



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN EN TIEMPO REAL DE LOS
PARÁMETROS DE PH Y TURBIDEZ DE AGUAS RESIDUALES
CONTENIDAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

AUTOR

Erika Denisse Almeida Arcos

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN EN TIEMPO REAL DE LOS
PARÁMETROS DE PH Y TURBIDEZ DE AGUAS RESIDUALES
CONTENIDAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en redes y
telecomunicaciones”

Profesor Guía

Mg. José Julio Freire Cabrera

Autor

Erika Denisse Almeida Arcos

Año

2020

DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido este trabajo, Prototipo de un sistema de medición en tiempo real de los parámetros de pH y turbidez de aguas residuales contenidas en una planta de tratamiento, a través de reuniones periódicas con la estudiante Erika Denisse Almeida Arcos, en el semestre 202020, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



José Julio Freire Cabrera
Máster en Gerencia Empresarial
CI. 1709731457

DECLARACIÓN PROFESOR CORRECTOR

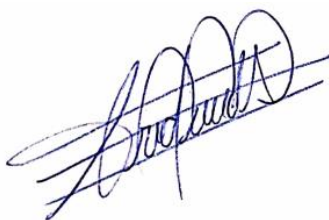
"Declaro haber revisado este trabajo, Prototipo de un sistema de medición en tiempo real de los parámetros de pH y turbidez de aguas residuales contenidas en una planta de tratamiento, de Erika Denisse Almeida Arcos, en el semestre 202020, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de Titulación".



Iván Sánchez Salazar
Máster en Calidad, Seguridad y Ambiente
CI.1803456142

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Erika Almeida', written over a horizontal line.

Erika Denisse Almeida Arcos

CI. 1725885246

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la salud y llenarme de conocimiento necesario para el comienzo este proyecto y terminarlo de manera exitosa. Así como a mis docentes, quienes, a lo largo de mi carrera, me supieron inculcar todos los conocimientos necesarios para ser un excelente profesional, de manera especial agradezco el apoyo de mis docentes guías.

De igual forma a mis padres Carlos Almeida y Liliana Arcos por su maravilloso ejemplo de vida, enseñándome valores como el respeto, la responsabilidad, honestidad entre otros, quienes me ayudaron a superarme de manera personal y profesional.

DEDICATORIA

Lo dedico a mis padres, quienes me motivaron a seguir mi carrera, con esfuerzo y dedicación cumpliendo diferentes metas y objetivos.

Quiero dedicar además este sueño cumplido a mi querida Madre, misma que con sus valiosos consejos supo guiarme y darme fuerzas en los momentos difíciles, así como a mis hermanos Andrés y Bryan Almeida, a personas cercanas que estuvieron presentes apoyándome y dándome ánimos en todo momento para alcanzar mi objetivo.

RESUMEN

El presente trabajo consiste en un prototipo para la medición en tiempo real de parámetros de pH y turbidez del agua, en una planta de tratamiento de aguas residuales. Este proyecto consiste en la conexión de dos sensores medidores de pH y turbidez con un microcontrolador para la adquisición de los datos. Posteriormente se realizará una transmisión de información mediante módulos inalámbricos por medio de comunicación wifi, almacenando datos en iCloud, para ser accedida mediante una URL o IP, presentando los datos a los usuarios interesados. Finalmente se realizarán pruebas de funcionamiento del prototipo, análisis del almacenamiento de los datos que registra el sensor con valores medidos en tiempo real. Los resultados evidenciarán, como en el prototipo de transmisión de datos permite mejorar los análisis y el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Palabras claves: pH, turbidez, sensor, iCloud, microcontrolador, URL, IP.

ABSTRACT

The present work consists of a prototype for the real-time measurement of parameters of pH and turbidity of water, in a wastewater treatment plant. This project consists of connecting two pH and turbidity measuring sensors with a microcontroller for data acquisition. Subsequently, a transmission of information is activated through wireless modules through Wi-Fi communication, storing data in iCloud, to be accessed through a URL or IP, presenting the data to interested users. Finally, tests of the prototype will be carried out, analysis of the storage of the data recorded by the sensor with measured values in real time. The results will show, as in the data transmission prototype, it allows to improve the analysis and operation of a wastewater treatment plant.

Keywords: pH, turbidity, sensor, iCloud, microcontroller, URL, IP.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes.....	1
Alcance.....	1
Justificación	2
Objetivos	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos	3
1 MARCO TEÓRICO	3
1.1 Entorno Ambiental	3
1.1.1 Planta de procesamiento de aguas residuales	3
1.1.2 Potencial de Hidrogeno (pH)	4
1.1.3 Turbidez	4
1.1.4 DQO (Demanda Química de Oxígeno).....	4
1.2 Entorno tecnológico	5
1.2.1 Módulo Arduino	5
1.2.1.1 Módulo Arduino ESP 32.....	5
1.2.1.2 Módulo ESP32-WROOM-32D.....	7
1.2.1.3 Módulo ESP32-WROOM-32U.....	7
1.2.1.4 Módulo ESP32-SOLO-1	7
1.2.1.5 Módulo ESP32- WROVER y ESP32-WROVER-I	8
1.2.1.6 ESP32-PICO-KIT v4.1	8
1.2.1.7 ESP-WROVER-KIT v3	9
1.2.1.8 ESP32-LyraT	9
1.2.1.9 ESP32 DevKitC v4	10
1.2.2 Periféricos de entrada y salida	12
1.2.2.1 Sensor de pH	13
1.2.2.2 Sensor de turbidez	13
1.2.3 Técnicas de comunicación	14
1.2.3.1 Comunicación serial.....	14
1.2.3.2 I2C	14
1.2.3.3 SPI	15
1.2.3.4 CAN	15
1.2.3.5 USART.....	15
1.2.3.6 Wifi.....	16

1.2.3.7	Bluetooth.....	17
1.2.4	Base de Datos.....	17
1.2.5	Computación en la nube.....	18
1.2.6	Lenguajes de programación.....	19
1.2.6.1	C Sharp.....	19
1.2.6.2	Python.....	20
1.2.6.3	HTML.....	20
2	ANÁLISIS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO	
	DE AGUAS RESIDUALES.....	21
2.1	Introducción.....	21
2.2	Estructura.....	21
2.3	Características de construcción de los tanques....	22
2.4	Funcionamiento de una planta de tratamiento de	
	aguas residuales.....	24
2.4.1	Etapa preliminar.....	24
2.4.1.1	Flujo y calidad.....	24
2.4.1.2	Tanque de ecualización y neutralización.....	25
2.4.2	Etapa Primaria.....	25
2.4.2.1	Filtro percolador.....	25
2.4.3	Etapa Secundaria.....	27
2.4.3.1	Reactor Percolador.....	27
2.4.3.2	Intensidad instantánea de dosificación.....	28
2.4.3.3	Calidad de vertimientos.....	28
2.4.4	Etapa Terciaria.....	29
3	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA	
	LA ADQUISICIÓN DE DATOS.....	32
3.1	Criterios de diseño.....	32
3.1.1	Análisis técnico.....	32
3.1.1.1	Análisis técnico del microcontrolador.....	33
3.1.1.2	Análisis técnico de los sensores.....	34
3.1.2	Procedimiento de medición.....	35
3.1.3	Diagrama del sistema de adquisición de datos.....	37
3.1.3.1	Diagrama del sistema de medición de pH.....	40
3.1.3.2	Diagrama del sistema de medición de turbidez.....	40

3.2	Implementación de hardware del prototipo	41
3.2.1	Materiales o componentes	41
3.2.2	Conexiones	43
3.3	Implementación de software del sistema de adquisición de datos	44
4	IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA LA TRANSMISIÓN, ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS	47
4.1	Estructura	47
4.2	Transmisión	48
4.2.1	Librerías necesarias	48
4.3	Almacenamiento	51
4.3.1	Análisis o comparativa de las opciones de iCloud.....	51
4.3.2	Configuración de las comunicaciones	53
4.4	Creación de usuarios	57
4.4.1	Usuario Administrador	57
4.4.1.1	Tipos de presentaciones del almacenamiento de datos	61
4.4.1.2	Exportación de la base de datos almacenada	62
4.4.2	Usuario Estándar	62
5	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	63
5.1	Prueba de almacenamiento manual.....	63
5.2	Prueba de conexión por medio de formulario en PHP	64
5.3	Integración del Arduino ESP32 y utilización de Wireshark	65
5.4	Comprobación del rango de medición.....	69
5.4.1	Medición de pH.....	69
5.4.2	Medición de turbidez	76
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78

6.1	Conclusiones	78
6.2	Recomendaciones	79
	REFERENCIAS.....	81
	ANEXOS	84

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Módulo ESP32	6
<i>Figura 2.</i> Módulo ESP32-WROOM-32D	7
<i>Figura 3.</i> Módulo ESP32-WROOM-32U	7
<i>Figura 4.</i> Módulo ESP32-SOLO-1	8
<i>Figura 5.</i> Módulo ESP32-WROVER y ESP32-WROVER-I.....	8
<i>Figura 6.</i> ESP32-PICO-KIT v4.1.....	9
<i>Figura 7.</i> ESP-WROVER-KIT v3	9
<i>Figura 8.</i> ESP32-LyraT.....	10
<i>Figura 9.</i> ESP32-DevKitC v4	10
<i>Figura 10.</i> Estructura de una planta de tratamiento de aguas residuales	21
<i>Figura 11.</i> Vista 3D de planta de tratamiento.	23
<i>Figura 12.</i> Vista superior 3D de planta de tratamiento.	23
<i>Figura 13.</i> Vista superior 3D de filtro percolador	26
<i>Figura 14.</i> Planta de tratamiento de aguas residuales.	29
<i>Figura 15.</i> Tanque Percolador.....	30
<i>Figura 16.</i> Tanque Homogenizador 1 de la planta de tratamiento de agua.....	30
<i>Figura 17.</i> Tanques Homogenizador 2 de la planta de tratamiento de agua....	31
<i>Figura 18.</i> Tanques Clarificadores	31
<i>Figura 19.</i> Válvulas de control de agua	32
<i>Figura 20.</i> Esquema de sensor pH.....	36
<i>Figura 21.</i> Diagrama en bloques de sensor de turbidez.....	37
<i>Figura 22.</i> Diagrama de flujo	38
<i>Figura 23.</i> Diagrama de conexión sensor de pH	40
<i>Figura 24.</i> Diagrama de conexión sensor de turbidez	41
<i>Figura 25.</i> Módulo Arduino	42
<i>Figura 26.</i> Sensor de pH	42
<i>Figura 27.</i> Sensor de turbidez	42
<i>Figura 28.</i> Tarjetas de acondicionamiento pH y turbidez	43
<i>Figura 29.</i> Diagrama de conexiones.....	43
<i>Figura 30.</i> Sensores de pH, turbidez y fuente de alimentación	44
<i>Figura 31.</i> Implementación sensores	44
<i>Figura 32.</i> Implementación total	44

<i>Figura 33.</i> Entorno GUI desarrollador de Arduino.	45
<i>Figura 34.</i> Aplicación get para instalación de placa ESP32	45
<i>Figura 35.</i> Descarga de paquetes de placa ESP32.....	46
<i>Figura 36.</i> Desarrollador con placa Arduino ESP32.	46
<i>Figura 37.</i> Diagrama de flujo para el envío y recepción de datos.....	47
<i>Figura 38.</i> Librerías	48
<i>Figura 39.</i> Variable de almacenamiento.....	49
<i>Figura 40.</i> Creación de variables pH y turbidez.....	49
<i>Figura 41.</i> Creación de variable NTU	50
<i>Figura 42.</i> Creación de variable NTU	50
<i>Figura 43.</i> Cálculo de valores.....	51
<i>Figura 44.</i> Conexión a la red Wifi	54
<i>Figura 45.</i> Creación de función para envío de datos.....	54
<i>Figura 46.</i> Creación de función para el envío de datos.	55
<i>Figura 47.</i> Código de lectura que recibe el servidor.	55
<i>Figura 48.</i> Creación del ciclo while para la conexión wifi.	56
<i>Figura 49.</i> Impresión de datos.....	56
<i>Figura 50.</i> Creación de la cuenta de alojamiento.	57
<i>Figura 51.</i> Panel de control	57
<i>Figura 52.</i> cPanel.	58
<i>Figura 53.</i> Creación de la base de datos.....	58
<i>Figura 54.</i> Conexión a la base de datos.....	59
<i>Figura 55.</i> Creación de los atributos que conforman la tabla.	59
<i>Figura 56.</i> Demostración de la Tabla de almacenamiento.	60
<i>Figura 57.</i> Presentación de tabla de almacenamiento de datos.....	60
<i>Figura 58.</i> Gráficos de los valores almacenados.....	61
<i>Figura 59.</i> Gráfico de los valores almacenados en columnas	61
<i>Figura 60.</i> Gráfico de los valores almacenados en barras	61
<i>Figura 61.</i> Exportación de los datos	62
<i>Figura 62.</i> Verificación de datos usuario estándar	63
<i>Figura 63.</i> Insertar datos a la tabla manualmente	63
<i>Figura 64.</i> Ingreso de datos exitoso.	64
<i>Figura 65.</i> Formulario para insertar datos.	65
<i>Figura 66.</i> Los datos se ingresaron a la base de datos.....	65

<i>Figura 67.</i> Datos de prueba ingresados correctamente.	65
<i>Figura 68.</i> Post de envío de datos desde el formulario.	66
<i>Figura 69.</i> HTTP Stream	66
<i>Figura 70.</i> Esquema del post.....	67
<i>Figura 71.</i> Ingreso correcto de datos desde el microcontrolador.....	67
<i>Figura 72.</i> Funcionamiento de almacenamiento de datos	68
<i>Figura 73.</i> Presentación final de datos.	68
<i>Figura 74.</i> Medición agua potable medidor PC60.	71
<i>Figura 75.</i> Almacenamiento de prototipo agua potable.	71
<i>Figura 76.</i> Medición agua con tierra.	73
<i>Figura 77.</i> Almacenamiento de prototipo agua potable con tierra.	73
<i>Figura 78.</i> Medición digital agua potable con limón.....	75
<i>Figura 79.</i> Almacenamiento de prototipo agua con limón.	75
<i>Figura 80.</i> Tabla con límites máximos permisibles	77
<i>Figura 81.</i> Sensor del prototipo en agua para desinfección	78
<i>Figura 82.</i> Valores de turbidez	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulos ESP32.....	6
Tabla 2. Características de los tanques PRFV	22
Tabla 3. Parámetros para medir la calidad de agua residual... ..	24
Tabla 4. Proceso de crecimiento de metabolismos y microorganismos.. ..	27
Tabla 5. Calidad de vertimientos.....	29
Tabla 6. Comparativa Arduino vs Rasberry Pi.....	33
Tabla 7. Características técnicas sensor pH.. ..	34
Tabla 8. Características técnicas sensor turbidez.....	35
Tabla 9. Características técnicas motor de base de datos en la nube.. ..	52
Tabla 10. Características técnicas del medidor digital pH Medidor multiparámetro de bolsillo PC60	69
Tabla 11. Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua potable.. ..	70
Tabla 12. Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua con tierra.. ..	72
Tabla 13. Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua con limón.....	74

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La descarga de aguas residuales es un factor de contaminación, estas pueden ser de distinto origen. Son catalogadas dependiendo del volumen (Cuellar E., 2010). Existen varias industrias que descargan directamente estas aguas generando daños irreparables en el medio ambiente.

El Ministerio del Ambiente es analiza y da pautas para mejorar este tipo de aguas, enfocándose principalmente en temas como el tratamiento de sus efluentes.

Con el transcurso del tiempo, se ha dado importancia al tratamiento de aguas residuales, es así que se empezó a determinar objetivos principales como: eliminación mediante filtros de partículas gruesas (Gómez, 2014). Además, el proceso de tratamiento va en incremento, realizando diseños y análisis tecnológicos, con la finalidad de obtener información en tiempo real después del debido proceso de tratamiento, obteniendo resultados óptimos para contribuir con el medio ambiente (Perez M., 2016).

Por otro lado, cabe resaltar que en Latinoamérica no existe una política ambiental que rija el tratamiento de aguas residuales (Tebbutt, 2001).

Alcance

El proyecto consiste en implementar un prototipo electrónico para medir componentes de pH y turbidez del agua residual, ya sea esta de una planta de tratamiento de aguas residuales o de un desagüe de agua residual sin tratar, todos estos datos serán obtenidos en tiempo real, de manera que se pueda almacenar los datos de los componentes medidos.

Básicamente, el prototipo dispone de sensores de pH, turbidez y un microcontrolador Arduino. Este último permitirá el procesamiento de los datos para luego ser enviados a repositorio de datos en la nube.

Los datos obtenidos se transmitirán utilizando la tecnología de comunicación apropiada, hacia un sistema de almacenamiento de datos en la nube, e

inmediatamente serán puestos a disposición de los usuarios que lo requieran, mediante una página web. La implementación del sistema de almacenamiento y presentación se lo hará sobre plataformas y herramientas que mejor se adapten a los requerimientos de la solución.

Justificación

Se considera que una planta de tratamiento para aguas residuales es importante para el medio ambiente teniendo en cuenta que, el agua es el principal elemento de sobrevivencia, por tal motivo el presente prototipo se enfoca en obtener valores después del proceso del tratamiento. Actualmente existen instituciones, organizaciones y empresas que cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, hay elementos como el pH y la turbidez que no son medidos, por esta razón el prototipo obtiene valores para ser evaluados y analizados, mejorando el proceso de la planta de tratamiento y la reutilización del agua en los diferentes usos.

Con el fin de tener resultados en el menor tiempo posible, se plantea realizar un prototipo para obtener datos en tiempo real de los componentes del agua como pH y turbidez de las aguas residuales una vez tratadas, esta información sirve como soporte técnico para el manejo y posterior toma de decisiones del funcionamiento de cualquier planta de tratamiento. El presente proyecto permitirá asegurar que el líquido procesado es apto para el riego y cumple con las normas ambientales del Ministerio del Ambiente.

La importancia del presente proyecto es contribuir de manera significativa al medio ambiente, un prototipo que permita a los administradores de las plantas de tratamiento identificar valencias de su correcto funcionamiento, ya que, en la actualidad los datos son obtenidos mediante procesos químicos demorándose 15 días en la entrega de resultados, con el prototipo se evitara pérdidas de tiempo automatizando de una manera óptima la obtención de dichos valores.

La solución planteada permitirá disponer de un prototipo que sea capaz de obtener información de pH y turbidez del agua residual de manera oportuna y en tiempo real.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un prototipo para la medición en tiempo real de pH y turbidez del agua de una planta de tratamiento, mediante el uso de sensores y el iCloud.

Objetivos Específicos

- Analizar los procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Implementar un prototipo de muestreo utilizando sensores para la medición de los componentes de pH y turbidez orientados a las aguas residuales.
- Implementar la solución para la transmisión, almacenamiento y presentación de los resultados en tiempo real en la nube.
- Desarrollar pruebas de funcionamiento.

1 MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se definen los conceptos básicos de los componentes ambiental y tecnológico contemplados en el proyecto, mismos que se encuentran basados en la conservación del medio ambiente e iniciativas para el control continuo de sus procesos, así como, la purificación del agua, implementando una alternativa tecnológica, con el fin de promover una cultura de conservación para la renovación del medio ambiente.

1.1 Entorno Ambiental

En esta sección se presentará los conceptos básicos de los componentes ambientales que se requiere para entender el funcionamiento del proyecto.

1.1.1 Planta de procesamiento de aguas residuales

Es un conjunto de procesos, donde a las aguas residuales se filtran o procesan los diferentes contaminantes, para tener como resultados un agua con el menor riesgo posible para la salud y el medio ambiente, ya que esta agua es enviada

por diferentes desfuegos llegando a ríos, mares, etc., o a su vez son utilizadas en actividades de riegos para cultivos (Perez M., 2016).

1.1.2 Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH es un indicador del potencial de hidrógeno que poseen las sustancias, para determinar la medida estándar de una solución ácida o alcalina, se mide en una escala de 0 a 14, siendo así, si la medida es de 7 se considera un estado neutral, menos de 7 es ácido y mayor que 7 se considera básico, cuanto más se acerca a 1, tienda a ser más ácido y por el contrario más básico.

La desviación en el pH puede afectar la salud de humanos, plantas y por ende el medio ambiente. En las organizaciones e industrias, el valor del pH se mide solo con métodos manuales, teniendo un porcentaje de error alto y tiempos de entrega de los resultados demorados, afectando diferentes ámbitos. Por tal motivo es importante que se desarrolle un medidor de pH que reduzca este porcentaje de error (Jiménez et al., 2008).

1.1.3 Turbidez

La turbidez o turbiedad son partículas suspendidas en el agua que pueden o no llegar a ser disueltas, estas impiden el paso de la luz. Dependiendo del material restante se determina la turbidez o la calidad de agua, estas partículas pueden ser coloquiales o líquidas, teniendo en cuenta que a mayor turbidez menor calidad de agua (Perez M., 2016).

1.1.4 DQO (Demanda Química de Oxígeno)

El DQO, es un parámetro que determina la cantidad de contaminación orgánica existente en el agua, es decir, es una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica, dada en una muestra susceptible a la oxidación por un químico fuerte. Las mediciones del DQO no determinan la concentración de una sustancia específica; miden el efecto de una combinación de sustancias y condiciones (Jiménez et al., 2008).

1.2 Entorno tecnológico

En esta sección se detallan conceptos básicos de todos los componentes tecnológicos contemplados en el proyecto.

1.2.1 Módulo Arduino

El Arduino es un microcontrolador capaz de ser programado para construir dispositivos electrónicos. Dispone de una plataforma de código abierto. Puede recibir y enviar información por medio de protocolos como Bluetooth y Wifi.

Este dispositivo puede integrar fácilmente periféricos de entrada como: sensores, antenas de transmisión y recepción, potenciómetros, etc. De igual forma se puede conectar periféricos de salida para indicadores o mostrar información como: diodos led, altavoces, pantalla LCD, motor DC, entre otros (Badamasi, 2014).

1.2.1.1 Módulo Arduino ESP 32

ESP32 es un Módulo de la serie de microcontroladores diseñados por Espressif Systems, que permite conectarse a redes inalámbricas y realizar conexiones TCP/IP usando comandos AT, que es un estándar abierto para comunicaciones entre módulos.

Es considerado uno de los microcontroladores con mayor capacidad, ya que, posee conexión Wi-Fi integrado, según en protocolo 802.11 b / g / n, así como también integra varios módulos eléctricos y electrónicos, tales como el Bluetooth versión 4.2. Consta de dos núcleos sincronizados en diferentes versiones, con frecuencias de hasta 240 MHz.

Es controlado con 520Kb de memoria estática de acceso aleatorio (SRAM). El componente extiende el número de pines GPIO de 17 a 36, con canales PWM y está equipado con 4 Mb de flash memoria (Benito Á., 2019).



Figura 1. Módulo ESP32

Tomado de: (Benito Á., 2019)

A partir de este módulo el fabricante ha desarrollado diferentes variantes para el módulo ESP32, que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Módulos ESP32.

Módulo	Componentes Claves				Dimensiones [mm]		
	Chip	Flash	RAM	Ant.	Largo	Ancho	Alto
ESP32-WROOM-32	ESP32-D0WDQ6	4MB	-	MIFA	25.5	18	3.1
ESP32-WROOM-32D	ESP32-D0WD	4MB	-	MIFA	25.5	18	3.1
ESP32-WROOM-32U	ESP32-D0W	4MB	-	U. FL	19.2	18	3.2
ESP32-SOLO-1	ESP32-S0WD	4MB	-	MIFA	25.5	18	3.1
ESP32-WROVER	ESP32-D0WDQ6	4MB	4MB	MIFA	31.4	18	3.2
ESP32-WROVER-I	ESP32-D0WDQ6	4MB	4MB	U. FL	31.4	18	3.5

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.2 Módulo ESP32-WROOM-32D

Es el primer módulo que salió al mercado, por defecto dispone de 4Mb de memoria flash, con capacidad de expansión de hasta 16MB, dispone de antena MIFA con chip D0WD (Benito Á., 2019).



Figura 2. Módulo ESP32-WROOM-32D

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.3 Módulo ESP32-WROOM-32U

En este módulo cuenta con el chip ESP32-D0WD, llevando un encapsulado QFN (del inglés: *Quad Flat No-Leads*), dispone de un conector de antena IPEX/U.FL, que sirve para reducir sus dimensiones respecto a los módulos anteriores (Benito Á., 2019).



Figura 3. Módulo ESP32-WROOM-32U

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.4 Módulo ESP32-SOLO-1

Este módulo solo tiene un núcleo que trabaja con una frecuencia hasta 160MHz, inferior a los 240MHz del doble procesador, se trata de una versión simplificada del módulo ESP-WROOM-32D.



Figura 4. Módulo ESP32-SOLO-1

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.5 Módulo ESP32- WROVER y ESP32-WROVER-I

Actualmente es el módulo más avanzado, cuenta con una SPI (del inglés: *Serial Peripheral Interface*) PSRAM (del inglés: *PowerSaving Static Random Access Memory*) de 4MB, además de una memoria flash externa de 4 MB (Benito Á., 2019).

Disponible en dos versiones, una con antena MIFA (del inglés: *Meandered Inverted-F Antenna*) y otra con conector IPEX/UFLEI desvanecimiento es un fenómeno que afecta la transmisión de datos en redes inalámbricas (Benito Á., 2019).



Figura 5. Módulo ESP32-WROVER y ESP32-WROVER-I.

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.6 ESP32-PICO-KIT v4.1

Esta es una versión de la familia ESP32, de tamaño compacto, que cuenta con una antena LDO (del inglés: *Low Dropout Regulator*), un soporte USB-UART y dos botones para *reset* y *boot*. Esta tarjeta está conformada por un chip ESP-PICO-D4 con 4MB flash, se utiliza en aplicaciones portátiles, introduciendo una batería en su parte inferior para tener alimentación (Benito Á., 2019).



Figura 6. ESP32-PICO-KIT v4.1

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.7 ESP-WROVER-KIT v3

Esta tarjeta es considerada la más potente, ya que está conformada por el chip ESP-WROVER-32, tiene un convertidor USB a serie de doble puerto para programación e interfaz JTAG para depuración. La fuente de alimentación se proporciona mediante una interfaz USB o por medio de un tomacorriente estándar de 5mm. Esta placa posee una ranura para tarjeta MicroSD, dos pulsadores, una pantalla LCD de 3.2 pulgadas y una interfaz con pines para conexión de dispositivos de video o cámara, haciéndola la tarjeta más completa y versátil que ha comercializado el fabricante (Benito Á., 2019).

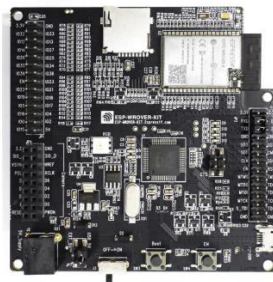


Figura 7. ESP-WROVER-KIT v3

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.8 ESP32-LyraT

Esta tarjeta de desarrollo incluye el chip ESP-WROVER-32. Especialmente dedicada para desarrollo de aplicaciones de audio, ya que posee reconocimiento por voz, botones para reproducción de sonido y salidas de audio con Jack 3.5mm. Además, se puede introducir una microSD para almacenamiento, motivos por lo que la tarjeta ESP32-LyraT es utilizada con altavoces Smart (Benito Á., 2019).

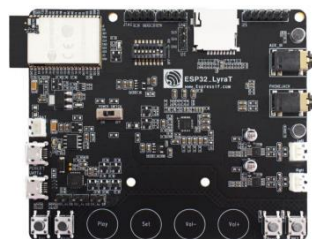


Figura 8. ESP32-LyraT

Tomado de: (Benito Á., 2019)

1.2.1.9 ESP32 DevKitC v4

Esta tarjeta es la que se utiliza para desarrollar cualquier aplicación. Es capaz de incorporar tanto el módulo ESP-WROOM-32 como el ESP-WROOM-32D. Así como, une pines adaptados e incluye interfaz USB, que sirve como fuente de alimentación. Incluyendo el chip CP2102N que soporta velocidades de transmisión de hasta 3 Mbit/s en el modo USB/UART (puerto hardware en serie), a su vez, incorpora dos pulsadores con funciones de *reset* y *boot* (Benito Á., 2019).



Figura 9. ESP32-DevKitC v4

Tomado de: (Benito Á., 2019)

Los módulos ESP32 ofrecen ventajas tanto en software como en hardware tales como:

- **Diseño Robusto:** ESP32 se integra de manera confiablemente en entornos con temperaturas que varían desde los -40°C a 125°C (Espressif, 2019).
- **Fácil incorporación:** ESP32 se integra gracias a su funcionamiento versátil con todas sus aplicaciones (Espressif, 2019).
- **Procesador:** Según el modelo el ESP32 posee uno o dos microprocesadores Tensilica Xtensa 32-bit LX6, obtienen una frecuencia

de reloj de hasta 240MHz y un rendimiento de hasta 600 DMIPS (del inglés: *Dhrystone Millions of Instructions Per Second*). Además, tiene un procesador ULP (del inglés: *Ultra Low Power*), capaz de trabajar cuando la CPU entra en el modo de ahorro de energía, ejecuta conversiones ADC, operaciones computacionales y comprueba el estado de los pines con un consumo mínimo. El procesador ULP y la memoria RTC (del inglés: *Real Time Clock*) se mantienen prendidos durante el modo de ahorro, es decir, el desarrollador puede almacenar un programa para el procesador ULP en la memoria lenta RTC, para permitir acceso a los dispositivos periféricos, temporizadores y sensores internos durante el modo de ahorro (Espressif, 2019).

- **Acelerador:** ESP32 está equipado con aceleradores de hardware de algoritmos generales, como AES (FIPS PUB 197), SHA (FIPS PUB 180-4), RSA y ECC, que permiten aritmética independiente, como multiplicación de enteros grandes y gran multiplicación modular entera (Espressif, 2019).

Una multiplicación modular es de 4.096 bits, mejorando los aceleradores de hardware en gran velocidad de operación y reducen la complejidad del software, a su vez apoyan el código cifrado y descifrado dinámico (Espressif, 2019).

- **Conectividad:** El ESP32 soporta módulos de tecnologías Wifi y Bluetooth, en Wifi, soporta protocolos 802.11 b/g/n. (802.11n a 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s), mientras que la versión de Bluetooth soporta v4.2 BR/EDR y dispone además de Bluetooth Low Energy (BLE) (Espressif, 2019).
- **Temporizadores:** Dispone de cuatro temporizadores, con 64 bits, hechos en pre-escaleras de 16 bits (de 2 a 65536), se pueden configurar de forma ascendente o descendente y pueden ser generados como interrupción por nivel o por flanco (Espressif, 2019).

También dispone de tres temporizadores de vigilancia: uno en cada módulo temporizador, llamado Temporizador de vigilancia principal (MWDT) y uno en el módulo RTC *Watchdog Timer* (RWDT). Estos

temporizadores de vigilancia cumplen con la función de recuperarse de una falla imprevista, causando que el programa de aplicación abandone su secuencia normal (Espressif, 2019).

- **Relojes del sistema:** El dispositivo cuenta con diferentes tipos de relojes, el reloj de la CPU, un reloj de cristal externo de 40MHz que se conecta a un PLL (del inglés: *Phase Locked Loop*) para crear una frecuencia de 160Mhz, adicional, posee un oscilador interno de 8MHz, el programa puede elegir que reloj utilizar en el sistema, dependiendo de la aplicación y un reloj de tiempo real (RTC), cuya fuente puede ser un reloj de un oscilador RC interno de 150KHz, de un oscilador interno de 8MHz, o del cristal externo al dispositivo (Espressif, 2019).
- **Modulación por ancho de pulso (PWM):** El controlador PWM se utiliza para modificar el tiempo de trabajo de motores, lámparas, entre otros, basado en temporizadores y un submódulo de captura dedicado. Cada temporizador proporciona en forma síncrona o independiente, esto transmite la información de los datos en tiempo real, por medio de un canal de comunicaciones, así como también, para controlar la cantidad de energía enviada, además, cada operador PWM genera una forma de onda para un canal PWM (Espressif, 2019).

1.2.2 Periféricos de entrada y salida

El módulo ESP32 posee 34 pines GPIO, de distintos tipos, sean estos, digitales, digitales-analógicos y con función táctil. La mayoría de los pines GPIO se pueden configurar como *pull-up*, *pull-down*, o alta impedancia, dispone de dos conversores analógico-digital (ADC) de 12-bit SAR (del inglés: *Synthetic Aperture Radar*), que pueden soportar entre ambos hasta 18 canales analógicos. Además, es capaz de funcionar cuando el dispositivo entra en modo de ahorro de energía, gracias al coprocesador de bajo consumo. Además, dispone de un conversor digital-analógico (DAC) de 8 bits (Espressif, 2019).

El dispositivo cuenta con una serie de sensores internos como: un sensor de temperatura, un sensor de efecto Hall, que permite detectar si existe campo magnético cerca, o sensores tipo táctil (Espressif, 2019).

También, dispone de un controlador SD/SDIO/MMC (del inglés: *Secure Digital (SD)/ Secure Digital Input Output (SDIO) MultiMediaCard (MMC)*), que soporta envío y recepción de datos desde dispositivos externos de hasta 80Mhz con diferentes buses, siendo estos de 1bit, 4bits y 8bits, para la comunicación de datos en serie, el dispositivo cuenta con tres interfaces UART que proporcionan comunicación asíncrona de hasta 5Mbps (Espressif, 2019).

1.2.2.1 Sensor de pH

Este sensor permite medir el pH de un líquido. Está compuesto por un electrodo de vidrio de pH y electrodo de referencia, cable de 3 pies con enchufe BNC estándar (tipo Q9), y el sensor de pH de bulbo de vidrio de alta calidad tiene una alta sensibilidad para el valor de pH. El electrodo de pH es la parte del medidor de pH en contacto con la solución medida, elemento clave para la medición de este componente (Vistrónica, 2020).

Adicional está conformado por una placa ofrece valores analógicos basado en la medición. El sensor funciona mediante comunicación en serie o mediante el protocolo I2C. Este sensor es una gran herramienta para sistemas biorobóticos, pruebas de calidad de agua o para la acuicultura. (Safavi & Abdollahi, 2018).

1.2.2.2 Sensor de turbidez

Es importante considerar que este sensor de turbidez se utiliza para medir la cantidad de residuos del agua, proporciona salidas análogas y digitales. Una de sus principales características es la medición precisa, el módulo adopta componentes electrónicos de alta calidad, asegurando la precisión de la medición de la turbidez, mientras que el *current signal convert*, es un módulo que convierte la señal actual del sensor en voltaje de salida del módulo, cuanto menor sea la tensión de salida, mayor será el valor de la turbabilidad, el sensor de turbidez adopta el principio óptico para detectar la turbidez de la solución líquida (Vistrónica, 2020).

Siendo así, se propone una medición en tiempo real de la turbidez del agua tratada, es decir, verificando el grado de transparencia del agua residual final, mediante este sensor, detectando la cantidad de partículas en suspensión midiendo la transmitancia de un haz de luz (Hakim et al., 2019).

1.2.3 Técnicas de comunicación

Las técnicas de comunicación proporcionan un vínculo vital entre el procesamiento de un Arduino con ciertos dispositivos de entrada, salida y otros microcontroladores. En esta sección se detallará las características de comunicación en serie como conceptos básicos y terminologías.

1.2.3.1 Comunicación serial

Los microcontroladores a menudo deben intercambiar datos con otros microcontroladores o dispositivos periféricos, dichos datos se pueden intercambiar utilizando técnicas paralelas y en serie, es decir los datos generalmente se envían simultáneamente entre el transmisor y el receptor, diferentes subsistemas de comunicación en serie incluyen USART, SPI entre otros.

1.2.3.2 I2C

El protocolo I2C proporciona una comunicación fácil sin pérdida de datos. También ofrece una excelente velocidad en comparación a otros protocolos, usa solo dos cables para la comunicación, tornándose ligero y económico, permite aumentar la tasa de transferencia de datos, controlando registros dentro de los dispositivos y almacenar los datos con alta velocidad, precisión y eficiencia.

El bus I2C consiste básicamente en dos cables activos y una conexión a tierra, en los dos cables activos se envía la señal de reloj y datos, reconociendo a cada dispositivo con una dirección única funcionando como transmisor o receptor, esto depende del dispositivo, una facilidad es que los dispositivos que ocupan I2C pueden ser agregados y quitados sin inconvenientes, resultando muy útil para un bajo mantenimiento del hardware.

1.2.3.3 SPI

Es una serie sincrónica de protocolo de comunicación que fue desarrollado por motorola a los mediados de los años 80, tiene una interfaz de cuatro hilos y es totalmente compatible con comunicación dúplex, teniendo una arquitectura maestro-esclavo, con velocidades de transmisión de datos de hasta los 400 Mbps, un dispositivo SPI tiene los siguientes cuatro pines:

- Un reloj serial SCLK.
- MOSI Salida Maestro Entrada Esclavo
- MISO Entra Maestro Salida Esclavo
- SS Selección de Esclavo

El maestro es responsable de generar la señal de reloj y de dar la apropiada línea de selección del esclavo.

1.2.3.4 CAN

Del inglés *Controller Area Network*, es un protocolo de comunicación que admite comunicación activada por tiempo en una manera flexible siendo una combinación eficiente entre tiempo y tráfico desencadenado por eventos de aislamiento temporal. Estos tipos de tráfico son manejados por dos subsistemas complementarios, el sistema de mensajería asincrónica y sincrónica respectivamente.

1.2.3.5 USART

El USART o receptor y transmisor serie sincrónico y asincrónico universal, proporciona un comunicación full dúplex, es usado típicamente para comunicación asincrónica, es decir no existe una señal de reloj entre transmisor y receptor para mantenerlos sincronizados entre sí, para mantener dicha sincronización los bits de inicio y parada de la trama se utilizan al principio y al final de cada byte de datos en una secuencia de transmisión, haciendo que USART sea bastante flexible, teniendo la capacidad de configurarse para una variedad de transmisión de datos o tasas de baudios (bits por segundo).

1.2.3.6 Wifi

Una red inalámbrica Wifi o también conocida como IEEE 802.11X, es una comunicación de red que utiliza los nodos de radio IEEE 802.11 para organizar una topología en malla. Estos nodos de radio pueden ser nodos de clientes, enrutadores o puertas de enlace y pueden consistir en múltiples radios para eliminar la interferencia y maximizar la capacidad de rendimiento, sin embargo, en nodo puede soportar múltiples tecnologías híbridas como 802.11 b/g/a/n en el lado del cliente.

Existen cuatro estándares claves de la 802.11, los mismos que se enfocan en mejorar el ancho de banda y la asignación de recursos de radio 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n, el primero se enfoca en la banda de licencia de los 2.4GHz con velocidades de 1 y 2 Mbps usando frecuencia *hopping* o de salto y espectro ensanchado de secuencia directa, posteriormente se actualizó al 802.11b que utiliza modulación DSSS utilizando una sola entrada y salida de antena. De forma similar el estándar 802.11g utiliza modulación OFDM. El próximo salto de innovación es el estándar 802.11n, este es utilizado porque implementa frecuencias de 2.4GHz y 5 GHz y modulación OFDM, teniendo 2 antenas de entrada y dos antenas de salida comúnmente referenciado como MIMO múltiples entradas múltiples salidas aumentado su cobertura.

Todos los estándares son compatibles y los fabricantes elaboran los chips que admiten todos estos estándares en el mismo chip, lo que hace que la interoperabilidad entre varios productos de diferentes fabricantes sea mucho más fácil y rápido.

Otras actualizaciones a la familia de estándares de la 802.11 son: 802.11i este estándar se enfoca principalmente en seguridad, el 802.11r utilizado para movilidad, 802.11e diseñado para calidad de servicio y el 802.11s en malla de múltiples saltos.

Wifi ha habilitado la conectividad sin ataduras a internet en el nivel del mercado masivo en entornos de red de área local, hoy en día casi todo tipo de dispositivos incorporan conectividad Wifi.

De esta forma las redes inalámbricas de área local están en constante avance y se han convertido en factores de acceso de datos en hogares, empresas con alto rendimiento, ofreciendo altos anchos de banda con simplicidad de configuración y uso. Operan en una banda sin licencia por lo que la demanda de aumentar la cobertura va en constante crecimiento, sin embargo, se encuentra un poco limitado debido a la potencia de los transmisores Wifi.

1.2.3.7 Bluetooth

Inicialmente Ericsson lo llamo RF de corto alcance y otros fabricantes de tecnología como INTEL y NOKIA. Ericsson finalmente tomo el punto de usar al más cerca de casa y posiblemente lo más apropiado en costo beneficio adoptando el nombre de Bluetooth.

Con el avance de los años, este protocolo ha ido mejorando cumple con el estándar BR / EDR / BLE y su capacidad adoptó la versión 4.2 donde se mejora la privacidad y aumenta la velocidad, adaptándose a conectarse con IP, la IPv6 para Bluetooth, se encuentra abriendo posibilidades completamente nuevas para la conexión de los dispositivos, esta vendría a ser una clave para lo que se viene en un futuro el Internet de las cosas.

1.2.4 Base de Datos

Un sistema de gestión de base de datos es una herramienta generalizada para manipular grandes bases de datos se hace disponible a través de software especial para el almacenamiento, mantenimiento y análisis de datos. Sus interfaces generalmente proporcionan una alta gama de idiomas para facilitar la manipulación de los usuarios, desde el empleado hasta los administradores de la base de datos.

Este proceso generalizado implica la construcción de funciones especiales de datos, mismas que realizan tareas para el procesamiento de datos de uso frecuente y repetitivo. El procesamiento generalizado causa una reducción en la eficiencia operativa, causada por la interpretación del procesamiento o un aumento en los recursos de hardware.

1.2.5 Computación en la nube

Los diferentes avances tecnológicos permiten contar con una arquitectura de software moderna como la conocida como computación en la nube, dicho esto se tiene que:

Un cliente es el usuario y/o computadores que consume algún recurso de red. Existen varias categorías de clientes según el tipo de servicio que presten tales como clientes web, clientes de correo electrónico, clientes de base de datos, etc. En relación con la nube informática, en su mayoría se considera clientes web, ya que la nube se controla a través de una interfaz habilitada por un navegador web.

Un servidor es una computadora, centro de datos o un conjunto relacionado de computadoras que proporcionan servicios de software. Desde un punto la computación en la nube es una de las direcciones más populares y de moda que demuestra que la tecnología está en progreso.

El concepto nube está asociada a la imagen metafórica de internet que proporciona disponibilidad a un número de servicios web, es decir es una implementación práctica basada en esta idea, una colección estructurada de recursos informáticos escalables y virtualizados disponibles a los usuarios a través de internet e implementados en potentes centros de datos.

Desde un punto de vista existen varios tipos de nubes, la nube pública es un modelo de nube en la que las aplicaciones, almacenamiento y otros recursos se encuentran disponibles para cualquier usuario que se encuentre registrado y que pague por los servicios en la nube, siendo este modelo el más conveniente y prospectivo para los usuarios pero el más costoso de implementar y consume más recursos, por lo que solo grandes empresas se encuentran en la capacidad de desarrollar y soportar este modelo de nube.

Entre algunos modelos de nube pública se encuentra Microsoft Azure, Amazon Web Services, la nube de Oracle e IBM entre otras, estos servicios están disponibles para alguna comunidad profesional, como por ejemplo la comunidad de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE).

La nube híbrida es un modelo de nube que implementa un híbrido entre nubes comunitarias o privadas con el propósito de su uso en conjunto con el fin de realizar algunas tareas concretas, son ofrecidas por compañías como Google, que son colecciones estructuradas de potentes recursos informáticos, entre compañías que ofrecen almacenamiento en la nube se encuentran:

- Amazon
- IBM Cloud
- Oracle Cloud
- Google Cloud
- HP Helion Cloud
- Microsoft Azure

1.2.6 Lenguajes de programación

Arduino soporta lenguajes de programación como C++, C# y Python.

C++ evoluciono de C que fue desarrollado por Dennis Ritchie en los laboratorios Bell. C es disponible para la mayoría de las computadoras y es independiente del hardware. Es posible escribir programas en C que sean portátiles para la mayoría de las computadoras.

Originalmente llamado “C con clases”, se renombro a C++ a principios de la década de 1980 y proporcionan una serie de características que modifican el lenguaje C y proporciona capacidades de programación orientada a objetos.

1.2.6.1 C Sharp

Microsoft Visual C # es un lenguaje potente pero simple dirigido principalmente a desarrolladores que crean aplicaciones en Microsoft .NET Framework, hereda muchas características de C++ y Microsoft Visual Basic.

Con una capacidad de desarrollo multi plataforma C # admite aplicaciones altamente interactivas que pueden compartir datos y conectarse a servicios que se ejecutan en la nube, con aplicaciones que se pueden ejecutar en una computadora portátil, tablet o incluso un dispositivo IoT con recursos limitados.

El entorno de desarrollo fue proporcionado por Visual Studio 2017, con características que son fáciles de usar y asistentes nuevos e intuitivos permiten mejorar la productividad como desarrollador.

1.2.6.2 Python

Python es un lenguaje orientado a objetos creado a finales de los años 80 por Guido Van Rossum. El lenguaje lleva el nombre de Monty Python, el lenguaje se utiliza actualmente para algunas aplicaciones como desarrollo de software, desarrollo web, GUI de escritorio, aplicaciones educativas y científicas.

1.2.6.3 HTML

HTML (del inglés: *HyperText Markup Language*), fue desarrollado originalmente por *Tim Berners-Lee*, en el transcurso de la década de los 90, diseñado como un lenguaje para describir exclusivamente documentos científicos, sin embargo, con el transcurso del tiempo han permitido que se utilice para describir múltiples documentos.

HTML es un lenguaje programación que permite tener una página web dinámica, la idea detrás del hipertexto es que en lugar de leer el texto en una estructura rígida y lineal (como libro), puede saltar fácilmente de un punto a otro, es decir se puede tener la facilidad de regresar, saltar y otros temas más según el usuario lo requiera.

Este lenguaje ofrece a los autores medios para que publiquen documentos en línea, diseñen formularios con servicios remotos para diferentes tipos de transacciones.

Se ha desarrollado con un enfoque de que todo dispositivo debería poder usar información sobre la Web: PC con pantallas gráficas de diferentes resoluciones y profundidades de color, teléfonos celulares, portátiles dispositivos, dispositivos de voz para salida y entrada, computadoras con ancho de banda alto o bajo.

Actualmente ha evolucionado al estándar HTML5 que disminuye el trabajo de los programadores, dando acceso diferentes dispositivos y aplicaciones, con el fin de satisfacer las necesidades de sus usuarios.

2 ANÁLISIS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

2.1 Introducción

De manera general una planta de tratamiento de aguas residuales puede ser diseñada, instalada y puesta en marcha para la eliminación de aguas grises y negras, enfocada por medio de un sistema biológico que garantiza el cumplimiento de las normas ambientales vigentes. Uno de los principales objetivos es la determinación del sistema de tratamiento óptimo en cuanto a resultados, sencillez, eficiencia de operación y mantenimiento, para poder determinar información real, teniendo valores útiles para el análisis de procesamiento de aguas residuales (AQUAGROUP, 2014).

2.2 Estructura

La figura 10 muestra una estructura o diseño de una planta de tratamiento de agua procesada, donde en la etapa de captación se recolecta las aguas residuales para ser filtrada y enviada al tanque donde se realiza la homogenización, posteriormente pasa al filtro percolador que se encarga de filtrar más a detalle el agua residual, en la fase del sedimentador se separa los lodos y partículas restantes para su posterior desinfección y desemboque del agua procesada.

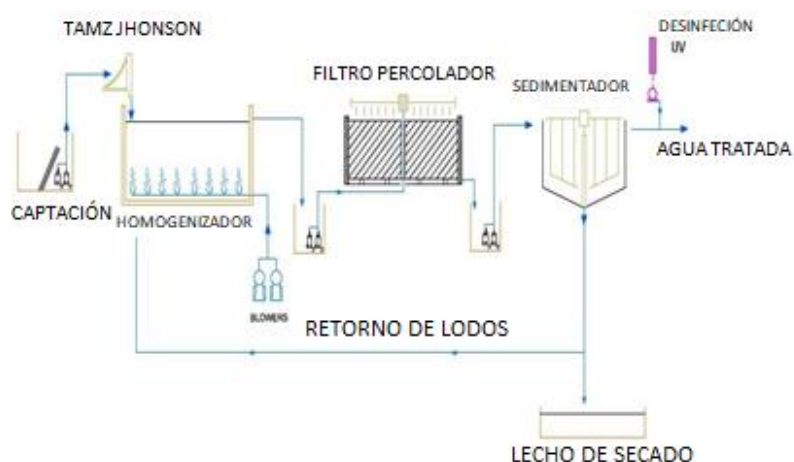


Figura 10. Estructura de una planta de tratamiento de aguas residuales
Tomado de: (AQUAGROUP, 2014).

2.3 Características de construcción de los tanques

En esta sección se detalla algunas características de construcción de los tanques de almacenamiento de aguas residuales, que se deben tomar en cuenta, para la correcta fabricación se deben cumplir con las normas (ASTM D 2583, ASTM D 3299, ASTM D 4097, BS 4994 y NPS 15/69). Así la gran mayoría de tanques son fabricados en fibra de vidrio

En la Tabla 2 se detalla, las principales características y valores recomendados para la construcción de los tanques (AQUAGROUP, 2014).

Tabla 2

Características de los tanques PRFV.

Características	Dimensiones
Peso específico	1,8 (kg / dm ³)
Coefficiente dilatación	12 (mm / mm ° C x 10 ⁻⁶)
Resistencia a la tracción	4000 (kg / cm ²)
Conductibilidad térmica	0,20 (kcal m / m ² h ° C)
Resistencia a la flexión	2000 (kg / cm ²)
Módulo de la flexión	0,35 x 10 ⁶ (kg / cm ²)

Tomado de: (AQUAGROUP, 2014).

En la figura 11 se presenta una simulación a escala de una planta de tratamiento de aguas residuales, donde se puede observar la distribución de los diferentes tanques utilizados.

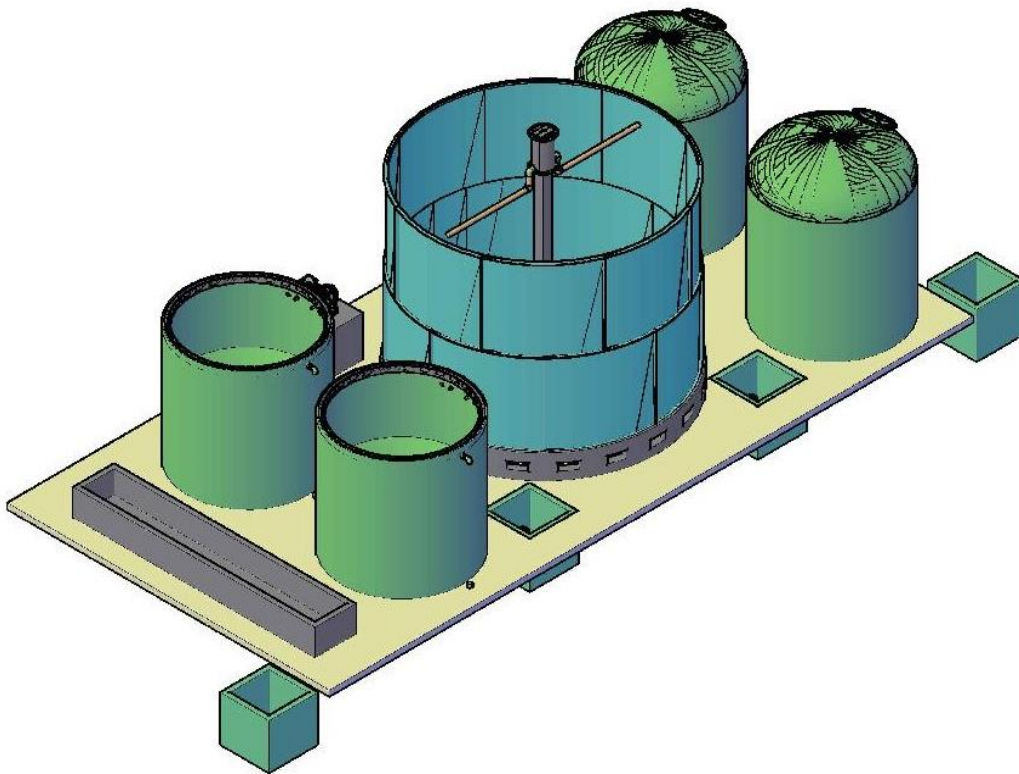


Figura 11. Vista 3D de planta de tratamiento.

Tomado de: (AQUAGROUP, 2014).

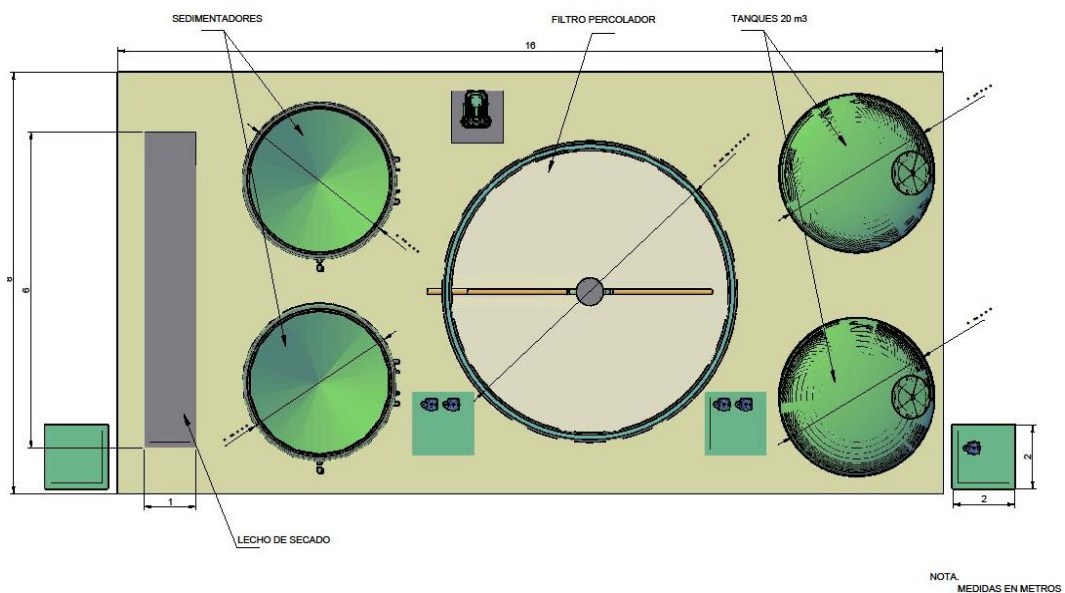


Figura 12. Vista superior 3D de planta de tratamiento.

Tomado de: (AQUAGROUP, 2014).

2.4 Funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales

El funcionamiento o la puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales se lo lleva a cabo mediante las siguientes etapas: preliminar, primaria, secundaria y terciaria.

2.4.1 Etapa preliminar

Esta etapa consiste en la conducción de las aguas residuales hacia las tuberías, donde se inicia la extracción de materia contaminante extrayendo los sólidos flotantes, piedras, grasas y aceites, es fundamental realizar esta técnica de pretratamiento, para no tener consecuencias futuras como: la destrucción de los tanques donde se realizan los procesos de tratamiento, así como también se regula y mide el caudal de las aguas grises que están en constante ingreso (AQUAGROUP, 2014).

El agua para tratar llega primero a unas rejillas, mismas que cumplen la función de detener los sólidos, con el fin de solo transportar las sustancias líquidas, evitando los taponamientos y daños de los tanques analizadores (AQUAGROUP, 2014).

2.4.1.1 Flujo y calidad

En la Tabla 3, se muestran los parámetros mínimos considerados para el análisis del procesamiento de las aguas residuales.

Tabla 3

Parámetros para medir la calidad de agua residual.

Parámetros	mg/l
DBO ₅	600
DQO	1200
SST	600

Tomada de: (AQUAGROUP, 2014).

2.4.1.2 Tanque de ecualización y neutralización

Los tanques de ecualización y neutralización son los que proporcionan una cantidad estable de materia orgánica y de caudal, están diseñados para controlar el afluente del agua residual (Perez M., 2016).

El tiempo de retención hidráulica es aproximadamente de 4 horas, por lo general el volumen del tanque es de 40 m^3 , con una altura de 3 metros. Para evitar la sedimentación en el tanque, se debe instalar un equipo de agitador y aireador simultáneamente (Perez M., 2016).

2.4.2 Etapa Primaria

En el tratamiento primario, se recibe las sustancias líquidas que fueron separadas en la fase preliminar desde la estación depuradora, esta etapa cumple la función de reducir la carga orgánica (Alegría M., 2018).

2.4.2.1 Filtro percolador

Inmerso en la etapa primaria el filtro percolador o también conocido como biofiltro sirve para colocar aguas residuales con biomasa adherida a un medio de soporte fijo, formando un lugar de oxidación biológica. En el sistema las aguas residuales son regadas sobre dicho filtro para que las bacterias sean degradadas por la contaminación (AQUAGROUP, 2014).

El material recogido consiste en un medio altamente permeable, donde se juntan los microorganismos y a través del cual el residuo líquido se infiltra. Los materiales portantes o recogidos pueden ser piedra de tamaño cambiante, medios plásticos o sintéticos que poseen geometrías específicas (AQUAGROUP, 2014).

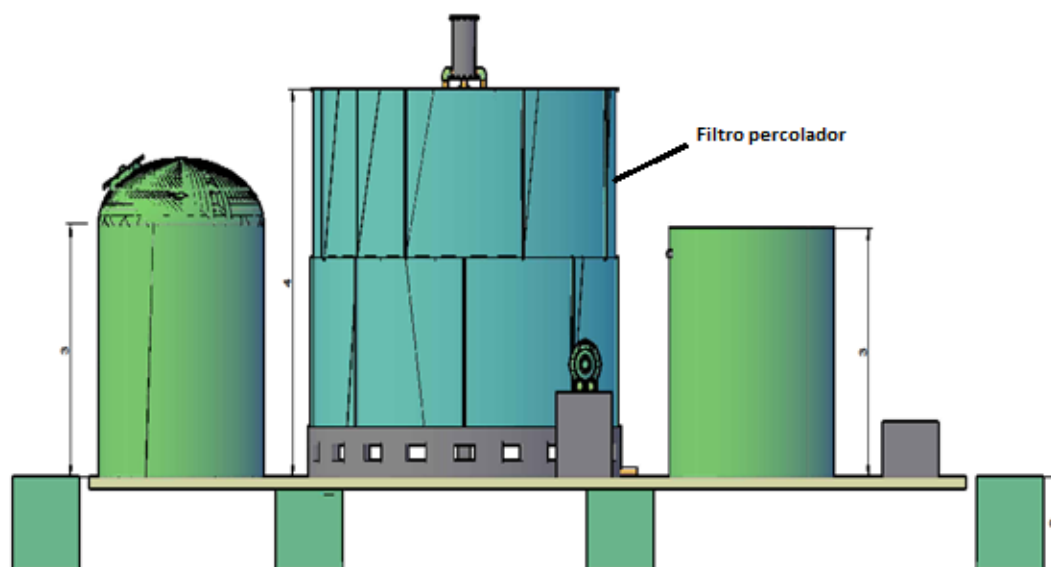


Figura 13. Vista superior 3D de filtro percolador

Tomado de: (AQUAGROUP, 2014).

Actualmente, el filtro percolador ubicado en la planta de aguas residuales, utiliza el material recibido con alta tasa de concentración de población biológica, la cual se adapta a las condiciones del efluente, esto permite que se obtenga un crecimiento rápido en un corto tiempo (AQUAGROUP, 2014).

La bitorre está conformada por un sistema de drenaje inferior, este sirve para recolectar el agua residual tratada. El sistema de drenaje es importante como mecanismo de recolección y los ductos actúan como estructura porosa, circulando el aire de forma natural, por un efecto de succión producido por el diferencial de temperatura entre el interior y exterior de la bitorre (Alegria M., 2018).

Posterior al proceso, el caudal recirculado pasa a través de sedimentador y ayuda a amortiguar las variaciones en la carga orgánica, diluye la concentración del agua residual afluente y mantiene el filtro en mejores condiciones, reduce la formación de espumas y reduce la demanda de oxígeno del efluente. La recirculación mejora la distribución sobre la superficie del filtro y permite la no

generación de taponamiento del material portante, dando así un mejor rendimiento en su funcionamiento (Alegría M., 2018).

La Tabla 4, indica el tiempo de duración del proceso de crecimiento de los metabolismos y de los microorganismos.

Tabla 4

Proceso de crecimiento de metabolismos y microorganismos.

Proceso	Días
Adhesión reversible de Células Planctónicas	4
Adhesión Irreversible	10
Formación de micro colonias	18
Maduración	28
Dispersión de células	30

Tomada de: (AQUAGROUP, 2014).

2.4.3 Etapa Secundaria

En esta etapa la planta se enfoca en remover gran cantidad de residuos como sea posible, otorgando una eficiencia al sistema.

2.4.3.1 Reactor Percolador

Es un filtro biológico de lecho fijo que opera bajo condiciones aeróbicas, esto quiere decir, que es un estado del agua que contiene oxígeno disuelto, con el fin de permitir la existencia de bacterias aeróbicas (AQUAGROUP, 2014).

El reactor percolador está conformado de la siguiente manera:

- E = Eficiencia Requerida del Percolador (AQUAGROUP, 2014).
- W1 = Carga orgánica efluente de la biorreactor sin recirculación (AQUAGROUP, 2014).

- R1 = Relación de circulación para la biotorre de la primera etapa, igual a la relación entre el caudal de recirculación y el caudal afluente de aguas residuales crudas a la biotorre (AQUAGROUP, 2014).
- Qr = Caudal de recirculación: 480 m³/d (AQUAGROUP, 2014).
- Q = Caudal afluente, sin recirculación: 240 m³/d (AQUAGROUP, 2014).
- VF = Área de contacto efectiva (AQUAGROUP, 2014).
- F1 = Factor de recirculación para la biotorre de primera etapa, o número de pasos del material orgánico = 2 (AQUAGROUP, 2014).

2.4.3.2 Intensidad instantánea de dosificación

La intensidad instantánea de dosificación es la conducción del sistema percolador. Se utiliza para proveer un arrastre rutinario del medio durante un 10% del tiempo de operación.

La operación adecuada del distribuidor incrementa la eficiencia del remojo del medio, mejora el arrastre del exceso de biomasa del reactor y permite controlar el espesor de las biopelículas.

Para este diseño en sistemas percoladores de alta tasa, se utiliza medio portante sintético con estructuras geométricas de alta superficie de contacto y con diseños en biotorre se incluye 100% de recirculación (Alegría M., 2018).

2.4.3.3 Calidad de vertimientos

La calidad de vertimientos es la descarga final del agua tratada, que es enviada al suelo o mediante un sistema de drenaje a un alcantarillado, deberá cumplir con los parámetros exigidos por la ley ambiental, normados por el Ministerio de Ambiente, que es el ente regulador en el Ecuador.

Es importante mencionar que, en Ecuador, los vertimientos se encuentran regulados a nivel nacional por el Ministerio de Ambiente, dicha entidad se encarga de definir los límites de descarga permisibles, mismos que las plantas de procesamiento de aguas residuales deben cumplir a cabalidad, la Tabla 5 muestra los valores de las normativas vigentes (AQUAGROUP, 2014).

Tabla 5

Calidad de vertimientos.

Normatividad para vertimientos ecuatoriana a cuerpos de agua dulce	
Parámetro	Concentración (mg/l)
Sólidos en Suspensión	100
DQO	250
DBO ₅	100

Tomada de: (AQUAGROUP, 2014).

2.4.4 Etapa Terciaria

En esta etapa final el objetivo es proporcionar una agua residual con los parámetros exigidos por el Ministerio del medio ambiente (Alegría M., 2018).

Las siguientes figuras muestran una planta de tratamiento de aguas residuales, donde se evidencia de mejor manera los distintos equipos que la conforman.



Figura 14. Planta de tratamiento de aguas residuales.



Figura 15. Tanque Percolador.



Figura 16. Tanque Homogenizador 1 de la planta de tratamiento de agua.



Figura 17. Tanques Homogenizador 2 de la planta de tratamiento de agua.



Figura 18. Tanques Clarificadores

En las figuras 19 se muestra el desagüe final de las aguas residuales tratadas.



Figura 19. Válvulas de control de agua

3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

En el presente capítulo se realizará el diseño e implementación del prototipo para la adquisición de datos. Se empieza realizando un análisis técnico de los dispositivos a utilizar y posteriormente se propone el diseño de la solución. Finalmente se procede a implementar el diseño desarrollado

3.1 Criterios de diseño

Para la implementación del prototipo, se realizará un análisis técnico, considerando todas las variables que puede presentarse al momento de la implementación. Para comprender el correcto funcionamiento de los sensores a ocuparse se analiza las técnicas de medición propuestas, así como el hardware del Arduino.

3.1.1 Análisis técnico

En esta sección se realiza un análisis técnico de los componentes electrónicos existentes en el mercado para solventar el problema planteado.

3.1.1.1 Análisis técnico del microcontrolador

La Tabla 6 muestra una comparativa técnica de Arduino ESP32 y Raspberry Pi, para posterior tomar la decisión de que microcontrolador se va a utilizar.

Tabla 6

Comparativa Arduino vs Raspberry Pi.

Arduino ESP32	Raspberry Pi
Microcontrolador que permite ejecutar un programa a la vez	Minicomputadora con sistema operativo propio que permite ejecutar varios programas a la vez
De fácil alimentación con una batería de 9V	Requiere una fuente de alimentación más grande
Facilidad de integración con sensores y periféricos E/S	Integración más compleja, se requiere instalar software como
Disponible con integración a Wifi	Conexión a internet mediante puerto Ethernet, USB y Wifi
Almacenamiento interno de 16 Gb	Sin almacenamiento interno, dispone una ranura para tarjeta SD
Dispositivo plug and play	Como un sistema operativo al cerrarse inoportunamente hay que volver a ejecutar el programa
Lenguaje de programación C/C++	Lenguaje de programación Python
Tamaños super compactos	Tamaño compacto
Bajo costo	Alto costo

En conformidad con la Tabla 6, se evidencia que los dos componentes electrónicos están en la capacidad de soportar los requerimientos de un prototipo para la adquisición de datos de una planta de procesamiento de aguas residuales.

Para este proyecto se utiliza el Arduino ESP32, porque se piensa en una solución que permita una integración flexible de periféricos de E/S y sensores. Otra característica tomada en cuenta Arduino al ser un dispositivo plug and play, si existe una falla en el sistema o en la fuente de alimentación basta con reiniciarlo para que el programa funcione correctamente sin necesidad de una persona capacitada. Además, presenta un costo reducido comparado con los componentes que realizan funciones similares.

3.1.1.2 Análisis técnico de los sensores

A continuación, se realiza el análisis de los sensores de pH y turbidez, verificando cada una de sus características

3.1.1.2.1 Sensor de pH

La Tabla 7 muestra las características técnicas del sensor para medir pH, este sensor se puede integrar fácilmente con Arduino con la biblioteca que dispone el propio software y de igual forma puede ser integrado con Raspberry descargándose una biblioteca programada en Python.

Tabla 7

Características técnicas sensor pH.

Parámetro	
Tensión de funcionamiento	5 V DC
Rango de medición	0 – 14
Temperatura de operación	-10° + 40°C
Temperatura ambiente (Ta)	25°C
Exactitud	±0.1 pH Ta
Tiempo de respuesta	≤1 min
Tipo de conector	BNC
Ajuste de ganancia	Potenciómetro
Indicador de encendido	LED azul
Tamaño	43mm x 32mm aprox.

Como ya se mencionó en el ítem 3.1.1.1 se trabaja con el microcontrolador de Arduino ESP32 ya que su funcionamiento y adaptabilidad es más sencilla, dando un mejor entendimiento en su conexión.

3.1.1.2.2 Sensor de Turbidez

De forma similar en la Tabla 8 se indica las características técnicas del sensor para medir turbidez.

Tabla 8

Características técnicas sensor turbidez.

Parámetro	
Tensión de funcionamiento	5 V DC
Corriente de operación	40mA (máx.)
Tiempo de respuesta	≤500ms
Métodos de salida	Análogo/Digital
Temperatura de operación	+5°C +90°C
Temperatura de almacenamiento	-10°C +90°C
Peso	30 g
Tamaño	38mm x 28mmX10mm aprox.

De igual manera este sensor trabaja en conjunto con el microcontrolador ESP32 dispone de una biblioteca para la fácil manipulación, integra de manera eficiente y eficaz él envió de datos, obteniendo resultados esperados, mientras que la integración con Raspberry se realiza de una forma más compleja puesto que no se dispone de una biblioteca programada en Python, pese a esta limitación el sensor puede trabajar de una manera óptima también con Raspberry Pi.

3.1.2 Procedimiento de medición

En esta sección se detalla las técnicas de medición propuestas para el prototipo.

Medición de pH

Para medir el pH hay una variedad de opciones de prueba tales como: indicadores de pH líquido, papeles de prueba de pH y medidores electrónicos de pH, este último utilizado en el proyecto.

Se dispone de un sensor de pH que permite medir el Potencial de Hidrógeno de una solución, estimando el diferencial del potencial eléctrico entre dos electrodos, este sensor es un combinado entre el electrodo principal y el electrodo de referencia, el electrodo principal percibe cambios en el valor del pH, mientras que, el electrodo de referencia da una señal constante de correlación.

Un dispositivo de alta impedancia es utilizado para mostrar la señal en milivoltios en unidades de pH, ofreciendo lecturas de hasta 0,01 valores de pH, un esquema del sensor de se muestra en la Figura 20, los medidores de pH son muy prácticos para trabajos de campo y comprobaciones rápidas de pH, sin embargo hay que tomar en cuenta que estos requieren de calibración y mantenimiento más constante que el resto del hardware, es vital que los electrodos se mantengan limpios y se siga las recomendaciones indicadas por el fabricante.

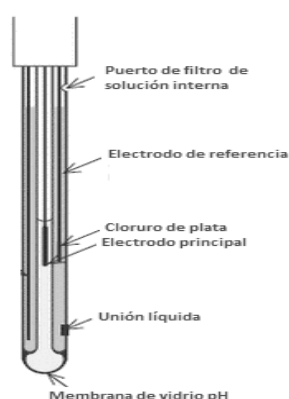


Figura 20. Esquema de sensor pH

Adaptado de: (AQUAGROUP, 2014).

Turbidez

El funcionamiento de sensor de turbidez se describe de manera gráfica en la Figura 21, que básicamente se utiliza un LED infrarrojo para la fuente de luz y un

fototransistor para detectar la cantidad de luz no bloqueada por el agua turbia. El fototransistor tendrá un cambio de resistencia y se obtendrá en el sensor el cambio de voltaje, estos datos son obtenidos y procesados por un microcontrolador del Arduino descrito en la sección 1.2. El agua turbia se mide del total de sedimentos suspendidos (mg/l).

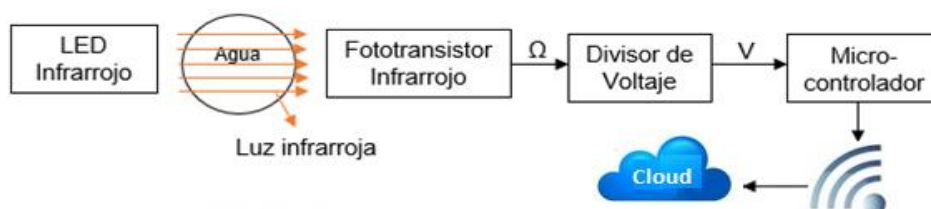


Figura 21. Diagrama en bloques de sensor de turbidez

3.1.3 Diagrama del sistema de adquisición de datos

En esta sección se desarrolla el diseño del sistema de adquisición de datos. Primeramente, se explica el funcionamiento del sistema de adquisición de datos de forma global, y luego se desglosa en dos partes: el sistema de medición de pH y el sistema de medición de turbidez.

En esta sección la Figura 22 muestra el diagrama de flujo, donde se explica el funcionamiento estructural del prototipo para la medición en tiempo real de pH y turbidez, de las aguas residuales en una planta de tratamiento.

Adicionalmente, se explica a detalle cada uno de los procesos del diagrama de flujo con la finalidad de entender a cabalidad el funcionamiento del prototipo para la adquisición de los datos enviados desde el sensor de pH y el sensor de turbidez respectivamente, para su posterior almacenamiento en una base datos alojada en la nube, con la facilidad de poder acceder desde cualquier computador, smartphone o tablet con internet.

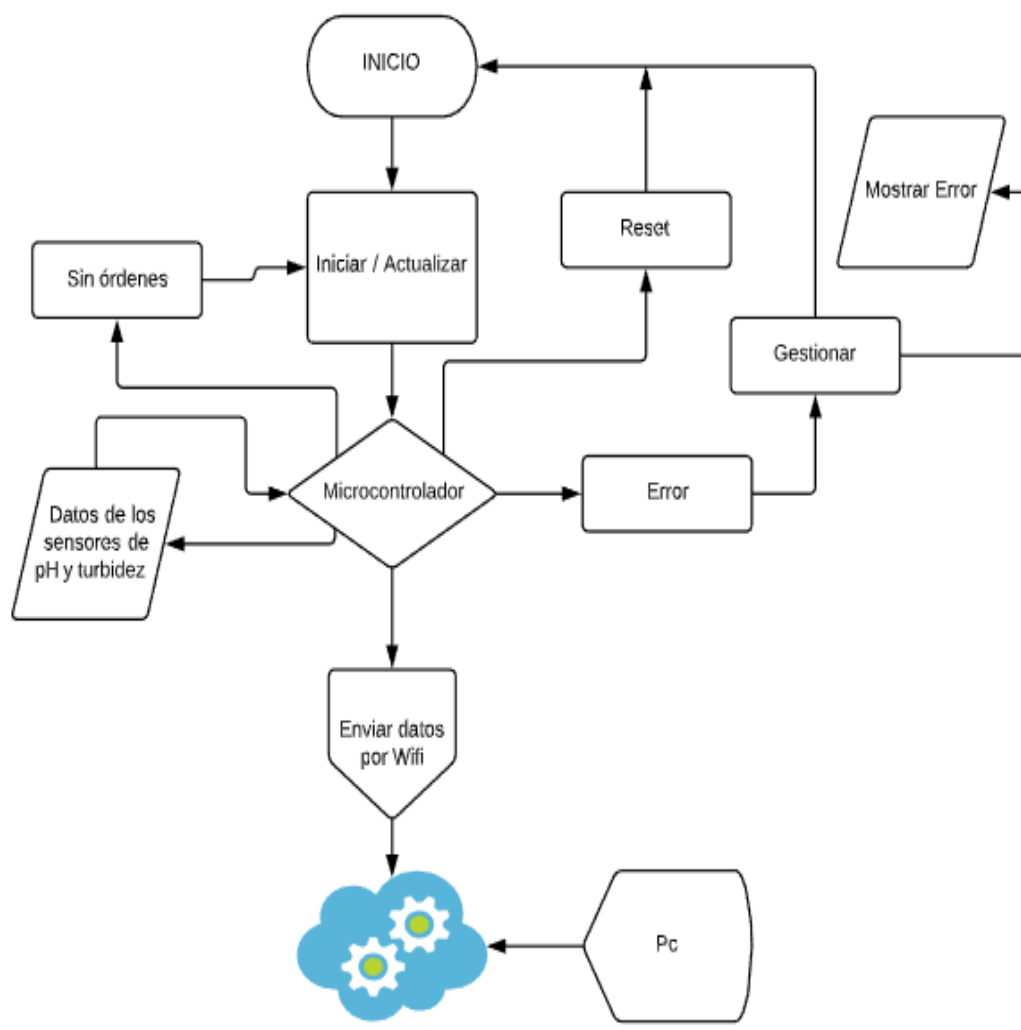


Figura 22. Diagrama de flujo

Inicio: Comienzo para una nueva instancia del programa o reinicio de este.

Iniciar / Actualizar: En esta etapa el Microcontrolador ESP32 dispone de recursos necesarios, mismo que deben ser suficientes para integrar un motor HTML5, para posteriormente ser gestionado vía WIFI. Así mismo se conectará una red inalámbrica de WIFI existente, para comunicarse con los usuarios enviando y recibiendo información.

Microcontrolador: En esta fase del prototipo el programa, hace que el Microcontrolador ESP32 realice la toma el control de decisiones, donde dependiendo de cuál sea el caso, se recibe las instrucciones o solo espera las mismas.

Reset: Está es una interrupción externa realizada por el usuario, que permite reiniciar todos los procesos que se estén realizando, incluido el motor HTML5, hay que tomar en cuenta que si se realiza esta acción puede que la red WIFI se desconecte momentáneamente hasta que inicie todos los servicios correctamente.

Error: Una interrupción interna realizada por el Microcontrolador ESP32 y es generada que falle algún componente esencial del sistema como los que se mencionan a continuación: RAM, WIFI/BLUETOOTH, FLASH MEMORY o los SENSORES EXTERNOS, inmediatamente el Microcontrolador ESP32 toma medidas preventivas como hacer sonar el BUZZER, dando un sonido de alerta, encendiendo y apagando (parpadeo) el LED rojo continuamente dando a entender al usuario la existencia de un problema o error. Normalmente si el problema es por Software el mismo programa está en la capacidad de reiniciar en dos ocasiones para solucionar problemas de comunicación, si el problema persiste, el sistema realiza una comprobación de Hardware, verificando el funcionamiento de los componentes e indicando al usuario que tiene que resolverlo.

Gestionar: En esta etapa recibe la alerta de error y gestiona mostrando una alerta en la pantalla de error al usuario y mediante esta notificación indica al sistema de un error y reinicia el proceso.

Datos de los sensores de pH y turbidez: Los sensores de pH y turbidez disponen de una placa de acondicionamiento de señal, estas señales que a la entrada son análogas, son convertidas en señales digitales por medio de estas placas de acondicionamiento de señal, por ese motivo el Microcontrolador debe tener un programa que gestione correctamente estas señales digitales.

Sin órdenes: Sin datos que gestionar, ni ordenes que cumplir el Microcontrolador ESP32 va al proceso de Iniciar / Actualizar y revisa todos los sistemas (incluyendo sensores y la red inalámbrica WIFI) verificando si existen datos o instrucciones que gestionar.

Enviar datos por Wifi: En este proceso, se utiliza el motor HTML5 y la red inalámbrica WIFI para enviar los datos a la nube en tiempo real de los valores adquiridos por los sensores.

Cloud: En esta instancia, se reciben los datos con los valores obtenidos de los sensores que son enviados por el microcontrolador ESP32 por medio de una red inalámbrica Wifi, para posteriormente ser almacenado en una base de datos y ser mostrada al usuario con acceso desde cualquier punto con acceso a internet.

3.1.3.1 Diagrama del sistema de medición de pH

En la Figura 23 se muestra un diagrama de conexión del sensor de pH, donde el sensor obtiene los datos de las aguas residuales y son almacenados por el microcontrolador del Arduino para ser transmitidos posteriormente a la base de datos y ser almacenados en la nube. Hay que tener en cuenta que el valor del pH para ser apto tanto en su consumo como en su riego debe estar en un rango de 4.5 a 7, considerado como un factor importante para la producción de cultivos y a su vez útil con el medio ambiente (Kingsta et al., 2019).

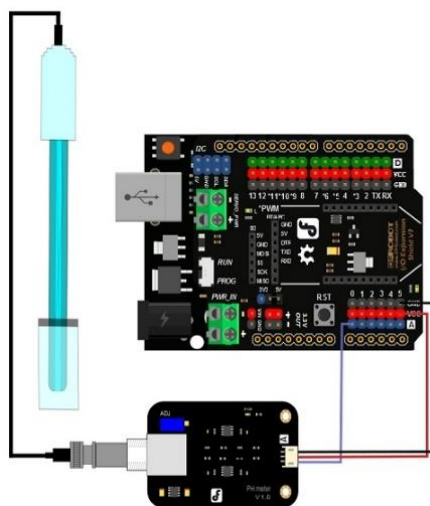


Figura 23. Diagrama de conexión sensor de pH

Tomada de: (ElectrotekMega, s. f.)

3.1.3.2 Diagrama del sistema de medición de turbidez

Como lo explicado anteriormente, se medirá la turbidez de las aguas residuales con el sensor de turbidez, este sensor mide las partículas suspendidas en el

agua, su funcionamiento se basa cuando la luz del LED infrarrojo pasa al fototransistor, la cantidad de la luz transmitida va a depender de la cantidad de la materia suspendida en el agua, por lo tanto, el sensor envía los datos analógicos al microcontrolador del Arduino, para ser convertidos en datos digitales que son el resultado de la medición, en la Figura 24 se presenta el diagrama de conexión del sensor de turbidez.

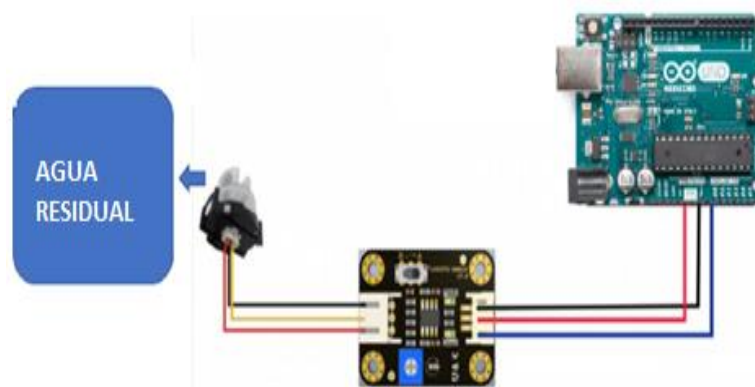


Figura 24. Diagrama de conexión sensor de turbidez

Adaptado de: (Hakim, Hasanah, Mulyanti, & Aminudin, 2019)

3.2 Implementación de hardware del prototipo

En esta sección, se procederá con la implementación del prototipo, detallando los materiales utilizados, los diagramas de pines y conexión para una correcta implementación.

3.2.1 Materiales o componentes

Los materiales que se necesitan se detallan a continuación:

- 1 módulo Arduino ESP-WROOM-32
- 1 kit sensor PH-4502C conjuntamente con su tarjeta de acondicionamiento.
- 1 kit sensor turbidez KIE20190923 conjuntamente con su tarjeta de acondicionamiento.
- 1 transistor 2N3904
- 1 resistor 1K Ω
- 1 resistor 10K Ω

- 1 buzzer
- 1 protoboard
- Cables de conexión
- Fuente de alimentación 5V DC
- Recipiente de aguas residuales
- Computador con software Arduino

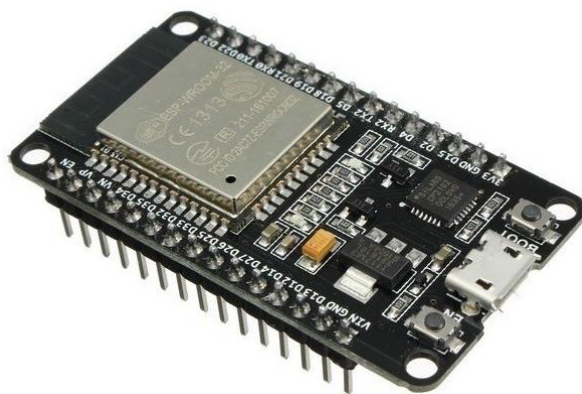


Figura 25. Módulo Arduino



Figura 26. Sensor de pH

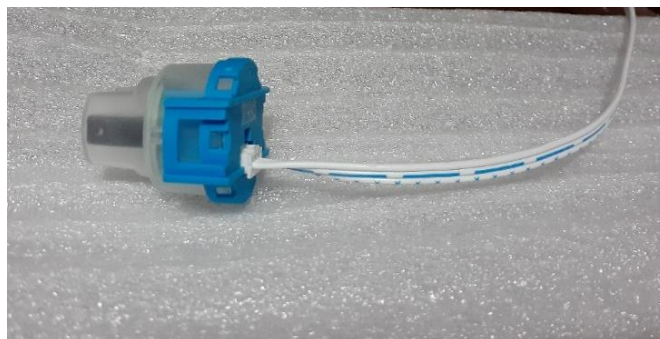


Figura 27. Sensor de turbidez

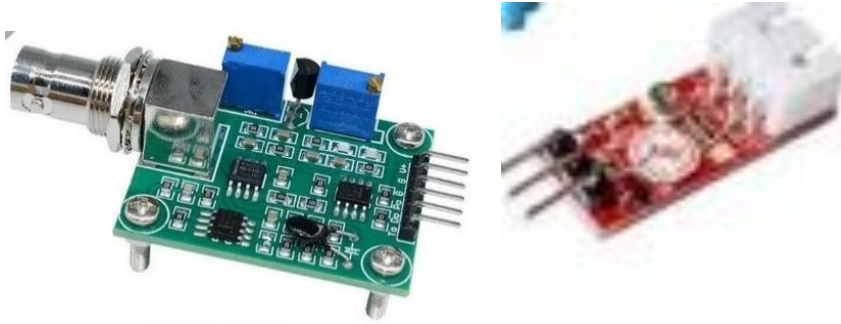


Figura 28. Tarjetas de acondicionamiento pH y turbidez

3.2.2 Conexiones

En las figuras 23 y 24 muestran el diagrama de conexión de cada sensor por separado, sin embargo, en la Figura 29 se muestra el diagrama de conexión integrada para la implementación final del prototipo.

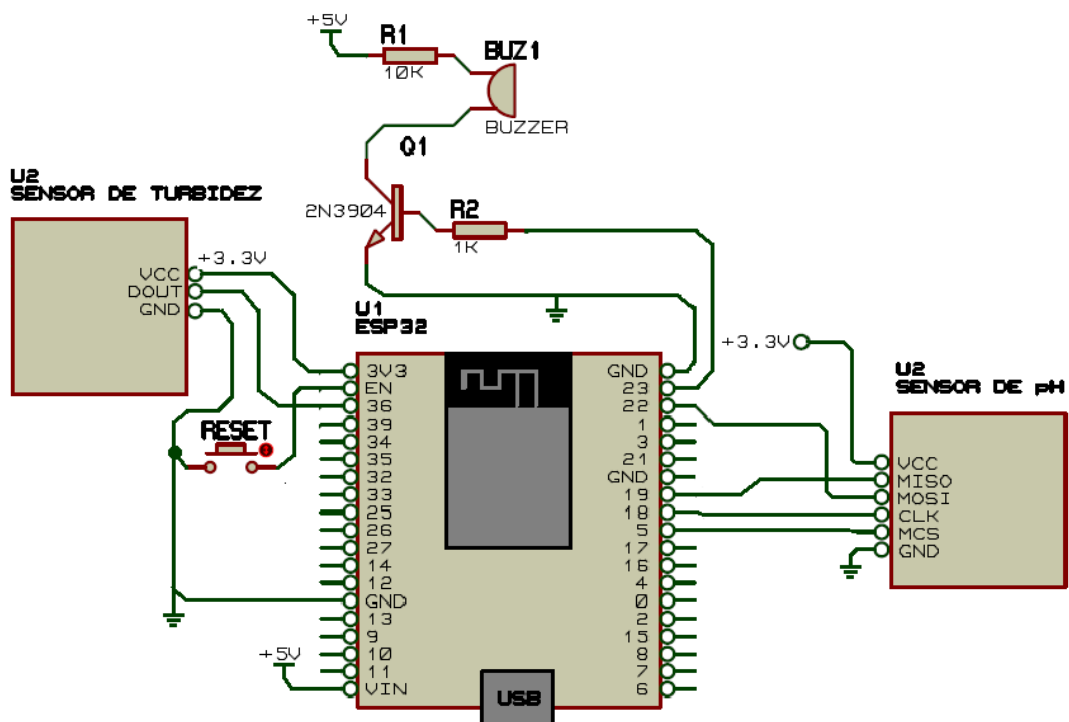


Figura 29. Diagrama de conexiones

En la figura 30 se observa los sensores de pH y turbidez que son utilizados, mientras que en las figuras 31 y 32 evidencia la implementación física del prototipo.



Figura 30. Sensores de pH, turbidez y fuente de alimentación

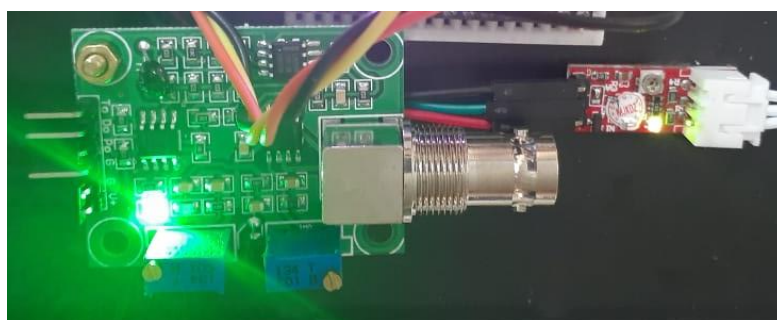


Figura 31. Implementación sensores

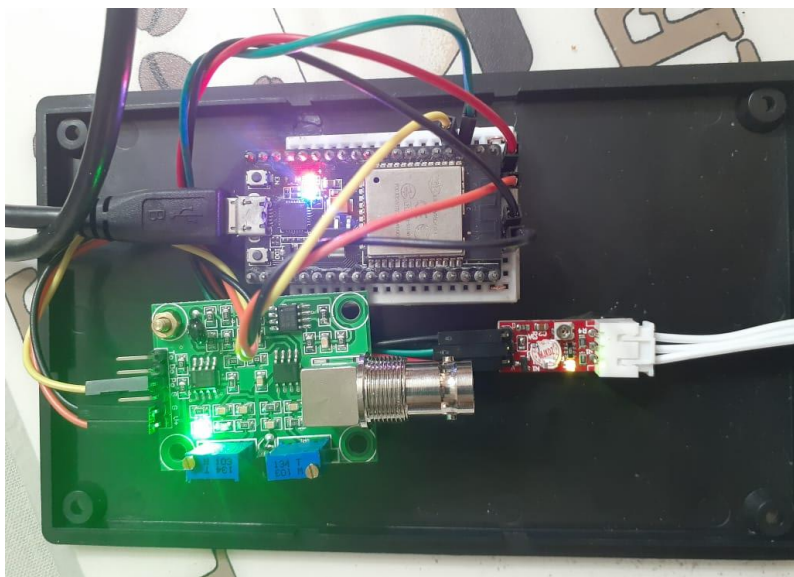


Figura 32. Implementación total

3.3 Implementación de software del sistema de adquisición de datos

Una vez terminada la implementación de hardware, se procede con la configuración y programación del Arduino ESP32, para lo cual se necesita

descargar el desarrollador Arduino C++ directo de la página oficial de Arduino, la Figura 33 muestra el entorno GUI que tiene el desarrollador.

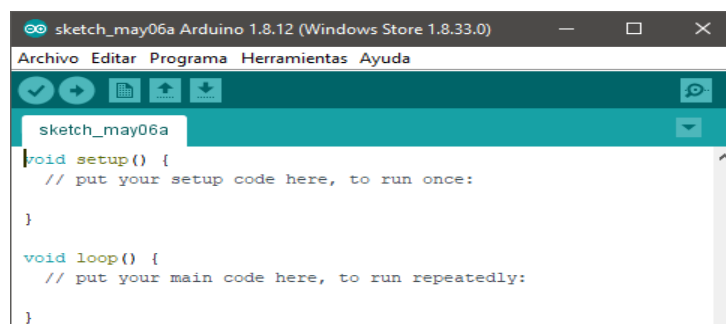


Figura 33. Entorno GUI desarrollador de Arduino.

El desarrollador viene incorporado con la placa Arduino “uno”, para instalar la placa Arduino ESP32 se debe descargar el gestor en la página del fabricante, la Figura 34 muestra el archivo ejecutable para la instalación de la placa ESP32.

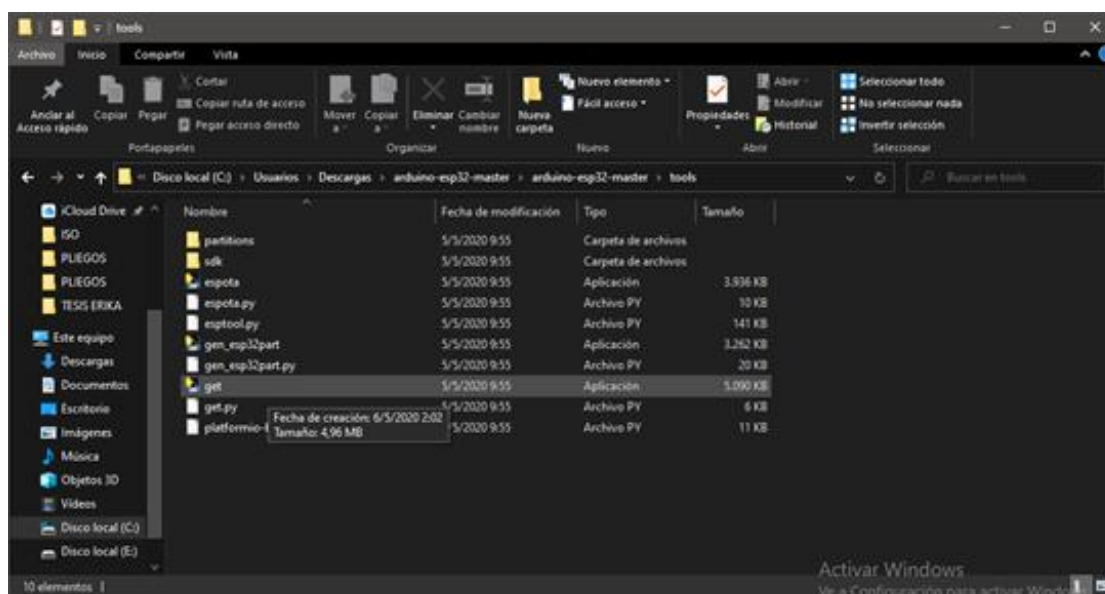


Figura 34. Aplicación get para instalación de placa ESP32

En la Figura 35 se muestra cómo se descarga los paquetes para la instalación de la placa.



Figura 35. Descarga de paquetes de placa ESP32

Una vez instalado todos los componentes en el desarrollador aparece la opción para escoger la placa Arduino ESP32, de esta forma se puede empezar con el desarrollo de la programación que se verá en el próximo capítulo.

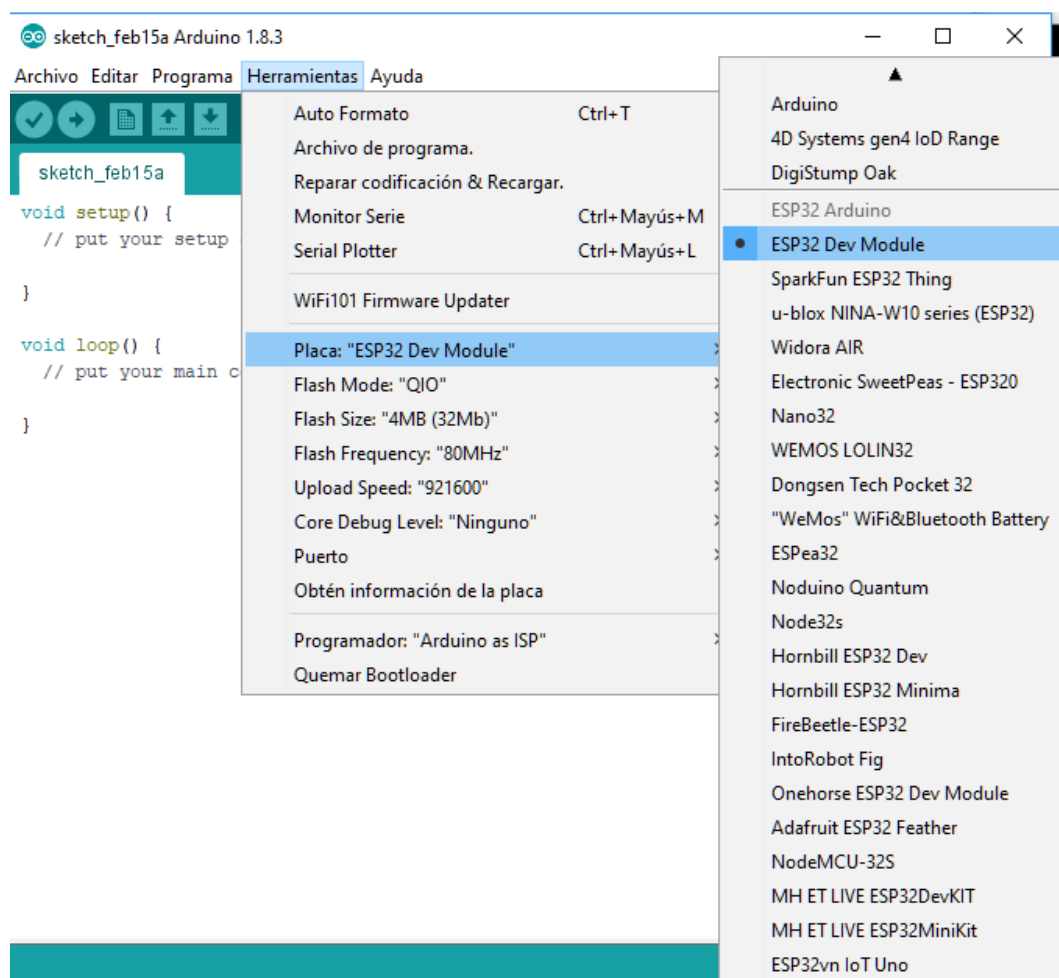


Figura 36. Desarrollador con placa Arduino ESP32.

4 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO PARA LA TRANSMISIÓN, ALMACENAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE DATOS

En este capítulo, se realizará el desarrollo de la programación para transmisión, almacenamiento y presentación de datos.

4.1 Estructura

La Figura 37 muestra un diagrama de flujo de la estructura utilizada para el envío y recepción de los datos.

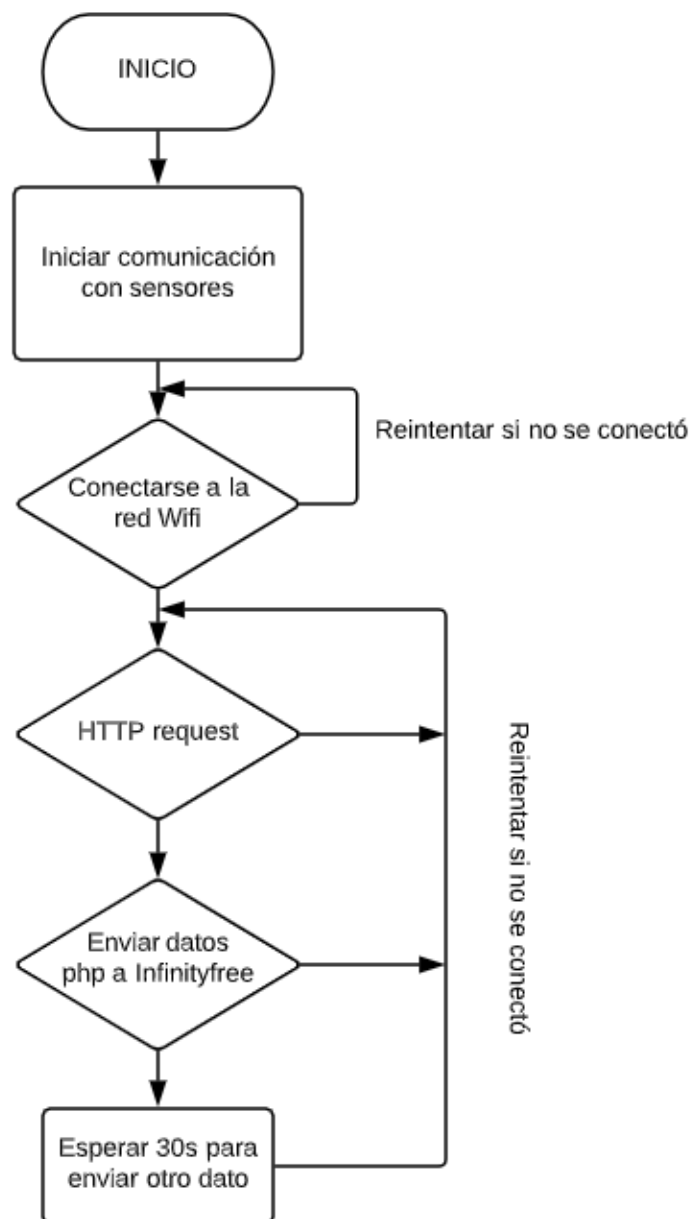


Figura 37. Diagrama de flujo para el envío y recepción de datos

- **Iniciar comunicación con sensores:** Este proceso se encarga de listar todo lo necesario para inicializar la comunicación serial de los sensores por el puerto USB utilizando el protocolo RS232:

Instrucción: `Serial.begin(115200);`

- **Conectarse a la red WIFI:** Este proceso lista un grupo de procesos para que se conecte automáticamente a la red WIFI local:

Instrucción: `wifi_init();`

- **HTTP REQUEST:** Este es un proceso interno entre el ROUTER de WIFI y el Microcontrolador ESP32 con el que se tiene acceso a internet. Este proceso consta de unos protocolos de comunicación y se verifica lo siguiente: Sí hay internet, sí se registró en la red correctamente y si la página a la que se desea acceder está disponible. Estos protocolos no se pueden modificar:

Instrucción: `http_request();`

- **Enviar paquete de datos a Infinityfree:** Consta de una plantilla PHP con los datos empaquetados para enviar al servidor en la nube.

Instrucción: `client.print(String("POST "));`

- **Esperar un intervalo de 30 segundos:** Este es un subprocesso simple de un "DELAY" de 30.000 milisegundos (30 segundos).

4.2 Transmisión

4.2.1 Librerías necesarias

Para el inicio de la programación, primero se debe incluir las librerías utilizadas para el prototipo como se muestra en la Figura 38.

```

/ ~
* LIBRERIAS:
* -----
*
* <stdio.h>: Entradas y salidas de texto y flujo de datos formateadas del ESP32.
* <stdlib.h>: Libreria para la conversion de texto extendidos y formateados.
*
* ~
*/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <WiFi.h>

```

Figura 38. Librerías

Se crea una variable que almacene una unidad que va desde 0 hasta 1023, es decir 10 bit de resolución. Esta Variable se llamará “VALOR_AN” y será una variable del tipo “unsigned int” (entero sin signo). Esta variable será establecida para almacenar los datos digitales de los sensores de pH y turbidez.



```

PROYECTO_ERIKA Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PROYECTO_ERIKA$
//NOTA: FALTA INCLUIR EN EL PROYECTO LA LIBRERIA DE WIFI

#define PH_4 623
#define PH_7 605

unsigned int VALOR_AN = 0;

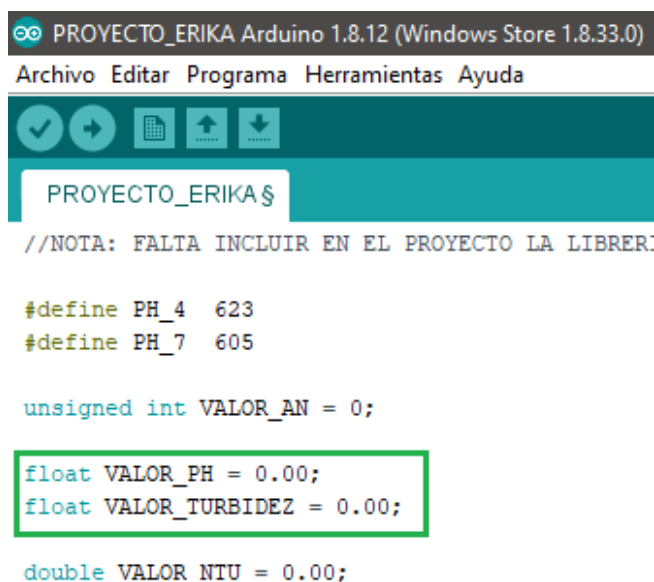
float VALOR_PH = 0.00;
float VALOR_TURBIDEZ = 0.00;

double VALOR_NTU = 0.00;

```

Figura 39. Variable de almacenamiento

Después, se crean dos (02) variables del tipo “float” (o de coma flotante) para almacenar el valor final del sensor de pH y el valor en voltaje del sensor de turbidez. Estas variables se llamarán “VALOR_PH” y “VALOR_TURBIDEZ”.



```

PROYECTO_ERIKA Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PROYECTO_ERIKA$
//NOTA: FALTA INCLUIR EN EL PROYECTO LA LIBRERIA DE WIFI

#define PH_4 623
#define PH_7 605

unsigned int VALOR_AN = 0;

float VALOR_PH = 0.00;
float VALOR_TURBIDEZ = 0.00;

double VALOR_NTU = 0.00;

```

Figura 40. Creación de variables pH y turbidez.

Una vez realizado los pasos anteriores, se procede a crear otra variable de tipo “double” (o doble coma flotante) que nos dará el valor en NTU (Turbidez del agua); esta variable se llamará “VALOR_NTU”.



```

PROYECTO_ERIKA Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PROYECTO_ERIKA$
//NOTA: FALTA INCLUIR EN EL PROYECTO LA LIBRERIA DE WIFI

#define PH_4 623
#define PH_7 605

unsigned int VALOR_AN = 0;

float VALOR_PH = 0.00;
float VALOR_TURBIDEZ = 0.00;

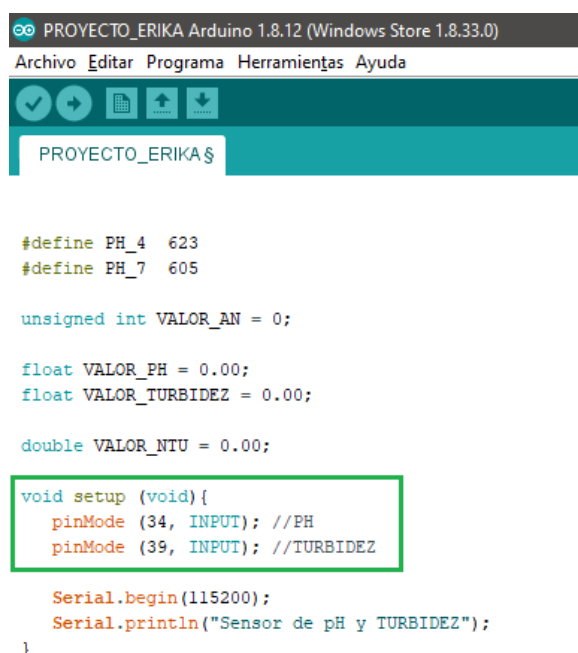
double VALOR_NTU = 0.00;

void setup (void){
  //pinMode (34, INPUT); //PH
  //pinMode (39, INPUT); //BQO

```

Figura 41. Creación de variable NTU

En el “void setup (void)” de Arduino se configurará uno de los pines del Microcontrolador ESP32 para que sea de “entrada análoga”, de esta forma se tendrá una lectura sin errores más adelante, una vez realizadas las pruebas se procede a comentar estas líneas de código.



```

PROYECTO_ERIKA Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PROYECTO_ERIKA$

#define PH_4 623
#define PH_7 605

unsigned int VALOR_AN = 0;

float VALOR_PH = 0.00;
float VALOR_TURBIDEZ = 0.00;

double VALOR_NTU = 0.00;

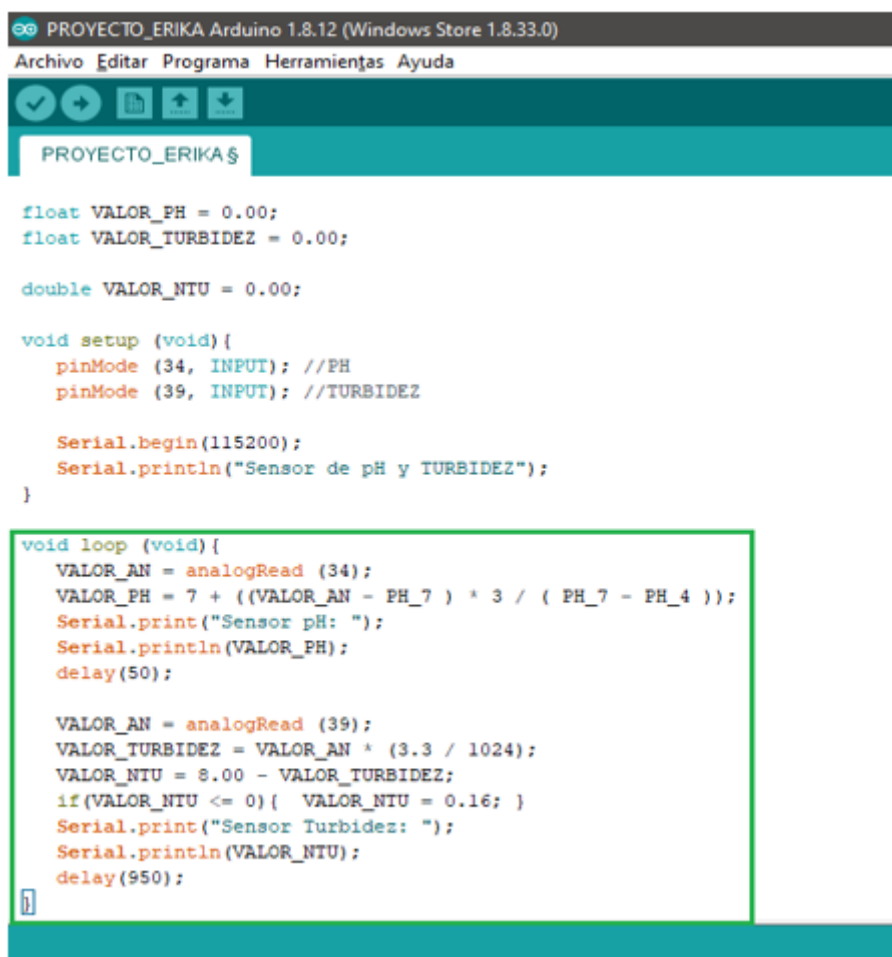
void setup (void){
  pinMode (34, INPUT); //PH
  pinMode (39, INPUT); //TURBIDEZ

  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Sensor de pH y TURBIDEZ");
}

```

Figura 42. Creación de variable NTU

A continuación, se agregará una instrucción que obtenga la señal analógica de los sensores pH y turbidez en sus respectivas entradas analógicas, con la instrucción `analogRead`, y para los sensores expresa la ecuación para determinar la variable "VALOR_PH" en el "loop (void)" y se calcula los valores de la siguiente manera:



```

PROYECTO_ERIKA Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

PROYECTO_ERIKA$

float VALOR_PH = 0.00;
float VALOR_TURBIDEZ = 0.00;

double VALOR_NTU = 0.00;

void setup (void){
  pinMode (34, INPUT); //PH
  pinMode (39, INPUT); //TURBIDEZ

  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Sensor de pH y TURBIDEZ");
}

void loop (void){
  VALOR_AN = analogRead (34);
  VALOR_PH = 7 + ((VALOR_AN - PH_7 ) * 3 / ( PH_7 - PH_4 ));
  Serial.print("Sensor pH: ");
  Serial.println(VALOR_PH);
  delay(50);

  VALOR_AN = analogRead (39);
  VALOR_TURBIDEZ = VALOR_AN * (3.3 / 1024);
  VALOR_NTU = 8.00 - VALOR_TURBIDEZ;
  if(VALOR_NTU <= 0){ VALOR_NTU = 0.16; }
  Serial.print("Sensor Turbidez: ");
  Serial.println(VALOR_NTU);
  delay(950);
}

```

Figura 43. Cálculo de valores

4.3 Almacenamiento

4.3.1 Análisis o comparativa de las opciones de iCloud

El almacenamiento se va a realizar en una base de datos que se encuentra alojada en la nube. La Tabla 9 muestra las diferentes características que existen entre los diferentes proveedores que ofrecen servicios de almacenamiento Cloud.

Tabla 9

Características técnicas motor de base de datos en la nube.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTOS	LENGUAJE
AZURE	Admite cualquier sistema operativo, lenguaje, herramienta. Seguridad de sus datos. Uso operativo flexible.	Requiere experiencia para asegurar que todas las partes móviles funcionen de la manera más eficiente posible. Un error común cometido por un administrador de TI de una empresa puede crear problemas.	Pago con tarjeta de crédito para usos por encima del límite (factura disponible), desde \$48-\$140	C#. JavaScript. F#. Java. PowerShell. Python. TypeScript.
HOSTING-WEB	La respuesta del servidor es buena y si cumple con el 99.9% de uptime. Dominios ilimitados. cPanel FTP Soporte Multi-idioma mediante foros	Por ser un hosting gratuito no se puede exigir que funcione al 100% todos los días. Sólo permite tener un máximo de 2 bases en MySQL No existe soporte.	Gratis	PHP. MySQL. Mail Forwarding
GODADDY	Creador de Sitios Web. Hosting. Certificados SSL. Permite proteger varios dominios	Soporte solo a través de teléfono. Sin cifrado SSL. Limites en la cantidad de sitios web que se alojan, no permiten alojar más de uno en sus primeros dos planes de hosting compartido. Bases de datos limitadas en los primeros 3 planes de GoDaddy.	1 mes de prueba gratis \$5.99 - \$19.99 al mes.	MySQL. ASP con SQL. PHP.

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTOS	LENGUAJE
INFINITY-FREE	Económico. Fácil de usar. Hosting Compartido. Hay espacio en disco y ancho de banda ilimitados. Consola estándar de la industria. Disponible para aplicaciones IOT. Facilita la programación a nivel electrónico. Nombres de dominio. Certificado SSL. 400 bases de datos MySQL. Servicio de DNS gratuito, CDN de Cloudflare gratuito.	Los sitios de Infinity Free obtienen SSL gratis, pero se basan en certificados autofirmados, en lugar de autoridades confiables. Soporte básico. No tiene copias de seguridad automatizadas gratuitas.	Gratis, sin embargo, desea potencia un costo de \$ 2.99 a \$5.90 al mes.	MySQL. SQL. PHP.

De acuerdo con la Tabla 9 se determina que la opción más viable para el prototipo es Infinityfree, por todas sus prestaciones, facilidades y capacidades, adicional permite una fácil integración a Internet de las cosas con lo que la placa Arduino ESP32 trabaja de una manera en conjunto.

4.3.2 Configuración de las comunicaciones

A continuación, se muestra cómo se conecta a la red Wifi, por medio de las variables globales, registrando las credenciales creadas de Wifi, esto se lo lleva a cabo creando una variable de tipo const char* ssid, ocupada para el nombre de la red y de igual forma para la contraseña, como se muestra en la Figura 44.



```

SERVIDOR Arduino 1.8.12
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
SERVIDOR$
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>

//-----VARIABLES GLOBALES-----
int contconexion = 0;

const char *ssid = "TONKY"; //"Nombre de la red";
const char *password = "Baby30081956"; //"clave de la red";

unsigned long previousMillis = 0;

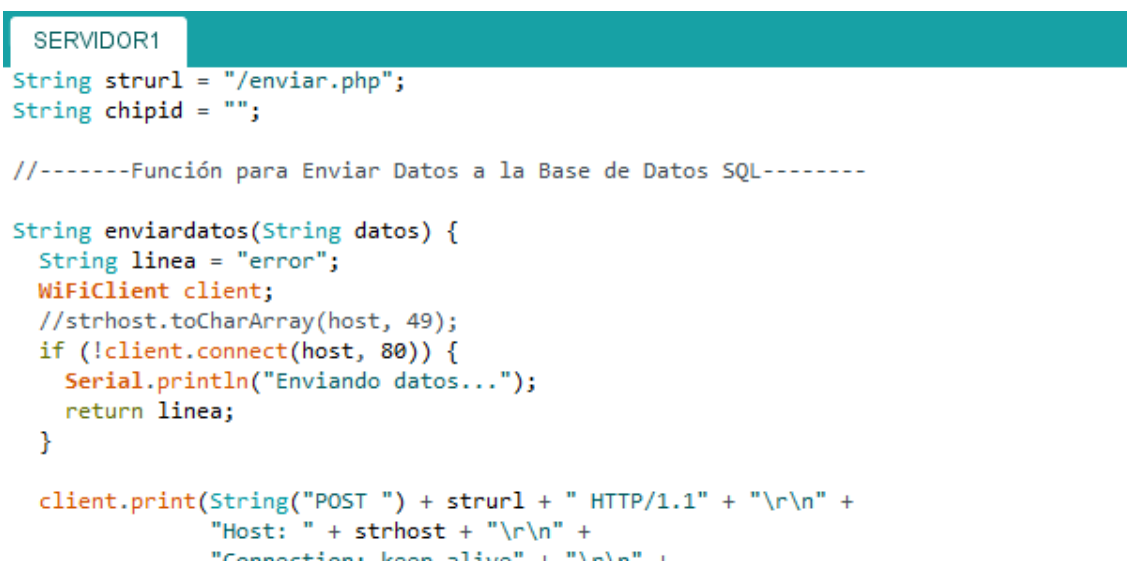
char *host = "185.27.134.142"; /*"sensorph.epizy.com"; */
String strhost = "sensorph.epizy.com";
String strurl = "/enviardatos.php";
String chipid = "";

```

Figura 44. Conexión a la red Wifi

La Figura 44 también permite evidenciar los parámetros de entrada para enviar datos a un servidor gratuito, donde se aloja la base de datos programada en lenguaje MySQL.

En las figuras 45 y 46, se puede muestra la creación de la función que permite conectarse con la base de datos para enviar la información que se recibe de los sensores en el microcontrolador ESP32.



```

SERVIDOR1
String strurl = "/enviar.php";
String chipid = "";

//-----Función para Enviar Datos a la Base de Datos SQL-----

String enviardatos(String datos) {
  String linea = "error";
  WiFiClient client;
  //strhost.toCharArray(host, 49);
  if (!client.connect(host, 80)) {
    Serial.println("Enviando datos...");
    return linea;
  }

  client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +
    "Host: " + strhost + "\r\n" +
    "Connection: keep-alive" + "\r\n" +

```

Figura 45. Creación de función para envío de datos.

```
//-----Función para Enviar Datos a la Base de Datos SQL-----
String enviardatos(String datos) {
    String linea = "error";
    WiFiClient client;
    //strhost.toCharArray(host, 49);
    if (!client.connect(host, 80)) {
        Serial.println("Enviando datos...");
        return linea;
    }

    client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +
        "Host: " + strhost + "\r\n" +
        "Connection: keep-alive" + "\r\n" +
        "Content-Length: " + datos.length() + "\r\n" +
        "Cache-Control: max-age=0" + "\r\n" +
        "Upgrade-Insecure-Requests: 1" + "\r\n" +
        "Origin: http://sensorph.epizy.com" + "\r\n" +
        "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded" + "\r\n" +
        "User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) C
        "Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8,
        "Referer: http://sensorph.epizy.com/" + "\r\n" +
        "Accept-Encoding: gzip, deflate" + "\r\n" +
        "Accept-Language: es-ES,es;q=0.9" + "\r\n" +
        "Cookie: __gads=ID=f3ec4cf7c87786e6:T=1588731034:S=ALNI_MZ42e656EckEUXHMTJ5Gy34cwTUDA; _ga=GA1.
        "\r\n" + datos);

    delay(10);
}
```

Figura 46. Creación de función para el envío de datos.

La Figura 47, sirve para verificar todas las líneas de código de manera procedural que recibe del servidor y las imprime por la terminal serial.

```
Subir
SERVIDOR1
"Cookie: __gads=ID=f3ec4cf7c87786e6:T=1588731034:S=ALNI_MZ42e656EckEUXHMTJ5Gy34cwTUDA; _
"\r\n" + datos);

delay(10);

Serial.print("Enviando datos a SQL...");

unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
    if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println("Cliente fuera de tiempo!");
        client.stop();
        return linea;
    }
}
// Lee todas las líneas que recibe del servidor y las imprime por la terminal serial
while(client.available()){
    linea = client.readStringUntil('\r');
    Serial.print(linea);
}
//Serial.println(linea);
return linea;
}

//-----
void setup() {
```

Figura 47. Código de lectura que recibe el servidor.

En la figura 48 se observa cómo se realiza la conexión y el tiempo de espera e intentos para conectar a la base de datos, mediante un ciclo while, que intenta hasta 50 veces y si no se puede conectar lo cancela.

```

SERVIDOR1
Serial.println(chipid);

// Conexión WIFI
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED and contconexion <50) { //Cuenta hasta 50 si no se puede conectar lo cancela
  ++contconexion;
  delay(100);
  Serial.print(".");
}
if (contconexion <50) {
  //para usar con ip fija
  /*
  IPAddress ip(192,168,1,156);
  IPAddress gateway(192,168,1,1);
  IPAddress subnet(255,255,255,0);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet);*/

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi conectado");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
else {
  Serial.println("");
  Serial.println("Error de conexion al WIFI...");
  while(true);
}
}

```

Figura 48. Creación del ciclo while para la conexión wifi.

En la figura 49, muestra la función para demostrar los datos recolectados de los componentes de pH y turbidez, al mismo tiempo se procede con la validación de los datos.

```

//-----LOOP-----
void loop() {

  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - previousMillis >= 60000) { //envia datos cada 1 minuto
    previousMillis = currentMillis;
    float pH=(6.8+(0.1*random(0,6)));

    //int t_in=analogRead(36);
    //float turbidez=(t_in*(3.3/4096));
    int t_in=analogRead(36);
    float turbidez=(t_in*(2.3/6144));
    Serial.println( enviardatos("chipid=" + chipid + "&pH=" + String(pH, 2) + "&turbidez=" + String(turbidez, 2) ) );
  }
}

```

Figura 49. Impresión de datos.

Se procede a configurar el alojamiento que va a tener el prototipo en la nube, en esta ocasión se utilizará Infinity Free, se empieza con la creación de un perfil de cliente, para esto es necesario ingresar una dirección de correo electrónico y una contraseña, se hace clic en un enlace enviado por correo electrónico para confirmar la dirección.

Correo creado: *sensor.ph.turbidez@gmail.com*

4.4 Creación de usuarios

Los datos se pueden presentar considerando dos tipos de usuarios:

4.4.1 Usuario Administrador

El usuario administrador tiene los privilegios de crear una cuenta que servirá para el alojamiento, la cual denominaremos cuenta de administrador, este usuario crea el subdominio sensorph.epizy.com y el servicio genera automáticamente un nombre de usuario y contraseña.

Cuentas			Crear una cuenta
NOMBRE DE USUARIO	ETIQUETA	ESTADO	
epiz_25690734	Sitio web para sensor.rf.gd	Activo	Gestionar
epiz_25711735	Sitio web para sensorph.epizy.com	Activo	Gestionar

Cuentas activas: 2/3

Figura 50. Creación de la cuenta de alojamiento.

Una vez que se crea la cuenta de alojamiento, se procede a gestionar en el panel de control web de Infinity Free, donde se identifica todas las cuentas que han sido creadas, junto con sus nombres de dominio, contraseñas, estados (activo e inactivo), cuenta y detalles de inicio de sesión FTP, esto aplicado como front end para el cliente administrador final.

epiz_25711735 (sitio web para sensorph.epizy.com)	
Panel de control	Administrador de archivos
Editar cuenta	Historial de desactivación 0
detalles de la cuenta	
Nombre de usuario	epiz_25711735
Etiqueta	Sitio web para sensorph.epizy.com
Dominio principal	qp1j5jbo.epizy.com
Estado	Activo
Contraseña	***** Mostrar ocultar
Creado en	2020-05-06
Detalles de FTP	
Nombre de usuario FTP	epiz_25711735
Contraseña FTP	***** Mostrar ocultar
Nombre de host FTP	ftpupload.net
Puerto FTP (opcional)	21

Figura 51. Panel de control

La figura 52, muestra el panel de control estándar de Infinity Free, permite una creación de base de datos, opciones de programación PHP, trabajos cron, control de página de error, creación de cuentas de correo electrónico,

estadísticas simples de la cuenta, copias de seguridad a pedido y más (Ditching, 2019).



Figura 52. cPanel.

A continuación, la Figura 53, se observa la creación de la base de datos, para esto, primero se selecciona la opción Base de datos en la página principal del panel de control, se escoge la opción de base de datos MySQL y se ingresa los datos solicitados.

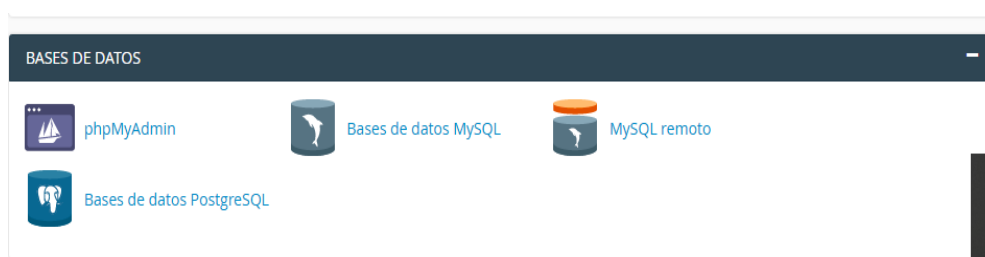


Figura 53. Creación de la base de datos.

A continuación, se debe dirigir a la opción de cPanel phpMyAdmin, donde se observa la creación correcta de la base de datos que se va a utilizar, los datos creados son los siguientes:

MySQL DB Name: *epiz_25690734_database*

MySQL Username: *epiz_25690734*

MySQL Host: *sql208.epizy.com*

Solo resta dar clic en ¡Conecte ahora!



Figura 54. Conexión a la base de datos.

En la figura 55, se muestra cómo se crea la tabla con sus respectivos atributos, aquí se va a alojar los datos de los sensores que están siendo utilizados desde la planta de tratamiento de aguas residuales, estos datos son la información en tiempo real que nos está enviando desde el microcontrolador ESP32 en conjunto con los sensores tanto de pH como de turbidez.

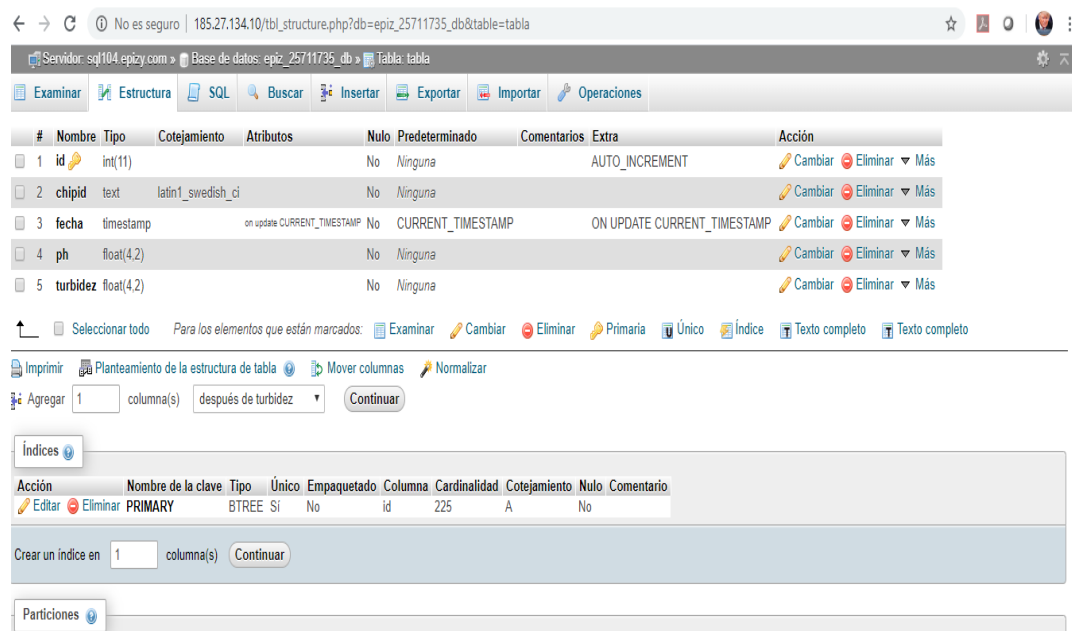


Figura 55. Creación de los atributos que conforman la tabla.

Una vez creada la tabla, se procede a verificar el almacenamiento de los datos enviados desde los sensores, como indica en la figura 56.

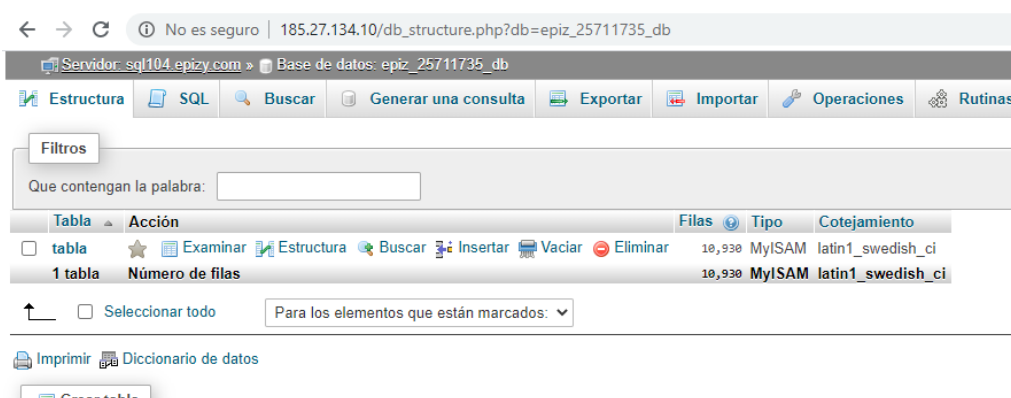


Figura 56. Demostración de la Tabla de almacenamiento.

Infinity Free mediante Cpanel ofrece al usuario administrador, facilidades de presentación de los datos. Los datos almacenados se evidencian en la figura 57. Asimismo, permite la visualización de una gráfica de los datos, valor más alto y una variedad de formato para exportar a diferentes tipos de archivos, de acuerdo con el requerimiento del cliente.

The screenshot shows a web browser interface for a database management tool. The address bar indicates the URL is 185.27.134.10/sql.php?db=epiz_25711735_db&table=tabla. The page title is 'Servidor: sql104.epizy.com » Base de datos: epiz_25711735_db » Tabla: tabla'. The interface includes a navigation menu with options like 'Examinar', 'Estructura', 'SQL', 'Buscar', 'Insertar', and 'Exportar'. Below the menu, there are controls for page navigation (1, >, >>) and a dropdown for 'Número de filas' set to 25. A search filter is present with the text 'Filtrar filas: Buscar en esta tabla'. Below this, there is a section for '+ Opciones' with a table of data. The table has columns for 'id', 'chipid', 'fecha', 'pH', and 'turbidez'. Each row includes a checkbox, an 'Editar' button, a 'Copiar' button, and a 'Borrar' button. The data rows show values for 'id' (11185 to 11173), 'chipid' (ESP32), 'fecha' (2020-06-17 22:14:27 to 22:02:27), 'pH' (6.90 to 7.30), and 'turbidez' (0.57 to 0.71).

	id	chipid	fecha	pH	turbidez
<input type="checkbox"/>	11185	ESP32	2020-06-17 22:14:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	11184	ESP32	2020-06-17 22:13:27	7.20	0.71
<input type="checkbox"/>	11183	ESP32	2020-06-17 22:12:27	6.80	0.72
<input type="checkbox"/>	11182	ESP32	2020-06-17 22:11:27	7.30	0.70
<input type="checkbox"/>	11181	ESP32	2020-06-17 22:10:27	6.80	0.72
<input type="checkbox"/>	11180	ESP32	2020-06-17 22:09:27	7.10	0.71
<input type="checkbox"/>	11179	ESP32	2020-06-17 22:08:27	7.10	0.73
<input type="checkbox"/>	11178	ESP32	2020-06-17 22:07:27	7.10	0.72
<input type="checkbox"/>	11177	ESP32	2020-06-17 22:06:27	7.00	0.73
<input type="checkbox"/>	11176	ESP32	2020-06-17 22:05:27	7.30	0.74
<input type="checkbox"/>	11175	ESP32	2020-06-17 22:04:27	7.00	0.72
<input type="checkbox"/>	11174	ESP32	2020-06-17 22:03:29	7.20	0.72
<input type="checkbox"/>	11173	ESP32	2020-06-17 22:02:27	7.30	0.71

Figura 57. Presentación de tabla de almacenamiento de datos.

4.4.1.1 Tipos de presentaciones del almacenamiento de datos

La Figura 58 muestra la presentación de los datos en gráficos, el programa permite mostrar varios tipos de gráficos a gusto y facilidad de lectura del cliente, ya sean en barras, líneas, columnas.

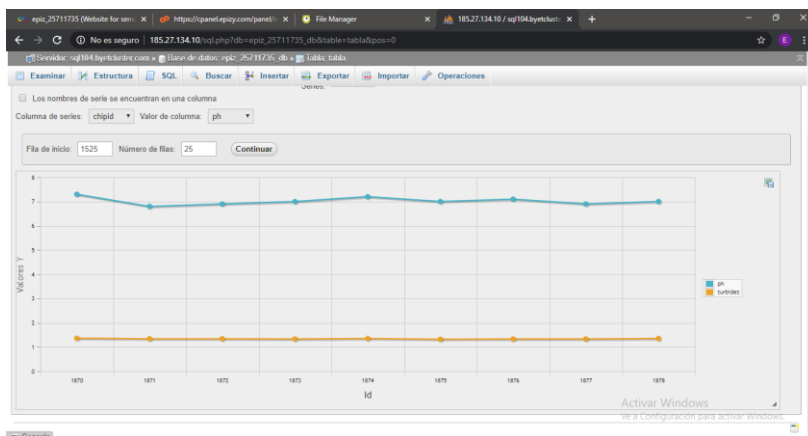


Figura 58. Gráficos de los valores almacenados

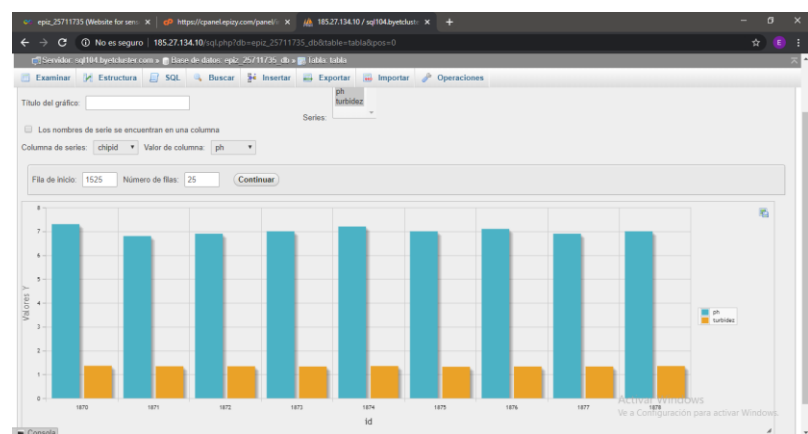


Figura 59. Gráfico de los valores almacenados en columnas

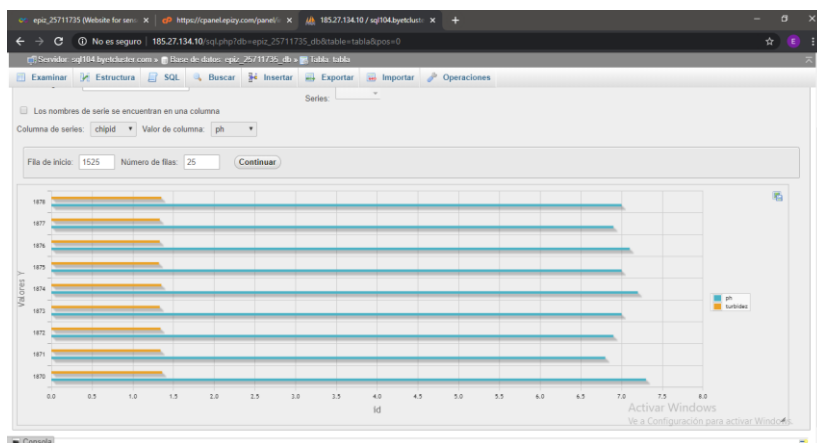


Figura 60. Gráfico de los valores almacenados en barras

4.4.1.2 Exportación de la base de datos almacenada

El presente almacenamiento de datos nos entrega la facilidad de exportar a diferentes archivos como se muestra en la figura 61, demostrando de una manera sencilla de la obtención de datos en tiempo real.



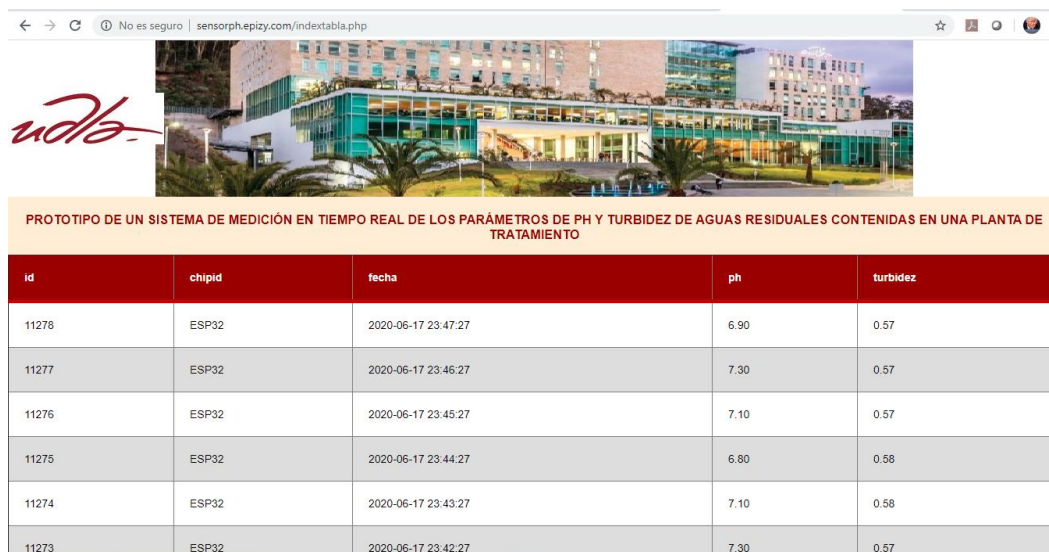
Figura 61. Exportación de los datos

4.4.2 Usuario Estándar

El usuario estándar es aquella persona designada solo para realizar la verificación de la información enviada a la página web, esta persona no tiene la autorización de ingresar a la cuenta de Infinity Free, ya que para ser un usuario administrador debe conocer sobre temas básicos de programación, así se evitará que haya alguna desconfiguración o error en la subida de datos. Se muestra una tabla la visualización de los últimos 20 datos registrados, mediante el siguiente enlace

<http://sensorph.epizy.com/indextabla.php>

La figura 62 muestra el formulario final para la visualización del usuario estándar.



id	chipid	fecha	ph	turbidez
11278	ESP32	2020-06-17 23:47:27	6.90	0.57
11277	ESP32	2020-06-17 23:46:27	7.30	0.57
11276	ESP32	2020-06-17 23:45:27	7.10	0.57
11275	ESP32	2020-06-17 23:44:27	6.80	0.58
11274	ESP32	2020-06-17 23:43:27	7.10	0.58
11273	ESP32	2020-06-17 23:42:27	7.30	0.57

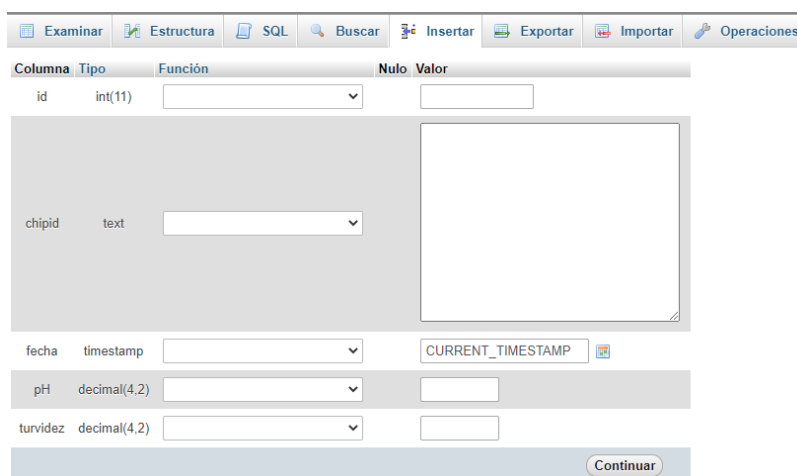
Figura 62. Verificación de datos usuario estándar

5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En el presente capítulo se muestra las evidencias de varias pruebas realizadas y el correcto funcionamiento del prototipo propuesto, a través de las siguientes figuras. Es importante mencionar que lo que se muestra a continuación solo lo puede realizar el usuario administrador.

5.1 Prueba de almacenamiento manual

Una vez creada la base de datos, se realiza la prueba de ingreso de los datos mediante la consola de administración (manualmente), como se observa en la figura 63.



Columna	Tipo	Función	Nulo	Valor
id	int(11)			
chipid	text			
fecha	timestamp			CURRENT_TIMESTAMP
pH	decimal(4,2)			
turbidez	decimal(4,2)			

Figura 63. Insertar datos a la tabla manualmente

La figura 64 muestra la prueba exitosa de ingreso de datos a la tabla.



Figura 64. Ingreso de datos exitoso.

5.2 Prueba de conexión por medio de formulario en PHP

Una vez verificado que la tabla manual funcione de una manera correcta, se procede a realizar un formulario en PHP para probar la conexión y en el envío de datos a la base de datos de una manera correcta, el código del formulario es el siguiente:

```
<?php
```

```
$conexion = mysql_connect("sql104.epizy.com", "epiz_25711735", "YYRg8suXdGr");
```

```
mysql_select_db("epiz_25711735_db", $conexion);
```

```
mysql_query("SET NAMES 'utf8'");
```

```
$chipid = $_POST ['chipid'];
```

```
$ph = $_POST ['pH'];
```

```
$turbidez = $_POST ['turbidez'];
```

```
mysql_query("INSERT INTO `epiz_25711735_db`.`tabla` (`id`, `chipID`, `fecha`, `pH`, `turvidez`) VALUE (NULL, '$chipid', CURRENT_TIMESTAMP, '$pH', '$turbidez');");
```

```
mysql_close();
```

```
echo "Datos ingresados correctamente.";
```

```
?>
```

El archivo con extensión .php se debe colocar en el administrador de archivos del webhosting, la figura 65 muestra el formulario para insertar datos y en la figura 66 se evidencia los datos se ingresaron a la base de datos

Figura 65. Formulario para insertar datos.

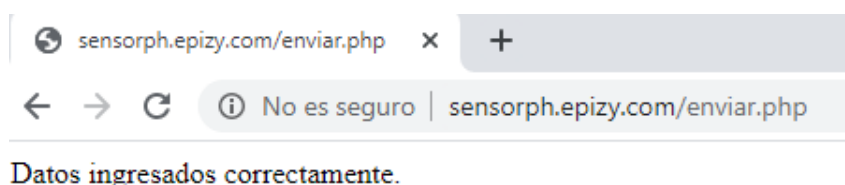


Figura 66. Los datos se ingresaron a la base de datos

La figura 67 muestra que al realizarse varias pruebas los datos se ingresaron correctamente a la tabla.

<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11306	ESP32	2020-06-18 00:15:27	7.00	0.56
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11305	ESP32	2020-06-18 00:14:27	7.20	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11304	ESP32	2020-06-18 00:13:27	7.10	0.59
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11303	ESP32	2020-06-18 00:12:27	7.30	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11302	ESP32	2020-06-18 00:11:27	6.80	0.60
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	11301	ESP32	2020-06-18 00:10:27	7.20	0.57

Figura 67. Datos de prueba ingresados correctamente.

5.3 Integración del Arduino ESP32 y utilización de Wireshark

Una vez que se verifica el correcto funcionamiento de la base de datos y el almacenamiento en la tabla, se debe integrar al Arduino ESP32 para el envío de los valores de los sensores, para ello se utiliza el software Wireshark para obtener el post y colocarlo en el código del Arduino como se muestra en la figura

46 y enviarlo a compilar para probar la conexión y la recepción de los datos, la figura 68 muestra el post.

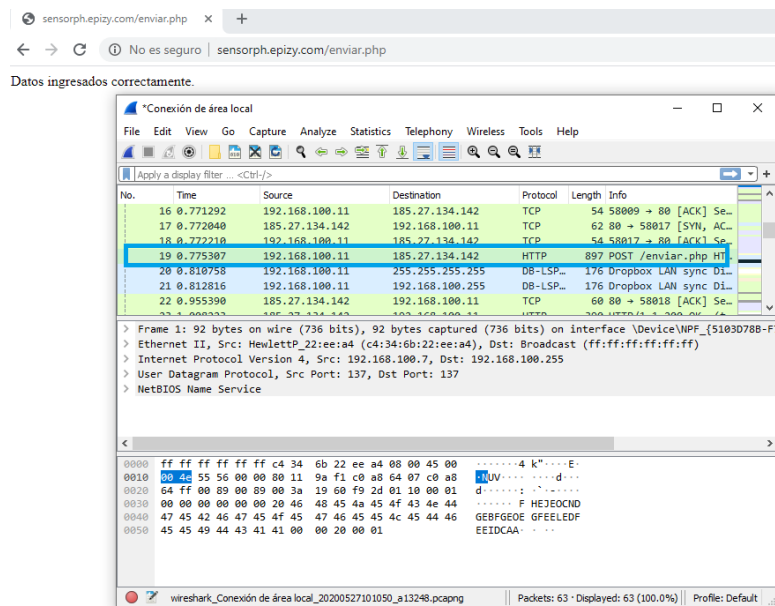


Figura 68. Post de envío de datos desde el formulario.

Se verifica el flujo del HTTP como se muestra en la figura 69.

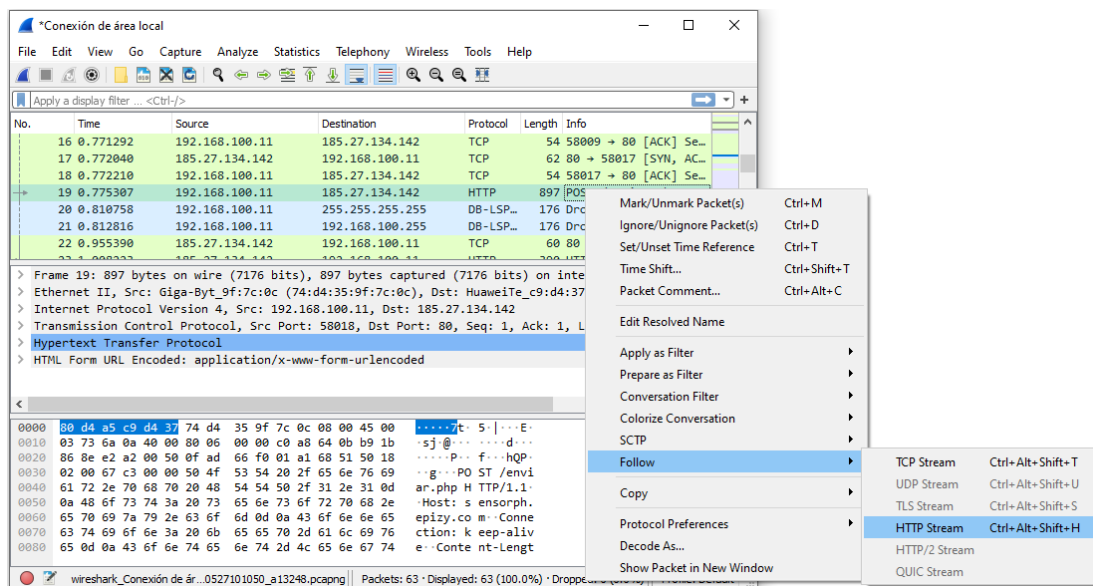


Figura 69. HTTP Stream

El esquema del post que nos muestra el HTTP Stream se coloca en el Arduino, como se indica en la figura 46.

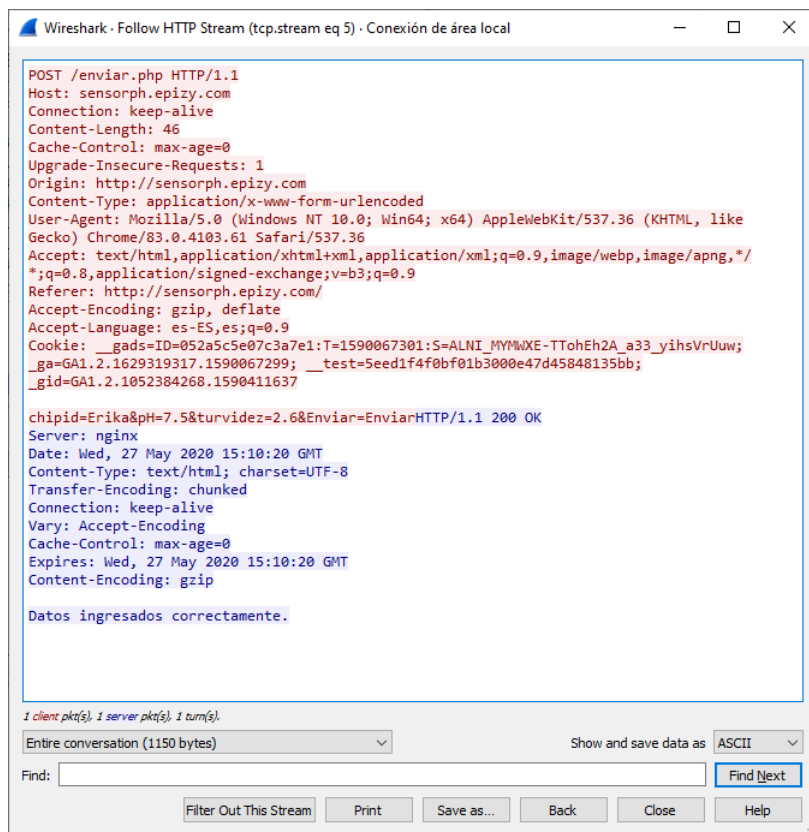


Figura 70. Esquema del post.

Se verifica el correcto ingreso de los datos a la base de datos desde el Arduino con el chipid ESP32.

+ Opciones		id	chipid	fecha	pH	turvidez
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11282	ESP32	2020-06-17 23:51:27	7.10	0.56
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11281	ESP32	2020-06-17 23:50:27	7.30	0.58
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11280	ESP32	2020-06-17 23:49:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11279	ESP32	2020-06-17 23:48:27	6.90	0.60
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11278	ESP32	2020-06-17 23:47:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11277	ESP32	2020-06-17 23:46:27	7.30	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11276	ESP32	2020-06-17 23:45:27	7.10	0.57
<input type="checkbox"/>	Editar Copiar Borrar	11275	ESP32	2020-06-17 23:44:27	6.80	0.58

Figura 71. Ingreso correcto de datos desde el microcontrolador.

Las figuras 72 muestra el correcto funcionamiento del prototipo ingresando los datos cada minuto aproximadamente.



+ Opciones

				id	chipid	fecha	pH	turbidez
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11282	ESP32	2020-06-17 20:51:27	7.10	0.56
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11281	ESP32	2020-06-17 20:50:27	7.30	0.58
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11280	ESP32	2020-06-17 20:49:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11279	ESP32	2020-06-17 20:48:27	6.90	0.60
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11278	ESP32	2020-06-17 20:47:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11277	ESP32	2020-06-17 20:46:27	7.30	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11276	ESP32	2020-06-17 20:45:27	7.10	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11275	ESP32	2020-06-17 20:44:27	6.80	0.58
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11274	ESP32	2020-06-17 20:43:27	7.10	0.58
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11273	ESP32	2020-06-17 20:42:27	7.30	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11272	ESP32	2020-06-17 20:41:27	7.10	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11271	ESP32	2020-06-17 20:40:27	7.20	0.60
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11270	ESP32	2020-06-17 20:39:27	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11269	ESP32	2020-06-17 20:38:27	7.00	0.58
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11268	ESP32	2020-06-17 20:37:27	7.20	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11267	ESP32	2020-06-17 20:36:27	7.20	0.60
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11266	ESP32	2020-06-17 20:35:28	6.90	0.57
<input type="checkbox"/>	✎ Editar	📄 Copiar	🗑️ Borrar	11265	ESP32	2020-06-17 20:34:27	6.90	0.58

Figura 72. Funcionamiento de almacenamiento de datos

En la Figura 73, se evidencia el resultado final para la presentación de datos.

← → ↻ No es seguro | sensorph.epizy.com/indextabla.php

PROTOTIPO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN EN TIEMPO REAL DE LOS PARÁMETROS DE PH Y TURBIDEZ DE AGUAS RESIDUALES CONTENIDAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO

id	chipid	fecha	ph	turbidez
11326	ESP32	2020-06-18 00:35:27	7.00	0.56
11325	ESP32	2020-06-18 00:34:27	6.80	0.55
11324	ESP32	2020-06-18 00:33:27	7.30	0.59
11323	ESP32	2020-06-18 00:32:27	7.10	0.56
11322	ESP32	2020-06-18 00:31:27	7.20	0.57
11321	ESP32	2020-06-18 00:30:27	6.80	0.57

Figura 73. Presentación final de datos.

5.4 Comprobación del rango de medición

Al ser un prototipo de tipo electrónico se debe calibrar correctamente los valores de salida, por lo que se procede de la siguiente forma:

5.4.1 Medición de pH

A continuación, se procede a realizar las pruebas de verificación, comparando el prototipo con un instrumento de medición que cumple con los estándares adecuados para este tipo de aplicaciones.

El instrumento de medición es un, medidor multiparámetro de bolsillo PC60, de la marca APERA.

APER A es una compañía que fabrica y proporciona instrumentos de medición desde hace 29 años, cuenta con certificaciones en los productos como CE y RoHS, adicional la fábrica cuenta con certificación ISO 9001:2015, por lo que la utilización del PC60 es buen punto de referencia para la verificación y/o calibración del prototipo.

En la Tabla 10 se muestra las características del medidor PC60.

Tabla 10

Características técnicas del medidor digital pH Medidor multiparámetro de bolsillo PC60

CARACTERISTICAS	
Rango	-2.00 a 16.00 pH
Resolución	0.01/0.1 pH
Exactitud	±0.01 pH ±1 dígito
Calibración	1 a 3 puntos de calibración automática
Compensación de temperatura	Automática 0 a 50 °C (32 to 122°F)
Tiempo de utilización	Hasta 2000 horas de actividad ininterrumpida (sin iluminación)

Tomado de: (APER A INSTRUMENTS, 2020)

Para la medición se utilizó tres tipos de agua; agua potable, agua con tierra y agua con limón, realizando 20 muestras de cada una y comparando con la adquisición de datos de prototipo.

La Tabla 11 muestra los valores medidos del pH del agua potable.

Tabla 11

Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua potable

MUESTRA	MEDIDOR PC60	PROTOTIPO	DIFERENCIA ENTRE PROTOTIPO Y PC60
1	6,94	7,02	-0,08
2	7,00	6,94	0,06
3	7,09	7,02	0,07
4	7,10	6,98	0,12
5	7,10	7,10	0,00
6	7,06	7,05	0,01
7	7,06	6,92	0,14
8	6,92	6,93	-0,01
9	7,06	6,97	0,09
10	7,06	6,96	0,10
11	7,05	6,99	0,06
12	7,03	7,06	-0,03
13	6,97	7,03	-0,06
14	6,97	7,02	-0,05
15	6,98	7,06	-0,08
16	7,07	6,94	0,13
17	7,00	7,07	-0,07

MUESTRA	MEDIDOR PC60	PROTOTIPO	DIFERENCIA ENTRE PROTOTIPO Y PC60
18	6,96	7,00	-0,04
19	7,06	7,03	0,03
20	7,06	7,02	0,04

El sensor posee un margen de error de $\pm 2\%$. De acuerdo con los valores de la Tabla 11 se puede concluir que el prototipo está funcionando correctamente.

La figura 74, se muestra uno de los valores medidos y presentado en la Tabla 11 como evidencia de la medición.



Figura 74. Medición agua potable medidor PC60.

La figura 75 muestra el dato ingresado en el prototipo.

Editar Copiar Borrar 8420 ESP32 2020-06-13 22:28:15 7.00

Figura 75. Almacenamiento de prototipo agua potable.

La Tabla 12 muestra los valores medidos del pH del agua con tierra.

Tabla 12

Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua con tierra

MUESTRA	MEDIDOR PC60	PROTOTIPO	DIFERENCIA ENTRE PROTOTIPO Y PC60
1	6,12	6,09	0,03
2	6,13	6,20	-0,07
3	6,18	6,18	0,00
4	6,17	6,18	-0,01
5	6,07	6,06	0,01
6	6,05	6,16	-0,11
7	6,12	6,17	-0,05
8	6,17	6,08	0,10
9	6,03	6,10	-0,07
10	6,10	6,08	0,02
11	6,04	6,12	-0,08
12	6,05	6,17	-0,13
13	6,03	6,11	-0,08
14	6,16	6,11	0,05
15	6,14	6,03	0,11
16	6,10	6,00	0,10
17	6,09	6,01	0,08
18	6,14	6,06	0,08
19	6,08	6,05	0,03
20	6,06	6,18	-0,12

De acuerdo con la Tabla 12 donde se cambia el tipo de agua medida el prototipo sigue demostrando que se encuentra midiendo dentro del rango aceptado.

La Figura 76 muestra uno de los valores medidos y mostrados en la Tabla 12.



Figura 76. Medición agua con tierra.

En la Figura 77 se muestra el almacenamiento de datos de prototipo en la base de datos.

1		> >>		Número de filas:	25	Filtrar filas:	Buscar en est
+ Opciones							
← T →		id	1	chipid	fecha	pH	
<input type="checkbox"/>	Editar	Copiar	Borrar	8435	ESP32	2020-06-13 22:42:33	6.20

Figura 77. Almacenamiento de prototipo agua potable con tierra.

La Tabla 13 muestra los valores medidos del pH del agua con limón.

Tabla 13

Comparación de valores de pH medidos entre el medidor PC60 y el prototipo en agua con limón

MUESTRA	MEDIDOR PC60	PROTOTIPO	DIFERENCIA ENTRE PROTOTIPO Y PC60
1	2,01	2,06	-0,04
2	2,05	2,09	-0,03
3	2,12	2,07	0,05
4	2,10	2,09	0,02
5	2,19	2,12	0,07
6	2,13	2,15	-0,01
7	2,08	2,2	-0,11
8	2,15	2,01	0,13
9	2,01	2,07	-0,07
10	2,02	2,12	-0,11
11	2,03	2,07	-0,04
12	2,16	2,18	-0,01
13	2,00	2,06	-0,06
14	2,17	2,03	0,14
15	2,13	2,04	0,09
16	2,05	2,01	0,04
17	2,01	2,11	-0,10
18	2,03	2,16	-0,14
19	2,10	2,02	0,07
20	2,13	2,05	0,08

De forma similar al sumergir los sensores en un recipiente que contiene agua con limón el prototipo se mantiene dentro del rango de exactitud.

La Figura 78, muestra un valor el porcentaje medido con el dispositivo digital en el recipiente de agua con limón.



Figura 78. Medición digital agua potable con limón.

El almacenamiento en la base de datos se muestra en la Figura 79

A screenshot of a database management interface. The top bar shows the server 'sql104.byetcluster.com' and the database 'epiz_25711735_db'. Below the top bar are navigation buttons: 'Examinar', 'Estructura', 'SQL', 'Buscar', 'Insertar', and 'E'. A green status bar indicates 'Mostrando filas 0 - 24 (total de 11463, La consulta tardó 0.0003 segundos.) [id: 1184]'. Below this is the SQL query: 'SELECT * FROM `tabla` ORDER BY `id` DESC'. At the bottom, there are controls for 'Número de filas: 25' and 'Filtrar filas: Buscar en es'. A table with one row is visible, with columns 'id', 'chipid', 'fecha', and 'pH'. The row contains the values '11199', 'ESP32', '2020-06-17 22:28:27', and '2.18'. Below the table are options for 'Editar', 'Copiar', and 'Borrar'.

Figura 79. Almacenamiento de prototipo agua con limón.

Realizadas las diferentes mediciones con el medidor PC60 y el prototipo en las tres tablas se demuestra que el prototipo se encuentra funcionando en condiciones y rangos de valores aceptados por el margen de error para el sensor de medición de pH.

5.4.2 Medición de turbidez

Para la realizar la comparación de las mediciones de turbidez es necesario dirigirse a un laboratorio certificado o en la empresa metropolitana de agua potable y saneamiento.

Sin embargo, la situación actual de país y que es de conocimiento de todos y de acuerdo con el decreto No. 1017 emitido por el Presidente Constitucional de la República, Lenin Moreno Garcés específicamente al Artículo 6 numeral a, que indica:

“a) Se SUSPENDE la jornada presencial del trabajo comprendida entre el 17 al 24 de marzo de 2020, para todos los trabajadores y empleados del sector público y el sector privado. El comité de operaciones de emergencias nacional, una vez evaluado el estado situación, podrá prorrogar los días de suspensión de la jornada presencial de trabajo. Para el efecto los servidores públicos y empleados en general que su actividad lo permita, se acogerán al teletrabajo en todo el territorio nacional conforme el Acuerdo Ministerial No. MDT-2020-076, del 12 de marzo de 2020, para lo cual las máximas autoridades institucionales organizarán las correspondientes acciones con el fin de implementar la modalidad señalada en el presente artículo” («Ministerio de Defensa Nacional – Instancia político-administrativa del Gobierno de Ecuador encargada de dirigir la política de defensa y administrar las Fuerzas Armadas; armonizando las acciones entre las funciones del Estado y la institución militar.», 2020).

No existe una tabla con valores comparativos de distintas aguas, sean residuales o para toma de muestras con los que se pueda evaluar el prototipo, pese a esto la Figura 80 muestra los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que requieran desinfección, donde el valor de la

turbidez puede ser de máximo 10 NTU, conforme a esto se procede a colocar al sensor de turbidez en un agua que se necesite desinfección y medir los valores.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosforados	mg/l	0,1

Figura 80. Tabla con límites máximos permisibles

Tomado de: («Ministerio del Ambiente y Agua – El Ministerio del Ambiente y Agua, velará por un ambiente sano y el respeto de los derechos de la naturaleza o pacha mama», s. f.)

Para el efecto la Figura 81 muestra el sensor de turbidez del prototipo.



Figura 81. Sensor del prototipo en agua para desinfección

La Figura 82 muestra los datos almacenados, para la comprobación posterior.

<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	11031	ESP32	2020-06-17 19:36:51	7.00	9.71
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	11030	ESP32	2020-06-17 19:35:51	7.20	9.60
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	11029	ESP32	2020-06-17 19:34:51	7.00	9.64
<input type="checkbox"/>	 Editar	 Copiar	 Borrar	11028	ESP32	2020-06-17 19:33:51	7.30	9.69

Figura 82. Valores de turbidez

De acuerdo con los valores almacenados, se puede estimar no exactitud, pero con veracidad que el sensor se encuentra funcionando correctamente, entregando valores de un agua para tratamiento.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

En el presente trabajo se desarrolló e implementó un prototipo para la medición de los componentes de aguas tratadas, como el pH y turbidez de una planta de tratamiento, con la utilización de sensores y a su vez permite obtener los datos en tiempo real, para compartir la información con sus usuarios desde la nube.

Con el conocimiento necesario se obtuvo un sistema automatizado para medir el pH y turbidez de las aguas tratadas de una planta de tratamiento, que permiten tener datos en tiempo real, para tomar acciones preventivas o correctivas de ser el caso, principalmente en escenarios como riego de cultivos, donde el pH y la turbidez juegan un papel importante para una buena cosecha, entre otros.

La capacidad de los sensores de pH y turbidez del agua, ayudan a detectar los niveles, disponen de una exactitud en rangos aceptados, de tal manera que los valores mostrados a los usuarios son efectivos y veraces para la toma de decisiones.

El prototipo propuesto dispone de un correcto almacenamiento de datos en la nube o webhosting y permite al usuario administrador del sistema disponer de la información en tiempo real desde cualquier sitio con acceso a internet para ser analizados.

Este prototipo de fácil utilización contribuye significativamente a una era donde la reutilización de recursos es vital y gracias a una adquisición y actualización continua de datos, permite disponer de una información confiable e inmediata, para la toma de decisiones oportunas lo que se traduce en un manejo más eficiente de la planta.

El estudio e implementación del prototipo demuestra ser confiable, rentable y beneficioso para usuarios que trabajan realizando monitoreos constantes a los diferentes procesos de las plantas de procesamiento de aguas residuales.

Este prototipo es adaptable para futuros trabajos puesto que posee una alta escalabilidad ya que permite un crecimiento en el número de dispositivos de adquisición de datos que son los sensores; Además soporta un incremento en el almacenamiento y gestión de los datos en tiempo real a la nube.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda ampliar la investigación a otros métodos de medición como el nivel de oxígeno de las aguas residuales, con el fin de la mejora continua y contribución con el medio ambiente.

Es recomendable probar con distintos proveedores de almacenamiento en la nube para mejorar y optimizar el prototipo propuesto.

Para futuros proyectos se puede pensar en implementar un sistema de circulación continua y tener una desinfección adicional de agua procesada.

También se puede instalar un sistema de alarmas o indicadores que permitan indicar el desbordamiento del sistema debido a un error de hardware.

Se recomienda realizar análisis comparativos con software de simulación como MATLAB o SIMULINK, para probar el correcto funcionamiento y entrega de valores, verificando que dichos valores se encuentren en el rango indicado por el fabricante.

Se recomienda realizar los respectivos análisis en diferentes laboratorios con el fin de poder comparar la exactitud del sensor de turbidez.

REFERENCIAS

- Alegría, M. (2018). Diseño hidráulico de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia Salinas, Imbabura. Quito.
- Almeida, L., Pedreiras, P., & Fonseca, J. A. G. (2002). The FTT-CAN protocol: why and how. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 49(6), 1189-1201. <https://doi.org/10.1109/tie.2002.804967>
- AQUAGROUP. (2014). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS GRISES Y NEGRAS POR MEDIO DE FILTRO PERCOLADOR*. Quito, Ecuador: AQUAGROUP.
- Babiuch, M., Foltynek, P., & Smutny, P. (2019). Using the ESP32 Microcontroller for Data Processing. *2019 20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*. <https://doi.org/10.1109/carpathiancc.2019.8765944>
- Badamasi, Y. A. (2014). The working principle of an Arduino. *2014 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*. <https://doi.org/10.1109/icecco.2014.6997578>
- Barrett, S. F. (2010). *Arduino Microcontroller Processing for Everyone!* New York, Estados Unidos: Macmillan Publishers.
- Benito, Á. (2019). Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32. Madrid.
- Bhasin, H. (2018). *Python Basics*. Boston, Estados Unidos: Mercury Learning & Information.
- Cuellar, E. (2010). Determinación de la calidad del agua residual de la colonia la mina torreón, COAH. Buenavista.
- Deitel, H. M., & Deitel, H. M. (2014). *C++ how to Program*. New Jersey, Estados Unidos: Pearson.
- ElectrotekMega. (s. f.). Kit Sensor De PH Analógico. Recuperado 7 de abril de 2020, de <http://electrotekmega.com/producto/kit-sensor-de-ph-analogico/>
- Espressif. (2019, mayo 25). Modules | Espressif Systems. Recuperado de <https://www.espressif.com/en/products/hardware/modules>
- Gómez, J. D. (2014). *Procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales*. Tunja, Colombia: Universidad de Boyacá.

- Hakim, W. L., Hasanah, L., Mulyanti, B., & Aminudin, A. (2019). Characterization of turbidity water sensor SEN0189 on the changes of total suspended solids in the water. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280, 022064. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/2/022064>
- HORIBA Scientific. (s.f.). Accurate pH measurement - LAQUA [Water Quality Analyzer Website] - HORIBA. Recuperado 6 abril, 2020, de <https://www.horiba.com/us/en/application/material-property-characterization/water-analysis/water-quality-electrochemistry-instrumentation-/the-story-of-ph-and-water-quality/the-basis-of-ph/accurate-ph-measurement/>
- Jiménez, B., Asano, T., Jimenez, B., Ellis, B., Bertrand-Krajewski, J. L., Binnie, C., & Kimber, M. (2008). *Water Reuse*. Zaltbommel, Países Bajos: Van Haren Publishing.
- Kingsta, R. M., Saumi, A. S., & Saranya, P. (2019). Design and Construction of Arduino Based pH Control System for Household Waste Water Reuse. *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*. <https://doi.org/10.1109/icoei.2019.8862752>
- Lemay, L., Colburn, R., & Kyrnin, J. (2016). *Web Publishing with Html5 and Css3 in One Hour a Day*. Indianapolis, Indiana: Sams.
- Mankar, J., Darode, C., Trivedi, K., Kanoje, M., & Shahare, S. (2014). REVIEW OF I2C PROTOCOL. *International Journal of Research in Advent Technology*, 1-6. Recuperado de <http://www.ijrat.org/>
- Ministerio del Ambiente y Agua – El Ministerio del Ambiente y Agua, velará por un ambiente sano y el respeto de los derechos de la naturaleza o pacha mama. (s. f.). Recuperado de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Ministerio de Defensa Nacional – Instancia político-administrativa del Gobierno de Ecuador encargada de dirigir la política de defensa y administrar las Fuerzas Armadas; armonizando las acciones entre las funciones del Estado y la institución militar. (2020, 16 marzo). Recuperado de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/03/Decreto_presidencial_No_1017_17-Marzo-2020.pdf

- Patwardhan, A. D. (2008). *INDUSTRIAL WASTE WATER TREATMENT*. New Delhi, India: PHI Learning.
- Perez, M. (2016). Tratamiento de lodos residuales procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos para la disminución de metales pesados (PB). Cuenca.
- Safavi, A., & Abdollahi, H. (2018). Optical sensor for high pH values. *Analytica Chimica Acta*, 367(1-3), 167-173. [https://doi.org/10.1016/s0003-2670\(98\)00079-8](https://doi.org/10.1016/s0003-2670(98)00079-8)
- Safonov, V. O. (2016). *Trustworthy Cloud Computing*. Hoboken, NJ, Estados Unidos: Wiley.
- Tebbutt, T. H. Y. (2001). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. México, México: Limusa.
- Trivedi, D., Khade, A., Jain, K., & Jadhav, R. (2018). SPI to I2C Protocol Conversion Using Verilog. *2018 Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*. <https://doi.org/10.1109/iccubea.2018.8697415>
- Wei, H. Y., Rykowski, J., & Dixit, S. (2013). *WiFi, WiMAX and LTE Multi-hop Mesh Networks*. Hoboken, NJ, Estados Unidos: Wiley.
- Weldon, J. L. (2013). *Data Base Administration*. New York, Estados Unidos: Springer Publishing.

ANEXOS

Anexo A

Data Sheet Sensor pH



PH meter(SKU: SEN0161)



Analog pH Meter Kit SKU: SEN0161



Analog pH Meter Kit SKU: SEN0169

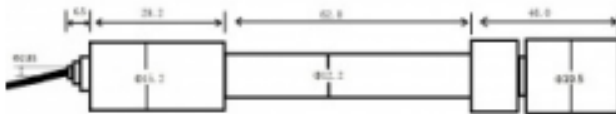
Contents

- 1 Introduction
- 2 Specification
- 3 Precautions
- 4 pH Electrode Characteristics
- 5 Usage
 - 5.1 Connecting Diagram
 - 5.2 Method 1. Software Calibration
 - 5.3 Method 2. Hardware Calibration through potentiometer
- 6 FAQ

Introduction

Need to measure water quality and other parameters but haven't got any low cost pH meter? Find it difficult to use with Arduino? Here comes an analog pH meter, specially designed for Arduino controllers and has built-in simple, convenient and practical connection and features. It has an LED which works as the Power Indicator, a BNC connector and PH2.0 sensor interface. You can just connect the pH sensor with BNC connector, and plug the PH2.0 interface into any analog input on Arduino controller to read pH value easily.

Specification



SEN0161 dimension

- Module Power: 5.00V
- Circuit Board Size: 43mm×32mm
- pH Measuring Range: 0-14
- Measuring Temperature: 0-60 °C
- Accuracy: $\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
- Response Time: $\leq 1\text{min}$
- pH Sensor with BNC Connector
- PH2.0 Interface (3 foot patch)
- Gain Adjustment Potentiometer
- Power Indicator LED

Precautions

- Before and after use of the pH electrode every time, you need to use (pure)water to clean it.
- The electrode plug should be kept clean and dry in case of short circuit.
- **Preservation: Electrode reference preservation solution is the 3N KCL solution.**
- Measurement should be avoided staggered pollution between solutions, so as not to affect the accuracy of measurement.
- Electrode blub or sand core is defiled which will make PTS decline, slow response. So, it should be based on the characteristics of the pollutant, adapted to the cleaning solution, the electrode performance recovery.

- Electrode when in use, the ceramic sand core and liquid outlet rubber ring should be removed, in order to make salt bridge solution to maintain a certain velocity.

NOTE: Differences between the probes, SEN0161 and SEN0169

Their usages/ specifications are almost the same. The differences locates at

Long-firing Operation: SEN0169 supports, while SEN0161 NOT, i.e. you can not immerse SEN0161 in water for Continuous Testing.

Life Span: In 25 °C, pure water, do Continuous Testing with them both, SEN0169 can work two years, while SEN0161 can only last for 6 months. And just for reference, if put them in turbid, strongly acid and alkali solution, 25°C, the life span would drop to one year (SEN0169), 1 month(or shorter, SEN0161). Temperature, pH, turbidity of the water effect the probe life span a lot.

Waterproof: You can immerse the whole probe SEN0169 into the water, while you can only immerse the front part of the probe SEN0161, the electrode glass bulb, into water, the rear part, from the white shell to the cable, MUST NOT be under water.

Strongly Acid and Alkali: SEN0169 are preferred for strongly acid and alkali test. And if your testing range is usually within pH6-8, then SEN0161 is capable for that.

pH Electrode Characteristics

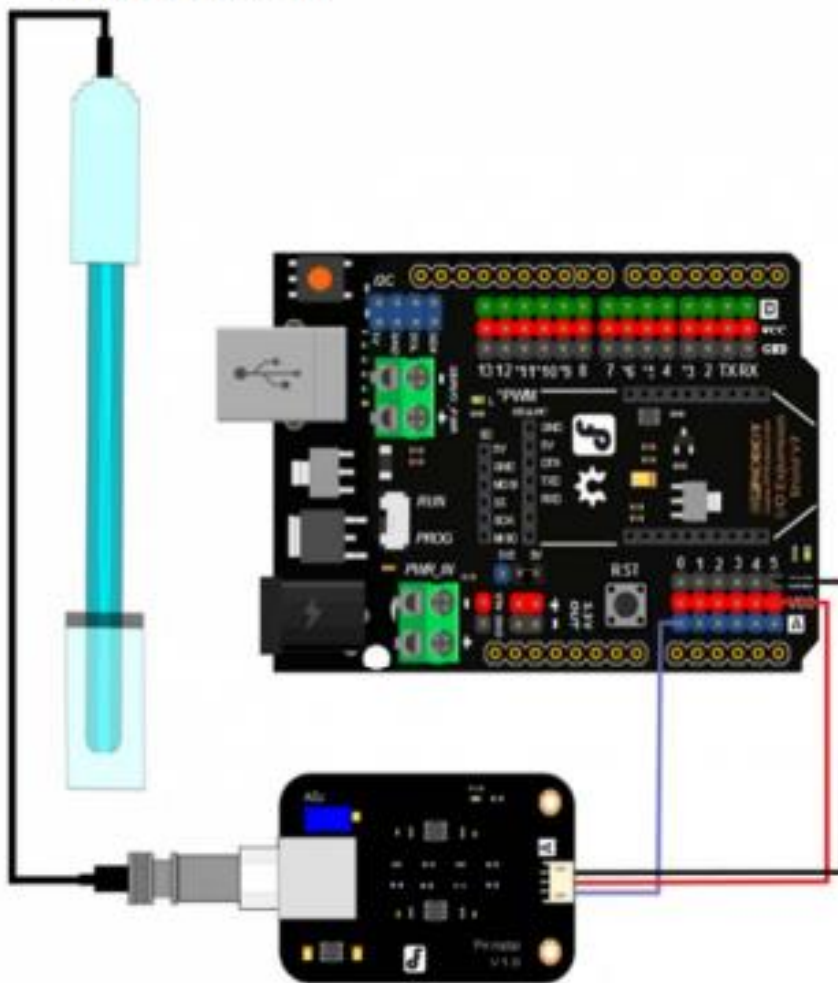
The output of pH electrode is Millivolts, and the pH value of the relationship is shown as follows (25 °C):

VOLTAGE (mV)	pH value	VOLTAGE (mV)	pH value
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

NOTE: It is normal that if your reading is much different with the table since you are not reading from the electrode directly but from the voltage adapter, it has converted the original voltage (-5V ~ +5V) to Arduino compatible voltage, i.e. 0 ~ 5V. [See the discussion on Forum.](#)

Usage

Connecting Diagram



NOTE:

Anexo B

Data Sheet sensor Turbidez



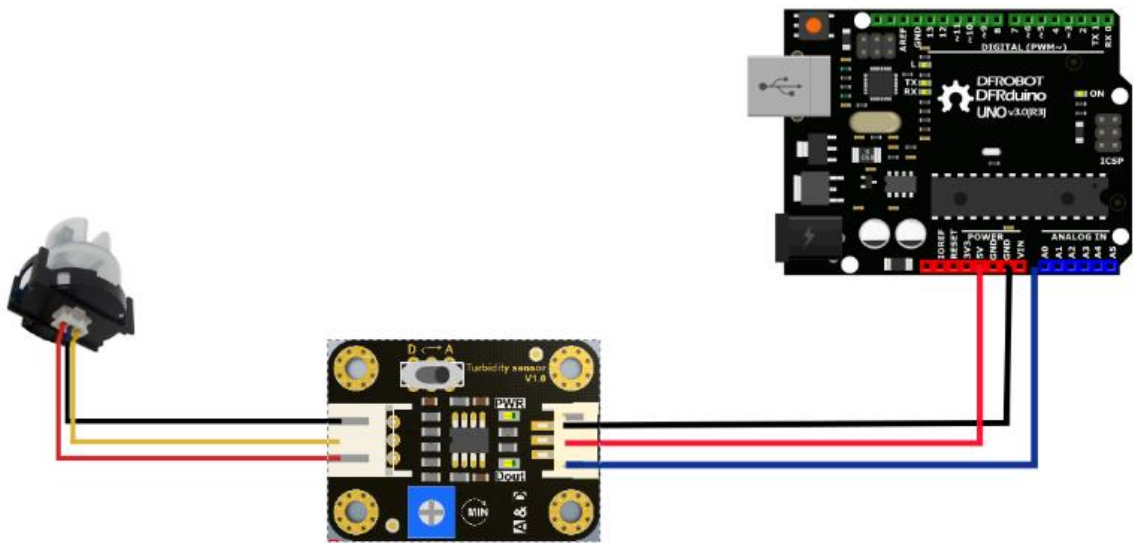
Introduction

The [gravity arduino turbidity sensor](#) detects water quality by measuring the levels of turbidity, or the opaqueness. It uses light to detect suspended particles in water by measuring the light transmittance and scattering rate, which changes with the amount of total suspended solids (TSS) in water. As the TSS increases, the liquid turbidity level increases. Turbidity sensors are used to measure water quality in rivers and streams, wastewater and effluent measurements, control instrumentation for settling ponds, sediment transport research and laboratory measurements. This [liquid sensor](#) provides analog and digital signal output modes. The threshold is adjustable when in digital signal mode. You can select the mode according to your MCU.

Specification

- Operating Voltage: 5V DC
- Operating Current: 40mA (MAX)
- Response Time : <500ms
- Insulation Resistance: 100M (Min)
- Output Method:
 - Analog output: 0-4.5V
 - Digital Output: High/Low level signal (you can adjust the threshold value by adjusting the potentiometer)
- Operating Temperature: 5°C~90°C
- Storage Temperature: -10°C~90°C
- Weight: 30g
- Adapter Dimensions: 38mm*28mm*10mm/1.5inches *1.1inches*0.4inches

Connection Diagram



Interface Description:

Examples

Here are two examples: Example 1 uses Analog output mode Example 2 uses Digital output mode

Example 1

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); //Baud rate: 9600  
}  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(A0); // read the input on analog pin 0:  
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1024.0); // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023  
  Serial.println(voltage); // print out the value you read:  
  delay(500);  
}
```

[Copy](#)

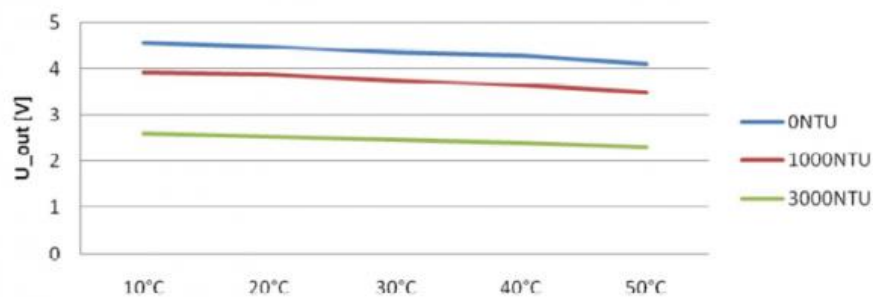
Example 2

```
int ledPin = 13;           // Connect an LED on pin 13, or use the onboard one
int sensor_in = 2;        // Connect turbidity sensor to Digital Pin 2

void setup(){
  pinMode(ledPin, OUTPUT); // Set ledPin to output mode
  pinMode(sensor_in, INPUT); //Set the turbidity sensor pin to input mode
}

void loop(){
  if(digitalRead(sensor_in)==LOW){ //read sensor signal
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // if sensor is LOW, then turn on
  }
  else{
    digitalWrite(ledPin, LOW); // if sensor is HIGH, then turn off the led
  }
}
```

This is a reference chart for the mapping from the output voltage to the NTU according to different temperature. e.g. If you leave the sensor in the pure water, that is NTU < 0.5, it should output "4.1±0.3V" when temperature is 10~50°C.



⚠ NOTE: In the diagram, the unit measuring turbidity is shown as NTU, also it is known as JTU (Jackson Turbidity Unit), 1JTU = 1NTU = 1 mg/L. Refer to [Turbidity wikipedia](#)

Anexo C

Código de programación

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <WiFiClient.h>
```

```
//-----VARIABLES GLOBALES-----
```

```
int contconexion = 0;
```

```
const char *ssid = "TONKY"; /*Nombre de la red";
```

```
const char *password = "Baby30081956"; /*clave de la red";
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
```

```
char *host = "185.27.134.142"; /*"sensorph.epizy.com"; */
```

```
String strhost = "sensorph.epizy.com";
```

```
String strurl = "/enviar.php";
```

```
String chipid = "";
```

```
//-----Función para Enviar Datos a la Base de Datos SQL-----
```

```
String enviardatos(String datos) {
```

```
    String linea = "error";
```

```
    WiFiClient client;
```

```
//strhost.toCharArray(host, 49);

if (!client.connect(host, 80)) {

    Serial.println("Enviando datos...");

    return linea;

}

client.print(String("POST ") + strurl + " HTTP/1.1" + "\r\n" +

    "Host: " + strhost + "\r\n" +

    "Connection: keep-alive" + "\r\n" +

    "Content-Length: " + datos.length() + "\r\n" +

    "Cache-Control: max-age=0" + "\r\n" +

    "Upgrade-Insecure-Requests: 1" + "\r\n" +

    "Origin: http://sensorph.epizy.com" + "\r\n" +

    "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded" + "\r\n" +

    "User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 10.0; Win64; x64)

AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/83.0.4103.61 Safari/537.36"

+ "\r\n" +

    "Accept:

text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*

/*;q=0.8,application/signed-exchange;v=b3;q=0.9" + "\r\n" +

    "Referer: http://sensorph.epizy.com/" + "\r\n" +

    "Accept-Encoding: gzip, deflate" + "\r\n" +

    "Accept-Language: es-ES,es;q=0.9" + "\r\n" +

    "Cookie:

__gads=ID=f3ec4cf7c87786e6:T=1588731034:S=ALNI_MZ42e656EcKeUXHM
```

```
TJ5Gy34cwTUDA; _ga=GA1.2.2022342443.1588731034;
__test=0ea1c5f4c571f700868db48bf74ded18" + "\r\n" +

    "\r\n" + datos);

delay(10);

Serial.print("Enviando datos a SQL...");

unsigned long timeout = millis();
while (client.available() == 0) {
    if (millis() - timeout > 5000) {
        Serial.println("Cliente fuera de tiempo!");
        client.stop();
        return linea;
    }
}

// Lee todas las líneas que recibe del servidor y las imprime por la terminal
serial

while(client.available()){

    linea = client.readStringUntil('\r');

    Serial.print(linea);

}

//Serial.println(linea);

return linea;

}
```

```
//-----  
  
void setup() {  
  
    // Inicia Serial  
    Serial.begin(115200);  
    Serial.println("");  
  
    Serial.print("chipID: ");  
    chipid = "ESP32";  
    Serial.println(chipid);  
  
    // Conexión WIFI  
    WiFi.begin(ssid, password);  
  
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED and contconexion <50) { //Cuenta  
    hasta 50 si no se puede conectar lo cancela  
        ++contconexion;  
        delay(100);  
        Serial.print(".");  
    }  
  
    if (contconexion <50) {  
        //para usar con ip fija  
        /*
```



```

IPAddress ip(192,168,1,156);

IPAddress gateway(192,168,1,1);

IPAddress subnet(255,255,255,0);

WiFi.config(ip, gateway, subnet);*/

Serial.println("");

Serial.println("WiFi conectado");

Serial.println(WiFi.localIP());
}

else {

    Serial.println("");

    Serial.println("Error de conexion al WIFI...");

    while(true);

}

}

//-----LOOP-----

void loop() {

    unsigned long currentMillis = millis();

    if (currentMillis - previousMillis >= 60000) { //envia datos cada 1 minuto

        previousMillis = currentMillis;

```

```
float pH=(6.8+(0.1*random(0,6)));

//int t_in=analogRead(36);

//float turvidez=(t_in*(3.3/4096));

int t_in=analogRead(36);

float turvidez=(t_in*(2.3/6144));

Serial.println( enviardatos("chipid=" + chipid + "&pH=" + String(pH, 2) +
"&turvidez=" + String(turvidez, 2)) );

}

}
```

Anexo D

https://udlaec-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/erika_almeida_udla_edu_ec/EkVmeKOosD9Ep3W3mxmhkctcBJLyW_tLLBphpTTRviRFsRw?e=x9CUc6

