

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
AÑO 2022**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TÍTULO : IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN IOT PARA  
AUTOMATIZAR EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN  
UN PROTOTIPO DE TANQUE ELEVADO.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS DE  
AUTOMATIZACIÓN.

NOMBRES Y APELLIDOS DEL ESTUDIANTE : GUILLERMO ALEJANDRO HERRERA ARCE

CÓDIGO DEL ESTUDIANTE : 201411423

CICLO DE INGRESO : 2014-1

DOCENTE DE LA ASIGNATURA : PEDRO FREDDY HUAMANÍ NAVARRETE

---

FIRMA DEL ESTUDIANTE

---

FIRMA DEL DOCENTE

---

VºBº DIRECTOR DE ESCUELA

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Formulación y determinación del problema .....	4
1.2. Importancia y justificación del trabajo de investigación .....	5
1.3. Objetivos.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Marco conceptual.....	5
2.2. Estado del arte.....	8
3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN .....	9
3.1. Descripción y características de la solución o del producto a obtener .....	9
3.2. Metodología de la solución.....	11
3.3. Diseño de la solución o del producto.....	17
4. PRUEBAS Y RESULTADOS .....	18
5. CONCLUSIONES .....	20
6. RECOMENDACIONES .....	21
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22
8. ANEXOS.....	23

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que la construcción y utilización de tanques de almacenamiento de agua llevan siendo utilizados durante décadas, hoy en día sigue siendo una práctica común en casas, edificios y zonas rurales, su importancia radica en que al almacenar agua en un tanque elevado se logra satisfacer la necesidad de obtener agua a presión aprovechando la gravedad sin necesidad de gastar en un hidroneumático y además se cuenta con respaldo de agua ante cortes del servicio.

Gracias a la tecnología de hoy día se viene generalizando el uso de pozos tubulares los cuales brindan una fuente de agua constante la cual es aprovechada mediante una bomba sumergible a aproximadamente 70 metros bajo tierra, con el fin de bombear el agua hacia el tanque elevado, y de esta manera tener servicio de agua de buena calidad en zonas en donde no exista el servicio de agua potable o este sea demasiado caro.

El problema radica en que saber el nivel actual del tanque elevado es complicado ya que la mayoría de estos tanques son de difícil acceso y entonces cuando el encendido de la bomba sumergible es manual, el operario no sabrá en que momento encender o apagar la bomba sumergible, lo cual lleva a posibles desbordes de agua o interrupciones de esta.

Por lo cual, en el presente trabajo se presentó un prototipo capaz de monitorizar el nivel en el tanque elevado en tiempo real además de controlar automáticamente el encendido y apagado de una mini bomba de agua sumergible, todo esto mediante el sistema operativo orientado a IoT llamado Home Assistant.

De igual manera se obtuvieron gráficos demostrando la funcionalidad del prototipo en el tiempo, además de una velocidad de control aceptable del actuador de la mini bomba sumergible y el diseño final de una interfaz gráfica web que monitorea el nivel del tanque en tiempo real, indica el estado de funcionamiento de la bomba sumergible debido al proceso de automatización y envía notificaciones al teléfono móvil del usuario en caso de alcanzar niveles críticos.

Finalmente se logra mantener un nivel adecuado en el tanque elevado con el objetivo de mantener el servicio de agua sin interrupciones.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Formulación y determinación del problema**

Indudablemente el agua es uno de los recursos naturales más importantes en el mundo ya que es indispensable no solo para los seres humanos, sino también para los seres vivos, sin embargo, según la Organización Mundial de la Salud (OMS); en 2020, el 74% de la población mundial (5800 millones de personas) utilizaba un servicio de suministro de agua para consumo humano gestionado de forma segura, es decir ubicado en un lugar de uso, disponible cuando se necesita y no contaminado [1].

Actualmente el Perú ocupa el octavo lugar en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua, contando con un 1,89% de disponibilidad de agua dulce del mundo, sin embargo, por nuestra geografía, la vertiente del Pacífico que es en donde reside el 66 % de la población, esta solamente cuenta con una disponibilidad bastante limitada de 2,2 % de acceso al agua [2].

Con el tiempo se ha ido popularizando la excavación de pozos tubulares en el país, estos pozos tienen alrededor de 100 metros de profundidad, dependiendo del estudio hidrológico previamente realizado (prospección geofísica), con el objetivo de captar agua subterránea proveniente de diferentes cuencas hidrográficas, dichas perforaciones aseguran un abastecimiento de agua continuo, lo cual hace que sean una solución potencial ante la necesidad de agua de calidad.

Una vez ejecutada la excavación surge la necesidad de bombear el agua a la superficie, con lo cual se hace uso de diferentes modelos de bombas sumergibles en el mercado para poder satisfacer dicha necesidad.

Luego de todo lo mencionado es oportuno señalar que generalmente esa solución se complementa con un tanque elevado cerca de donde se perforó el pozo tubular.

#### **1.1.1. Problema General:**

¿Cómo implementar una solución IoT para automatizar el abastecimiento de agua en un prototipo de tanque elevado?

#### **1.1.2. Problemas Específicos:**

¿Cómo implementar un prototipo de tanque elevado utilizando una mini bomba sumergible y un sensor de ultrasonido?

¿Cómo implementar un tipo de control on-off para una bomba sumergible utilizando la tarjeta IoT TY-DIY-S02 de 2 canales?

¿Cómo desarrollar una interfaz IoT para el monitoreo del nivel de agua en un prototipo de tanque elevado?

## **1.2. Importancia y justificación del trabajo de investigación**

Como se menciona en el apartado 1.1 la solución complementaria de contar con un tanque elevado es crucial para asegurar el flujo de agua para el usuario final incluso cuando no hay energía eléctrica ya que la gravedad hace el trabajo, pero dicho tanque no siempre se encuentra al lado del pozo perforado o de la fuente subterránea de agua, por lo cual es importante implementar un sistema que no cuente con límites de distancia para su instalación y el correcto funcionamiento de sensores y actuadores del prototipo.

Este trabajo se enfoca en la utilización de IoT en los sensores y actuadores con lo cual se logra una solución 100% cloud y a la vez centralizada en un tablero virtual de monitorización y control de dichos elementos para finalmente aprovechar la automatización que ofrece el software libre a utilizar llamado Home Assistant.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General:**

Implementar una solución IoT para automatizar el abastecimiento de agua en un prototipo de tanque elevado, empleando una mini bomba de agua sumergible, una tarjeta IoT y RaspberryPI4.

### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

- Implementar un prototipo de tanque elevado utilizando una mini bomba sumergible y un sensor de ultrasonido.
- Implementar un tipo de control on-off para una bomba sumergible utilizando la tarjeta IoT TY-DIY-S02 de 2 canales.
- Desarrollar una interfaz IoT para el monitoreo del nivel de agua en un prototipo de tanque elevado.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Marco conceptual**

La placa Raspberry es una computadora muy económica que ejecuta Linux, pero también proporciona un conjunto de pines GPIO (entrada/salida de propósito general), lo que le permite controlar componentes electrónicos para la computación física y explorar el Internet de las cosas (IoT). [3]

Se encuentran varias versiones de Raspberry Pi4 en el mercado por eso en la tabla 1 se da a conocer las características técnicas del modelo utilizado en este trabajo.

Tabla 1: Características técnicas de Raspberry Pi4. Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de [4].

Procesador	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
RAM	8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Conectividad	2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0 y Gigabit Ethernet.
Alimentación	5V DC USB-C a 3A
Temperatura ambiente de operación.	0 – 50 C°

Home Assistant es un software de automatización de código abierto que prioriza el control local y la privacidad. Perfecto para ejecutarse en una Raspberry Pi o en un servidor local. [5]

Dentro de sus ventajas se encuentra la capacidad de trabajar con más de 1000 marcas integrando diversos dispositivos y servicios entre sí, además de contar con un motor de automatización el cual permitirá interactuar con los dispositivos dependiendo de ciertas condiciones y finalmente se tiene una amplia librería de add-ons lo cual facilita la integración con una amplia lista de servicios. [5]

La figura 1 muestra la tarjeta IoT de modelo TY-DIY-S02 es un módulo interruptor de relé momentáneo WiFi de 2 canales es una tarjeta electrónica que se alimenta con un rango de 7-32V DC a 1A, y cuenta con la capacidad de poder conectarse a una red Wi-Fi de 2.4GHz.



Figura 1: Tarjeta Tuya TY-DIY-S02. Fuente: Extraída de [6].

La mini bomba sumergible de modelo DC-1020 es la encargada de trasladar agua mediante el uso de una manguera de espesor de 3/8, en la tabla 2 se resumen las especificaciones técnicas.

Tabla 2: Especificaciones técnicas de mini bomba de agua sumergible. Fuente: Elaboración propia.

Alimentación	5.5V – 12V a 3W
Bombeo	Altura máxima: 0.4m – 1.5m. Flujo máximo: 3.3 litros por minuto.

La figura 2 muestra que al ser una bomba sumergible solamente cuenta con un solo orificio de conexión para el flujo de agua:



Figura 2: Especificaciones técnicas de mini bomba. Fuente: Toma propia.

La figura 3 muestra como es posible retirar la canastilla de la bomba con el fin de inspeccionarla.



Figura 3: Bomba sumergible sin canastilla. Fuente: Toma propia.

La figura 4 muestra el sensor HC-SR04 lo podemos utilizar para medir distancias, dispone de un transmisor que emite ondas sonoras y el receptor las recibe cuando las ondas rebotan en un objeto, el tiempo que transcurre desde que sale la onda hasta que la recibe el receptor se utiliza para calcular la distancia al objeto. [7]



Figura 4: Sensor de ultrasonido HC-SR04 Fuente: Extraída de [7]

La tabla 3 resume las principales especificaciones técnicas del sensor de ultrasonido.

Tabla 3 : Especificaciones técnicas del sensor HC-SR04. Fuente: Elaboración propia.

Rango de medición	2cm a 400cm
Precisión	+/-0.3mm
Alimentación	5V DC a 15 mA
Ángulo efectivo	< 15°
Frecuencia de trabajo	40KHz

La figura 5 muestra la tarjeta de desarrollo usada para prototipar proyectos IoT con la plataforma ESP32. Posee conectividad WiFi y Bluetooth, además de un poderoso CPU 32-bit de doble núcleo Tensilica Xtensa LX6 de igual manera se encuentra en capacidad de procesamiento y conectividad integrando un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits, conectividad Wi-Fi y Bluetooth. El SoM(System on Module) ESP-WROOM-32 fabricado por Espressif integra en un módulo el SoC ESP32, memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB. [8]



Figura 5: ESP32. Fuente: Extraído de [8].

## 2.2. Estado del arte

En [9], emplearon un sensor TDS y ultrasónico con el fin de monitorear la calidad y nivel del agua de un tanque, luego estos datos fueron enviados en tiempo real al centro de monitoreo usando el protocolo de transmisión inalámbrico ZigBee, además los autores concluyeron que lograron monitorear la calidad y nivel de agua manteniendo sus rangos de error finalmente destacaron el uso de ZigBee el cual brinda bajos tiempos de retardo al transmitir los datos, el aporte para este trabajo se refleja en que los autores comprueban la alta precisión del sensor ultrasonido.

En [10], se investigó el diseño de un sensor capaz de detectar el nivel de agua en un tipo determinado de tanque de agua o similares, el sistema iniciaba detectando la cantidad de agua

disponible en el tanque de agua con el fin de ajustar el funcionamiento de la bomba de agua, los autores llegaron a una automatización mediante lógica secuencial utilizando flip flops y establecieron niveles discretos de llenado, de esta manera impacta con el presente trabajo en el sentido de en lugar de establecer niveles discretos, lograr una lectura continua del nivel en el tiempo.

En [11], los autores trabajan con un tanque principal y otro elevado, logrado monitorear ambos niveles de agua con el fin de evitar el desbordamiento del tanque elevado y el funcionamiento en seco de la bomba, logrando ahorrar electricidad y el desperdicio de agua, el aporte en este trabajo se da a través de mejorar el lazo de protección contra el funcionamiento en seco de la bomba de agua con el fin de evitar el daño de esta.

En [12], Se utiliza un sensor capacitivo para medir el nivel de agua de un tanque, disco sensor envía un voltaje DC proporcional al nivel de agua, el cual se muestra en un medidor VU, inclusive utilizan un circuito comparador con histéresis en base a OPAMS para mantener un nivel constante de agua, se realiza la simulación en el software Multisim 12 un rango lineal a la salida de entre 0.5V a 3.5V, finalmente se presenta un prototipo con 3 tipos de sensores distintos comprobando los resultados obtenidos en simulación.

En [13], presentan un sistema de monitoreo de nivel basado en el microcontrolador ATmega 328 y un sensor ultrasónico HC-SR04 con el objetivo de reemplazar el sensor de nivel tipo vara utilizado en la industria, finalmente se muestran los resultados en una pantalla LCD de manera local, el sensor trabajará en un rango porcentual, el cual activará una alarma al encontrarse entre 0% - 15% para advertir de un bajo nivel y finalmente activa la bomba de llenado y cierra la válvula de flujo a la salida de dicho tanque. El aporte en el presente trabajo radica en rediseñar la lógica de funcionamiento para optimizar el uso de válvulas y bombas logrando el mismo objetivo.

### **3. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN**

#### **3.1. Descripción y características de la solución o del producto a obtener**

El tipo de investigación es aplicada y tecnológica. En cuanto al método de investigación, es empírico y experimental.

Así mismo en la figura 6 se muestra un diagrama de bloques, el cual ilustra los principales bloques que componen el trabajo de investigación, así como también establece la topología estrella centralizada en el bloque 1.

Las consideraciones que se tomaron en el bloque 1 consistieron en la utilización de una placa Raspberry Pi4 la cual se encarga de ejecutar el sistema operativo llamado Home Assistant, dicho sistema actuó como servidor para los datos recibidos desde el sensor y para el despliegue de la interfaz web de monitoreo y control por parte del usuario.

De igual manera en el bloque 2 se utilizó la tarjeta ESP32 y un sensor de ultrasonido HC-SR04 como hardware, así como desde el aspecto de software se utilizó el lenguaje de programación

YAML para describir la forma en la que la placa ESP32 recibe, interpreta y envía los datos obtenidos por el sensor.

Finalmente, en el bloque 3 se resalta la utilización de la tarjeta IoT TY-DIY-S02, la cual fue la clave para poder llevar a cabo la función de un actuador el cual fue controlado mediante una red WiFi y el acceso a la nube del fabricante (Tuya), permitiendo su monitoreo y control en tiempo real.

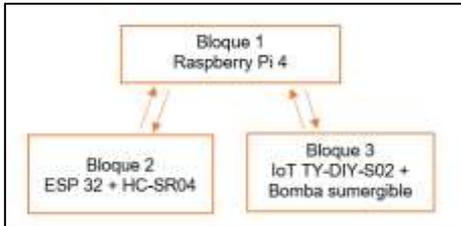


Figura 6: Diagrama de bloques del producto final. Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se puede observar con mayor detalle los componentes principales de cada bloque, así como los tipos de conexiones de cada elemento según la leyenda ubicada en la parte superior derecha de la mencionada figura, además también es importante destacar que al tratarse de un prototipo se utilizó un contenedor de vidrio de 3 litros para emular el tanque elevado y un contenedor de 2 litros para emular el pozo tubular.

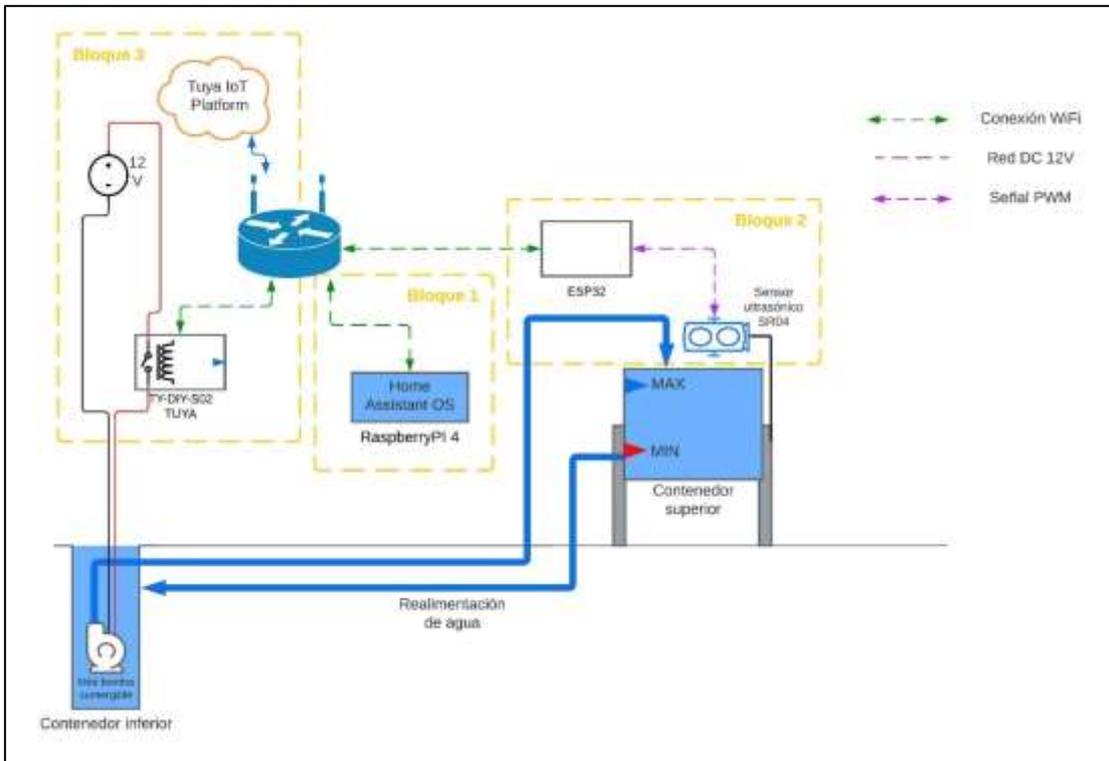


Figura 7: Pictograma del producto. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2. Metodología de la solución

En la figura 8 se muestra el hardware utilizado el cual se compone de un Raspberry Pi4 con una fuente de alimentación de 5V a 3A y una tarjeta de memoria MicroSD de 128GB en la cual se instaló el sistema operativo Home Assistant (versión 2022.11.3). Así mismo la figura 8 representa el núcleo central del proyecto, ya que este se encargó de recibir los datos enviados por el sensor de nivel de agua (bloque 2), mostrarlos en la interfaz del usuario y controlar el funcionamiento del accionador (bloque 3). De igual manera este bloque se encargó de guardar en un registro todas las mediciones obtenidas y las acciones ejecutadas por los disparadores de la sección de automatización.



Figura 8: Fotografía realizada al bloque 1.

La tabla 4 resume las herramientas claves con las que cuenta Home Assistant que han sido utilizadas para la elaboración del presente trabajo.

Tabla 4: Herramientas de Home Assistant. Fuente: Elaboración propia.

Herramienta	Descripción
Paneles	Permite la creación de paneles de control totalmente personalizables en base a tarjetas, para el presente proyecto se hace uso de más de 3 tarjetas.
Complementos	Permiten instalar más de 2000 complementos los cuales se encargan de integrar los diferentes fabricantes de dispositivos IoT al sistema operativo Home Assistant, para este proyecto se utilizan dos complementos llamados ESPHome y Tuya,
Automatización	Este apartado es probablemente el más atractivo para el proyecto ya que permite utilizar toda la información disponible en los paneles diseñados con el fin de automatizar todo tipo de acciones, en el presente proyecto se utilizará la variable correspondiente al nivel del tanque elevado con el fin de establecer diferentes reglas de automatización para el accionador IoT.

La figura 9 muestra las opciones disponibles para el complemento ESPHome, dentro de las cuales las más importantes para garantizar el óptimo funcionamiento del prototipo radica en activar el inicio del complemento automáticamente al encender el Raspberry, reiniciar el completo en caso se detenga inesperadamente y agregar el complemento a la barra principal de Home Assistant.

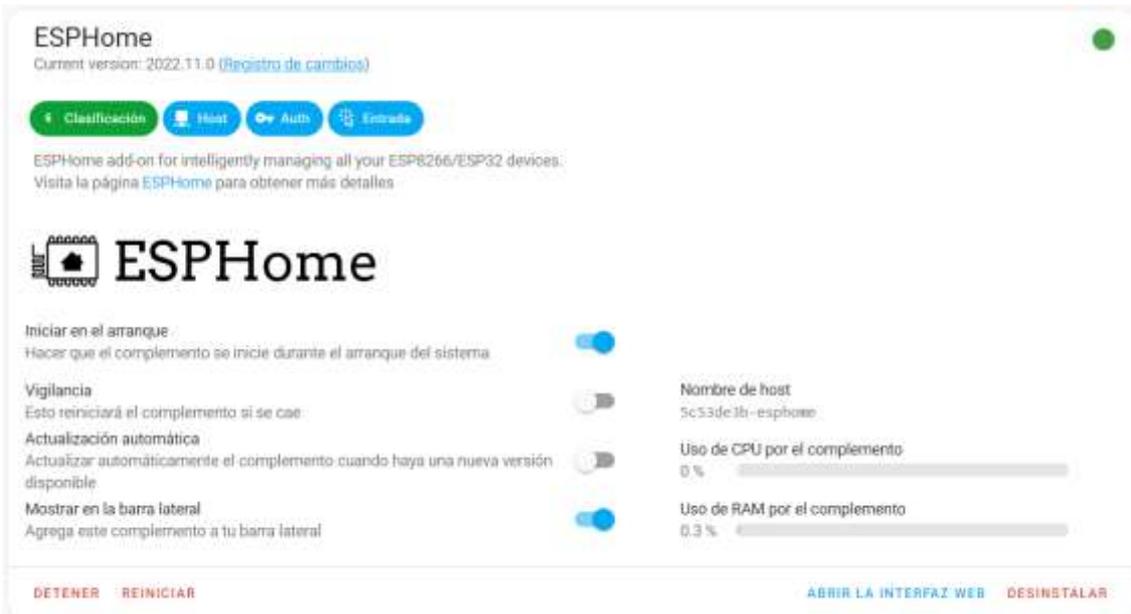


Figura 9: Opciones de ESPHome. Fuente: Captura propia.

La figura 10 muestra las opciones disponibles en el complemento del fabricante Tuya, dentro de éstas destacan 3 tipos de control manual para el actuador además de un registro de todos los eventos relacionados a los 2 canales de accionamiento con los que cuenta la tarjeta IoT.

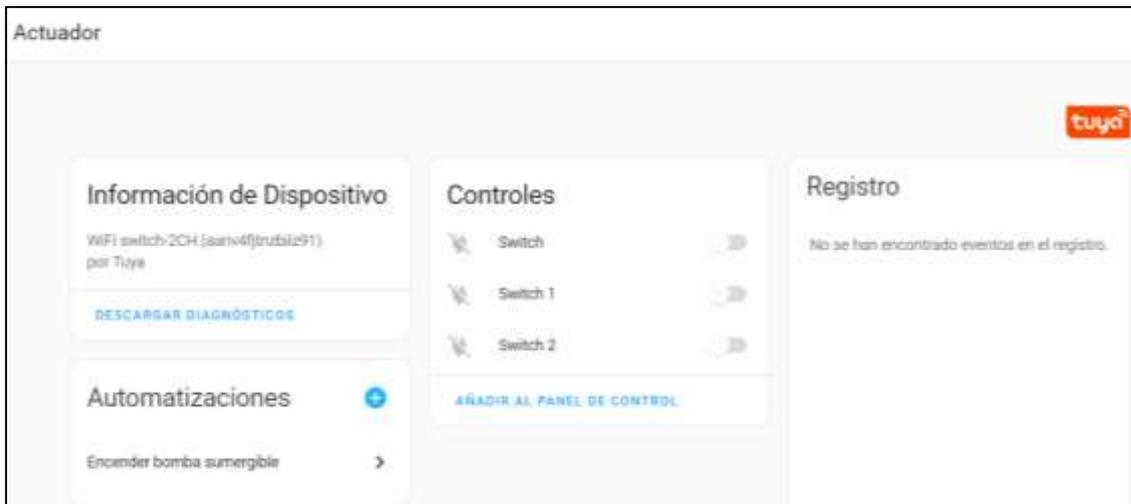


Figura 10: Opciones de Tuya. Fuente: Captura propia.

La figura 11 nos muestra un diagrama circuital esquemático del bloque 2, el cual se compone a nivel de hardware de una tarjeta ESP32 y un sensor de ultrasonido HC-SR04, dichos componentes se conectaron entre si utilizando 4 pines, de los cuales dos (Vcc y Gnd) fueron para alimentación y los dos restantes (Trig y Echo) para la comunicación tipo PWM.

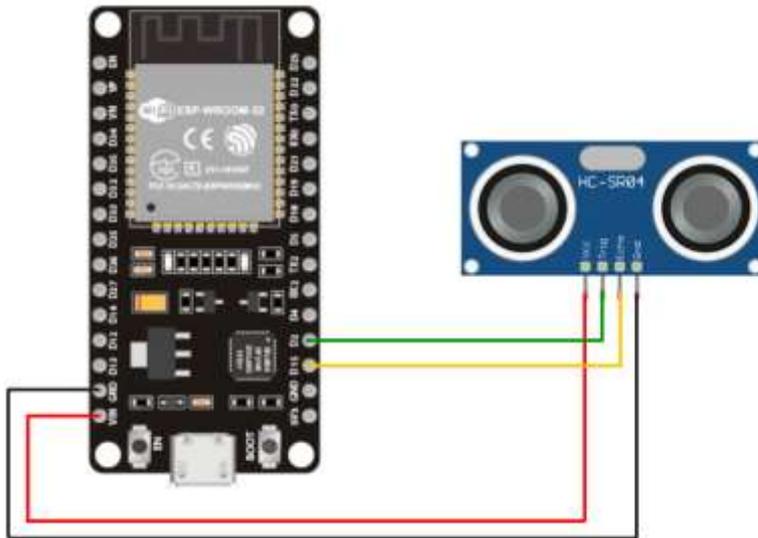


Figura 11: Esquemático bloque 2. Fuente: Elaboración propia.

La figura 12 muestra la programación utilizada en el bloque 2, concretamente en el ESP32, la cual describe mediante el lenguaje YAML el tipo de sensor a utilizar en la línea 33, así como la selección de pines de comunicación en las líneas 34 y 35, la línea 36 es clave para establecer el intervalo de tiempo en el ESP32 trasmite los datos al bloque 1 y finalmente en la línea 42 se coloca la expresión matemática para calcular la altura del nivel de agua en el contenedor superior.

```

← ESPHome
× level-sensor.yaml
31
32 sensor:
33   - platform: ultrasonic
34     trigger_pin: 2
35     echo_pin: 15
36     update_interval: 0.5s
37     name: "Nivel de agua en tanque"
38     unit_of_measurement: "cm"
39     accuracy_decimals: 2
40
41     filters:
42     - lambda: return (.276-x)*100;
43     - filter_out: nan

```

Figura 12: Líneas de código principales de la programación instalada en la tarjeta ESP32.

Es importante conocer cómo trabaja el pin Trigger es por eso que en la figura 13 se observa una señal de 5 voltios y una duración de 10 microsegundos, luego cuando el sensor detecta esta señal desde la membrana «T» (Figura 4) emite una onda sonora, esta onda sonora está compuesta de 8 pulsos de 5 voltios y 40 Hercios cada uno de ellos. Estos 8 pulsos son emitidos desde la membrana del transmisor, rebotados (o no) en el medio físico a detectar y recogidos por la membrana del receptor «R». [7]

Cuando el sensor detecta los 8 pulsos calcula el tiempo que ha tardado desde que las ondas han salido del emisor hasta que las ha recibido el receptor. Una vez sabe el tiempo que ha tardado, desde el pin Echo emitirá una señal de 5 voltios con un ancho proporcional al tiempo calculado. [7]

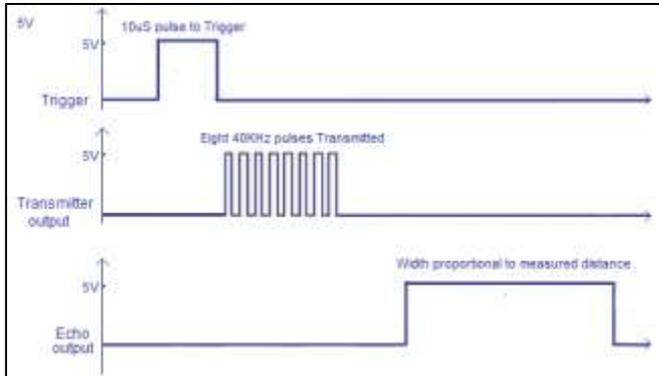


Figura 13: Señales PWM en sensor HC-SR04. Extraída de [7].

Es importante saber que el ancho de pulso que llega al pin Echo es proporcional a la distancia medida y de esta forma se obtiene el tiempo que tardó dicho pin en recibir la señal reflejada.

La figura 14 muestra el escalamiento del tiempo a distancia en cm, ya que como se trabajó en un prototipo era clave trabajar en centímetros.

$$\frac{340m}{s} \times \frac{1s}{1000000us} \times \frac{100cm}{1m} = \frac{2d}{t}$$

$$d(cm) = \frac{t(us)}{59}$$

Figura 14: Escalamiento del tiempo en cm. Fuente: Extraída de [14].

La figura 15 muestra que la distancia que se había obtenido inicialmente era entre el sensor y el nivel superficial del agua detectado dentro del contenedor, es decir la altura A1 pero, como lo que se quiere obtener es el nivel actual del contenedor entonces este se obtuvo de restar la altura A2 de A1.

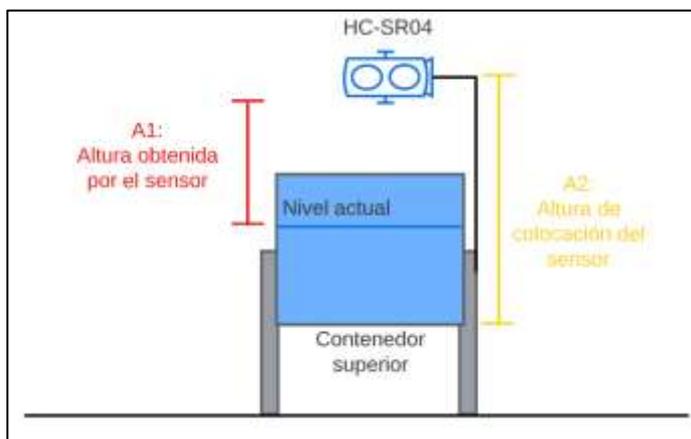


Figura 15: De elaboración propia en donde se infiere que para obtener el nivel del tanque se tiene que restar A2-A1.

La figura 16 muestra el bloque 2 en conjunto el cual fue alimentado mediante un power bank de 5V a 2A, es pertinente mencionar que se realizó la adaptación de la parte electrónica dentro de una caja, con el fin de evitar que salpicaduras dañen los componentes expuestos.



*Figura 16: Bloque 2. Fuente: Toma propia.*

La figura 17 corresponde a la parte de hardware del bloque 3 en donde se puede observar que se compone de la tarjeta IoT y dos fuentes de alimentación, ambas de 12 V a 2A, una de ellas alimenta a la tarjeta inteligente y la otra a la mini bomba sumergible, este bloque se conectó mediante la misma red WLAN al servicio en la nube del fabricante Tuya y este servicio a su vez se conectó a Home Assistant y finalmente de esta manera se logró controlar el encendido de la mini bomba de agua sumergible.



*Figura 17: Bloque 3. Fuente: Toma propia.*

De igual manera cumpliendo con el segundo objetivo específico la figura 18 corresponde a la herramienta de Home Assistant que se utilizó para automatizar el encendido de la mini bomba de agua sumergible, dicha automatización se compuso de 3 acciones básicas las cuales ejecutaron el control on-off de la mini bomba de agua y una notificación de nivel crítico para cuando por algún motivo la bomba no rellena el contenedor superior.

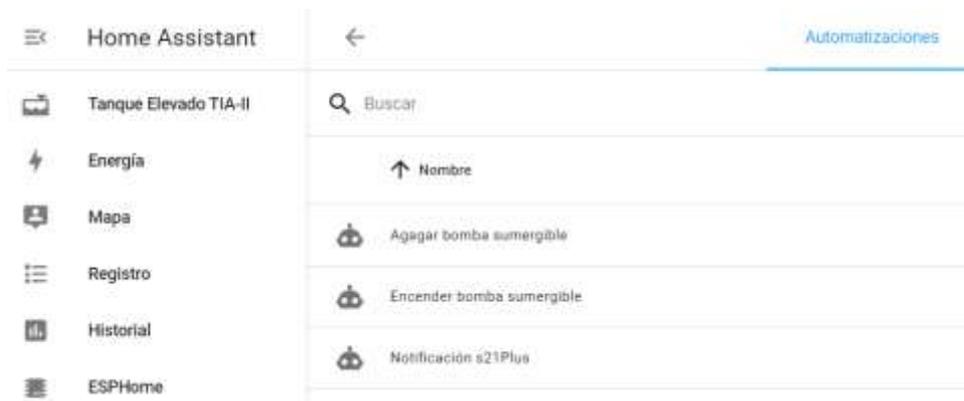


Figura 18: Programación de automatización Home Assistant. Fuente: Captura propia.

Finalmente, para el cumplimiento del tercer objetivo específico se utilizó la herramienta de edición de paneles de control, la cual se muestra en la figura 19, permitiendo añadir una serie de distintos tipos de tarjetas de control y monitoreo relacionadas a los dispositivos añadidos previamente a Home Assistant, de esta manera se desarrolló la interfaz gráfica de control y monitoreo del nivel de agua en un prototipo de tanque elevado.



Figura 19: Editor de paneles de Home Assistant. Fuente: Captura propia.

### 3.3. Diseño de la solución o del producto

A continuación, en la figura 20 se muestra el prototipo final del presente trabajo a nivel de hardware.



Figura 20: Producto final. Fuente: Toma propia.

De igual manera la figura 21 muestra la parte final de software del presente trabajo, representada en la interfaz web del usuario para el monitoreo, control y automatización del prototipo.



Figura 21: Interfaz final. Fuente: Captura propia.

#### 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

Al fijar el bloque 2 en el contenedor superior sin agua se procedió a registrar el valor de la distancia obtenida por el sensor, el cual se muestra en la figura 22 en donde el sensor registra una distancia de 0.276 metro con el contenedor superior totalmente vacío.

```
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:045]: Ultrasonic Sensor 'Nivel de agua en tanque'  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:045]: State Class: 'measurement'  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:045]: Unit of Measurement: 'cm'  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:045]: Accuracy Decimals: 2  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:045]: Icon: 'mdi:arrow-expand-vertical'  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:046]: Echo Pin: GPIO15  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:047]: Trigger Pin: GPIO2  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:048]: Pulse time: 10 µs  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:049]: Timeout: 11661 µs  
[21:55:42][C][ultrasonic.sensor:050]: Update Interval: 0.5s  
[21:55:42][C][captive_portal:088]: Captive Portal:  
[21:55:42][D][ultrasonic.sensor:040]: 'Nivel de agua en tanque' - Got distance: 0.14 m  
[21:55:42][D][sensor:127]: 'Nivel de agua en tanque': Sending state 13.19400 cm with 2 decimals of accuracy  
[21:55:42][C][mdns:103]: mDNS:  
[21:55:42][C][mdns:104]: Hostname: level-sensor  
[21:55:42][C][ota:093]: Over-The-Air Updates:  
[21:55:42][C][ota:094]: Address: level-sensor.local:3232  
[21:55:42][C][ota:097]: Using Password.  
[21:55:42][C][api:138]: API Server:  
[21:55:42][C][api:139]: Address: level-sensor.local:6053  
[21:55:42][C][api:141]: Using noise encryption: YES  
[21:55:43][D][ultrasonic.sensor:040]: 'Nivel de agua en tanque' - Got distance: 0.276 m
```

Figura 22: Registro de la distancia medida por el bloque 2. Fuente: Captura propia.

Es importante mencionar que dicha distancia se mantuvo fija durante el resto de las pruebas lo que permitió utilizar la expresión matemática de la figura 23 con el propósito de obtener el nivel del contenedor superior, en donde x se refiere al valor en tiempo real, es decir el que va midiendo el sensor cada 0.5 segundos y la multiplicación por 100 para convertir el resultado de la resta a centímetros.

$$(.276 - x) * 100;$$

Figura 23: Fórmula para calcular nivel de agua en contenedor superior. Fuente: Captura propia.

La figura 24 muestra el resultado final del uso del editor de paneles de Home Assistant, con el propósito de diseñar el indicador del nivel de agua en tanque.



Figura 24: Diseño de indicador de agua en tanque. Fuente: Captura propia.

La figura 25 muestra la primera prueba de descarga del contenedor superior en donde se observa como a las 22:17 se realiza la apertura de la llave que simula el inicio del consumo del agua, luego se observa una recta de pendiente negativa que representa la velocidad de descarga en solamente 2 minutos, para luego mantener el nivel crítico de aproximadamente 5 cm en donde se considera que el contenedor está vacío.

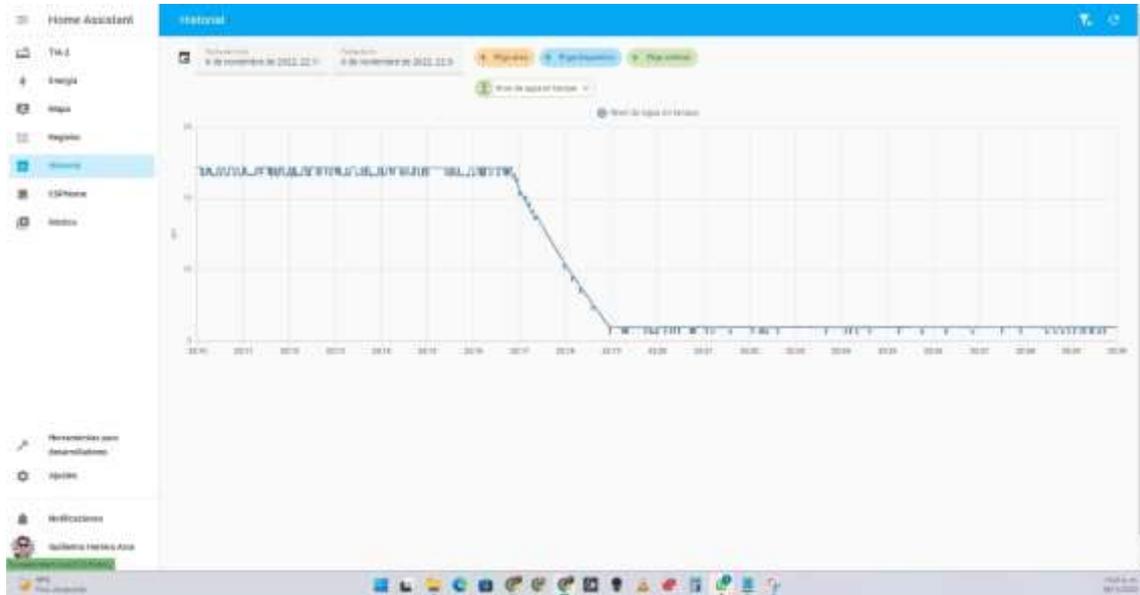


Figura 25: Proceso de descarga del contenedor superior. Fuente: Captura propia.

La figura 26 muestra el proceso de llenado del tanque mediante el uso de la mini bomba sumergible, podemos observar que a las 23:04 se enciende hasta elevar el nivel del contenedor a aproximadamente 17 cm, distancia suficiente para no rebalsar el contenedor.

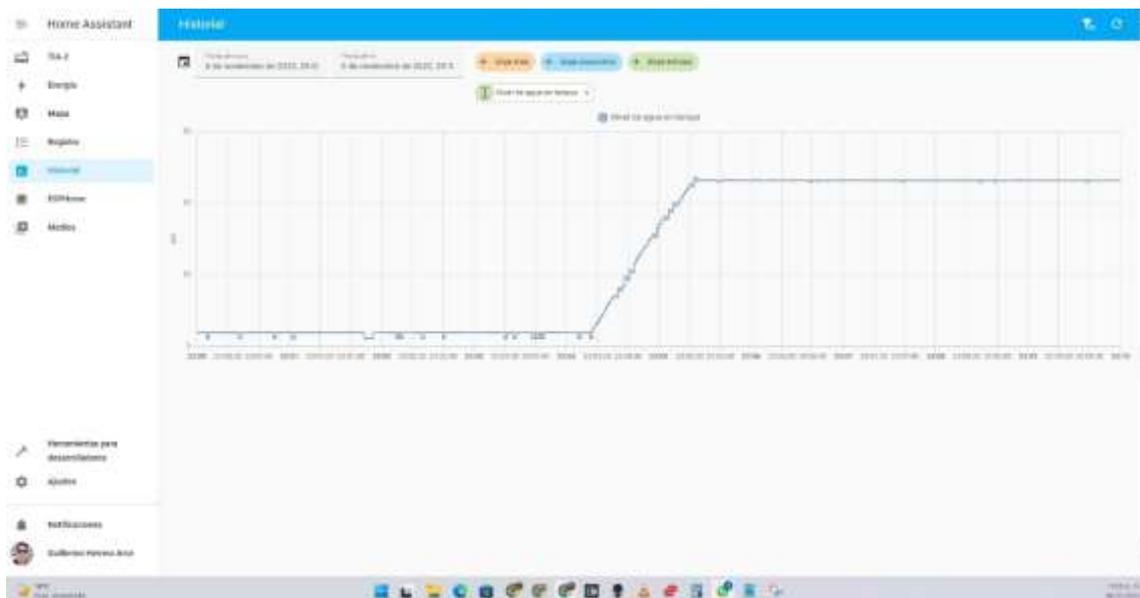


Figura 26: Proceso de carga del contenedor superior. Fuente: Captura propia.

Las pruebas realizadas en las figuras 25 y 26 ayudaron a establecer los niveles críticos para poder automatizar el llenado del contenedor superior, dichos niveles se observan en la tabla 5.

Tabla 5: Tabla de niveles críticos. Fuente: Elaboración propia.

Nivel crítico para:	Desencadenante:	Acción para ejecutar:
Encender mini bomba sumergible	<6.4cm	Encender relevador de tarjeta IoT y notificación a móvil de nivel mínimo detectado.
Apagar mini bomba sumergible	>17cm	Apagar relevador de tarjeta IoT mientras se cumpla desencadenante.
Mandar alerta a móvil	<5cm	Nivel mínimo crítico.

La figura 27 muestra la interfaz gráfica resultante de haber desarrollado las tarjetas o indicadores en el editor de paneles de Home Assistant.



Figura 27: Interfaz gráfica final. Fuente: Captura propia.

## 5. CONCLUSIONES

La parte hardware de cada uno de los bloques de este trabajo además de los contenedores y las mangueras utilizadas como cañerías, se logró implementar un prototipo de tanque elevado el cual fue abastecido de agua mediante una mini bomba de sumergible, cumpliendo de esta manera con el primer objetivo específico.

El segundo objetivo específico se alcanzó debido a que se logró implementar un control On-Off para el funcionamiento de la bomba sumergible haciendo uso de uno de los relevadores de la tarjeta IoT de modelo TY-DIY-S02.

El tercer objetivo específico se logró mediante el uso del editor de paneles de Home Assistant, el cual permitió desarrollar una interfaz gráfica capaz de monitorear el nivel de agua en tiempo real.

Finalmente, a través de los datos recibidos del nivel de agua en tiempo se logró automatizar el llenado del contenedor superior, estableciendo niveles para el encendido y apagado de la mini bomba de agua sumergible, con el fin de garantizar la disponibilidad de agua en el contenedor en todo momento.

## 6. RECOMENDACIONES

Como parte del trabajo realizado se considera importante recomendar que cuando se hace uso del sensor HC-SR04 se tiene que tener a consideración los escenarios previstos en la figura 28, en la cual se indica que cuando se utiliza el sensor contra objetos suaves, es posible que las ondas emitidas sean absorbidas por el material y no se obtenga lectura de medición, también es importante respetar las distancias de trabajo ya que fuera de las especificadas las lecturas obtenidas no serán confiables y finalmente se tiene que respetar el ángulo de detección que se indica en las especificaciones ya que las ondas podrían desviarse con facilidad evitando obtener lecturas.

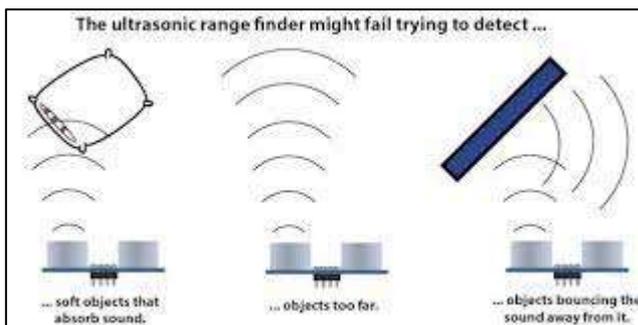


Figura 28: Escenarios de consideración de trabajo del sensor HC-SR04. Fuente: [7]

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] © 2022 WHO, «Agua para el consumo humano,» Organización Mundial de la Salud, 21 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>. [Último acceso: 30 Septiembre 2022].
- [2] Autoridad Nacional del Agua, «El Agua en Cifras,» Ministerio de Desarrollo Agrario, 2022. [En línea]. Available: <https://www.ana.gob.pe/contenido/el-agua-en-cifras#:~:text=El%20Per%C3%BA%20cuenta%20con%20tres,2%20%25%20de%20acceso%20al%20agua..> [Último acceso: Septiembre 2022].
- [3] Red Hat, Inc., «Raspberry Pi,» Opensource, 2022. [En línea]. Available: <https://opensource.com/resources/raspberry-pi>. [Último acceso: 2022].
- [4] Raspberry Pi Foundation, «Raspberry Pi 4 Tech Specs,» Raspberry Pi, 2022. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>. [Último acceso: Octubre 2022].
- [5] Home Assistant, «Despierta tu hogar,» Home Assistant, 2022. [En línea]. Available: <https://www.home-assistant.io/>. [Último acceso: Octubre 2022].
- [6] Amazon.com, Inc., «2 Channel WiFi Momentary Inching Relay Self-Locking Switch Module Smart Life/Tuya APP Control WiFi Relay Module for Garage Door Opener, DC 7-32V WiFi Relay Switch Compatible with Alexa Goolge Home,» Amazon, 2022. [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/-/es/dp/B089QCT8L5?th=1>. [Último acceso: Octubre 2022].
- [7] C. Cinjordiz, «Sensor ultrasonidos HC-SR04,» Infootec, 16 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.infootec.net/sensor-ultrasonidos-hc-sr04/>. [Último acceso: 17 Noviembre 2022].
- [8] ©2021 Naylamp Mechatronics SAC, «NODEMCU-32 30-PIN ESP32 WIFI: Naylamp Mechatronics,» 2021. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/expressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>. [Último acceso: 2022].
- [9] C. Zhou y P. Jiang, «A design of high-level water tank monitoring system based on Internet of things,» Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9356829>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [10] B. Negash Getu y H. A. Attia, «Automatic Water Level Sensor and Controller System,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7818550>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [11] M. S. Godwin Premi y J. Malakar, «Automatic Water Tank Level and Pump Control System,» Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9065438>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [12] I. Craiu, N. Fidel, M.-F. Stan, R. Chirescu y F. Ion, «Measuring and Maintaining the Water Level in a Tank for Efficient Use in Irrigation,» Junio 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9042116>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [13] M. R. Hidayat, S. Sambasri, F. Fitriansyah, A. Charisma y H. Rusiana Iskandar, «Soft Water Tank Level Monitoring System Using Ultrasonic HC-SR04 Sensor Based On ATmega 328 Microcontroller,» Julio 2019. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8978229>. [Último acceso: Septiembre 2022].
- [14] Fsancac, «Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde,» 06 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2018/02/06/arduino-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>. [Último acceso: 18 Noviembre 2022].



```

esphome:
  name: level-sensor

esp32:
  board: esp32dev
  framework:
    type: arduino

# Enable logging
logger:

# Enable Home Assistant API
api:
  encryption:
    key: "duwEaoViAzbgXBY+zuv85TweZ1JeH/G2O+iTXZo0tBI="

ota:
  password: "3514b121344529becd796a70e53bd32c"

wifi:
  ssid: !secret wifi_ssid
  password: !secret wifi_password

# Enable fallback hotspot (captive portal) in case wifi connection fails
ap:
  ssid: "Level-Sensor Fallback Hotspot"
  password: "ovBKPS6iN1oK"

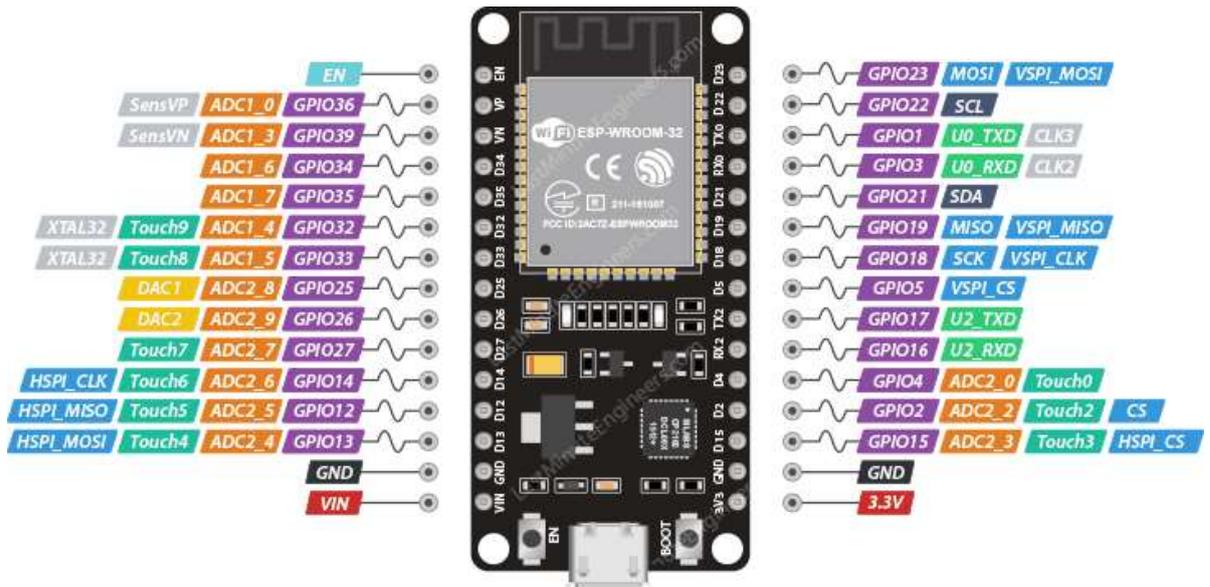
captive_portal:
sensor:
  - platform: ultrasonic
    trigger_pin: 2
    echo_pin: 15
    update_interval: 0.5s #5 minutes. You can change this value
    name: "Nivel de agua en tanque"
    unit_of_measurement: "cm"
    accuracy_decimals: 2

  filters:
    - lambda: return (.276-x)*100;
    - filter_out: nan

# tank height: 0.70m
# distance between sensor and water brim 0.22m
# full tank: tank height-0.22m = 0.70m
# current reading: x
# used = (x - 0.22m)
# remaining = (0.70m - used)
# percent = (remaining / 0.70m) * 100

```

*Anexo 2: Código utilizado en la tarjeta ESP32.*



### ESP32 Dev. Board Pinout

Anexo 3: Diagrama de pines de la tarjeta ESP32.

