

Anexo VII: Esquemas electrónicos, diseño y montaje

Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Informática



**VNiVERSIDAD
D SALAMANCA**

Julio de 2024

Autor:

Diego Plata Klingler

Tutores:

Sergio Alonso Rollán

Javier Prieto Tejedor

Contenido

1. Introducción	6
2. Manual de montaje	7
2.1 Listado de componentes	7
2.2 Presupuesto de materiales	8
2.3 Montaje.....	9
2.4 Divisor de voltaje	11
2.5 Componentes	11
2.5.1 Caudalímetro YF-S401	11
2.5.2 Sensor DHT22	12
2.5.3 Sensor capacitivo de humedad del suelo	12
2.5.4 ESP32	12
2.6 Diagrama de conexión	12
2.7 Carcasa protectora.....	14
3. Puesta en marcha	16
4. Resultado final.....	17
4. Referencias	18

Tabla de figuras

Figura 1: Prototipo parte posterior	9
Figura 2: Prototipo parte anterior.....	9
Figura 3: Prototipo. Componentes instalados	10
Figura 4: Modelo 3D de la carcasa protectora	14
Figura 5: Primera impresión 1	15
Figura 6: Primea impresión 2	15
Figura 7: Prototipo final 1	16
Figura 8: Prototipo final 2	16
Figura 9: Parámetros de configuración MQTT	16
Figura 10: Cuadro de diálogo Ejecutar	17
Figura 11: Prototipo completo	17

Índice de tablas

Tabla 1: Listado de componentes	7
Tabla 2: Presupuesto de materiales	8

1. Introducción

En este anexo se realiza con el objetivo de mostrar el montaje de los componentes. Además, se incluirá un listado de los componentes necesarios para el montaje, los diagramas de conexión del dispositivo, y el fichero de impresión 3D para la carcasa protectora.

Primero se realizará la explicación mediante un manual de montaje, y posteriormente se hará de manera visual. Vamos a suponer que la placa de prototipado con las conexiones la recibe el cliente hecha debido a que no es algo accesible a todo el mundo (hace falta un soldador y estaño).

Los *datasheets* de los componentes utilizados se adjuntan en la carpeta que contiene toda la información.

2. Manual de montaje

En este apartado se va a comentar todo lo relacionado con el montaje del dispositivo, desde componentes hasta sus conexiones.

2.1 Listado de componentes

Tabla 1: Listado de componentes

Nombre	Cantidad/dispositivo
Placa de prototipado para soldadura 40x60	1
Sensor DHT22	1
Sensor capacitivo	1
Relé 5V	1
Caudalímetro	1
Fuente de alimentación 5V	1
ESP32 Wroom	1
Bomba de agua	1
Resistencia de 10k Ω	3
Resistencia de 5k1 Ω	2
Borne de conexión 2 cables	1
Pines de encabezado macho	3
Pines de encabezado hembra	1
Generic PLA	53g
Adaptador Extensor USB 2.0 a IDC 4 pines	1

No vamos a incluir los cables usados para las conexiones, así como el estaño utilizado para las soldaduras.

2.2 Presupuesto de materiales

En este punto se va a hacer un presupuesto de los materiales, adjuntando los enlaces de compra.

Tabla 2: Presupuesto de materiales

Nombre	Precio/pieza	Enlace
Placa de prototipado para soldadura 40x60	0.31€	[1]
Sensor DHT22	10.55€	[2]
Sensor capacitivo	6.99€	[3]
Relé 5V	2.60€	[4]
Caudalímetro	10.00€	[5]
Fuente de alimentación 5V	Se tenía ya	
ESP32 Wroom	11.99€	[6]
Bomba de agua	8.99€	[7]
Resistencia de 10k Ω	Se tenía ya	
Resistencia de 5k1 Ω	Se tenía ya	
Borne de conexión 2 cables	Se tenía ya	
Pines de encabezado macho	Se tenía ya	
Pines de encabezado hembra	Se tenía ya	
Generic PLA	1.06€	[8]
Adaptador Extensor USB 2.0 a IDC 4 pines	7.75€	[9]

Tras hacer la suma de todos los componentes, nos sale un presupuesto total de **60.24€**. Como es un Trabajo de Fin de Grado y se dispone de un presupuesto bastante limitado, los sensores elegidos han sido los más económicos. Esto hace que las mediciones no sean muy precisas, a pesar de haber calibrado los sensores tal y como indican los fabricantes.

2.3 Montaje

Para el montaje del dispositivo se va a suponer que el circuito se encuentra ya hecho en la placa de prototipado, ya que es lo más complicado de hacer.

Normalmente, lo que más suele fallar son los sensores y actuadores. Por ello, tanto el relé como las resistencias y conectores van a estar instalados previamente. A continuación, se muestra el dispositivo sin los sensores ni actuadores conectados:

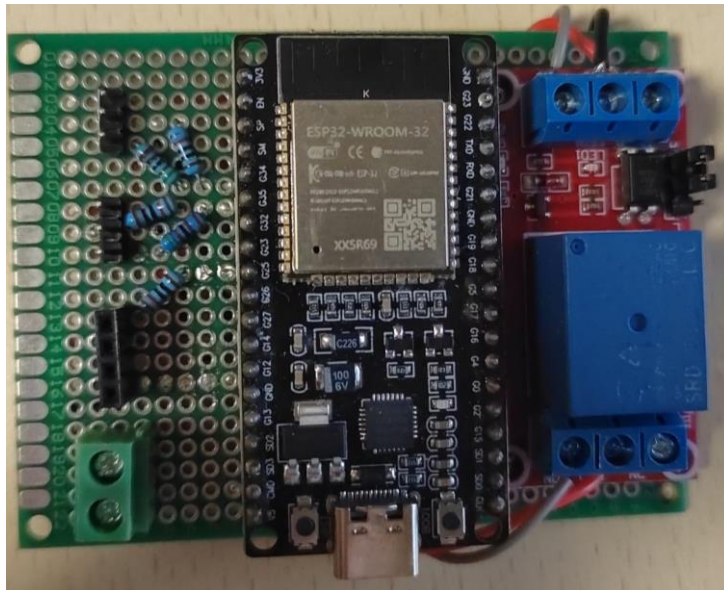


Figura 1: Prototipo parte posterior

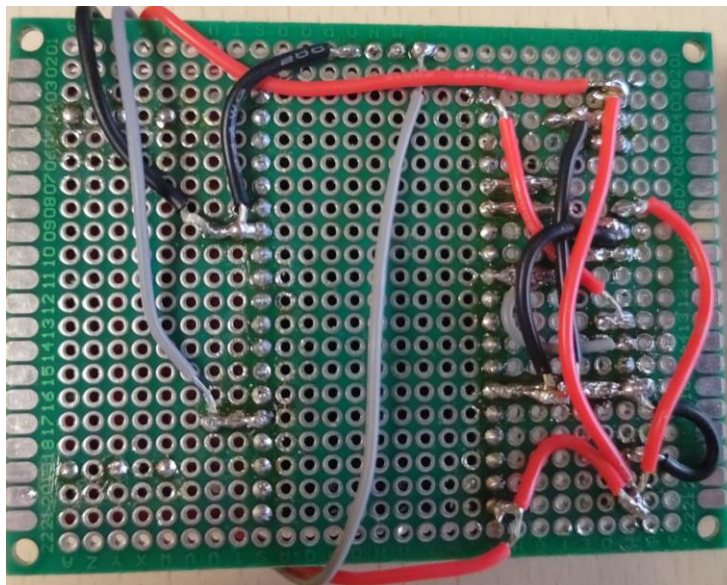


Figura 2: Prototipo parte anterior

El usuario únicamente tendría que montar los sensores y el relé. Para facilitar el montaje y evitar confusiones, se escribe en los pines de encabezado macho y hembra un número.

El primer encabezado de pines corresponde al sensor capacitivo de humedad del suelo. En la ESP32 está conectado al pin G34.

El segundo encabezado de pines corresponde al caudalímetro. En la ESP32 corresponde al pin G35.

El tercer encabezado de pines corresponde al sensor de temperatura y humedad DHT22. En la ESP32 está conectado al pin G25.

Por último, el cuarto elemento es un borne de conexión. Se usa para alimentar la ESP32 sin depender del cable USB-C del ordenador.

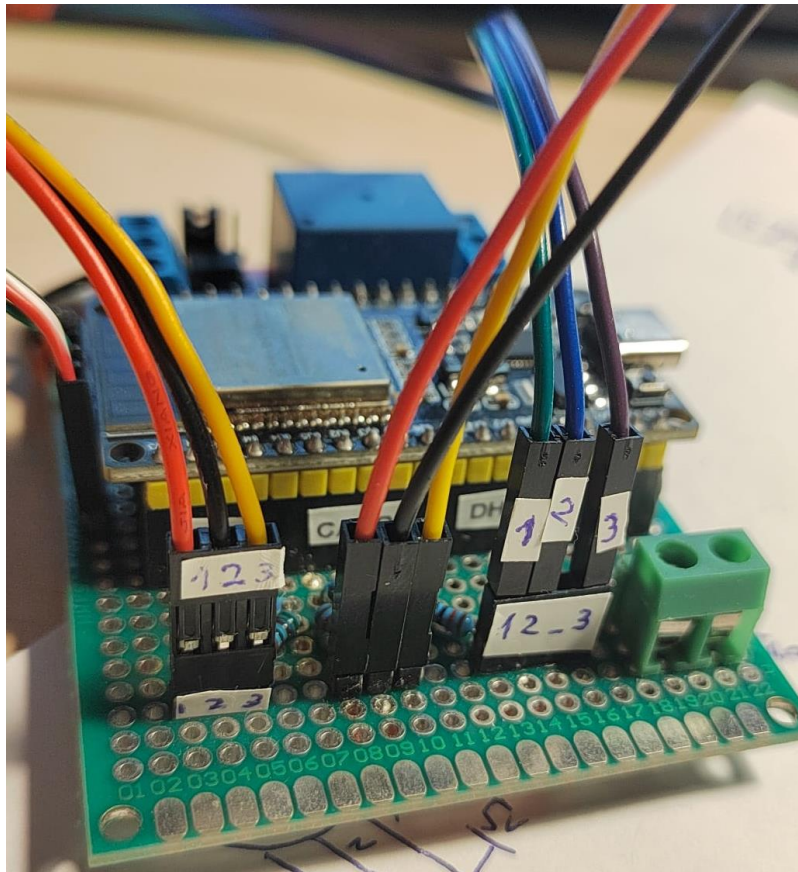


Figura 3: Prototipo. Componentes instalados

Para la calibración de los sensores hemos usado la documentación proporcionada por el fabricante. Se adjunta toda la documentación necesaria en el anexo.

2.4 Divisor de voltaje

Un divisor de voltaje es un circuito que divide la tensión de entrada en el circuito en otras dos diferentes más pequeñas de salida. [10]

En el caso de este proyecto, al disponer de una fuente de 5V y varios sensores que funcionan con 3,3V hay que reducir la tensión de entrada para evitar que los sensores se estropeen.

Los cálculos son sencillos. Se usará la fórmula general del divisor de tensión:

$$V_s = V_e * \left(\frac{R_s}{R_1 + R_s} \right)$$

Donde V_s es la tensión de salida, V_e es la tensión de entrada, y R_1 y R_s son las resistencias necesarias para reducir el voltaje al valor concreto.

Con esta fórmula solo hay que sustituir los valores de las tensiones (ya conocidas), y un valor de una resistencia para obtener la otra. En este proyecto, para la primera resistencia se usará un valor de $R_1=5k\Omega$.

$$3.3 = 5 * \left(\frac{R_s}{5k1 + R_s} \right)$$

Con esto planteado hay que despejar R_s de forma básica. Nos queda un resultado aproximado de 9.88W, por lo que queda que $R_s=10k1\Omega$. Con esto se obtiene un voltaje de $3.34 \Omega \approx 3.33 \Omega$.

2.5 Componentes

A continuación, se proporcionará una breve explicación acerca de cada sensor, aunque no será muy detallada. Para obtener más información sobre cada uno de ellos consultar el datasheet del fabricante.

2.5.1 Caudalímetro YF-S401

El Caudalímetro YF-S401 es un sensor de flujo de agua que mide la cantidad de líquido que pasa a través de él. Utiliza una rueda de paletas y un sensor Hall para generar pulsos eléctricos que se pueden contar para calcular el flujo. [11]

2.5.2 Sensor DHT22

El sensor DHT22 es un dispositivo de medición de temperatura y humedad. El DHT22 es especialmente bueno para aplicaciones que requieren monitoreo ambiental, como por ejemplo, el la monitorización de una planta para realizar una planificación de riego. [12]

2.5.3 Sensor capacitivo de humedad del suelo

Sensor capacitivo analógico de humedad del suelo mide los niveles de humedad del suelo mediante detección capacitiva, en lugar de detección resistiva como otros tipos de sensores de humedad. Está hecho de un material resistente a la corrosión, lo que le da una larga vida útil. [3]

2.5.4 ESP32

La ESP32 es un microcontrolador con Wi-Fi y Bluetooth integrados. Es muy usado en IoT debido a su capacidad de procesamiento, conectividad y bajo consumo de energía. [13]

2.6 Diagrama de conexión

En este apartado se va a comentar cómo se han colocado los componentes electrónicos del sistema. Está compuesto por un sensor de temperatura y humedad ambiente DHT22, que realizará las mediciones de dichos datos; un sensor capacitivo de humedad del suelo, que recogerá el valor de la humedad del suelo en el que esté instalado el dispositivo; y un caudalímetro, que controlará la cantidad de agua que ha movido la bomba para no excederse con el riego. Como controlador se utilizará una ESP32 Wroom, que será la encargada de recoger todas las mediciones y mandarlas al servidor mediante el protocolo MQTT.

La conexión de los sensores es la siguiente.

- DHT22: PIN G25
- Caudalímetro: PIN G35
- Sensor capacitivo: G34

El diagrama resultante queda como se muestra en la siguiente figura:

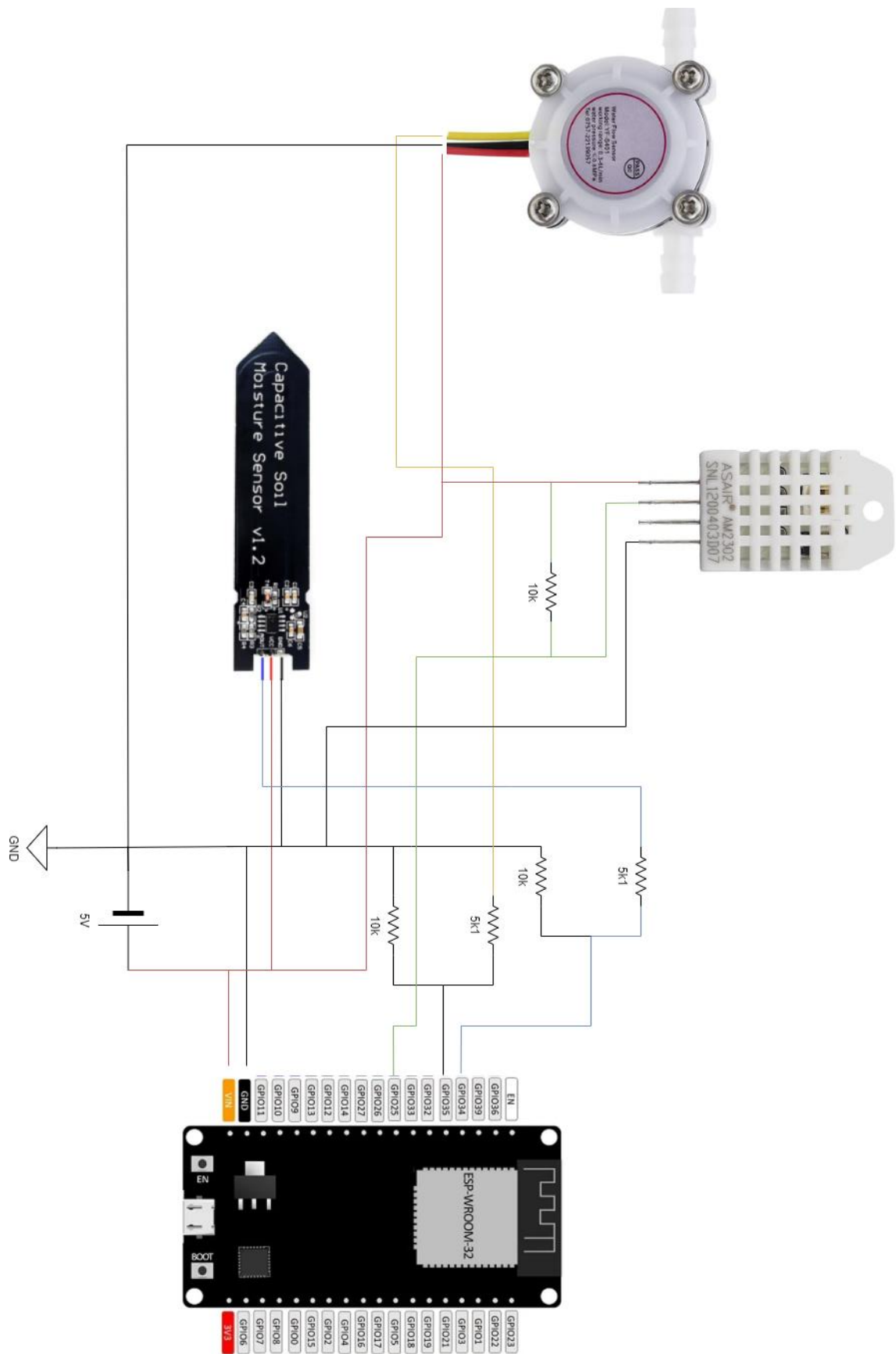


Figura 4: Diagrama de conexión

2.7 Carcasa protectora

Para la carcasa protectora se ha realizado un diseño 3D mediante la herramienta Autodesk Fusion. [14]

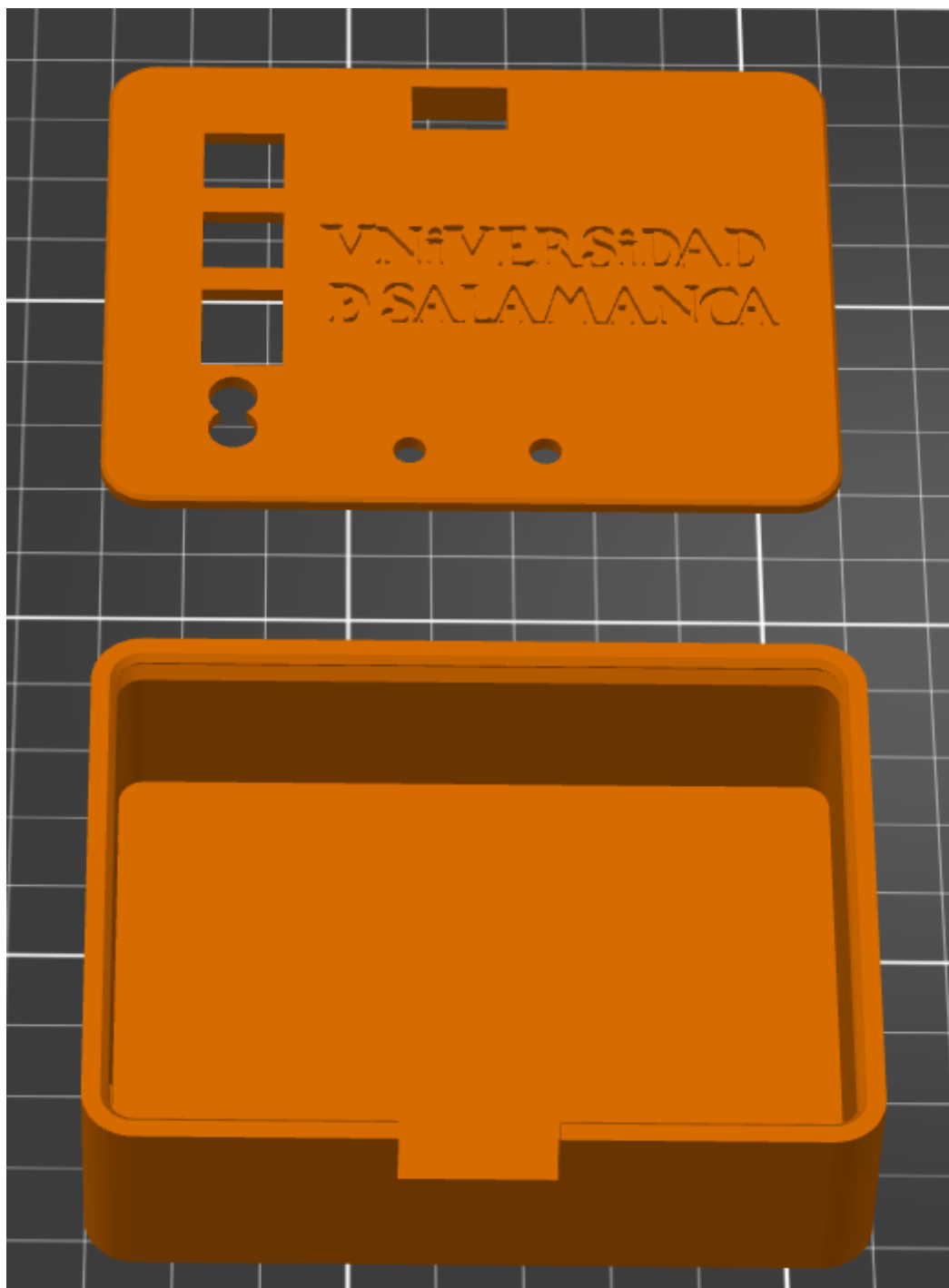


Figura 5: Modelo 3D de la carcasa protectora

El primer diseño que se imprimió tenía algunos fallos, como que no cuadraba la altura de los agujeros de la impresión con la altura necesaria para conectar correctamente los cables.



Figura 6: Primera impresión 1

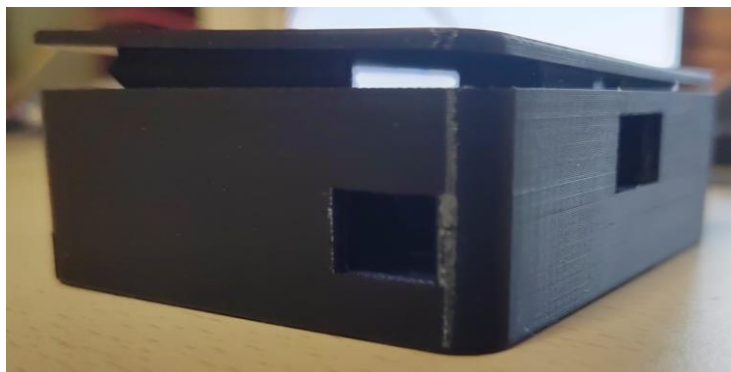


Figura 7: Primea impresión 2

Con estos fallos detectados, se procedió a corregir los fallos y añadir el logo de la Universidad de Salamanca:



Figura 8: Prototipo final 1

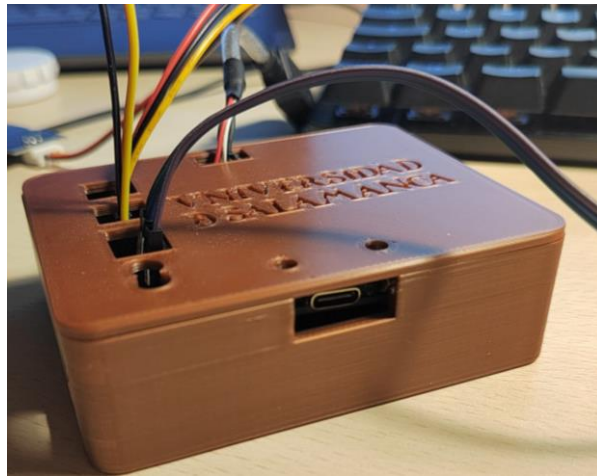


Figura 9: Prototipo final 2

3. Puesta en marcha

En este apartado se va a comentar los pasos necesarios para que se pueda comenzar a usar el dispositivo tras el montaje. Para comenzar a usar el dispositivo habría que modificar las direcciones del bróker, y las credenciales de la conexión WiFi. Esto se realiza de forma muy sencilla ya que se ha parametrizado el código del dispositivo.

```
// Configuración de la red WiFi
const char* ssid = "Plata";
const char* password = "88888888";

// Configuración del broker MQTT
const char* mqtt_server = "192.168.1.58";
const char* mqtt_topic_data = "sensor/datos";
const char* mqtt_topic_start = "sensor/arranque";
```

Figura 10: Parámetros de configuración MQTT

Con el código modificado, habría que cargarlo en la ESP32 y ésta estaría funcional. Cada vez que se pulsa el botón de reinicio de la ESP se puede simular el arranque de un nuevo dispositivo.

Respecto a la parte del servidor, la puesta en marcha es más sencilla. Para los distintos ficheros Python que gestionan el registro de un dispositivo y guardan las mediciones en la base de datos, se creará un ejecutable que se guardará en la carpeta: "C:\Users\dplat\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\Start Menu\Programs\Startup". Esta carpeta indica al sistema operativo qué aplicaciones hay que arrancar al iniciar el dispositivo.

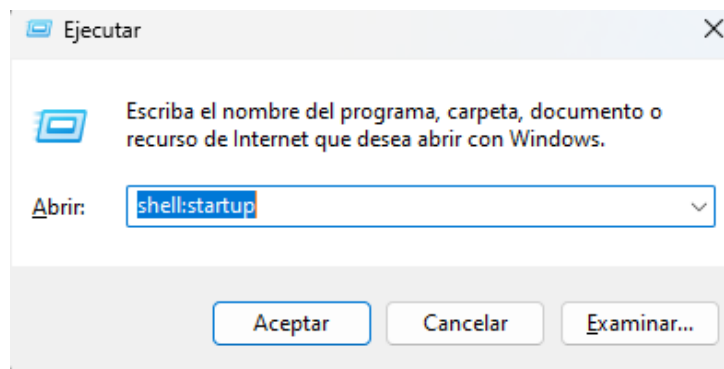


Figura 11: Cuadro de diálogo Ejecutar

Para el contenedor Docker se creará un script que abra Docker y escriba por terminal los comandos necesarios para arrancar el contenedor.

En resumen, se hará una puesta en marcha totalmente automatizada para el servidor para facilitar al usuario el uso del sistema. Para el dispositivo habría que cambiar las direcciones y las credenciales para permitir la conexión, y estaría funcionando también.

4. Resultado final

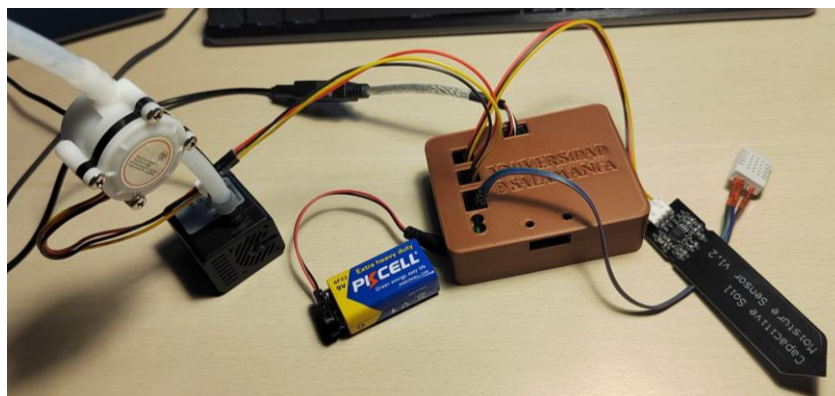


Figura 12: Prototipo completo

Como se puede ver en la última figura, así quedaría el prototipo de dispositivo IoT.

4. Referencias

- [1] «Placa PCB de 4x6 Cm, placa de circuito impreso Universal 4x6, prototipo de doble cara, 40x60mm, placa de cobre para Arduino - AliExpress 502», aliexpress. Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.aliexpress.com/item/?src=ibdm_d03p0558e02r02&sk=&aff_platform=&aff_trace_key=&af=&cv=&cn=&dp=
- [2] «Sensor de humedad y sensor de temperatura AM2302 DHT22 para p. Ej. Arduino, Raspberry Pi : Amazon.es: Industria, empresas y ciencia». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/Sensor-humedad-temperatura-Arduino-Raspberry/dp/B08HDKMMWY/ref=sr_1_16?dib=eyJ2IjoiMSJ9.K7OFixeG-yUTscsNSTwbX9NUDbKH9DBQ_LkEY7rNyToGTKo98skYR-z9xOCloPIKz9OoK9RIIS-6rqsmO8BwQDrQsDKCRKJnH_yNPaNI0Sa9PmYvqmnvROm-YGDp001U8YQNH2D3FaABVJly5xl2lbkuk1IJdQL24iaIW8Uzg_72DuliUVsG0LUXjKdwwFfzElgSjp-iVYryr0olR8VvFzQTbeGL32K04_G0XPugH2Ztk2VV8OFIsWHEVX12D2LKjMZmQ488qNRLWx-qbOOZ8LvXdHWdZRZn65jiK0xKg.xAZIJGvso0SRXX6MsLcu7r8_CYWFGLGnojG6c7T5MUQ&dib_tag=se&keywords=dht22&qid=1720050255&sr=8-16
- [3] «AZDelivery Sensor de Humedad del Suelo V1.2 Modulo Higrometro V1.2 Capacitivo Compatible con Arduino con E-Book Incluido!: Amazon.es: Informática». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/AZDelivery-Humedad-higrometro-Capacitivo-Arduino/dp/B07HJ6N1S4/ref=sr_1_5?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crid=EXEEV2JX2EUW&dib=eyJ2IjoiMSJ9.h2b22hxj19kYbGsBq7dcQ3oPjUVAQi_VjOiOE_D8TAAJhPUcmXbnDnj21rpRCpVmhysLJEhjRcj-dpiFZZa3vTo4PVfqC79uBY-JCGzcKc_ip7FrPoEo2_UV5tX6gu5pV6hC_Rt6YW8BTaWXhRXB1_Fm1LknRUPeziO03OIJY8Ko0jlzIJ1f7E3ArESts5oRGiLTa2Sob3eYdZA8VG79d54ZPk-gCoj-oVIWENH4srl1MLZFrM7L0Ni4rGrFcHqFJ1BZ_crXJT7nVqSTHxE6IVtgMnR4PioQT-1wf-BDK0.F8teqVEe8zWWx2yQeMvrbJ6jMSQY73Vyxn__Dnoa_Vg&dib_tag=se&keywords=sensor%2Bcapacitivo%2Bsoil%2Bmoisture&qid=1720050473&srefix=sensor%2Bcapacitivo%2Bsoil%2Bmoisture%2Caps%2C88&sr=8-5&th=1

- [4] «5pcs Módulos Relé 5 V, 1 Canal Placa Relé con Optoacoplador, a Alto Nivel Módulo de Relé de Disparador, Bajo Nivel Módulo Interruptor Relé de Placa Expansión Disparador Para Arduino 5 V/12 V/24 V (5V) : Amazon.es: Bricolaje y herramientas». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/M%C3%B3dulos-Optoacoplador-Disparador-Interruptor-Expansi%C3%B3n/dp/B0B153VGSF/ref=sr_1_11?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=37KNYUVP08FF8&dib=eyJ2IjojMSJ9.rfIVx1z02BP0d1quVHI6657Lrqp4SlzVZxBWenNz7n1Cs9eUZn5PiWONpb6XGrI2sYgXALbJgeelYQxAvmsJsLfJRaLxT27BBBoYBVmPzg8TUtQpv_Co88qGICnwCWNIs72z-TqvJWaF2hinQt7FO8dTAcJRKVulZuOSq_VcZJAzdTWFxiEktm8gU54xYsQd0Pze7B3nUwNL8mqymDqSLWJZWnZVMEaJhTVs8l1f7joAzMF4kOwUqJYNtUfpPfFS4ZDopTN80pSvPAasi84h7TOTufjDDx4mvFaor6hAfh1M8.Eueozi35mEO4dh2Q0s_nZS5g7IReAf2VxJojJDJ0ImQ&dib_tag=se&keywords=rele%2B5v&qid=1720050557&srefix=rele%2B5v%2Caps%2C91&sr=8-11&th=1
- [5] «HUABAN Sensor de flujo de agua 0.3-6L/min interruptor medidor medidor de caudalímetro contador sensor control de agua 1/4" 1.75MPa kit de bricolaje : Amazon.es: Industria, empresas y ciencia». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/HUABAN-interruptor-caudal%C3%ADmetro-contador-bricolaje/dp/B089ZZ4PKQ/ref=sr_1_58?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3ADHAEM380DGP&keywords=caudalimetro+8mm&qid=1704294585&srefix=caudalimetro+8mm%2Caps%2C100&sr=8-58
- [6] «HiLetgo ESP-WROOM-32 ESP32 ESP-32D Development Board 2.4GHz Dual-Mode WiFi + Bluetooth Dual Cores Microcontroller Processor Integrated with Antenna RF AMP Filter Ap STA for Arduino IDE : Amazon.es: Informática». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/HiLetgo-ESP-wroom-32-Desarrollo-procesador-microcontrolador/dp/B0718T232Z/ref=sr_1_6?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3A23ULABQTK9P&dib=eyJ2IjojMSJ9.oMQfIXu96Z6UvA1P7-kOpddIW0WAFm8eFVSjTyQDzLSdhtMXEr_p3iPyAyEMEERi-cFk4EVhFwFmjfObjOqvSrxhNifLTuAkOmGNXca4bCrB4zt6era8GRJRH_tG0MrSMq1BquCra78T6XXslu9C-YvUOjqL9C2bMR7snsQvEotULIF93at7ut85qc5oNejbbbko-MoIRC2zOSne2bgypMAngOw_UHC9ZXZa-5mKJBeYt0GUlsr4TNjnAkuemtj6RvaxcCqfOjKjQT5tY95B6_FyWDgs0QrOGx9V6fePdPa.dwJnMnc0V3mo2JqVmxgWbYs80PMJ54RuRyvxsO_pdE&dib_tag=se&k

eywords=esp32+wroom&qid=1720051015&sprefix=esp32+wroom%2Caps%2C97&sr=8-6

- [7] «Mini bomba de agua sumergible USB (CC 5 V 1 – 3 W 200 L/H) ajustable, ultra silenciosa, pequeña bomba para fuente de mascotas, pecera de acuario, estanque, hidropónico, interior o exterior : Amazon.es: Productos para mascotas». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/sumergible-ajustable-silenciosa-mascotas-hidrop%C3%B3nico/dp/B0B24G8WP7/ref=sr_1_5?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=H4D7TTHP37JC&keywords=bomba+de+agua+5v&qid=1704294654&sprefix=bomba+deagua+5v%2Caps%2C95&sr=8-5
- [8] «PLA-HD acacia – Tormes+». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tormesplus.com/producto/pla-hd-acacia/>
- [9] «StarTech.com Cable de 15cm Adaptador Extensor USB 2.0 a IDC 4 pines - Conector a Placa Base - IDC 4 Pines Hembra - USB A Hembra : Amazon.es: Informática». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.amazon.es/dp/B000IV6S9S/ref=pe_27091411_487029541_TE_SCE_dp_i1
- [10] <https://www.areatecnologia.com>, «divisor de tension». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.areatecnologia.com/electronica/divisor-de-tension.html>
- [11] alldatasheet.es, «YF-S401 Datasheet(PDF)». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/1242513/ETC1/YF-S401.html>
- [12] alldatasheet.com, «DHT22 Datasheet(PDF)». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1132459/ETC2/DHT22.html>
- [13] «esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
- [14] «Autodesk Fusion | Software de CAD 3D, CAM, CAE y PCB basado en la nube | Autodesk». Accedido: 4 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/es/products/fusion-360/overview>