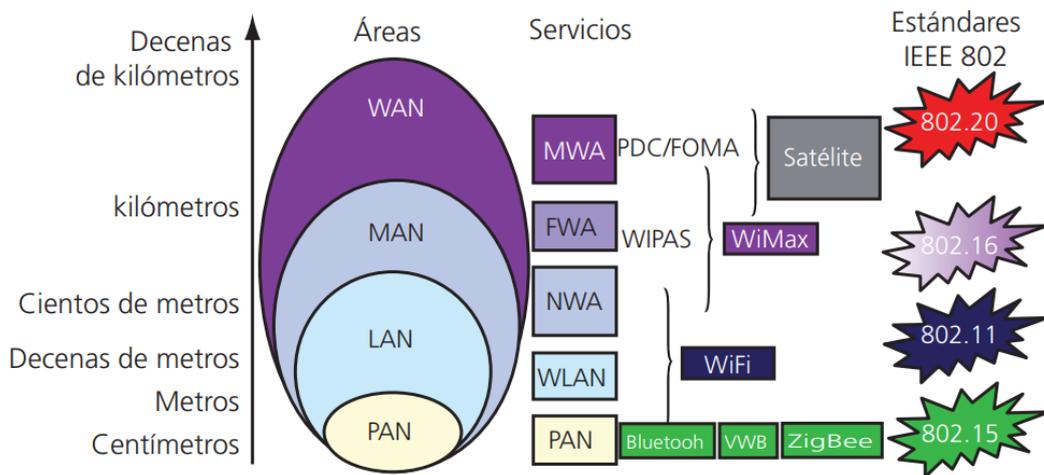
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Rápida instalación de la red	Cambios atmosféricos
Permiten movilidad	Interferencias externas
Menos costes de mantenimiento	Falta de seguridad
Accesibilidad	Mas costes iniciales
Productividad	La velocidad es más limitada

### 1.2.2.1.3 Tipos de redes inalámbricas

De la misma manera que se tiene las redes con cable, podemos distinguir varios tipos de redes inalámbricas según su tecnología y/o alcance [13]:

- PAN o WPAN (Wireless Personal Network), Red Inalámbrica de Área Personal: Red la cual se encarga de la interconexión a pocos centímetros de dispositivos con el emisor, con velocidades de transmisión inferiores al megabit por segundo. Entre ellos se encuentra el Bluetooth, Zigbee, Tag, el infrarrojo, UWB, RFID, etc., que cumple con el estándar IEEE802.15.
- WLAN (Wireless Local Area Network), Red Inalámbrica de Área Local: red inalámbrica que suele situarse en un área específica como una casa o edificio. La más conocida es WiFi, que utiliza el estándar IEEE 802.11. Una de las redes más usadas en la actualidad.

- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network), Red Inalámbrica de Área Metropolitana: red inalámbrica que se sitúa en un barrio, urbanización o municipio pequeño. Las tecnologías de este campo se conocen como Inalámbricas de Banda Ancha.
- WWAN (Wireless Wide Area Network), Red Inalámbrica de Área Mundial: red inalámbrica global basada en tecnologías como vSAT, 2G, 3G y 4G.



**Figura 1.2:** Tipos de redes inalámbricas [12]

### 1.2.2.2 Red de sensores inalámbricos (WSN)

Una red de sensores inalámbricos (WSN), consiste en dispositivos distribuidos autónomos utilizando sensores para monitorear condiciones físicas o ambientales de bajo consumo de energía; que permiten realizar tareas de adquisición de datos y comunicación de estos.

Un sistema WSN incorpora un Gateway que provee conectividad inalámbrica de regreso al mundo de cables y nodos. El protocolo inalámbrico que se selecciona depende en los requerimientos de la aplicación. Algunos de los estándares disponibles incluyendo radios de 2.4 GHz basados en los IEEE 802.15.4, IEEE 802.11 o radios propietarios, los cuales son regularmente de 900 MHz [14].

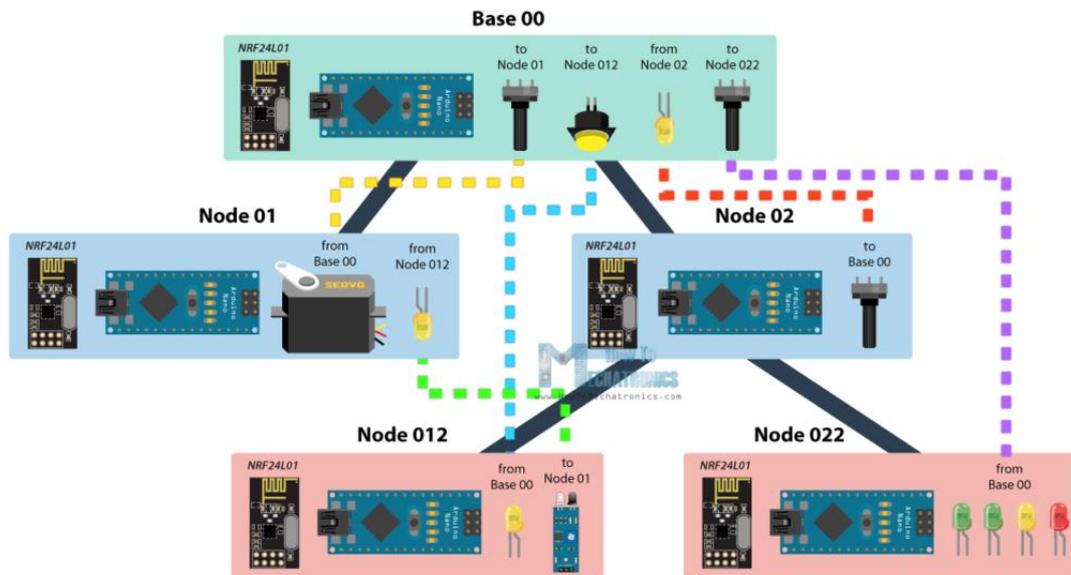


Figura 1.3: Red de sensores inalámbricos con NRF24L01 [15]

### Características de la red de sensores:

Las redes de sensores tienen las siguientes características [16]:

- Para que el tratamiento de la información que se envía por la red se desarrolle de forma adecuada los nodos de la red de sensores deben estar sincronizados.
- Para que las redes puedan adaptarse a los cambios de conectividad en los nodos se utiliza protocolos de enrutamiento capaces de quitar o insertar nodos.
- Las redes de sensores tienen que tolerar comunicaciones en tiempo real sin causar conflictos debido al ancho de banda, retardos, parámetros de calidad (QoS), entre otros.
- La seguridad de una red de sensores debe estar acorde a la aplicación que se desarrolle, siendo un parámetro importante para determinar los protocolos que se emplearán en las capas de los nodos.
- Las redes de sensores utilizan una topología dinámica, bajo consumo, bajo costo, tamaño reducido, fácil despliegue y mantenimiento esporádico.

## Topología de red

Hay varias arquitecturas que pueden ser usadas para implementar una aplicación de WSN como pueden ser: estrella, malla, y una híbrida entre ellas. Cada topología presenta desafíos, ventajas y desventajas. La topología se refiere a la configuración de los componentes (hardware), y como los datos son transmitidos a través de esa configuración. Cada topología es apropiada bajo ciertas circunstancias y puede ser inapropiada en otras [17].

- **Topología en Estrella:** Una topología en estrella es un sistema donde la información enviada sólo da un salto y donde todos los nodos sensores están en comunicación directa con la puerta de enlace, usualmente a una distancia de 30 a 100 metros. Todos los nodos sensores son idénticos, nodos finales, y la puerta de enlace capta la información de todos ellos. La puerta de enlace también es usada para transmitir datos al exterior y permitir la monitorización de la red. Los nodos finales no intercambian información entre ellos, sino que usan la puerta de enlace para ello, si es necesario [18].

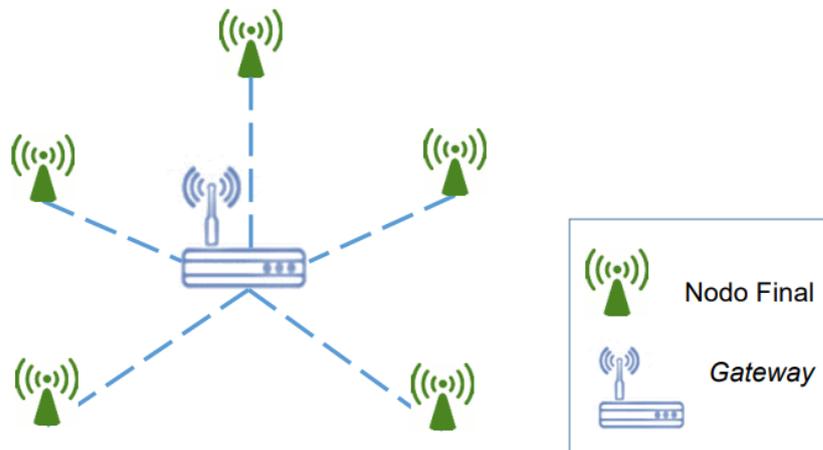


Figura 1.4: Topología en Estrella [17]

- **Topología en Malla (Mesh):** La topología en malla es un sistema multisalto, donde todos los nodos son routers y son idénticos. Cada nodo puede enviar y recibir información de otro nodo y de la puerta de enlace. A diferencia de la topología en

estrella, donde los nodos solo pueden hablar con la puerta de enlace, en ésta los nodos pueden enviarse mensajes entre ellos [18].

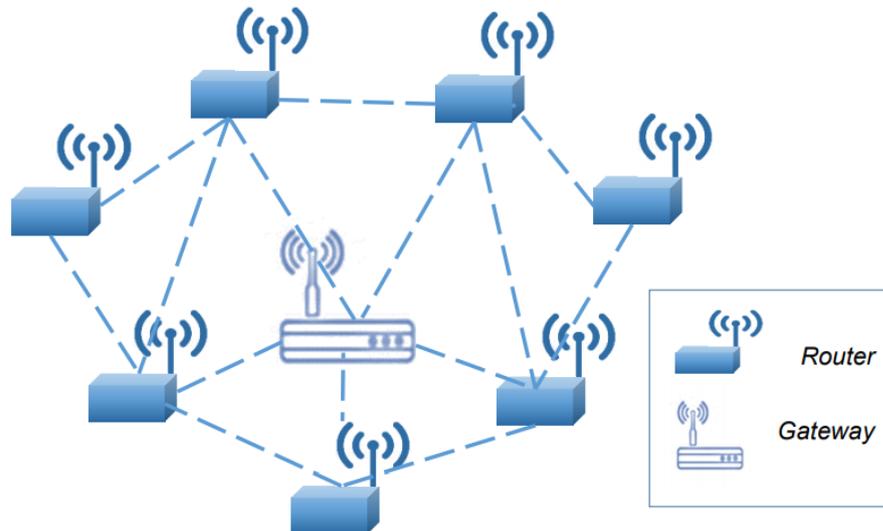


Figura 1.5: Topología en Malla [17]

- **Topología Híbrida Estrella-Malla:** Este tipo de red busca combinar las ventajas de los otros dos tipos, la simplicidad y el bajo consumo de una topología en estrella, así como la posibilidad de cubrir una gran extensión y de reorganizarse ante fallos de la topología en malla. Este tipo crea una red en estrella alrededor de routers pertenecientes a una red en malla [18].

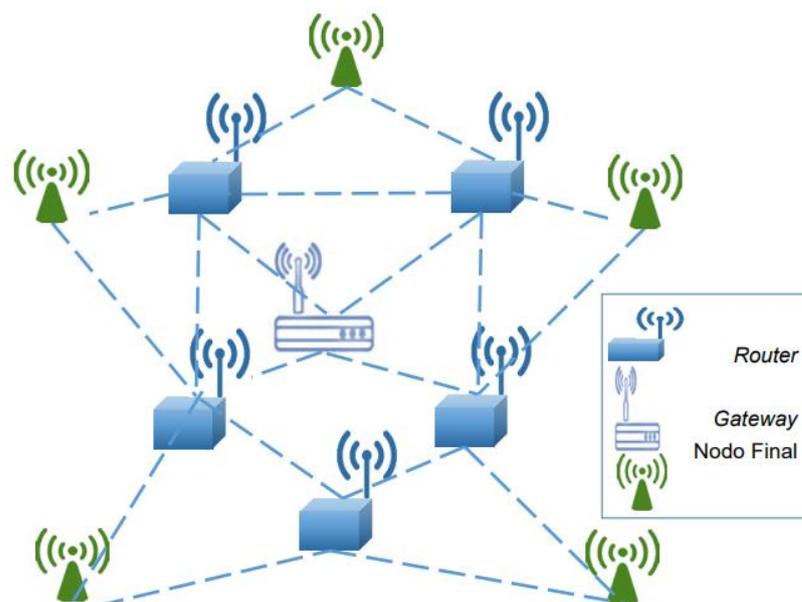


Figura 1.6: Topología Híbrida Estrella-Malla [17]

### 1.2.2.3 Control Automático

El control automático es la rama de la ingeniería dedicada a que los sistemas funcionen de manera autónoma, permitiendo llevar a cabo, tareas que un operador humano no es capaz de realizar. Sin esta rama de la ingeniería no sería posible disfrutar de muchas de las facilidades cotidianas ni sería posible el actual nivel de industrialización. Los sistemas de control son imprescindibles para asegurar su funcionamiento correcto de cualquier sistema creado por el ser humano [19].

#### Tipos de sistemas de control

- **Sistema de control en LAZO ABIERTO:** Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquel en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada [20].

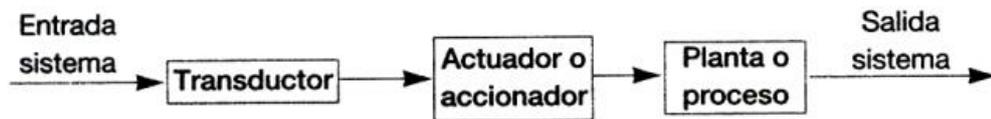


Figura 1.7: Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto [20]

- **Sistema de control en LAZO CERRADO:** Un sistema de control de lazo-bucle cerrado es aquel en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesario que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que se llama retroalimentación (Feedback) [20].

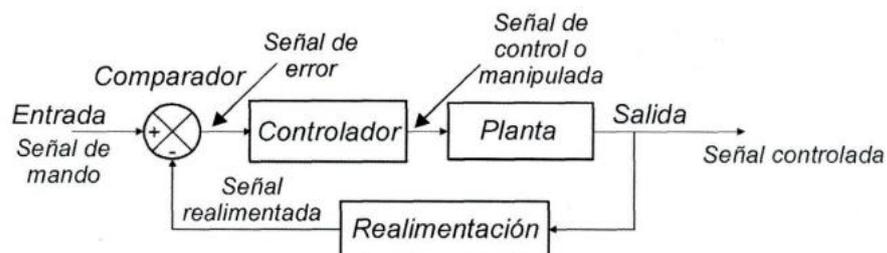


Figura 1.8: Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado [20]

#### 1.2.2.4 Servidor Web

En un entorno Web y en una arquitectura cliente/servidor aparece la parte “servidor”. Por definición, un servidor web es una aplicación informática del lado del servidor que realiza conexiones bidireccionales y/o unidireccionales síncronas o asíncronas con el cliente generando una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación del lado del cliente. Dicho esto, el código recibido por el programa cliente suele ser interpretado y ejecutado por un navegador web. Para la transmisión se utiliza el protocolo HTTP, el cual pertenece a la capa de aplicación del modelo OSI. Al protocolo HTTP se le asigna habitualmente el puerto TCP 80 [21].

#### 1.2.2.5 Base de datos

La base de datos es una entidad en la cual se pueden almacenar datos de manera estructurada, de forma que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que sea de su requerimiento.

Una base de datos es un sistema de archivos electrónicos, que se organizan por campos, registros y archivos [22].

#### Componentes

En un sistema de base de datos se identifican los siguientes componentes [2]:

- **Datos:** Los Datos son la información almacenada en forma de archivos.
- **Hardware:** El Hardware consta de unidades de almacenamiento de información.
- **Software:** El Software son los programas de gestión de base de datos.
- **Usuarios:** Los Usuarios son los programadores y administradores de bases de datos.

#### 1.2.2.6 Servidores LAMP

Linux, Apache, MySQL y PHP, forman la infraestructura en el servidor LAMP que hace posible la creación y el alojamiento de páginas web estáticas, dinámicas y embebidas. Los componentes individuales se acumulan unos sobre otros, por lo que esta plataforma también recibe el nombre de LAMP stack (apilar).

Un servidor LAMP es la opción preferida por muchos por su bajo coste y su alta disponibilidad. Además, sus componentes individuales pueden ser reemplazados fácilmente por aquellos con las mismas funciones. Como sistema operativo se puede usar, por ejemplo, Windows (WAMP) o MacOS (MAMP). En vez de Apache, es común utilizar nginx como servidor web y en cuanto a gestor de bases de datos, MySQL y MariaDB son muy similares [14].



**Figura 1.9:** Infraestructura del servidor LAMP [23]

- **GNU/Linux**

Es un sistema operativo basado en Software libre inicialmente creado por Linus Torvalds en 1991 como un proyecto de tesis; el sistema proporciona 4 libertades de uso que son:

- Libertad de uso.
- Libertad de redistribución.
- Libertad de modificación.
- Libertad de redistribución de las modificaciones.

GNU/Linux no comparte origen ni diseño con ningún Unix, pero sí su filosofía de diseño (Minix), sus distribuciones son una recopilación de un kernel de Linux y un

conjunto de aplicaciones disponibles en el mundo del Software Libre. Ejemplos: Debian, Red-Hat (Fedora), Mandriva, Suse, Ubuntu, etc [24].

- **Apache**

Potente y flexible servidor web usado en más del 68% de todos los servidores web el cual es altamente configurable y extensible a través de módulos; está diseñado para ejecutarse en la Mayoría de las plataformas como Windows, Netware, OS/2, Unix, Linux, etc. [25].

- **MySQL**

Es un sistema de gestión de bases de datos desarrollado por MySQL AB, es de código abierto por lo que cualquier persona puede usar y modificar según sus necesidades específicas. MySQL está basado en lenguaje de consulta estructurado SQL, a pesar de que se lo puede usar en una amplia gama de aplicaciones, su uso es más asociado con aplicaciones web [26].

- **PHP**

Es un lenguaje de propósito no general de código abierto interpretado de alto nivel y que puede ser embebido en páginas web HTML. Es un lenguaje ejecutado en el servidor compatible con varios sistemas operativos como Linux, Unix, Windows, Mac OS; servidores web como Apache, IIS, Netscape; compatible con gran número de bases de datos como dBase, Informix, MySQL, Oracle, PostgreSQL, Sybase, ODBC, Interbase, Adabas D y soporta muchos protocolos como LDAP, IMAP, SNMP, NNTP, POP3, HTTP y muchos otros [26].

### **1.2.2.7 Parámetros de calidad del agua**

Los parámetros de la calidad del agua son criterios o estándares los cuales permiten conocer la naturaleza del agua para saber si esta es apta para el consumo humano o a la vez para las actividades que se realizan con la misma. Estos parámetros pueden verse afectados por diferentes motivos los cuales alteran su composición o condición natural

por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para el uso previsto [13].

La calidad del agua está directamente relacionada con sus usos. La presencia de ciertos elementos, en suspensión o disolución, puede ser perjudicial para la salud humana en la medida en que sobrepase ciertos límites. Por tal motivo los principales parámetros que se utilizan para conocer el estado del agua son los siguientes:

- **Potencial de Hidrógeno(pH):**

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, indica la cantidad de iones de hidrogeno presentes en el agua. Se utiliza una escala logarítmica del 0 al 14. En cuanto al agua, se puede poner límites, dependientes de cada normativa, en los que el agua es demasiado ácida o demasiado alcalina para ser potable. De esta manera, se puede medir la potabilidad del agua según el pH [27].



Figura 1.10: Escala del nivel de pH, [28]

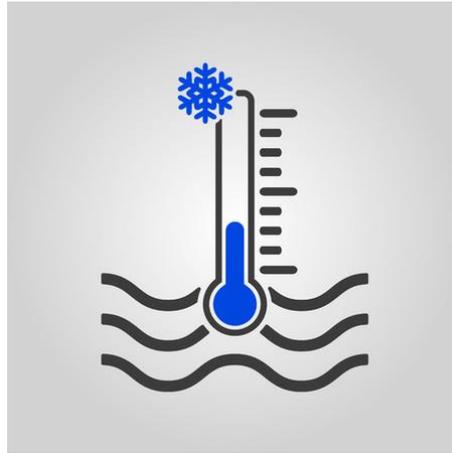
- **Temperatura:**

La temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura) que hace referencia al nivel del calor de un cuerpo. La temperatura corporal y la temperatura del entorno del cuerpo adquieren una importancia fundamental para la vida y la salud.

Se utilizan tres unidades de medida como:

- Grados Fahrenheit (°F) del sistema inglés,
- Grados Kelvin (K) del sistema Internacional
- Grados Celsius (°C) unidad derivada de los Kelvin.

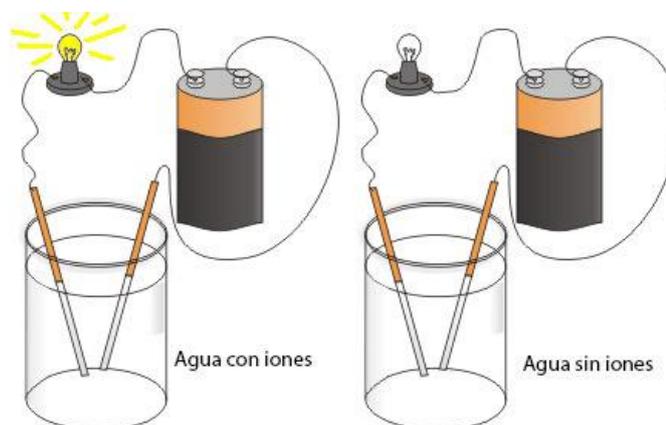
Es importante conocer la temperatura a la que se encuentra el agua, puesto que una temperatura demasiado alta, facilita el desarrollo de bacterias en el agua. Además, este parámetro es importante a la hora de realizar la calibración de otros parámetros, por lo que siempre es importante conocer la temperatura del agua de la que se está comprobando la potabilidad [27].



**Figura 1.11:** Icono de la temperatura del agua fría. [29]

- **Conductividad:**

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar libremente la corriente eléctrica. Su unidad son los Siemens sobre metro (S/m), es decir, la inversa de la resistencia en Ohmios por metro. Es una medida simple para determinar la calidad del agua porque a diferencia del pH, solo tiene un límite superior, es decir, si tiene conductividad tendiendo a 0, es buena calidad y si llega un límite determinado por la normativa, ya no es potable [27].



**Figura 1.12:** Conductividad eléctrica en el agua [30]

- **Turbidez:**

Aspecto nebuloso del agua debido a partículas en suspensión. Unidades en el Sistema Internacional: NTU (unidad nefelométrica de turbidez). También se puede expresar en Jackson TU. Cuando más turbia es el agua, menor su calidad. La causa de la turbidez del agua de bebida puede deberse a un tratamiento insuficiente en la planta de potabilización o a que el sedimento ha vuelto a quedar en suspensión en el sistema de distribución, así como a la existencia de conexiones cruzadas en el mismo. Elevados niveles de turbidez pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y aumentar la demanda de cloro [31].



**Figura 1.13:** Ilustración de agua turbia [32]

### **1.2.2.8 Sistema de abastecimiento de agua potable.**

Un sistema de abastecimiento de agua potable tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia [33].

El sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema. Un correcto diseño del Sistema de abastecimiento

de Agua Potable conlleva al mejoramiento de la calidad de vida, salud y desarrollo de la población. Por esta razón un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con normas y regulaciones vigentes para garantizar su correcto funcionamiento [34].



**Figura 1.14:** Esquema de abastecimiento de agua [35]

#### **1.2.2.8.1 Elementos que forman un esquema de abastecimiento de agua potable.**

Dentro del abastecimiento de agua potable se establece varios elementos que en conjunto forma un sistema, los mismos que se detallan:

*Tabla 1.2: Elemento de abastecimiento de agua potable [36].*

<b>Elementos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Fuente de abastecimiento</b>	La fuente es el espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida, puede ser superficial como la de ríos, lagos, embalses, agua de lluvias o aguas subterráneas.
<b>Obras de captación</b>	El tipo de estructura depende de la fuente de abastecimiento. En los casos de agua superficial como ríos, se construyen bocatomas, mientras que para la captación de aguas subterráneas se habla de pozos; debido a la naturaleza de las formaciones geológicas y la hidráulica subterránea.
<b>Obra de conducción</b>	Encargadas de llevar el líquido obtenido; hidráulicamente depende de las condiciones topográficas y la distancia. El transporte de agua puede efectuarse en tuberías o conductos a presión por gravedad.
<b>Tratamiento del agua</b>	Elemento que permite realizar la purificación del agua, este tratamiento depende de la calidad de agua bruta que se posea con el fin de prevenir la contaminación de organismos patógenos existentes.
<b>Almacenamiento</b>	Realizado para sustentar un equilibrio de la demanda requerida del líquido por los consumidores, por las posibles variaciones que existe uno de ellos es que el caudal de captación no es siempre constante de igual manera la demanda por la comunidad.
<b>Distribución</b>	Esta etapa realiza el abastecimiento del líquido tratado hasta que el mismo llegue a cada domicilio en el cual se utiliza dependiendo el medio estaciones de bombeo, válvulas, y dispositivos de medición.

#### 1.2.2.8.2 Tipos de sistemas de abastecimiento de agua.

- **GST: Sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento**

Son sistemas donde la fuente de abastecimiento de agua es de buena calidad y no requiere tratamiento complementario previo a su distribución; adicionalmente, no requieren ningún tipo de bombeo para que el agua llegue hasta los usuarios [37].

- **GCT: Sistema de abastecimiento por gravedad con tratamiento**

Cuando las fuentes de abastecimiento son aguas superficiales captadas en canales, acequias, ríos, etc., requieren ser clarificadas y desinfectadas antes de su distribución. Cuando no hay necesidad de bombear el agua, los sistemas se denominan “por gravedad con tratamiento”. Las plantas de tratamiento de agua deben ser diseñadas en función de la calidad física, química y bacteriológica del agua cruda [37].

- **BST: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento**

Estos sistemas también se abastecen con agua de buena calidad que no requiere tratamiento previo a su consumo. Sin embargo, el agua necesita ser bombeada para ser distribuida al usuario final. Generalmente están constituidos por pozos [37].

- **BCT: Sistema de abastecimiento por bombeo con tratamiento**

Los sistemas por bombeo con tratamiento requieren tanto la planta de tratamiento de agua para adecuar las características del agua a los requisitos de potabilidad, como un sistema de bombeo para impulsar el agua hasta el usuario final [37].

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General:

Implementar un sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de aireadores de la EP-EMAPAR.

### **1.3.2 Objetivos específicos:**

- Analizar los parámetros físicos de la calidad del agua que intervienen para definir el estado inocuo de agua potable.
- Determinar el tipo de tecnología que se utilizará para el monitoreo inalámbrico.
- Diseñar nodos de sensores inalámbricos y la controladora automática para la recopilación de las variables y dosificación de cloro.

## **CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA**

### **2.1 Materiales**

En el presente proyecto de investigación, para el desarrollo de la metodología se requiere los siguientes materiales: Datos técnicos y estadísticos sobre los parámetros de la calidad del agua dentro del país regidos por la norma técnica ecuatoriana, artículos de revistas, tesis, libros y demás documentos relacionados al tema, Además de registros de datos de información relevante en la empresa EP-EMAPAR sobre el manejo que realizan en el proceso de potabilización del agua para el consumo humano.

### **2.2 Métodos**

#### **2.2.1 Modalidad de la Investigación**

La modalidad del proyecto para la construcción del sistema de monitoreo y control automático es de Investigación y Desarrollo, donde se cuenta con las siguientes modalidades de la investigación:

#### **Investigación aplicada:**

Se considera como una investigación aplicada, porque se realiza la implementación física del sistema de monitoreo y control automático en la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAR y el cumplimiento de los objetivos planteados.

**Investigación documental/bibliográfica:**

Se realiza una investigación documental/bibliográfica utilizando fuentes de información primaria y secundaria como libros, revistas, manuales, artículos científicos y la base de datos bibliográfica, que aportan con el diseño, estudio de los parámetros, resultados experimentales y tecnologías para el desarrollo del proyecto.

**Investigación de campo:**

La investigación de campo se ejecutó debido a la necesidad de obtener y recopilar información actual del estado de la planta de tratamiento y la calidad del agua; que será útil para el desarrollo del proyecto.

**Investigación experimental:**

La investigación experimental se utilizó para elaborar un prototipo robusto que brinde un control automático de la dosificación de cloro relativamente precisa en conjunto con la red de sensores; los enlaces inalámbricos permiten depurar posibles errores, para garantizar que el sistema en mención logra cumplir a cabalidad los objetivos planteados y garantizar el agrado de los beneficiados.

**2.2.2 Recolección de Información**

La recolección de información ha sido tomada en base al uso de documentos, libros, artículos científicos, revistas, proyectos desarrollados y datos confiables vinculados al proceso del control en las plantas de tratamiento de agua potable junto a las topologías de red soportadas en redes inalámbricas de sensores con el fin de implementar un sistema de monitoreo y control automático de la calidad del agua; los cuales son tomadas de diferentes repositorios de universidades y trabajos desarrollados en el medio; además de la ayuda aportada por el docente tutor para el desarrollo del prototipo.

**2.2.3 Procesamiento y Análisis de Datos**

Una vez analizados los sistemas de control automáticos, los diferentes parámetros que determinará la calidad del agua; se presentaran los datos de forma sistemática a fin de

determinar la forma más idónea de realizar la automatización y crear la controladora de dosificación de cloro que establezca los parámetros de calidad y los sensores apropiados para la adquisición de estos valores, así como la selección de un protocolo que soporte topologías inalámbricas de redes de sensores en función del alcance, fiabilidad y costos, a fin de implementar un sistema robusto, fiable y de bajo costo mediante el siguiente procedimiento:

- Depuración de información y parámetros recopilados.
- Procesamiento de información.
- Optimización de información, parámetros y algoritmos.
- Diseño e implementación de un sistema de monitoreo inalámbrico de los parámetros de la calidad del agua y control automático para la dosificación de cloro para los estanques de potabilización.
- Pruebas de la red inalámbrica de sensores y calibración del controlador automático.
- Corrección de errores del hardware y software.

## **CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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

El agua es un recurso natural que posee un conjunto de propiedades y características que la vuelven única, por lo que es indispensable conservar este recurso no renovable dándole un tratamiento adecuado para cumplir así con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos. De no realizar un control al líquido vital el mismo puede llegar a ser, a diferencia de su nombre un causante de riesgo para la salud e inclusive para la vida en todo ser vivo, por lo tanto, se requiere que se establezca medidas que garanticen conocer el estado en que se encuentra tanto desde su origen hasta que llega a cada uno de los consumidores.

Al implementar un sistema de monitoreo y control automático en la planta de tratamiento de agua potable de la EP-EMAPAR se conocen los diferentes parámetros de calidad del agua los cuales son de vital importancia para poder realizar la respectiva dosificación de cloro que ésta necesita y el agua sea apta para el consumo; incorporar este proceso en la planta da como resultado que el agua presente sea adecuada para su consumo.

Al colocar el cloro, éste purifica el líquido vital ya que destruye la estructura celular de los organismos, siendo así que los elimina. Pero este proceso logra éxito siempre y cuando el cloro entra en contacto de forma directa con los organismos. Si el agua presenta lodo, las bacterias se pueden ocultar dentro del mismo y no son detectadas

por el cloro. A parte de esto, el cloro necesita estar en contacto con las bacterias un determinado tiempo. El agua a una temperatura que sobrepase los 18°C, el cloro debe estar al menos 30 minutos. Si el agua está más fría de la medida mencionada su tiempo de contacto debe aumentar. Por tal motivo es necesario que se agregue el cloro en los tanques de almacenamiento, ya que estos al distribuirse por tuberías largas tendrán el tiempo requerido para que el producto químico reaccione con el agua garantizando su purificación. En lo concerniente al potencial de hidrógeno (pH) del agua, la efectividad del cloro puede ser afectada ya que si el pH es mayor de 7,2 o menor a 6,8 no es efectiva [38].

### **3.2 Desarrollo de la propuesta**

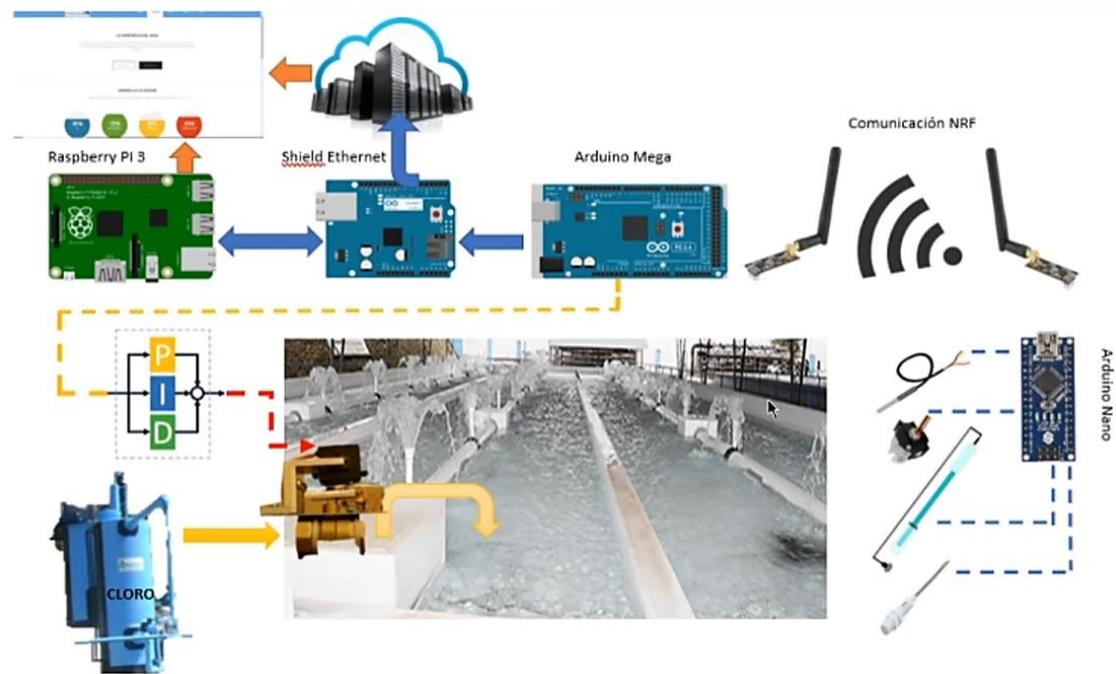
El presente proyecto consiste en la construcción e implementación de un sistema de monitoreo que permite disponer de reportes en tiempo real de los parámetros físicos de la calidad de agua y un sistema de control automático que logra dosificar la cantidad de cloro necesario permitiendo obtener agua inocua desde su fuente hasta llegar a todos los consumidores que reciben el líquido vital.

El sistema tiene como objetivo garantizar tanto a la empresa EP-EPAMAR como a los consumidores, la adecuada calidad del agua potable, además el conocer los valores de los parámetros medidos mediante la herramienta tecnológica que facilita la obtención de información detallada. Disminuyendo con eso los procesos de control que consta de costos adicionales y el tiempo que toma tanto el realizar el chequeo de muestras y el transporte requerido para llevar a laboratorios especializados. Se obtendrá una reducción en los niveles de infecciones presentes en el agua que previene el riesgo de contraer enfermedades ya que el agua potable es adecuada para los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal.

Se desarrolló dos nodos de sensores inalámbricos que recopilan los parámetros de temperatura, conductividad, turbidez y nivel de pH del agua, y un controlador PID para la dosificación automática de cloro optimizando el proceso manual que genera realizar

el muestreo de datos para luego ser enviados a un laboratorio y los mismos arrojen si la dosificación es o no la correcta utilizada dentro de la planta de tratamientos.

El desarrollo del proyecto es factible gracias al uso de tecnología de software y hardware libre y la compatibilidad de los diferentes dispositivos utilizados, formando así un sistema electrónico robusto que brinda a través de nodos la adquisición de datos analógicos de los sensores colocados en cada base receptora los cuales envían a un servidor local que procesa la información recibida y lo envía hacia una interfaz. Con la utilización de distribuciones de código libre y protocolos de comunicación se obtiene un sistema de calidad con bajo costo y funcional. Para el control automático de la dosificación del cloro se hace un análisis de los sensores y dependiendo de los valores entregados se procede a enviar la cantidad de cloro que se ingresa a los tanques de reserva de agua y así obtener la purificación más idónea del líquido vital.



**Figura 3.1:** Esquema general del Sistema de Monitoreo de Parámetros de Calidad Físicos del Agua y Control Automático para la Dosificación de Cloro

El prototipo del sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro presenta las siguientes funcionalidades:

- Monitoreo en tiempo real de los parámetros de la calidad del agua.
- Visualización en una interfaz gráfica amigable de los parámetros medidos.
- Almacenamiento de datos para tener un historial informativo con hora y fecha.
- Regulación de la cantidad de cloro administrado en los tanques de reserva.
- Permitir la gestión de una página web con detalles técnicos.
- Procesamiento de datos y envío en forma inalámbrica.

### 3.2.1 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108

El Instituto Ecuatoriano de Normalización en su quinta revisión realizada en 2014 pone en claro los requisitos indispensables que requiere tener el agua potable para el consumo humano en el país, la cual es la adaptación de las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su 4ta. edición.

El objetivo de esta norma es establecer los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros. Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura de Ministerio de Salud Pública. El agua potable debe cumplir los requisitos que se establecen a continuación [9]:

**Tabla 3.1:** Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas [9]

PARÁMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	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>	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/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  
\* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: <sup>210</sup>Po, <sup>224</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>234</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>239</sup>Pu  
\*\* 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

**Tabla 3.2:** Sustancias orgánicas [9]

	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP</b> Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
<b>Hidrocarburos:</b> Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2dicloroetano	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroetano	mg/l	0,02
Tetracloroetano	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacético	mg/l	0,2

**Tabla 3.3:** Plaguicidas [9]

	UNIDAD	Límite máximo permitido
Atrazina y sus metabolitos cloro-s-triazína	mg/l	0,1
Isoproturón	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pendimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1

Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrín y Dieldrín	mg/l	0,00003
Carbofuran	mg/l	0,007
Clorpirifós	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrín	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002
Hidroxiatrazina	mg/l	0,2

**Tabla 3.4:** Residuos de desinfectantes [9]

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Monocloramina,	mg/l	3
Si pasa de 1,5 mg/l investigar: N-Nitrosodimethylamine	mg/l	0,000 1

**Tabla 3.5:** Subproductos de desinfección [9]

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
<b>Trihalometanos totales</b>	mg/l	0,5
Si pasa de 0,5 mg/l investigar:	mg/l	0,06
• Bromodiclorometano	mg/l	0,3
• Cloroformo		
Tricloroacetato	mg/l	0,2

**Tabla 3.6:** Cianotoxinas [9]

	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Microcistina-LR	mg/l	0,001

- El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

**Tabla 3.7:** Requisitos Microbiológicos [9]

	<b>Máximo</b>
Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml	< 1, 1* < 1**
Cryptosporidium, número de ooquistes/ litro	Ausencia
Giardia, número de quistes/ litro	Ausencia
* < 1, 1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm <sup>3</sup> ó 10 tubos de 10 cm <sup>3</sup> ninguno es positivo	
** < 1 significa que no se observan colonias	
(1) Para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

- Número mínimo de muestras a tomarse de acuerdo con la población servida para el análisis de coliformes fecales en el sistema de distribución de agua potable.

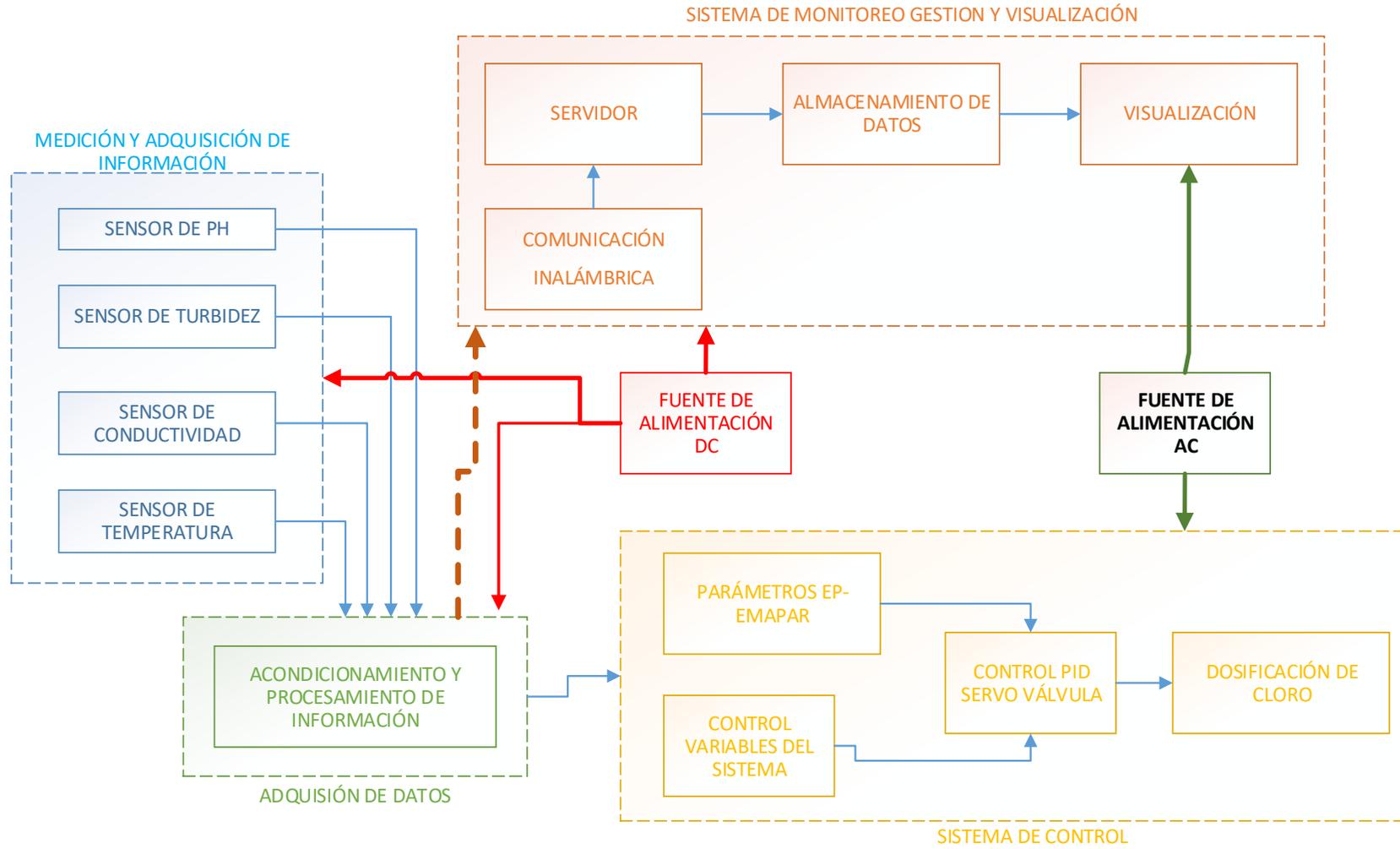
**Tabla 3.8:** Muestras mínimas para análisis de coliformes fecales [9]

<b>POBLACIÓN</b>	<b>NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO</b>
< 5 000	12
5 000 - 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 - 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	600 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

### 3.2.2 Diagrama de Bloques del Sistema

El prototipo del sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro consta de cuatro bloques principales. El primer bloque detalla la medición y adquisición de información de cuatro sensores los cuales son: sensor de pH, turbidez, temperatura y conductividad, interconectados con un Arduino nano formando así nodos, los cuales toman los datos desde los estanques donde se deposita el agua antes de su potabilización para luego enviarlos de forma inalámbrica. El segundo bloque se encarga del acondicionamiento y procesamiento de la información que llega de forma inalámbrica hasta un servidor montado con un Arduino Mega, el cual permite administrar los datos con una Shield Ethernet para poder comunicarlo con el siguiente bloque. El tercero llamado de monitoreo y visualización permite que los datos se almacenen en una Raspberry PI 3, luego es enviada dentro del mismo dispositivo a un servidor LAMP donde una plataforma web visualiza de una manera amistosa para el chequeo respectivo de los datos. Finalmente, en el cuarto bloque se procede al control respectivo de una servo

válvula que a través de un control PID pueda aumentar o disminuir la apertura de este dispositivo, dependiendo especialmente de los valores estables y variables que requieren ser medidos para la correcta dosificación diaria que requiere los tanques de agua para ser potabilizados correctamente y cumplir la norma vigente en el país.



**Figura 3.2:** Diagrama de bloques del sistema.

### 3.2.3 Selección de dispositivos para el sistema

En la creación del prototipo del sistema de monitoreo de parámetros de calidad físicos del agua y control automático para la dosificación de cloro, se requieren varios materiales entre sensores y actuadores para el conjunto de la creación de los nodos inalámbricos, el nodo central que administra los datos y los actuadores encargados de la dosificación. Por lo cual se presenta el análisis comparativo de los diferentes sensores en el mercado existentes y de estos el más óptimo en relación precio calidad para la implementación del prototipo.

#### 3.2.3.1 Tarjetas controladoras y procesamiento de datos

Existe una gran variedad al momento de definir lo que son las tarjetas controladoras, microcontroladores en respecto a marcas, fabricantes, y características que detallan el uso de varias aplicaciones con propósito específico. Uno de los grandes candidatos son las placas que usan ya un microcontrolador en una placa integrada de hardware libre como es el caso de Arduino que cuenta con un soporte técnico práctico en la industria electrónica en el día de hoy, su gran cantidad de librerías que facilitan creación de aplicaciones en un entorno de trabajo integrado llamado IDE las posicionan en las mejores para su manejo.

**Tabla 3.9:** Tipos de tarjetas controladoras

	<b>Tarjetas controladoras</b>			
	<b>Tiva C TM4C123G</b>	<b>ARDUINO MEGA</b>	<b>ARDUINO NANO</b>	<b>ESP8266</b>
<b>Características</b>				
<b>Empresa</b>	Texas Instrument	Arduino- ATMEL	Arduino- ATMEL	Amica,

				Lolin/ Wemos y DOIT/SmartArdu ino
<b>Microcontrolador</b>	TM4C123GH6P M	ATmega2560	ATmega328P	ESP8266
<b>Voltaje de Operación</b>	5V	5V	5V	5V
<b>Voltaje de alimentación (recomendado)</b>	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V	3.3 V
<b>Corriente en los pines</b>	40 mA	20 mA	40 mA	12 mA
<b>Pines E/S Digitales</b>	24 (16 PWM)	54 (15 PWM)	14 (6 PWM)	17 (4 PWM)
<b>Pines E/S Analógicos</b>	3	16	8	1
<b>Memoria Flash</b>	256 KB	256 KB	32 KB	4 MB
<b>Memoria SRAM</b>	32 KB	8 KB	2 KB	32 KB
<b>Memoria EEPROM</b>	2 KB	4 KB	1 KB	512 B
<b>Dimensiones</b>	100 x 54 mm	101.52 x 53.3 mm	18.5 x 43.2 mm	49 x 26 mm
<b>Comunicación</b>	UART	UART, Serial, I2C, SPI	UART, Serial, I2C, SPI	SDIO 2.0, SPI, UART, I2S,WIFI(WEP,T KIP,AES Y WAPI)
<b>Costo</b>	\$ 20.27	\$ 18	\$ 7	\$ 8

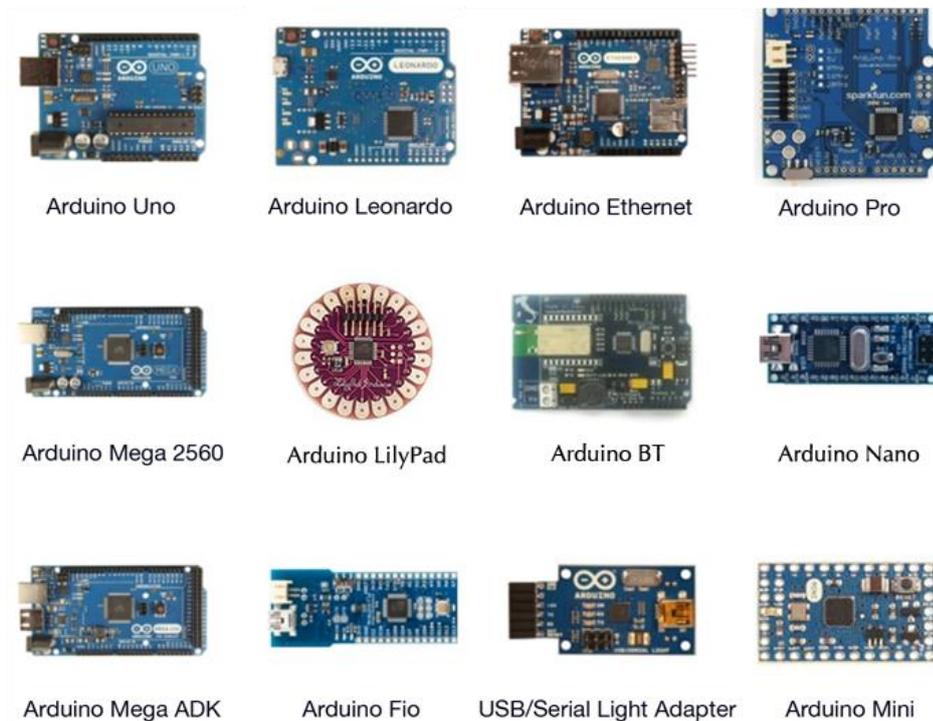
En la selección se ha utilizado dos tipos de dispositivos los cuales son el Arduino tanto mega como nano por el tipo de comunicación que maneja, la compatibilidad que brinda

con diversos sensores, el tamaño en lo concerniente para los nodos inalámbricos usando el nano y por supuesto el precio accesible que estos dispositivos tienen en el mercado.

## Arduino

Es una plataforma de código abierto, orientado para el desarrollo de proyectos con el uso de software y hardware libre. La tarjeta Arduino cuenta con un microcontrolador, diferentes puertos que puedes ser configurables y en un entorno llamado IDE, tiene una gran variedad de modelos que van adaptándose a las aplicaciones requeridas, los microcontroladores van variando dependiendo del modelo y los más usados son el ATmega 168, ATmega 328, ATmega2560 [39]. Las principales ventajas que tiene son:

- Reducción de costos.
- Trabaja en Multiplataformas
- Software de código abierto
- Hardware Abierto a modificaciones
- Entorno de programación sencillo
- Se trabaja en Multi-Plataformas



**Figura 3.3:** Tipos de tarjetas Arduino [40]

### 3.2.3.2 Sensores para medición de parámetros

Dentro de los sensores que se seleccionan están los encargados de realizar las mediciones importantes detalladas en el proyecto como son de pH, temperatura, turbidez y conductividad y los mismos deben acoplarse entre ellos para no tener conflictos para el trabajo conjunto de cada uno de ellos en la toma de datos.

- **Sensor de pH**

Para obtener el nivel del Potencial de Hidrogeno (pH) del agua que se encuentra en los estanques de almacenamiento y de esta manera determinar si el líquido vital es ácido o alcalino se realiza el siguiente análisis de los sensores en el mercado.

**Tabla 3.10:** Tipos de sensores pH

Características	Sensores pH	
	E-201	SEN-0161
		
<b>Rango de medición</b>	0 – 14 pH	0 – 14 pH
<b>Alimentación</b>	5 V	5 V
<b>Resistencia interna</b>	$\leq 250 \text{ m}\Omega$	$\leq 250 \text{ m}\Omega$
<b>Punto cero</b>	$7 \pm 0.5 \text{ pH}$	$7 \pm 0.5 \text{ pH}$
<b>Rango de temperatura de detección</b>	0 – 50 °C	0 – 60 °C
<b>Placa acondicionadora</b>	si	si
<b>Error alcalino</b>	$\leq 15 \text{ mV}$	Ninguno
<b>Tiempo de respuesta</b>	$\leq 2 \text{ min}$	$\leq 1 \text{ min}$
<b>Pendiente porcentual teórico (PTS)</b>	$\geq 97\%$	$\geq 98,5 \%$
<b>Conector</b>	BNC/Y	BNC
<b>Precisión</b>	Ninguno	$\pm 0.1 \text{ pH (25}^\circ\text{C)}$
<b>Ajuste de ganancia</b>	Ninguno	Potenciómetro lineal
<b>Tamaño</b>	160 x 12 mm	43 x 32 mm
<b>Costo</b>	\$ 50	\$ 50

Para el proceso de medición del nivel de pH se utiliza el sensor SEN-0161 el cual se ajusta a las necesidades requeridas para el sistema y cuenta con la compatibilidad de

la tarjeta de control. Las ventajas frente al sensor E-201 son su tiempo de respuesta ante la medición, el error alcalino y la fácil adquisición en el mercado.

- **Sensor de temperatura**

Un parámetro importante es la temperatura presente en el agua que no permanece constante debido al clima del sector por lo cual se presenta los detalles técnicos de sensores diseñados para la lectura de este parámetro.

**Tabla 3.11:** Tipos de sensores de temperatura

Características	Sensores de temperatura del agua		
	DS18B20	Termostato W1209	PT-1000
			
<b>Rango de temperatura</b>	-55 a 125 °C	-50 a 110 °C	-25 a 250 °C
<b>Resolución</b>	9 a 12 bits	0,1 °C	0,001 V/ °C
<b>Precisión de control</b>	±0,5 °C	0,1 °C	±0,15 °C
<b>Frecuencia de actualización</b>	750 ms	0,5 s	13s
<b>Voltaje de entrada</b>	3,0 a 5,5 V	DC 12 V	3,3 a 5,5 V
<b>Tamaño</b>	91cm x 30 mm	48 x 40 mm	81cm x 6mm
<b>Costo</b>	\$ 3,50	\$ 8	\$ 7,50
<b>Capacidad</b>	Multidrop	ninguno	Ninguno
<b>Conector</b>	Ninguno	Jack 2 pines	Ninguno
<b>Sumergible</b>	si	si	si

El sensor seleccionado es el DS18B20, ya que se trata de un elemento electrónico sumergible, con mayor tamaño en el encapsulado, su gran rango de medición lo hace

ideal, su precio accesible y que cuenta con una librería para la adaptación del sensor junto con la tarjeta evitando la etapa de acondicionamiento que requieren los demás sensores mencionados dando así el indicado para la temperatura tomada en los estanques de agua.

- **Sensor de turbidez**

Dentro de los tanques de agua potable debe estar presente siempre el nivel de turbidez ya que, si tiene una gran cantidad de partículas suspendidas, el cloro no realiza la misión de purificar correctamente; las partículas crean también una alteración en la temperatura del agua, motivos por los cuales se debe escoger un sensor que cumpla el captar de forma correcta su nivel.

**Tabla 3.12:** Tipos de sensores de turbidez

<b>Características</b>	<b>Sensores de Turbidez</b>	
	<b>SEN0189</b> 	<b>LTH serie T(T30)</b> 
<b>Voltaje de entrada</b>	5 V	24 V
<b>Corriente</b>	30 mA	20 mA
<b>Tiempo de respuesta</b>	500 ms	450 ms
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-30 a 80 °C	0 a 85 °C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-10 a 80 °C	Ninguno
<b>Tamaño</b>	30 x 20 x 12 mm	35 x 22 x 8 mm
<b>Tipo de salida</b>	Analógico 0 a 5V	Analógico 4 a 20 mA
<b>Peso</b>	30 g	40 g
<b>Acondicionamiento</b>	si	no
<b>Rango de detección</b>	0 – 4550 NTU	0,001 – 4000 NTU
<b>Costo</b>	\$ 23	\$ 52

El sensor que se ocupa es el SEN0189 por los diferentes detalles que muestra las características de la tabla anterior, el poseer la etapa de acoplamiento, el precio accesible y el rango mayor de detección lo convierten en el idóneo para la construcción del prototipo.

- **Sensor de Conductividad**

**Tabla 3.13:** Tipos de sensores de conductividad

Características	Sensores de conductividad		
	Hanna BL983322	Sensor casero	DFR0300
<b>Voltaje de operación</b>	30 VDC	5 VDC	5 VDC
<b>Dimensiones</b>	83 s 53 x 99 mm	52x 22 mm	45 x 32 mm
<b>Temperatura de operación</b>	5°C a 50°C	-----	5°C – 40°C
<b>Rango de medición</b>	0.00 A 19.99 μS/cm	-----	1 ms/cm – 20 ms/cm
<b>Conector</b>	Integrado	Sin conector	BNC
<b>Disponibilidad en mercado</b>	no	si	no
<b>Costo</b>	\$ 211,72	\$ 3	\$ 20

En el sensor de conductividad eléctrica al no obtener un sensor acorde a la compatibilidad de los demás sensores y la plata controladora, la mejor opción es el crear un dispositivo con los medios que se cuenta siendo este un sensor efectivo y de bajo costo que al probarlo genera buenos resultados en cada muestreo realizado.

### 3.2.3.3 Selección del Hardware para el servidor

El proyecto contiene un sistema de monitoreo por lo cual se requiere un equipo u ordenador, que aloje el servidor para el almacenamiento de datos y el montaje de la página web. La capacidad del servidor va a ser directamente proporcional al valor y muestras tomadas durante un periodo de tiempo, para lo cual se realiza la siguiente tabla de características más importantes de los posibles servidores.

**Tabla 3.14:** Hardware para servidor web

Características	Tipos de hardware para el servidor			
	PC 	Raspberry pi 3 	Orange pi 	Banana pi 
<b>Consumo</b>	Depende de la PC	5v - 600mA	5v - 500 mA	5v -1 A
<b>Almacenamiento</b>	>500GB	SD	SD	
<b>RAM</b>	>2GB	1GB	1GB	1GB
<b>Procesador</b>	Intel AMD Ryzen	ARM v8 1.2 GHz	Allwinner H3 1.6 Ghz	ARM Cortex-A7
<b>Núcleos</b>	2,3	4	2	2
<b>Sistema Operativo</b>	Windows Linux Mac	Linux Raspbian Fedora	Android Lubuntu Debian	Bananian Raspbian Debian
<b>Tamaño</b>	Grande	Pequeño	Pequeño	Pequeño
<b>Costo</b>	>500	\$ 60	\$ 100	\$ 80

El hardware que se ajusta a las necesidades de este proyecto y cuenta con las características necesarias es la Raspberry Pi 3 por las cuestiones de las excelentes prestaciones que este dispositivo contiene como son, tamaño compacto, capacidad de almacenamiento a través de una tarjeta SD, sistemas operativos libres de licencia para su configuración como el caso de Raspbian , fedora, Linux entre otros más, el precio es accesible para no elevar el costo del prototipo y el consumo de energía es sumamente bajo para su operación estable.

## Raspberry Pi

Es una placa de ordenador desarrollada en Reino Unido por la fundación que tiene el mismo nombre. La idea de este proyecto fue dar solución a entornos educativos para estimular la enseñanza desde el año 2006 para la adquisición de sistemas compactos de bajo costo y estimular la enseñanza en las ciencias de la computación. Esta placa incluye un procesador, memoria RAM, ranura para la tarjeta SD que servirá de memoria, conectores USB, Video RCA, Conexión de Jack de 3,5 pulgadas para el audio, conector HDMI entre otros más; además de ejecutar sistemas Linux o RISC, todo tipo de aplicaciones con grandes beneficios y bajo costo [41].

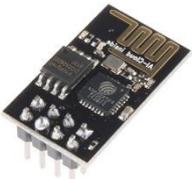


**Figura 3.4:** Raspberry Pi 3 [42]

### 3.2.3.4 Equipos de Comunicación RF

Para el desarrollo del proyecto se ve la necesidad de contar con módulos de comunicación inalámbricos para poder enviar los datos a través de nodos desde cada uno de los estanques del agua potable hasta el nodo central que se encontraría en la estación de monitoreo. Uno de los parámetros que debe cumplir este elemento no debe interrumpir las demás comunicaciones inalámbricas del medio y la misma no ser fácilmente detectable para una posible causa de intromisión.

**Tabla 3.15:** Tipos de módulos para comunicación RF

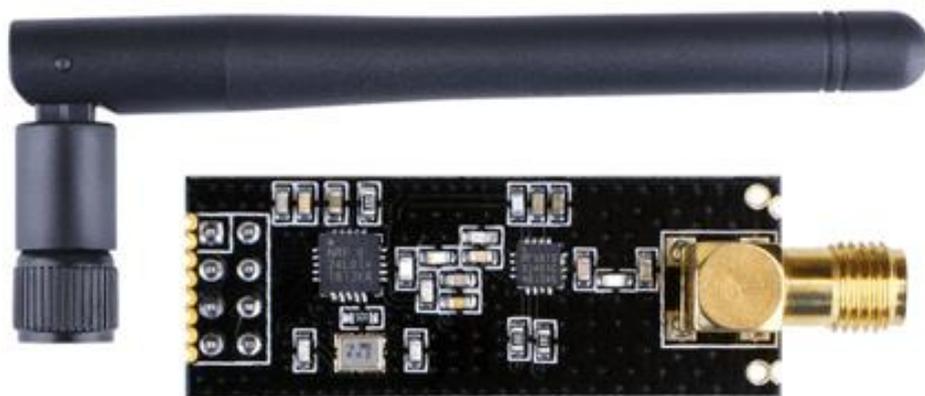
Características	Módulos de comunicación RF			
	<b>XBEE s2</b> 	<b>Bluetooth</b> 	<b>NRF24L01</b> 	<b>ESP8266</b> 
<b>Voltaje de operación</b>	2,8 a 3,4 V	3,3 a 5 V	1,9 a 3,6 V	3,0 a 3,6 V
<b>Interfaz de comunicación</b>	UART	UART	SPI	SPI, I2C
<b>Velocidad de TX</b>	250Kbps	2Mbps	250Kbps y 2Mbps	11 a 54 Mbps
<b>Nodos por subred</b>	255	8	255	---
<b>Consumo</b>	40 mA	40 mA	11,3 mA	80 mA
<b>Rango de Frecuencia</b>	2,4GHz	2,4 a 2,48 GHz	2,4 a 2,525GHz	2,4 a 2,5GHz
<b>Canales</b>	16	79	125	14
<b>Modulación</b>	O-QPSK	GFSK	GMSK	Lora
<b>Tamaño</b>	2,43 x 2,76 cm	12,7 x 21 mm	15 x 29 mm	14,30 x 24,80 mm
<b>Alcance</b>	1,6 km (línea de vista)	20 m	1000 m	30 m
<b>Estándar</b>	802.15.4	802.15.1	no	802.11 b/g/n
<b>Costo</b>	\$ 42,50	\$ 9	\$ 7,50	\$ 5

Para el proyecto se opta en seleccionar el módulo de radiofrecuencia NRF24L01, siendo este el más destacado por las características de los parámetros técnicos que contienen en comparación a los demás dispositivos; la distancia que abarca para la comunicación, el precio accesible para adquirirlos, el tipo de comunicación que sostiene, la posibilidad de varios canales para evitar interferencias entre otros dispositivos que trabajen en las mismas frecuencias, el bajo consumo de energía y suficiente velocidad para los datos que se piensa transmitir.

## Modulo NRF24L01

El módulo NRF24L01 es un transceptor, es decir, un dispositivo de comunicación que puede transmitir y recibir información de forma inalámbrica que trabaja en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical radio band) a 2,4GHz, usando el protocolo SchockBurst™ mejorando la velocidad del hardware, por lo cual no se requiere de licencia ya que se encuentra en una banda libre del espectro electromagnético [21]. Sus principales aplicaciones son:

- Mandos a distancia.
- Auriculares VoIP.
- Periféricos de PC inalámbricos.
- Relojes deportivos con sensores.
- Centros multimedia avanzados.
- Controles remoto RF para dispositivos electrónicos de consumo.
- Control de videojuegos.
- RFID activo.
- Juguetes.
- Automatización doméstica y comercial.
- Redes de sensores de ultra baja potencia [14].



**Figura 3.5:** Sensor NRF24L01 con Antena [43]

### 3.2.3.5 Dispositivos de red

En el proyecto de investigación se requiere un equipo para la conectividad de los sistemas, existen varios tipos de dispositivos que podrían ser Routers, Switch, Modem, entre otros, por lo cual se realiza una investigación de diferentes dispositivos en el mercado para la elección más idónea que se adapte a los parámetros requeridos.

**Tabla 3.16:** Modelos de dispositivos de red

Características	Dispositivos de Red		
	TP-LINK	LINKSYS	CISCO
			
<b>Modelo</b>	TL-WR841N	RV132W	N300
<b>Velocidad</b>	300Mbps	300Mbps	300Mbps
<b>Estándar</b>	IEEE 802.11 n	IEEE 802.11 n/g/b/u	IEEE 802.11 n/g/b/u
<b>Encriptación</b>	WPA/WPA2	WPA/WPA2	WPA/WPA2
<b>Conectividad</b>	Ethernet WAN	Ethernet, WAN, 3g/4g/LTE	Ethernet, WAN
<b>Frecuencia</b>	2,4GHz	2,4 y 5GHz	2,4 y 5 Ghz
<b>Ganancia</b>	2x5 dBi	3dBi	9dBi
<b>Soporte DDNS</b>	Si	Si	Si
<b>Port Forwarding</b>	Si	Si	Si
<b>Costo</b>	\$ 22	\$ 210	\$ 80

Dentro de las características se puede observar que el dispositivo más adecuado para la implementación es el TP Link TL-WR841N, la velocidad que maneja es la adecuada, cuenta con 2 antenas para que llegue a cada punto de la implementación la

señal WIFI que genera para conectar los dispositivos que se requiera, cuenta con encriptación, el costo es accesible y la facilidad de generar DDNS automáticamente contribuye a una mejor conectividad.

### 3.2.3.6 Controlador de cantidad de cloro suministrado

En el proceso de control se requiere un dispositivo el cual tenga la capacidad de controlar la apertura sistemática de una válvula la cual pueda enviar el cloro requerido a los tanques de agua para ser potabilizada, en las cuales se encuentra las conocidas servo válvulas y válvulas proporcionales que son capaces de ubicarse en infinitas posiciones en las que la magnitud de presión, caudal, etc. es proporcional a la señal de entrada y el poder controlarla con el valor de la corriente o de la tensión brinda la ventaja de un control para infinidad de aplicaciones con eso se puede unir el mando electrónico con la hidráulica en general. En la siguiente tabla detallaremos los principales dispositivos existentes y cuál será el más idóneo para la aplicación.

**Tabla 3.17:** Tipos de dispositivos para el control del paso del cloro

Características	Tipos de válvulas electrónicas		
	Válvula CWX-15N 	Válvula TFA20-M-C 	Servo Válvula HS-311 
Voltaje de alimentación	DC 12V	DC 9 – 24V	4.8 a 6 V
Voltaje de control	3-6V 12V / 9-24V	0 – 5 V	5 V
Corriente	<80mA	500 mA	800 mA
Presión	10 bar	3 – 100 psi	20 a 345 psi
Modo de Funcionamiento	Normalmente cerrado	Normalmente cerrado	Normalmente cerrado
Temperatura máx.	90 °C	95 °C	90 °C
Error de Ángulo	----	1,6 °	0,5 °
Rotación de Actuador	90 grados	90 grados	1 grado

Tamaño de puerto	¼" a 1 "	1 "	½ "
Disponibilidad	NO	NO	SI
Costo	\$ 35	\$ 209,81	\$ 18,50

En el proceso de elección se designa como la mejor opción a la servo válvula creada en impresión 3D y acoplado un servo motor HS-311 permitiendo con esto tener varias ventajas como el costo que presenta el dispositivo, la calibración con la posibilidad de rotación del actuador de 1 grado, la presión que puede soportar una válvula de bola de ½ " adaptable a las tuberías más comunes usadas en el mercado, el voltaje de alimentación que requiere y su fácil manejo con la tarjeta controladora.

### 3.2.4 Flujo de metodología de investigación

El proceso da paso a un flujo de la metodología, con esto se presenta la forma de recopilación de información, los diseños, el flujo del proceso de la implementación y validación para luego dar el proceso de la evaluación técnica de todo el sistema en cuestión. El proceso va destacando cada fase que constituye el proyecto proporcionando información detallada.

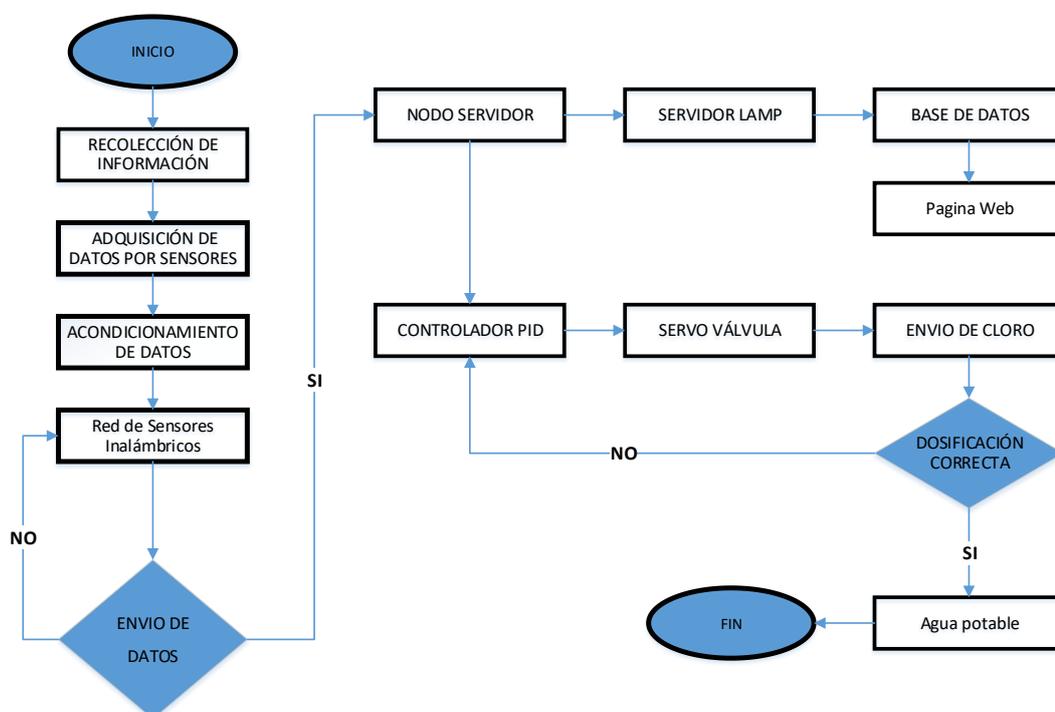


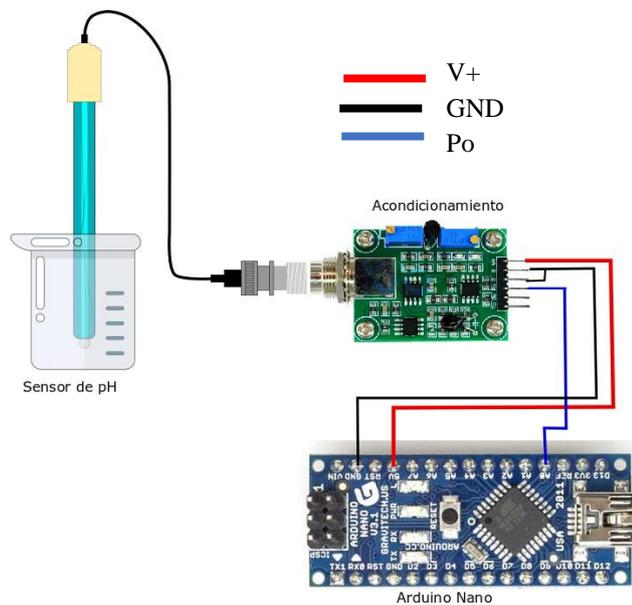
Figura 3.6: Flujo de la metodología de investigación

### 3.2.5 Proceso de diseño del proyecto de investigación

En el proceso del diseño del proyecto una vez obtenido los materiales requeridos se da inicio a las pruebas de calibración de cada uno de los sensores para el monitoreo de los parámetros de la calidad del agua para luego ser acoplados en una sola placa que pueda ser de transmitirlos al nodo central.

#### 3.2.5.1 Conexión del sensor de pH

Para la conexión del sensor de pH se conecta el Arduino nano con la placa acondicionadora la cual posee seis pines donde los que se usa son **V+**, **GND**, y **Po**. Con una entrada analógica del Arduino se conecta el pin Po el cual envía la señal para detectar el valor del pH, con un voltaje de 5V entregado de la placa se conecta el pin V+ y para cerrar el circuito los pines GND de la placa acondicionadora con los mismos del Arduino nano.



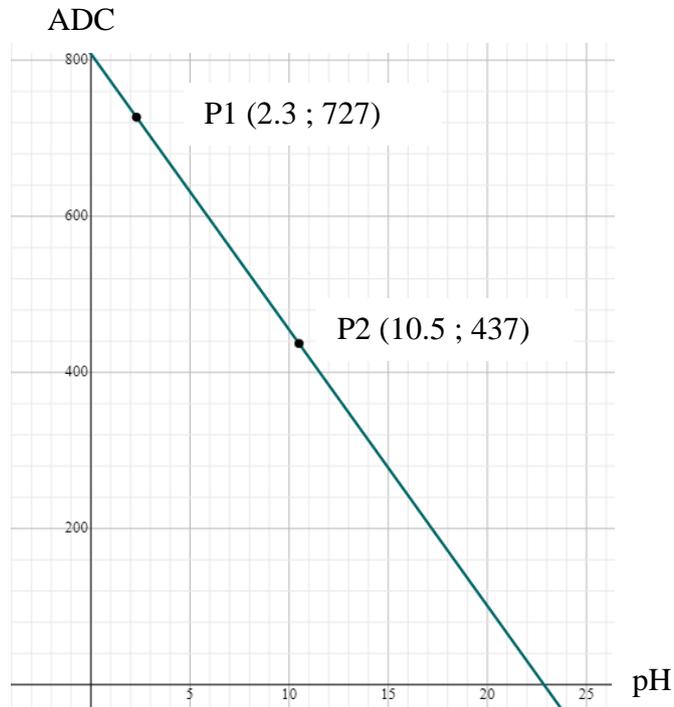
**Figura 3.7:** Conexión del sensor pH

El sensor de pH que cuenta con una sonda modelo E-201 mide la acidez o alcalinidad de una solución tiene el rango entre 0 a 14, esto indicara el estado del agua, por lo cual el sensor para que no genere posibles fallas al momento de programar primero se lo calibra para lo cual se puede observar que en el circuito de acoplamiento hay dos

potenciómetros, el más cercano al conector BNC de la sonda se llama offset, el otro es el límite del pH.

El Offset oscila entre los valores positivos y negativos, el cero representa el pH de 7.0 para calibrar y usar con Arduino con el ADC del mismo tenemos que forzar un pH de 7.0 desconectando la sonda del circuito y cortocircuitando la parte interna del conector BNC con la exterior. Con la ayuda de un multímetro ajustaremos el potenciómetro hasta que logremos una medición de 2,5 voltios con el pin Po del circuito [44].

También para el cálculo de la fórmula que se requiere para la configuración en Arduino con el voltaje que genere en el pin analógico **A0** se usa la formula general de la ecuación de la recta ya que el sensor se comporta como un sensor lineal de tal motivo se utiliza dos soluciones de pH identificados; en el punto más bajo el jugo de limón que cuenta con un pH de 2,3 y el valor máximo la solución de leche de magnesia que tiene un pH de 10,5 obteniendo los valores del ADC de 727 y 437 respectivamente y de esta manera se calcula la ecuación que ira en la programación del sensor.



**Figura 3.8:** Gráfica de la ecuación de la recta pH y ADC

Se utiliza la fórmula de la ecuación de la recta usando 2 puntos:

$$y = mx + b$$

Cálculo de la pendiente (m):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{437 - 727}{10.5 - 2.3}$$

$$m = -\frac{290}{8.2} = -35.36585365853$$

Cálculo de b:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$y = m(x - x_1) + y_1$$

$$y = -\frac{290}{8.2}(x - 2.3) + 727$$

$$y = -\frac{290}{8.2}x + \frac{667}{8.2} + 727$$

$$y = -\frac{290}{8.2}x + \frac{6628.4}{8.2}$$

$$y = -35.36585365853x + 808.3414634146341$$

### 3.2.5.2 Conexión del sensor de temperatura

El Sensor de temperatura utilizado es el DS18B20 el cual costa de tres pines de conexión, Vdd, Gnd, Datos donde se conecta los 5 voltios del Arduino con el cable rojo, el GND Arduino va con el cable negro, el pin D8 de Arduino se conecta con el cable amarillo y una conexión de una resistencia de  $4,7k\Omega$  se conecta el cable rojo con el amarillo para tener estabilidad en la medición y usar las librerías OneWire y DallasTemperature.

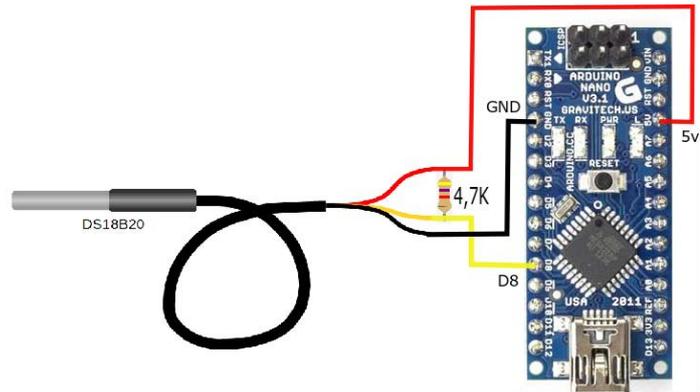


Figura 3.9: Conexión del sensor de temperatura

### 3.2.5.3 Conexión del sensor de turbidez

La conexión del sensor SEN0189 de turbidez cuenta con tres pines que va redirigidos a una tarjeta de acondicionamiento la cual cuenta con Vcc, Gnd y Out. La conexión usa los 5 voltios, GND y un puerto de entrada analógico A1 que salen del Arduino nano.

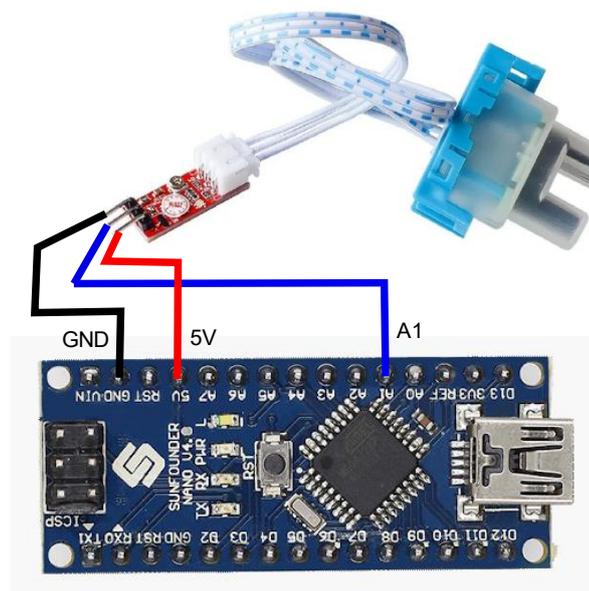
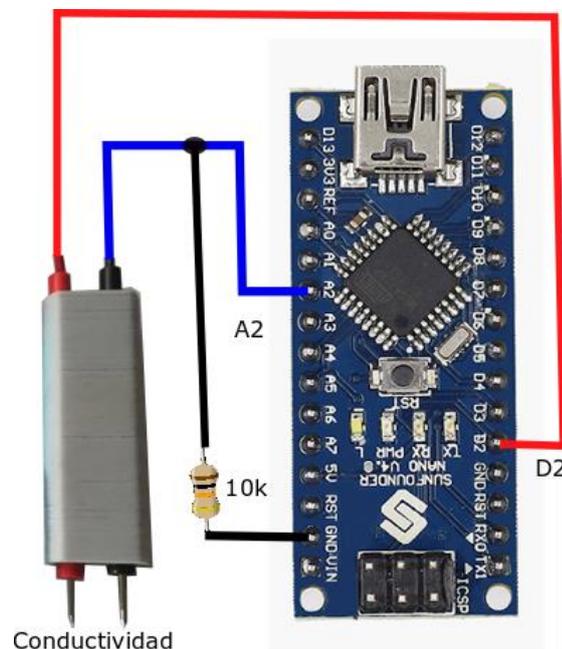


Figura 3.10: Conexión del sensor de turbidez

En la placa de acondicionamiento cuenta con un potenciómetro SMD el cual se ira calibrando para obtener el valor acorde a las mediciones NTU que contiene el agua.

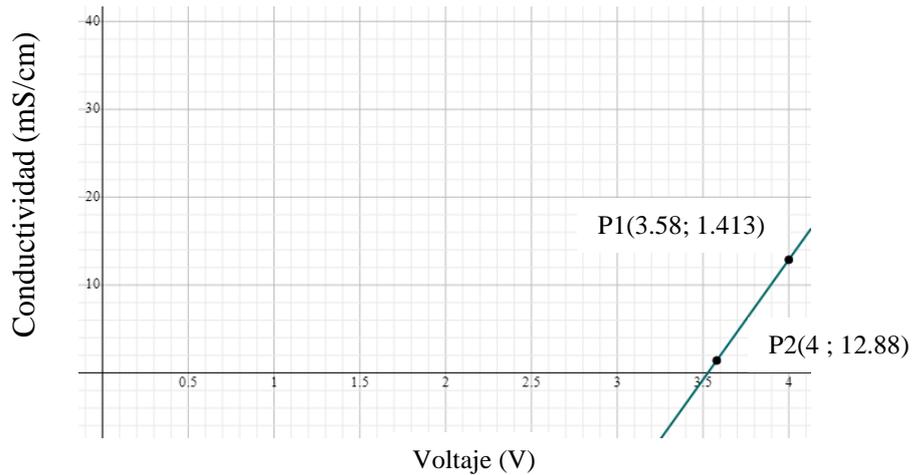
### 3.2.5.4 Conexión del sensor de conductividad

Para el sensor de conductividad se toma uno elaborado con una sonda de conductividad eléctrica cuya fabricación lo hace más accesible ya que los otros no se los cuenta en el mercado, por lo cual se crea con 2 cables conductores procedentes de puntas de multímetros, siendo así los perfectos electrodos que puedan medir la electricidad presente en el agua. El primer cable se lo conecta a un pin digital en este caso se a utilizado en el 2 del Arduino, se añade una resistencia de pull-down de 10k $\Omega$  el cual ira hacia el pin analógico A2 junto con el otro extremo de la punta del electrodo.



**Figura 3.11:** Conexión del sensor de Conductividad

Para calibrar el sensor se han utilizado 2 soluciones de calibración de la marca Hannah, una de 1.413 mS/cm y otra de 12.88 ms/cm. Se considera lineal la función para calibrar la conductividad eléctrica en función al voltaje, los valores son muy cercanos a límite del agua potable, que está en torno de 10mS/cm y el valor del agua destilada 11 $\mu$ S/cm por lo tanto si el valor es mejor querrá decir que la calidad del agua es mucho mejor. Con los sobres de las soluciones Hannah dan los valores de 3.58v y 4v respectivamente de las soluciones de 1.413 y 12.88 mS/cm por lo cual se realiza la fórmula de la ecuación de la recta que permite crear así calibrar el sensor con el código de programación en Arduino.



**Figura 3.12:** Ecuación de la recta conductividad (mS/cm) y (v)

Se utiliza la fórmula de la ecuación de la recta usando 2 puntos:

$$y = mx + b$$

Cálculo de la pendiente (m):

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{12.88 - 1.413}{4 - 3.58}$$

$$m = \frac{11.467}{0.42}$$

$$m = 27.30238095$$

Cálculo de b:

$$y - y_1 = m(x - x_1)$$

$$y = m(x - x_1) + y_1$$

$$y = \frac{11.467}{0.42}(x - 3.58) + 1.413$$

$$y = \frac{11.467}{0.42}x - \frac{41.05186}{0.42} + 1.413$$

$$y = \frac{11.467}{0.42}x - \frac{40.4584}{0.42}$$

$$y = 27.30238095x - 96.32952380$$

### 3.2.5.5 Conexión del módulo inalámbrico NRF24L01

El módulo NRF24L01 detalla que su voltaje de trabajo es de 3,3 v por lo cual se implementa un regulador que permita mantener la energía necesaria para el funcionamiento de los sensores y poder transmitir los datos sin ningún inconveniente. Los pines que cuenta son 8 y su comunicación es SIP por lo cual se interconectarán los pines MISO, MOSI, SCN, SCK y CE. Los pines del Arduino nano ya están definidos para esta comunicación los cuales son D12, D11, D9, D13 y D9; para el caso de los dos últimos pines estos se los elige en la programación y permiten saber el canal que ocupa.

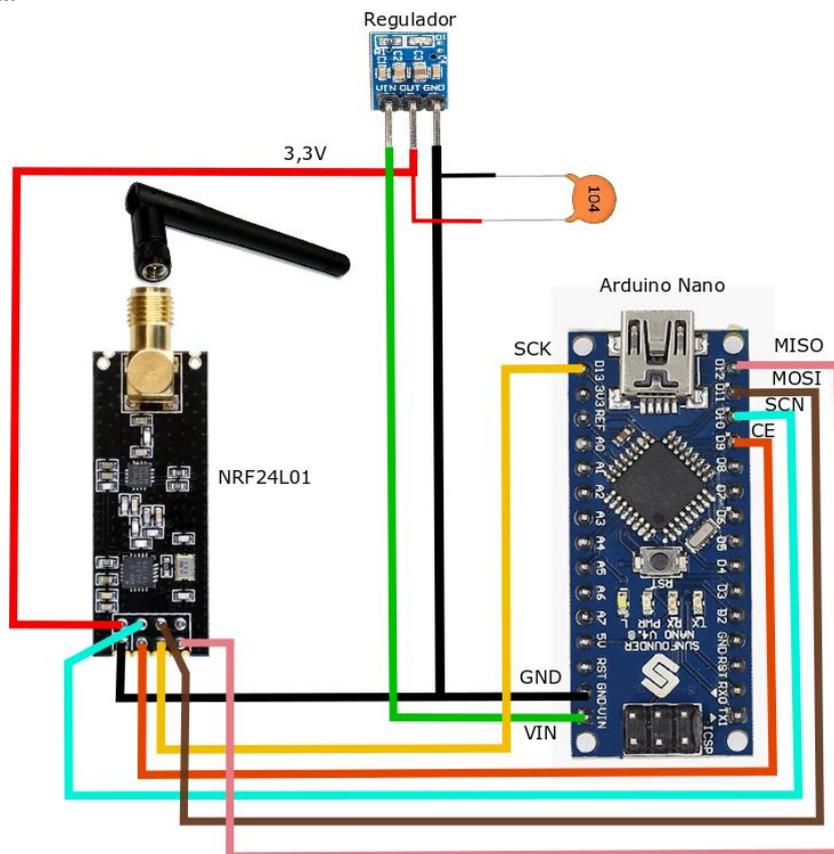
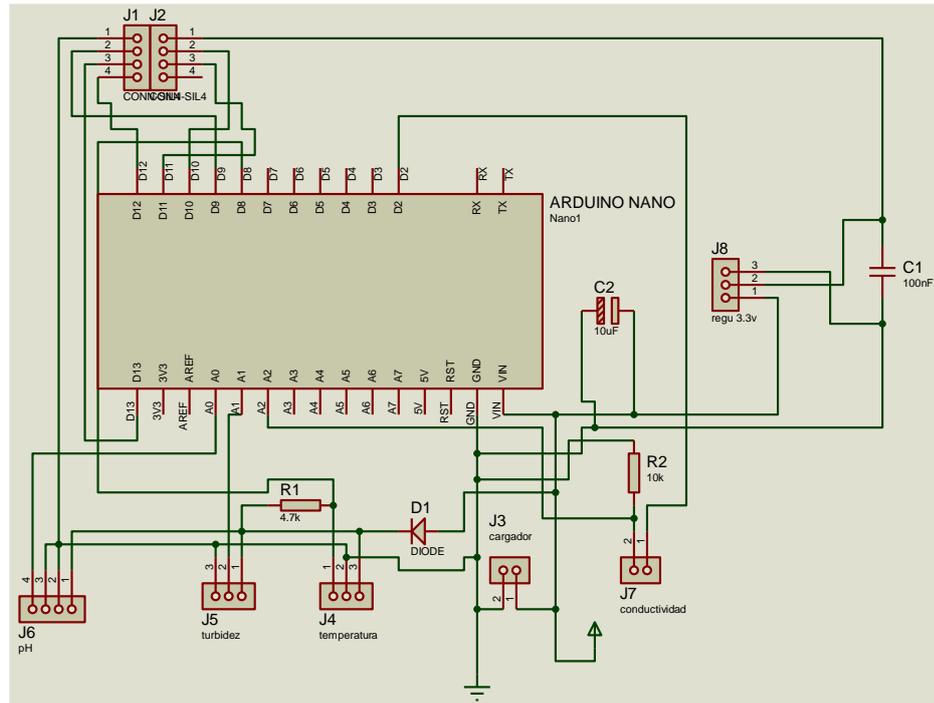


Figura 3.13: Conexión del módulo de comunicación NRF24L01

### 3.2.5.6 Elaboración de la placa electrónica para los nodos inalámbricos

Una vez determinados las conexiones individuales que se requieren para cada uno de los sensores y definir cada uno de los pines para la comunicación inalámbrica se realiza la elaboración de la placa electrónica para los nodos transmisores. Por lo cual se usa el software Proteus en la versión 8.6 por lo cual se elabora el diseño de las conexiones para luego rutear las pistas del circuito y optimizar el espacio para la ubicación de todos los componentes. Cuando se reúne todos los materiales en una sola placa se van

a sumar varios elementos electrónicos para que exista una óptima estabilidad, para los sensores se ubica espadines macho y la entrada de alimentación externa, espadines hembra para la ubicación del Arduino nano y el sensor de comunicación inalámbrica, una bornera de 2 pines para la conexión del sensor de conductividad, un diodo para evitar el posible retorno de la corriente y proteger los sensores y un capacitor de 10uF para estabilidad en el voltaje de entrada.



**Figura 3.14:** Esquema de la conexión para el nodo inalámbrico Proteus

Con los elementos ya ubicados en la posición adecuada procedemos al ruteo de las pistas y creación de la placa, en cuanto al tamaño de la misma para optimizar su espacio y de esta manera tener un módulo compacto, se crea un ruteo a doble cara con un tamaño de 60th medida que proporciona una total distribución de la corriente adecuada para cada punto, dentro de esto para la parte estética se ubica una etiqueta identificando el nombre del autor del trabajo y la empresa donde se desarrolla el proyecto.

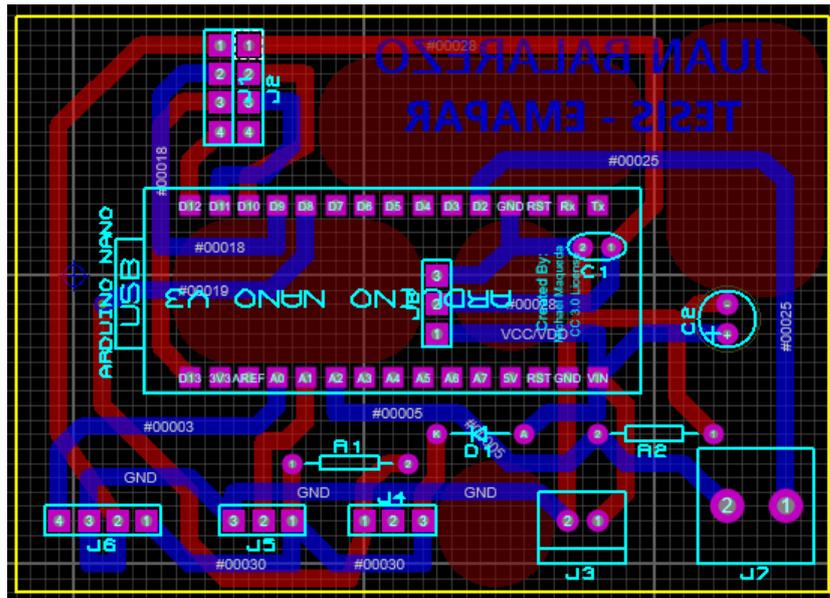


Figura 3.15: Diagrama en PCB de la plata transmisora del nodo inalámbrico

Una de las grandes ventajas que cuenta el software Proteus la posibilidad de poder mostrar la placa electrónica final en un plano en 3D y así compararlo con la placa final elaborada que para evitar daños en las pistas se utilizó el método manual de elaboración contando con esto la revisión personalizada de cada proceso.

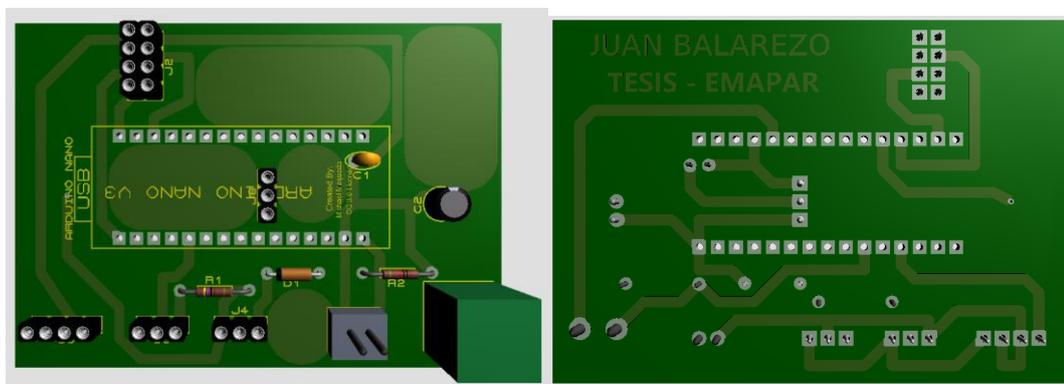


Figura 3.16: Placa electrónica vista 3D Proteus

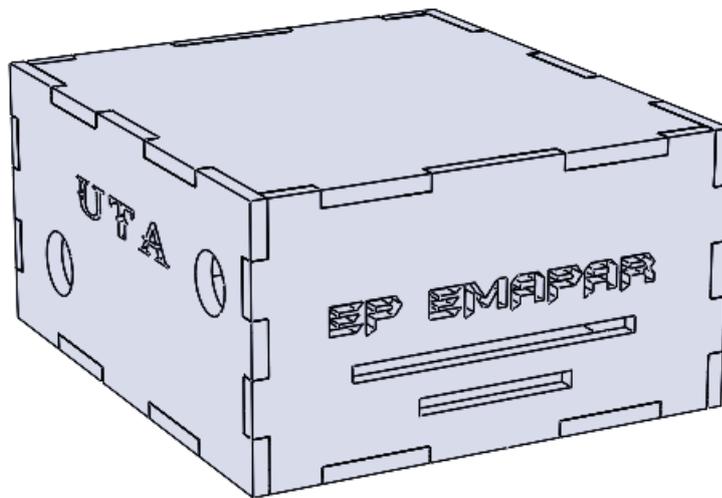
Para la elaboración física obteniendo ya los esquemas del programa Proteus se la imprime en papel couché que al contacto del calor sobre una superficie de cobre marca las líneas de los circuitos sobre la misma siendo así que se obtiene el diseño preliminar, como la placa es trabajada a doble cara se repite el mismo proceso en el lado A como en el lado B de la placa, luego de limpiarla se procede a ser las perforaciones requeridas

con un dremel (taladro pequeño) y de esta manera colocar los componentes para el proceso de soldadura.



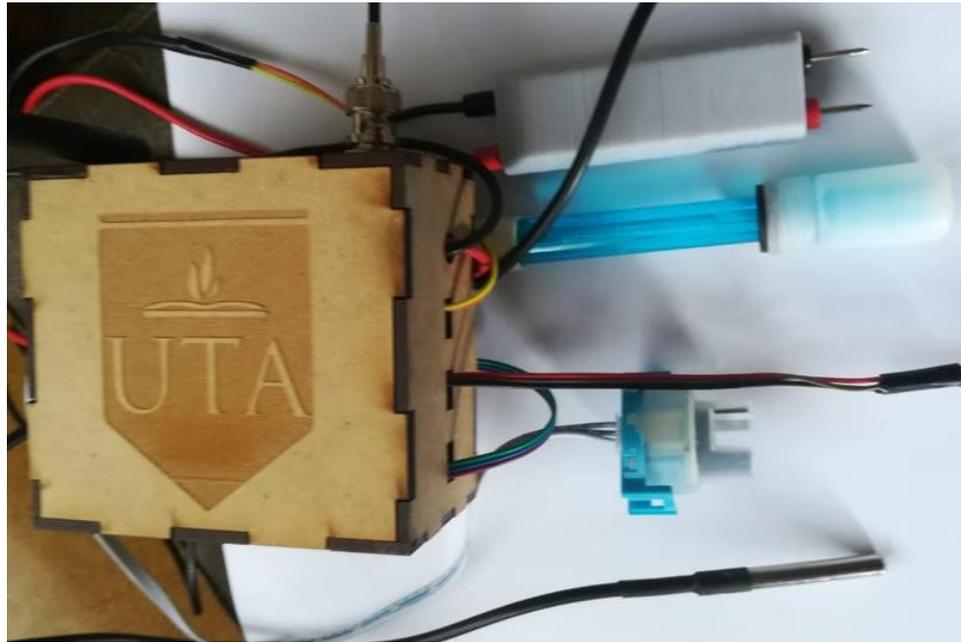
**Figura 3.17:** Placa electrónica nodo inalámbrico soldado

Para proteger a la placa y los elementos electrónicos que contienen se crea una caja para corte laser con las dimensiones exactas y los orificios para pasar los sensores, esta caja se lo elabora pieza por pieza en el software SolidWorks mostrando en la siguiente figura su ensamble.

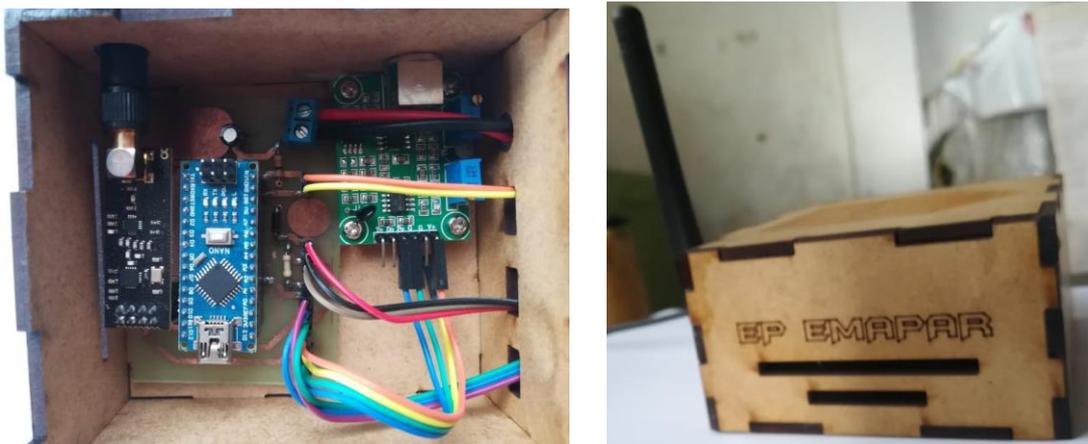


**Figura 3.18:** Ensamblaje de caja para nodo inalámbrico

La placa con los elementos encaja perfectamente y se puede ubicar todos los componentes dentro para garantizar que no estén en contacto con el ambiente o la manipulación de las personas pueda afectar a la placa electrónica en las mediciones que realiza.



**Figura 3.19:** Nodo inalámbrico con los sensores de medición.

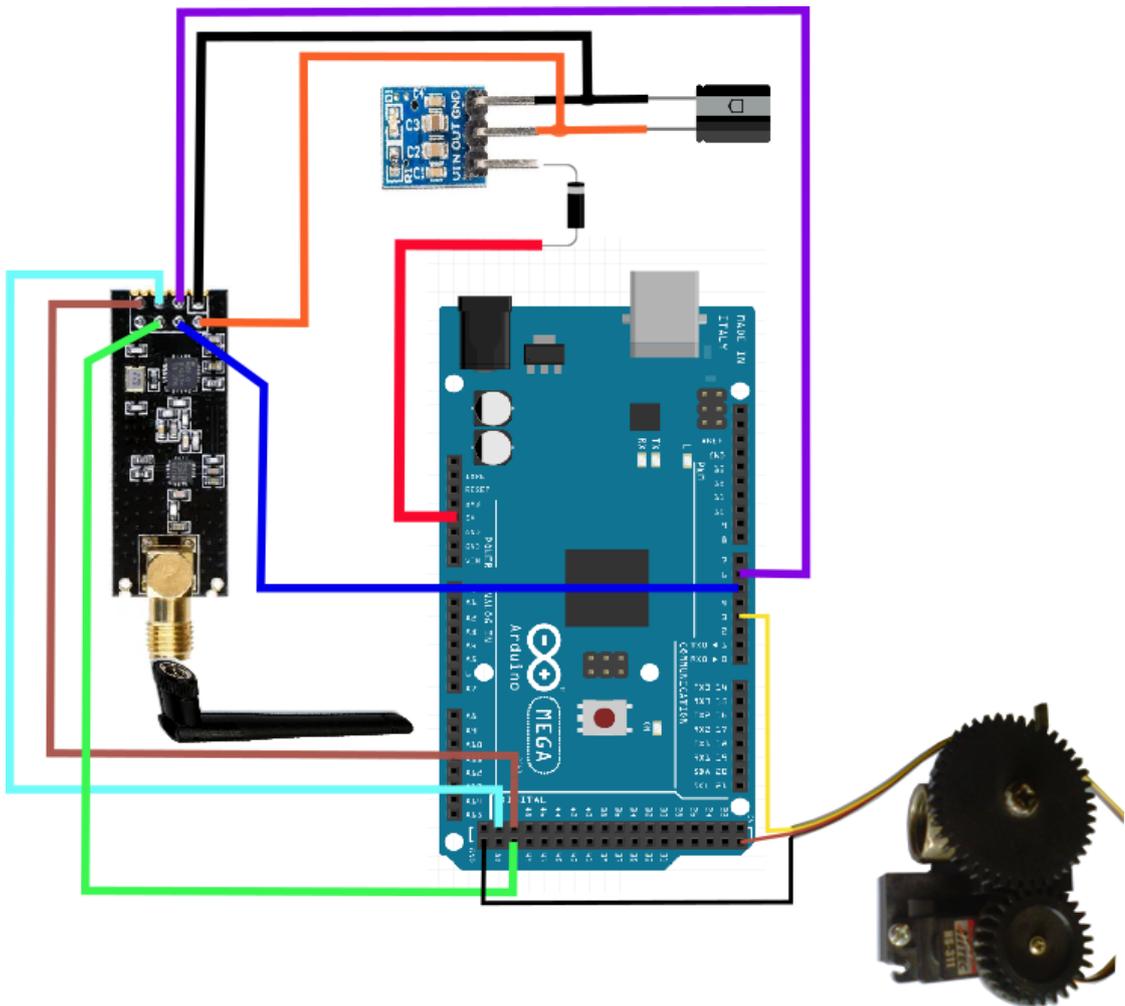


**Figura 3.20:** Componentes dentro de caja y el sellado de este.

### 3.2.5.7 Conexión de elementos electrónicos para el nodo servidor

El nodo servidor utiliza la tarjeta Arduino mega por el procesamiento de los datos que debe realizar, además la Shield Ethernet tendrá que ir con un montaje superficial sobre la tarjeta para poder realizar la comunicación para enviar los datos al servidor, para la recepción de los datos se utiliza el módulo NRF24L01 los cuales requiere los pines MISO, MOSI, SCN, SCK y CE para la comunicación SPI que maneja; dentro de esto las conexiones se toma en cuenta que los pines requeridos en la tarjeta Arduino mega a diferencia del Arduino nano se requiere usar pines digitales 50,51 y 52 estos se

encuentran alejados del montaje con la Shield Ethernet por lo que con cables se realizara a la unión con la placa. También se presenta un regulador de voltaje de 3.3 voltios y se lo estabiliza con un capacitor electrolítico de  $4.7\mu\text{F}$ , se toma en cuenta para la servo válvula se requiere un pin PWM el cual con una bornera será acoplada para la fácil conexión. Se utiliza un diodo como protección antes del regulador para evitar posibles retornos de corriente que afecten a la tarjeta programada.

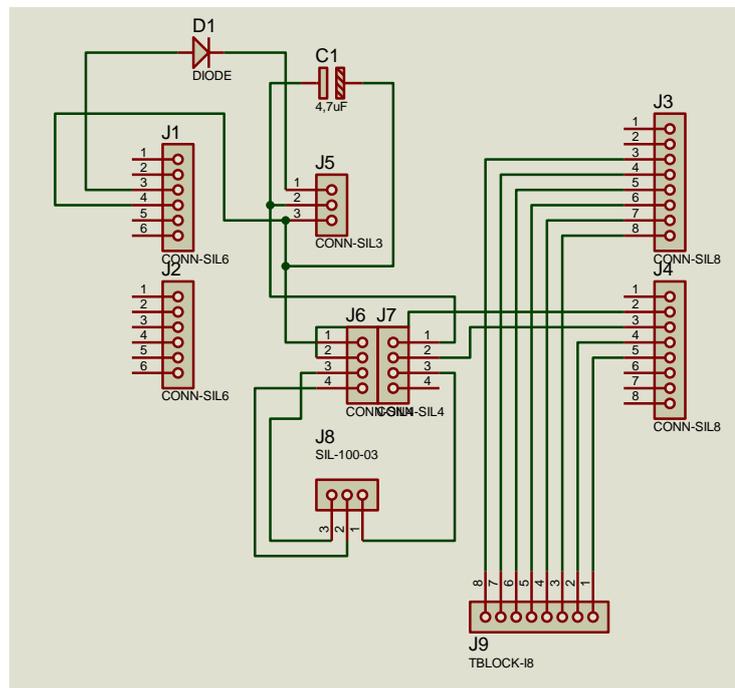


**Figura 3.21:** Esquema de conexión nodo servidor

### 3.2.5.8 Elaboración de la placa electrónica para el nodo servidor

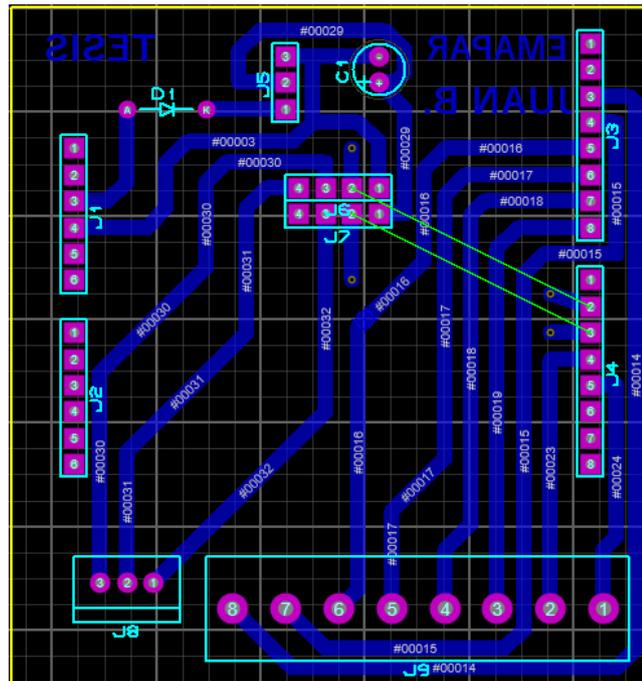
Con la determinación de los componentes que requiere el nodo servidor y la perfecta distribución de los pines en cada elemento se procede a la elaboración de la placa electrónica en el software Proteus versión 8.6 donde se crea una Shield que encaja con

la tarjeta Shield Ethernet para cubrirla y de esta manera compactar el tamaño del nodo en un solo conjunto donde se crea las dimensiones idóneas para que la placa trabaje de forma adecuada adaptando espadines macho largo para la conexión con la Shield Ethernet, espadines hembra para el módulo inalámbrico, diodo de protección , un regulador de 3.3 voltios para tener el voltaje idóneo para el módulo inalámbrico y espadines macho para la conexión de los puertos de comunicación SIP que se encuentran en los pines 50,51 y 52 del Arduino mega.



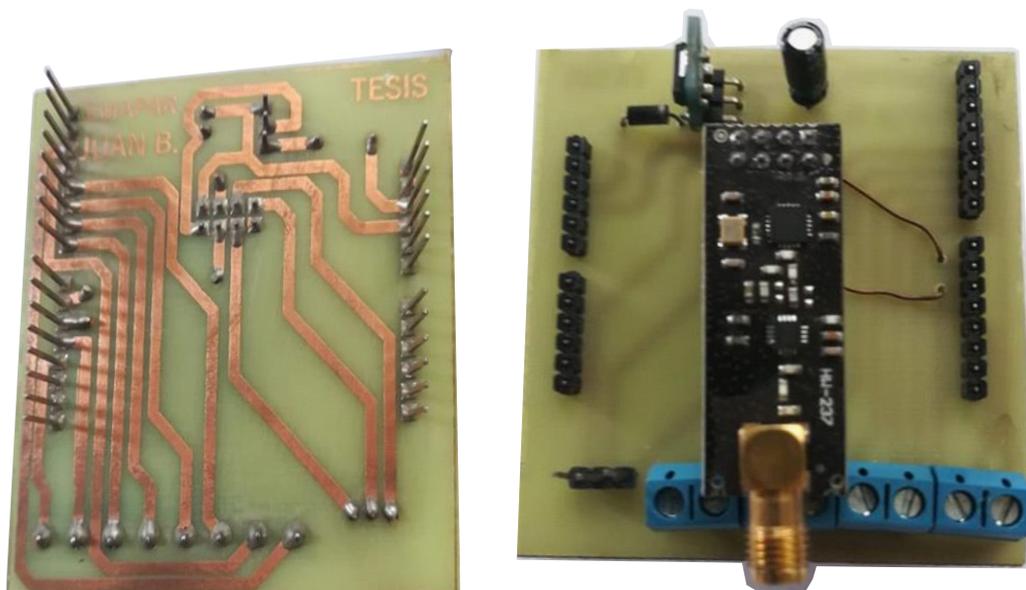
**Figura 3.22:** Esquema de conexión del nodo servidor Proteus

Para el proceso del ruteo de la placa electrónica por tener un tamaño considerable se decide realizar una placa de una sola cara, pero por la conexión del módulo NRF24L01 en donde los pines al encontrarse muy cercanos dificultan el envío a los pines del Arduino mega por lo cual se ubica dos cables conductores superficiales para cubrir la conexión de los pines D5 y D6. Se da un tamaño de ruteo de 60th una medida acorde para el envío de la corriente correcta en las conexiones de los elementos electrónicos.



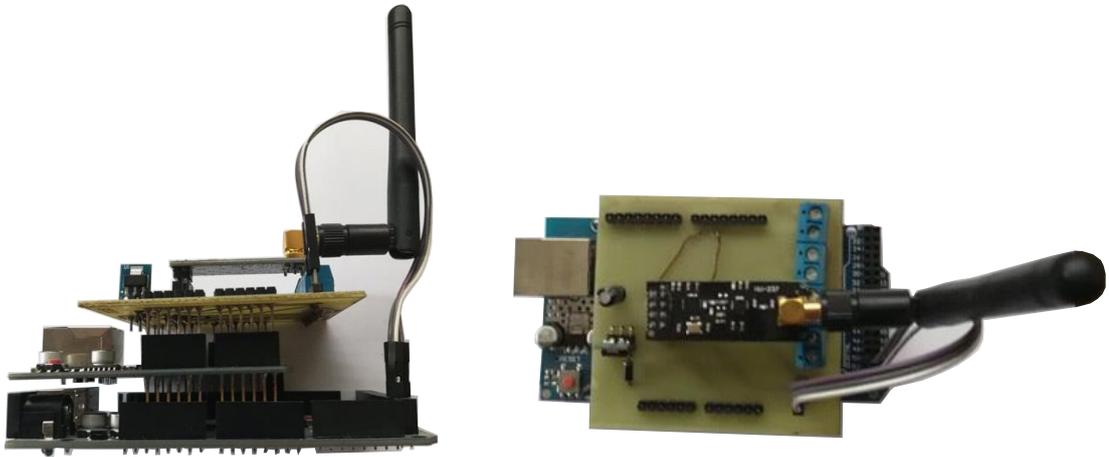
**Figura 3.23:** Diagrama en PCB de la plata del nodo servidor

Una vez obtenido el PCB se lo imprime en papel couché para realizar el proceso de la creación de la placa, se procede a dar calor para que las pistas se adhieran a la placa de cobre la misma que al poner el ácido férrico queda solo las marcas de las pistas del papel couché, una vez que se limpie se procede a realizar los orificios con un taladro para ubicar todos los elementos y soldarlos.



**Figura 3.24:** Placa inalámbrica nodo servidor soldado

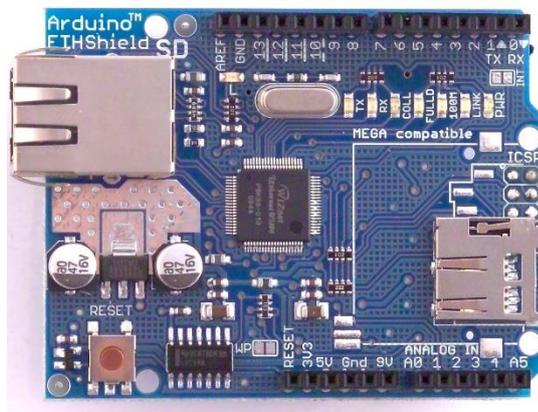
La placa creada se acopla a la Shield Ethernet la misma que va ubicada encima del Arduino mega y de esta manera conectar todos los pines de una forma compacta, este conjunto forma parte de recibir los datos y procesarlos para luego enviarlos al servidor.



**Figura 3.25:** Conexión entre Arduino mega, Shield Ethernet, placa del nodo servidor.

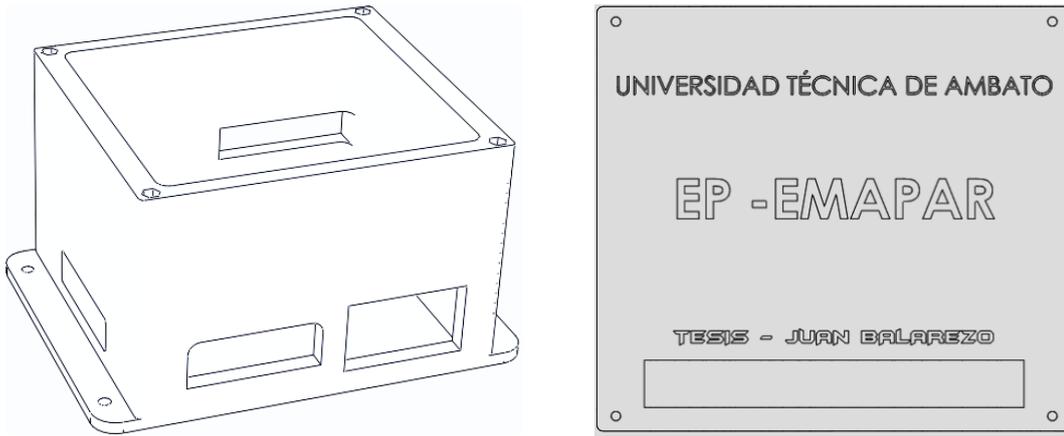
## Shield Ethernet

La tarjeta Shield Ethernet está basado en el chip Wiznet W5100 que se provee de una pila de red IP capaz de soportar los protocolos TCP u UDP, tiene la ventaja de soportar cuatro conexiones de sockets simultáneos y un conector ethernet estándar RJ45 a través de esta se crea la conexión Ethernet [45].



**Figura 3.26:** Tarjeta Shield Ethernet [46].

Para proteger la placa electrónica del nodo servidor se construye el diseño de una caja para impresión en 3D el software SolidWorks, la cual albergara también la Raspberry Pi que es donde se monta el servidor LAMP, se realiza los oficios para las conexiones externas que se requiere tanto de la conexión de red, alimentación y conexión del controlador de apertura del cloro, cuenta con una tapa construida donde lleva la inscripción del trabajo desarrollado.



**Figura 3.27:** Diseño de caja 3D para protección del nodo servidor y LAMP

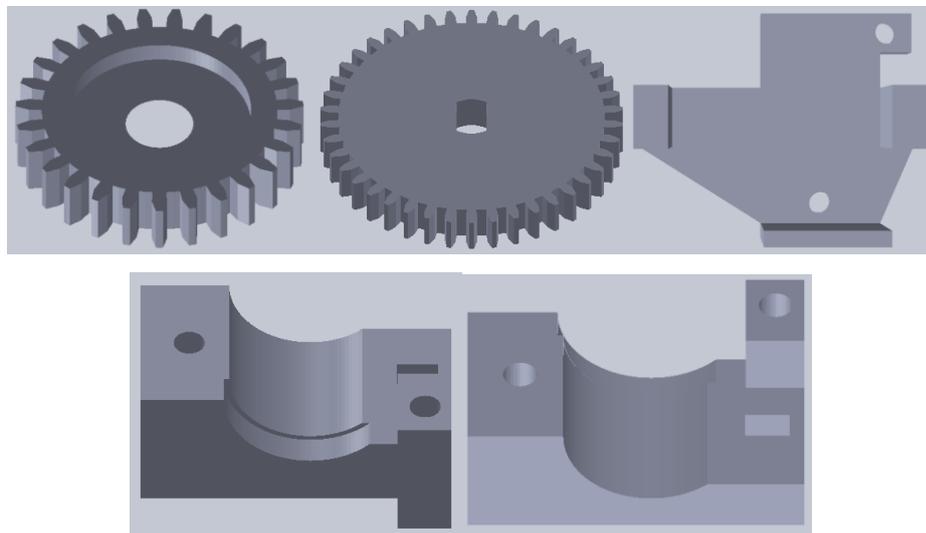
Dentro de la caja realizada en impresión 3D se ubica el nodo servidor desarrollado junto con las Raspberry Pi que cuenta con su respectivo Case el cual permite una correcta protección de medio donde se ubicara, la tapa se la asegura con 3 tornillos de 3mm con tuercas para mantenerla sellada.



**Figura 3.28:** Ubicación de los servidores inalámbrico y LAMP

### 3.2.5.9 Creación servo válvula

Para el control que se realiza a través de una válvula, esta debe ser automática donde la apertura para el correcto ingreso de la cantidad de cloro pueda ser regulada dependiendo de los parámetros tanto fijos como variables que se cuenta; por lo cual la opción más precisa para el prototipo es la creación de una servo válvula que contiene un servomotor capaz de controlar el ángulo de apertura y mantenerlo durante el proceso de dosificación. Este detalle nos lleva a crear un acople mecánico a través de engranes, los mismo que permitan manipular la válvula de paso de ½ pulgada. Con este precedente procedemos a la creación de la pieza mecánica, para crearla en impresión 3D sólida para que soporte el accionar donde dos engranajes estarán encargados de mover la válvula de paso; se lo desarrolla pieza por pieza y forma un conjunto que se acopla perfectamente. Se crea un conjunto de cinco piezas en SolidWorks, dos engranajes y tres piezas para ubicar el servomotor con la válvula de paso de bola de ½ pulgada se las fija con tornillos de 3mm y tuercas para encajar y tornillos de 5mm para sujetar el eje de la válvula.



**Figura 3.29:** Piezas mecanismo mecánico servo válvula SolidWorks

Se realiza la impresión de las piezas a un espesor del 80% con respecto a la densidad del PLA garantizando que la misma sea resistente para el proceso de cierre y apertura de la válvula en los grados requeridos para su funcionamiento.



**Figura 3.30:** Creación de la Servo Válvula con impresión 3D

### **Servomotor**

El servomotor es un dispositivo electrónico que cuenta en su interior con un motor pequeño, un reductor de velocidad y un multiplicador de fuerza, además de un circuito acoplado para controlar la posición como la velocidad. La mayoría de estos elementos tiene un ángulo máximo de  $180^\circ$  pero puede ser modificado para girar a  $360^\circ$ . Los dispositivos disponen de tres cables, dos de alimentación y uno de control al cual se aplica un tren de pulsos que especifica el ángulo por lo tanto la posición [47].



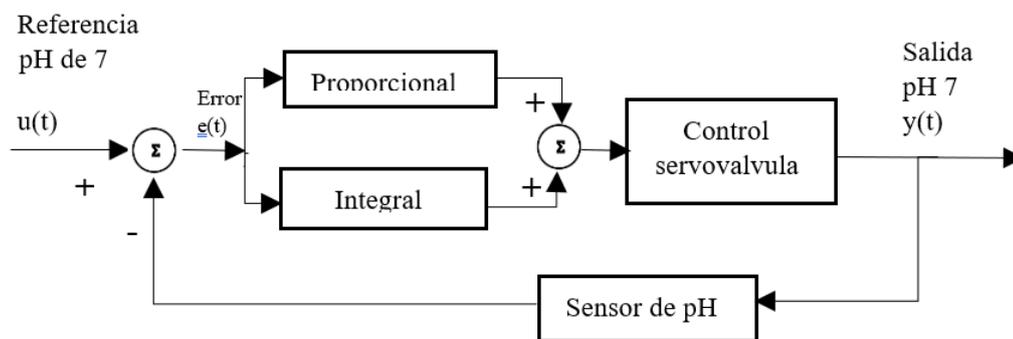
**Figura 3.31:** Servomotor convencional

#### **3.2.5.10 Control automático para la dosificación de cloro**

para el desarrollo del control automático de la servo válvula para el envío del cloro se emplea un control proporcional e integral, PI, que permite calcular el ángulo de apertura idóneo para el paso del cloro respectivo estableciendo así la medida requerida para que el agua que se encuentra en la sección de abastecimiento pueda ser potabilizada acorde a la norma de calidad.

En caso de que en el proceso de control no se note anomalías en el agua de parte de los 4 sensores conectados en cada piscina se establece la medida estándar para la desinfección contribuyendo a establecer que el agua a pesar de presentar los valores adecuados esta sea potabilizada dependiendo de la cantidad de líquido y el tiempo de contacto que necesita el cloro para proceder a desinfectar el agua.

En la figura 3.32, se muestra el esquema del sistema de control proporcional e integral de lazo cerrado. Un controlador PI discreto se caracteriza por la expresión presentada en la fórmula siguiente, para establecer la ecuación de trabajo usada en la programación [48].



**Figura 3.32:**Esquema de control PI

$$D(z) = k \frac{z+a}{z-1}$$

$$\frac{U(z)}{E(z)} = k \frac{z+a}{z-1}$$

$$\frac{zU(z)-U(z)}{z} = \frac{kE(z)z-akE(z)}{z}$$

$$U(z) - z^{-1}U(z) = kE(z) - akz^{-1}E(z)$$

$$Z^{-1}\{U(z) = kE(z) - akz^{-1}E(z) + z^{-1}U(z)\}$$

$$U(n) = kE(n) - akE(n-1) + U(n-1)$$

Para saber la cantidad correcta que debe enviar de cloro se realiza varios cálculos donde se toma en cuenta para esto en primer lugar el caudal máximo requerido por la población que se cuenta, luego de conocer este dato estableceremos cuanto cloro requiere para poder solventar una correcta dosificación, teniendo en cuenta estos datos

se realiza el cálculo para determinar la apertura de la servo válvula con los datos técnicos de la bomba que suministra el cloro y el tiempo en el cual se lo realiza.

- **Caudal máximo para la población de Riobamba**

Se utiliza la fórmula de cálculo siguiente:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{P * dot * K_1}{86400s}$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x}$  = Caudal máximo requerido.

P = Población.

dot= dotación.

$K_1$  = Coeficiente de variación (125%) [49].

**Tabla 3.18:** Dotación recomendada [50]

Población (habitantes)	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Para la población de la ciudad de Riobamba se accede al informe realizado por el censo del año 2010 donde se aprecia la cantidad de 106 840 hombres y 118 901 mujeres dando un total de 225 741 habitantes en este cantón [51].

Al conocer los datos tendremos el siguiente resultado:

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{225\,741 * 200l * 1,25}{86400s}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{67\,722\,300l}{86400s}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 783,823 \text{ l/s}$$

El caudal máximo requerido seria de 783,823 litros por segundo, pero Emapar recibe 935 litros de agua cruda por segundo llegando a casi un metro cúbico [52].

- **Cantidad de cloro requerido dependiendo del caudal**

Se evalúa desde la fórmula que contiene un volumen en metros cúbicos y se acopla a la del caudal por determinado tiempo.

$$P = \frac{V * C}{10 * \%cloro} [g] \quad (1)$$

Donde:

P = peso o cantidad de cloro

V = volumen

C= concentración de cloro

%cloro = porcentaje del cloro

De los datos presentes en la formula al conocer el caudal adaptamos la formula con esta variable.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$V = Qt \quad (2)$$

Donde:

Q = al Caudal

V = volumen

t = tiempo

Se remplaza la ecuación 2 en 1 para definir la fórmula a emplear.

$$P = \frac{Qt * C}{10 * \%cloro}$$

Datos:

Q = 935 litros por segundo

t = 86400 segundos (un día)

C = 1,5 ppm

% cloro = 70%

Se reemplaza los datos para determinar la cantidad de cloro requerido para un día de cloración [53].

$$P = \frac{935 \frac{l}{s} * 86400 s * 1,5}{10 * 70}$$

$$P = \frac{121\ 176\ 000g}{700}$$

$$P = 173\ 108,57 g$$

$$P = 173,108 Kg$$

En todo el día (24 horas) se requiere de 173,108 kg de cloro para poder clorar de forma correcta el agua para el consumo humano. Pero se conoce que el consumo del agua no se produce con la misma intensidad el día con respecto a la noche por lo que las bombas solo trabajan 12 horas dando así la mitad del valor de cloro que se requiere, el valor que se dosificará será de 86 554,285 gramos o 86,554 Kilogramos.

- **Cálculo de apertura servo válvula para el cloro**

Los tanques de almacenamiento que cuenta se demoran en llenar 2 horas por lo cual la dosificación se activa en ese lapso, por lo tanto, se realiza el cálculo de la apertura de la servo válvula donde se requiere conocer la bomba con la cual se envía el cloro, la cantidad de cloro que pasa por la válvula por segundo, el valor del pH de los dos tanques para conocer si se debe aumentar o disminuir la cantidad de cloro.

En primer lugar, determinamos la cantidad de cloro por hora; si se requiere 86,554 kilogramos para las 12 horas de funcionamiento en 1 hora de llenado se necesita:

$$\begin{aligned} 86,554 \text{ kg} & - 12h \\ x & - 1h \\ x & = \frac{86,554 \text{ kg} * 1h}{12h} \\ x & = 7,21 \text{ kg} \end{aligned}$$

Aplicando regla de tres se obtiene que la cantidad durante cada hora es de 7,421 kg. Por lo tanto, una vez obtenido la cantidad de cloro se lo transforma en el rango de flujo para el paso por la válvula conociendo la densidad del cloro que es de 3,214 kg/m<sup>3</sup>.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:

$\rho$  = densidad [Kg/m<sup>3</sup>]

M = masa [Kg]

V = Volumen [m<sup>3</sup>]

Despejamos el volumen:  $V = \frac{M}{\rho}$

$$\begin{aligned} V & = \frac{7,421 \text{ kg}}{3,214 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \\ V & = 2,31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Los 2,31 metros cúbicos son requeridos por cada hora y es el volumen de cloro que está en contacto con el agua para el proceso de purificación. Como la planta cuenta con una bomba capaz de enviar 2800 litros por hora (2,8 m<sup>3</sup>/h) se procede a calcular la velocidad que tiene en una válvula de ½ pulgada (0,0127 m).

$$v = \frac{Q_w}{3600\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

Donde:

$v$  = Velocidad del agua (m/s)

$Q_w$  = Rango de Flujo del líquido ( $m^3/h$ )

$d$  = Diámetro interno tubería (m)

$$v = \frac{2,8 \frac{m^3}{h}}{3600\pi \left(\frac{0,0127 m}{2}\right)^2}$$
$$v = \frac{2,8}{0,456}$$
$$v = 6,14 \frac{m}{s}$$

Obteniendo la velocidad en una hora que genera la bomba al pasar por una válvula de ½ pulgada procedemos a calcular la dimensión que tiene que tener la servo válvula para solo dejar el paso de la cantidad de cloro requerida que es de 2,31  $m^3/h$ . Despejamos de la formula anterior el diámetro interno.

$$d = 2 \sqrt{\frac{Q_w}{3600\pi * v}}$$
$$d = 2 \sqrt{\frac{2,31}{3600\pi * 6,14}}$$
$$d = 2 \sqrt{\frac{2,31}{69441,764}}$$
$$d = 2\sqrt{33,265 \times 10^{-6}}$$
$$d = 0,00576 m \approx 0,2267 \text{ pulgadas}$$

Una vez establecido el valor de apertura de la servo válvula se toma en cuenta el valor del pH de los dos nodos inalámbricos de ellos se hace una media aritmética y dependiendo de su valor se procede a incrementar o reducir las dimensiones que requiere la cantidad de cloro para su ingreso al agua a potabilizar. A un mayor pH, todo el cloro libre está en forma de ión hipoclorito siendo difícil su desinfección por lo que se debe aumentar la cantidad de cloro proporcionalmente y a un pH menor de

5,5 está en forma de ácido hipocloroso se da una mejor desinfección en especial con cloro gaseoso [54]. Lo que se describe para el proyecto es que si el pH excede del 7,5 se aumenta la cantidad de cloro y de ser menor a 5,5 se mantiene el valor calculado de apertura de la válvula.

**Tabla 3.19:** Relación de pH y apertura servo válvula

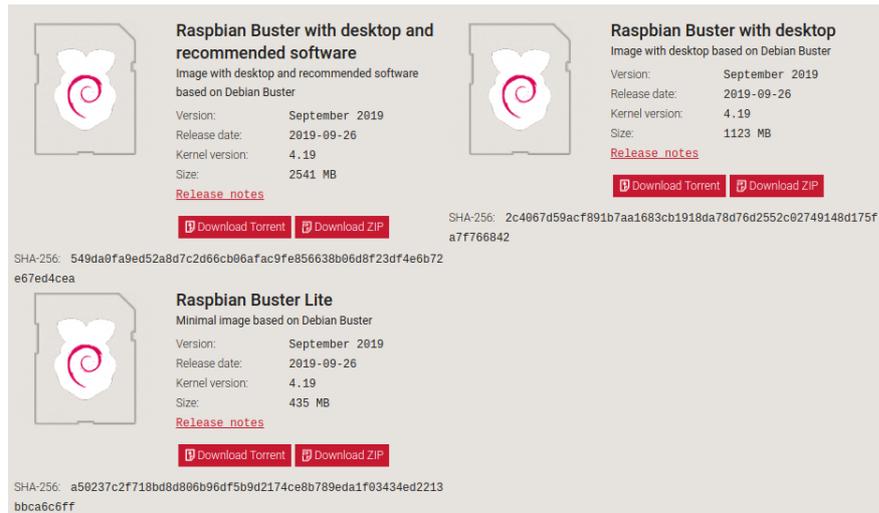
pH	Diámetro Válvula (pulgadas)
<5,5	0,2267
5,5 – 6	0,227 – 0,255
6 – 6,5	0,256 – 0,28335
6,5 – 7	0,2834 – 0,312
7 – 7,5	0,313 – 0,33
>7,5	0,34

Como se muestra en la tabla anterior si el pH se excede de 7,5 se agrega el 50 por ciento más de la apertura de la servo válvula, y con una ecuación lineal definir la cantidad de presentarse un valor entre 5,5 a 7,5; generando de esta manera la siguiente ecuación.

$$y = 0.05665x - 0.084875$$

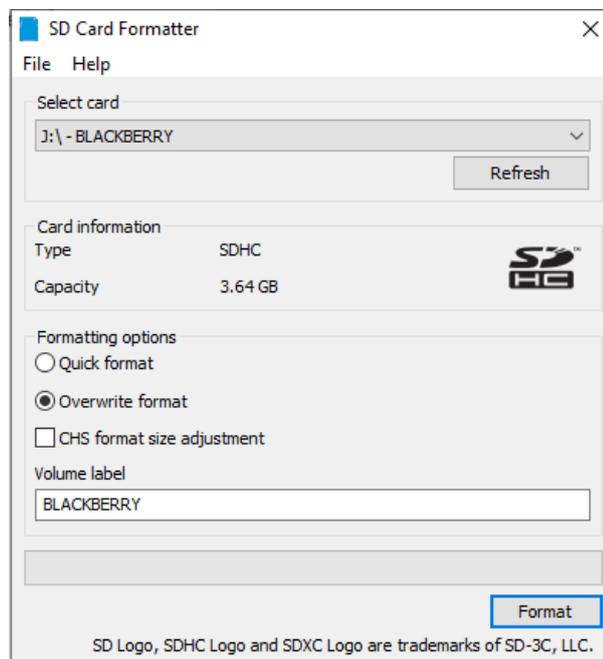
### 3.2.5.11 Instalación del servidor LAMP

El proceso inicia con la instalación del sistema operativo para la Raspberry Pi el cual se puede encontrar en la página *oficial* [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org), dentro de la misma cuenta con varias posibilidades, pero estableciendo la más estable y robusta para la microcomputadora como lo es Raspbian.



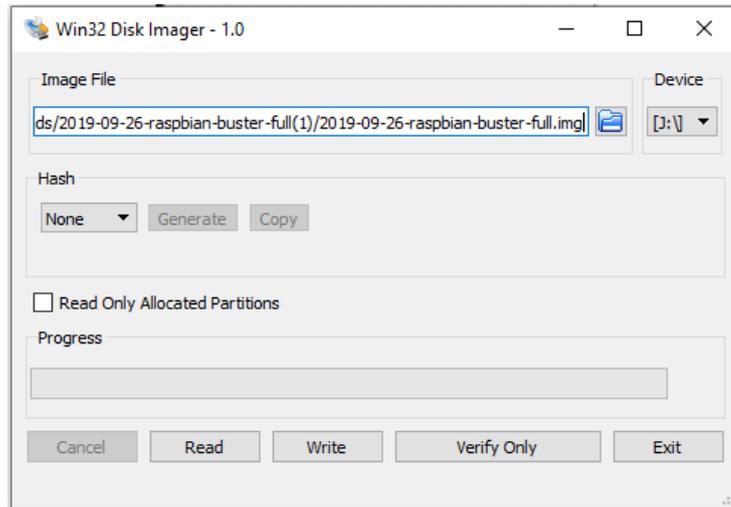
**Figura 3.33.** Sistemas operativos Raspberry Pi

Se descarga la versión raspbian buster full y se la ingresa en una tarjeta SD de una capacidad de 38 Gb de clase 10, la tarjeta requiere ser formateada por completa para lo cual se utiliza el programa SD Card Formatter para que la imagen del sistema operativo se pueda descomprimir e instalada correctamente.



**Figura 3.34:** Formatear tarjeta SD

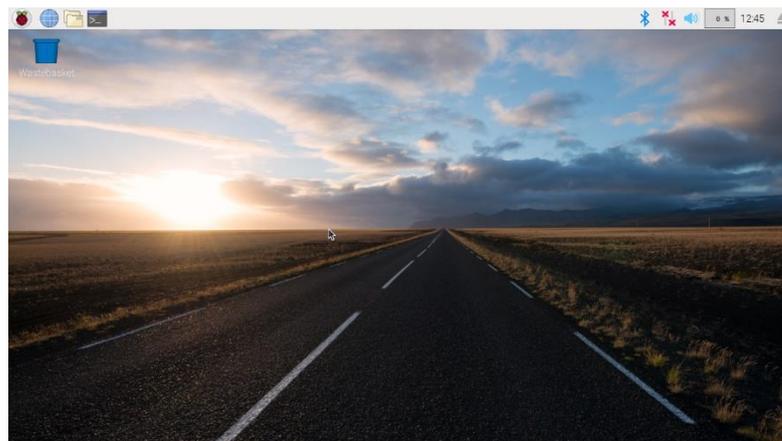
Con la tarjeta SD formateada se procede a ingresar el sistema operativo con el programa Win32 Disk Imager donde se carga la imagen .img descargada y se procede a cargar presionando “Write”.



**Figura 3.35:** Cargar imagen de sistema operativo raspbian

Completado este proceso se inserta la tarjeta SD en la ranura respectiva de la Raspberry Pi para proceder a conectar los periféricos de entrada y de salida para manipular y constatar el proceso de inicio del sistema operativo, para alimentación se requiere 5 voltios y 3 amperios para que trabaje de manera adecuada.

Ya instalado se observa una interfaz gráfica amigable en la cual viene varias herramientas que permiten utilizar el dispositivo, pero la más importante es la terminal donde a través de comandos se ira instalando todos los complementos del servidor.



**Figura 3.36:** Entorno gráfico Raspbian

- **Apache**

En la instalación del servidor Apache se requiere actualizar los paquetes y repositorios con los siguientes comandos:

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get upgrade
```

Una vez obtenido la actualización se procede a instalar el servidor Apache con el siguiente comando: `sudo apt-get install apache2`

Para verificar si la instalación fue exitosa reiniciamos el servidor y revisamos ingresando al navegador a la página `http://localhost` y se visualiza la siguiente figura.

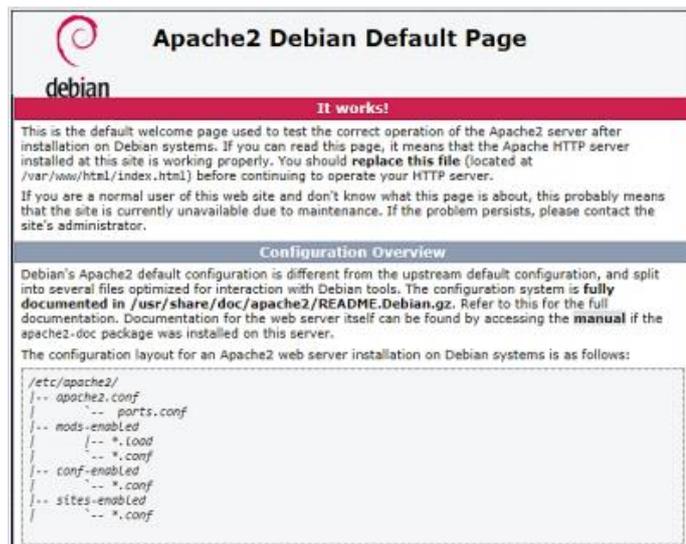


Figura 3.37: Página por defecto Apache2

- **MySQL**

En lo que se refiere a la base de datos se la más factible de uso es MySQL por sus grandes prestaciones y se la instala con el siguiente comando:

```
sudo apt-get install mysql-server php-mysql -y
```

Para acceder a la base de datos y configurar se utiliza el comando `mysql -u root -p`, luego se crea un usuario con el nombre de emapar para trabajar dentro del mismo.

```
mysql -u emapar -p.
```

```
pi@ras:~$ su root
Contraseña:
root@ras:/home/pi# mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MariaDB monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MariaDB connection id is 18
Server version: 10.1.23-MariaDB-9+deb9u1 Raspbian 9.0

copyright (c) 2000, 2017, Oracle, MariaDB Corporation Ab and others.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

MariaDB [(none)]> create user 'tes'@'localhost' identified by '123';
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

MariaDB [(none)]> grant all privileges on *.* to 'tes'@'localhost';
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)

MariaDB [(none)]> flush privileges;
Query OK, 0 rows affected (0.00 sec)
```

Figura 3.38: Instalación Mysql y creación de usuario.

- **PHP y PHP MyAdmin**

Para la instalación de php se procede con el siguiente código en el terminal.

```
sudo apt-get install php libapache2-mod-php -y
```

Para comprobar la instalación se agrega un archivo con el nombre info.php en el directorio del servidor Apache que está en la ubicación /var/www/html/, con el siguiente código.

```
sudo nano /var/www/html/info.php
```

se utiliza el editor nano e ingresamos en ese archivo el siguiente código.

```
<?php
phpinfo();
?>
```

Guardamos el código y para poder visualizar desde el navegador ingresamos a la dirección <http://localhost/info.php>, con esto nos detalla la versión del PHP como se muestra en la siguiente figura.

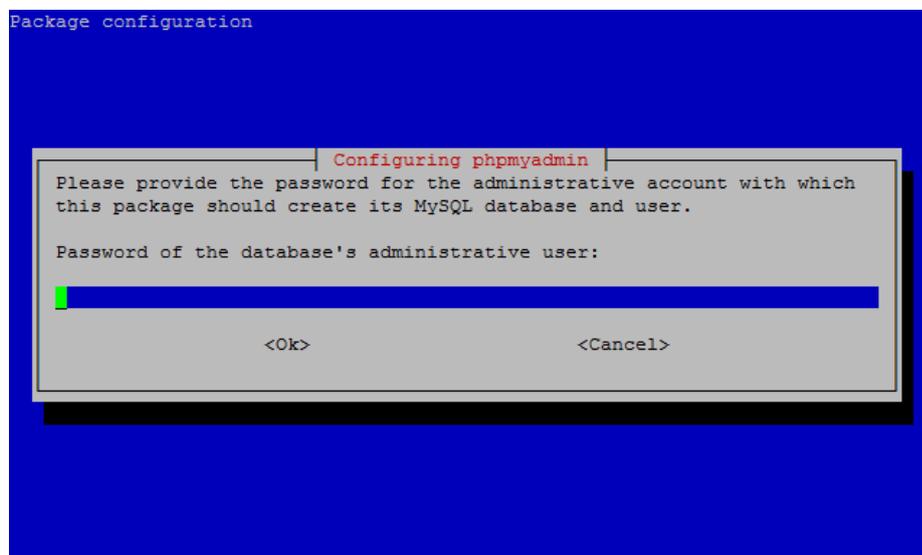
PHP Version 7.3.11-1~deb10u1	
System	Linux raspberrypi 4.19.75-v7+ #1270 SMP Tue Sep 24 18:45:11 BST 2019 armv7l
Build Date	Oct 26 2019 14:14:18
Server API	Apache 2.0 Handler
Virtual Directory Support	disabled
Configuration File (php.ini) Path	/etc/php/7.3/apache2
Loaded Configuration File	/etc/php/7.3/apache2/php.ini
Scan this dir for additional .ini files	/etc/php/7.3/apache2/conf.d
Additional .ini files parsed	/etc/php/7.3/apache2/conf.d/10-mysqlnd.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/10-opcache.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/15-xml.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-bz2.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-calendar.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-ctype.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-curl.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-dom.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-exif.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-fileinfo.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-ftp.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-gd.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-gettext.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-iconv.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-json.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-mbstring.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-mysql.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-pdo_mysql.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-pear.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-posix.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-readline.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-shmop.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-simplexml.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-sockets.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-sysmsg.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-syssem.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-sysshm.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-tokenizer.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-wddx.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-xmlreader.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-xmlwriter.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-xsl.ini, /etc/php/7.3/apache2/conf.d/20-zip.ini
PHP API	20180731
PHP Extension	20180731
Zend Extension	320180731
Zend Extension Build	API320180731.NTS
PHP Extension Build	API20180731.NTS

**Figura 3.39:** Versión de PHP instalada

Para poder usar la interfaz gráfica de PHP se instala php MyAdmin con la siguiente línea de comando:

```
sudo apt-get install phpmyadmin
```

Cuando se da el proceso de instalación aparece seleccionar el servidor web apache2 el cual escogemos y seguido aparecerá un cuadro para colocar la contraseña.



**Figura 3.40:** Contraseña para administrar la base de datos

Luego permitir que la configuración de phpMyAdmin se incluya en nuestro servidor Apache, antes instalado, tenemos que editar el siguiente archivo.

```
sudo nano /etc/apache2/apache2.conf
```

Dentro de este nos dirigimos al final del documento abierto con el editor de texto sudo y se ubica la siguiente línea de comando.

```
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf
```

Se reinicia el servidor Apache para que los cambios efectuados tengan efecto.

```
sudo /etc/init.d/apache2 restart
```

Se presenta un pequeño problema en PHP MyAdmin donde se tiene que remplazar una sección de código que se detalla en la línea 613.

```
// (count($analyzed_sql_results['select_expr'] == 1)
```

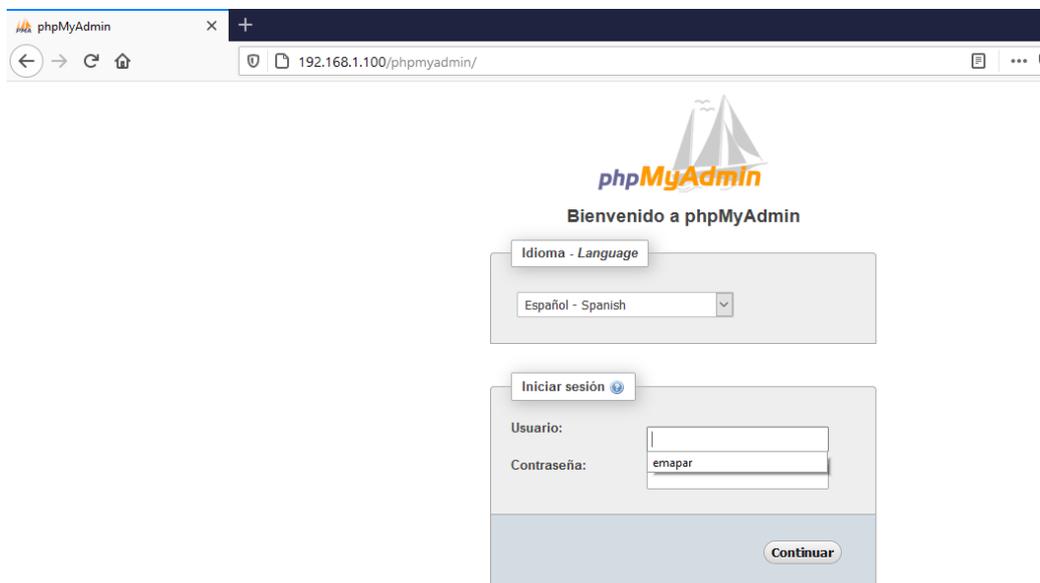
Y se remplaza por la siguiente línea.

```
// ((count($analyzed_sql_results['select_expr']) == 1)
```

Luego de estos cambios reiniciar el servidor

```
sudo service apache2 restart
```

Para visualizar la interfaz gráfica de la base de datos se abre el navegador y se ingresa a la dirección <http://localhost/phpmyadmin> o también con la dirección IP que se le asigna a la Raspberry Pi generado por el router. Para todo este trabajo se asigna la dirección 192.168.1.100.



**Figura 3.41:** Interfaz Gráfica de base de datos phpMyAdmin

Dentro de la base de datos se ingresa al usuario creado anteriormente llamado “emapar” y la contraseña “emapar” dentro de la misma se crea una base de datos llamada “medición” dentro de la misma se crea dos hojas de datos para cada nodo

inalámbrico que almacene los datos de id, pH, temperatura, turbidez, conductividad y hora con fecha.

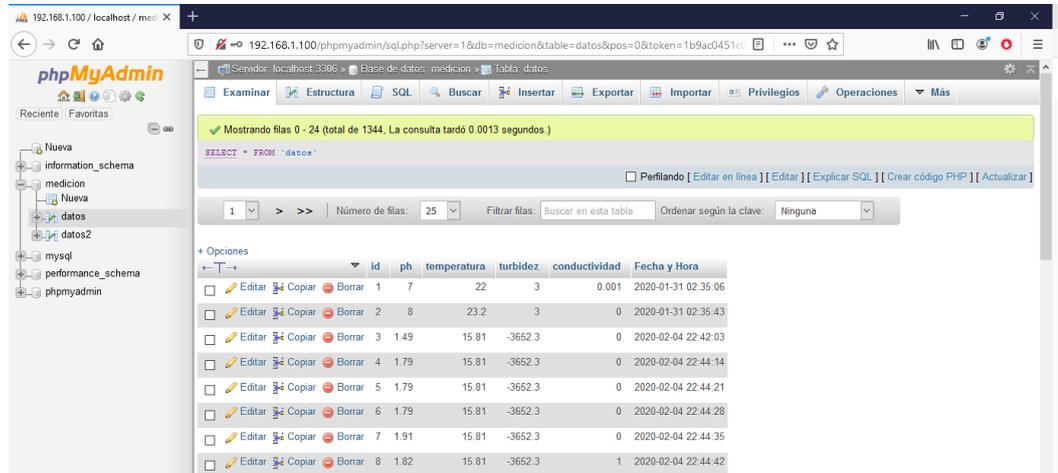


Figura 3.42: Creación de Base de datos.

Para la configuración remota de la Raspberry Pi activamos el acceso SSH, al contar con interfaz gráfica de Raspbian accedemos a Menú/Preferencias/Raspberry Pi Configuración. Se activa el servicio SSH y se presiona OK.

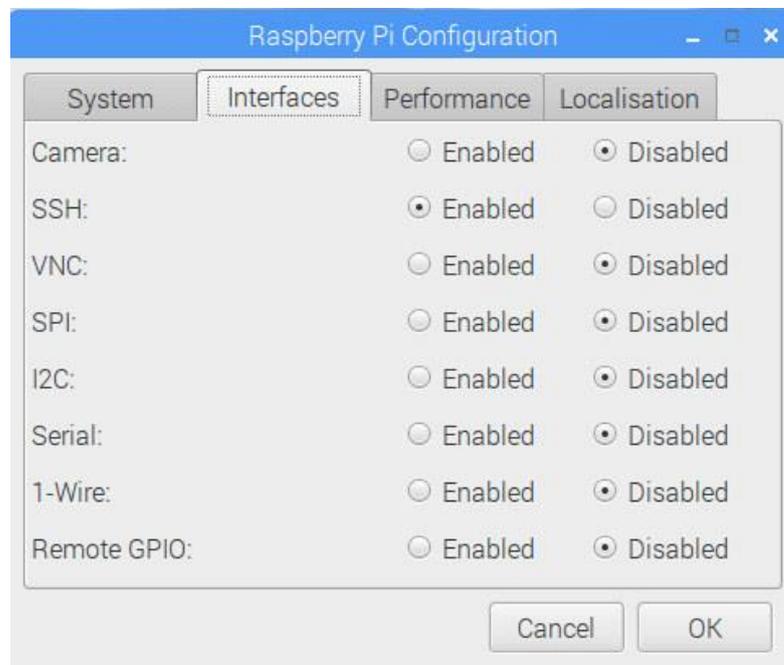


Figura 3.43: Activación de servicio SSH.

Con el software Putty se puede acceder a la consola de configuración desde cualquier dispositivo con acceso a la misma red a la cual está conectada la Raspberry. Desde

este punto se realizar las configuraciones requeridas sin necesidad de tener más dispositivos conectados a nuestro servidor. Para el acceso se ubica la dirección IP y el puerto 22.

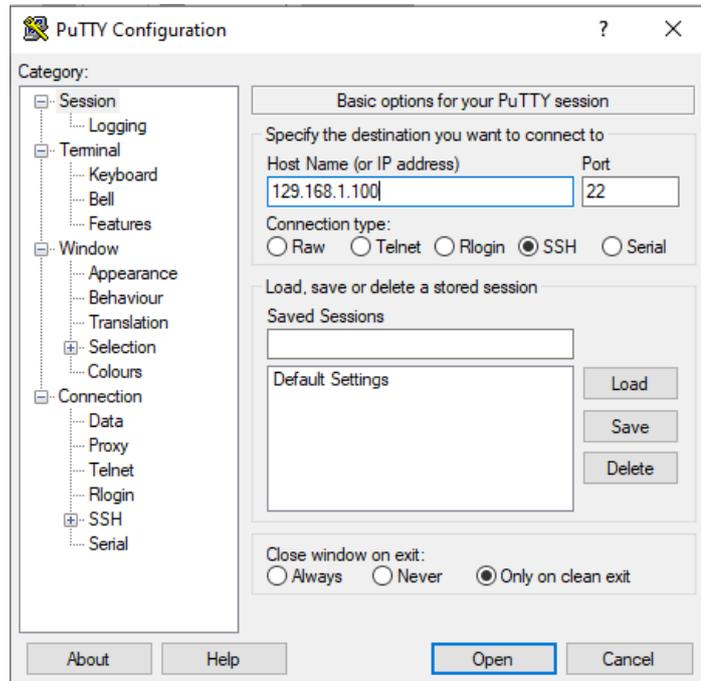


Figura 3.44: Ingreso al servidor por Putty

Para el acceso a Putty el login para el acceso es “pi” y la contraseña es “emapar”

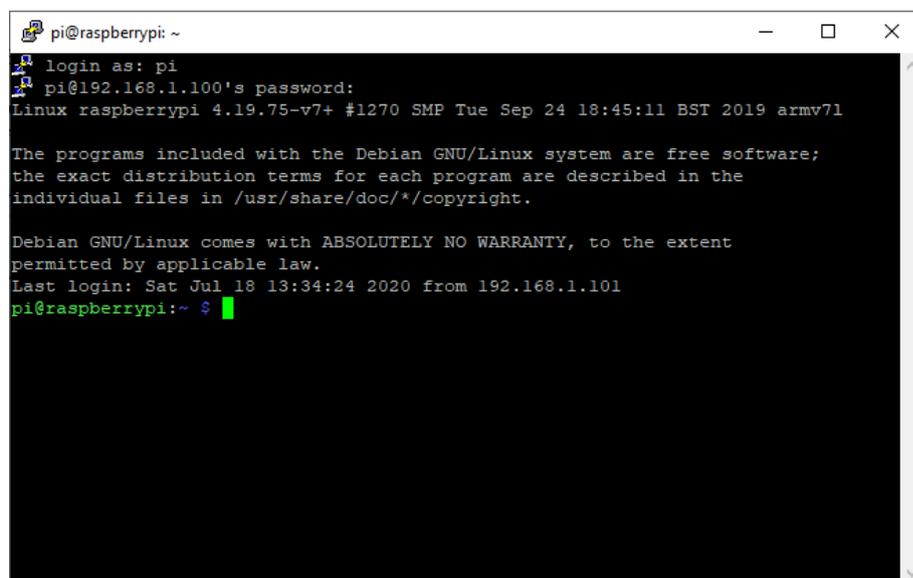


Figura 3.45: Ingreso a consola por Putty

Se procede a utilizar un servidor FTP (Protocolo de transferencia de archivos) este es uno de los más antiguos protocolos para mover archivos; se instala con el siguiente comando:

```
sudo apt-get install vsftpd
```

Una vez que este descargado abrimos el siguiente archivo de configuración.

```
sudo nano /etc/vsftpd.conf
```

Descomentar las líneas siguientes para permitir la escritura de archivos a los usuarios de la Raspberry Pi.

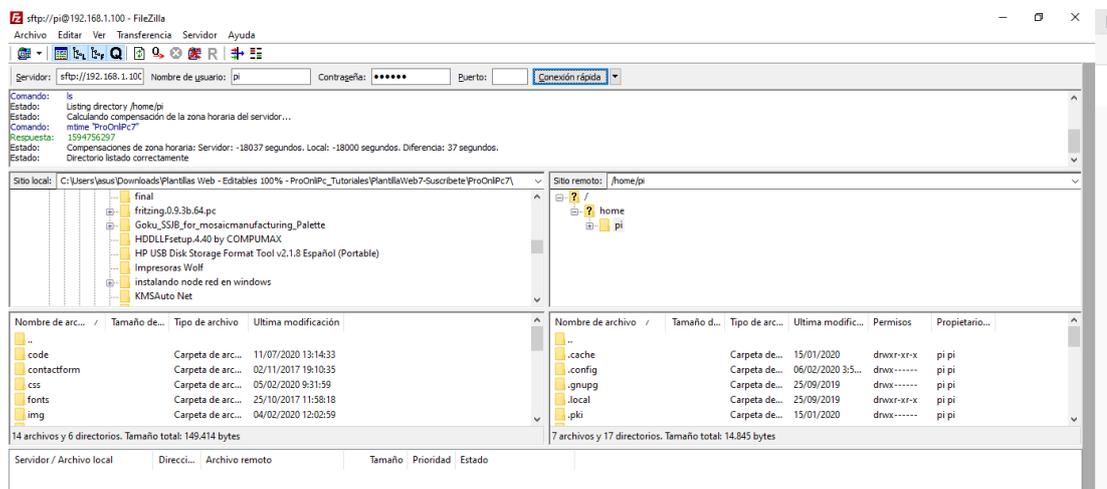
```
local_enable=YES
```

```
write_enable=YES
```

Por último, se reinicia el servicio FTP.

```
sudo service vsftpd restart
```

Con esto se puede enviar desde el ordenador que desee conectado a red con el programa Filezilla los archivos necesarios a las carpetas específicas dentro del servidor LAMP.



**Figura 3.46:** Programa Filezilla acceso FTP.

Dentro del mismo se solicita el servidor que es la IP 192.168.1.100, donde pide el nombre del usuario es “pi”, la contraseña es “emapar” y el puerto 22 de acceso.

### 3.2.5.12 Programación de nodo inalámbrico

Para la programación se utiliza el entorno libre con el Software IDE de Arduino, dentro del mismo para el adecuado funcionamiento de los sensores y el dispositivo de comunicación inalámbrica se procede a incluir algunas librerías:

```
#include <RF24Network.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
```

Se determina los pines para la comunicación del sensor infrarrojo con los pines digitales del Arduino nano, para cada nodo se define un id el cual identifica el nodo para el momento de la recepción de datos, se declara las variables y el pin digital 8 para el sensor de temperatura.

```
RF24 radio(9,10);           // nRF24L01(+) radio attached using Getting
Started board

RF24Network network(radio); // Network uses that radio

const uint16_t this_node = 01; // Address of our node in Octal format
const uint16_t other_node = 00; // Address of the other node in Octal format

const int pinDatosDQ = 8;
OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
```

Se determina la velocidad más estable para la comunicación, el canal con el cual se trabaja que es por defecto el 90, la velocidad de 250kbps, se habilita los puertos de entrada y salida, se declara las variables de los sensores y ubicar las ecuaciones para el proceso de recopilación de los datos y envío.

Para el nodo inalámbrico 2 se utiliza un código similar con el cambio de la definición del id para evitar confusión en el momento que se envíe los datos y poder diferenciar entre cada uno de ellos.

```
const uint16_t this_node = 02; // Address of our node in Octal format  
const uint16_t other_node = 00; // Address of the other node in Octal format
```

### 3.2.5.13 Programación del nodo servidor

Como el nodo inalámbrico se procede a realizarlo en lenguaje Arduino, los primeros procesos como en lo anterior, definir las librerías necesarias con los componentes que forman parte del nodo servidor; el dispositivo inalámbrico NRF24L01, la Shield Ethernet, y el servo motor; estos elementos requieren librerías definidas.

```
#include <RF24Network.h>  
#include <RF24.h>  
#include <SPI.h>  
#include <Ethernet.h>  
#include <Servo.h>
```

Luego se procede a declarar las variables a usar, la dirección MAC de la Shield Ethernet, ubicar la dirección IP del servidor, los pines CSN y CE de comunicación del Arduino con el módulo NRF24L01 y se detalla el nodo servidor con el valor 00.

```
Servo servoMotor;  
// Mac unica de cada EthernetShield  
byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x00, 0x7E, 0xAE };  
  
// Configuracion del Ethernet Shield  
EthernetClient client;  
//byte ip[] = { 192,168,1,100 }; // Direccion IP del Arduino  
byte server[] = { 192,168,1,100 }; // Direccion IP del servidor
```

```

RF24 radio(6, 5);          // ce csn nRF24L01(+) radio attached using Getting
Started board

RF24Network network(radio); // Network uses that radio
const uint16_t this_node = 00; // Address of our node in Octal format ( 04,031,
etc)

```

Dentro de la sección “void” se define la tasa de transmisión que deba coincidir entre el nodo inalámbrico que envía con el que recibe, definición del pin del servo motor, definir la velocidad de los datos, el canal 90 para que puedan conectarse automáticamente con los nodos inalámbricos existentes.

```

void setup(void)
{
  Serial.begin(57600);
  servoMotor.attach(3);
  Serial.println("RF24Network/examples/helloworld_rx/");
  Ethernet.begin(mac);
  SPI.begin();
  radio.begin();
  radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
  network.begin(/*channel*/ 90, /*node address*/ this_node);
  delay(20);
}

```

Se realiza la configuración de los sensores, definir la dirección del servidor para una vez procesado los datos enviarlos por red y el uso de archivos php; dependiendo del id de cada nodo cambia el envío a la hoja de datos.

Se crea otro archivo php que redirecciona a la hoja de datos específica para recibir los datos del nodo 2, el puerto 80 será el cual se activa para la conexión con la base de datos y el proceso de envío.

### 3.2.5.14 Conexión entre el nodo servidor y el servidor LAMP

Para la conexión entre el nodo servidor que utiliza Arduino con el servidor LAMP creado en la tarjeta Raspberry Pi se utiliza lenguaje PHP el cual permite realizar este tipo de conexiones y de esta manera para su elaboración existen varios tipos de software y el utilizado para este proceso es Dreamweaver.



Figura 3.47: Icono programa Dreamweaver

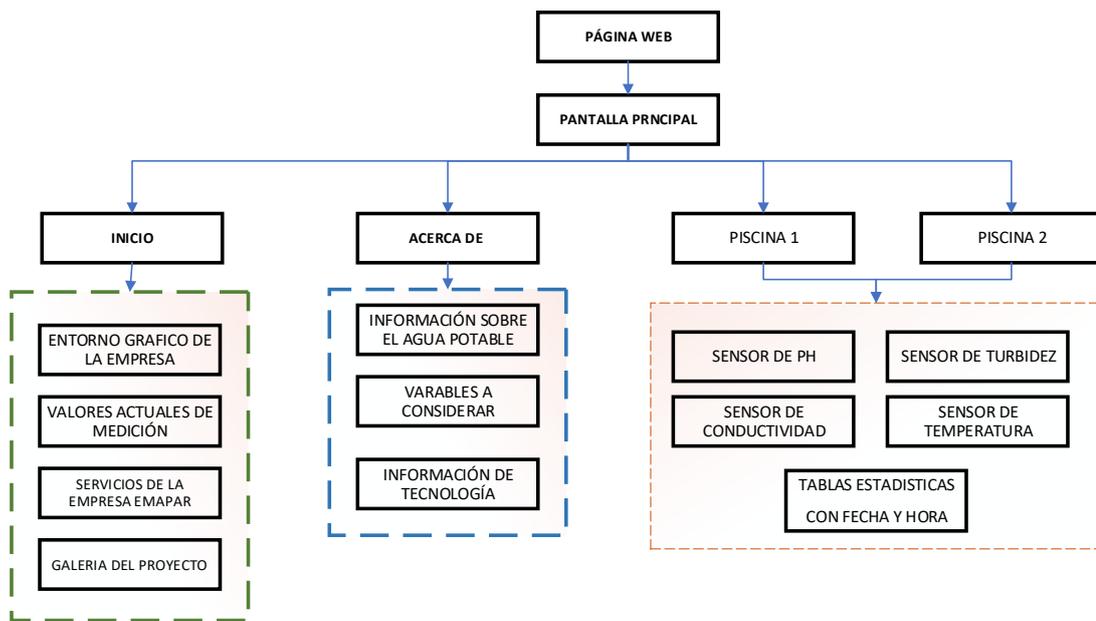
Con el programa escogido se crea un código el cual permita ser el intermediario para que los datos tomados y procesados en Arduino puedan ingresar a la base de datos donde se detalla la conectividad del servidor.

```
<?php
    $con = mysqli_connect('localhost', 'emapar', 'emapar', 'medicion') or
die('ERROR EN LA CONEXION SERVIDOR');
    //mysql_select_db('empleo',$con);

    $sql="INSERT INTO datos
        VALUES (NULL,'" . $_GET['ph'] . "','" . $_GET['temperatura'] . "','" .
$_GET['turbidez'] . "','" . $_GET['conductividad'] . "',NULL)";
    $resultado=mysqli_query($con,$sql) or die ('Error en el query database');
    mysqli_close($con);
?>
```

### 3.2.5.15 Creación de la página Web

La página web va a ser la parte visual encargada de monitorear los parámetros de calidad del agua de una forma amigable para el usuario, por lo cual el desarrollo tiene varias partes las cuales en conjunto forman una sólida plataforma multipropósito. En el desarrollo se utiliza una plantilla de una página web ya estructurada para tomarla y adaptarla a los requerimientos del trabajo presente, de esta manera se crea una elegante interfaz con datos dedicados al proceso de purificación del agua y el conocer a la empresa EP-EMAPAR. Para el diseño visual de datos se utiliza la herramienta HightCharts donde a través de galvanómetros, diagramas de pastel, líneas estadísticas se marca la muestra de datos en tiempo real.



**Figura 3.48:** Estructura de la interfaz Web

La página web cuenta con cuatro pestañas de información, en la primera muestra el inicio de la página con imágenes de la empresa, último dato recopilado de los parámetros, datos de la empresa y al final galería de imágenes dentro del proyecto.

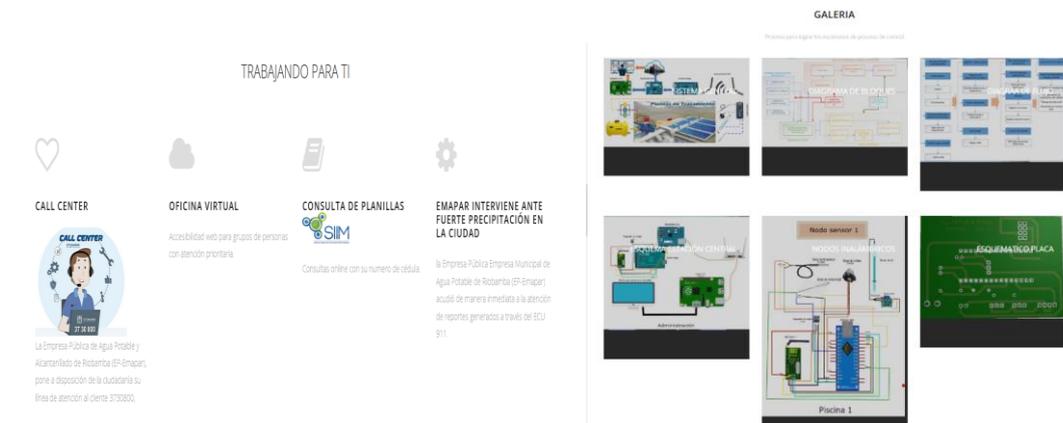
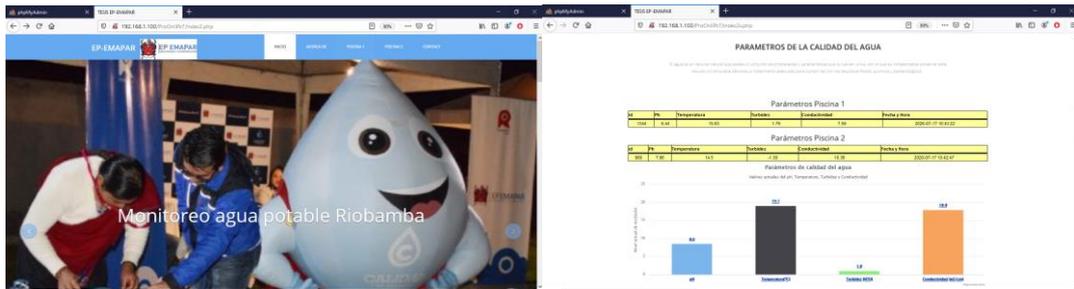


Figura 3.49: Imágenes de la pestaña Inicio

La segunda pestaña llamada “Acerca de” muestra información de la importancia del agua, las variables a considerar y el proceso que se utiliza detallando cada paso.

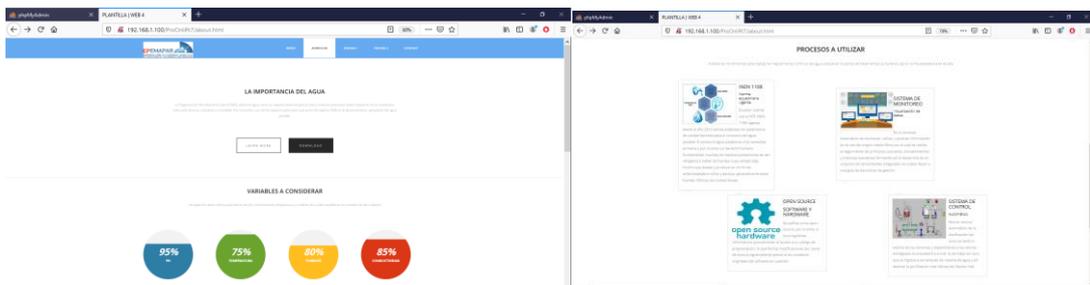


Figura 3.50: Imágenes pestaña Acerca de

En la tercera y cuarta pestaña “piscina 1” y “piscina 2” respectivamente se detalla una tabla de valores e historial de los datos recolectados desde los estanques de purificación y esquemas gráficos del comportamiento de los parámetros.

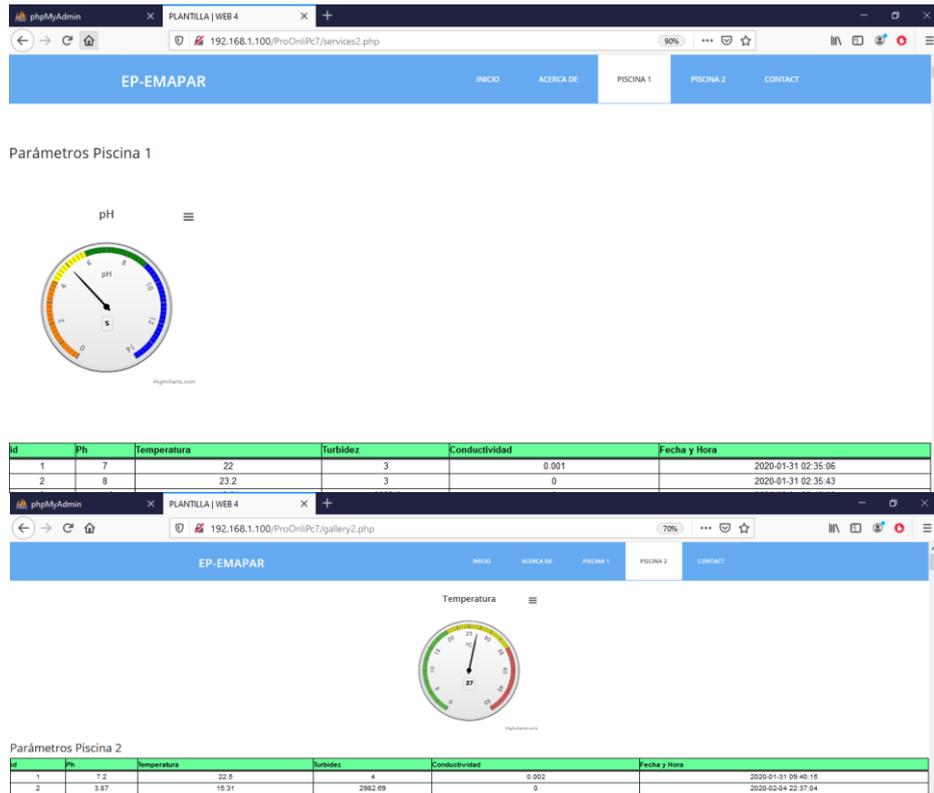


Figura 3.51: Imágenes de las pestañas piscina 1 y 2.

## **CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

- Se implementa un sistema de monitoreo de los parámetros de calidad físicos del agua y un control automático para la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de aireadores de la EP-EMAPAR siendo el mismo aceptado y puesto a prueba, demostrando así el correcto funcionamiento de cada uno de los procesos descritos anteriormente y mostrando tener la estabilidad que se espera en todo el sistema.
- El análisis de los parámetros físicos que intervienen para un estado inocuo del agua potable son los principales gestores para conocer que la calidad del agua es la adecuada para los seres vivos, de las cuales según la organización mundial de la salud las principales son la temperatura, turbidez y conductividad, pero se toma en cuenta un parámetro químico importante para su control como lo es el pH.
- Dentro del campo de las tecnologías se cuenta con varios tipos de sistemas de monitoreo, pero al llegar a un punto donde todo se encuentra orientado a las tecnologías de plataformas web se crea una página, la cual brinda los datos del estado del agua en tiempo real con gran precisión y claridad en la entrega de estas.
- Los nodos inalámbricos fueron diseñados con el uso de tecnologías vanguardistas capaces de abarcar la distancia que existe entre estos con respecto al nodo central, utilizando canales de comunicación RF en una banda de frecuencia que no interfiera

con los demás dispositivos de comunicación existentes en el ambiente; mientras que la controladora automática fue diseñada para la eficiente apertura de la válvula de paso la cual puede ser regulada dependiendo de los parámetros medidos y las variables constantes que se cuentan dentro de la empresa, con esto se puede enviar la cantidad adecuada de cloro al tanque de potabilización.

#### **4.2 Recomendaciones**

- El sistema es creado para su funcionamiento las 24 horas del día los 7 días a la semana, para un constante monitoreo y adquisición de datos, motivo por el cual la recolección de datos que se hace de manera programada en intervalos de tiempo ya definidos pueda llegar a sobrepasar la capacidad de almacenamiento que cuenta el servidor LAMP con su memoria SD de 32GB; existiendo la posibilidad de no poder ingresar más datos pasado el tiempo de 2 meses de constante funcionamiento, por lo cual se recomienda, que dentro de la página web se obtenga los datos medidos para tener un historial de muestreo y luego de eso depurar la base de datos para que los datos actuales puedan seguir almacenándose con total normalidad.
- De llegar a existir un corte del suministro de energía el servidor tendrá que ser actualizado en fecha y hora dependiendo del tiempo que no exista el abastecimiento de la energía ya que el servidor actualiza su fecha y hora a través de una conexión con la red de internet, pero por no contar con ella en el sector de la implementación se requiere actualizar estos datos para que no exista error en tener la hora y fecha exactas del momento de la toma de muestras.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de todos los dispositivos trimestralmente para evitar posibles fallas en los sensores y actuadores que conforman el sistema implementado, de esta manera garantizar el correcto funcionamiento para largos periodos de trabajo.
- Dentro del proyecto se usa sensores y actuadores capaces de ser compatibles con la tecnología utilizada actualmente, pero estos van cambiando con el pasar de los años, por lo que se recomienda valorar el proyecto para un lapso de 5 años y adaptar las nuevas tecnologías y métodos que se generen, en particular para la adaptación de

una servo válvula industrial que pueda trabajar de manera estable en el proceso de dosificación, logrando que sea accesible de adquirir en el mercado ya que en el momento su precio y el no disponer estos elementos dentro del país son los principales inconvenientes para ensamblar una controladora que cuenten con normas que certifiquen su funcionamiento para varios años.

### Referencias Bibliográficas

- [1] H. Triya, A. Hilman Syaeful y S. Taufik Ibnu, «Design and Implementation of Fuzzy Logic Control System for Water Quality Control,» 23 octubre 2017. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8253394>. [Último acceso: 15 octubre 2018].
- [2] J. A. Vivanco Correa, «Sistema de control electrónico para acuarios utilizando tecnologías GSM y VOIP,» 2017. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/26367>. [Último acceso: 23 octubre 2018].
- [3] K. Gopavanitha y S. Nagaraju, «A low cost system for real time water quality monitoring and controlling using IoT,» 2 agosto 2017. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8390054>. [Último acceso: 20 octubre 2018].
- [4] Z. Lin, W. Wang, H. Yin, S. Jiang, G. Jiao y J. Yu, «Design of Monitoring System for Rural Drinking Water Source Based on WSN,» 2017. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8128574>. [Último acceso: 28 octubre 2018].
- [5] V. Suryawanshi y M. Khandekar, «Design and Development of Wireless Sensor Network (WSN) for Water Quality Monitoring Using Zigbee,» 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8663131>. [Último acceso: 20 Septiembre 2020].
- [6] J. Sheng, W. Weixing, Y. Jieping y H. Zhongqiang, «Design a WSN system for monitoring the safety of drinking water quality,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318312229>. [Último acceso: 20 Septiembre 2020].
- [7] N. Osseiran y Y. Lufadeju, «Organización Mundial de la Salud,» 18 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/detail/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-%E2%80%93-unicef-who>. [Último acceso: 12 Agosto 2020].
- [8] UNESCO, «Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>. [Último acceso: 12 julio 2020].

- [9] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, «PUDELECO,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>. [Último acceso: 14 octubre 2018].
- [10] E. UNIVERSO, «Ciudades de Ecuador que tienen sello de calidad en su agua potable,» 14 febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/02/14/nota/7739547/agua-potable-estadisticas-ecuador-uso-contaminacion>. [Último acceso: 14 julio 2020].
- [11] L. E. Chico Analuisa, «SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS,» enero 2015. [En línea]. Available: [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8602/1/Tesis\\_t960ec.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8602/1/Tesis_t960ec.pdf). [Último acceso: octubre 2018].
- [12] J. Andreu Gomez, Servicios en red, Montserrat Sánchez ed., Madrid: EDITEX, S.A., 2011, p. 296.
- [13] M. E. Tirado Gavilanes, «RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO QUERO,» enero 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8604>. [Último acceso: 26 octubre 2018].
- [14] F. P. Nuñez Nuñez, «SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL ALUMBRADO PÚBLICO MEDIANTE UNA RED DE SENSORES RF,» mayo 2017. [En línea]. Available: [http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25693/4/Tesis\\_t1243ec.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25693/4/Tesis_t1243ec.pdf). [Último acceso: octubre 2018].
- [15] H. t. Mechatronics, «Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules,» 2019. [En línea]. Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [16] C. Siva Ram Murthy y B. S. Manoj, «Ad hoc wireless networks, architectures and protocols,» 2004. [En línea]. Available: [https://books.google.com.ec/books?id=U-yLb-9nXyYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=U-yLb-9nXyYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false). [Último acceso: octubre 2018].
- [17] C. Muñoz Collazos y G. A. Morales Muñoz, «Diseño e Implementación de una Red de Sensores Inalámbricos para las Condiciones Ambientales Físicas de un Ambito de Trabajo Industrial,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/12345678>

9/1322/DISE% C3% 91O% 20E% 20IMPLEMENTACI% C3% 93N% 20DE  
% 20UNA% 20RED% 20DE% 20SENSORES% 20INAL% C3% 81MBRIC  
OS.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 8 agosto 2020].

- [18]R. Fernández Martínez , J. Ordieres Meré, F. J. Martínez de Pisón Ascacíbar, A. González Marcos, F. Alba Elías, R. Lostado Lorza y A. Pernía Espinoza, «Redes inalámbricas de sensores,» 29 mayo 2014. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco\\_Javier\\_Ascacibar/publication/260265697\\_Redex\\_Inalambricas\\_de\\_sensores\\_teor%C3%81a\\_y\\_aplicacion\\_practica/links/00b7d5386f80425dd4000000/Redes-Inalambricas-de-sensores-teoria-y-aplicacion-practica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Javier_Ascacibar/publication/260265697_Redex_Inalambricas_de_sensores_teor%C3%81a_y_aplicacion_practica/links/00b7d5386f80425dd4000000/Redes-Inalambricas-de-sensores-teoria-y-aplicacion-practica.pdf). [Último acceso: octubre 2018].
- [19]C. E. d. Automática, «Libro Blanco del Control Automático,» de *El control automático*, Barcelona, Grafo,S.A., 2009, pp. 20-49.
- [20]C. Trujillo, «SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL,» 12 julio 2012. [En línea]. Available: <http://ieshuelin.com/huelinwp/wp-content/uploads/2012/06/3-SISTEMAS-DE-CONTROL-AUTOM%C3%83TICO.pdf>. [Último acceso: octubre 2018].
- [21]N. A. Aldás Rovayo, «Sistema de Information Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte publico urbano en la ciudad de Ambato,» Febrero 2018. [En línea]. Available: [http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27989/1/Tesis\\_t1398ec.pdf](http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27989/1/Tesis_t1398ec.pdf). [Último acceso: octubre 2018].
- [22]R. Camps Paré, L. A. Casillas Santillán, D. Costal Costa, M. G. Ginestá, C. Martín Escofet y O. Pérez Mora, «Bases de Datos,» [En línea]. Available: <https://www.uoc.edu/masters/oficiales/img/913.pdf>. [Último acceso: octubre 2018].
- [23]Khrizoto, «Instalar y Configurar un Servidor LAMP – Nivel Basico Intermedio,» 2014. [En línea]. Available: <https://khrizoto.wordpress.com/2012/07/26/instalar-y-configurar-un-servidor-lamp-nivel-basico-intermedio-30/>. [Último acceso: 14 julio 2020].
- [24]M. Bayo y O. Vallejos, «La Tecnicatura Universitaria en Software Libre de la Universidad Nacional del Litoral: fundamentos, lineamientos curriculares y desafíos de su implementación.,» 2015. [En línea]. Available: <http://44jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/sts13-25.pdf>. [Último acceso: octubre 2018].
- [25]K. Mohammed J., «La biblia del Servidor Apache,» [En línea]. Available: <http://didepa.uaemex.mx/clases/Manuales/Apache/la%20biblia%20del%20servidor%20apache.pdf>. [Último acceso: octubre 2018].

- [26]M. Rouse, «Las bases de datos dan soporte a las tendencias de TI,» [En línea]. Available: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>. [Último acceso: octubre 2018].
- [27]N. El-Khoury Vidarte, «Adaptación e implementación de un sistema autónomo de bajo coste de monitorización de calidad de agua en tiempo real,» 2016. [En línea]. Available: [http://oa.upm.es/44683/1/PFC\\_NAMIR\\_EL\\_KHOURI\\_VIDARTE\\_2016.pdf](http://oa.upm.es/44683/1/PFC_NAMIR_EL_KHOURI_VIDARTE_2016.pdf). [Último acceso: octubre 2018].
- [28]Tribuladores SLU, «Medidores de pH,» 18 noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://medidordeph.com/blog/2013/11/que-es-ph/>. [Último acceso: 28 octubre 2018].
- [29]123RF, «Foto de archivo - El icono de la temperatura del agua fría. Símbolo líquido helado.,» 2020. [En línea]. Available: [https://es.123rf.com/photo\\_42718276\\_el-icono-de-la-temperatura-del-agua-fr%C3%ADa-s%C3%ADmbolo-l%C3%ADquido-helado-.html](https://es.123rf.com/photo_42718276_el-icono-de-la-temperatura-del-agua-fr%C3%ADa-s%C3%ADmbolo-l%C3%ADquido-helado-.html). [Último acceso: 18 agosto 2020].
- [30]Y. Medina, «Acuponia,» [En línea]. Available: <https://diaguaponicblog.wordpress.com/2017/08/18/conductividad-electrica/>. [Último acceso: 20 septiembre 2020].
- [31]L. Marcó, R. Azario , C. Metzler y M. C. García, «La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina),» 2004. [En línea]. Available: [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c\\_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf). [Último acceso: 10 octubre 2018].
- [32]«La turbidez uno de los parametro mas fundamentales de la calidad del agua,» [En línea]. Available: <data:image/jpeg;base64,/9j/4AAQSkZJRgABAQAAQABAAD/2wCEAAkGBxMTEhUSExMVFRUXFxcXFRUXFhcXFxcVFRcYGBcXFxUYHSggGBolHRUVITEhJSkrLi4uFx8zODMtNygtLisBCgoKDg0OFxAQG i0dHR0tKy0tLS0rLS0tLS0tLSstLS0tLS0tLSstLS0tKy0tLS0tLS0tLTctLS0tLSstNystK//AABEIAJcBTgMBIgaCEQEDEQH/>.
- [33]J. M. Jiménez Terán, «MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO,» septiembre 2013. [En línea]. Available:

- <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>. [Último acceso: 15 octubre 2018].
- [34]D. L. Cardenas Jaramillo y F. E. Patiño Guaraca, «ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY,» octubre 2010. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf>. [Último acceso: 10 octubre 2018].
- [35]G. W. C. Argentina, «Abastecimiento de Agua Tratada,» 2018. [En línea]. Available: <https://gwc.com.ar/servicios/abastecimiento-agua/>. [Último acceso: 15 septiembre 2020].
- [36]R. A. López Cualla, Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.
- [37]P. Lender, C. Aponte y J. Cornejo , «Sistema de Abastecimiento de Agua,» Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas Nucleo Miranda , Miranda, 2015.
- [38]Organización Panamericana de la Salud, «Guías Técnicas sobre Saneamiento, Agua y Salud (OMS/OPS),» 2004. [En línea]. Available: <http://www.disaster-info.net/Agua/html/11%20-%20cloro%20residual.htm>. [Último acceso: 15 octubre 2018].
- [39]D. A. Taipe Manotoa y A. Rios Villacorta , «PLATAFORMA IoT DE CONTROL INTELIGENTE DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO ELÉCTRICO EN CORRIENTE CONTINUA LVDC,» octubre 2018. [En línea]. Available: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28951/1/Tesis\\_%20t1505ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28951/1/Tesis_%20t1505ec.pdf). [Último acceso: 12 julio 2020].
- [40]56k.es, «Iniciación a Arduino,» [En línea]. Available: <https://56k.es/fanta/iniciacion-a-arduino/>. [Último acceso: 20 julio 2020].
- [41]P. D. Cushpa Telenchana y G. D. Brito Moncayo, «COMUNICACIÓN Y VIRTUALIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES BASADOS EN INDUSTRIA 4.0,» enero 2020. [En línea]. Available: [https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/30704/1/Tesis\\_t1665ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/30704/1/Tesis_t1665ec.pdf). [Último acceso: octubre 2020].

- [42]Raspberrypi.org, «Raspberry Pi 3 Model B,» [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/?resellerType=home>. [Último acceso: agosto 2020].
- [43]Pataginatec, «NRF24L01 + RFX2401,» [En línea]. Available: <https://i0.wp.com/saber.pataginatec.com/wp-content/uploads/2019/08/nRF24L01-PA-LNA-External-Antenna-Wireless-Transceiver-Module.png?ssl=1>. [Último acceso: septiembre 2020].
- [44]S. a. technology, «Cómo usar un sensor de pH con Arduino,» [En línea]. Available: <https://scidle.com/es/como-usar-un-sensor-de-ph-con-arduino/>. [Último acceso: septiembre 2020].
- [45]P. G. Santos Benavides y M. Jurado, «RED INALÁMBRICA DE SENSORES (WSN) DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA ESTANQUES DE TRUCHAS,» junio 2019. [En línea]. Available: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29894/1/Tesis\\_t1594ec.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29894/1/Tesis_t1594ec.pdf). [Último acceso: 15 Agosto 2020].
- [46]Web-Robótica.com, J. L. Ahedo Mardones y A. Ahedo González, «Como funciona el módulo Arduino Ethernet Shield,» [En línea]. Available: <https://i1.wp.com/www.web-robotica.com/wp-content/uploads/2015/10/ArduinoEthernetShield.jpg>. [Último acceso: 20 agosto 2020].
- [47]C. S. Guerra Gavilanes y D. G. Novillo Vivanco, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO ELECTROMECAÁNICO QUE DESPLIEGUE FÍSICAMENTE CARACTERES BRAILLE PARA LA TRANSCRIPCIÓN DE DOCUMENTOS DE TEXTO DIGITALES,» MAYO 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10924/1/T-ESPE-049074.pdf>. [Último acceso: 15 agosto 2020].
- [48]S. Gomáriz, D. Biel, J. Matas y M. Reyes, Teoría de control Diseño electrónico, Segunda ed., J. Girona Salgado, Ed., Barcelona: Universidad Politécnica de CatalunyaUPC, 2001.
- [49]B. P. Lárraga Jurado, «Diseño del Sistema de Agua Potable para Augusto Valencia, canton vinces, provincia de los Rios,» 2016. [En línea]. Available: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13464/BOL%C3%8DVAR%20PATRICIO%20L%C3%81RRAGA%20JURADO_.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Último acceso: 20 Octubre 2020].

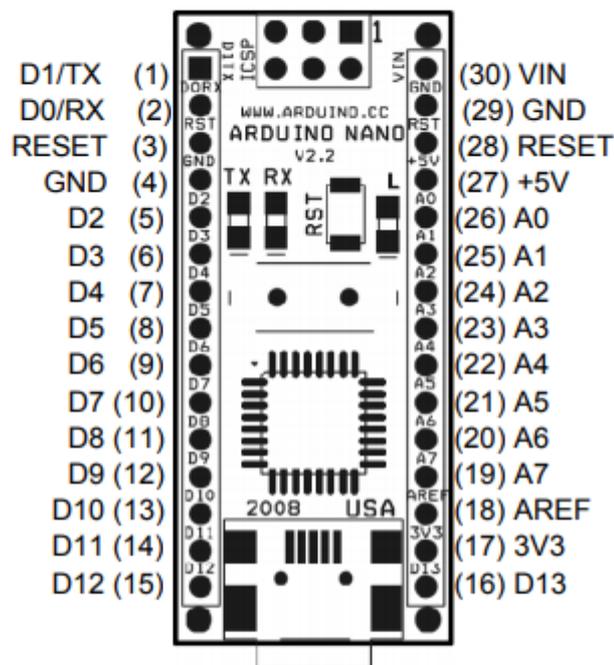
- [50]I. E. D. NORMALIZACIÓN, «NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES,» 1992. [En línea]. Available: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe\\_inen\\_5%20Parte\\_9-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5%20Parte_9-1.pdf). [Último acceso: Octubre 2020].
- [51]I. N. d. E. y. Censos, «FASCÍCULO PROVINCIAL CHIMBORAZO,» [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/chimborazo.pdf>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [52]E. Telégrafo, «El uso del recurso hídrico en la parte centroandina de Ecuador es considerado alto,» 15 noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/informacion/1/en-el-centro-del-pais-se-consumen-166-litros-diarios-de-agua-por-persona-en-promedio>. [Último acceso: Octubre 2020].
- [53]M. D. S. P. Y. A. SOCIAL, «Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro,» Enero 2006. [En línea]. Available: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0214/doc0214.pdf>. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [54]L. Castro Araoz, «Tratamiento de agua Francisco Wiesner de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogota - EAAB,» 2002. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15728/u236792.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: Octubre 2020].

## Anexos

### Anexo A (Hoja técnica Arduino Nano)

El Anexo A detalla el datasheet o hoja de datos técnicos del microcontrolador Arduino Nano.

### Arduino Nano Pin Layout

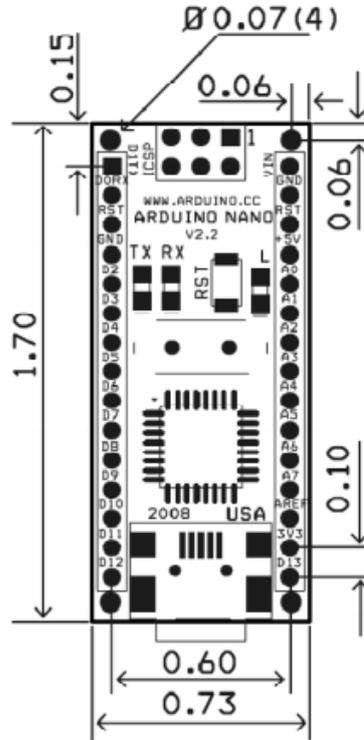


Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

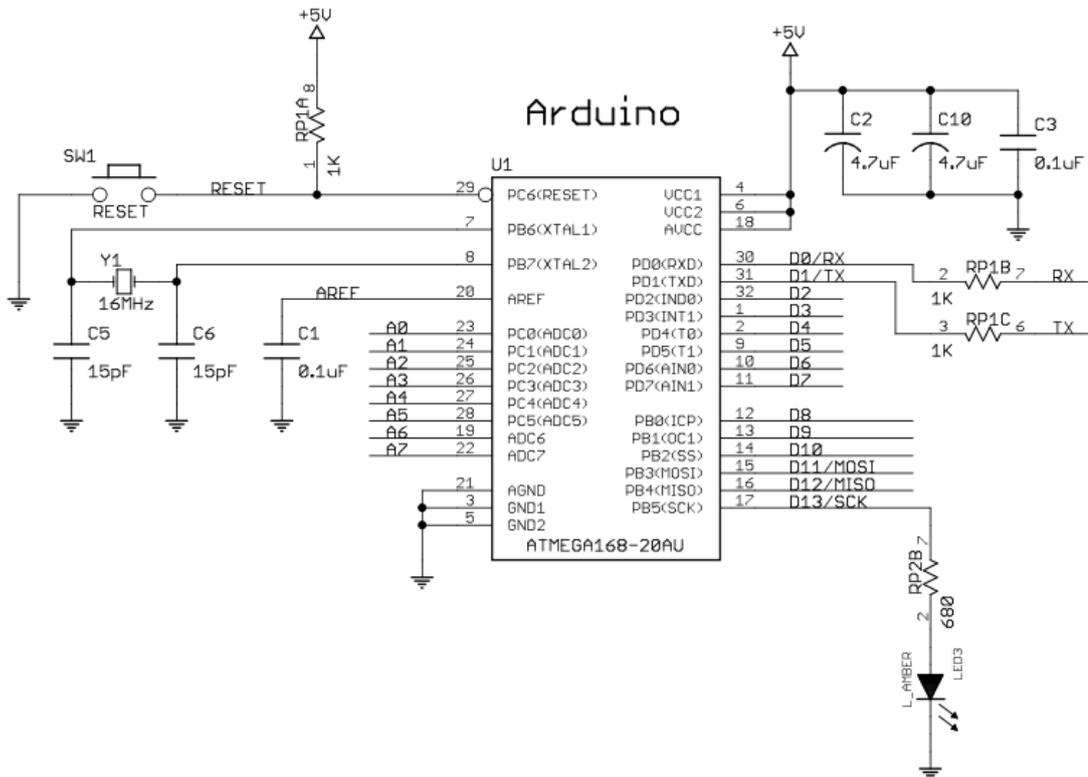
**Arduino Nano Bill of Material**

Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Cystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

**Arduino Nano Mechanical Drawing**



ALL DIMENTIONS ARE IN INCHES



## Anexo B (Modulo de comunicación inalámbrico NRF24L01)

### Datos y características técnicas NRF24L01



# nRF24L01+

## Single Chip 2.4GHz Transceiver

### Preliminary Product Specification v1.0

#### Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- 250kbps, 1Mbps and 2Mbps on air data rates
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 13.5mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 26µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Drop-in compatibility with nRF24L01
- On-air compatible in 250kbps and 1Mbps with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

#### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

All rights reserved.  
Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.  
March 2008

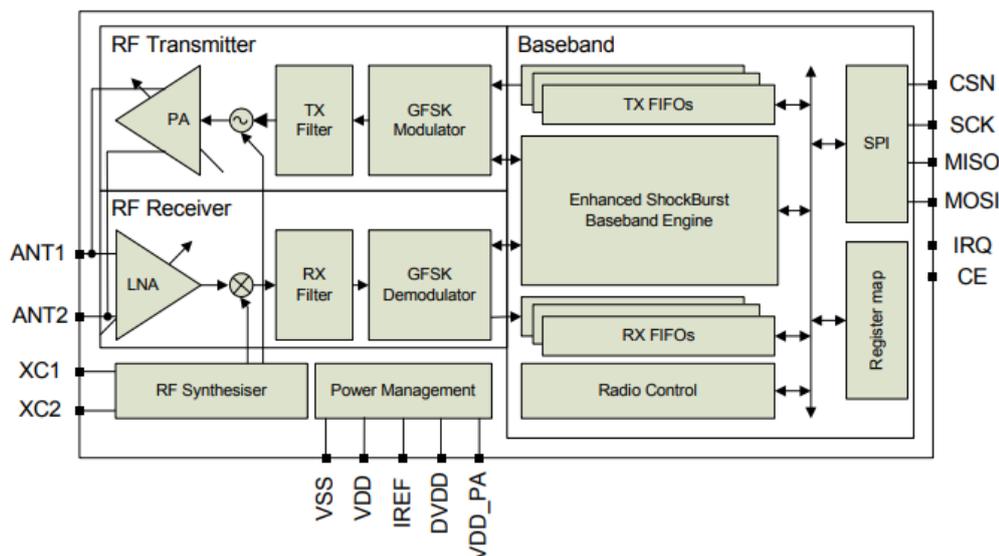
## nRF24L01+ Preliminary Product Specification



### 4 Operating conditions

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
VDD	Supply voltage if input signals >3.6V		2.7	3.0	3.3	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C

## 1.2 Block diagram



## 2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in <a href="#">Figure 29</a> .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22kΩ resistor to ground. See <a href="#">Figure 29</a> .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See <a href="#">Figure 29</a> .
20	VSS	Power	Ground (0V)

## Anexo C (Arduino Mega)

# Technical Specification

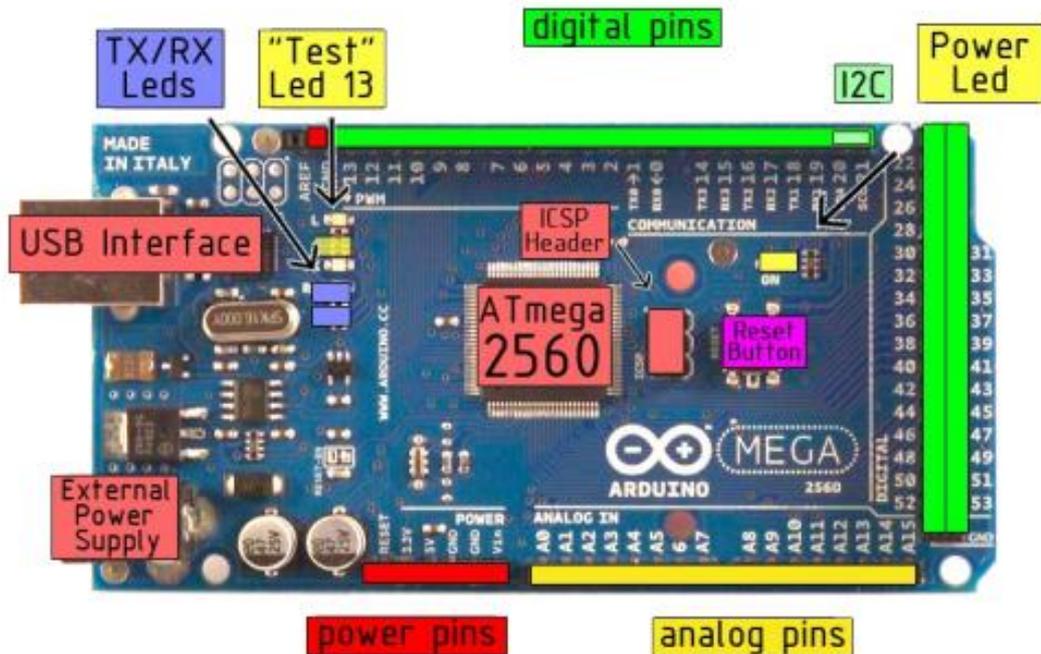


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## the board



radiospares RADIONICS



## Anexo D (Raspberry Pi 3 B+)

Raspberry Pi 3 Model B+

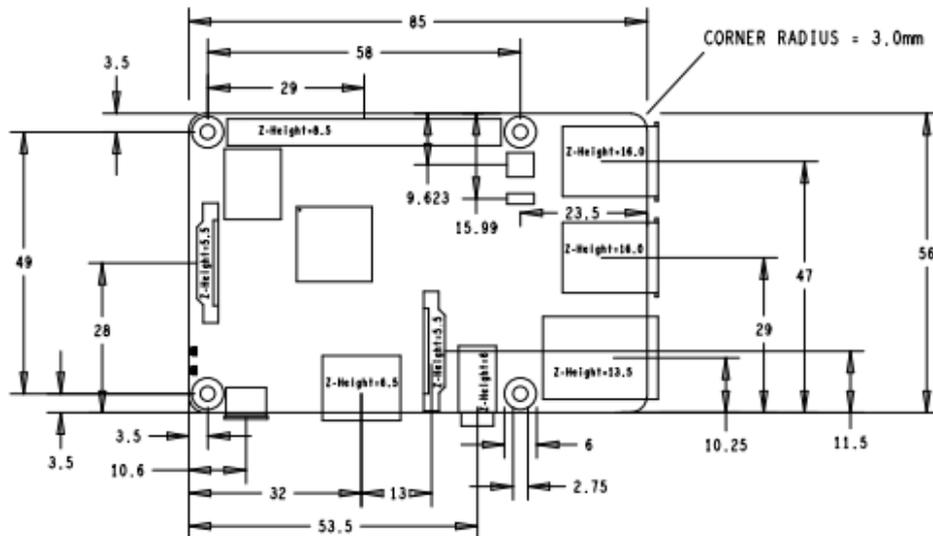
2

### Specifications

<b>Processor:</b>	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
<b>Memory:</b>	1GB LPDDR2 SDRAM
<b>Connectivity:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 2.4 GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE</li><li>■ Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300 Mbps)</li><li>■ 4 × USB 2.0 ports</li></ul>
<b>Access:</b>	Extended 40-pin GPIO header
<b>Video &amp; sound:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 1 × full size HDMI</li><li>■ MIPI DSI display port</li><li>■ MIPI CSI camera port</li><li>■ 4 pole stereo output and composite video port</li></ul>
<b>Multimedia:</b>	H.264, MPEG-4 decode (1080p30); H.264 encode (1080p30); OpenGL ES 1.1, 2.0 graphics
<b>SD card support:</b>	Micro SD format for loading operating system and data storage
<b>Input power:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 5V/2.5A DC via micro USB connector</li><li>■ 5V DC via GPIO header</li><li>■ Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)</li></ul>
<b>Environment:</b>	Operating temperature, 0–50 °C
<b>Compliance:</b>	For a full list of local and regional product approvals, please visit <a href="http://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+">www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b+</a>
<b>Production lifetime:</b>	The Raspberry Pi 3 Model B+ will remain in production until at least January 2023.



## Physical specifications



### Warnings

- This product should only be connected to an external power supply rated at 5V/2.5A DC. Any external power supply used with the Raspberry Pi 3 Model B+ shall comply with relevant regulations and standards applicable in the country of intended use.
- This product should be operated in a well-ventilated environment and, if used inside a case, the case should not be covered.
- Whilst in use, this product should be placed on a stable, flat, non-conductive surface and should not be contacted by conductive items.
- The connection of incompatible devices to the GPIO connection may affect compliance, result in damage to the unit, and invalidate the warranty.
- All peripherals used with this product should comply with relevant standards for the country of use and be marked accordingly to ensure that safety and performance requirements are met. These articles include but are not limited to keyboards, monitors, and mice when used in conjunction with the Raspberry Pi.
- The cables and connectors of all peripherals used with this product must have adequate insulation so that relevant safety requirements are met.

### Safety instructions

To avoid malfunction of or damage to this product, please observe the following:

- Do not expose to water or moisture, or place on a conductive surface whilst in operation.
- Do not expose to heat from any source; the Raspberry Pi 3 Model B+ is designed for reliable operation at normal ambient temperatures.
- Take care whilst handling to avoid mechanical or electrical damage to the printed circuit board and connectors.
- Whilst it is powered, avoid handling the printed circuit board, or only handle it by the edges to minimise the risk of electrostatic discharge damage.





### 3 Block Diagram

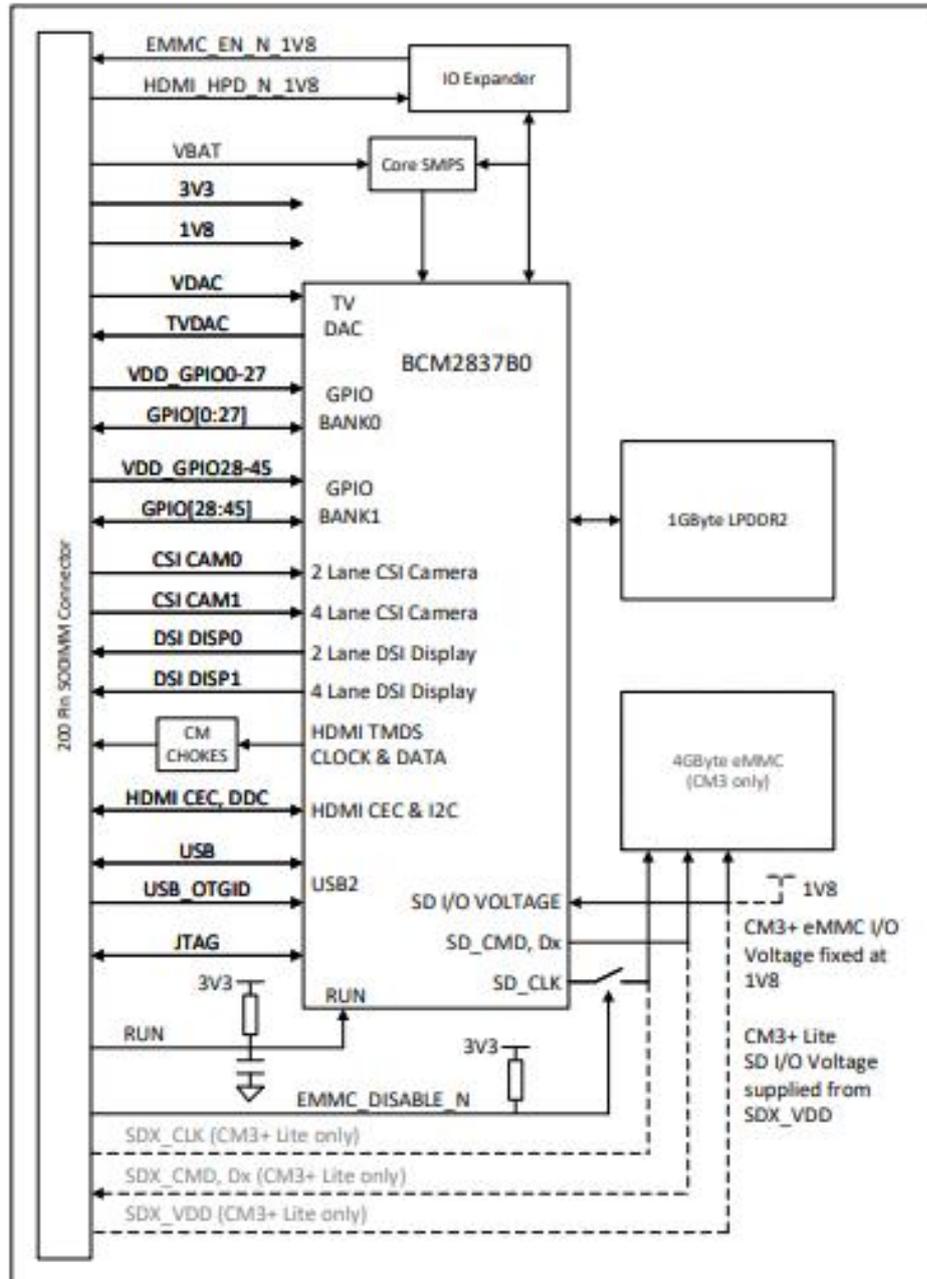


Figure 1: CM3+ Block Diagram

## Anexo E (Norma Técnica Agua potable)



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN 1108**  
Quinta revisión  
2014-01

### **AGUA POTABLE. REQUISITOS**

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011.

---

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

10

**4.1.9 Desinfección.** Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

**4.1.10 Subproductos de desinfección.** Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

**4.1.11 Cloro residual.** Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

**4.1.12 Sistema de abastecimiento de agua potable.** El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

**4.1.13 Sistema de distribución.** Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

## 5. REQUISITOS

**5.1** Los sistemas de abastecimiento de agua potable deberían acogerse al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

**5.2** El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación, en las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

**TABLA 1. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	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 *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/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 * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <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 ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: <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		

## Anexo F (Censo 2010 cantidad de personas Riobamba)



Resultados del  
**Censo 2010**  
de población y vivienda  
en el Ecuador

# FASCÍCULO PROVINCIAL CHIMBORAZO



**01** Estructura de la población

¿Cuántos somos y cuánto crecimos?  
¿Qué edad tenemos los chimboracenses?

**02** Características generales de la población

¿Qué cantidad de chimboracenses están asegurados?  
¿Qué estado conyugal tenemos los chimboracenses?  
¿Cómo nos autoidentificamos?

**03** Actividades económicas de la población

¿En qué trabajan los chimboracenses?  
¿Cuál es la estructura de la población económicamente activa?

**04** Características de la educación

¿Cuál es el nivel de instrucción?  
¿Cuál es el analfabetismo en Chimborazo?  
¿Qué niveles de escolaridad predominan?

**05** Características del hogar

¿Cuál es la tendencia de la vivienda?  
¿Qué se utiliza en los hogares para cocinar?  
¿Cómo están las tecnologías y de la información y la comunicación?

**06** Características de la vivienda

¿Cómo toman el agua en los hogares?  
¿Qué tipo de vivienda tenemos?  
¿Cómo están los servicios básicos en Chimborazo?

**07** Datos adicionales

¿Cuál es la situación a nivel de los cantones?



**INEC**  
Instituto nacional de estadística y censos

### Cantidad de población en la ciudad de Riobamba.

# 07

## Datos adicionales

### ¿CUÁL ES LA SITUACIÓN A NIVEL DE LOS CANTONES?

Cantones	Hombres	%	Mujeres	%	Total	Viviendas*	Viviendas**	Viviendas***	Razón niños mujeres****	Analfabetismo	Edad promedio
Alausí	21.188	9,7%	22.901	9,6%	44.089	16.153	16.144	11.214	541,4	25,0%	28
Chambo	5.660	2,6%	6.225	2,6%	11.885	4.478	4.471	3.061	369,1	11,7%	29
Chunchi	6.062	2,8%	6.624	2,8%	12.686	5.163	5.157	3.321	462,2	21,7%	29
Colta	21.642	9,9%	23.329	9,8%	44.971	21.688	21.681	14.388	372,5	26,7%	32
Cumandá	6.343	2,9%	6.579	2,8%	12.922	4.522	4.521	3.426	455,3	8,8%	27
Guamote	22.179	10,1%	22.974	9,6%	45.153	14.555	14.548	11.012	569,1	20,1%	25
Guano	20.495	9,3%	22.356	9,3%	42.851	17.069	17.060	11.391	394,0	10,8%	29
Pallatanga	5.718	2,6%	5.826	2,4%	11.544	4.273	4.268	2.973	504,3	15,9%	29
Penipe	3.274	1,5%	3.465	1,4%	6.739	3.777	3.771	2.099	399,1	9,7%	36
Ribamba	106.840	48,7%	118.901	49,7%	225.741	79.842	79.764	60.160	320,2	8,3%	30
<b>Total</b>	<b>219.401</b>	<b>100%</b>	<b>239.180</b>	<b>100%</b>	<b>458.581</b>	<b>171.520</b>	<b>171.385</b>	<b>123.045</b>			

\* Particulares y colectivas \*\* Particulares \*\*\* Particulares ocupadas con personas presentes \*\*\*\* Niños menores de cinco años por 1000 mujeres en edad reproductiva (15 a 49 años)



**Créditos:**  
**Análisis Información Censal:** Equipo Técnico de Análisis del Censo de Población y Vivienda  
**Diseño y Diagramación:** Equipo de Comunicación y Análisis del Censo de Población y Vivienda

[www.ecuadorencifras.com](http://www.ecuadorencifras.com)

[www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)

David Vera  
 DIRECTOR EJECUTIVO

**Dirección Regional del Utoral (Guayaquil)**  
 Hurtado 1001 y Tungurahua,  
 Teléfonos: (04) 2362 697 - 2874 916 - 2374 915

**Administración Central (Quito)**  
 Juan Larrea N15-36 y José Rifofo,  
 Teléfonos: (02) 2544 326 - 2544 561 Fax: (02) 2500 836

**Dirección Regional del Norte (Quito)**  
 Av. 10 de Agosto N11-487 y Pasaje Carlos Ibarra,  
 Teléfonos: (02) 2583 390 - 2583 385 - 2589 059 Fax: (02) 2583 411

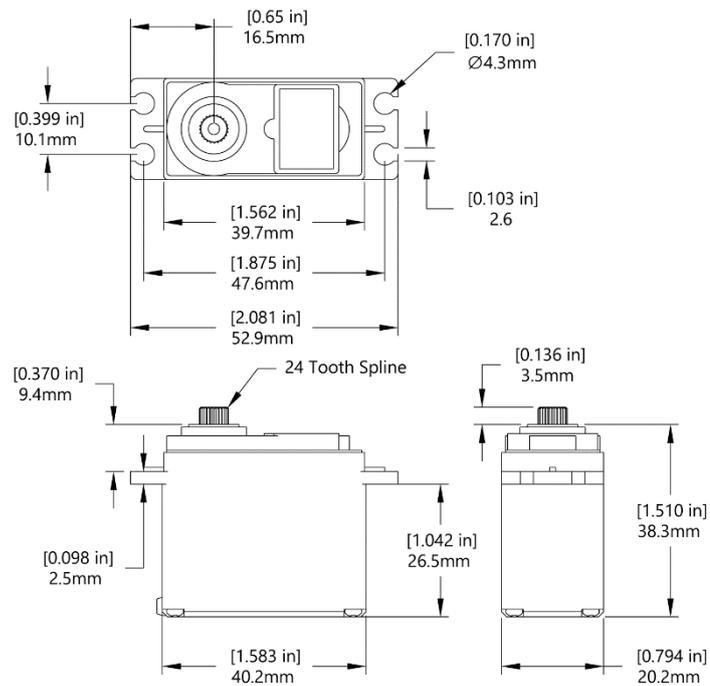
**Dirección Regional del Centro (Ambato)**  
 Rocafuerte y Lallama sector Medalla Milagrosa Edificio del Salto Jr.  
 Teléfonos: (03) 2421 867 - 2421871 - 2421 928 Fax: (03) 2421 991

**Dirección Regional del Sur (Cuenca)**  
 Antonio Borrero 504 Ofic. 301,  
 Teléfonos: (07) 2837 749 - 2842 104 - 2838 144  
 Fax: (07) 2834 854

## Anexo (G) (Servomotor HS311)

### SPECS

Output Shaft Style	C24T Spline
Voltage Range	4.8V - 6.0V
No-Load Speed (4.8V)	0.19sec/60°
No-Load Speed (6.0V)	0.15sec/60°
Stall Torque (4.8V)	42 oz-in (3.0 kg/cm)
Stall Torque (6.0V)	51 oz-in (3.7 kg/cm)
Max PWM Signal Range	575-2460µsec
Travel per µs	.107°/µsec
Max Rotation	202°
Pulse Amplitude	3-5V
Operating Temperature	-20°C to +60°C
Current Drain - idle (4.8V)	7.4mA
Current Drain - idle (6.0V)	7.7mA
Current Drain - no-load (4.8V)	160mA
Current Drain - no-load (6V)	180mA
Continuous Rotation Modifiable	Yes
Direction w/ Increasing PWM Signal	Clockwise
Deadband Width	5µs
Motor Type	Cored
Feedback Style	5KΩ Potentiometer
Output Shaft Support	Top Resin Bushing
Gear Material	Nylon
Wire Length	11.81" (300mm)
Weight	1.52oz (43g)
Wire Gauge	25AWG
Servo Size	Standard



## Anexo (H) (Programación nodo inalámbrico 1)

```
#include <RF24Network.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

RF24 radio(9,10);           // nRF24L01(+) radio attached using Getting
Started board

RF24Network network(radio); // Network uses that radio

int id=1;
float cond=0;
const uint16_t this_node = 01; // Address of our node in Octal format
const uint16_t other_node = 00; // Address of the other node in Octal format

const unsigned long interval = 2000; //ms // How often to send 'hello world to the
other unit

unsigned long last_sent; // When did we last send?
unsigned long packets_sent; // How many have we sent already
const int pinDatosDQ = 8;
  OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
  DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
float volt;
float ntu;
float conducti;

struct payload_t { // Structure of our payload
float ph;
float temperatura;
```

```

float turbidez;
float conductividad;
int id;
};
void setup(void)
{
  Serial.begin(57600);
  sensorDS18B20.begin();
  Serial.println("RF24Network/examples/helloworld_tx/");
  SPI.begin();
  radio.begin();
  network.begin(/*channel*/ 90, /*node address*/ this_node);
  radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
  pinMode(2, OUTPUT);
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
}
void loop() {
  network.update();
  float ph=leer_ph();
  float temperatura=leer_temperatura();
  float turbidez=leer_turbidez();
  float conductividad=leer_conductividad();
  delay(10);
  enviar(ph, temperatura, turbidez, conductividad, id);
  delay(5000);
  Serial.println(ph);
  Serial.println(temperatura);
  Serial.println(turbidez);
  Serial.println(conductividad);
  Serial.println(id);
}

```

```

}void enviar(float ph, float temperatura, float turbidez, float conductividad, int
id){
    Serial.print("Sending...");
    delay(10);
    payload_t payload = { ph, temperatura, turbidez, conductividad, id};
    RF24NetworkHeader header(/*to node*/ other_node);
    bool ok = network.write(header, &payload, sizeof(payload));
    if (ok)
        Serial.println("ok.");
    else
        Serial.println("failed.");
    }
float leer_ph()
{
    float ph = ((-0.029710144)*(analogRead(A0)))+(21.63492754);
    return(ph);
}
float leer_temperatura()
{
    sensorDS18B20.requestTemperatures();
    float temperatura = sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
    return(temperatura);
}
float leer_turbidez()
{
    volt = 0;
    for(int i=0; i<800; i++)
    {
        volt += ((float)analogRead(A1)/1023)*5;
    }
    volt = volt/800;
    volt = round_to_dp(volt, 1);
    if(volt < 2.5){

```

```

    ntu = (3000/1000)-1;
  }else{
    ntu = ((-1120.4*square(volt)+5742.3*volt-4353.8)/1000)-1;
  }
  float turbidez=ntu;
  return(turbidez);
}
float leer_conductividad()
{
  digitalWrite(2,HIGH);
  cond=(analogRead(A2)* (5.0 / 1023.0));
  if(cond<=0){
    conducti=cond;
  }
  else {
    conducti=((11467/420)*cond)-(50573/525);
  }
  float conductividad = conducti;
  delay(1000);
  digitalWrite(2,LOW);
  return(conductividad);
}
float round_to_dp( float in_value, int decimal_place )
{
  float multiplier = powf( 10.0f, decimal_place );
  in_value = roundf( in_value * multiplier ) / multiplier;
  return in_value;
}

```

## Anexo (I) (Programación nodo inalámbrico 2 )

```
#include <RF24Network.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
RF24 radio(9,10);          // nRF24L01(+) radio attached using Getting
Started board
RF24Network network(radio);    // Network uses that radio
int id=2;
float cond=0;
const uint16_t this_node = 02;    // Address of our node in Octal format
const uint16_t other_node = 00;    // Address of the other node in Octal format
const unsigned long interval = 2000; //ms // How often to send 'hello world to the
other unit
unsigned long last_sent;          // When did we last send?
unsigned long packets_sent;      // How many have we sent already
const int pinDatosDQ = 8;
    OneWire oneWireObjeto(pinDatosDQ);
    DallasTemperature sensorDS18B20(&oneWireObjeto);
float volt;
float ntu;
float conducti;
struct payload_t {                // Structure of our payload
float ph;
float temperatura;
float turbidez;
float conductividad;
int id;
};
void setup(void)
{
```

```

Serial.begin(57600);
sensorDS18B20.begin();
Serial.println("RF24Network/examples/helloworld_tx/");
SPI.begin();
radio.begin();
network.begin(/*channel*/ 90, /*node address*/ this_node);
radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
pinMode(2, OUTPUT);
pinMode(A0, INPUT);
pinMode(A1, INPUT);
pinMode(A2, INPUT);
}
void loop() {
    network.update();
    float ph=leer_ph();
    float temperatura=leer_temperatura();
    float turbidez=leer_turbidez();
    float conductividad=leer_conductividad();
    delay(10);
    enviar(ph, temperatura, turbidez, conductividad, id);
    delay(5000);
    Serial.println(ph);
    Serial.println(temperatura);
    Serial.println(turbidez);
    Serial.println(conductividad ,3);
    Serial.println(id);
}void enviar(float ph, float temperatura, float turbidez, float conductividad, int
id){
    Serial.print("Sending... ");
    delay(10);
    payload_t payload = { ph, temperatura, turbidez, conductividad, id};
    RF24NetworkHeader header(/*to node*/ other_node);
    bool ok = network.write(header, &payload, sizeof(payload));

```

```

    if(ok)
        Serial.println("ok.");
    else
        Serial.println("failed.");
    }
float leer_ph()
{
    float ph=(((-0.029710144)*(analogRead(A0)))+(21.63492754))+1;
    return(ph);
}
float leer_temperatura()
{
    sensorDS18B20.requestTemperatures();
    float temperatura=sensorDS18B20.getTempCByIndex(0);
    return(temperatura);
}
float leer_turbidez()
{
    volt = 0;
    for(int i=0; i<800; i++)
    {
        volt += ((float)analogRead(A1)/1023)*5;
    }
    volt = volt/800;
    volt = round_to_dp(volt,1);
    if(volt < 2.5){
        ntu = (3000)/1000;
    }else{
        ntu = ((-1120.4*square(volt)+5742.3*volt-4353.8)/1000)-1;
    }
    float turbidez=ntu;
    return(turbidez);
}

```

```

float leer_conductividad()
{
  digitalWrite(2,HIGH);
  cond=(analogRead(A2)* (5.0 / 1023.0));
  if(cond<=0){
    conducti=cond;
  }
  else {
    conducti=((11467/420)*cond)-(50573/525);
  }
  float conductividad = conducti;
  delay(1000);
  digitalWrite(2,LOW);
  return(conductividad);
}

float round_to_dp( float in_value, int decimal_place )
{
  float multiplier = powf( 10.0f, decimal_place );
  in_value = roundf( in_value * multiplier ) / multiplier;
  return in_value;
}

```

### **Anexo (J) (Programación nodo Servidor )**

```

#include <RF24Network.h>
#include <RF24.h>
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <Servo.h>
Servo servoMotor;
// Mac unica de cada EthernetShield (deben cambiarla)
byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x00, 0x7E, 0xAE };
// Configuracion del Ethernet Shield
EthernetClient client;

```

```

//byte ip[] = { 192,168,1,100 }; // Direccion IP del Arduino
byte server[] = { 192,168,1,100 }; // Direccion IP del servidor
RF24 radio(6, 5);          // ce cs nRF24L01(+) radio attached using Getting
Started board
RF24Network network(radio); // Network uses that radio
const uint16_t this_node = 00; // Address of our node in Octal format ( 04,031,
etc)
struct payload_t {        // Structure of our payload
  float ph;
  float temperatura;
  float turbidez;
  float conductividad;
  int id;
};
void setup(void)
{
  Serial.begin(57600);
  servoMotor.attach(3);
  Serial.println("RF24Network/examples/helloworld_rx");
  Ethernet.begin(mac);
  SPI.begin();
  radio.begin();
  radio.setDataRate(RF24_250KBPS);
  network.begin(/*channel*/ 90, /*node address*/ this_node);
  delay(20);
  int Input = ph;
  Setpoint = 7;
  pidController.SetMode(AUTOMATIC);
}
void loop(void){
  network.update();          // Check the network regularly
  while ( network.available() ) { // Is there anything ready for us?
    RF24NetworkHeader header; // If so, grab it and print it out

```

```

    payload_t payload;
    network.read(header, &payload, sizeof(payload));

    float ph=payload.ph;
    float temperatura=payload.temperatura;
    float turbidez=payload.turbidez;
    float conductividad=payload.conductividad;
    int id=payload.id;
    subir_servidor(ph, temperatura, turbidez, conductividad, id);
    Serial.println(ph);
    Serial.println(temperatura);
    Serial.println(turbidez);
    Serial.println(conductividad);
    Serial.println(id);
    servoMotor.write(100);
    // Esperamos 1 segundo
    delay(5000);
    pidController.Compute();    // actualizar el PID
    analogWrite(PIN_OUTPUT, Output);
}
}
void subir_servidor(float ph, float temperatura, float turbidez, float
conductividad, int id)
{
    if (id == 1){
        if (client.connect(server, 80)>0) { // Conexion con el servidor
            client.print("GET http://192.168.1.100/subir.php?ph=");
            client.print(ph);
            client.print("&temperatura=");
            client.print(temperatura);
            client.print("&turbidez=");
            client.print(turbidez);
            client.print("&conductividad=");
            client.print(conductividad);
        }
    }
}

```

```
client.println(" HTTP/1.0");
client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
client.println();
Serial.println("Conectado");
Serial.print("GET http://192.168.1.100/subir.php?ph=");
Serial.print(ph);
Serial.print("&temperatura=");
Serial.print(temperatura);
Serial.print("&turbidez=");
Serial.print(turbidez);
Serial.print("&conductividad=");
Serial.print(conductividad);
    Serial.println(" HTTP/1.0");
} else {
    Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if(!client.connected()) {
    Serial.println("Disconnected!");
}
}
else{
if(client.connect(server, 80)>0) { // Conexion con el servidor
    client.print("GET http://192.168.1.100/subir2.php?ph=");
    client.print(ph);
    client.print("&temperatura=");
    client.print(temperatura);
    client.print("&turbidez=");
    client.print(turbidez);
    client.print("&conductividad=");
    client.print(conductividad);

    client.println(" HTTP/1.0");
```

```

client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
client.println();
Serial.println("Conectado");
Serial.print("GET http://192.168.1.100/subir2.php?ph=");
Serial.print(ph);
Serial.print("&temperatura=");
Serial.print(temperatura);
Serial.print("&turbidez=");
Serial.print(turbidez);
Serial.print("&conductividad=");
Serial.print(conductividad);

Serial.println(" HTTP/1.0");
} else {
Serial.println("Fallo en la conexion");
}
if(!client.connected()) {
Serial.println("Disconnected!");
}
client.stop();
client.flush();
}
}

```

## Anexo (K) (Programación página web )

Dentro de este proceso se debe programar pestaña por pestaña para lograr la correcta funcionalidad de cada uno, todas las pestañas deben generar un archivo .php y el abrir cada pestaña genera un enlace al diferente archivo para visualizarlo.

- **INICIO (index2s.php)**

```

<?php
    $conexion=mysqli_connect('localhost','emapar','emapar','medicion');
?>

```

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<style type="text/css">
table, td, th {
    border: 1px solid black;
    border-collapse: collapse;
    background-color: #FF9;
    color: #000;
    text-align: center;
    font-family: Arial;
    }
th, td {
    padding: 20px;
}

thead {
    background-color: #6F9;
    border-bottom: solid 5px #333;
    }

table#second {
    width: 100%;
    text-align: center;
    padding: 12px;
    }
</style>
<head>
<meta charset="utf-8">
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<!-- Las 3 metaetiquetas anteriores * deben * ser lo primero en la cabeza;
cualquier otro contenido principal debe venir * después * de estas etiquetas --
>
<title>TESIS EP-EMAPAR</title>

```

```

<!-- Bootstrap -->
<link href="css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
<link rel="stylesheet" href="css/font-awesome.min.css">
<link rel="stylesheet" href="css/animate.css">
<link href="css/animate.min.css" rel="stylesheet">
<link href="css/style.css" rel="stylesheet" />
</head>

<body>
  <header id="header">
    <nav class="navbar navbar-default navbar-static-top" role="banner">
      <div class="container">
        <div class="navbar-header">
          <button type="button" class="navbar-toggle" data-toggle="collapse"
data-target=".navbar-collapse">
            <span class="sr-only">Toggle navigation</span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
          </button>
          <div class="navbar-brand">
            <a href="index2s.php"><h1>EP-</h1>
            <a href="index2s.php"></a>
            <h1>EMAPAR</h1>
            </a>
          </div>
          <span class="navbar-brand"><a href="index2s.php"><span
class="wow fadeInUp"> </span></a></span> </div>
          <div class="navbar-collapse collapse">
            <div class="menu">
              <ul class="nav nav-tabs" role="tablist">

```

```

        <li role="presentation"><a href="index2s.php"
class="active">INICIO</a></li>
        <li role="presentation"><a href="about.html">ACERCA
DE</a></li>
        <li role="presentation"><a href="services2.php">PISCINA
1</a></li>
        <li role="presentation"><a href="gallery2.php">PISCINA
2</a></li>
        <li role="presentation"><a href="contact.html">Contact</a></li>
    </ul>
</div>
</div>
</div>
</div>
<!--/.container-->
</nav>
<!--/nav-->
</header>
<!--/header-->

<div class="slider">
    <div id="about-slider">
        <div id="carousel-slider" class="carousel slide" data-ride="carousel">
            <!-- Indicators -->
            <ol class="carousel-indicators visible-xs">
                <li data-target="#carousel-slider" data-slide-to="0"
class="active"></li>
                <li data-target="#carousel-slider" data-slide-to="1"></li>
                <li data-target="#carousel-slider" data-slide-to="2"></li>
            </ol>

            <div class="carousel-inner">
                <div class="item active">

```

```


<div class="carousel-caption">
<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-delay="0.3s">
<h2><span>Monitoreo agua potable Riobamba</span></h2>
</div>
<div class="col-md-10 col-md-offset-1">
<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-delay="0.6s">

</div>
</div>
<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-delay="0.9s">

</div>
</div>
</div>
<div class="item">

<div class="carousel-caption">
<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-delay="1.0s">
<h2>Atención al Cliente </h2>
</div>
<div class="col-md-10 col-md-offset-1">
<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-delay="0.6s">
<p>Responsabilidad Social</p>
</div>
</div>

```

```

<div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-
delay="1.6s">

    </div>
</div>
</div>
<div class="item">
    
    <div class="carousel-caption">
        <div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-
delay="0.3s">
            <h2>comite de seguridad</h2>
        </div>
        <div class="col-md-10 col-md-offset-1">
            <div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-
delay="0.6s">
                <p>2020</p>
            </div>
        </div>
        <div class="wow fadeInUp" data-wow-offset="0" data-wow-
delay="0.9s">

            </div>
        </div>
        </div>
        </div>

        <a class="left carousel-control hidden-xs" href="#carousel-slider" data-
slide="prev">

            <i class="fa fa-angle-left"></i>
        </a>

```

```

<a class=" right carousel-control hidden-xs" href="#carousel-slider"
data-slide="next">
                <i class="fa fa-angle-right"></i>
            </a>
        </div>
    <!--/#carousel-slider-->
</div>
<!--/#about-slider-->
</div>
<!--/#slider-->

<div class="about">
    <div class="container">
        <div class="text-center">
            <h2>Parametros de la calidad del agua </h2>
            <div class="col-md-10 col-md-offset-1">
                <p>El agua es un recurso natural que posee un conjunto de
propiedades y características que la vuelven única, por lo que es indispensable
conservar este recurso no renovable dándole un tratamiento adecuado para
cumplir así con los requisitos físicos, químicos y bacteriológicos. .</p>
            </div>

            <h3> Parámetros Piscina 1 </h3>
            <table style="width: 100%">
                <thead>
                    <tr>
                        <th> id </th>
                        <th> Ph </th>
                        <th> Temperatura </th>
                        <th> Turbidez </th>
                        <th> Conductividad </th>
                        <th> Fecha y Hora </th>
                    </tr>

```

```

</thead>
    <?php
        $sql="SELECT * from datos ORDER BY id DESC LIMIT 1";
        $result=mysqli_query($conexion,$sql);

        while($mostrar=mysqli_fetch_array($result)){
            ?>

            <tr>
                <td><?php echo $mostrar['id'] ?></td>
                <td><?php echo $mostrar['ph'] ?></td>
                <td><?php echo $mostrar['temperatura'] ?></td>
                <td><?php echo $mostrar['turbidez'] ?></td>
                <td><?php echo $mostrar['conductividad'] ?></td>
            <td><?php echo $mostrar['Fecha y Hora'] ?></td>
            </tr>
        <?php
        }
        ?>
    </table>

<div>
    <h3> Parámetros Piscina 2 </h3>
    <table id="second">
        <thead>
            <tr>
                <th> id </th>
                <th> Ph </th>
                <th> Temperatura </th>
                <th> Turbidez </th>
                <th> Conductividad </th>
                <th> Fecha y Hora </th>
            </tr>

```

```

</thead>

<?php
$sql="SELECT * from datos2 ORDER BY id DESC LIMIT 1";
$result=mysqli_query($conexion,$sql);

while($mostrar=mysqli_fetch_array($result)){
    ?>

    <tr>
        <td><?php echo $mostrar['id'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['ph'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['temperatura'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['turbidez'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['conductividad'] ?></td>
    <td><?php echo $mostrar['Fecha y Hora'] ?></td>
    </tr>
<?php
}
?>
</table>
<div>
<html>

    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-
8">

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1">

    <title>Highcharts Example</title>

    <style type="text/css">

    </style>

```

```

<body>
<script src="code/highcharts.js"></script>
<script src="code/modules/data.js"></script>
<script src="code/modules/drilldown.js"></script>

<div id="container" style="min-width: 310px; height: 400px; margin: 0
auto"></div>

    <script type="text/javascript">
// Create the chart
Highcharts.chart('container', {
  chart: {
    type: 'column'
  },
  title: {
    text: 'Parámetros de calidad del agua'
  },
  subtitle: {
    text: 'Valores actuales del pH, Temperatura, Turbidez y Conductividad'
  },
  xAxis: {
    type: 'category'
  },
  yAxis: {
    title: {
      text: 'Nivel actual de medición'
    }
  },
  legend: {
    enabled: false
  },

```

```

plotOptions: {
  series: {
    borderWidth: 0,
    dataLabels: {
      enabled: true,
      format: '{point.y:.1f}'
    }
  }
},

tooltip: {
  headerFormat: '<span style="font-size:11px">{series.name}</span><br>',
  pointFormat: '<span style="color:{point.color}">{point.name}</span>:
<b>{point.y:.2f}%</b> of total<br/>'
},

series: [
  {
    name: "Parámetro",
    colorByPoint: true,
    data: [
      {
        name: "pH",
        y: 8.63,
        drilldown: "pH"
      },
      {
        name: "Temperatura[°C] ",
        y: 19.13,
        drilldown: "Temperatura"
      },
      {

```

```

        name: "Turbidez [NTU]",
        y: 1.03,
        drilldown: "Turbidez"
    },
    {
        name: "Conductividad [mS/cm]",
        y: 18.01,
        drilldown: "Conductividad"
    }
]
},
drilldown: {
    series: [
        {
            name: "Chrome",
            id: "Chrome",
            data: [
                [
                    "v65.0",
                    0.1
                ],
                [
                    "v64.0",
                    1.3
                ],
                [
                    "v63.0",
                    53.02
                ],
                [
                    "v62.0",
                    1.4
                ]
            ]
        }
    ]
}

```

*],*  
*[*  
*"v61.0",*  
*0.88*  
*],*  
*[*  
*"v60.0",*  
*0.56*  
*],*  
*[*  
*"v59.0",*  
*0.45*  
*],*  
*[*  
*"v58.0",*  
*0.49*  
*],*  
*[*  
*"v57.0",*  
*0.32*  
*],*  
*[*  
*"v56.0",*  
*0.29*  
*],*  
*[*  
*"v55.0",*  
*0.79*  
*],*  
*[*  
*"v54.0",*  
*0.18*  
*],*

```
[
  "v51.0",
  0.13
],
[
  "v49.0",
  2.16
],
[
  "v48.0",
  0.13
],
[
  "v47.0",
  0.11
],
[
  "v43.0",
  0.17
],
[
  "v29.0",
  0.26
]
],
{
  name: "Firefox",
  id: "Firefox",
  data: [
    [
      "v58.0",
      1.02
    ]
  ]
}
```

*],*  
*[*  
*"v57.0",*  
*7.36*  
*],*  
*[*  
*"v56.0",*  
*0.35*  
*],*  
*[*  
*"v55.0",*  
*0.11*  
*],*  
*[*  
*"v54.0",*  
*0.1*  
*],*  
*[*  
*"v52.0",*  
*0.95*  
*],*  
*[*  
*"v51.0",*  
*0.15*  
*],*  
*[*  
*"v50.0",*  
*0.1*  
*],*  
*[*  
*"v48.0",*  
*0.31*  
*],*

```
[
  "v47.0",
  0.12
]
],
{
  name: "Internet Explorer",
  id: "Internet Explorer",
  data: [
    [
      "v11.0",
      6.2
    ],
    [
      "v10.0",
      0.29
    ],
    [
      "v9.0",
      0.27
    ],
    [
      "v8.0",
      0.47
    ]
  ]
},
{
  name: "Safari",
  id: "Safari",
  data: [
    [
```

```
        "v11.0",
        3.39
    ],
    [
        "v10.1",
        0.96
    ],
    [
        "v10.0",
        0.36
    ],
    [
        "v9.1",
        0.54
    ],
    [
        "v9.0",
        0.13
    ],
    [
        "v5.1",
        0.2
    ]
    ]
}
]
}
});

</script>
</body>
</html>

</div>
```

```

</div>

    </div>
</div>
</div>
<hr>

<div class="services">
  <div class="container">
    <div class="text-center">
      <h2>Trabajando para ti</h2>
    </div>
    <div class="col-md-3 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="300ms">
      <i class="fa fa-heart-o"></i>
      <h3>Call Center</h3>
      
      <p>La Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Riobamba
(EP-Emapar), pone a disposición de la ciudadanía su línea de atención al
cliente 3730800,</p>
    </div>
    <div class="col-md-3 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="600ms">
      <i class="fa fa-cloud"></i>
      <h3>Oficina Virtual</h3>
      <p>Accesibilidad web para grupos de personas con atención
prioritaria.</p>
    </div>
    <div class="col-md-3 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="900ms">
      <i class="fa fa-book"></i>
      <h3>Consulta de planillas</h3>

```

<p>Consultas online con su numero de cédula.</p>

</div>

<div class="col-md-3 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-wow-delay="1200ms">

<i class="fa fa-gear"></i>

<h3>EMAPAR INTERVIENE ANTE FUERTE PRECIPITACIÓN EN LA CIUDAD</h3>

<p> la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable de Riobamba (EP-Emapar) acudió de manera inmediata a la atención de reportes generados a través del ECU 911.</p>

</div>

</div>

</div>

<section class="action">

<div class="container">

<div class="left-text hidden-xs">

<h4>Amet porro numquam ratione</h4>

<p><em>Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit. Nisi ut explicabo magni sapiente.</em><br><br>Inventore at quia, vel in repellendus, cumque dolorem autem ad quidem mollitia porro blanditiis atque rerum debitis eveniet nostrum aliquam.

Sint aperiam expedita sapiente amet officia quis perspiciatis adipisci, iure dolorem esse exercitationem!</p>

</div>

<div class="right-image hidden-xs"></div>

</div>

</section>

<div class="gallery">

<div class="text-center">

<h2>Galeria</h2>

<p>Proceso para lograr los escenarios de proceso de control </p>

```

</div>
<div class="container">
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Sistema General</h4>
        <p>Esquema Sistema de monitoreo y Control automático de
dosificación de cloro en las plantas de tratamiento de agua potable.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Diagrama de bloques</h4>
        <p>Proceso del sistema ejecutado.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Diagrama de Flujo</h4>
        <p>Se presenta la forma de recopilación de información, los diseños y
simulación, el flujo de proceso de la implementación y validación.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
</div>

```

```

<div class="container">
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Esquema estación central</h4>
        <p>Servidor para proceso de recolección, proceso,
almacenamiento, visualización y control.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Nodos inalámbricos</h4>
        <p>Proceso de recolección de datos a través de sensores para
enviarlos de forma inalámbrica.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
  <div class="col-md-4">
    <figure class="effect-marley">
      
      <figcaption>
        <h4>Esquemático placa</h4>
        <p>Esquema para creación de placas en Proteus.</p>
      </figcaption>
    </figure>
  </div>
</div>

```

```

<footer>
  <div class="container">
    <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="300ms">
      <h4>About Us</h4>
      <p>EP-Emapar Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de
la ciudad de Riobamba.</p>
      <div class="contact-info">
        <ul>
          <li><i class="fa fa-home fa"></i>Londres, Riobamba, ECU </li>
          <li><i class="fa fa-phone fa"></i> (03) 373-0800</li>
          <li><i class="fa fa-envelope fa"></i> @EmaparRiobamba</li>
        </ul>
      </div>
    </div>

    <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="600ms">
      <div class="text-center">
        <h4>Photo Gallery</h4>
        <ul class="sidebar-gallery">
          <li><a href="#"></a></li>
          <li><a href="#"></a></li>
          <li><a href="#"></a></li>
          <li><a href="#"></a></li>
          <li><a href="#"></a></li>
          <li><a href="#"></a></li>
        </ul>
      </div>
    </div>

    <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="900ms">

```

```

<div class="">
  <h4> PÁgina para visualizaciÓn de parÁmetros de calidad del agua
</h4>
  <p>SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD
FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA
DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AIREADORES DE LA EP-EMAPAR </p>
  <div class="btn-gamp">
    <input type="email" class="form-control" id="exampleInputEmail3"
placeholder="Enter Email">
  </div>
  <div class="btn-gamp">
    <a type="submit" class="btn btn-default">Subscribe</a>
  </div>

</div>
</div>

</div>
</footer>

<div class="sub-footer">
  <div class="container">
    <div class="social-icon">
      <div class="col-md-4">
        <ul class="social-network">
          <li><a href="#" class="fb tool-tip" title="Facebook"><i class="fa
fa-facebook"></i></a></li>
          <li><a href="#" class="twitter tool-tip" title="Twitter"><i class="fa
fa-twitter"></i></a></li>
          <li><a href="#" class="gplus tool-tip" title="Google Plus"><i
class="fa fa-google-plus"></i></a></li>

```

```

        <li><a href="#" class="linkedin tool-tip" title="Linkedin"><i
class="fa fa-linkedin"></i></a></li>
        <li><a href="#" class="ytube tool-tip" title="You Tube"><i
class="fa fa-youtube-play"></i></a></li>
    </ul>
</div>
</div>

<div class="col-md-4 col-md-offset-4">
    <div class="copyright">
        &copy; Juank_B. All Rights Reserved.
    <div class="credits">

        <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?vie
w_as=subscriber">Emapar themes</a> by <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?vie
w_as=subscriber">EP-EMAPAR</a>
    </div>
</div>
</div>
</div>
</div>

<!-- jQuery (necessary for Bootstrap's JavaScript plugins) -->
<script src="js/jquery.js"></script>
<!-- Include all compiled plugins (below), or include individual files as
needed -->
<script src="js/bootstrap.min.js"></script>
<script src="js/wow.min.js"></script>
<script>
    wow = new WOW({}).init();
</script>

```

```
</body>
```

```
</html>
```

- **ACERCA DE (about.html)**

```
<!DOCTYPE html>
```

```
<html lang="en">
```

```
<head>
```

```
<meta charset="utf-8">
```

```
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
```

```
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
```

```
<!-- Las 3 metaetiquetas anteriores * deben * ser lo primero en la cabeza;  
cualquier otro contenido principal debe venir * después * de estas etiquetas -->
```

```
<title>PLANTILLA | WEB 4</title>
```

```
<!-- Bootstrap -->
```

```
<link href="css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
```

```
<link rel="stylesheet" href="css/font-awesome.min.css">
```

```
<link rel="stylesheet" href="css/animate.css">
```

```
<link href="css/animate.min.css" rel="stylesheet">
```

```
<link href="css/style.css" rel="stylesheet" />
```

```
</head>
```

```
<body>
```

```
<header id="header">
```

```
<nav class="navbar navbar-default navbar-static-top" role="banner">
```

```
<div class="container">
```

```
<div class="navbar-header">
```

```
<button type="button" class="navbar-toggle" data-toggle="collapse" data-  
target=".navbar-collapse">
```

```
<span class="sr-only">Toggle navigation</span>
```

```

        <span class="icon-bar"></span>
        <span class="icon-bar"></span>
        <span class="icon-bar"></span>
    </button>
    <div class="navbar-brand">
        <a href="index2.php"></a><span class="wow fadeInUp"></span></a></span>
    </div>
</div>
<div class="navbar-collapse collapse">
    <div class="menu">
        <ul class="nav nav-tabs" role="tablist">
            <li role="presentation"><a href="index2.php">Inicio</a></li>
            <li role="presentation"><a href="about.html" class="active">Acerca
de </a></li>
            <li role="presentation"><a href="services.php">Piscina 1</a></li>
            <li role="presentation"><a href="gallery.php">Piscina 2</a></li>
            <li role="presentation"><a href="contact.html">Contact</a></li>
        </ul>
    </div>
</div>
</div>
<!--/.container-->
</nav>
<!--/nav-->
</header>
<!--/header-->

<div class="about">
    <div class="container">
        <div class="text-center">
            <h2>La importancia del Agua </h2>
            <div class="col-md-10 col-md-offset-1">

```

*<p>La Organización Mundial de la Salud (OMS), define el agua como un aspecto esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro adecuado (inocuo, suficiente y accesible). Por tal motivo uno de los aspectos primarios que pone hincapié la OMS es el abastecimiento apropiado del agua potable.</p>*

*</div>*

*<div class="col-md-6 col-sm-6 col-xs-6">*

*<div class="btn-gamp"><a href="#">Learn More</a></div>*

*</div>*

*<div class="col-md-6 col-sm-6 col-xs-6">*

*<div class="gamp-btn"><a href="#">download</a></div>*

*</div>*

*</div>*

*</div>*

*</div>*

*<hr>*

*<section id="about-us">*

*<div class="container">*

*<div class="text-center wow fadeInDown">*

*<h2>Variables a considerar </h2>*

*<p>recopilación diaria de los parámetros de pH, conductividad, temperatura y turbidez los cuales establecen la cantidad de cloro óptimo</p>*

*</div>*

*<div class="skill-wrap clearfix">*

*<div class="row">*

*<div class="col-sm-3">*

*<div class="sinlge-skill wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-wow-delay="950ms">*

*<div class="joomla-skill">*

*<p><em>95%</em></p>*

```

        <p>PH</p>
    </div>
</div>
</div>

<div class="col-sm-3">
    <div class="single-skill wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="750ms">
        <div class="html-skill">
            <p><em>75%</em></p>
            <p>TEMPERATURA</p>
        </div>
    </div>
</div>

<div class="col-sm-3">
    <div class="single-skill wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="800ms">
        <div class="css-skill">
            <p><em>80%</em></p>
            <p>TURBIDEZ</p>
        </div>
    </div>
</div>

<div class="col-sm-3">
    <div class="single-skill wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms"
data-wow-delay="850ms">
        <div class="wp-skill">
            <p><em>85%</em></p>
            <p>conductividad</p>
        </div>
    </div>
</div>

```

```

</div>
</div>
</div>

<!-- our-team -->
<div class="team">
  <div class="text-center wow fadeInDown">
    <h2> Procesos a utilizar </h2>
    <p> Analisis de herramientas para realizar el mejoramiento continuo del
agua potable en la planta de tratamientos cumpliendo asi la norma establecida en
el pais</p>
  </div>

  <div class="row clearfix">
    <div class="col-md-4 col-sm-6">
      <div class="single-profile-top wow fadeInDown" data-wow-
duration="1000ms" data-wow-delay="300ms">
        <div class="media">
          <div class="pull-left">
            <a href="#"></a>
          </div>
          <div class="media-body">
            <h4> INEN 1108</h4>
            <h5> Norma ecuatoriana vigente</h5>
          </div>
        </div>
      <!--/.media -->
      <p> Ecuador cuenta con la NTE INEN 1108 vigente desde el año 2014
donde establece los parámetros de calidad óptimos para el consumo del agua
potable. El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un
derecho humano fundamental, muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a
beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de

```

*enfermedades a niños y adultos, generalmente estas fuentes hídricas son subterráneas.*

</div>

</div>

<!--/.col-lg-4 --><!--/.col-lg-4 -->

</div>

<!--/.row -->

<div class="row team-bar">

<div class="col-md-4 col-sm-6 col-md-offset-2">

<div class="single-profile-top wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-wow-delay="600ms">

<!--/.media -->

<p><span class="pull-left"><a href="#"></a></span></p>

<div class="media">

<div class="pull-left"></div>

<div class="media-body">

<h4>Sistema de Monitoreo</h4>

<h5>Visualización de datos </h5>

</div>

</div>

<p>&nbsp;</p>

*Es un proceso sistemático de recolectar, utilizar y analizar información sin el uso de ningún medio físico con el cual se realiza el seguimiento de principios, procesos, procedimientos y practicas operativas formando así el desarrollo de un conjunto de herramientas integradas los cuales llevan a una guía de decisiones de gestión.*

</div>

</div>

<p>&nbsp;</p>

<p>&nbsp;</p>

<p>&nbsp;</p>

<p>&nbsp;</p>

```

<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
</div>
<!--skill_border-->

<div class="row clearfix">
  <div class="col-md-4 col-sm-6 col-md-offset-2">
    <div class="single-profile-bottom wow fadeInUp" data-wow-
duration="1000ms" data-wow-delay="600ms">
      <div class="media">
        <div class="pull-left">
          <a href="#"></a>
        </div>

        <div class="media-body">
          <h4> Open Source</h4>
          <h4>Software y Hardware</h4>

        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
<!--/.media -->
  <p>Se califica como open source, por lo tanto, a los programas
informáticos que permiten el acceso a su código de programación, lo que facilita
modificaciones por parte de otros programadores ajenos a los creadores
originales del software en cuestión.</p>
</div>
</div>
<div class="col-md-4 col-sm-6 col-md-offset-2">

```

```

<div class="single-profile-bottom wow fadeInUp" data-wow-
duration="1000ms" data-wow-delay="600ms">
  <div class="media">
    <div class="pull-left">
      <a href="#"></a>
    </div>
    <div class="media-body">
      <h4>Sistema de Control</h4>
      <h5>Automático</h5>

    </div>
  </div>
  <!--/.media -->
  <p>Para el control automático de la dosificación del cloro se hará un
análisis de los sensores y dependiendo a los valores entregados se procederá a
enviar la cantidad de cloro que se ingresa a los tanques de reserva de agua y así
obtener la purificación más idónea del líquido vital..</p>
  </div>
</div>
<!--/.row-->
</div>
<!--section-->
</div>
<!--/.container-->
</section>
<!--/about-us-->

<footer>
  <div class="container">
    <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="300ms">

```

<h4>Acerca de</h4>

<p>SISTEMA DE MONITOREO DE PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOS DEL AGUA Y CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AIREADORES DE LA EP-EMAPAR.</p>

<div class="contact-info">

<ul>

<li><i class="fa fa-home fa"></i>EP-EMAPAR

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Riobamba

</li>

<li><i class="fa fa-phone fa"></i> +38 000 129900</li>

<li><i class="fa fa-envelope fa"></i> @EmaparRiobamba</li>

</ul>

</div>

</div>

<div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-wow-delay="600ms">

<div class="text-center">

<h4>Photo Gallery</h4>

<ul class="sidebar-gallery">

<li><a href="#"></a></li>

<li><a href="#"></a></li>

<li><a href="#"></a></li>

<li><a href="#"></a></li>

<li><a href="#"></a></li>

<li><a href="#"></a></li>

</ul>

</div>

</div>

<div class="btn-gamp">

```

        <input type="email" class="form-control" id="exampleInputEmail3"
placeholder="Enter Email">
    </div>
    <div class="btn-gamp">
        <a type="submit" class="btn btn-default">Subscribe</a>
    </div>

</div>

</div>
</footer>

<div class="sub-footer">
    <div class="container">
        <div class="social-icon">
            <div class="col-md-4">
                <ul class="social-network">
                    <li><a href="#" class="fb tool-tip" title="Facebook"><i class="fa fa-
facebook"></i></a></li>
                    <li><a href="#" class="twitter tool-tip" title="Twitter"><i class="fa fa-
twitter"></i></a></li>
                    <li><a href="#" class="gplus tool-tip" title="Google Plus"><i class="fa
fa-google-plus"></i></a></li>
                    <li><a href="#" class="linkedin tool-tip" title="Linkedin"><i class="fa
fa-linkedin"></i></a></li>
                    <li><a href="#" class="ytube tool-tip" title="You Tube"><i class="fa fa-
youtube-play"></i></a></li>
                </ul>
            </div>
        </div>
    </div>

    <div class="col-md-4 col-md-offset-4">
        <div class="copyright">

```

*&copy; ProOnliPc Theme. All Rights Reserved.*

```
<div class="credits">
```

```
</div>
```

```
<!-- jQuery (necessary for Bootstrap's JavaScript plugins) -->
```

```
<script src="js/jquery.js"></script>
```

```
<!-- Include all compiled plugins (below), or include individual files as needed -->
```

```
>
```

```
<script src="js/bootstrap.min.js"></script>
```

```
<script src="js/wow.min.js"></script>
```

```
<script>
```

```
  wow = new WOW({}).init();
```

```
</script>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

- **PISCINA 1 (services2.php)**

```
<?php
```

```
  $conexion=mysqli_connect('localhost','emapar','emapar','medicion');
```

```
?>
```

```
<!DOCTYPE html>
```

```
<html lang="en">
```

```
<style type="text/css">
```

```
table, td, th {
```

```

        border: 1px solid black;
        border-collapse: collapse;
        color: #000;
        text-align: center;
        font-family: Arial;

    }
th, td{
    padding: 20px;
}

        thead{
            background-color: #6F9;
            border-bottom: solid 5px #333;

        }

table#second{
    width: 100%;
    text-align: center;
    padding: 12px;
}

#apDiv1 {
    position: absolute;
    width: 270px;
    height: 217px;
    z-index: 1001;
    left: 5px;
    top: 244px;
}

#apDiv2 {
    position: absolute;
    width: 294px;
    height: 218px;

```

```

        z-index: 1001;
        left: 289px;
        top: 245px;
    }
    #apDiv3 {
        position: absolute;
        width: 266px;
        height: 218px;
        z-index: 1002;
        left: 593px;
        top: 244px;
    }
    #apDiv4 {
        position: absolute;
        width: 238px;
        height: 219px;
        z-index: 1003;
        left: 872px;
        top: 244px;
    }
</style>

<head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
    <!-- Las 3 metaetiquetas anteriores * deben * ser lo primero en la cabeza;
    cualquier otro contenido principal debe venir * después * de estas etiquetas -->
    <title>PLANTILLA | WEB 4</title>

    <!-- Bootstrap -->
    <link href="css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
    <link rel="stylesheet" href="css/font-awesome.min.css">

```

```

<link rel="stylesheet" href="css/animate.css">
<link href="css/animate.min.css" rel="stylesheet">
<link href="css/style.css" rel="stylesheet" />

</head>

<body>
  <header id="header">
    <nav class="navbar navbar-default navbar-static-top" role="banner">
      <div class="container">
        <div class="navbar-header">
          <button type="button" class="navbar-toggle" data-toggle="collapse" data-
target=".navbar-collapse">
            <span class="sr-only">Toggle navigation</span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
            <span class="icon-bar"></span>
          </button>
          <div class="navbar-brand">
            <a href="index2s.php"><h1>EP-EMAPAR</h1></a>
          </div>
        </div>
        <div class="navbar-collapse collapse">
          <div class="menu">
            <ul class="nav nav-tabs" role="tablist">
              <li role="presentation"><a href="index2s.php">Inicio</a></li>
              <li role="presentation"><a href="about.html">Acerca de</a></li>
              <li role="presentation"><a href="services2.php"
class="active">Piscina 1</a></li>
              <li role="presentation"><a href="gallery2.php">Piscina 2</a></li>
              <li role="presentation"><a href="contact.html">Contact</a></li>
            </ul>
          </div>
        </div>
      </div>
    </nav>
  </header>

```

```

</div>
<div id="apDiv1">
  <html>

    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-
8">

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1">

    <title>Highcharts Example</title>

    <style type="text/css">

    </style>

    <body>
<script src="code/highcharts.js"></script>
<script src="code/highcharts-more.js"></script>
<script src="code/modules/exporting.js"></script>
<script src="code/modules/export-data.js"></script>

<div id="container" style="min-width: 310px; max-width: 300px; height: 300px;
margin: 0 auto"></div>

    <script type="text/javascript">
Highcharts.chart('container', {

  chart: {
    type: 'gauge',
    plotBackgroundColor: null,
    plotBackgroundImage: null,
    plotBorderWidth: 0,

```

```

    plotShadow: false
  },

  title: {
    text: 'pH'
  },

  pane: {
    startAngle: -150,
    endAngle: 150,
    background: [{
      backgroundColor: {
        linearGradient: { x1: 0, y1: 0, x2: 0, y2: 1 },
        stops: [
          [0, '#FFF'],
          [1, '#333']
        ]
      },
    }, {
      backgroundColor: {
        linearGradient: { x1: 0, y1: 0, x2: 0, y2: 1 },
        stops: [
          [0, '#333'],
          [1, '#FFF']
        ]
      },
    }, {
      // default background
    }, {

```

```

    backgroundColor: '#DDD',
    borderWidth: 0,
    outerRadius: '105%',
    innerRadius: '103%'
  }]
},

// the value axis
yAxis: {
  min: 0,
  max: 14,

  minorTickInterval: 'auto',
  minorTickWidth: 1,
  minorTickLength: 10,
  minorTickPosition: 'inside',
  minorTickColor: '#666',

  tickPixelInterval: 30,
  tickWidth: 2,
  tickPosition: 'inside',
  tickLength: 10,
  tickColor: '#666',
  labels: {
    step: 2,
    rotation: 'auto'
  },
  title: {
    text: 'pH'
  },
  plotBands: [{
    from: 0,
    to: 4,

```

```
        color: '#ff8000' // green
    }, {
        from: 4,
        to: 6,
        color: '#ffff00' // yellow
    }, {
        from: 6,
        to: 9,
        color: '#008000' // red
    },
    {
        from: 9,
        to: 14,
        color: '#0000ff' // red
    }
]
},

series: [{
    name: 'Valor',
    data: [6],
    tooltip: {
        valueSuffix: ' pH'
    }
}]

},

// Add some life
function (chart) {
    if (!chart.renderer.forExport) {
        setInterval(function () {
            var point = chart.series[0].points[0],
                newVal,
```

```

        inc = Math.round((Math.random() - 0.5) * 2);

        newVal = point.y + inc;
        if (newVal < 0 || newVal > 14) {
            newVal = point.y - inc;
        }

        point.update(newVal);

    }, 3000);
}
});

</script>
</body>
</html>
</div>
</div>
<!--/.container-->
</nav>
<!--/nav-->
</header>
<!--/header-->

</div>

<h3>&nbsp;</h3>
<h3>Parámetros Piscina 1 </h3>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>

<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>

```

```

<p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>

<table style="width: 100%">
  <thead>
    <tr>
      <th> id </th>
      <th> Ph </th>
      <th> Temperatura </th>
      <th> Turbidez </th>
      <th> Conductividad </th>
      <th> Fecha y Hora </th>
    </tr>
  </thead>
  <?php
  $sql="SELECT * from datos";
  $result=mysqli_query($conexion,$sql);

  while($mostrar=mysqli_fetch_array($result)){
    ?>

    <tr>
      <td><?php echo $mostrar['id'] ?></td>
      <td><?php echo $mostrar['ph'] ?></td>
      <td><?php echo $mostrar['temperatura'] ?></td>
      <td><?php echo $mostrar['turbidez'] ?></td>

```

```

        <td><?php echo $mostrar['conductividad'] ?></td>
    <td><?php echo $mostrar['Fecha y Hora'] ?></td>
    </tr>
    <?php
    }
    ?>
</table>

<footer>
    <div class="container">
        <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="300ms">
            <h4>About Us</h4>
            <p>SystemDNS is tellus ac cursus commodo, mauesris condime ntum nibh,
ut fermentum mas justo sitters.</p>
            <div class="contact-info">
                <ul>
                    <li><i class="fa fa-home fa"></i> Suite 54 Elizebth Street, Victoria State
Newyork, USA </li>
                    <li><i class="fa fa-phone fa"></i> +38 000 129900</li>
                    <li><i class="fa fa-envelope fa"></i> info@domain.net</li>
                </ul>
            </div>
        </div>

        <div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="600ms">
            <div class="text-center">
                <h4>Photo Gallery</h4>
                <ul class="sidebar-gallery">
                    <li><a href="#"></a></li>
                    <li><a href="#"></a></li>
                </ul>
            </div>
        </div>
    </div>

```

```

<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
</ul>
</div>
</div>

```

```

<div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="900ms">

```

```

<h4>Newsletter Registration</h4>

```

```

<p>Subscribe to SystemDNS to receive the latest SystemDNS news via email.

```

```

You may unsubscribe from this service at any time</p>

```

```

<div class="btn-gamp">

```

```

<input type="email" class="form-control" id="exampleInputEmail3"

```

```

placeholder="Enter Email">

```

```

</div>

```

```

<div class="btn-gamp">

```

```

<a type="submit" class="btn btn-default">Subscribe</a>

```

```

</div>

```

```

</div>

```

```

</div>

```

```

</footer>

```

```

<div class="sub-footer">

```

```

<div class="container">

```

```

<div class="social-icon">

```

```

<div class="col-md-4">

```

```

<ul class="social-network">

```

```

<li><a href="#" class="fb tool-tip" title="Facebook"><i class="fa fa-
facebook"></i></a></li>

```

```

<li><a href="#" class="twitter tool-tip" title="Twitter"><i class="fa fa-
twitter"></i></a></li>

```

```

        <li><a href="#" class="gplus tool-tip" title="Google Plus"><i class="fa
fa-google-plus"></i></a></li>
        <li><a href="#" class="linkedin tool-tip" title="Linkedin"><i class="fa
fa-linkedin"></i></a></li>
        <li><a href="#" class="ytube tool-tip" title="You Tube"><i class="fa fa-
youtube-play"></i></a></li>
    </ul>
</div>
</div>

<div class="col-md-4 col-md-offset-4">
    <div class="copyright">
        &copy; ProOnliPc Theme. All Rights Reserved.
    <div class="credits">

        <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?view_
as=subscriber">ProOnliPc Themes</a> by <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?view_
as=subscriber">ProOnliPc</a>

    </div>
</div>
</div>
</div>
</div>

<!-- jQuery (necessary for Bootstrap's JavaScript plugins) -->
<script src="js/jquery.js"></script>
<!-- Include all compiled plugins (below), or include individual files as needed --
>
<script src="js/bootstrap.min.js"></script>
<script src="js/wow.min.js"></script>
<script>

```

```
wow = new WOW({}).init();  
</script>  
  
</body>  
  
</html>
```

- **PISCINA 2 (gallery2.php)**

```
<?php  
  
    $conexion=mysqli_connect('localhost','emapar','emapar','medicion');  
  
?>  
<!DOCTYPE html>  
<html lang="en">  
<style type="text/css">  
table, td, th {  
    border: 1px solid black;  
    border-collapse: collapse;  
    color: #000;  
    text-align: center;  
    font-family: Arial;  
  
    }  
th, td {  
    padding: 20px;  
}  
  
    thead {  
        background-color: #6F9;  
        border-bottom: solid 5px #333;  
  
        }  
}
```

```

    table#second{
        width: 100%;
        text-align:center;
        padding: 12px;
    }
</style>

<head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
    <!-- Las 3 metaetiquetas anteriores * deben * ser lo primero en la cabeza;
    cualquier otro contenido principal debe venir * después * de estas etiquetas -->
    <title>PLANTILLA | WEB 4</title>

    <!-- Bootstrap -->
    <link href="css/bootstrap.min.css" rel="stylesheet">
    <link rel="stylesheet" href="css/font-awesome.min.css">
    <link rel="stylesheet" href="css/animate.css">
    <link href="css/animate.min.css" rel="stylesheet">
    <link href="css/style.css" rel="stylesheet" />

</head>

<body>
    <header id="header">
        <nav class="navbar navbar-default navbar-static-top" role="banner">
            <div class="container">
                <div class="navbar-header">
                    <button type="button" class="navbar-toggle" data-toggle="collapse" data-
target=".navbar-collapse">
                        <span class="sr-only">Toggle navigation</span>
                        <span class="icon-bar"></span>

```

```

        <span class="icon-bar"></span>
        <span class="icon-bar"></span>
    </button>
<div class="navbar-brand">
    <a href="index2s.php"><h1>EP-EMAPAR</h1></a>
</div>
</div>
<div class="navbar-collapse collapse">
    <div class="menu">
        <ul class="nav nav-tabs" role="tablist">
            <li role="presentation"><a href="index2s.php">Inicio</a></li>
            <li role="presentation"><a href="about.html">Acerca de</a></li>
            <li role="presentation"><a href="services2.php" >Piscina 1</a></li>
            <li role="presentation"><a href="gallery2.php" class="active">Piscina
2</a></li>
            <li role="presentation"><a href="contact.html">Contact</a></li>
        </ul>
    </div>
</div>
</div>
<!--/.container-->
</nav>
<!--/nav-->
</header>
<!--/header-->

</div>
    <div id="apDiv1">
        <html>

            <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-
8">

```

```

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1">

<title>Highcharts Example</title>

<style type="text/css">

</style>

<body>
<script src="code/highcharts.js"></script>
<script src="code/highcharts-more.js"></script>
<script src="code/modules/exporting.js"></script>
<script src="code/modules/export-data.js"></script>

<div id="container" style="min-width: 310px; max-width: 300px; height: 300px;
margin: 0 auto"></div>

<script type="text/javascript">
Highcharts.chart('container', {

chart: {
type: 'gauge',
plotBackgroundColor: null,
plotBackgroundImage: null,
plotBorderWidth: 0,
plotShadow: false
},

title: {
text: 'Temperatura'
},

```

```

pane: {
  startAngle: -150,
  endAngle: 150,
  background: [{
    backgroundColor: {
      linearGradient: { x1: 0, y1: 0, x2: 0, y2: 1 },
      stops: [
        [0, '#FFF'],
        [1, '#333']
      ]
    },
    borderWidth: 0,
    outerRadius: '109%'
  }, {
    backgroundColor: {
      linearGradient: { x1: 0, y1: 0, x2: 0, y2: 1 },
      stops: [
        [0, '#333'],
        [1, '#FFF']
      ]
    },
    borderWidth: 1,
    outerRadius: '107%'
  }, {
    // default background
  }, {
    backgroundColor: '#DDD',
    borderWidth: 0,
    outerRadius: '105%',
    innerRadius: '103%'
  }]
},

```

```
// the value axis
yAxis: {
  min: 0,
  max: 50,

  minorTickInterval: 'auto',
  minorTickWidth: 1,
  minorTickLength: 10,
  minorTickPosition: 'inside',
  minorTickColor: '#666',

  tickPixelInterval: 30,
  tickWidth: 2,
  tickPosition: 'inside',
  tickLength: 10,
  tickColor: '#666',
  labels: {
    step: 2,
    rotation: 'auto'
  },
  title: {
    text: '°C'
  },
  plotBands: [{
    from: 0,
    to: 20,
    color: '#55BF3B' // green
  }, {
    from: 20,
    to: 35,
    color: '#DDDF0D' // yellow
  }, {
```

```

        from: 35,
        to: 50,
        color: '#DF5353' // red
    }}
},
series: [{
    name: 'Temperatura',
    data: [19],
    tooltip: {
        valueSuffix: ' °C'
    }
}]
},
// Add some life
function (chart) {
    if (!chart.renderer.forExport) {
        setInterval(function () {
            var point = chart.series[0].points[0],
                newVal,
                inc = Math.round((Math.random() - 0.5) * 20);

            newVal = point.y + inc;
            if (newVal < 0 || newVal > 50) {
                newVal = point.y - inc;
            }
            point.update(newVal);

        }, 3000);
    }
});

</script>
</body>
</html>

```

```

    </div>
</div>
<!--/.container-->
</nav>
<!--/nav-->
</header>
<!--/header-->

</div>
<h3> Parámetros Piscina 2 </h3>
<table style="width: 100%">
  <thead>
    <tr>
      <th> id </th>
      <th> Ph </th>
      <th> Temperatura </th>
      <th> Turbidez </th>
      <th> Conductividad </th>
      <th> Fecha y Hora </th>
    </tr>
  </thead>
  <?php
    $sql="SELECT * from datos2";
    $result=mysqli_query($conexion,$sql);

    while($mostrar=mysqli_fetch_array($result)){
      ?>
      <tr>
        <td><?php echo $mostrar['id'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['ph'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['temperatura'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['turbidez'] ?></td>
        <td><?php echo $mostrar['conductividad'] ?></td>

```

```

<td><?php echo $mostrar['Fecha y Hora'] ?></td>
</tr>
<?php
}
?>
</table>
<footer>
<div class="container">
<div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="300ms">
<h4>About Us</h4>
<p>SystemDNS is tellus ac cursus commodo, mauesris condime ntum nibh,
ut fermentum mas justo sitters.</p>
<div class="contact-info">
<ul>
<li><i class="fa fa-home fa"></i> Suite 54 Elizebth Street, Victoria State
Newyork, USA </li>
<li><i class="fa fa-phone fa"></i> +38 000 129900</li>
<li><i class="fa fa-envelope fa"></i> info@domain.net</li>
</ul>
</div>
</div>

<div class="col-md-4 wow fadeInDown" data-wow-duration="1000ms" data-
wow-delay="600ms">
<div class="text-center">
<h4>Photo Gallery</h4>
<ul class="sidebar-gallery">
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>
<li><a href="#"></a></li>

```



```

        <li><a href="#" class="linkedin tool-tip" title="Linkedin"><i class="fa
fa-linkedin"></i></a></li>

        <li><a href="#" class="ytube tool-tip" title="You Tube"><i class="fa
fa-youtube-play"></i></a></li>

    </ul>

</div>

</div>

<div class="col-md-4 col-md-offset-4">
    <div class="copyright">
        &copy; ProOnliPc Theme. All Rights Reserved.
    <div class="credits">
        <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?view_
as=subscriber">ProOnliPc Themes</a> by <a
href="https://www.youtube.com/channel/UCDH0DJaVLkCDtl_YN9hhByw?view_
as=subscriber">ProOnliPc</a>

    </div>

</div>

</div>

</div>

</div>

</div>

<!-- jQuery (necessary for Bootstrap's JavaScript plugins) -->
<script src="js/jquery.js"></script>

<!-- Include all compiled plugins (below), or include individual files as needed --
>
<script src="js/bootstrap.min.js"></script>
<script src="js/wow.min.js"></script>

<script>
    wow = new WOW({}).init();
</script>
</body>
</html>

```

## Anexo (L) Esquema de conexiones del Sistema en funcionamiento

