

Baretta, Carlos María

*Implementación de un sistema IOT de control de calidad del agua*

Licenciatura en Automatización y Robótica

Fecha: 14/02/2025

Obra bajo Licencia:



[Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Cita recomendada: Baretta, C.M. (2025) *Implementación de un sistema de IOT de control de calidad del agua* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Rafaela

## *Trabajo Final*

# *Implementación de un sistema IOT de control de calidad del agua*

## *Licenciatura en Automatización y Robótica*

*Alumno: Carlos Baretta*

## Índice

<u>Índice</u>	<u>2</u>
<u>Introducción</u>	<u>6</u>
<u>Importancia del Proyecto</u>	<u>6</u>
<u>Objetivos del Proyecto</u>	<u>7</u>
<u>Estructura del Trabajo</u>	<u>7</u>
<u>Motivación</u>	<u>7</u>
<u>Objetivos y Alcance</u>	<u>7</u>
<u>Descripción de los parámetros a medir</u>	<u>8</u>
<u>Su importancia en la calidad del agua</u>	<u>9</u>
<u>Diseño del Sistema</u>	<u>10</u>
<u>1. Componentes del Hardware</u>	<u>10</u>
<u>Microcontrolador ESP8266</u>	<u>10</u>
<u>Sensor DS18B20</u>	<u>11</u>
<u>Sonda TDS (Total Dissolved Solids)</u>	<u>11</u>
<u>Cables y conectores</u>	<u>12</u>
<u>Fuente de alimentación</u>	<u>12</u>
<u>2. Diagrama de Conexión del Hardware</u>	<u>12</u>
<u>Figura 1: Diagrama de conexión del sistema.</u>	<u>13</u>
<u>3. Componentes del Software</u>	<u>13</u>
<u>Bibliotecas Utilizadas</u>	<u>13</u>
<u>Estructura del Código</u>	<u>13</u>
<u>Lectura de sensores:</u>	<u>14</u>
<u>Publicación en la nube:</u>	<u>14</u>
<u>Gestión de errores:</u>	<u>14</u>
<u>4. Flujo del Sistema</u>	<u>14</u>
<u>Figura 2: Diagrama de flujo del sistema.</u>	<u>14</u>
<u>5. Resultados Esperados</u>	<u>15</u>
<u>Sensor de Presión de agua</u>	<u>15</u>
<u>Componentes principales del sistema:</u>	<u>15</u>
<u>1. Componentes del Software</u>	<u>17</u>
<u>2. Bibliotecas Utilizadas</u>	<u>17</u>
<u>3. Estructura del Código</u>	<u>18</u>
<u>4. Publicación en la Nube</u>	<u>18</u>
<u>5. Gestión de Errores</u>	<u>18</u>

<u>6. Flujo del Sistema</u>	<u>19</u>
<u>Figura 3: Diagrama de flujo del sistema.</u>	<u>19</u>
<u>Publicación de Datos:</u>	<u>19</u>
<u>Conexión WiFi y envío de datos</u>	<u>19</u>
<u>Calibración y procesamiento de datos</u>	<u>20</u>
<u>Integración con otros sensores</u>	<u>20</u>
<u>Aplicaciones prácticas</u>	<u>20</u>
<u>Ventajas del sistema</u>	<u>21</u>
<u>2. Diagrama de Conexión del Hardware</u>	<u>22</u>
<u>Figura 4: Esquema de conexiones</u>	<u>22</u>
<u>3.Montaje Final</u>	<u>23</u>
<u>Figura 5: Montaje final</u>	<u>24</u>
<u>Aditamento Adicional</u>	<u>24</u>
<u>Figura 6: Válvula de retención</u>	<u>25</u>
<u>Integración con el sistema</u>	<u>25</u>
<u>Figura 7: Integración con el sistema</u>	<u>26</u>
<u>Calibración del sensor</u>	<u>26</u>
<u>Tabla de Calibración</u>	<u>28</u>
<u>1. Componentes del Hardware</u>	<u>29</u>
<u>Microcontrolador ESP32</u>	<u>29</u>
<u>Pantalla TFT (Modelo: TFT_eSPI)</u>	<u>29</u>
<u>Especificaciones técnicas</u>	<u>29</u>
<u>Sensor de Turbiedad</u>	<u>30</u>
<u>Especificaciones Técnicas</u>	<u>30</u>
<u>2.Diagrama de Conexión del Hardware</u>	<u>31</u>
<u>Figura 8:Diagrama de conexiones</u>	<u>31</u>
<u>3.Componentes de Software</u>	<u>32</u>
<u>Software y Librerías</u>	<u>32</u>
<u>Cables y conectores</u>	<u>32</u>
<u>Configuración Inicial</u>	<u>32</u>
<u>4. Lógica de Funcionamiento</u>	<u>33</u>
<u>Conexión y Sincronización:</u>	<u>33</u>
<u>Lectura de Sensores:</u>	<u>33</u>
<u>Visualización en la Pantalla TFT</u>	<u>33</u>
<u>Publicación de Datos</u>	<u>33</u>
<u>5.Funciones Específicas</u>	<u>33</u>

<u>5. Funcionamiento del Sistema</u>	<u>34</u>
<u>Flujo de Datos</u>	<u>34</u>
<u>Diagrama de flujo</u>	<u>35</u>
<u>Figura 9:Diagrama de flujo</u>	<u>35</u>
<u>4.Montaje Final</u>	<u>36</u>
<u>Figura 10:Montaje final</u>	<u>36</u>
<u>Estado del Arte o Antecedentes</u>	<u>37</u>
<u>Sistemas de recopilación de datos</u>	<u>39</u>
<u>Adafruit IO</u>	<u>39</u>
<u>Características Principales</u>	<u>39</u>
<u>Ventajas</u>	<u>40</u>
<u>Limitaciones</u>	<u>41</u>
<u>Caso de Uso</u>	<u>41</u>
<u>Figura 11:Dashboard de Adafruit</u>	<u>41</u>
<u>Figura 12:Gráficos históricos de los valores registrados</u>	<u>42</u>
<u>Automatizaciones adicionales</u>	<u>42</u>
<u>IFTT</u>	<u>42</u>
<u>Integración de IFTTT con Adafruit IO</u>	<u>42</u>
<u>Conectar Adafruit IO a IFTTT:</u>	<u>43</u>
<u>Crear un Applet:</u>	<u>43</u>
<u>Casos de uso prácticos</u>	<u>43</u>
<u>Ventajas de IFTTT</u>	<u>43</u>
<u>Limitaciones</u>	<u>44</u>
<u>Aplicación de uso</u>	<u>44</u>
<u>Datos obtenidos</u>	<u>45</u>
<u>Figura 13:Capturas de las hojas de Excel</u>	<u>45</u>
<u>Figura 14:Gráfico de ejemplo</u>	<u>46</u>
<u>ThingSpeak</u>	<u>46</u>
<u>Características principales</u>	<u>46</u>
<u>Recolección de datos en tiempo real:</u>	<u>46</u>
<u>Almacenamiento en la nube:</u>	<u>46</u>
<u>Análisis con MATLAB:</u>	<u>47</u>
<u>Visualización de datos:</u>	<u>47</u>
<u>APIs y integraciones:</u>	<u>47</u>
<u>Alertas y acciones:</u>	<u>47</u>
<u>Casos de uso comunes</u>	<u>47</u>
<u>Seguridad</u>	<u>48</u>

<u>Caso de Uso</u>	<u>48</u>
<u>Figura 15 :Datos del canal de Thingspeak</u>	<u>48</u>
<u>Figura 16 :Medidores analogicos de los datos obtenidos</u>	<u>49</u>
<u>Figura 17 :Gráficos tipo Histograma de los datos medidos</u>	<u>50</u>
<u>Figura 18 :Script de Matlab</u>	<u>51</u>
<u>Figura 20 :Gráfico resultante</u>	<u>51</u>
<u>Datos obtenidos</u>	<u>52</u>
<u>Calibraciones</u>	<u>55</u>
<u>Sensor de Conductividad</u>	<u>55</u>
<u>Sensor de Turbiedad</u>	<u>56</u>
<u>Sensor de Temperatura</u>	<u>57</u>
<u>Sensor de presión</u>	<u>58</u>
<u>Montaje Final</u>	<u>58</u>
<u>Piezas en 3D</u>	<u>61</u>
<u>Soporte para Manifold</u>	<u>61</u>
<u>Soporte placas Embebidas</u>	<u>61</u>
<u>Soporte para pantalla</u>	<u>62</u>
<u>Gabinete fuente de alimentación</u>	<u>62</u>
<u>Gabinete Sensor de Presión</u>	<u>63</u>
<u>Conclusiones Finales</u>	<u>63</u>
<u>Anexo A</u>	<u>65</u>
<u>Calibraciones</u>	<u>65</u>
<u>Procedimiento General de Calibración</u>	<u>65</u>
<u>Calibración de un Sensor de Presión</u>	<u>66</u>
<u>Tabla de valores obtenidos</u>	<u>67</u>
<u>Gráfico de líneas suavizadas</u>	<u>68</u>
<u>Conclusiones de la Calibración</u>	<u>68</u>
<u>Calibración de un Sensor de Turbidez</u>	<u>68</u>
<u>Tabla de valores obtenidos</u>	<u>69</u>
<u>Gráfico de líneas suavizadas</u>	<u>70</u>
<u>Conclusiones de la Calibración</u>	<u>70</u>
<u>Bibliografía</u>	<u>71</u>

## ***Introducción***

Para abordar el tema del control de calidad del agua, es esencial comprender en qué consiste y cuál es su propósito. El agua destinada al consumo humano debe cumplir con parámetros específicos para garantizar un servicio seguro y adecuado. Algunos de estos parámetros requieren análisis de laboratorio, pero otros pueden ser evaluados de manera sencilla y precisa en cualquier lugar, siempre y cuando se sigan las metodologías adecuadas.

Con tan solo tres indicadores, es posible obtener una visión general sobre la calidad del agua suministrada y actuar en consecuencia. Por ejemplo, al medir conductividad, presión y turbiedad, podemos identificar problemas potenciales en el servicio y tomar medidas correctivas frente a reclamos.

En este trabajo, se describe el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo ambiental basado en el Internet de las Cosas (IoT). Este proyecto se centra en la medición de parámetros clave como temperatura y conductividad del agua, utilizando sensores accesibles y microcontroladores de bajo costo. Los datos recolectados se envían a plataformas en la nube, como Adafruit IO y ThingSpeak, para su visualización y análisis en tiempo real. Además, se ofrece la posibilidad de integrar los datos con herramientas como Google Sheets para ampliar las opciones de almacenamiento y procesamiento.

## ***Importancia del Proyecto***

El IoT ha revolucionado la manera en que interactuamos con el entorno, permitiendo la recopilación y análisis de datos en tiempo real de manera eficiente y económica. Esto habilita la implementación de sistemas inteligentes que favorecen la toma de decisiones informadas. En este contexto, el proyecto busca aplicar estas tecnologías para abordar desafíos específicos relacionados con la calidad del agua, un recurso fundamental para la vida y el desarrollo humano.

El sistema utiliza sensores como:

DS18B20: para medir la temperatura del agua.

Sonda TDS (Total Dissolved Solids): para estimar la conductividad eléctrica, un indicador clave de la calidad del agua.

Los datos recopilados son procesados y enviados a plataformas en la nube, lo que permite acceder a ellos desde cualquier dispositivo conectado a internet. Esto proporciona una herramienta eficaz para el monitoreo en tiempo real, con aplicaciones en contextos diversos, como:

Control de calidad en sistemas de riego.

Monitoreo de fuentes hídricas naturales.

Supervisión en instalaciones industriales.

## ***Objetivos del Proyecto***

Los principales objetivos del trabajo son:

Diseñar e implementar un sistema IoT de monitoreo ambiental utilizando sensores accesibles y económicos.

Configurar plataformas en la nube para publicar y visualizar los datos en tiempo real.

Proponer mejoras que permitan la escalabilidad y robustez del sistema.

## ***Estructura del Trabajo***

A lo largo del documento, se detalla el diseño técnico del hardware y el desarrollo del software necesario para la integración de los sensores y plataformas. También se presentan los resultados obtenidos durante su operación, analizando su desempeño y efectividad.

Finalmente, se incluyen propuestas de mejora que optimizan el funcionamiento del sistema y amplían sus aplicaciones potenciales.

## ***Motivación***

Este proyecto pretende demostrar el potencial del IoT como herramienta para resolver problemas ambientales, incentivando su implementación en diversos ámbitos, como la educación, la industria y la investigación. Además, se busca que este tipo de soluciones inspire desarrollos futuros que aborden problemáticas similares, siempre con un enfoque en la sostenibilidad y la innovación.

## ***Objetivos y Alcance***

Se tiene como objetivo principal de este proyecto lograr que se tenga acceso a la información deseada para poder lograr un control más exacto y rápido de los valores monitoreados.

Si bien los valores obtenidos en si no tienen una acción inmediata sobre el servicio con su conocimiento y control se pueden lograr tomar acciones más rápidamente y trabajar en soluciones más anticipadas.

Además si estos datos pueden ser monitoreados a nivel provincial pueden brindar alertas tempranas a problemas en los acueductos utilizados en la provisión de agua de nuestra ciudad.

Dos de los valores monitoreados proporcionan un estado de la calidad en parámetros muy observables por el usuario por lo cual son los que accionan en los reclamos , por lo tanto si podemos monitorearlos y corregirlos proporcionamos una acción anticipada a los reclamos y por ende se mejora la experiencia del usuario con el problema en cuestión.

## ***Descripción de los parámetros a medir***

Los parámetros que se van a medir son 4 pero deja abierta la puerta a poder medir uno más en el futuro. Se colocaron sensores para medir conductividad, turbiedad, presión y temperatura.

Para comenzar a describir los mismos deberíamos comenzar en orden de importancia, siendo el de turbiedad el mas importante por que nos brinda un dato de partículas disueltas en el agua y por lo tanto es un valor muy importante y a tener en cuenta, por otro lado el valor de la conductividad también nos brinda un indicador de cuantas sales disueltas tiene el agua y tanto la turbiedad como la conductividad son observables por el usuario de primera mano.

Siendo un ejemplo de esto es fácil observar si el agua sale turbia cuando tiene presencia de partículas disueltas como tierra u otras partículas y también si al beber el agua notamos un gusto más salado de lo normal , por eso mismo el usuario puede realizar reclamos a través de los canales que la empresa brinda y esto lleva aparejado costo y movimientos de personal abocado a resolver el mismo. Por el contrario si se monitoriza y controla estos valores en distintos puntos estratégicos de la ciudad se podrá tener un panorama de como estan estos valores y dar un solución más rápido a estos problemas.

En cuanto a la presión es un valor que nos da un panorama de cómo se encuentran las cañerías presurizadas y por lo tanto que presión aproximada tienen los usuarios en su domicilio. Este valor es muy importante cuando por la época del año se eleva el consumo de agua y las presiones caen y por lo tanto comienzan los reclamos de baja presión. Al poseer este dato podríamos hacer el análisis si en el historial de presión la misma se mantuvo constante o fue bajando y así analizar si la baja presión es general de la cañería o específica del usuario. Otro caso que se puede dar es observar si la presión de uno de los puntos cae drásticamente podría ser indicador de rotura de cañería y por lo tanto se podría actuar en consecuencia siempre teniendo en cuenta que hay muchas fugas que son no visibles y por lo tanto a veces no son notorias y observables a simple vista.

Por último el valor de la temperatura es un valor menos importante ya que no brinda ningún dato importante en sí mismo pero si se lo asocia a otro valor si puede brindar ayuda, teniendo esto en mente podemos decir que si a futuro se colocará un medidor de pH y entonces la temperatura tomaría cierta relevancia ya que es necesario saber la temperatura del líquido que se está midiendo para tener un valor más acertado de su pH. También podemos mencionar que los valores anteriormente mencionados tienen como parámetro de medición que sean tomados a 20°C por lo cual la temperatura podría ser usada cuando se necesite comparar el valor medido contra la temperatura de la muestra.

Todos los parámetros antes descritos tienen relevancia en la medición de la calidad del agua ya que por separado o en conjunto nos brindan datos importantes para ver el estado de nuestro servicio y nos dan directrices de cómo corregir errores anticipándonos a problemas mayores.

## ***Su importancia en la calidad del agua***

Cada valor a medir reviste una importancia en sí mismo ya que para poder controlar la calidad la empresa se debe valer de ciertos parámetros a medir constantemente y regirse por el código alimentario argentino para estar en valores correctos.

Si verificamos los parámetros pedidos en el siguiente [sitio](#) podremos notar los controles que se necesitan para estar brindando un servicio acorde a los estándares que se necesitan.

Hay muchos valores importantes pero sus controles pueden realizarse más periódicamente en cambio con algunos es necesario aplicar métodos para poder visualizarlos en tiempo casi real.

Un ejemplo de ello es la turbiedad que nos es permitida y que no debe superar los 3 NTU y más allá que puede ser un valor pequeño en realidad es más lo que puede percibir el ojo cuando colocamos agua en un recipiente transparente y podemos visualizar la misma en la luz del sol.

Es un valor sensible a controlar por que el usuario lo puede apreciar en su domicilio y trae graves consecuencias para la salud si el agua está contaminada con sólidos de diferentes tipos más allá del clorado que pueda poseer el agua.

Ocurre algo parecido con la conductividad ya que es un valor en el cual se mide la cantidad de sales disueltas en el agua y se puede apreciar rápidamente realizando un examen sensorial en cualquier punto de la red .

Un valor de referencia es que el agua no debe poseer más de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 20 °C ya que valores superiores no sólo son evidentes con solo probarla sino además cuando el agua es demasiado dura se pueden observar incrustaciones de sales cuando el agua es hervida y esto trae acarreada problemas en las instalaciones hidráulicas de la casa y de las cañerías de distribución.

Tanto el valor de conductividad como el de turbiedad son valores sensibles al ser humano con un simple examen y por eso son de vital importancia poder medirlos continuamente y en varios puntos estratégicos de la ciudad y así tener un panorama más amplio.

La temperatura en cambio no trae aparejado ningún problema en sí misma pero su medición nos brinda información necesaria para ser contrastada con los anteriores valores y ver en qué rango de exactitud estamos parados.

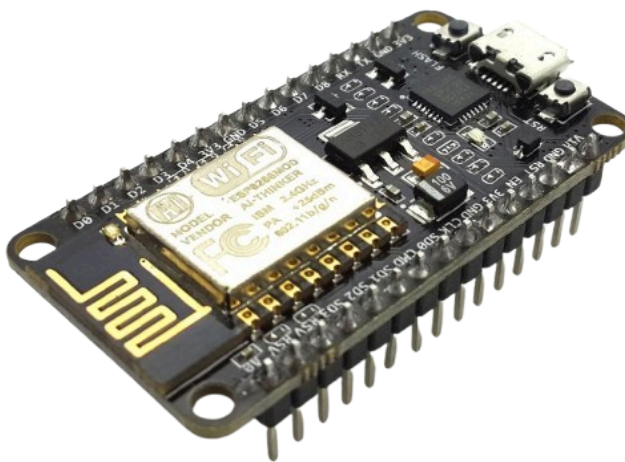
## Diseño del Sistema

El diseño del sistema se basó en una arquitectura de Internet de las Cosas (IoT) que permite la adquisición, procesamiento y transmisión de datos desde sensores hacia plataformas en la nube. A continuación, se describen los componentes principales del sistema, tanto de hardware como de software, así como su integración.

### 1. Componentes del Hardware

El hardware del sistema consta de los siguientes elementos principales:

#### Microcontrolador ESP8266



**Función:** Es el núcleo del sistema, encargado de recibir los datos de los sensores, procesarlos y enviarlos a las plataformas de almacenamiento y visualización en la nube.

**Características:**

Conectividad WiFi integrada.

Procesador de 32 bits con velocidad de hasta 80 MHz.

Compatibilidad con múltiples protocolos de comunicación (UART, SPI, I2C).

Se puede consultar su hoja de datos siguiendo este [vínculo](#)

### Sensor DS18B20



Función: Mide la temperatura del agua en un rango de  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$  con alta precisión.

Características:

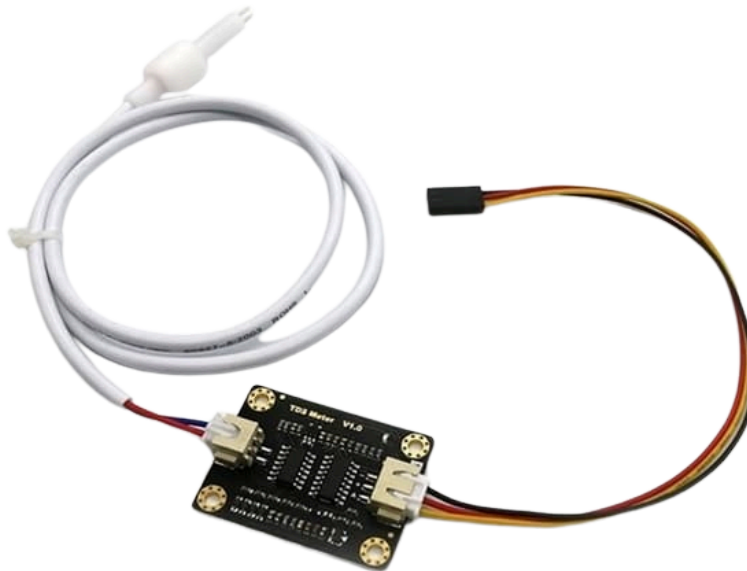
Comunicación digital a través del protocolo OneWire.

Resolución programable de 9 a 12 bits.

Totalmente encapsulado para aplicaciones sumergibles.

Para más datos técnicos en este [enlace](#) se encuentra su hoja de datos completa

### Sonda TDS (Total Dissolved Solids)



Función: Mide la conductividad eléctrica del agua, proporcionando un indicador indirecto de la concentración de sólidos disueltos.

Características:

Salida analógica proporcional al valor TDS.

Compatible con voltajes de entrada del ESP8266.

Aplicaciones en monitoreo de calidad del agua y agricultura.

Para más datos técnicos en este [enlace](#) se encuentra su hoja de datos completa

### **Cables y conectores**

Se emplearon cables Dupont y conectores tipo JST para garantizar una conexión estable y segura entre los componentes.

### **Fuente de alimentación**

Una fuente de 5 V, 2 A, fue utilizada para alimentar el ESP8266 y los sensores, asegurando una operación estable.

Se agregó además una fuente estabilizada de 12V 3A en el caso de ser necesario potencia auxiliar en posibles ampliaciones del proyecto.

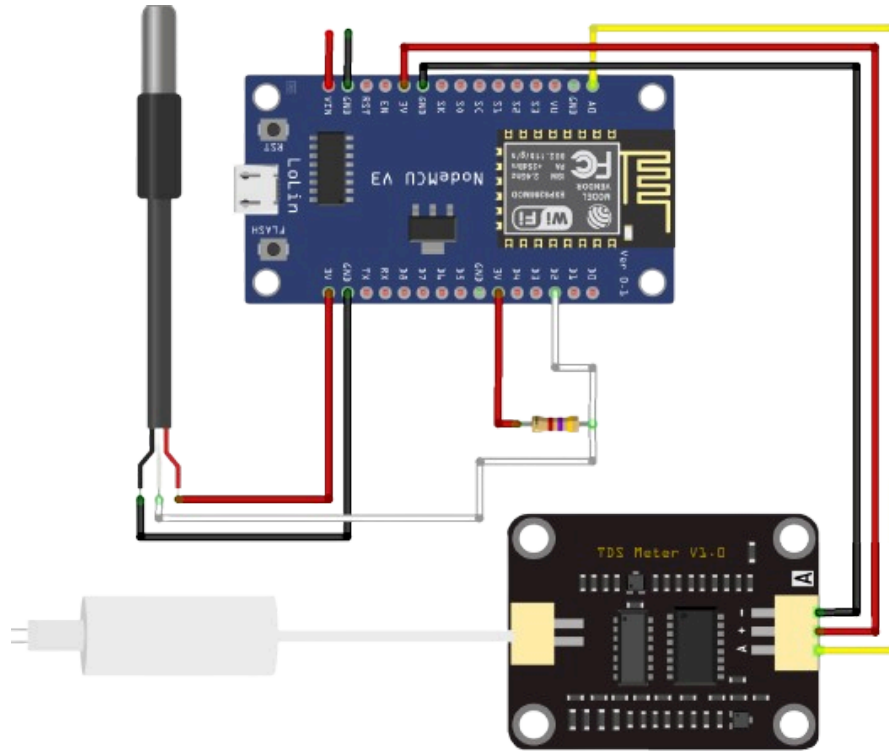
## **2. Diagrama de Conexión del Hardware**

En la Figura 1 se presenta el diagrama de conexión eléctrica del sistema.

El sensor DS18B20 está conectado al pin D2 del ESP8266 a través de una resistencia pull-up de 4.7 k $\Omega$ , requerida por el protocolo OneWire.

La sonda TDS está conectada al pin analógico A0.

El microcontrolador está conectado a la fuente de alimentación de 5 V mediante su entrada Vin y GND.



**Figura 1: Diagrama de conexión del sistema.**

### 3. Componentes del Software

El desarrollo del software fue realizado en el entorno de programación Arduino IDE, empleando diversas bibliotecas para gestionar la comunicación con los sensores y las plataformas en la nube.

#### Bibliotecas Utilizadas

ESP8266WiFi.h: Configura la conexión WiFi del ESP8266.

Adafruit\_MQTT.h y Adafruit\_MQTT\_Client.h: Manejan la comunicación MQTT con Adafruit IO.

OneWire.h y DallasTemperature.h: Facilitan la lectura del sensor DS18B20.

ESP8266HTTPClient.h: Permite enviar datos a ThingSpeak utilizando el protocolo HTTP.

#### Estructura del Código

Si se desea ver el código completo se puede realizar visitando este [enlace](#).

Configuración de red WiFi: El ESP8266 se conecta a una red WiFi predefinida mediante su SSID y contraseña.

**Lectura de sensores:**

La temperatura se mide solicitando datos al sensor DS18B20.

El valor TDS se calcula a partir de la señal analógica de la sonda.

**Publicación en la nube:**

Los datos son enviados a Adafruit IO mediante el protocolo MQTT.

Simultáneamente, se realiza una publicación HTTP en ThingSpeak.

**Gestión de errores:**

El sistema incluye mensajes en el monitor serial para detectar fallos de conexión o errores en los sensores.

**4. Flujo del Sistema**

El flujo general del sistema puede resumirse en los siguientes pasos:

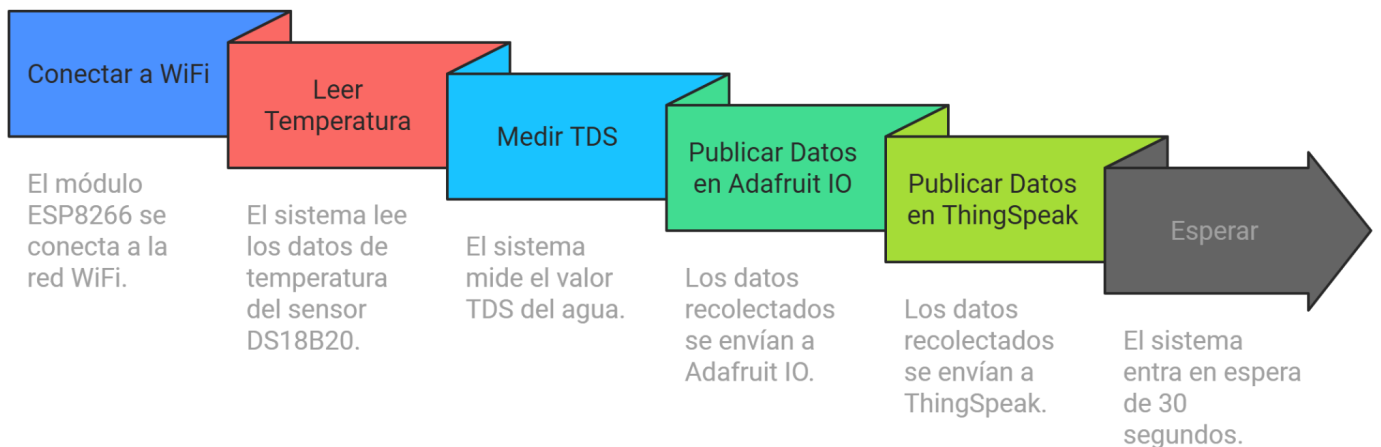
El ESP8266 se conecta a la red WiFi al iniciar.

Se realiza la lectura de temperatura desde el sensor DS18B20.

Se mide el valor TDS del agua a partir de la sonda analógica.

Los datos recolectados se publican en Adafruit IO y ThingSpeak.

**Secuencia de Operación del Sistema**



El sistema entra en un modo de espera de 30 segundos antes de repetir el ciclo.

**Figura 2: Diagrama de flujo del sistema.**

## 5. Resultados Esperados

El diseño planteado garantiza:

Precisión en la lectura de datos: Sensores calibrados para ofrecer mediciones confiables.

Robustez del sistema: Conexión a plataformas redundantes (Adafruit IO y ThingSpeak) para evitar pérdida de datos.

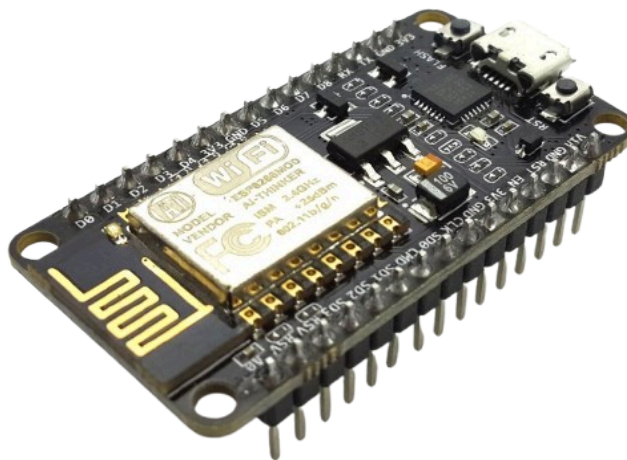
Simplicidad y escalabilidad: La arquitectura permite agregar sensores adicionales o ampliar la funcionalidad del sistema.

### Sensor de Presión de agua

El proyecto presentado es un sistema integral para monitorear la presión del agua, utilizando un sensor de presión de aire adaptado específicamente para este propósito. Este sistema no solo mide la presión del agua, sino que está diseñado para integrarse con otros sensores, ampliando su funcionalidad para realizar un análisis más completo del control de la calidad del agua. A continuación, se detalla cada componente utilizado, su función dentro del sistema, y las aplicaciones potenciales en diversos campos.

### Componentes principales del sistema:

*Microcontrolador ESP8266*



El módulo ESP8266 es un microcontrolador integrado de 32 bits que utiliza un procesador Tensilica Xtensa LX106, el cual opera a una velocidad de hasta 160 MHz. Este microcontrolador cuenta con una memoria RAM de 80 KB y una memoria flash de hasta 4MB, lo que permite el almacenamiento de código y datos para aplicaciones complejas.

Sus capacidades incluyen:

*-Procesamiento eficiente:* Gracias a su arquitectura de 32 bits y alta frecuencia, el ESP8266

puede manejar múltiples tareas de manera simultánea, como la gestión de datos provenientes de sensores y la comunicación con plataformas en la nube.

-*Conectividad WiFi*: Posee un módulo WiFi integrado que soporta los estándares 802.11 b/g/n, lo que facilita su conexión a redes inalámbricas y permite enviar datos a plataformas IoT de manera eficiente.

-*Compatibilidad con diversos protocolos*: Es capaz de manejar protocolos como TCP/IP, HTTP, MQTT, y WebSocket, ampliando las opciones de comunicación.

- *GPIOs multifuncionales*: Ofrece pines de entrada y salida (GPIO) que se pueden configurar para trabajar con diversos periféricos y sensores.

El ESP8266 es una solución compacta y económica que destaca en aplicaciones de IoT. Su diseño eficiente permite que sea alimentado mediante baterías, lo que lo hace ideal para proyectos portátiles. Además, su facilidad de programación con entornos como Arduino IDE y Micropython lo convierte en una herramienta accesible para desarrolladores de todos los niveles.

Esta combinación de capacidades lo posiciona como un elemento clave en proyectos donde se busca integrar sensores, plataformas de visualización de datos y sistemas de automatización, destacando su rol como núcleo de este sistema para medir y monitorear la presión del agua.

El módulo ESP8266 actúa como el cerebro del sistema. Este microcontrolador compacto y eficiente es responsable de:

- - Gestionar la conexión WiFi.
- - Enviar datos de presión a plataformas IoT como Adafruit IO y ThingSpeak.
- - Coordinar la comunicación entre los sensores y la pantalla OLED.
- - Permitir una interfaz de usuario básica gracias a su capacidad de programación flexible.

#### *Sensor de presión (HX711 con transductor de presión de aire)*

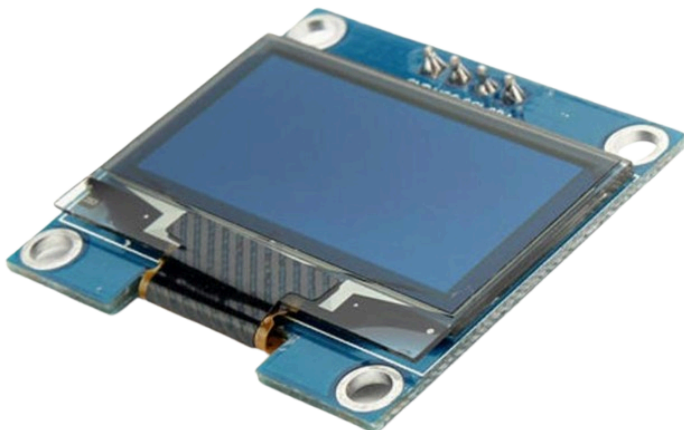
El sensor de presión es la pieza clave para medir la presión del agua. Aunque utiliza un transductor de presión de aire, este ha sido adaptado para medir la presión ejercida por el agua en un entorno cerrado. Sus características principales incluyen:



- Alta sensibilidad y precisión, gracias al módulo HX711, que convierte las señales analógicas en datos digitales.
- Capacidad de ajuste mediante calibración para asegurar la exactitud de las mediciones.
- Versatilidad para usarse en diferentes aplicaciones, desde monitoreo doméstico hasta análisis industrial.

Visitando este [enlace](#) se puede observar su hoja de datos completa.

### *Pantalla OLED SH1106*



La pantalla OLED de 1.3 pulgadas es una interfaz visual eficiente que muestra los valores medidos en tiempo real. Entre sus ventajas destacan:

- Resolución nítida para una fácil lectura de los datos.
- Bajo consumo energético, ideal para sistemas alimentados por baterías.

- Capacidad de personalización gráfica, permitiendo mostrar no sólo números, sino también gráficos o tendencias.

En este proyecto, la pantalla muestra los valores de presión en unidades de BAR, presentando los datos de manera clara y accesible para el usuario.

Visitando este [enlace](#) se puede observar su hoja de datos completa.

### **1. Componentes del Software**

Hardware Utilizado:

ESP8266 (módulo WiFi).

Sensor de presión con salida HX711.

Pantalla OLED SH1106 para mostrar datos localmente.

Servicios de la Nube:

Adafruit IO: para publicar datos mediante MQTT.

ThingSpeak: para enviar datos vía HTTP POST.

### **2. Bibliotecas Utilizadas**

Conexión WiFi y HTTP:

ESP8266WiFi.h: Para conectar el ESP8266 a la red WiFi.

ESP8266HTTPClient.h: Para realizar solicitudes HTTP.

MQTT:

Adafruit\_MQTT.h y Adafruit\_MQTT\_Client.h: Para conectarse y publicar datos en Adafruit IO.

Sensores:

HX711.h: Para leer datos del sensor de presión.

Pantalla OLED:

Wire.h: Soporte para comunicación I2C.

SH1106Wire.h: Controlador de la pantalla OLED SH1106.

### 3. Estructura del Código

Inicialización (setup):

Configura la conexión WiFi.

Inicializa la pantalla OLED.

Configura el sensor de presión HX711.

Bucle Principal (loop):

Conecta al servidor MQTT de Adafruit IO si es necesario.

Lee y calcula la presión desde el sensor.

Publica la presión en Adafruit IO.

Envía los datos de presión a ThingSpeak.

Muestra los datos en la pantalla OLED.

Ciclo de espera de 10 segundos.

Si se desea ver el código completo se puede realizar visitando este [enlace](#).

### 4. Publicación en la Nube

Adafruit IO (MQTT):

Los datos de presión se publican en un feed específico (pressureFeed).

ThingSpeak (HTTP):

Los datos se envían como parámetros en la URL utilizando el método GET.

### 5. Gestión de Errores

Adafruit IO:

Verifica si la conexión MQTT está activa antes de publicar.

Imprime mensajes en el monitor serial en caso de error.

ThingSpeak:

Comprueba si la conexión WiFi está activa antes de enviar datos.

## 6. Flujo del Sistema

Inicialización:

Conexión a la red WiFi.

Configuración del sensor y la pantalla OLED.

Verificación de la conexión a Adafruit IO.

Lectura de Datos:

El sensor HX711 mide la presión, ajustada según un factor de calibración.

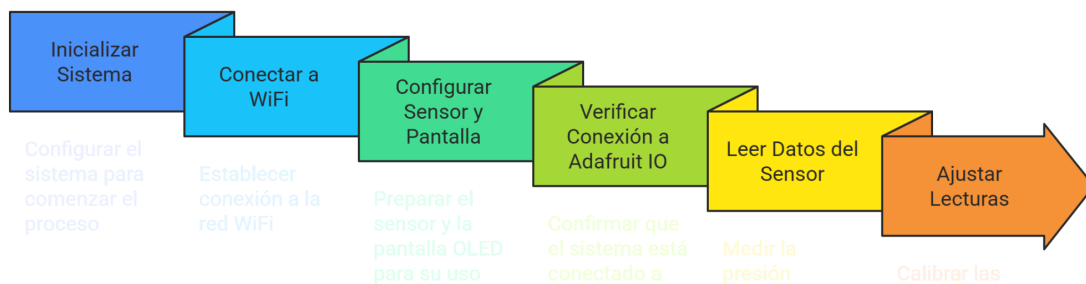


Figura 3: Diagrama de flujo del sistema.

**Publicación de Datos:**

La presión se publica en Adafruit IO (MQTT).

Los datos también se envían a ThingSpeak (HTTP).

Visualización Local:

Los valores de presión se muestran en la pantalla OLED.

Repetición:

El ciclo se repite cada 10 segundos.

### Conexión WiFi y envío de datos

El sistema utiliza plataformas IoT para registrar y analizar los datos de manera remota:

- *Adafruit IO:* Permite la visualización gráfica de los datos y su almacenamiento en la nube.
- *ThingSpeak:* Ofrece herramientas avanzadas para analizar tendencias y patrones en los datos registrados.

La redundancia en el uso de estas plataformas asegura la disponibilidad y accesibilidad de la información, incluso en caso de fallos en una de ellas.

### Calibración y procesamiento de datos

El sistema ha sido calibrado para garantizar la precisión en las mediciones. La conversión de las señales analógicas a digitales se realiza mediante el módulo HX711, ajustando los valores para que se muestren en un formato comprensible (e.g., en BAR o PSI). Se utilizó un manómetro calibrado por el mismo laboratorio de la empresa y se verificó con los demás sensores colocados en otros puntos y que son monitoreados y controlados periódicamente.

### Integración con otros sensores

Este sistema puede combinarse con una amplia gama de sensores para realizar un monitoreo integral de la calidad del agua. Algunos ejemplos incluyen:

- - Sensor de temperatura (DS18B20):
- - Mide la temperatura del agua, un parámetro crucial para el análisis de calidad y para detectar anomalías térmicas.
- - Sonda TDS (Sólidos Totales Disueltos):
- - Evalúa la conductividad eléctrica del agua, indicando la concentración de sales y minerales disueltos.
- - Sensor de turbidez:
- - Determina la claridad del agua, detectando partículas en suspensión que pueden afectar su calidad.
- - Sensor de pH:
- - Mide la acidez o alcalinidad del agua, fundamental para garantizar su adecuación para el consumo humano o aplicaciones industriales.

### Aplicaciones prácticas

El sistema modular presentado tiene aplicaciones en diversos escenarios, tales como:

#### *Implementación en una planta de tratamiento de agua:*

En una planta de tratamiento de agua, este sistema puede desempeñar un papel crucial al monitorear y garantizar la eficiencia de los procesos operativos. Un ejemplo práctico de implementación sería el siguiente:

- 1. Monitoreo de la presión en tuberías principales:- El sensor de presión adaptado detecta posibles fluctuaciones en las tuberías principales que distribuyen el agua tratada. Esto permite prevenir problemas como fugas o sobrepresiones que podrían dañar la infraestructura.
- 2. Control de calidad del agua:- Al integrar el sensor de presión con otros dispositivos, como una sonda TDS, un sensor de pH y un medidor de turbidez, se puede realizar un análisis integral de la calidad del agua en tiempo real.
- 3. Automatización del proceso de tratamiento:- Los datos recopilados por los sensores son enviados al microcontrolador ESP8266, que a su vez los transmite a plataformas IoT. Esto facilita la configuración de alertas automáticas para eventos críticos, como un nivel de presión fuera de rango o un pH anómalo, activando sistemas de respuesta automática.

- 4. Visualización local y remota: - La pantalla OLED instalada en el sistema permite a los operarios locales observar un parámetros clave como presión y simultáneamente, los datos son enviados a plataformas como Adafruit IO o ThingSpeak para que los gerentes puedan analizar tendencias y generar reportes desde cualquier ubicación.
- 5. Optimización energética: - Al correlacionar los datos de presión con el flujo de agua, se pueden ajustar los niveles de bombeo, reduciendo el consumo energético y optimizando recursos.
- 6. Cumplimiento normativo: - Los registros históricos almacenados en la nube permiten demostrar el cumplimiento de regulaciones medioambientales y de calidad del agua en auditorías oficiales.

Este ejemplo demuestra cómo un sistema integrado y modular puede facilitar la gestión eficiente de una planta de tratamiento de agua, mejorando su operatividad y asegurando la calidad del producto final.

- 1. Monitoreo doméstico:- Control de la presión del agua en sistemas de riego.
  - - Supervisión del suministro de agua en viviendas, asegurando un flujo constante y adecuado.
- 2. Industria agrícola:- Monitoreo de la calidad del agua utilizada para cultivos,
  - garantizando que cumpla con los estándares necesarios.
  - - Integración con sistemas automatizados de riego para optimizar el uso de recursos.
- 3. Estaciones de tratamiento de agua:- Uso en plantas de tratamiento para analizar parámetros clave como presión, temperatura, y calidad del agua procesada.
  - - Integración con otros sensores para cumplir con normativas medioambientales.
- 4. Investigación científica:- Herramienta para el monitoreo ambiental en ríos, lagos y otras fuentes de agua.
  - - Uso en proyectos de investigación para estudiar la influencia de diferentes variables en la calidad del agua.
- 5. Sistemas de emergencia:- Implementación en sistemas de respuesta rápida para monitorear la presión en tuberías durante emergencias como roturas o fugas.

### Ventajas del sistema

- - *Escalabilidad: Gracias a su diseño modular, se pueden incorporar nuevos sensores de manera sencilla, manteniendo la estructura original del sistema intacta.*
- - *Accesibilidad remota: Los datos están disponibles en tiempo real a través de plataformas IoT.*
- - *Bajo costo: El uso de componentes ampliamente disponibles hace que el sistema sea asequible para proyectos personales y profesionales.*
- - *Personalización: El software es totalmente ajustable para adaptarse a necesidades específicas.*

En resumen, este sensor destaca por su versatilidad y capacidad para integrarse con otros sistemas de monitoreo. Su diseño modular permite no solo medir la presión del agua con precisión, sino también expandir su funcionalidad para abarcar un análisis más amplio de la calidad del agua. Esto lo convierte en una solución robusta y adaptable para aplicaciones en el

hogar, la industria, la investigación científica y más.

## 2. Diagrama de Conexión del Hardware

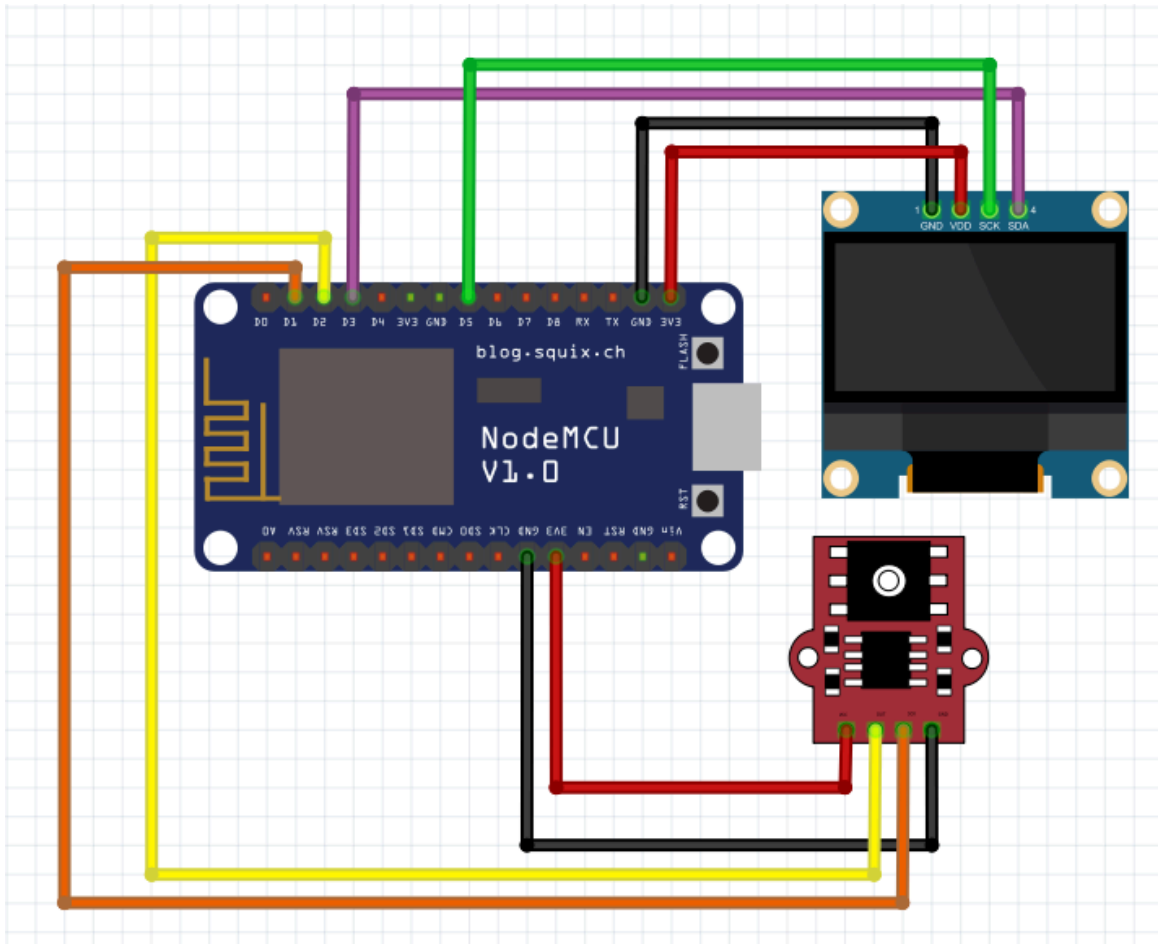
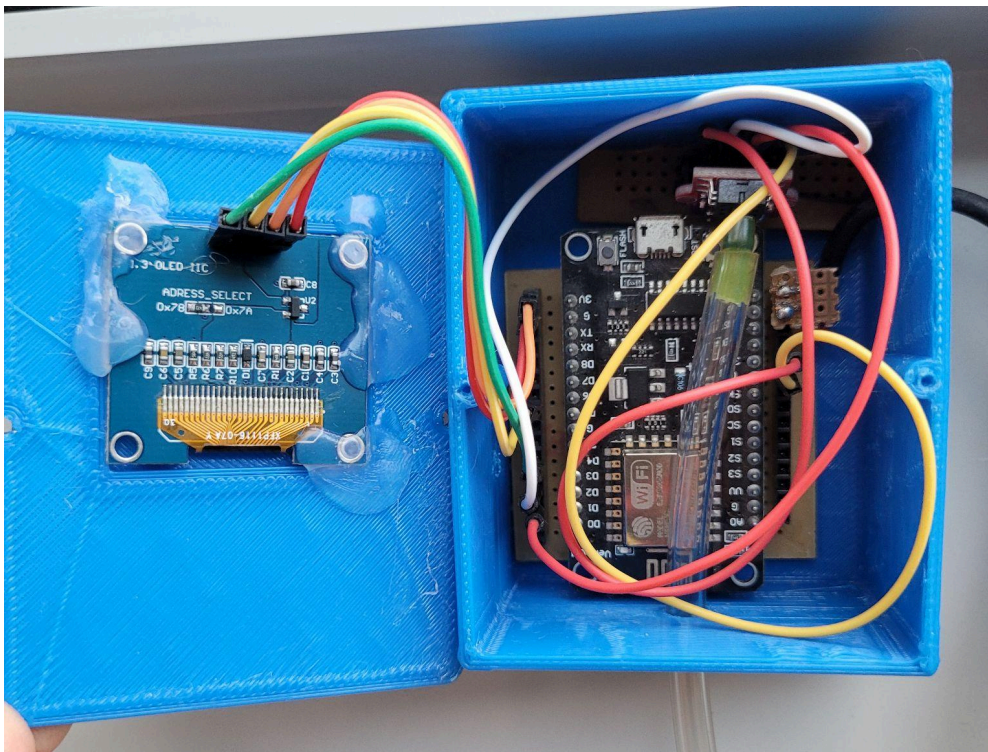
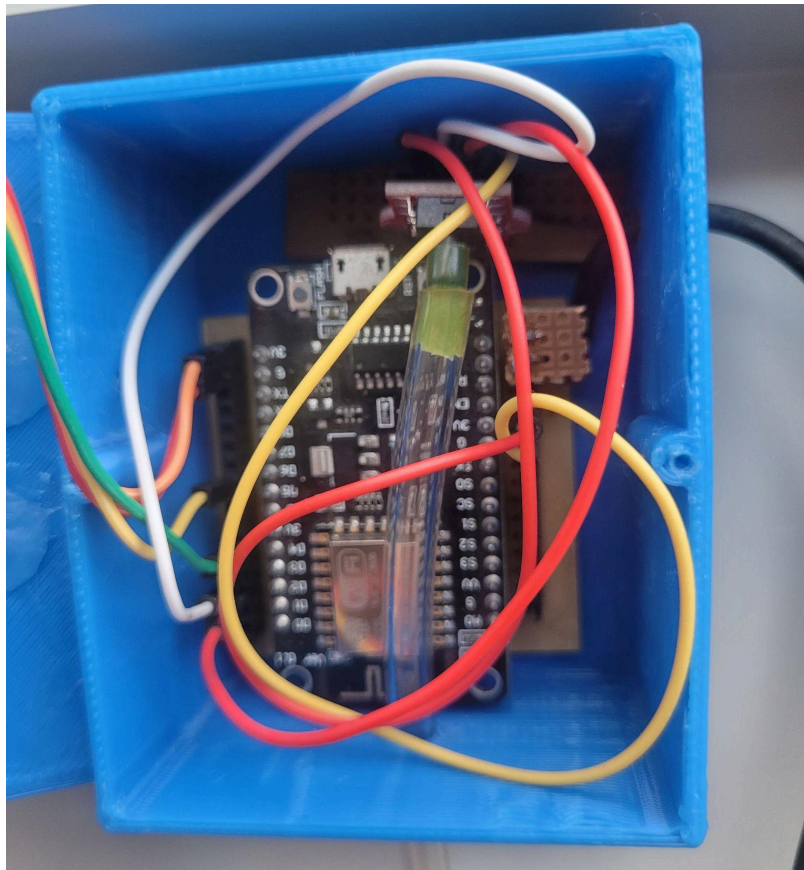


Figura 4: Esquema de conexiones

### 3.Montaje Final





**Figura 5: Montaje final**

Como se puede apreciar en las anteriores fotos se colocó todo el sistema en una caja impresa en 3D y se dejó solamente la conexión a la alimentación de 5V y también la entrada de la manguera que se conecta al manifold principal en donde se obtiene una toma de presión de la línea a medir.

El sistema es totalmente autónomo con respecto a los demás sensores ya que el mismo mide y publica en ambas plataformas IOT y además nos brinda el valor instantáneo en la pantalla que posee en el frente asiendolo un sensor muy versatil y util a la hora de utilizarlo en distintos sistemas ya que solo se necesita alimentarlo con 5V de CC y proporcionarle una toma de presión para poder medir la misma.

#### **Aditamento Adicional**

El sensor utilizado no soporta estar en contacto con agua directamente sino que en este montaje se aprovecha su propiedad de medir la presión de aire ejercida a través de la compresión del agua que que circula por la cañería a medir por lo tanto para evitar que la

barrera de aire que protege al sensor se retire y el agua ingrese al sensor se colocó un válvula de retención asegurando así que el aire quede retenido y siempre se mida sobre la burbuja contenida en el circuito.

Para tal fin se construyó una retención pero se encapsuló en un envase que antes contenía un filtro de líquidos por lo tanto el mismo contenedor posee dos conexiones para manguera lo que facilita su interconexión en el medio entre el sensor y la toma de presión facilitando así su uso y recambio sin inconvenientes.



**Figura 6: Válvula de retención**

En la figura se puede observar un típico filtro de combustible que se utiliza para retener partículas sólidas y así evitar que pasen al motor. Aprovechando las conexiones del mismo se reemplazó el interior con una válvula de retención utilizada en las conexiones de medidores domiciliarios y así se pudo obtener un ideal encapsulado para nuestro propósito.

### **Integración con el sistema**

Si bien el sensor es una unidad separada el mismo se puede integrar a cualquier sistema que requiera la medición de la presión. Las ventajas que tiene la unidad es la de ser versátil y compacta brindando solución a un problema común en las instalaciones hidráulicas. Si bien en este caso el sensor mide presión sobre agua el mismo tiene la versatilidad de poder medir presiones de aire y aceite ya que el dispositivo que se mencionó anteriormente lo aísla del medio a medir.

En la siguiente imagen podemos apreciar la integración del dispositivo a un sistema completo de medición de calidad del agua y el mismo puede reemplazarse o quitarse sin problemas para el funcionamiento de todo el sistema.



**Figura 7: Integración con el sistema**

Se puede observar que el sistema está conectado directamente a la línea de medición que comparten los demás sensores por lo cual la medición está integrada en el sistema y los valores pueden ser tomadas como reales y correctos.

### **Calibración del sensor**

Para la calibración del sensor y que las mediciones obtenidas sean las correctas para lo cual se utilizó un medidor de presión utilizado por ASSA para registrar valores en las mediciones domiciliarias.

El proceso de calibración se realizó aplicando:

- Comparación inicial: Se realiza la prueba del instrumento y se compara con un estándar de referencia.
- Evaluación del error: Se determina la desviación de las mediciones.
- Ajuste o corrección: Se ajusta el instrumento para corregir los errores.

En la imagen se puede apreciar el instrumento usado para la calibración de nuestro dispositivo



En la tabla que se muestra a continuación se detallan los valores de las mediciones obtenidas en la calibración realizada y como se fue corrigiendo el error obtenido hasta llevarlo al mínimo posible y así lograr que nuestro dispositivo sea lo más confiable posible.

#### **Especificaciones Técnicas**

Manómetro Digital DPG WINTERS

Marca: Winters.

Modelo: DPG.

Alimentación: 2 x AAA (1.5 V).

Exactitud: +/- 1%.

Material de Carcasa: ABS.

Material de Conexión: Acero inoxidable.

Diámetro del Dial: 2 1/2".

Conexión al Proceso: Inferior 1/4" NPT.

Temperatura de Operatividad: -10 a 50 °C.

Protección: IP60.

Rango: 0 ... 160 PSI.

**Tabla de Calibración**

<i>Mediciones realizadas</i>	<i>Instrumento Patron</i>	<i>Instrumento a calibrar</i>
1	0.98	1.00
2	0.95	0.98
3	0.96	0.98
4	0.99	0.97
5	0.99	0.97
6	1.00	0.98
7	0.97	0.95
8	0.98	0.99

En la tabla se pueden apreciar las distintas mediciones y cómo se fue corrigiendo el error hasta llevarlo a lo más aceptable posible siempre teniendo en cuenta lo que más se puede depreciar como error aceptable.

Hay parámetros que para el caso no conlleva un error muy grande y se puede tomar como aceptable para esta aplicación.

## 1. Componentes del Hardware

### Microcontrolador ESP32

En esta parte del sistema de monitoreo, se utiliza un microcontrolador ESP32 junto con los demás sensores y tecnologías de comunicación inalámbrica para controlar la calidad del agua en tiempo real. El sistema se conecta a plataformas en la nube como Adafruit IO y ThingSpeak, permitiendo la visualización remota de parámetros como presión, temperatura, conductividad y turbidez del agua. Además, los datos obtenidos se presentan en una pantalla TFT para una visualización local inmediata.

El microcontrolador ESP32 es la pieza central del sistema. Se encarga de la recolección de datos de los sensores, la comunicación con las plataformas en la nube, y la gestión de la pantalla TFT. Gracias a su capacidad WiFi, es ideal para proyectos de IoT como este.

Si se desea consultar más especificaciones técnicas se puede hacer visitando este [enlace](#).

### Pantalla TFT (Modelo: TFT\_eSPI)



La pantalla TFT proporciona una interfaz gráfica que permite visualizar datos de los sensores de manera interactiva. Se utiliza la librería TFT\_eSPI para manejar la pantalla, permitiendo mostrar información como los valores de presión, temperatura, conductividad y turbidez, junto con la fecha y hora.

La pantalla además cuenta con sensor táctil y tiene un slot para una memoria SD para almacenar imágenes si fuera necesario.

### Especificaciones técnicas

- Resolución de pantalla: 240x320 pixels
- Color: 265k Luz de fondo: LED
- Tensión de trabajo: 5V/3.3V Interfaz LCD: 16 bit paralelo
- Panel táctil: SPI Driver IC: St7735
- Zócalo para SD.

Visitando este [enlace](#) se puede observar su hoja de datos completa.

## Sensor de Turbiedad



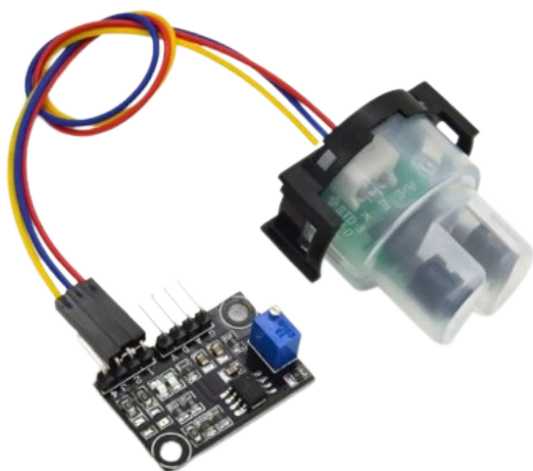
El sistema emplea un sensor de turbidez que en realidad utiliza un sensor infrarrojo en un encapsulado plástico que evita el contacto con el agua y así poder realizar la medición del valor requerido.

Para procesar la señal del sensor utiliza un módulo que amplifica y acondiciona la señal antes de enviarla al ESP32 para su exhibición en pantalla y publicación en las plataformas que se mencionaron antes.

Es capaz de detectar partículas en suspensión en el agua mediante la medición de la transmitancia de luz y la frecuencia que cambia con la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST) en el agua. A medida que aumenta la SST, el nivel de turbidez del líquido aumenta.

Este sensor tiene ambos modos de salida: analógico y digital.

Los sensores de turbidez se pueden utilizar en la medición de la calidad del agua en ríos y arroyos, aguas residuales y mediciones en afluentes, investigaciones en transporte de sedimentos y mediciones de laboratorio.



### Especificaciones Técnicas

Voltaje de operación: 5V DC

Corriente: 40mA (MAX)

Tiempo de respuesta: <500ms

Método de salida: Análogo

Salida analógica: 0-4.5V

Salida Digital: High/Low (Se puede ajustar el valor de umbral al ajustar el potenciómetro)

Visitando este [enlace](#) se puede observar su hoja de datos completa.

## 2. Diagrama de Conexión del Hardware

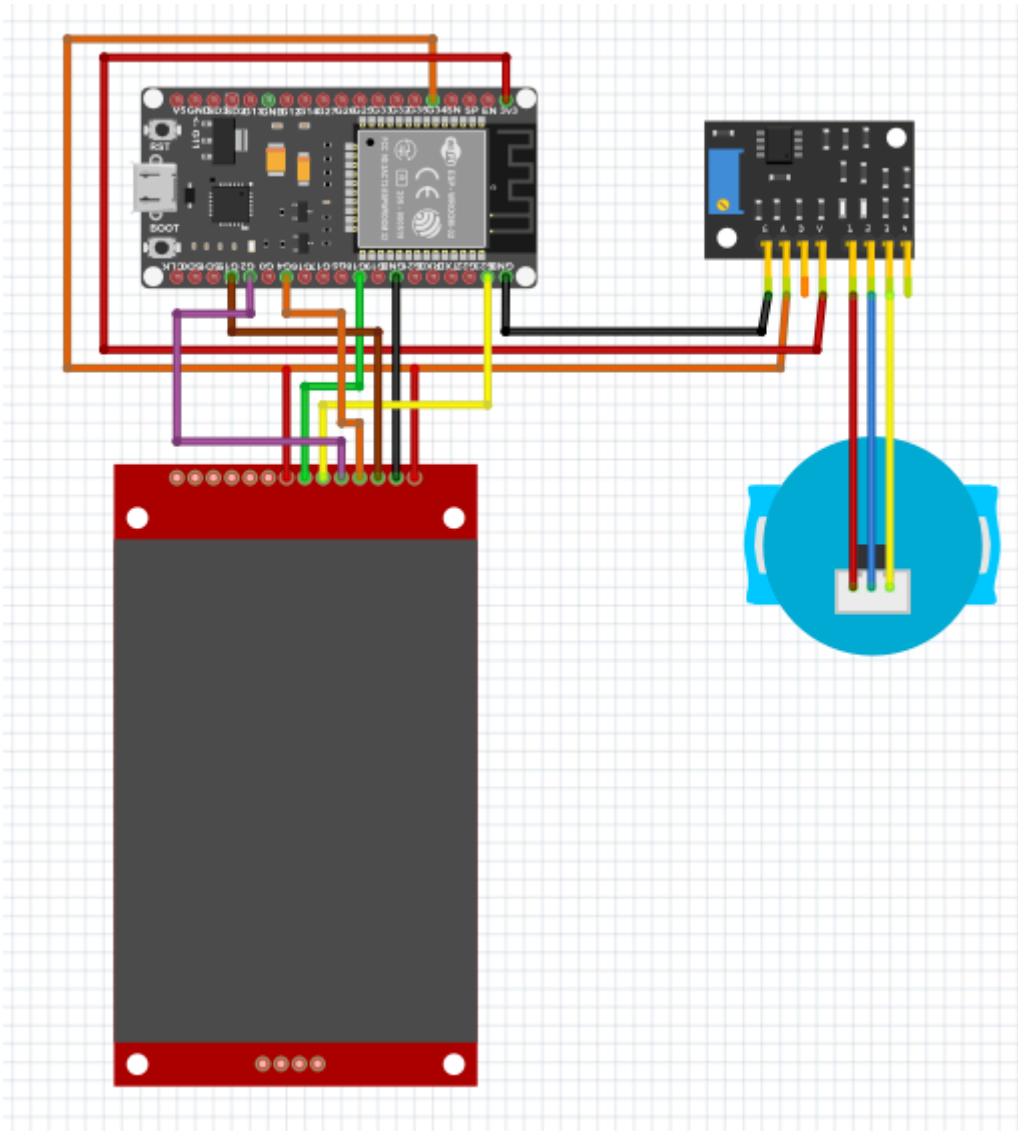


Figura 8: Diagrama de conexiones

### 3. Componentes de Software

Conexión a Internet y Plataformas IoT

El ESP32 se conecta a través de WiFi a internet y utiliza dos plataformas de Internet de las Cosas (IoT):

**Adafruit IO:** Utiliza la comunicación MQTT para recibir datos de los sensores y publicar información sobre los feeds definidos.

**ThingSpeak:** Publica los datos de turbidez a través de solicitudes HTTP en tiempo real.

#### Gestión de Tiempo (NTP)

El sistema obtiene la hora y fecha actual utilizando un servidor NTP (Network Time Protocol), lo que permite ajustar el sistema a la zona horaria de Argentina (UTC-3). La hora se muestra en la pantalla TFT junto con los datos de los sensores.

#### Software y Librerías

Librerías Utilizadas

**TFT\_eSPI:** Librería para manejar la pantalla TFT, permitiendo la visualización gráfica de los datos.

**Adafruit\_MQTT:** Librería para la comunicación MQTT con Adafruit IO, permitiendo suscribirse a feeds y publicar datos.

**WiFi:** Proporciona la funcionalidad de conexión inalámbrica.

**HTTPClient:** Usada para enviar los datos de turbidez a ThingSpeak.

**time.h:** Librería para gestionar la hora y la sincronización con servidores NTP.

Si se desea ver el código completo se puede realizar visitando este [enlace](#).

#### Cables y conectores

Se emplearon cables Dupont y conectores tipo JST para garantizar una conexión estable y segura entre los componentes.

#### Configuración Inicial

El proceso de configuración del sistema incluye la inicialización de la pantalla TFT, la conexión a la red WiFi, y la configuración de la hora mediante un servidor NTP.

**Pantalla TFT:** Se inicializa y se configura para rotarla en una orientación específica. La pantalla se limpia y se establece un color de fondo y texto para la visualización.

**WiFi:** El sistema se conecta a la red inalámbrica especificada en el código mediante las credenciales proporcionadas.

Plataforma IoT: El ESP32 se conecta a Adafruit IO utilizando los parámetros proporcionados, como el nombre de usuario y la clave API. También se configura la suscripción a los feeds para recibir los valores de los sensores de presión, temperatura y conductividad.

#### **4. Lógica de Funcionamiento**

El código funciona en un ciclo continuo donde se realiza lo siguiente:

##### **Conexión y Sincronización:**

El sistema se conecta a Adafruit IO y suscribe a los feeds correspondientes (presión, temperatura, conductividad).

La hora y fecha actual se obtienen desde un servidor NTP y se muestran en la pantalla TFT.

##### **Lectura de Sensores:**

Los valores de presión, temperatura y conductividad se reciben desde los feeds de Adafruit IO.

El valor de turbidez se obtiene mediante un sensor conectado al pin analógico del ESP32 y se publica en ThingSpeak y Adafruit IO.

##### **Visualización en la Pantalla TFT**

Los valores de los sensores se muestran en la pantalla TFT de manera gráfica, con etiquetas y unidades correspondientes.

La hora y la fecha también se muestran en la parte inferior de la pantalla.

##### **Publicación de Datos**

Los datos de turbidez se publican tanto en Adafruit IO como en ThingSpeak, lo que permite su monitoreo desde plataformas en la nube.

#### **5. Funciones Específicas**

**Mostrar Datos:** La función `mostrarDatos()` actualiza la pantalla con los valores de los sensores. Cada valor se presenta en un área de la pantalla con su respectiva etiqueta y unidad.

**Conexión a Adafruit IO:** La función `MQTT_connect()` se asegura de que el ESP32 esté siempre conectado a Adafruit IO para recibir y enviar datos correctamente.

**Envío a ThingSpeak:** La función `sendToThingSpeak()` envía los valores de turbidez a ThingSpeak mediante una solicitud HTTP GET, utilizando una clave API para autenticar la publicación.

## 5. Funcionamiento del Sistema

### Flujo de Datos

#### Recopilación de Datos:

Los sensores de presión, temperatura y conductividad proporcionan datos que se envían a Adafruit IO mediante la comunicación MQTT.

#### Turbidez:

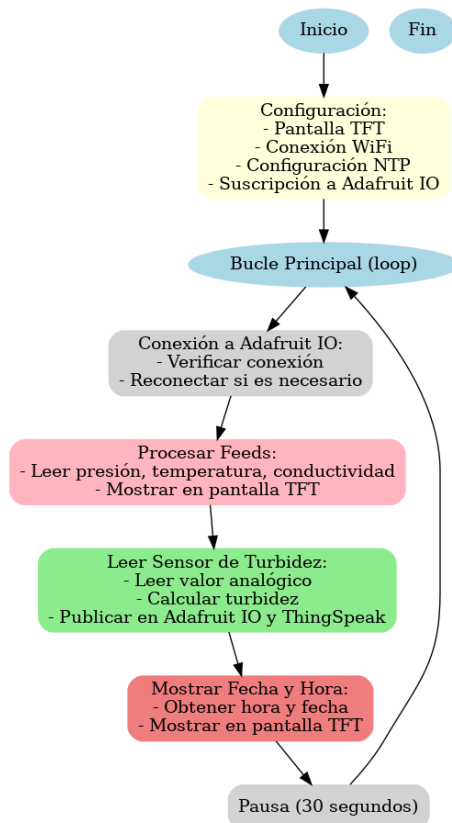
El sensor de turbidez lee datos a través del pin analógico del ESP32. Este valor se ajusta mediante una calibración previa y se publica en ThingSpeak para su almacenamiento y visualización remota.

#### Visualización Local:

Los valores leídos se visualizan en tiempo real en la pantalla TFT, lo que permite una rápida observación de los parámetros del agua.

#### Publicación en la Nube:

Los datos de turbidez también se publican a ThingSpeak, lo que permite el análisis y almacenamiento a largo plazo de los datos en la nube.



**Diagrama de flujo**



**Figura 9: Diagrama de flujo**

En el diagrama se pueden apreciar todos los pasos utilizados para que el hardware recopile los datos y los envíe a las plataformas elegidas.

#### 4. Montaje Final

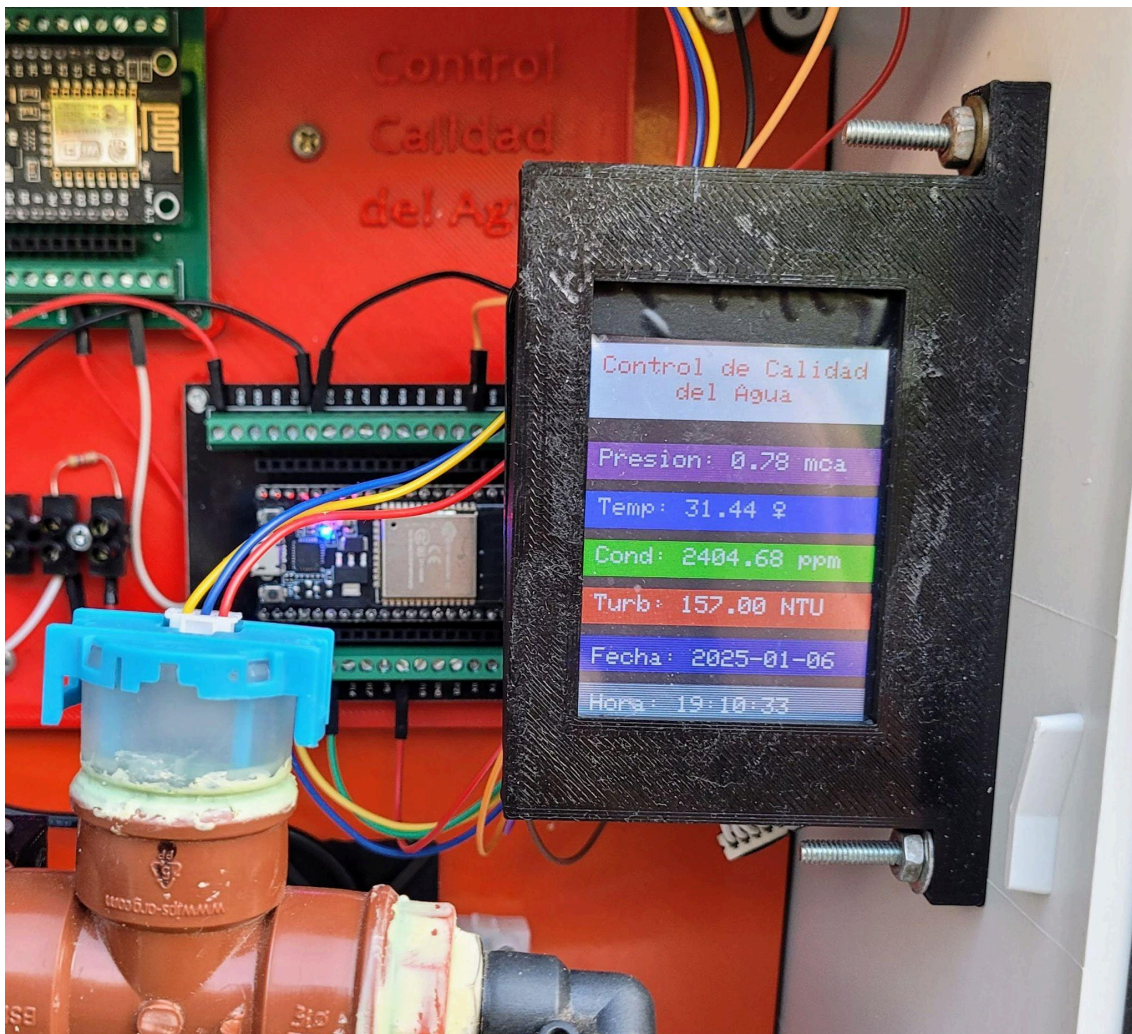


Figura 10: Montaje final

## Estado del Arte o Antecedentes

Para empezar a hablar sobre el tema en particular primero hay que aclarar que en la industria los equipos siempre tienden a ser modulares y por lo tanto son expandibles y versátiles.

Antes de realizar este proyecto se tuvo en cuenta que era lo que realmente se quería realizar ya que sabe que es lo que realmente se quiere obtener con el proyecto en sí.

Para entender qué es lo que se puede lograr con esto hay que comenzar diciendo que los equipos autónomos para medición de varios parámetros son escasos y además son bastantes caros para adquirir y se debe tener en cuenta que sus costos deben ser bien justificados antes de pensar siquiera en plantear su compra.

Por lo tanto lo que sí existe son equipos individuales y autónomos los cuales nos proporcionan valores de cada parámetro a medir, como por ejemplo un conductímetro o un medidor de Ph y a su vez estos deben de estar conectados a un PLC para que puedan transmitir el dato medido.

Los equipos modulares son como se dijo antes escasos por varios motivos y sumado a eso solo funcionan con sus propios sensores ya que se adaptan a sus salidas y protocolo de medición.

Para tomar la posta en estos casos fue que se investigó un poco sobre el tema en particular y se trató de armar algo más adquirible y además más sencillo de adaptar a ambientes industriales sin obviar de que los datos sean confiables y precisos.

Como ejemplo se puede mostrar el equipo más completo y que puede cumplir con lo que se logró con el proyecto presentado y es el [Transmisor de 8 canales Liquiline CM448](#) de la firma Endress+Hauser.

Se pueden apreciar sus datos técnicos en este [PDF](#) y se podrá ver que en líneas generales es un equipo muy completo y robusto pero utiliza solo los sensores de la misma marca para poder funcionar y un protocolo en especial para comunicarse pero además para que estos datos se puedan observar remotamente es necesario un PLC que comunique los mismos.

Siendo esta una de las pocas opciones en la industria que se parezca a lo que se planteó en este proyecto. Los costos de fabricación y las piezas utilizadas permiten que sea sencilla su reparación y además cualquiera con un conocimiento en la programación de placas embebidas.

El equipo CM448 en sí tiene un costo considerable y además se debe sumar cada sensor que se requiera colocar y se necesite medir un valor en particular.

Puede aceptar hasta 8 sensores simultáneos y de parámetros variados y sensores de 4 hilos y lazo 4-20 Ma.

Se pueden consultar tanto su funcionamiento como sus modos de uso en su manual del usuario en este [PDF](#), en el cual están bien detallados los pasos y modos de uso del equipo.

En la imagen podemos observar el equipo en cuestión y como se encuentra conformado para ser instalado en un tablero debido a su pantalla frontal la cual debería ser soportada de alguna manera.

Además podemos observar que en su pantalla se pueden visualizar de 1 parámetro por vez y el valor en pantalla es el valor instantáneo medido.



En la siguiente imagen se puede observar la familia de sensores aceptados por el equipo solo con la limitación de su máximo permitido son 8 en total.



Teniendo en cuenta varios parámetros que se desean medir para controlar la calidad del agua y el elevado costo de estos equipos y además siempre se deben tener en cuenta los costos de mantenimiento que se tiene acarreados se llevó a cabo la idea de planificar un equipo capaz de medir varios valores simultáneamente y cuyos sensores sean tanto económicos como de costo accesible.

En el equipo propuesto para realizar la comunicación de todos los valores se utilizan protocolos seguros de comunicación y se utilizan plataformas de uso gratuito para demostrar que el sistema puede ser confiable y versátil sin perder de vista la seguridad de los datos obtenidos pero si se desearía que las plataformas utilizadas nos brinden más funciones se podría utilizar en ambos casos (Adafruit IO , Thingspeak) las versiones de pago las cuales tienen funciones más amplias y además más cantidad de canales a disposición para usar.

## ***Sistemas de recopilación de datos***

El sistema se comunica a través de internet con dos plataformas distintas como lo son Adafruit IO y Thingspeak pero a su vez en las mismas se puede almacenar datos y luego exportarlos en distintos formatos se trató de buscar otra alternativa de adquirir esos datos y poder tenerlos disponibles cuando se necesiten.

Se utilizaron dos plugins de IFTTT "IF This, Then That" los cuales se disparaban cuando se escriben valores nuevos en la plataforma de Adafruit y los mismos se graban en una hoja de Excel que está alojada en Drive. Esos datos están disponibles para poder analizarlos de la manera que más convenga ya que pueden realizarse tablas dinámicas o analizarlos con IA si es necesario.

Ambas plataformas brindan dentro sus beneficios gratis el almacenamiento de datos por 60 días y los cuales se pueden exportar en distintos formatos pero con la implementación de este plugin se puede obtener mejores interpretaciones de los datos medidos.

### **Adafruit IO**

Adafruit IO es una plataforma diseñada para facilitar la conexión de dispositivos IoT (Internet de las Cosas) y la gestión de datos en tiempo real. Es ideal para proyectos de hobby, prototipos y aplicaciones ligeras. Aquí un resumen de sus características y ventajas:

#### **Características Principales**

##### ***Publicación y Suscripción (MQTT/REST):***

Soporte para protocolos MQTT y REST API, lo que permite enviar (publicar) y recibir (suscribirse a) datos desde dispositivos conectados.

##### ***Feeds de Datos:***

Los datos se organizan en feeds, que son canales individuales donde se almacena y visualiza la información.

***Paneles de Control (Dashboards):***

Interfaz gráfica donde puedes crear widgets (gráficas, medidores, botones, etc.) para interactuar con los datos.

Los paneles son personalizables, ideales para monitoreo y control en tiempo real.

***Automatizaciones:***

Permite establecer acciones automáticas basadas en reglas. Por ejemplo, "Si la temperatura supera los 30°C, enviar una alerta por correo."

***Seguridad:***

Usa claves de API para autenticar dispositivos y proteger los datos.

Almacenamiento Histórico:

Almacena datos históricos que puedes consultar o analizar más tarde. El plan gratuito tiene ciertas limitaciones en cuanto a la cantidad de datos almacenados.

***Ventajas***

Fácil de Usar:

Tiene una curva de aprendizaje sencilla y excelente documentación.

Perfecto para principiantes y proyectos educativos.

Integración con Hardware:

Funciona bien con placas como ESP8266, ESP32, Raspberry Pi, y microcontroladores Arduino.

Adafruit proporciona bibliotecas específicas para hardware compatible, como la librería Adafruit\_MQTT para Arduino.

Widgets Intuitivos:

Puedes usar gráficos, botones, medidores, y controles deslizantes para interactuar con tus dispositivos.

Gratuito con Limitaciones:

El plan gratuito permite hasta 30 feeds y acceso básico. Es suficiente para proyectos pequeños.

Los planes pagos ofrecen mayor capacidad y funcionalidades avanzadas.

Multiplataforma:

Acceso desde navegadores web o aplicaciones móviles (Android/iOS).

### Limitaciones

Restricciones del Plan Gratuito:

Almacenamiento limitado (60 días de datos históricos).

Número máximo de feeds (30 feeds).

Uso Ligero:

Diseñado para prototipos y pequeños proyectos; puede no ser ideal para sistemas a gran escala.

Dependencia de Internet:

Requiere una conexión estable para funcionar, ya que es una plataforma basada en la nube.

### Caso de Uso

Monitoreo de sensores (temperatura, humedad, presión, etc.).

Control remoto de dispositivos IoT (encender/apagar luces, regular ventiladores, etc.).

Visualización y análisis de datos en tiempo real.

Proyectos educativos de IoT y automatización.

Después de ver las ventajas y desventajas del uso de esta plataforma podremos observar el caso de uso de nuestro proyecto en particular y como nos brinda información al instante de los datos solicitados.

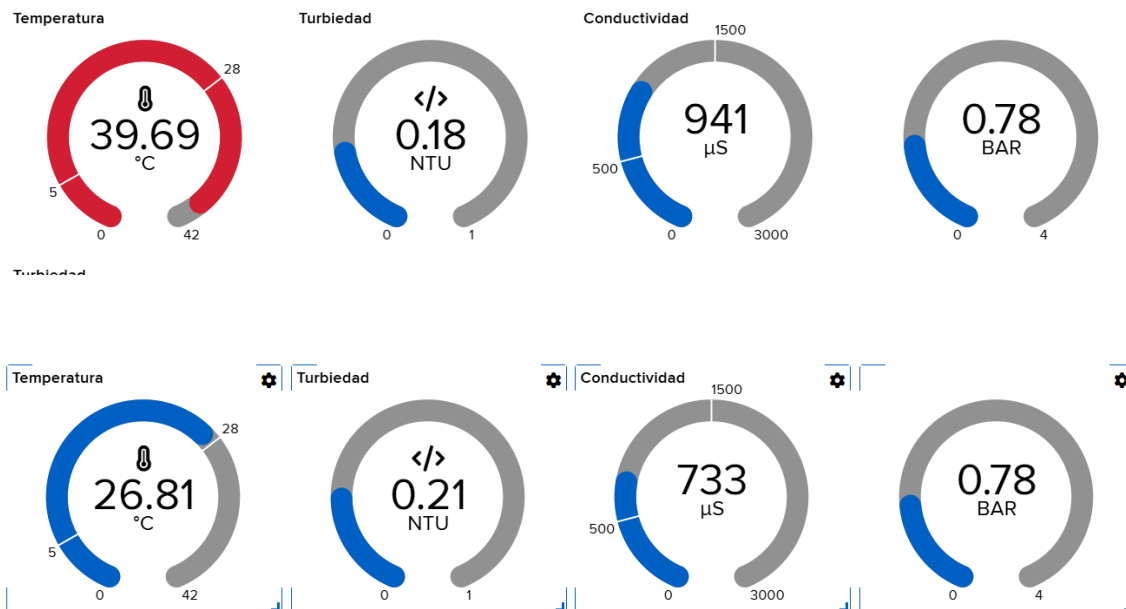


Figura 11: Dashboard de Adafruit

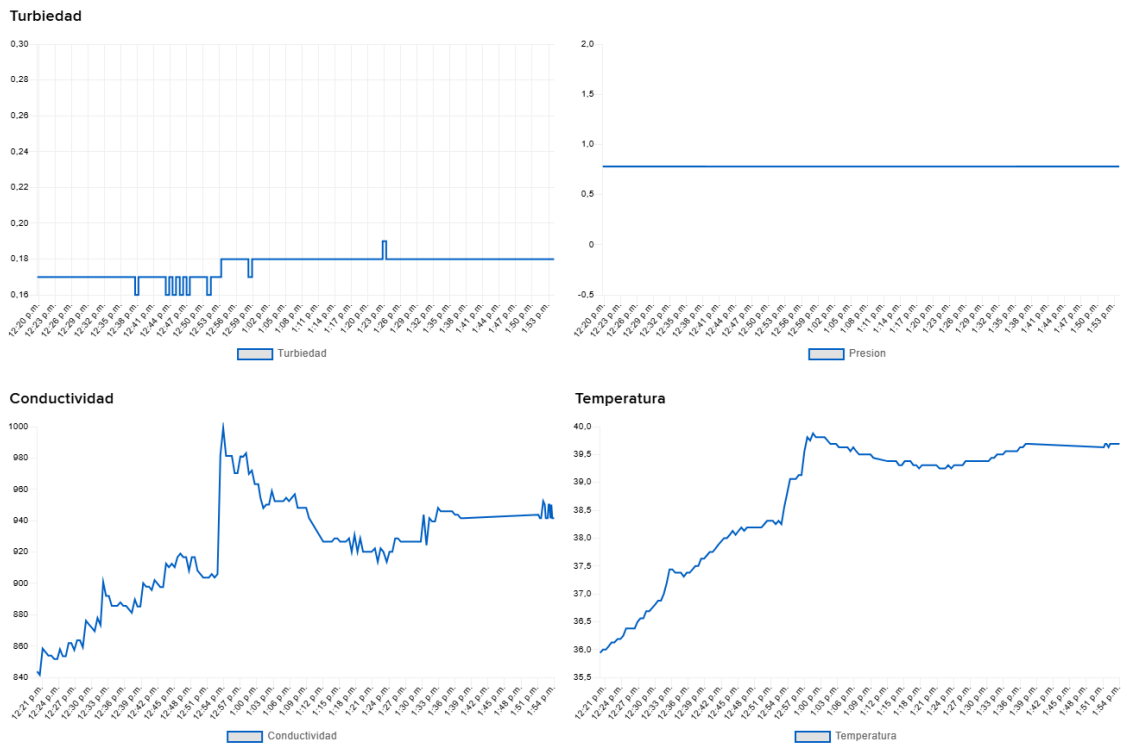


Figura 12: Gráficos históricos de los valores registrados

A través de los indicadores tipo reloj y los gráficos tipo histograma los cuales podemos configurar para que nos muestren valores instantáneos o podemos cambiar desde 1 hora atrás hasta 24 o podemos retroceder hasta los 60 días que nos permite el plan gratuito.

## Automatizaciones adicionales

### IFTT

IFTTT (abreviatura de "If This Then That", que en español significa "Si Esto, Entonces Aquello") es una plataforma de automatización que permite conectar servicios, aplicaciones y dispositivos para crear flujos de trabajo automatizados llamados Applets (o "MiniApps"). Su objetivo es simplificar tareas cotidianas o complejas mediante la creación de reglas basadas en condiciones (Triggers) y acciones (Actions).

### Integración de IFTTT con Adafruit IO

IFTTT actúa como un "puente" entre Adafruit IO y otros servicios. Los Applets son recetas automatizadas que siguen la lógica:

"Si ocurre X en Adafruit IO, entonces haz Y en otro servicio" (o viceversa).

Pasos básicos para usar IFTTT con Adafruit IO

#### **Conectar Adafruit IO a IFTTT:**

En IFTTT (<https://ifttt.com/>), buscar el servicio "Adafruit" y vincularlo con tu cuenta de Adafruit IO.

#### **Crear un Applet:**

Definir el trigger (disparador) y la acción (acción).

#### **Casos de uso prácticos**

##### **1. Enviar datos de sensores a servicios externos**

Ejemplo: Si un sensor de temperatura (conectado a Adafruit IO) supera los 30°C, enviar una notificación por correo o un mensaje a Telegram.

Trigger (Adafruit IO): Nuevo dato en un feed (ej: "temperatura").

Action (IFTTT): Enviar email o mensaje.

##### **2. Activar dispositivos desde servicios externos**

Ejemplo: Si recibes un mensaje de texto en tu teléfono, encender un LED conectado a Adafruit IO.

Trigger (IFTTT): Llegada de un SMS.

Action (Adafruit IO): Enviar un valor a un feed (ej: "led\_control").

##### **3. Integrar con Google Sheets**

Ejemplo: Registrar datos de humedad (desde Adafruit IO) en una hoja de cálculo cada hora.

Trigger (Adafruit IO): Nuevo dato en el feed "humedad".

Action (IFTTT): Añadir fila en Google Sheets.

##### **4. Controlar dispositivos con voz (Alexa/Google Assistant)**

Ejemplo: Decir "Ok Google, apaga el ventilador" para cambiar un valor en Adafruit IO.

Trigger (IFTTT): Comando de voz en Google Assistant.

Action (Adafruit IO): Enviar "0" al feed "ventilador".

#### **Ventajas de IFTTT**

No requiere programación: Cualquier persona puede crear Applets con una interfaz visual.

Multiplataforma: Conecta servicios que normalmente no interactúan entre sí.

Gratis (con límites): La versión básica es suficiente para uso personal.

Flexibilidad: Ideal para automatizar tareas domésticas, proyectos IoT o flujos de trabajo profesionales.

### Limitaciones

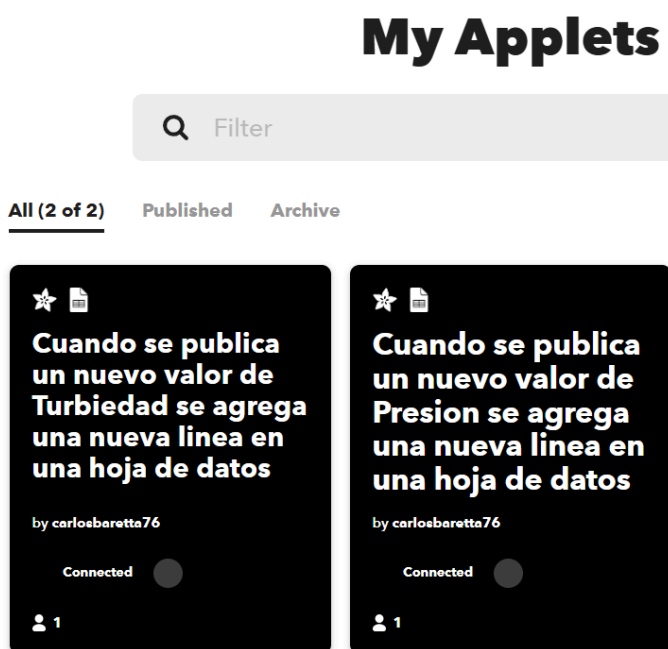
Dependencia de terceros: Si un servicio deja de funcionar, el Applet se rompe.

Latencias: Algunas acciones pueden tardar minutos en ejecutarse.

Límites en la versión gratuita: Número máximo de Applets activos y frecuencias de ejecución.

### Aplicación de uso

Para el proyecto se utilizó esta ventaja de automatización para crear 2 applets



Las mismas funcionan de la siguiente manera :

El disparador o trigger en cada caso es el evento de publicación de un nuevo dato realizado en Adafruit y eso realizaba la acción de tomar ese dato y escribirlo en una hoja de excel alojada en Google Docs.

Cada vez que la hoja contenía 2000 datos se comenzaba una nueva hoja.

La misma se iba completando con la fecha y la hora del dato brindándonos un registro de los datos muy completo y aprovechable ya que estos datos son valiosos para poder introducirlos en tablas dinámicas y generar análisis del

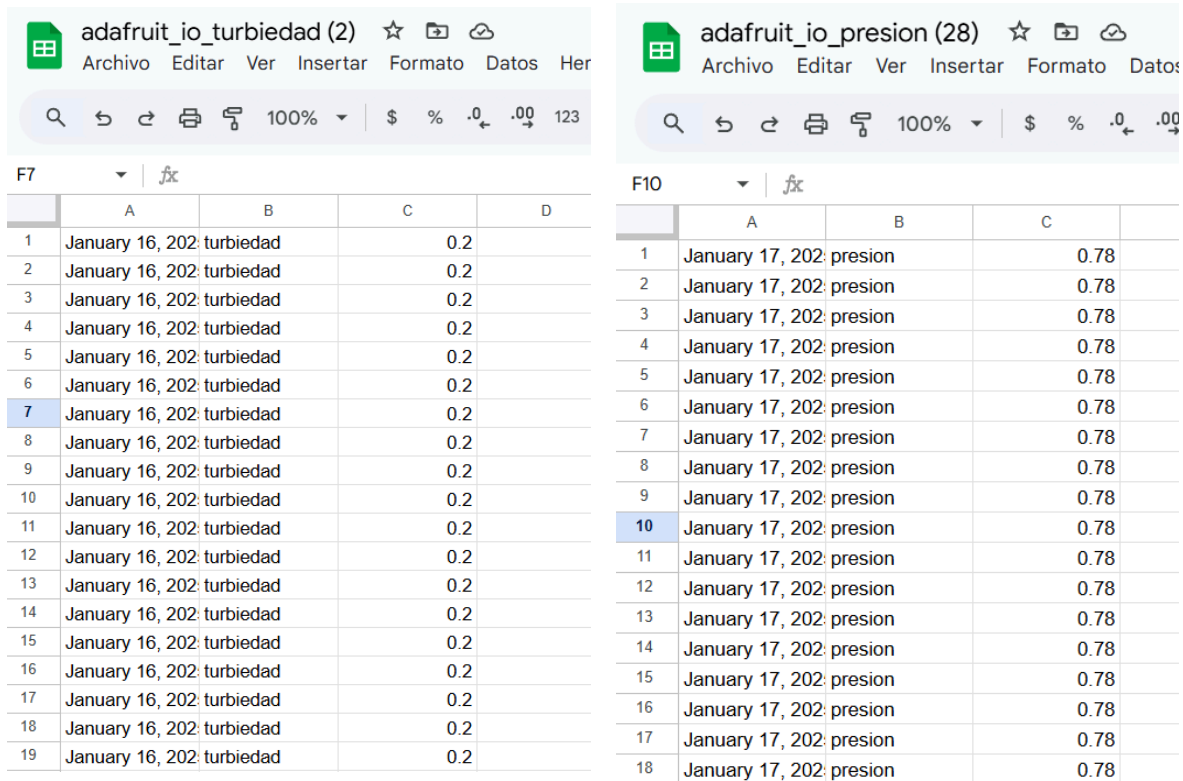
comportamiento de cada variable registrada .

En nuestro caso de uso se registraban las variables Presión y Turbiedad las cuales se considero como más sensibles para el caso de estudio.

La única desventaja de este sistema es que la versión gratuita solo deja usar 2 applets a la vez , para más cantidad se debe recurrir a la versión de pago.

En cuanto a la seguridad tanto la plataforma IFTTT como Adafruit utilizan contraseñas y solo se necesitan otorgar permisos a la plataforma para que pueda realizar la escritura de los datos en las hojas de excel.

### Datos obtenidos



adafruit_io_turbiedad (2)					adafruit_io_presion (28)				
Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos Her					Archivo Editar Ver Insertar Formato Datos				
100%   \$ % .0_ .00 123					100%   \$ % .0_ .00				
F7   fx					F10   fx				
	A	B	C	D		A	B	C	
1	January 16, 202	turbiedad	0.2		1	January 17, 202	presion	0.78	
2	January 16, 202	turbiedad	0.2		2	January 17, 202	presion	0.78	
3	January 16, 202	turbiedad	0.2		3	January 17, 202	presion	0.78	
4	January 16, 202	turbiedad	0.2		4	January 17, 202	presion	0.78	
5	January 16, 202	turbiedad	0.2		5	January 17, 202	presion	0.78	
6	January 16, 202	turbiedad	0.2		6	January 17, 202	presion	0.78	
7	January 16, 202	turbiedad	0.2		7	January 17, 202	presion	0.78	
8	January 16, 202	turbiedad	0.2		8	January 17, 202	presion	0.78	
9	January 16, 202	turbiedad	0.2		9	January 17, 202	presion	0.78	
10	January 16, 202	turbiedad	0.2		10	January 17, 202	presion	0.78	
11	January 16, 202	turbiedad	0.2		11	January 17, 202	presion	0.78	
12	January 16, 202	turbiedad	0.2		12	January 17, 202	presion	0.78	
13	January 16, 202	turbiedad	0.2		13	January 17, 202	presion	0.78	
14	January 16, 202	turbiedad	0.2		14	January 17, 202	presion	0.78	
15	January 16, 202	turbiedad	0.2		15	January 17, 202	presion	0.78	
16	January 16, 202	turbiedad	0.2		16	January 17, 202	presion	0.78	
17	January 16, 202	turbiedad	0.2		17	January 17, 202	presion	0.78	
18	January 16, 202	turbiedad	0.2		18	January 17, 202	presion	0.78	
19	January 16, 202	turbiedad	0.2						

Figura 13: Capturas de las hojas de Excel

Si se desea ver una de estas hojas en estos [enlaces](#) se deja una copia de las mismas para que puedan ser evaluadas.

Estos datos capturados y guardados en una hoja de excel nos dan la gran ventaja de poder ser analizados posteriormente y poder crear gráficos para una más sencilla interpretación de los mismos.

A continuación se podrá observar un ejemplo de un gráfico muy sencillo creado en la misma página de google Sheets el cual nos muestra una variación del valor medido tomando solo una muestra de los datos guardados.

Ademas se podrian realizar aplicacion de formulas estadísticas y analizarlos estadísticamente para tener una interpretación más detallada del comportamiento de acuerdo a la hora del día y si además sumaremos otras variables el análisis se torna más completo y nos dará un panorama más completo de lo que ocurre con las variables a distintas horas según la presión, temperatura o cualquier otro valor registrado.

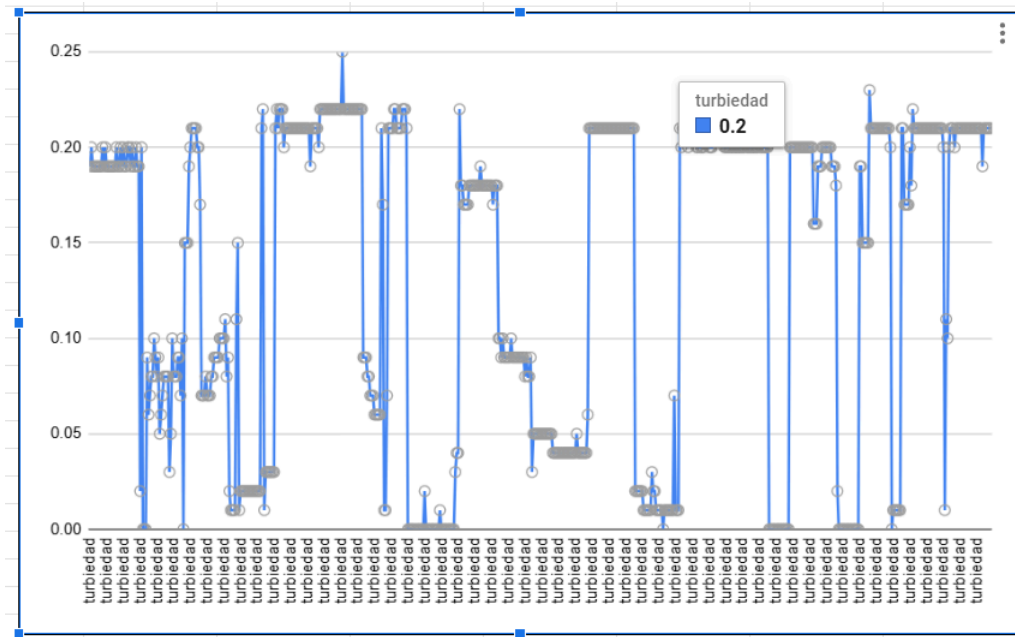


Figura 14:Gráfico de ejemplo

## ThingSpeak

ThingSpeak es una plataforma de IoT (Internet de las Cosas) desarrollada por MathWorks, diseñada para la recopilación, análisis y visualización de datos en tiempo real provenientes de sensores o dispositivos conectados. Su principal objetivo es facilitar la creación de aplicaciones IoT mediante el almacenamiento y procesamiento de datos en la nube, integrando herramientas avanzadas como MATLAB para análisis complejos.

### Características principales

#### Recolección de datos en tiempo real:

Permite a dispositivos IoT enviar datos a la plataforma mediante protocolos como HTTP, MQTT o APIs REST.

Cada conjunto de datos se organiza en "canales" (channels), que pueden contener múltiples campos (por ejemplo: temperatura, humedad, ubicación).

#### Almacenamiento en la nube:

Los datos se guardan en la nube y pueden ser accedidos en cualquier momento.

Ofrece opciones de historial y exportación de datos (en formatos como JSON o CSV).

**Análisis con MATLAB:**

Integración directa con MATLAB para procesamiento avanzado (ejemplo: machine learning, filtrado de datos o predicciones).

Permite ejecutar scripts de MATLAB directamente en la plataforma.

**Visualización de datos:**

Gráficos en tiempo real (líneas, barras, mapas, etc.) personalizables.

Widgets para dashboards públicos o privados.

**APIs y integraciones:**

Compatible con dispositivos populares como Arduino, Raspberry Pi, ESP8266/ESP32, entre otros.

Se integra con servicios como IFTTT, Google Sheets y redes sociales (ejemplo: publicar datos en Twitter).

**Alertas y acciones:**

Configuración de notificaciones por email o webhooks cuando los datos superan umbrales definidos.

**Casos de uso comunes**

Monitoreo ambiental: Seguimiento de calidad del aire, temperatura o humedad en tiempo real.

Agricultura inteligente: Control de riego, humedad del suelo o condiciones climáticas en cultivos.

Industria 4.0: Supervisión de máquinas, mantenimiento predictivo o gestión de energía.

Proyectos educativos: Ideal para aprender IoT, programación y análisis de datos.

### Seguridad

Los datos pueden ser públicos o privados, con opciones de autenticación mediante API Keys.

Utiliza HTTPS para transmisión segura de datos.

### Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
Fácil de usar para principiantes	La versión gratuita tiene límites (4 canales, 3 millones de mensajes/año).
Integración con MATLAB para análisis avanzados.	Menos escalable que otras plataformas IoT empresariales (como AWS IoT).
Ideal para prototipos y proyectos pequeños.	Algunas funcionalidades avanzadas requieren licencia de pago.

### Caso de Uso



The screenshot shows the Thingspeak interface for a channel titled "Control de Calidad del agua". The channel ID is 2642247, created by user mwa0000019929028. The channel description is "Canal para recolectar los datos y controlar la calidad del agua recibida". The interface includes navigation tabs for "Private View", "Public View", "Channel Settings", "Sharing", "API Keys", and "Data Import / Export". There are buttons for "Add Visualizations", "Add Widgets", and "Export recent data". Two "MATLAB" integration buttons are visible: "MATLAB Analysis" and "MATLAB Visualization". Channel statistics show it was created 4 months ago, has a last entry about 3 hours ago, and contains 287688 entries.

Figura 15 :Datos del canal de Thingspeak

A diferencia de la plataforma anterior en este caso Thingspeak se organiza por canales y se dispone de fields en los cuales se recibe la información de los sensores .

Si bien la interfaz gráfica no es muy amigable se pueden apreciar muy bien los datos medidos de manera instantánea y con una muy buena respuesta a las variaciones ocurridas.

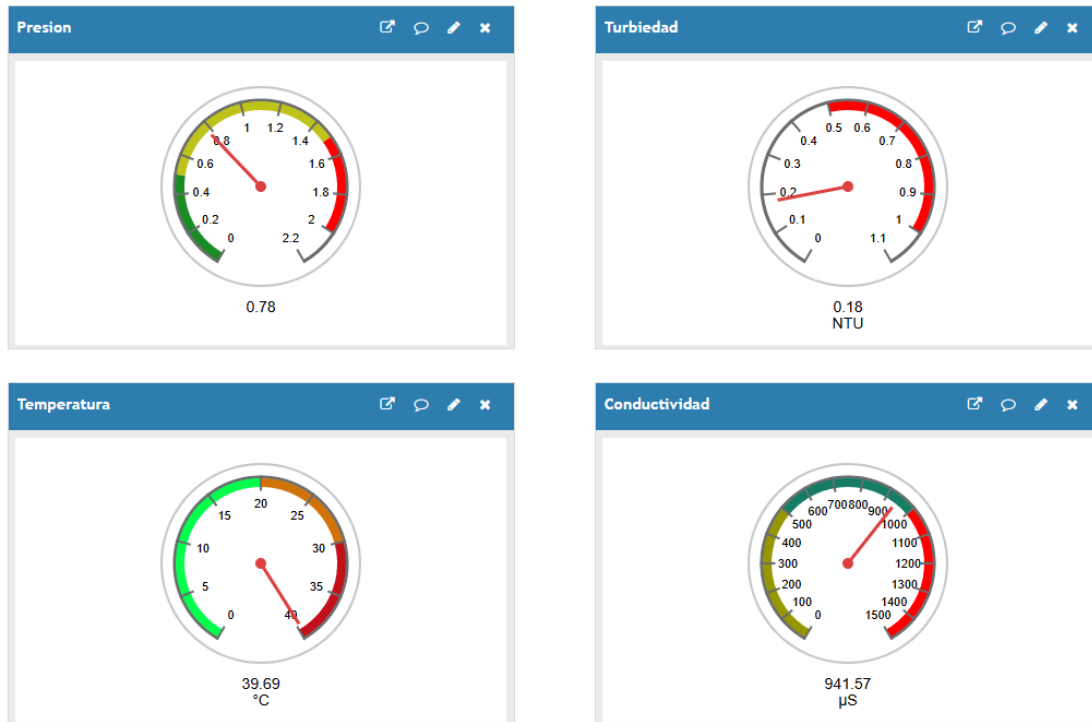


Figura 16 :Medidores analogicos de los datos obtenidos

El funcionamiento en sí difiere de la plataforma anterior ya que en el otro caso uno se suscribe al feed de datos mientras que aquí los datos se envían por HTTPS y por tanto cada vez que las placas envían los datos por wifi estos son actualizados en la plataforma y no se pueden modificar mientras no cambien o sea si las placas se desconectan el valor mostrado siempre sera el ultimo enviado.

Esta plataforma también posee gráficos tipo histogramas los cuales nos dejan ver los históricos de los valores tomados y poder hacer análisis de los mismo en el transcurso del tiempo.

A continuación se puede apreciar un ejemplo de estos gráficos en los cuales hay datos visualizados según la hora de toma de los mismos



Figura 17 :Gráficos tipo Histograma de los datos medidos

En esta plataforma se puede utilizar las herramientas de Matlab para crear distintas visualizaciones y análisis de datos para mejorar el uso de los datos.

En el próximo ejemplo se muestra como usando un script de Matlab se puede crear una visualización que no está en las que la plataforma te da por default para utilizar.

En la misma se colocan los datos del canal y las APi Keys para que se puedan tomar los datos del field correspondiente y además lograr que sean visualizados en el gráfico creado.

Se debe crear el script primero y luego de cargar los datos se puede generar el gráfico y utilizarlo luego en la pantalla principal del canal .

ThingSpeak™ Channels ▾ Apps ▾ Devices ▾ Support ▾

Apps / MATLAB Visualizations / Create a 2-D line plot 2 / Edit

Name

Create a 2-D line plot 2

MATLAB Code

```
1 % Template MATLAB code for visualizing data from a channel as a 2D line
2 % plot using PLOT function.
3
4 % Prior to running this MATLAB code template, assign the channel variables.
5 % Set 'readChannelID' to the channel ID of the channel to read from.
6 % Also, assign the read field ID to 'fieldID1'.
7
8 % TODO - Replace the [] with channel ID to read data from:
9 readChannelID = 2642247;
10 % TODO - Replace the [] with the Field ID to read data from:
11 fieldID1 = 4;
12
13 % Channel Read API Key
14 % If your channel is private, then enter the read API
15 % Key between the '' below:
16 readAPIKey = '4L3773UW2VA38252';
17
18 %% Read Data %%
19
20 [data, time] = thingSpeakRead(readChannelID, 'Field', fieldID1, 'NumPoints', 30, 'ReadKey', readAPIKey);
21
22
23 %% Visualize Data %%
24
25 plot(time, data);
```

Save and Run Save

Figura 18 :Script de Matlab

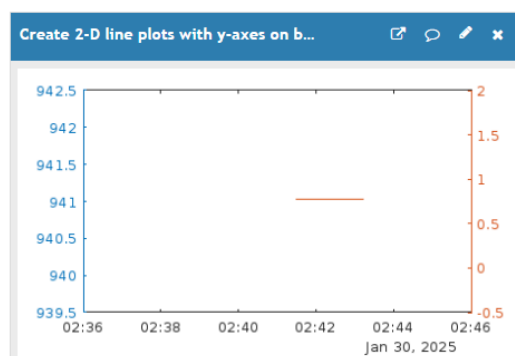


Figura 20 :Gráfico resultante

### Datos obtenidos

Los datos almacenados en ThingSpeak se pueden descargar en varios formatos y luego pueden ser procesados. Entre los formatos más comunes se encuentran el CSV y JSON los cuales pueden ser procesados en línea y luego aplicar distintos métodos para visualizarlos en gráficos más representativos.

Export recent data	
Control de Calidad del agua Channel Feed:	JSON XML CSV
Field 1 Data: Temperatura	JSON XML CSV
Field 2 Data: Conductividad	JSON XML CSV
Field 3 Data: Turbiedad	JSON XML CSV
Field 4 Data: Presion	JSON XML CSV

En esta captura podemos observar los formatos permitidos y solo debemos elegir el que más nos convenga para bajar los datos almacenados.

Siendo los más comunes el XML y CSV es bueno poder optar por un tercero como JSON que nos permite a través de un programa de Python poder filtrar y procesarlos para una mejor interpretación.

En la siguiente captura se observan los datos en formato JSON

```

1 [{"channel":{"id":"2642247","name":"Control de Calidad del agua ","description":"Canal para recolectar los datos y controlar la calidad del agua recibida","latitude":"0.0","longitude":"0.0","field1":"Temperatura","field2":"Conductividad","field3":"Turbiedad","field4":"Presion","created_at":"2024-08-31T13:02:49Z","updated_at":"2024-10-31T20:51:39Z","last_entry_id":"301108"},"feeds":[{"created_at":"2025-01-31T23:10:13Z","entry_id":"301009","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:10:33Z","entry_id":"301010","field2":"1157.90"}, {"created_at":"2025-01-31T23:10:54Z","entry_id":"301011","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:11:16Z","entry_id":"301012","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:11:32Z","entry_id":"301013","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:11:47Z","entry_id":"301014","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:12:07Z","entry_id":"301015","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:12:29Z","entry_id":"301016","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:12:45Z","entry_id":"301017","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:13:00Z","entry_id":"301018","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:13:21Z","entry_id":"301019","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:13:39Z","entry_id":"301020","field2":"1156.81"}, {"created_at":"2025-01-31T23:13:58Z","entry_id":"301021","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:14:14Z","entry_id":"301022","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:14:34Z","entry_id":"301023","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:14:56Z","entry_id":"301024","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:15:11Z","entry_id":"301025","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:15:27Z","entry_id":"301026","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:15:43Z","entry_id":"301027","field2":"1162.48"}, {"created_at":"2025-01-31T23:15:58Z","entry_id":"301028","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:16:13Z","entry_id":"301029","field2":"1152.90"}, {"created_at":"2025-01-31T23:16:29Z","entry_id":"301030","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:16:44Z","entry_id":"301031","field2":"1155.74"}, {"created_at":"2025-01-31T23:17:01Z","entry_id":"301032","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:17:22Z","entry_id":"301033","field2":null}, {"created_at":"2025-01-31T23:17:42Z","entry_id":"301034","field2":null}]}

```

Para poder interpretarlos en línea recurrimos a la web [jsonformatter](https://jsonformatter.org/) en la cual con solo pegar los datos obtenidos obtenemos el siguiente resultado

```
Código
1- {
2-   "channel": {
3-     "id": 2642247,
4-     "name": "Control de Calidad del agua ",
5-     "description": "Canal para recolectar los datos y controlar la calidad
6-     del agua recibida",
7-     "latitude": "0.0",
8-     "longitude": "0.0",
9-     "field1": "Temperatura",
10-    "field2": "Conductividad",
11-    "field3": "Turbiedad",
12-    "field4": "Presion",
13-    "created_at": "2024-08-31T13:02:49Z",
14-    "updated_at": "2024-10-31T20:51:39Z",
15-    "last_entry_id": 301108
16-  },
17-  "feeds": [
18-    {
19-      "created_at": "2025-01-31T23:10:13Z",
20-      "entry_id": 301009,
21-      "field2": null
22-    },
23-    {
24-      "created_at": "2025-01-31T23:10:33Z",
25-      "entry_id": 301010,
26-      "field2": "1157.90"
27-    },
28-    {
29-      "created_at": "2025-01-31T23:10:54Z",
30-      "entry_id": 301011,
31-      "field2": null
32-    }
33-  ]
34- }
```

Lo mismo ocurre si obtenemos los datos en formato CSV el cual se puede procesar en Google Sheets de una manera sencilla

La ventaja es que es más práctico y versátil y se pueden agregar gráficos y visualizaciones que nos permiten tener un panorama más claro de nuestra situación en torno al valor medido

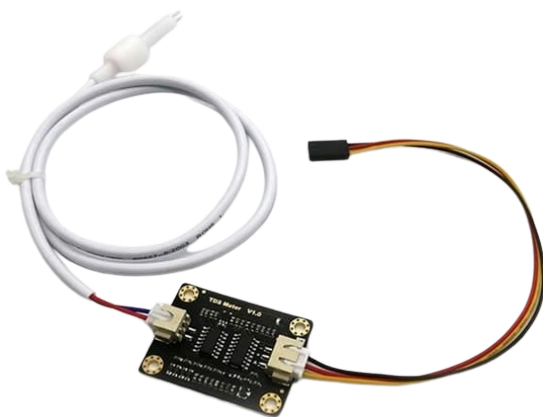
En la próxima captura podemos observar lo que ocurre al procesar un archivo de este tipo en Google Sheets



## Calibraciones

En este apartado se detallarán las calibraciones de cada sensor utilizado y en cada caso se indicarán cuales son los sensores más o menos confiables para cada uso.

### Sensor de Conductividad



El sensor utilizado en sí no presenta mucha complejidad ya que la sonda es sencillamente dos partes metálicas de acero inoxidable que están en contacto permanente con el agua a medir pero la complejidad de la medición se encuentra en la placa que interpreta los valores medidos por ella.

En la placa de control se toman los pequeños valores de corriente que circulan de acuerdo a la cantidad de sales disueltas en el agua y a través de un amplificador nos entrega a su salida un valor que podemos interpretar con la placa embebida utilizada. En este caso

siempre hablamos de valores analógicos que van variando continuamente.

Para poder calibrar este sensor se utilizó un instrumento patrón el cual se usa diariamente en ASSA para medir conductividad y el cual es sometido a calibraciones periódicas por la empresa

El instrumento es si se trata de un medidor portátil de la marca HANNA el cual es sencillo y fácil de utilizar.



Como podemos notar el equipo no solo mide la conductividad sino también la temperatura a la cual está el agua ya que es determinante saber la misma por que la conductividad se puede ver afectada por esta.

Como conclusión podemos decir que en este caso la calibración fue bastante sencilla y no reviste mucha complicación. El sensor que se utilizó para este caso presenta una confiabilidad aceptable a lo largo del tiempo y es muy confiable en sus mediciones.

Si se desea conocer más de este instrumento en este [enlace](#) se encuentra su manual.

### Sensor de Turbiedad



Este sensor en particular utiliza una manera particular de medir ya que mide la luz que pasa entre un fotodiodo emisor y uno receptor

Con este simple método se puede realizar la medición de sólidos en suspensión en el agua medida.

Para calibrar este sensor se utilizó un medidor de turbidez portátil de la marca HATCH el cual utiliza el mismo método para medir.

El modelo es el 2100 Q y el equipo en sí realiza mediciones de la misma manera que lo hace nuestro sensor haciendo pasar un haz de luz por la muestra a medir y un sensor sensible a los cambios de luz toma los datos obtenidos. El equipo en sí consta de una carcasa plástica y unas probetas de vidrio especial en la cual se coloca la muestra a medir y se tapa para que no pueda ingresar la luz ambiente. Luego de presionar un botón el equipo arroja el valor medido.

Este equipo en sí también es calibrado periódicamente para asegurar su confiabilidad y exactitud.

El proceso de calibración se llevó a cabo realizando mediciones paralelas hasta ajustar el error al mínimo posible y se llegó a una exactitud del 95% contra el valor medido con este equipo . Si bien no se alcanzó el 100% el error es bastante despreciable para ser tenido en cuenta por qué en este particular parámetro las variaciones no representan tanto como en otros parámetros y el rango de amplitud de las tolerancias es bastante amplio.



Si se desea conocer más de este instrumento en este [enlace](#) se encuentra su manual.

### Sensor de Temperatura



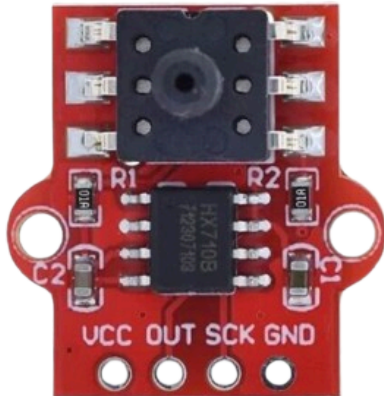
Este tipo de sensor es muy usado por su confiabilidad a la hora de medir realizando unos simples ajustes y calibraciones. En este caso en particular para poder calibrar este sensor se utilizó el mismo termómetro incorporado en el instrumento usado para calibrar la conductividad y por lo tanto se confía en los valores obtenidos y comparados de ambos sensores .

Como se puede observar en la pantalla del instrumento nos brinda la información de la conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y además la temperatura a la cual está el agua medida. Por lo tanto en un solo paso pudimos hacer la calibración de dos sensores.



En la calibración de este sensor no se debió recurrir a muchas mediciones ya que el mismo necesita solo que no se altere el largo del cable y además se coloque una resistencia pull down para que las mediciones no presenten error.

## Sensor de presión



En este caso en particular este sensor mide presión pero de aire y se adaptó para que pudiera medir presión de agua sin problemas.

Para realizar la calibración ya se dedicó un apartado especial en la descripción y el funcionamiento del mismo el cual se puede consultar en esta [parte](#) del documento

Igualmente si se desea conocer más sobre este manómetro en particular se puede ver su manual en este [enlace](#).

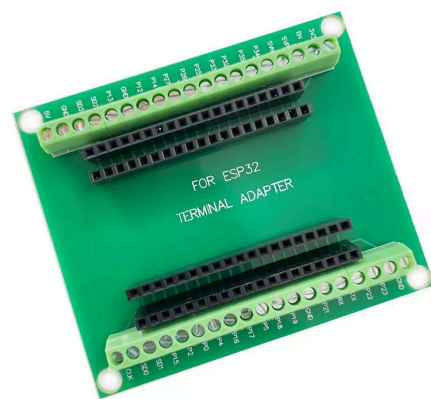
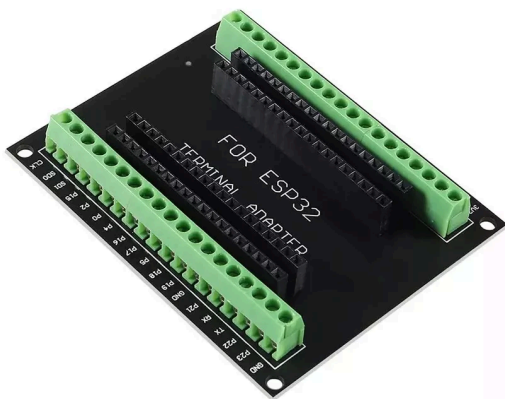
## Montaje Final

Una vez obtenidos los resultados deseados en las calibraciones de cada sensor se puede proceder al ensamblado final de todo el equipo y así poder ser sometido a la prueba de todos los sensores funcionando juntos.

Los materiales son variados pero de fácil obtención no requiriendo de partes especiales sino por el contrario de fácil compra en plataformas online o en comercios locales.

Las piezas que no existían o fueron necesarias para poder armar este proyecto se diseñaron y fueron impresas en 3D para lograr una mejor terminación de todo el trabajo.

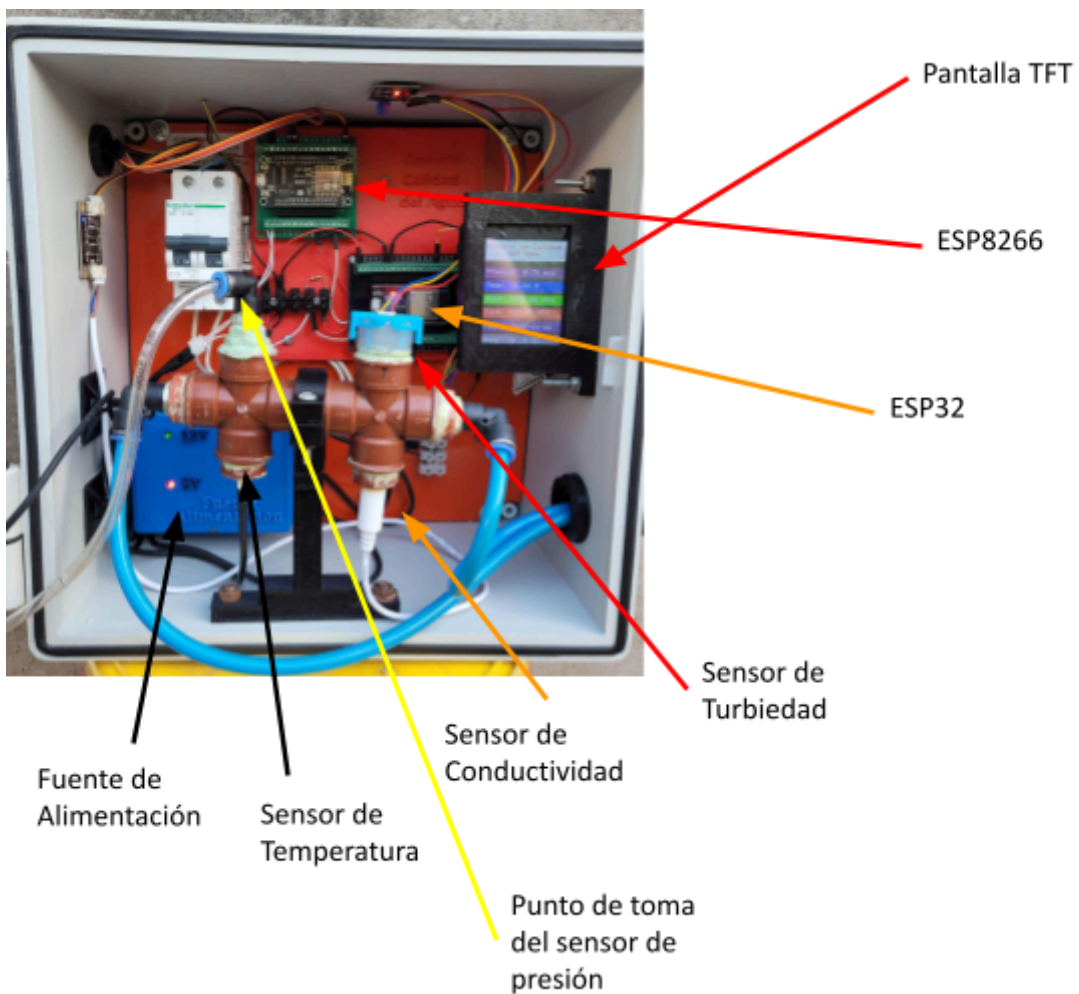
Para poder asegurar la calidad de las conexiones eléctricas se utilizó placas con borneras las cuales contenían a las placas embebidas y proporcionaban ajuste seguro en las conexiones con sus periféricos y fuente de alimentación.



Además para contener los sensores se utilizó conexiones de caño de pvc para agua sanitaria de medidas estándar como lo es la conexión de ½" y se colocaron reducciones o adaptadores en los casos que fueron necesarios.

La parte de alimentación principal a la línea de 220V se realiza con un cable normalizado y la misma ingresa a un interruptor termomagnético de 10A más que suficiente para proteger el circuito.

Fueron necesarias además borneras a tornillo del tipo común y para sujetar todo firmemente se utilizaron precintos plásticos y soportes autoadhesivos para mejorar la presentación final del montaje.





Sensor de presión

En el caso del sensor de presión como el montaje se realiza en un gabinete más reducido en tamaño se opta por una placa base de fabricación casera en la cual se realiza las conexión con bornera del tipo sin tornillo y en cambio sólo necesita presión al conectar el cable.



Por último las conexiones hidráulicas del circuito se realizan con acoples rápidos para manguera de 8mm para el ingreso del agua a medir y para el caso del sensor de presión se utilizó uno de 6mm en todos los casos proporcionan un ajuste confiable y sencillo .

El resto de las sujeciones se realizó con bulonería del tipo milimétrica o de pulgadas según correspondía a cada caso y se adaptaron a las necesidades del caso

El tablero contenedor de todo el sistema es un tablero estanco de la marca Rocker el cual cuenta con varias especificaciones que lo hacen ideal para su uso en este proyecto

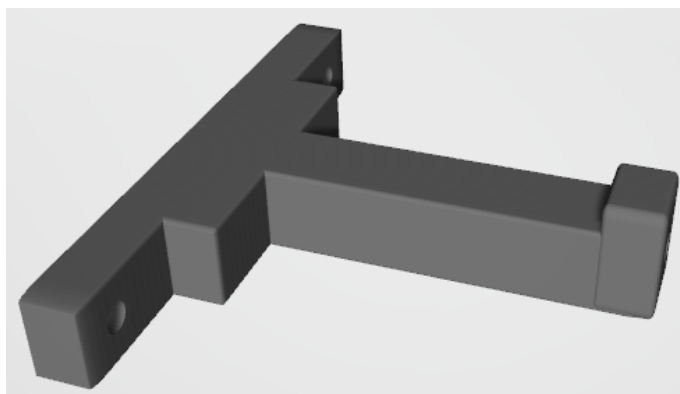
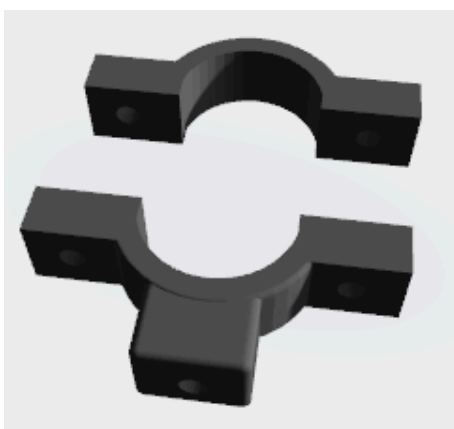
Si se desea conocer más datos acerca del tablero utilizado se puede consultar su hoja de datos técnicos siguiendo este [enlace](#).

## Piezas en 3D

Para poder llevar a cabo este proyecto se utilizaron varios materiales los cuales ya existen en el mercado tales como el tablero en donde se montó el sistema y además los sensores y placas embebidas usadas para correr los programas utilizados.

Para las demás cosas que se necesitaba colocar se utilizaron piezas 3D diseñadas e impresas para poder realizar el montaje final de todos los sistemas utilizados.

### Soporte para Manifold



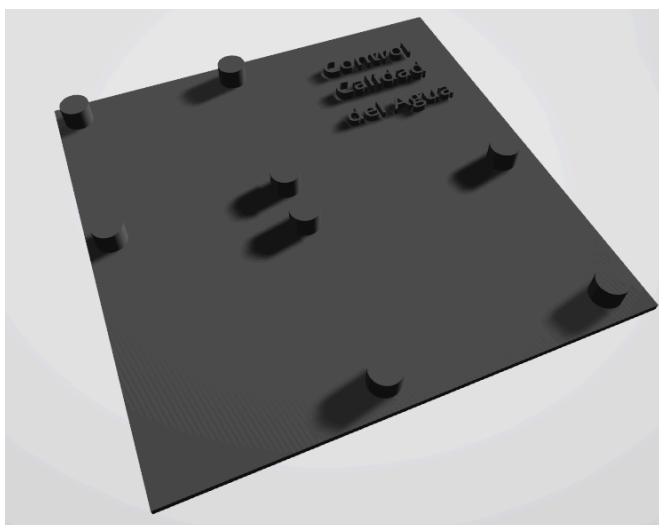
Se brindan los archivos en formato STL en este [enlace](#) para que puedan ser descargados e impresos de ser necesarios

### Soporte placas Embebidas

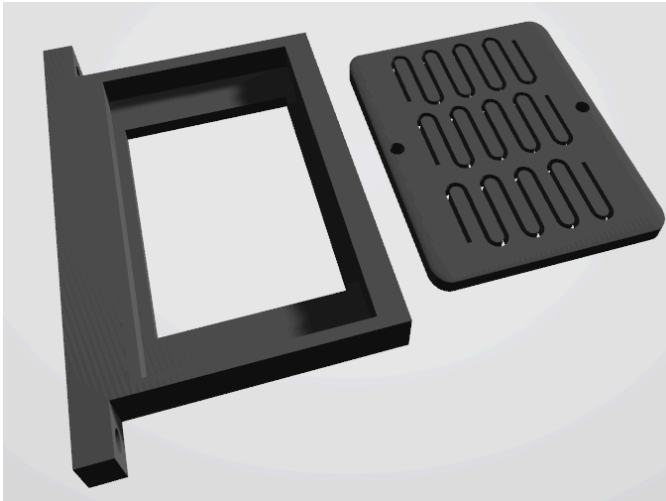
Esta sencilla pieza sirve de soporte para colocar las dos placas embebidas utilizadas en el proyecto

y es solo de ayuda y para no colocar las placas sobre el bastidor de chapa que viene con el tablero empleado.

Se brindan los archivos en formato STL en este [enlace](#) para que puedan ser descargados e impresos de ser necesarios



### Soporte para pantalla

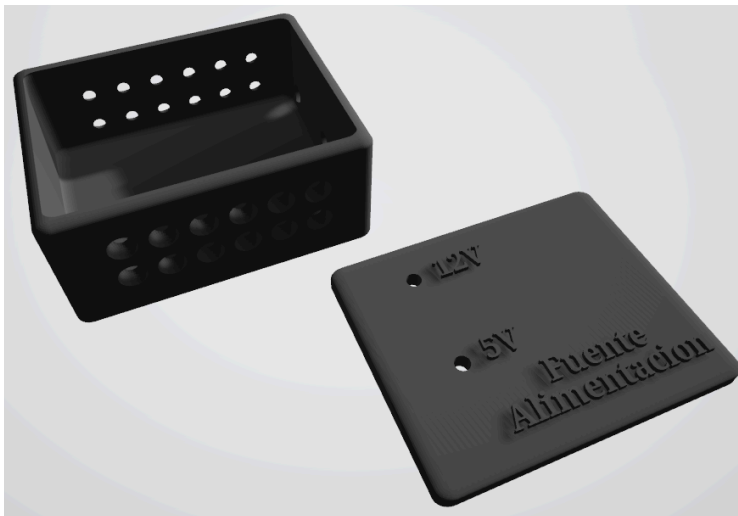


Esta pieza es la encargada de soportar y contener la pantalla TFT utilizada para visualizar los datos obtenidos por el sistema.

La misma además de contener la pantalla ofrece soporte lateral para que quede fija en la parte interna del tablero.

Se brindan los archivos en formato STL en este [enlace](#) para que puedan ser descargados e impresos de ser necesarios.

### Gabinete fuente de alimentación

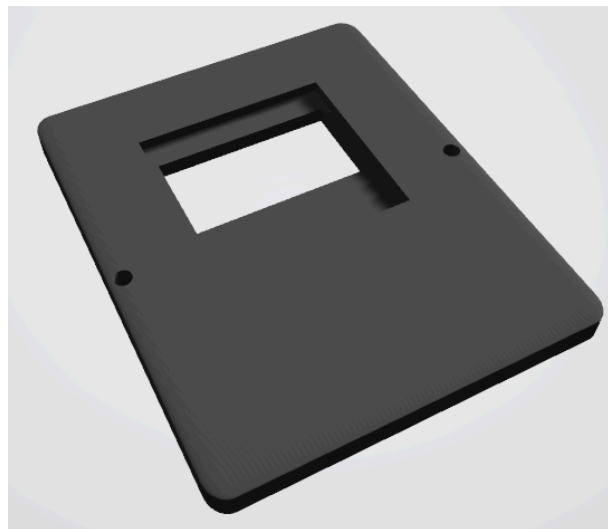
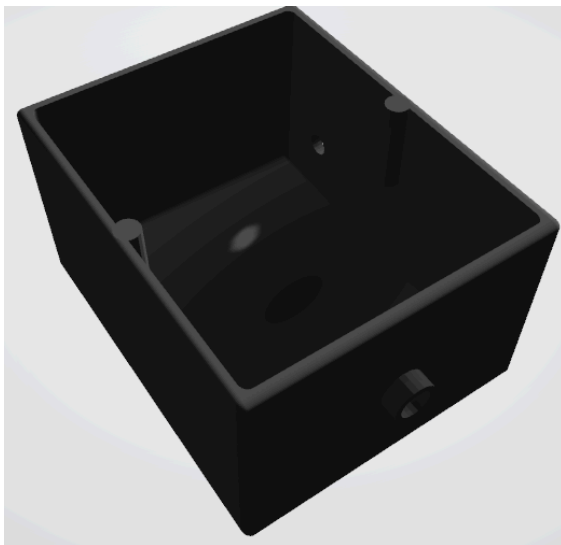


En esta sencilla caja se alojan las fuentes de alimentación de los 5V y otra salida adicional de 12V por si fuera necesaria.

La caja evita que ambas fuentes estén en contacto con los componentes del sistema y así evitar accidentes de cortocircuitos o falsos contactos.

Se brindan los archivos en formato STL en este [enlace](#) para que puedan ser descargados e impresos de ser necesarios.

### Gabinete Sensor de Presión



En esta simple caja se logró contener la placa más el sensor de presión en un solo lugar, el mismo al ser independiente se puede remover el mismo del tablero simplemente con desconectar la manguera de ingreso de presión y la alimentación.

Su diseño contempla el soporte de la pantalla de LCD que muestra la presión medida.

Se brindan los archivos en formato STL en este [enlace](#) para que puedan ser descargados e impresos de ser necesarios.

## Conclusiones Finales

Este proyecto nació como una iniciativa de crear un control sencillo, versátil y confiable y se busco lograr ese objetivo de manera práctica y sin la necesidad de complicados materiales sino por el contrario que sean de acceso común y corriente pero sin descuidar la confiabilidad.

Durante la creación de cada una de las piezas que componen el proyecto se pudo apreciar que si bien los sensores usados no son de ámbito industrial se pueden adaptar a las necesidades y mejorar su desempeño. En la mayoría de los casos el principio de medición es el mismo y por lo tanto se presenta la oportunidad de poder calibrarlos y ponerlos a prueba con estos.

El equipo ya lleva aproximadamente 3 meses de uso casi continuo en mi propia casa midiendo presión, conductividad, turbiedad y temperatura y su desempeño ha sido exitoso. Debido a que tengo acceso a los valores medidos en la planta de agua local he podido compararlo con los valores medidos por esos instrumentos y me ha sorprendido su desempeño.

Los valores de conductividad y turbiedad los cuales son los más sensibles han variado al ritmo que lo hacían los medidos en la planta y así la temperatura.

En el caso de la presión es un caso particular debido a que me encuentro en una zona de muy buena presión y la misma varía muy poco o casi nada. Sin embargo el sensor se comportó muy bien, cuando se realizó la calibración respondió muy bien a las variaciones y su exactitud fue excelente.

Quiero aclarar que el sensor de presión es un caso aparte ya que en el mercado existen muchos sensores de presión ya adaptados para placas embebidas y así mismo se podrían adaptar sensores industriales a estos sistemas pero muchas veces se incurre en errores importantes.

Por tal motivo se intentó crear una opción viable para poder medir la presión y que no sea difícil de replicar en el futuro. Tomando el principio que utiliza el sensor de medición de presión de aire para placas embebidas se diseñó un sistema capaz de medir la presión del agua aplicada a una cámara de aire la cual traduce la presión al sensor y este nos brinda un valor aceptable sin mayores problemas. Se tuvo en cuenta que el agua es un líquido incompresible por lo tanto el agua no cedería presión al aire sino por el contrario la presión medida sería la misma del agua.

Si bien todos estos datos no se pueden apreciar de manera local salvo el caso de la presión se tenía que lograr que los mismos sean visibles de manera remota y en cualquier equipo con acceso a internet. Se pensó en la manera de poder integrarlo a un sistema ya instalado como lo es SCADA pero como se debe tener permisos y realizar integraciones que llevarán más tiempo del deseado se desistió pero no por eso no se pueden observar los datos obtenidos.

Se pensó entonces en usar dos plataformas gratuitas y muy confiables como lo son ThingSpeak y Adafruit, se pensó en la redundancia de los datos medidos para evitar que si alguna de las plataformas salía de servicio se pierda acceso a los datos medidos.

Nunca se descuidó el ámbito de la seguridad debido a que ambas plataformas si bien se usó el plan gratuito no dejan de ser seguras por que encriptan los datos y solo con las llaves necesarias se pueden acceder a los mismos.

Las capacidades de estas plataformas en planes gratuitos no son muy buenos pero si ve lo que se logró se puede pensar que si usaría el plan de pago el desempeño sería excelente.

Aunque no se nombró logre tener acceso a la información de manera sencilla y rápida instalando aplicación en mi teléfono y así poder ver la información de manera más rápida sin necesidad de utilizar una computadora de escritorio o notebook.

Existen todavía muchas posibilidades de mejoras las cuales todavía no fueron exploradas pero entre ellas se encuentra la posibilidad de integración con IA o Machine Learning lo cual le permitiría al equipo poder tomar sencillas decisiones o comunicar de variaciones en parámetros ya programados y así optimizar el sistema. La instalación de varios equipos distribuidos en la ciudad y el uso de un plan de pago en las plataformas lograría por así decirlo lograr tener un panorama más amplio de los valores medidos y mejorar el control de la calidad del agua entregada a la red.

En todo caso el proyecto presenta innumerables oportunidades de mejora para poder ser explotado y aprovechado tanto a nivel privado o domiciliario así como a nivel industrial.

## **Anexo A**

### **Calibraciones**

#### **Procedimiento General de Calibración**

Pasos comunes para ambos sensores (Presión y Turbiedad)

#### **Preparación:**

Herramientas necesarias:

Patrón de referencia calibrado (ej: manómetro de precisión para presión, solución estándar de turbidez).

Equipo de adquisición de datos (multímetro, PLC, sistema SCADA).

Ambiente controlado (temperatura, humedad estable).

Documentación: Revisar el manual del sensor para rangos de operación, curvas de respuesta y especificaciones.

#### **Calibración:**

Punto cero (offset): Ajustar la salida del sensor cuando la magnitud medida es cero.

Puntos intermedios: Comparar el sensor con el estándar en varios valores dentro del rango.

Linealidad y sensibilidad: Asegurar que la respuesta del sensor sea proporcional al estímulo.

#### **Validación:**

Repetir mediciones para verificar repetibilidad.

Comparar con el estándar para confirmar precisión.

#### **Documentación:**

Registrar valores de ajuste, fechas y condiciones ambientales.

Generar una curva de calibración (ej: ecuación lineal o polinómica).

## Calibración de un Sensor de Presión

### Materiales específicos:

Patrón de referencia: Manómetro de precisión, bomba de presión calibrada o dead weight tester (para alta precisión).

Si se desea consultar la hoja de datos del manómetro utilizado se puede ver siguiendo este [enlace](#)

Fluido de trabajo: Aire, agua o aceite, dependiendo del sensor.

### Pasos detallados:

#### Conexión:

Conectar el sensor de presión y el patrón de referencia a la misma fuente de presión.

Asegurar que no haya fugas en el sistema.

#### Ajuste de cero:

Aplicar presión ambiente (0 BAR) y ajustar la salida del sensor para que coincida con el patrón (ej: 4 mA en sensores 4-20 mA).

#### Ajuste de escala:

Aplicar presión máxima del rango (ej: 1 BAR) y ajustar la salida del sensor (ej: 20 mA).

Repetir en puntos intermedios (25%, 50%, 75% del rango).

Compensación de temperatura (si aplica):

Si el sensor tiene compensación térmica, calibrar a diferentes temperaturas.

En el caso cuando se debe elevar la presión del sistema se recurre a una bomba para que podamos presurizar el sistema y luego retenemos la presión con una llave colocada en el paso del agua para que esta no se pierda.

Para poder llevar a cabo un procedimiento de calibración adecuado se debe tomar registro de todos los valores medidos y anotarlos en una tabla y con la misma poder realizar los gráficos que nos permitan poder determinar las variaciones del sensor calibrado y nos da un pantallazo más claro de cómo se encuentra nuestro sensor frente a un instrumento patrón.

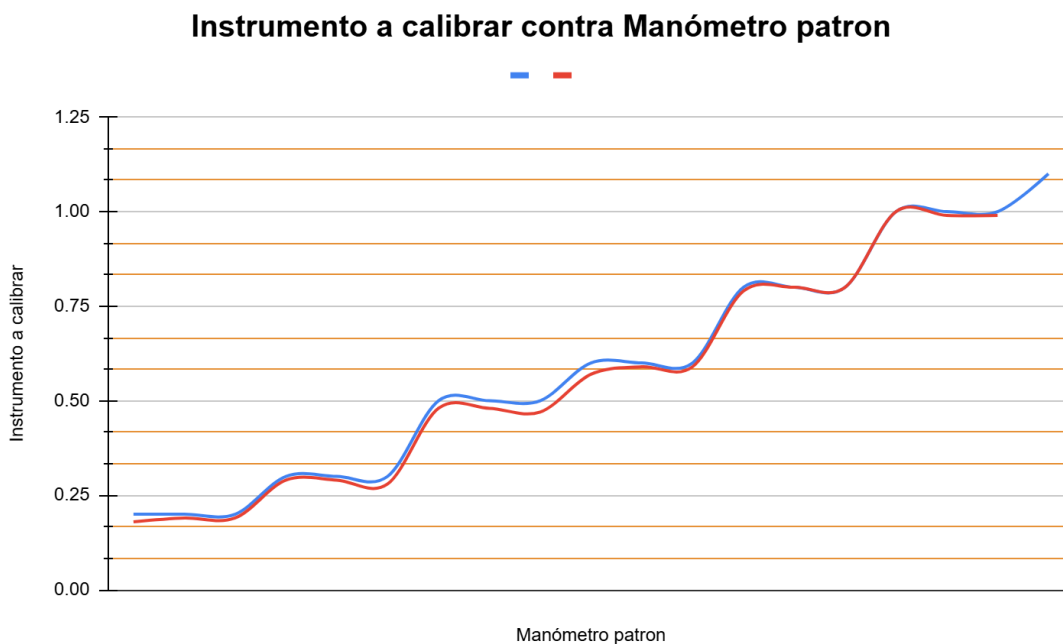
A continuación se mostrará la tabla completa con los valores obtenidos y además el gráfico resultante de poner estos datos en función de las mediciones realizadas.

**Tabla de valores obtenidos**

Valores medidos	
Manómetro patrón	Instrumento a calibrar
0.2	0.18
0.2	0.19
0.2	0.19
0.3	0.29
0.3	0.29
0.3	0.28
0.5	0.48
0.5	0.48
0.5	0.47
0.6	0.57
0.6	0.59
0.6	0.59
0.8	0.79
0.8	0.8
0.8	0.8
1	1
1	0.99
1	0.99

Con estos datos pudimos generar un gráfico de líneas suavizadas en el cual nos muestra cómo se comporta nuestro sensor a diferentes valores de escala y cómo responde a los estímulos .

## Gráfico de líneas suavizadas



### Conclusiones de la Calibración

El gráfico nos muestra que nuestro sensor habiendo pasado el paso previo a la calibración gruesa está en una exactitud muy buena y además responde favorablemente en todos los tramos de la escala sin mayores problemas.

Teniendo en cuenta esto podemos decir que el sensor se encuentra muy bien calibrado y sin fallos apreciables.

### Calibración de un Sensor de Turbidez

#### Materiales específicos:

Equipo de medición para calibrar. Si se desea saber más sobre el equipo utilizado para poder calibrar este sensor se puede seguir este [enlace](#) para conocer acerca de él.

Soluciones estándar: Líquidos con valores de turbidez conocidos (ej: 0 NTU, 100 NTU, 800 NTU).

Ejemplo estándar: Solución de Formazin (ISO 7027) o certificadas por el fabricante.

Cubeta de muestras limpia: Para evitar contaminación.

**Pasos detallados:**

Limpieza: Limpiar la cubeta y el sensor con agua desionizada y secar con aire comprimido.

Ajuste de cero:

Sumergir el sensor en solución de 0 NTU (agua ultrapura).

Ajustar la salida para que lea 0 NTU.

Calibración con estándares:

Medir soluciones de 20 NTU, 100 NTU y 800 NTU (o según el rango del sensor).

Registrar las salidas y ajustar la curva del sensor.

Corrección por temperatura y color:

Algunos sensores requieren corrección si el líquido tiene color o la temperatura varía , pero en nuestro caso no se aplica esa corrección.

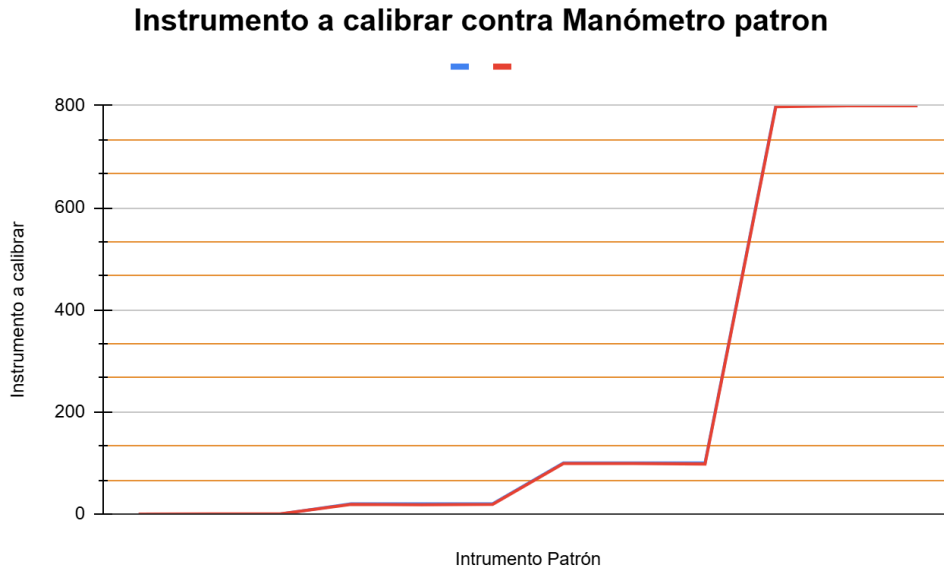
A continuación se mostrará la tabla completa con los valores obtenidos y además el gráfico resultante de poner estos datos en función de las mediciones realizadas.

**Tabla de valores obtenidos**

Valores medidos	
Manómetro patrón	Instrumento a calibrar
0	0
0	0.1
0	0.1
20	19
20	18
20	19
100	99
100	99
100	98
800	798
800	800
800	800

Con estos datos pudimos generar un gráfico de líneas suavizadas en el cual nos muestra cómo se comporta nuestro sensor a diferentes valores de escala y cómo responde a los estímulos .

### Gráfico de líneas suavizadas



### Conclusiones de la Calibración

En gráfico se puede apreciar un sensor muy exacto y bien calibrado. Tiene excelente respuesta a los cambios abruptos y se comporta muy bien en todos los tramos de escala tanto al principio como a fondo de escala .

En vista de lo mostrado podemos decir que el sensor es confiable y su uso es viable para tomar sus valores como certeros y muy exactos.

## **Bibliografía**

1 Código Alimentario Argentino CAPÍTULO XII BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA AGUA POTABLE

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo\\_xii\\_aguas\\_actualiz\\_2024-04.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/capitulo_xii_aguas_actualiz_2024-04.pdf)

2 Datasheet ESP8266 NodeMCU Ver1.0

[https://github.com/Charly16091976/ESP8266\\_datasheet.git](https://github.com/Charly16091976/ESP8266_datasheet.git)

3 Datasheet Sensor DS18B20

<https://github.com/Charly16091976/Sensor-DS18B20-hoja-de-datos.git>

4 Datasheet Sonda TDS

<https://github.com/Charly16091976/datasheet-sonda-TDS.git>

5 Programas Usados

<https://github.com/Charly16091976/Programas-Usados.git>

6 Datasheet HX711

<https://github.com/Charly16091976/HX711-hoja-de-datos.git>

7 Datasheet Pantalla OLED SH1106

[https://github.com/Charly16091976/Hoja-de-datos-Pantalla\\_SH1106.git](https://github.com/Charly16091976/Hoja-de-datos-Pantalla_SH1106.git)

8 Datasheet ESP32

<https://github.com/Charly16091976/ESP32-hoja-de-datos.git>

9 Datasheet Pantalla TFT 2,8 pulgadas

<https://github.com/Charly16091976/Pantalla-TFT-2.8-hoja-de-datos.git>

10 Datasheet Sensor de Turbiedad

<https://github.com/Charly16091976/Hoja-de-datos-sensor-de-turbidez.git>

11 Hojas de datos en Excel

<https://github.com/Charly16091976/datos-turbiedad.git>

<https://github.com/Charly16091976/datos-presion.git>

12 Manual Hanna Dist3

<https://github.com/Charly16091976/hoja-de-datos-hanna-dist3.git>

13 Manual Hach 2100Q

<https://github.com/Charly16091976/manual-Hatch-2100Q.git>

14 Manual Manómetro digital DPG marca Winters

<https://github.com/Charly16091976/Manual-manometro-digital-DPG-Winters.git>

15 Hoja Técnica tablero Rocker

<https://github.com/Charly16091976/tablero-Rocker.git>