



**Universidad
Europea**

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

ÁREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

GRADO EN INGENIERÍA EN SISTEMAS

INDUSTRIALES

MENCIÓN EN ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CONTROLADOR DE FLUIDOS LÍQUIDOS CON DETECCIÓN

DE ANOMALÍAS CONTROLADO POR LORA

Alumno: Arturo García Sánchez

Director: José Luís Lafuente Carrasco

JUNIO 2022

Arturo García Sánchez

TÍTULO: CONTROLADOR DE FLUIDOS LÍQUIDOS CON DETECCIÓN DE ANOMALÍAS CONTROLADO POR LORA.

AUTOR: ARTURO GARCÍA SÁNCHEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO: JOSÉ LUÍS LAFUENTE CARRASCO

FECHA: 20 de JUNIO de 2022



Arturo García Sánchez

RESUMEN

El presente proyecto tiene la finalidad de diseñar y fabricar el prototipo de un temporizador de riego con detección y actuación ante averías. Este diseño de producto surge de dos ideas; la lucha contra la sequía que afecta a España y la necesidad de un sistema automático y seguro de riego.

El principio de acción de este diseño es el control del tiempo de riego y el volumen de agua. Disponiendo de dos dispositivos distintos. El primero, es un temporizador con las nuevas funciones de detección de averías. El segundo, es un sistema de seguridad basado en cortar el flujo de agua y avisar al usuario ante una avería.

A lo largo de este proyecto se describirán detalladamente el proceso de diseño, desde la concepción de la idea hasta la fabricación del prototipo. Explicando la toma de decisiones frente las necesidades del cliente y en consecuencia la selección de componentes del proyecto.

Palabras clave: Riego automático, LoRa, IoT, control, diseño electrónico y líquidos.

ABSTRACT

The present project has as purpose to design and manufacture the prototype of an irrigation timer with fault detection and action. This product arises from two ideas; on one hand to fight against Spanish drought and on the second hand, the need for an automatic and safe irrigation system.

The principle of action of this design is to control irrigation time and water volume through two different devices. The first one, a timer with new fault detection functions. The second is a security system based on cutting off the flow of water and notifying the user if a breakdown happens.

Throughout this project, the design process will be described in detail, from the conception of the idea to the manufacture of the prototype. Explaining decision-making against the needs of the client and consequently the selection of project components.

Key words: automatic irrigation, LoRa, IoT, control, electronic design and liquids.

ÍNDICE PRINCIPAL

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| Capítulo 1: Introducción. | 13 |
| 1.1. Planteamiento del problema. | 13 |
| 1.2. Propuesta de solución..... | 14 |
| 1.2.1. Objetivo. | 16 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 16 |
| 1.3. Alcance. | 16 |
| Capítulo 2: Estudio de viabilidad, estudios técnicos y estudios propios. | 18 |
| 2.1. Estudios de viabilidad. | 18 |
| 2.1.1. Estudio del mercado..... | 18 |
| 2.1.2. Estrategia comercial..... | 24 |
| 2.1.3. Coste del prototipo. | 26 |
| 2.2. Estudios propios. | 28 |
| 2.2.1. Estudio de impermeabilidad. | 28 |
| Capítulo 3: Herramientas de desarrollo..... | 30 |
| 3.1. Herramientas informáticas. | 30 |
| 3.1.1. IDE Arduino. | 30 |
| 3.1.2. Proteus. | 30 |
| 3.1.3. KiCaD..... | 31 |
| 3.2. Herramientas para la fabricación. | 31 |
| 3.2.1. Soldadura y montaje..... | 31 |
| 3.2.2. Sistema de apantallamiento contra agentes externos..... | 32 |
| Capítulo 4: Funcionabilidad del diseño. | 33 |
| 4.1. Función básica..... | 33 |
| 4.2. Función de seguridad..... | 35 |
| 4.3. Detención de averías..... | 36 |
| 4.4. Propuesta eco-friendly..... | 37 |
| Capítulo 5: Hardware del diseño..... | 39 |
| 5.1. Módulo principal..... | 39 |

| | | |
|-------------|---|----|
| 5.1.1. | Módulo del microcontrolador. | 39 |
| 5.1.2. | Sistema de alimentación. | 40 |
| 5.1.3. | Sistema de visualización. | 42 |
| 5.1.4. | Sistema de reloj de tiempo real. | 42 |
| 5.1.5. | Sistema de módulos de entradas. | 43 |
| 5.1.6. | Sistema de módulos de salidas. | 45 |
| 5.1.7. | Sistema de comunicación. | 48 |
| 5.1.8. | Diseño de PCB. | 48 |
| 5.1.9. | Sistema de montaje. | 50 |
| 5.2. | Módulo de seguridad. | 52 |
| 5.2.1. | Módulo del microcontrolador. | 52 |
| 5.2.2. | Sistema de alimentación. | 52 |
| 5.2.3. | Sistema de módulos de salidas. | 52 |
| 5.2.4. | Sistema de comunicación. | 54 |
| 5.2.5. | Diseño de PCB. | 54 |
| 5.2.6. | Sistema de montaje. | 56 |
| Capítulo 6: | Software del diseño. | 58 |
| 6.1. | Módulo principal. | 58 |
| 6.1.1. | Funcionamiento general. | 59 |
| 6.1.2. | Función de menú. | 60 |
| 6.1.3. | Modo Deep Sleep. | 66 |
| 6.1.4. | Sistema de alarmas. | 66 |
| 6.1.5. | Sistema de fecha actual. | 69 |
| 6.1.6. | Sistema de detención de averías. | 69 |
| 6.1.7. | Sistema de emergencia. | 70 |
| 6.1.8. | Sistema de control de la electroválvula. | 70 |
| 6.1.9. | Sistema de envío de señal de emergencia. | 71 |
| 6.1.10. | Sistema de salida del modo emergencia. | 71 |
| 6.2. | Módulo de seguridad. | 72 |
| 6.2.1. | Funcionamiento general. | 72 |
| 6.2.2. | Funcionamiento en estado de emergencia. | 72 |
| 6.2.3. | Sistema de salida del modo emergencia. | 72 |
| Capítulo 7: | Proceso de montaje. | 74 |

Arturo García Sánchez

| | |
|--|----|
| 7.1. Soldar placas. | 74 |
| 7.2. Perforar las cajas. | 75 |
| 7.3. Montaje el caudalímetro y la electroválvula. | 75 |
| 7.4. Unión de las dos cajas. | 76 |
| 7.5. Completar el módulo principal. | 77 |
| 7.6. Completar el módulo de seguridad. | 77 |
| Capítulo 8: Costes. | 78 |
| 8.1. Coste de producción. | 78 |
| 8.1.1. Precios unitarios. | 78 |
| 8.1.2. Presupuesto de mediciones. | 79 |
| 8.2. Coste de ingeniería. | 80 |
| 8.3. Coste de fabricación y ensamblado. | 81 |
| 8.4. Diagrama de Gantt. | 81 |
| Capítulo 9: Líneas futuras. | 83 |
| Capítulo 10: Conclusiones. | 84 |
| Anexo. | 85 |
| Bibliografía. | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Histórico de precipitaciones. Fuente: Roberto Granda [2] | 13 |
| Ilustración 2. Estudio SPIE y nivel de los embalses. Fuente: Roberto Granada [2] .. | 14 |
| Ilustración 3. Ciclo completo de riego. Fuente: elaboración propia. | 34 |
| Ilustración 4. Mapa de localización de los módulos. Fuente: elaboración propia. | 36 |
| Ilustración 5. Visualización de averías. | 37 |
| Ilustración 6. Heltec LoRa V2. Fuente: Heltec Automation.[8] | 40 |
| Ilustración 7. Pantalla OLED. Fuente: elaboración propia..... | 42 |
| Ilustración 8. Esquema Touchpad. Fuente: elaboración propia. | 45 |
| Ilustración 9. Comportamiento electroválvula. Fuente: elaboración propia. | 46 |
| Ilustración 10. Circuito de cambio de polaridad. Fuente: elaboración propia. | 47 |
| Ilustración 11. PCB Modulo principal Forward. Fuente: elaboración propia. | 49 |
| Ilustración 12. PCB Módulo principal Backward. Fuente: elaboración propia. | 49 |
| Ilustración 13. Esquema control de caudal. Fuente: elaboración propia. | 51 |
| Ilustración 14. Sistema de accionamiento. Fuente: elaboración propia. | 53 |
| Ilustración 15. Soportes DRG01. Fuente: Aliexpress. | 55 |
| Ilustración 16. PCB Módulo Seguridad Forward. Fuente: elaboración propia. | 56 |
| Ilustración 17. PCB Módulo Seguridad Backward. Fuente: elaboración propia. | 56 |
| Ilustración 18. Flujograma función principal. Fuente: elaboración propia..... | 59 |
| Ilustración 19. Flujograma Menú Funcional. Fuente: elaboración propia. | 61 |
| Ilustración 20. Flujograma Menú Visual. Fuente: elaboración propia..... | 63 |
| Ilustración 21. Esquema de la pantalla OLED. Fuente: elaboración propia. | 64 |
| Ilustración 22. Intervalos de la alarma. Fuente: elaboración propia. | 67 |
| Ilustración 23. PCBs sin soldar. Fuente: elaboración propia. | 74 |
| Ilustración 24. PCBs soldada. Fuente: elaboración propia..... | 74 |
| Ilustración 25. Caja con perforaciones. Fuente: elaboración propia..... | 75 |
| Ilustración 26. Montaje del control de agua. Fuente: elaboración propia. | 75 |
| Ilustración 27. Abrir/Cerrar la electroválvula. Fuente: elaboración propia. | 76 |
| Ilustración 28. Cajas atornilladas. Fuente: elaboración propia. | 76 |
| Ilustración 29. Módulo principal montado. Fuente: elaboración propia. | 77 |

Arturo García Sánchez

Ilustración 30. Módulo de seguridad montado. Fuente: elaboración propia. 77

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Temporizadores del mercado. Fuente: elaboración propia. | 18 |
| Tabla 2. Coste módulo principal prototipo. Fuente: elaboración propia. | 27 |
| Tabla 3. Coste módulo de seguridad prototipo. Fuente: elaboración propia. | 27 |
| Tabla 4. Referencia a la resistencia al polvo. Normas IP. Fuente: Novelec [4] | 28 |
| Tabla 5. Referencia a la resistencia al agua. Normas IP. Fuente: Novelec [4] | 29 |
| Tabla 6. Consumo energético puntual. Fuente: elaboración propia. | 41 |
| Tabla 7. Estimación del consumo habitual. Fuente: elaboración propia. | 41 |
| Tabla 8. Visualización del Menú. Fuente: elaboración propia. | 65 |
| Tabla 9. Coste unitario del módulo principal. Fuente: elaboración propia. | 78 |
| Tabla 10. Coste unitario módulo de seguridad. Fuente: elaboración propia. | 79 |
| Tabla 11. Coste del módulo principal. Fuente: elaboración propia. | 79 |
| Tabla 12. Coste del módulo de seguridad. Fuente: elaboración propia. | 80 |
| Tabla 13. Coste de ingeniería. Fuente: elaboración propia. | 80 |
| Tabla 14. Coste de fabricación y ensamblado. Fuente: elaboración propia. | 81 |
| Tabla 15. Actividades del proyecto. Fuente: elaboración propia. | 81 |
| Tabla 16. Diagrama de Gantt. Fuente: elaboración propia. | 82 |



Arturo García Sánchez

Capítulo 1: Introducción.

1.1. Planteamiento del problema.

En la actualidad, España, siempre está en la fina línea frente a la escasez de agua, contando con continuos ejemplos históricos, por ejemplo, las de tres grandes sequías a principios de 1982 hasta 2009 [1]. Este mismo año no es diferente, ya que antes de las lluvias de marzo y abril se tenía gran miedo por la poca precipitación acumulada de los anteriores meses, ya que, si seguía así, otra sequía iba a azotar a España. Pero ¿se podría afirmar que ya no estamos en peligro? o ¿si realmente ya se ha acabado la sequía?, por desgracia no.

En los gráficos de más abajo se muestra la media de la precipitación de años anteriores frente a este y es cierto que dependiendo de la localización geográfica que se estudie de España, ha habido más precipitaciones este año, pero se debe estudiar qué clima ha predominado en España. En las zonas Atlánticas y noreste de la península predomina un clima seco como se muestra en la gráfica de la derecha, por lo contrario, en zonas céntricas y mediterráneas hay más precipitaciones como se muestra en la imagen de la izquierda.

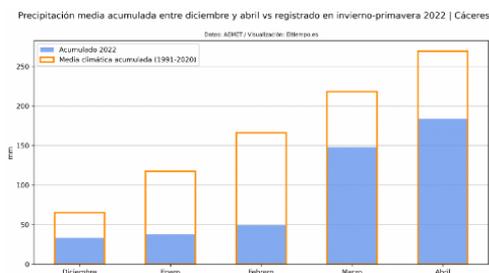
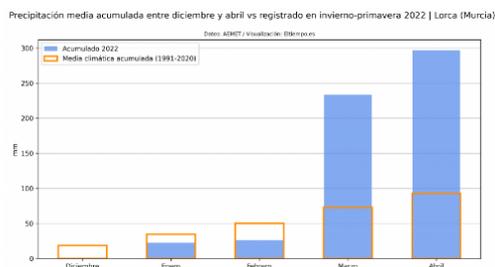


Ilustración 1. Histórico de precipitaciones. Fuente: Roberto Granda [2]

Valorando estudios de la humedad (estudio SPEI) y el estado de los embalses en el territorio, concluimos, que el estado actual es de un 47,9% de agua en los embalses de España con respecto al total, y aproximadamente el 50% del territorio tiene un clima seco. No son datos extremadamente malos, pero se tiene que tener en cuenta que todavía no han pasado los meses más secos del verano y que la temperatura promedio de España está subiendo año tras año, por lo que España sigue en la cuerda floja entre la sequía y no.

Arturo García Sánchez

El módulo principal tiene las siguientes funciones:

- Interactuar con el usuario.
- Programar los intervalos de riego.
- Control de la primera electroválvula encargada de abrir y cerrar el flujo de agua en los intervalos de riego.
- Reconocimiento de averías.
- Comunicación de emergencia con el segundo módulo (inalámbrico).

El módulo de seguridad tiene las siguientes funciones:

- Comunicación con el módulo principal (inalámbrico).
- Control de la segunda electroválvula encargada de abrir y cerrar el flujo de agua cuando se detecte una avería.
- Función principal de seguridad y espera ante señal de aviso de alerta.
- Actuación directa en la electroválvula (cerrándola) y activando la señal acústica ante una señal de alerta.
- Avisar al usuario en caso de avería.

Donde el primer módulo se diseña para la interacción rápida con el usuario y la transportación sencilla hacia la zona de riego, sin tener que depender de una alimentación de energía por cable.

El segundo módulo de seguridad se diseña para la doble redundancia del sistema de seguridad, que este se dispondrá en el domicilio o en el centro de control donde haya una conexión de 220V. Instalando la electroválvula de seguridad en la toma general del sistema de riego.

Contemplado el diseño del programa informático, la selección de sensores y actuadores, el montaje de los dos módulos y el desarrollo de la PCB para la integración de los distintos componentes electrónicos.

Arturo García Sánchez

1.2.1. Objetivo.

Diseñar y construir un sistema de riego automático con avistamiento y actuación ante averías, constatado por dos módulos.

Desarrollar la programación necesaria para el correcto funcionamiento de los módulos que satisfaga la solución del problema propuesto. Envuelve la programación de los intervalos de riego, la programación de la pantalla OLED para la interacción con el usuario, la programación del avistamiento de averías y la comunicación entre dispositivos.

1.2.2. Objetivos específicos.

Selección de microcontrolador, sensores y actuadores que compondrán los dos módulos propuestos. Con ellos, realizar el diseño del esquema eléctrico de los dos módulos.

Programar los diferentes módulos, cada uno con sus sensores y actuadores distintos.

Construcción del módulo de control y el módulo de seguridad.

Verificar el funcionamiento en un intervalo de tiempo largo para comprobar la efectividad y robustez del sistema de emergencia y control.

1.3. **Alcance.**

Este proyecto contempla el estudio de las necesidades del cliente, de estas se estudia las funcionalidades mínimas y adicionales del diseño.

Se propone un estudio de la viabilidad del mercado, definiendo como su conclusión una estrategia de mercado, y si existe la oportunidad.

Arturo García Sánchez

Diseño completo del esquema eléctrico, PCB, programación de los módulos y diseño del montaje del producto final

Capítulo 2: Estudio de viabilidad, estudios técnicos y estudios propios.

En este capítulo se describen los estudios necesarios que se han tomado en cuenta para la viabilidad de este proyecto en distintos ámbitos.

2.1. Estudios de viabilidad.

En este apartado se estudia el presupuesto inicial de inversión del prototipo, el estudio de mercado y la estrategia comercial.

2.1.1. Estudio del mercado.

El estudio empieza con una inserción en el mercado de los temporizadores de riego de una de las tiendas más conocidas de España, Leroy Merlin. En la siguiente tabla se mostrarán modelos de temporizador, su coste y las características más importantes de los modelos.

Tabla 1. Temporizadores del mercado. Fuente: elaboración propia.

| Modelo del producto | Ventajas y desventajas |
|--|--|
| <p>Nombre: Programador digital de grifo GEOLIA de 2 vías con entrada de sensor de lluvia.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Cuatro intervalos de riego al día. • Roscado de grifo: 15 x 21 / 20 x 27. • 2 vías de salida. • Selección de días de riego. • Función manual y automática. • Indicador de baja batería. • Programación individual por días. • Digital. • Posibilidad de conectar sensor manual de humedad. • Hasta 6 bares. • Funciones añadidas como DELAY. |

Arturo García Sánchez

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• Diseño en plástico.• Instalación sencilla.• Precio: 56,99 €. |
| <p>Nombre: Programador de grifo con pilas NATRAIN de 1 vía(s).</p>  | <ul style="list-style-type: none">• Manual.• 1 vía de salida.• Diseño en plástico.• Una única forma de programación.• Repite el ciclo de tiempo.• No tiene pantalla.• Instalación sencilla.• Muy sencillo.• Tiempo máximo entre las repeticiones es de 24 horas.• Precio: 24,49 €. |

Arturo García Sánchez

Nombre: Programador de riego digital GEOLIA de 1 vía con entrada de sensor de lluvia.



- Cuatro intervalos de riego al día.
- Roscado de grifo: 15 x 21 / 20 x 27.
- 1 vías de salida.
- Selección de días de riego.
- Función manual y automática.
- Programación individual por días.
- Indicador de baja batería.
- Digital.
- Posibilidad de conectar sensor manual de humedad.
- Hasta 6 bares.
- Funciones añadidas como DELAY.
- Diseño en plástico.
- Instalación sencilla.
- Precio: 39,99 €.

Nombre: Programador eléctrico para electroválvulas GARDENA de 4 vía(s).



- Programador para electroválvulas (controlador).
- 4 vías y 6 electroválvulas distintas.
- Solo tiene la parte del controlador.
- Digital.
- 12 riegos por día.
- Control de válvula maestra.
- Necesitas una instalación costosa.
- Necesita un mayor conocimiento de los sistemas y actuadores.
- Cuatro intervalos a lo largo del día.
- Selección de días de riego.
- No puede controlar el flujo de agua directamente.
- Precio: 76,99 €.

Arturo García Sánchez

Nombre: Programador de grifo 1 vía cierre membrana JARDIBRIC para goteo y nebulización.



- Manual.
- 1 vía de salida.
- Diseño en plástico.
- Una única forma de programación.
- Repite el ciclo de tiempo.
- No tiene pantalla.
- Instalación sencilla.
- Muy sencillo.
- Se especializa en la función de nebulización y goteo.
- Tiempo máximo entre las repeticiones es de 1 semana.
- Precio: 28,99 €.

Nombre: Programador de grifo con pilas GARDENA de 1 vía.



- Manual.
- 1 vía de salida.
- Diseño en plástico.
- Una única forma de programación.
- Repite el ciclo de tiempo.
- No tiene pantalla.
- Instalación sencilla.
- La válvula aguanta 12 bares.
- Tiene programas para regar.
- Muy sencillo.
- Se especializa en la función de nebulización y goteo.
- Tiempo máximo entre las repeticiones es de 1 semana.
- Precio: 32,99 €.

Arturo García Sánchez

| | |
|---|--|
| <p>Nombre: Programador IP 68 con electroválvula 9 VDC 1 zona RAIN.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Cuatro intervalos de riego al día. • Roscado de grifo: 20 x 27. • 1 vía de salida. • Protegido contra el agua. IP 68. • Función manual y automática. • Programación individual por días. • Indicador de baja batería. • Digital. • Resistencia de 12 bares. • Funciones añadidas como DELAY. • Diseño en plástico. • Instalación sencilla. • La electroválvula está separada del controlador (pero se compran los dos a la vez). • Precio: 56,99 €. |
| <p>Nombre: Programador de grifo 2 vías CLABER Dual Select a pila con 98 programas elegibles.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • Tres intervalos de riego al día. • Roscado de grifo: 20 x 27. • 2 vías de salida. • Selección de días de riego. • Función manual y automática. • Indicador de baja batería. • Programación individual por días. • Digital. • Hasta 12 bares. • 96 programas de riego. • Funciones añadidas como DELAY. • Diseño en plástico. • Instalación sencilla. • Precio: 99,99 €. |

Arturo García Sánchez

| | |
|--|---|
| <p>Nombre: Programador de riego RAIN BIRD 4 zonas electroválvulas 24V (Compatible wi-fi).</p>  <p>The image shows a white Rain Bird ESP-RZxe irrigation controller. It features a green top panel with a digital display and several control buttons. The display shows the day of the week (M T W TH F S SU) and the number of zones (1-7). The controller has a 'RAIN BIRD' logo on the front.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Programador para electroválvulas (controlador). • 4 vías. • Solo tiene la parte del controlador. • Digital. • Control de válvula maestra. • Necesitas una instalación costosa. • Necesita un mayor conocimiento de los sistemas y actuadores. • Controla electroválvulas de 24 V. • Seis intervalos a lo largo del día. • Conexión por wifi. • Selección de días de riego. • No puede controlar el flujo de agua directamente. • Precio: 59,99 €. |
| <p>Nombre: Programador B-Hyve WiFi para 6 electroválvulas, programación inteligente SMART.</p>  <p>The image shows an Orbit B-Hyve WiFi irrigation controller. It has a grey and white design with a large digital display. The display shows the current time (12:30), the next start time (6:30 AM), and the day of the week (Th). The controller has several buttons: BACK, CLEAR, PROG A B C, and RAIN DELAY. The Orbit logo is visible on the top left.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Programador para electroválvulas (controlador). • 6 vías. • Solo tiene la parte del controlador. • Digital. • 12 riegos por día. • Control de válvula maestra. • Necesitas una instalación costosa. • Necesita un mayor conocimiento. • Cuatro intervalos a lo largo del día. • Selección de días de riego. • No puede controlar el flujo de agua directamente. • Conexión por wifi y aplicación móvil. • Precio: 187,99 €. |

Arturo García Sánchez

Estudiando esta muestra de temporizadores, se sacan las condiciones mínimas de nuestro diseño:

- El sistema debe permitir el trabajo con un mínimo de 6 bares de presión de agua.
- Una vía de agua.
- Un programa de riego.
- Sistema de interacción con el usuario.
- Sistema alimentado por batería.
- Las cajas tienen la IP68 a prueba de agua.

Después de contemplar los modelos podemos hacer las siguientes conclusiones:

- Casi ninguno de ellos, tiene un sistema de seguridad que prevenga el malgasto de agua por avería. Solo tienen esta capacidad los programadores de alta gama, en los cuales solo se vende el controlador, no se venden ni las electroválvulas para controlar el sistema, ni los sensores.
- Muchos de ellos, tienen una pantalla digital y un teclado para una mayor comodidad del usuario.
- La selección de días concretos aumenta el precio y la sofisticación del sistema, ya que los más básicos solo programan la hora de riego (ya que no seleccionan uno a uno los días de riego).
- Salvo el controlador de alta gama, ninguno tiene una redundancia de seguridad o detecta algún tipo de avería, y el de alta gama no tiene ninguna electroválvula incorporada.
- Los controladores de alta gama necesitan una instalación costosa de todo el sistema de riego, normalmente proporcionado por la propia compañía.
- Los sistemas más analógicos ofrecen unas repeticiones del ciclo de riego en intervalos de periodos de tiempo fijos, esto quiere decir que pueden repetir el intervalo de tiempo periódicamente con una diferencia en múltiplos de 12 horas.

2.1.2. Estrategia comercial.

En este apartado se analizará la estrategia de inserción en el mercado y la diferenciación entre los demás productos.

Arturo García Sánchez

Se estudia la diferenciación de este producto frente a los demás. Para ello se compara con los productos del estudio de mercado:

- La competencia más directa que hace este producto es a los controladores de gama alta como, por ejemplo, el “Programador B-Hyve WIFI”, ya que ofrece un control de caudal general respecto a subpartidas de riego. En este aspecto, el sistema propuesto ofrece la misma funcionabilidad a través del módulo de seguridad.
- Además, el sistema propuesto añade una gran ventaja respecto a los controladores de gama alta, la cual es que ya tiene implantado las electroválvulas y todos los componentes para una rápida instalación, no necesitas un técnico y un sistema a parte para que empiece a funcionar.
- La mejora respecto a los temporizadores de gama baja no digitales, es el sistema de seguridad y la programación de los intervalos de riego por días de la semana.
- La mejora respecto a la gama media de temporizadores, es el sistema de seguridad y el control por volumen del caudal de agua.

Las desventajas del sistema propuesto frente a los ya existentes son:

- El sistema solo puede tratar un programa de riego, mientras que los temporizadores digitales pueden llevar más de un programa de riego.
- El sistema no cuenta con programaciones adicionales de modos de comportamiento ante causas ambientales.
- Solo tiene una vía de entrada y salida de agua.

Se proponen dos ofertas de producto para acceder a dos segmentos de la población:

- Una oferta con solo el producto principal, ya que este podrá hacer las funciones del sistema de control de averías excepto una, pero no contará con el sistema de redundancia de seguridad.
- Una oferta completa con los dos módulos, que contempla todos los casos de averías.

Arturo García Sánchez

La primera oferta es para los usuarios que solo dispongan de una única toma de agua, y que de ahí conecte el riego directamente. El cliente no ve necesario el segundo equipo de redundancia por la simpleza de su instalación o por la incompatibilidad para su correcta instalación.

La segunda oferta está dedicada a clientes con un sistema de riego más complejo. El usuario cuenta con una parcela de riego que se nutre de una de las vías de la acometida general de agua, y puede instalar el módulo de seguridad en esa acometida general de agua.

En ambas ofertas, se sigue la misma estrategia comercial de líder en costes, para que el índice de clientes del sector de cada oferta se incremente.

2.1.3. Coste del prototipo.

En este apartado se expondrá el costo de fabricación del prototipo, que no es el mismo que el coste de fabricación de las unidades ya en proceso de fabricación. Las mayores diferencias del presupuesto del prototipo son:

- En la compra de los elementos del prototipo no tienen descuentos por compra grandes.
- Algunos elementos se sustituyen por otros sistemas más baratos.

Se dividen en dos presupuestos distintos, el módulo principal y el módulo de seguridad.

Arturo García Sánchez

Módulo principal:

Tabla 2. Coste módulo principal prototipo. Fuente: elaboración propia.

| Número | Cantidad | Descripción | Precio unitario | Coste de envío | Subtotal |
|--------------|----------|---|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 31,00 € | 0,00 € | 31,00 € |
| 2 | 1 | Electroválvula Biestable | 6,60 € | 2,20 € | 8,80 € |
| 3 | 4 | Resistencia 390Ω | 0,03 € | 1,10 € | 1,22 € |
| 4 | 4 | 2N4401 | 0,25 € | 1,20 € | 2,20 € |
| 5 | 3 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € | 3,68 € |
| 6 | 1 | Caudalimetro | 4,07 € | 2,20 € | 6,27 € |
| 7 | 1 | PCB | 9,20 € | 74,26 € | 83,46 € |
| 8 | 1 | RTC DS 3231 | 4,23 € | 1,30 € | 5,53 € |
| 9 | 1 | Latiguillo de 1/2 pulgada y 20 cm de largo. | 1,45 € | 0,00 € | 1,45 € |
| 10 | 2 | Conector grifo (Hembra) 1/2 pulgada | 0,99 € | 0,00 € | 1,98 € |
| 11 | 1 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,00 € | 2,50 € |
| 12 | 8 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € | 0,16 € |
| 13 | 1 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € | 1,35 € |
| 14 | 1 | PowerBank 5V | 11,00 € | 0,00 € | 11,00 € |
| 15 | 4 | Tuercas M4 | 0,04 € | 0,00 € | 0,16 € |
| 16 | 4 | Arandelas M4 | 0,09 € | 0,00 € | 0,36 € |
| 17 | 1 | TouchPad (PCB) | 4,50 € | 0,00 € | 4,50 € |
| TOTAL | | | | | 165,62 € |

Módulo de seguridad:

Tabla 3. Coste módulo de seguridad prototipo. Fuente: elaboración propia.

| Número | Cantidad | Descripción | Precio unitario | Coste de envío | Subtotal |
|--------------|----------|--------------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 31,00 € | 0,00 € | 31,00 € |
| 2 | 1 | Resistencia 4,7 kΩ | 0,03 € | 1,10 € | 1,13 € |
| 3 | 1 | 2N2222A | 0,25 € | 1,20 € | 1,45 € |
| 4 | 1 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € | 2,04 € |
| 5 | 1 | 1N4007 | 0,15 € | 0,00 € | 0,15 € |
| 6 | 1 | PCB | 6,69 € | 0,00 € | 6,69 € |
| 7 | 1 | G5LE-1 | 1,58 € | 1,30 € | 2,88 € |
| 8 | 2 | DRG-01 | 0,46 € | 0,58 € | 1,50 € |
| 9 | 1 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,00 € | 2,50 € |
| 10 | 6 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € | 0,12 € |
| 11 | 1 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € | 1,35 € |
| 12 | 1 | Bombilla de 220 V | 2,00 € | 0,00 € | 2,00 € |
| 13 | 1 | Zumbador | 0,99 € | 1,23 € | 2,22 € |
| 14 | 1 | Transformador de 220 V a 5 V | 3,70 € | 2,33 € | 6,03 € |
| 15 | 1 | Casquillo de bombilla | 0,70 € | 0,00 € | 0,70 € |
| TOTAL | | | | | 61,76 € |

2.2. Estudios propios.

2.2.1. Estudio de impermeabilidad.

En este apartado se definen las normas de resistencia al agua y al polvo que necesita el dispositivo por estar en contacto con el agua.

Por ello, se investiga los estándares y normas IP. Estos estándares se utilizan en la industria para identificar la protección de un equipo ante los agentes externos, como el agua y el polvo. Contra más estándares IP cumpla el producto, significará que el equipo resistirá a los medios con mayor facilidad y su durabilidad será mayor.

El sistema de clasificación IP es la forma de clasificar las máquinas eléctricas según su protección. Cuyos estándares hacen referencia a la norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection [3].

Este estándar se representa por dos números. El primer número indica la capacidad de resistencia ante el polvo y el segundo número indica la resistencia ante el agua.

La tabla de referencia del primer número (resistencia al polvo):

Tabla 4. Referencia a la resistencia al polvo. Normas IP. Fuente: Novelec [4]

| Nivel | Tamaño de objeto entrante | Efectivo contra |
|-------|-----------------------------------|--|
| 0 | | Sin protección |
| 1 | <50 mm | Una esfera de 50 mm no puede entrar por completo |
| 2 | < 12,5 mm | Una esfera de 12,5 mm no puede entrar por completo |
| 3 | < 2,5 mm | Una esfera de 2,5 mm no puede entrar por completo |
| 4 | < 1mm | Una esfera de 1 mm no puede entrar por completo |
| 5 | Protección contra el polvo | Protección estándar contra el polvo |
| 6 | Protección fuerte contra el polvo | El polvo no entra bajo ninguna circunstancia |

Arturo García Sánchez

La tabla de referencia del segundo número (resistencia al agua):

Tabla 5. Referencia a la resistencia al agua. Normas IP. Fuente: Novelec [4]

| Nivel | Protección frente a |
|-------|---|
| 0 | Sin protección |
| 1 | Goteo de agua |
| 2 | Goteo de agua |
| 3 | Agua nebulizada |
| 4 | Chorros de agua |
| 5 | Chorros de agua |
| 6 | Chorros potentes de agua |
| 7 | Inmersión completa de agua |
| 8 | Inmersión completa y continua en agua |
| 9K | Potentes chorros de agua a alta temperatura |

Por lo que el diseño debe de conseguir una resistencia mínima de agua de nivel 2 y un nivel 2 de protección contra el polvo.

Capítulo 3: Herramientas de desarrollo.

En este capítulo, se describirán las distintas herramientas y sistemas de fabricación necesarias para llevar a cabo el diseño.

3.1. Herramientas informáticas.

Se describen las herramientas en formato electrónico que se utilizan para el desarrollo del proyecto.

3.1.1. IDE Arduino.

El IDE Arduino [5] es un entorno de desarrollo integrado, formado por un conjunto de herramientas para la programación. Este conjunto de herramientas, se compone de un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica.

Otros beneficios de programar en este IDE son:

- Obtener muchas librerías de funciones.
- Programación en C++.
- Normalmente conexión por puerto serie a los microcontroladores.
- Multiplataforma.
- Código abierto.

Para este proyecto se utiliza en la programación de los dos dispositivos.

3.1.2. Proteus.

Proteus [6] es un programa informático para el diseño y simulación de circuitos electrónicos. Una de sus muchas capacidades es la simulación de microcontroladores dentro de esquemas eléctricos, los cuales pueden introducir la programación y simularlo con esta. También cuenta con funciones para el diseño de PCBs y visualización 3D de la placa.

Arturo García Sánchez

En este proyecto, se ha utilizado para la simulación de los circuitos eléctricos de cambio de polaridad de la corriente en la electroválvula.

3.1.3. KiCad.

KiCad [7] es un programa de diseño de PCBs de software libre. Contando con una enorme biblioteca de elementos electrónicos para el uso de los consumidores.

Este programa se utiliza en el proyecto para el diseño de las dos PCBs de los módulos. Cada una con un tamaño y forma diferente, para satisfacer distintas necesidades.

3.2. Herramientas para la fabricación.

Se describen las herramientas físicas que se utilizan para el desarrollo del proyecto.

3.2.1. Soldadura y montaje.

En este apartado se describirán las instalaciones y herramientas necesarias para el montaje de ambos módulos.

Primero se describen como deben ser unas instalaciones adecuadas para poder montar el equipo con seguridad:

- Lugar con una salida de aire. Debido a los posibles olores y a la suspensión de partículas en el aire que genera el montaje.
- Mesa de trabajo para soldar. Esta mesa no debe contener ningún elemento inflamable, ya que, debido a la temperatura que alcanza el soldador podría prender ese elemento

Las herramientas que se utilizan para el montaje de los dos módulos son:

- Taladradora: Se utiliza para hacer todas las perforaciones necesarias en la caja.
- Soldador: Se utiliza para soldar los componentes a las distintas PCBs.
- Destornillador: Se utiliza para todas las conexiones de los actuadores y sensores con las PCBs.

Arturo García Sánchez

3.2.2. Sistema de apantallamiento contra agentes externos.

En este aparato se describirán los diferentes métodos para obtener el apantallamiento del módulo principal frente al polvo y al agua.

Para conseguir el apantallamiento contra el polvo se utiliza la caja 221LTR para almacenar todo el sistema dentro, el cual, tiene una protección IP de 65 y previene la aparición del polvo dentro del dispositivo.

El apantallamiento contra el agua se puede utilizar los siguientes métodos:

- Apantallamiento a través de la protección IP65 que ofrece la caja 221LTR.
- Los componentes que constituyen el módulo principal se dividirán en dos cajas, una de ellas con toda la parte de sensores ya actuadores que tenga contacto directo con el agua y la segunda caja con los componentes que no tienen contacto con el agua. Para que se puedan conectar entre sí es necesario hacer unas perforaciones en ambas cajas, las cuales comprometen el apantallamiento frente al agua.

La solución es utilizar un gel aislante eléctrico en la junta entre los dos elementos. De esta forma previene que el agua fluya entre cajas y pueda dañar la parte electrónica.

Capítulo 4: Funcionabilidad del diseño.

Con la meta de satisfacer los objetivos de diseño de producto y las necesidades del cliente, se tienen que establecer las formas de comunicación y las funciones que tiene que desempeñar el conjunto de dispositivos.

4.1. Función básica.

Lo primero es definir el funcionamiento básico de los dispositivos que necesita el cliente:

- El usuario quiere que durante un intervalo específico de tiempo y repetible en los días de la semana, el sistema sea capaz de abrir la electroválvula cuando sea el inicio del intervalo, y cerrarla cuando sea el final del intervalo, a este intervalo se le ha llamado el intervalo de riego.
- Para ello, se define que las variables que maneja este proyecto son unidades de tiempo, y que los límites del intervalo de riego son dos fechas. Por ello, clama la necesidad de utilizar un módulo de tiempo real.
- Con esta especificación tan clara, se puede construir un ciclo de 24 horas, en el cual, parte de esas 24 horas será el intervalo de riego. Por lo que un ciclo completo se dividirá en dos partes, un ciclo de riego (donde la electroválvula deje pasar el agua), y un ciclo de no riego (donde la electroválvula no deje pasar el agua).
- También se identifica uno de los estados de la máquina, si está en riego y si no está en riego, cada uno de esos dos estados implica ciertas acciones en nuestro sistema.
- Este dispositivo tiene la capacidad de poder transportarlo a un sitio remoto, y sin que tenga una conexión de alimentación por cable. Por lo que, se propone utilizar una batería para la alimentación de este dispositivo.
- Este dispositivo tendrá dos conexiones de agua, una por la que entre el agua y otra por la que salga, y la electroválvula se dispondrá en medio de esas dos conexiones para poder interrumpir el flujo de agua.



Ilustración 3. Ciclo completo de riego. Fuente: elaboración propia.

Para este primer funcionamiento, se observa que tiene que haber un canal de comunicación entre la máquina y el usuario, que debe tener las siguientes características:

- El usuario tiene que ser capaz de poder introducir el intervalo de riego que quiera, y también los días de la semana que quiere que se repita esa semana.
- Por lo que el usuario debe de introducir mínimo dos horas distintas (una de inicialización y otra de finalización), y los días que se quiere repetir la alarma.
- Ante estos hechos, se propone una pantalla como método de comunicación entre el dispositivo y el usuario. También, se propone un teclado o botonera para la comunicación desde el usuario hacia la máquina.

4.2. Función de seguridad.

La función principal que se ha añadido a este diseño es:

- Sistema de seguridad ante averías del entorno y dentro del dispositivo. Con este sistema se consigue la fiabilidad de no desperdiciar el recurso del agua.

Para llevar a cabo un sistema de seguridad fiable, se propone una doble seguridad, a través de un dispositivo secundario de seguridad y de aviso.

- El segundo dispositivo está diseñado para cerrar la corriente de agua en conjunto con el primer dispositivo, como una doble redundancia de seguridad, el cual cortará el agua en caso de que se detecte una avería en el primer sistema.
- El segundo sistema de redundancia se diseña para que esté instalado a una cierta distancia del dispositivo principal, donde se encuentre una acometida de agua general que corte el conjunto de canales de agua donde exista la avería. Este dispositivo debe tener una comunicación inalámbrica con el primer dispositivo.
- El esquema físico del conjunto de dispositivos consiste en que el dispositivo principal situado en una superficie de regadío fuera del entorno más cercano del domicilio o la estación general, y el dispositivo de seguridad esté cerca o dentro del domicilio, el cual tenga acceso a las tuberías generales de riego.
- En base a la localización del aparato de seguridad, se propone que el circuito este integrado en el cuadro eléctrico, la electroválvula de cierre de seguridad se conecta a las tuberías de agua y que haya una conexión entre ambos por medio de cable. De esta forma, se separa de forma física el agua de la electrónica.
- El sistema de control de la electroválvula de seguridad gana dos ventajas prioritarias al estar instalado en el cuadro eléctrico. La primera ventaja, es que la fuente de alimentación del sistema y la electroválvula pueden estar alimentadas de 220V de la línea general. La segunda ventaja, es que se pueden añadir sistemas de seguridad eléctricas, como relés de seguridad térmicos y eléctricos, que protejan la instalación eléctrica.
- En retrospectiva del sistema de seguridad, se crea un segundo estado llamado emergencia, el cual se activa cuando el sistema primario detecta una avería. Cuando el sistema está en modo de emergencia, los dos dispositivos deben cortar el flujo del agua y deben de tener un comportamiento distinto al usual hasta que la avería se solucione.

Arturo García Sánchez

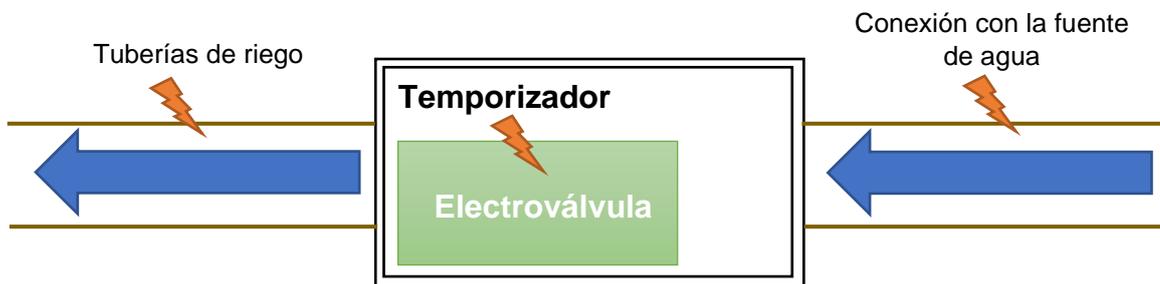


Ilustración 5. Visualización de averías.

Como se puede observar en las tres detenciones de averías, se necesita un sensor con el que se pueda calcular el volumen de agua por unidad de tiempo, para este requisito nuestro sistema utilizará un caudalímetro.

El sistema sería capaz de obtener un volumen de referencia de un ciclo completo de riego, y a partir de ahí, ir comparando las demás medidas de volumen de agua respecto a esa referencia.

4.4. Propuesta eco-friendly.

Las funciones que se identifican para ayudar al medioambiente a través de un diseño inteligente son:

- Sistema de ahorro de energía mientras el dispositivo no esté realizando una acción que requiera estar en funcionamiento. Este sistema constaría de métodos para reducir el consumo del aparato.

Las dos vertientes propuestas son: una electroválvula biestable, y la selección de la placa base con funciones de ahorro de energía.

- Otra propuesta para contribuir con el ecosistema y no generar tanto residuo, es utilizar una Power Bank como método de alimentación en el módulo que no vaya conectado a la red.



Arturo García Sánchez

Capítulo 5: Hardware del diseño.

En este capítulo se define el esquema eléctrico, entrando en detalle de cada sección del diseño.

El proyecto contiene dos dispositivos diferenciados:

- El módulo principal: El cual se encarga del sistema de seguridad, la programación de alertas, la interacción entre el usuario/máquina y el control del flujo del agua.
- El módulo de seguridad: El cual se encarga de la redundancia del sistema de seguridad del riego, y de un aviso por vía de alerta sonora.

Ambos módulos tienen que tener un sistema de comunicación inalámbrica. Los esquemas eléctricos de los dos dispositivos se disponen en la carpeta “Esquemas” del anexo, siendo el esquema del módulo principal el 03 y el esquema del dispositivo de seguridad el 04.

5.1. Módulo principal.

5.1.1. Módulo del microcontrolador.

Se ha escogido una placa Heltec Wifi LoRa V2 [8] por todas sus características técnicas, las cuales se adaptan perfectamente al proyecto:

- Microcontrolador ESP32 de doble núcleo de 32 bits.
- Conector Micro USB para la transmisión de datos, y también sirve como conexión a la fuente de alimentación.
- Módulos de conexión inalámbrica como: WIFI, LORA y Bluetooth.
- Pantalla OLED de 0,96 pulgadas integrada.
- Integración del puerto CP2102 USB.
- El sistema se puede programar en el ID de Arduino.
- Modo Deep Sleep que consume menos de 800 μ A.
- Pines analógicos, digitales, pines de 5V y 3,3V.
- Se puede alimentar por el puerto micro USB, una batería tipo LIPO, por las patillas de 5 V y 3,3 V.



Ilustración 6. Heltec LoRa V2. Fuente: Heltec Automation.[8]

Características del microcontrolador ESP32 [9]:

- Doble núcleo, el cual puede destinar distintas tareas que se realicen en distintos núcleos simultáneamente.
- Pines habilitados para las funciones de medida de pines táctiles capacitivos.
- Dos canales de transmisión con el protocolo I2C. Cada uno tiene la capacidad de conectar 30 dispositivos distintos simultáneos al bus de datos.
- Modo Deep Sleep que consume menos de 800 μ A.
- Operando a 240 MHz.
- Motor PWM.

Para la programación solo se va a utilizar un único núcleo, ya que, con la velocidad de procesamiento, está más que cualificado para realizar con éxito y sin retardo la programación diseñada.

5.1.2. Sistema de alimentación.

Este apartado identifica la alimentación necesaria para que el módulo principal funcione a óptimas condiciones.

Para este sistema se ha propuesto la alimentación a través de una Power Bank por el puerto micro USB. Las ventajas de esta decisión son:

- Un sistema que abandona el uso indiscriminado de pilas que después se desechan, disminuyendo los residuos.
- Es recargable.
- Uso fácil y sencillo en la conexión y desconexión.
- Intercambiable con otras Power Bank si se quiere una mayor capacidad.

Arturo García Sánchez

Para seleccionar la Power Bank hay realizar el estudio de consumo del sistema en las distintas situaciones. Este estudio concluirá con la comprensión de la cantidad de energía que puede suministrar la batería, y durante cuánto tiempo es capaz de suministrarla.

El estudio se realiza con las siguientes condiciones iniciales:

- El sistema se estudia a 24 horas.
- El consumo teórico de la electroválvula es de 450mA, aunque experimentalmente es de 330 mA.

Estudio de consumo:

Tabla 6. Consumo energético puntual. Fuente: elaboración propia.

| Proceso | Consumo puntual (mA) |
|---------------------------|----------------------|
| Modo Deep Sleep | 14,4 |
| Despertar | 57,7 |
| Activar electroválvula | 430 |
| Desactivar electroválvula | 430 |
| Despierto, OLED On | 63,3 |
| Despierto, OLED Off | 57,7 |
| Mensaje LORA | 74 |

Se hace una estimación del consumo más habitual en una hora:

Tabla 7. Estimación del consumo habitual. Fuente: elaboración propia.

| Proceso | Consumo puntual (mA) | Tiempo de consumo (horas) | Consumo (mA*h) |
|-----------------|----------------------|---------------------------|----------------|
| Modo Deep Sleep | 14,4 | 1,00 | 14,4 |
| Despertar | 57,7 | 0,02 | 0,961666667 |
| TOTAL | | | 15,36166667 |

Se propone que la Power Bank tenga suficiente capacidad para que el sistema funcione durante al menos 10 mes sin recargar para el prototipo. Para este objetivo se elige una Power Bank de 5500 mA*h.

$$\text{Horas de uso} = \frac{\text{Capacidad de la batería}}{\text{Consumo}} = \frac{5000}{15,36} = 325,52 \text{ horas.}$$

Se pasa de horas a días:

Arturo García Sánchez

$$Dias = \frac{Horas}{24} = \frac{325,52}{24} = 13,56 \text{ días.}$$

Se ha elegido el modelo “Batería Externa 5000 mAh, SIXTHGU Power Bank Mini portátil”.

5.1.3. Sistema de visualización.

Este apartado identifica la forma que tiene el equipo de transmitir la información prioritaria para el usuario.

El sistema de visualización que se va a utilizar es la pantalla OLED de la propia placa Heltec. Es una pantalla de 0,96 pulgadas, la cual se puede cambiar el tamaño de la fuente y se puede ver en la oscuridad. La pantalla ya está integrada a la placa, por lo tanto, no se necesita utilizar los pines libres de la placa.

Ejemplo:



Ilustración 7. Pantalla OLED. Fuente: elaboración propia

5.1.4. Sistema de reloj de tiempo real.

Este apartado identifica la unidad de reloj de tiempo real necesaria para que el módulo principal funcione a óptimas condiciones.

Arturo García Sánchez

El módulo necesita un sistema para que se almacene el tiempo real, y poder programar alarmas que se van a utilizar en la programación. El dispositivo que se ha propuesto para este cometido es: RTC DS 3231.

Este dispositivo se conecta a la Heltec por el BUS I2C, para ello las patillas de SCL y SDA (patillas de comunicación I2C) se conectan al primer canal I2C del ESP32. También se utilizará la patilla SQW para el aviso de alarmas de la RTC. Se alimenta este dispositivo con el pin de 3,3V y GND de la Heltec.

El funcionamiento de este dispositivo es tal que:

- Programando la fecha y hora actual, el sistema es capaz de mantener esos datos en el tiempo y con la evolución pertinente del tiempo funciona como de un reloj digital.
- También tiene la capacidad de programar alertas o alarmas. Para poder programarlas es necesario introducir la fecha y hora en el módulo por el bus I2C. La RTC comprueba cada instante su hora actual con la hora programada por alarma, cuando coinciden el módulo levanta un banderín. Hay dos formas de comprobar el banderín: consultando el estado de la alarma por el BUS I2C o consultando el pin SQW.
- Cuando el banderín de la alarma se alza y se reconoce, se puede resetear esta alarma y configurar una nueva.
- Gracias a la pila de botón que se puede anexas al módulo, el sistema no pierde la hora, aunque pierda la alimentación por su patilla VCC.

5.1.5. Sistema de módulos de entradas.

Este apartado identifica las unidades de entrada necesarias para que el módulo principal funcione a óptimas condiciones. Este sistema cuenta con dos sensores como entradas, el caudalímetro y el Touchpad.

Caudalímetro:

El caudalímetro es un sensor que mide el volumen de un líquido en un determinado tiempo que atraviesa la sección. Aunque hay muchos tipos de caudalímetros según el método de medición, para este proyecto se ha utilizado un caudalímetro de turbina de efecto Hall de ½ pulgadas. Se ha elegido ½ pulgadas de diámetro porque es una medida estándar y más utilizada en el sector de jardinería y fontanería.

Arturo García Sánchez

El modelo del caudalímetro es YF-S201 que soporta 17 Bar de presión, teniendo en cuenta que en el Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006) [10] dicta que la presión mínima de grifos comunes es de 1 bar y presión máxima de 5 bares, por lo que es compatible con las instalaciones en grifos comunes.

El funcionamiento de este sensor es sencillo:

- El caudal de agua entra en el sensor y hace girar la pequeña turbina que tiene.
- La turbina tiene un pequeño imán, que cada vez que gira una vuelta completa activa el sensor de efecto Hall.
- El cual crea un impulso que lo recoge la tarjeta Heltec.
- Para calcular el caudal de agua en un determinado tiempo utilizamos la siguiente fórmula:

$$Q(l/min) = \frac{f}{K}$$

Donde K es una constante que depende del diámetro del canal. En este caso es de 7,5.

La frecuencia la obtenemos por la cantidad de pulsos que transmite el caudalímetro por unidad de tiempo.

- Para calcular el volumen aplicamos la siguiente fórmula:

$$V(L) = Q \left(\frac{l}{min} \right) * \Delta t$$

El caudalímetro tiene tres patillas conectadas a la Heltec de la siguiente forma:

- VCC conectado a 3,3V de la placa Heltec.
- GND conectado a GND de la placa Heltec.
- LECTURA conectado a un pin digital de la Heltec.

Touchpad:

El Touchpad es una placa de circuito impreso que se ha dividido en 6 segmentos creando una cruceta y el exterior, cuyos segmentos están separados por GND. Cada elemento de la cruceta está conectado a través de una ruta a una salida de un pin.

Arturo García Sánchez

Esos pines se conectarán a las entradas de la Heltec y servirán como botones táctiles. La placa puede leer que el usuario ha pulsado una de estas teclas con el siguiente mecanismo:

- La entrada tiene asociada una corriente alterna pequeña que oscila a una determinada frecuencia.
- Cuando se toca una de las teclas que está asociada a esa corriente, esta se retrasa, ya que se pone en contacto nuestro cuerpo, que actúa como un condensador, retrasando la señal. Por lo que, son pines que leen la variación de la capacidad.

Es un método sencillo de fabricar, y la ventaja en este proyecto es que puede leer el cambio de capacidad a través de paredes finas de plástico.

Esquema:

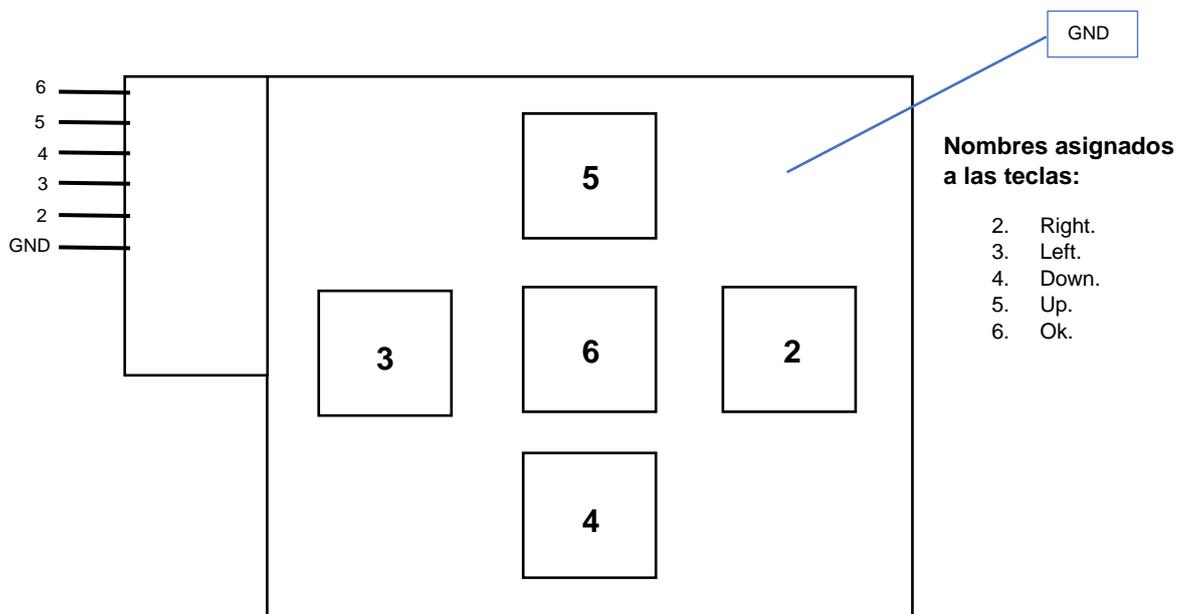


Ilustración 8. Esquema Touchpad. Fuente: elaboración propia.

5.1.6. Sistema de módulos de salidas.

Este apartado identifica las unidades de salida necesarias para que el módulo principal funcione a óptimas condiciones. Se ha utilizado un único actuador que es una electroválvula.

Arturo García Sánchez

Se ha escogido una electroválvula de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro con las siguientes características:

- Electroválvula biestable: Para abrir y cerrar la electroválvula es necesario dos tipos de pulsos por los bornes de la electroválvula. Esta electroválvula no está ni normalmente abierta, ni normalmente cerrada, ya que sí se deja de alimentar a la electroválvula su estado será cerrado o abierto, dependiendo del último estado.
- Al ser biestable, el consumo es mucho menor y puntual respecto a cualquier otra electroválvula convencional.
- Opera entre 3V y 5V de CC.
- Consume 450 mA teóricos. Pero por vía de experimentación se ha comprobado que consume 350 mA.
- Presión de funcionamiento: 0,02-1,0 MPa.

Para esta electroválvula se necesita invertir la polaridad de la intensidad para poder abrirla y cerrarla.

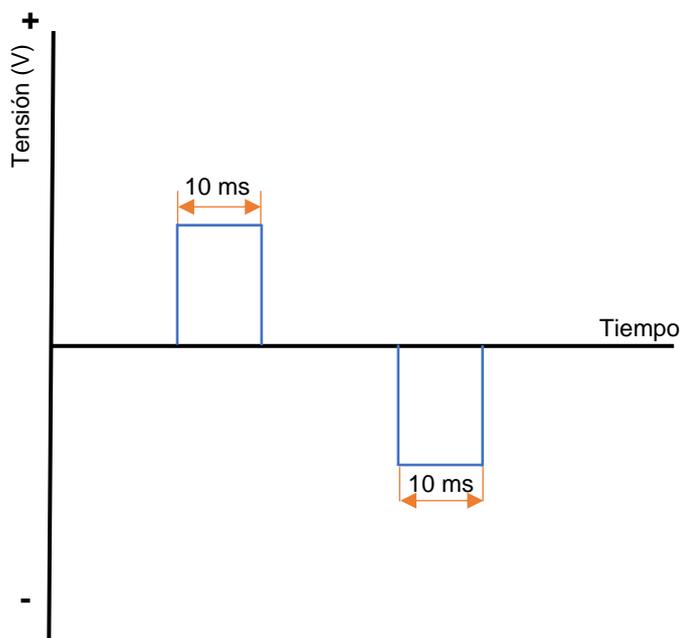


Ilustración 9. Comportamiento electroválvula. Fuente: elaboración propia.

Para generar estos pulsos se propone un circuito eléctrico de cambio de inversión parecido a los circuitos de cambio de giro de los motores eléctricos. Este circuito lo controlarán dos patillas digitales del microcontrolador, cuando se pone a 1 una de las patillas, se crea un pulso positivo, y cuando se 1 a uno otra de las patillas, se hace un pulso negativo.

Arturo García Sánchez

El circuito está diseñado con transistores 2N4401 los cuales son capaces de resistir 600 mA de intensidad en el colector, este es un dato importante porque la intensidad máxima que requiere la electroválvula es de 450 mA.

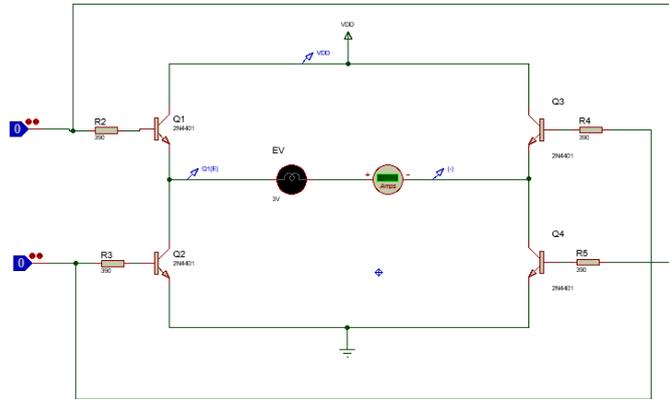


Ilustración 10. Circuito de cambio de polaridad. Fuente: elaboración propia.

Se han dispuesto cuatro transistores para hacer el cambio de polaridad. La bombilla del circuito simula la electroválvula que consume 450 mA.

Tiene que haber una corriente de base específica para que haya una gran intensidad circulando por el colector debido al comportamiento de los transistores. Para obtener esa corriente de base específica tenemos que hacer los siguientes cálculos:

Datos iniciales:

- Los transistores funcionarán en corte y saturación.
- La tensión del pin de salida del microcontrolador es de 3,3 V.
- $V_{BE} = 0,7$ V.
- Se quiere una intensidad de unos 7 mA en la base del transistor para que la intensidad el colector aumente hasta los 350 mA. Estos datos se han sacado del datasheet del 2N4401 del anexo de Datasheet número 05.

$$R = \frac{V_{pin} - V_{BE}}{I} = \frac{3,3 - 0,7}{7} = 371 \Omega \sim 390 \Omega$$

La conexión VDD se conecta a la salida de 5 V de la placa Heltec, ya que esta es capaz de suministrar 500 mA y así se puede alimentar todo el circuito por la Heltec.

Arturo García Sánchez

5.1.7. Sistema de comunicación.

El sistema de comunicación que se utiliza para la transmisión de datos entre los dispositivos es LoRa.

Las características del sistema LoRa son:

- Transmite mensajes de pocos bytes (124 bytes).
- Bajo consumo de energía.
- Conectividad de larga distancia: 3 km útiles y con un máximo de 5 km.
- Conectividad segura por triple encriptación.
- Envío bidireccional.
- Opera en frecuencias libres.
- Evitan posibles ruidos del medio por el que se transmite.
- Bajo coste de infraestructura.

La comunicación LoRa ya está implantada en la placa Heltec, esta es una de las razones de la selección de esta placa.

5.1.8. Diseño de PCB.

Se plantea la fabricación de la PCB que contenga y conecte los siguientes dispositivos:

- Placa Heltec Wifi LoRa 32.
- Conector de tres pines para el caudalímetro.
- Conector de dos pines para la exlectroválvula.
- Dos conectores de tres pines para el TouchPad.
- RTC DS 3231.
- Sistema de cambio de polaridad de la electroválvula. Compuesto por cuatro transistores y cuatro resistencias.

Las conexiones entre los diferentes componentes están descritas en el anexo 03 de la carpeta de esquemas.

El contorno de la placa está diseñado para que se introduzca dentro de la caja contenedora, con un margen respecto a la pared de 4 mm. Con 4 perforaciones para tornillo M4 y una perforación de 7 mm de diámetro en la parte central.

Arturo García Sánchez

El esquema de la placa es:

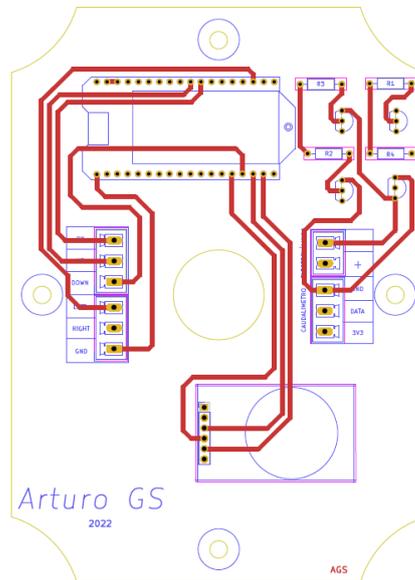


Ilustración 11. PCB Modulo principal Forward. Fuente: elaboración propia.

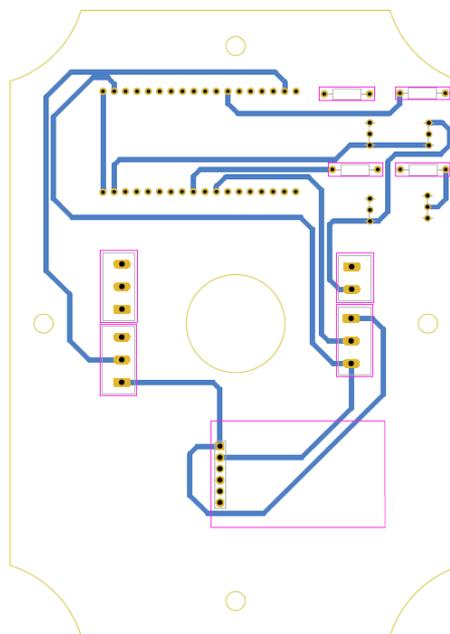


Ilustración 12. PCB Módulo principal Backward. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

5.1.9. Sistema de montaje.

El primer módulo se monta en dos partes separadas que más adelante se unen. Es debido a la facilitación en el montaje de los distintos elementos de cada una de las partes, también a la separación entre la electrónica y los elementos que están en contacto con el agua. Se monta cada conjunto de dispositivos en una caja eléctrica.

Se utiliza la caja 221LTR del fabricante JSL cuyas características son:

- Tamaño: 150x110x70 mm.
- Tapa transparente.
- IP: 65.
- Sin perforaciones de fábrica.

Caja de electrónica:

La primera caja eléctrica se utiliza para montar la PCB y el touchpad. La PCB está atornillada al fondo de la caja con cuatro tornillos rosca-chapa de M4 y el touchpad se pega a la tapa transparente por la parte interior de la caja con silicona caliente.

También se hace un agujero en el centro del culo de la caja de 7 mm de diámetro para las conexiones de las dos cajas.

Caja de control de caudal:

La segunda caja eléctrica se utiliza para el montaje de la entrada y salida de agua, entre estas dos se encuentra la válvula de control y el caudalímetro. Se tiene que hacer varios agujeros en la caja para montar este diseño, dos de ellos en las paredes de la caja, de ½ pulgada para que uno de los extremos de la electroválvula y del caudalímetro se introduzcan por esos orificios.

También se hace un agujero en el centro del culo de la caja de 7 mm de diámetro para las conexiones de las dos cajas.

Se utiliza un latiguillo de ½ pulgada para unir el caudalímetro y la electroválvula entre sí. El latiguillo tiene dos roscas hembra libres que son perfectas para el montaje del

Arturo García Sánchez

sistema. También se deja margen enrollado del propio latiguillo para prevenir el golpe de ariete.

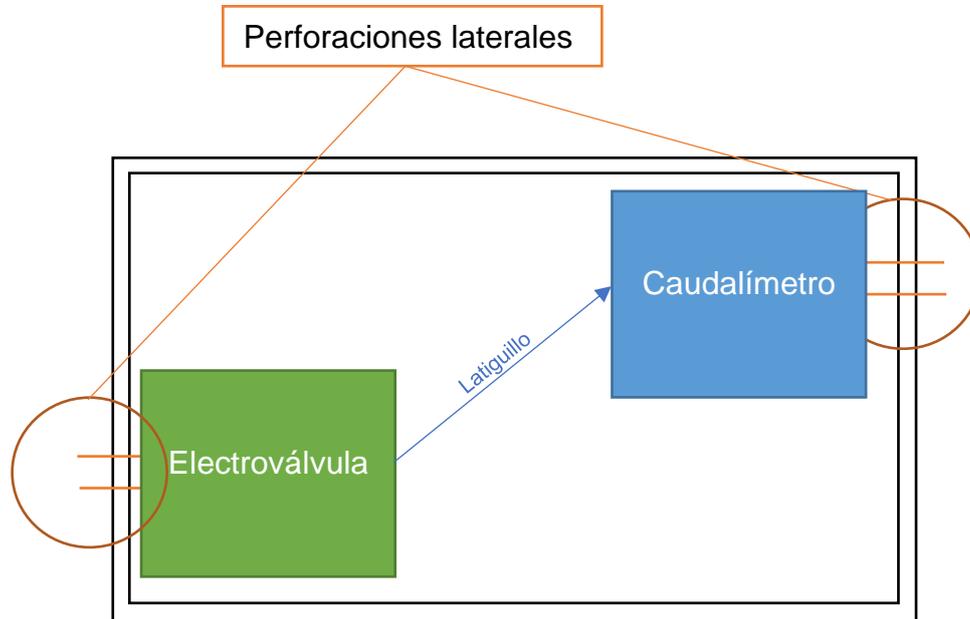


Ilustración 13. Esquema control de caudal. Fuente: elaboración propia.

El flujo de agua circulará desde la electroválvula hacia el caudalímetro. Los dos elementos antes mencionados se sujetarán a la estructura a través de las perforaciones. Cada dispositivo tiene dos salidas de tipo macho, una de ellas se introducirá por una de las perforaciones. Desde fuera se enrosca un conector para grifo hembra (conector rápido) a cada conexión que haya quedado fuera de la caja.

Se han elegido conectores rápidos para la comodidad del usuario a la hora de conectar las gomas de riego.

Montaje final:

Las dos cajas se atornillarán una a la otra para que formen un único cuerpo sólido, pudiendo ser capaz de conectar la electroválvula y el caudalímetro a la placa.

Para ello se atornillarán ambos culos de las cajas, quedando entre medias el agujero antes mencionado. Ese agujero sirve de puente para los cables que conectan el caudalímetro y la electroválvula con la placa.

Arturo García Sánchez

Por último, la batería Power Bank irá en uno de los lados de la caja que tiene contacto con el agua y se conectará a través del puerto micro USB de la placa Heltec.

5.2. Módulo de seguridad.

5.2.1. Módulo del microcontrolador.

Se ha vuelto a elegir la placa Heltec Wifi LoRa V2 por tener la comunicación LoRa, ya que este módulo tiene que priorizar una comunicación segura y fiable.

5.2.2. Sistema de alimentación.

En este módulo hay que alimentar a dos partes diferentes de dos formas diferentes:

- Alimentación a la electroválvula de 220V en corriente alterna.
- Alimentación a la placa Heltec con 5 V en corriente continua.

Para este cometido se decide que este elemento tendrá una única fuente de alimentación de 220V en corriente alterna, la cual se alimentará a un transformador y a la electroválvula.

El transformador transformará los 220 V de corriente alterna a 5 V en corriente continua, a través de electrónica de potencia, con una potencia de 15 W. A su vez, este transformador alimentará a las patillas de 5 V y GND de la placa Heltec.

5.2.3. Sistema de módulos de salidas.

En el módulo de seguridad hay tres salidas diferentes:

- El sistema que acciona la electroválvula de seguridad.
- El zumbador.
- Electroválvula normalmente abierta de 220 V en corriente alterna de ½ pulgada.

Arturo García Sánchez

El zumbador:

El zumbador es un elemento electrónico que si se alimenta con una corriente continua hace un sonido agudo.

El módulo electrónico se conecta directamente a una salida digital de la placa Heltec, de tal forma que cuando se activa el pin digital, el zumbador suena.

Sistema de accionamiento de la electroválvula:

Se plantea un sistema de accionamiento porque la electroválvula funciona a 220 V en corriente alterna y el dispositivo de control usa 5 V de corriente continua, por lo que se imposibilita la conexión directa entre dispositivos. Este sistema utiliza los siguientes componentes:

- Una resistencia de 4,7 kΩ.
- Un relé modelo G5LE-1.
- Un diodo modelo 1N4007.
- Un transistor modelo 2N2222A.

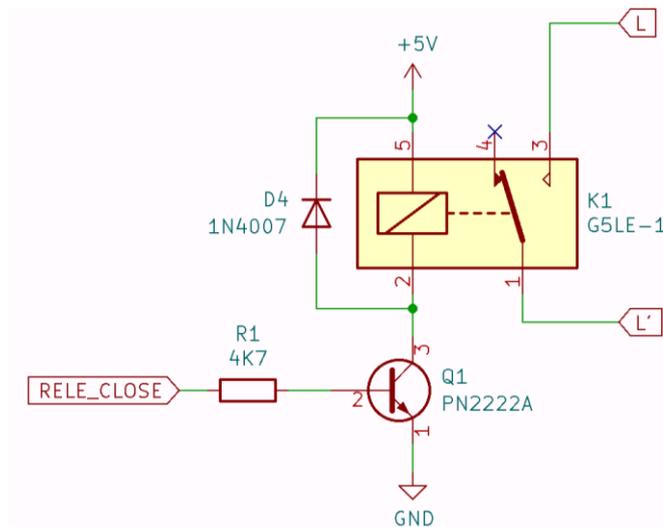


Ilustración 14. Sistema de accionamiento. Fuente: elaboración propia.

Con este montaje eléctrico cambia el estado de la electroválvula de abierta a cerrada, mientras en el pin digital se mantenga en un valor alto.

Arturo García Sánchez

Electroválvula:

Se ha elegido una electroválvula normalmente abierta de 220 V de corriente contigua de la marca Salvador Escoda. De ½ pulgada de diámetro y accionamiento por bobinado.

El sistema en reposo debe de dejar que el flujo de agua pase por la electroválvula, pero en cuanto se detecte una alerta, debe cerrarse.

5.2.4. Sistema de comunicación.

El sistema de comunicación que se utiliza para la comunicación entre los dispositivos es LoRa.

Las características del sistema LoRa son:

- Transmite mensajes de pocos bytes (124 bytes).
- Bajo consumo de energía.
- Conectividad de larga distancia: 3 km útiles y con un máximo de 5 km.
- Conectividad segura por triple encriptación.
- Envío bidireccional.
- Opera en frecuencias libres.
- Evitan posibles ruidos del medio por el que se transmita.
- Bajo coste de infraestructura.

La comunicación LoRa ya está implantada en la placa Heltec, esta es una de las razones de la selección de esta placa. Este módulo tomará el rol de receptor.

5.2.5. Diseño de PCB.

Para el diseño de la PCB se ha orientado a que el módulo de seguridad esté en el mismo cuadro eléctrico de una vivienda. Para ello se necesita que la PCB esté preparada para el carril DIN y especialmente diseñada para unos soportes específicos.

Arturo García Sánchez

Los soportes específicos son:

- Soportes de montaje PCB DRG01



Ilustración 15. Soportes DRG01. Fuente: Aliexpress.

El plano de estos elementos está en el anexo de planos número 01.

Con los siguientes componentes y especificaciones se diseña la placa:

- Placa Heltec Wifi LoRa 32.
- Dos conectores de dos pines. Uno para la electroválvula y otro para la toma de corriente de 220 V en alterna.
- Un zumbador.
- Un relé.
- Un diodo.
- Una resistencia.
- Un transistor.
- Los soportes se pueden atornillar a la PCB.
- Altura máxima de 110 cm

El esquema principal de la placa es:

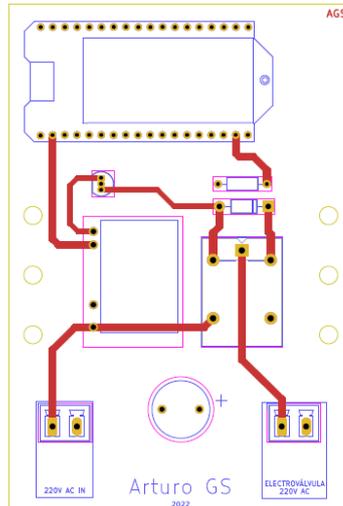


Ilustración 16. PCB Módulo Seguridad Forward. Fuente: elaboración propia.

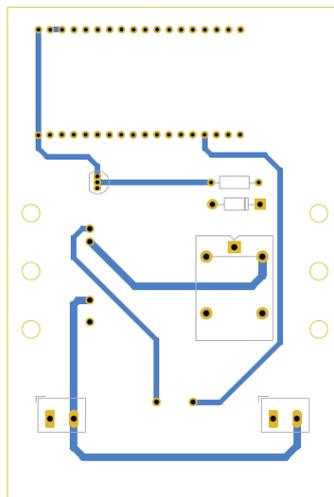


Ilustración 17. PCB Módulo Seguridad Backward. Fuente: elaboración propia.

5.2.6. Sistema de montaje.

La PCB se situará en el cuadro eléctrico de la casa, el cual puede estar protegido por automáticos u otros sistemas de protección. Para ello se atornillan los conectores DRG01 en la PCB y luego se inserta todo el conjunto en el carril DIN.

Arturo García Sánchez

La electroválvula se conecta a la salida de la PCB a través de un cable, el cual este puede tener cualquier longitud. La longitud del cable solo depende de cuál sea la distancia del cuadro eléctrico a la acometida general de agua.

La fuente de alimentación del sistema sería conectar un cable de 220 V al conector de entrada de la PCB.

Capítulo 6: Software del diseño.

En este capítulo se describen brevemente las funciones que tiene el módulo principal del temporizador con sistema de seguridad. Para ello se han diferenciado los dos módulos que componen el sistema: el módulo principal y el módulo de seguridad.

Es debido a que tienen formas distintas de funcionar y proceder ante los estímulos de las entradas del sistema.

Más adelante, se describirán los procesos que ejecutan los diferentes equipos a través de flujogramas.

Los programas de ambos módulos se encuentran en la carpeta “programas” de los anexos.

6.1. Módulo principal.

En el módulo principal encontramos una funcionalidad completa para los objetivos de este proyecto.

Las funcionalidades que cubre son:

- Sistema de visualización del menú para informar al usuario del estado del sistema.
- Menú sencillo para la configuración de los parámetros de entrada del usuario.
- Sistema de riego de ciclos completos.
- Sistema de detención de averías.
- Sistema de envío de una señal de emergencia al módulo de seguridad.
- Sistema de control de la electroválvula.
- Sistema de actuación ante averías.
- Sistema de contabilización del caudal del agua.
- Sistema de control de las alarmas.
- Sistema de ahorro de energía.

Hay varias variables del sistema que nos indican qué funcionamiento tiene nuestra máquina:

Arturo García Sánchez

- La variable de emergencia: La cual indica dos estados diferentes de funcionamiento. Uno de ellos es el estado normal de funcionamiento y el otro es el estado de emergencia. Las distintas funciones que tiene cada estado se verán relatadas en el apartado de “sistema de emergencia”.
- La variable riego: El cual indica si la máquina está en un ciclo de riego de agua.

6.1.1. Funcionamiento general.

El funcionamiento se describe a continuación:

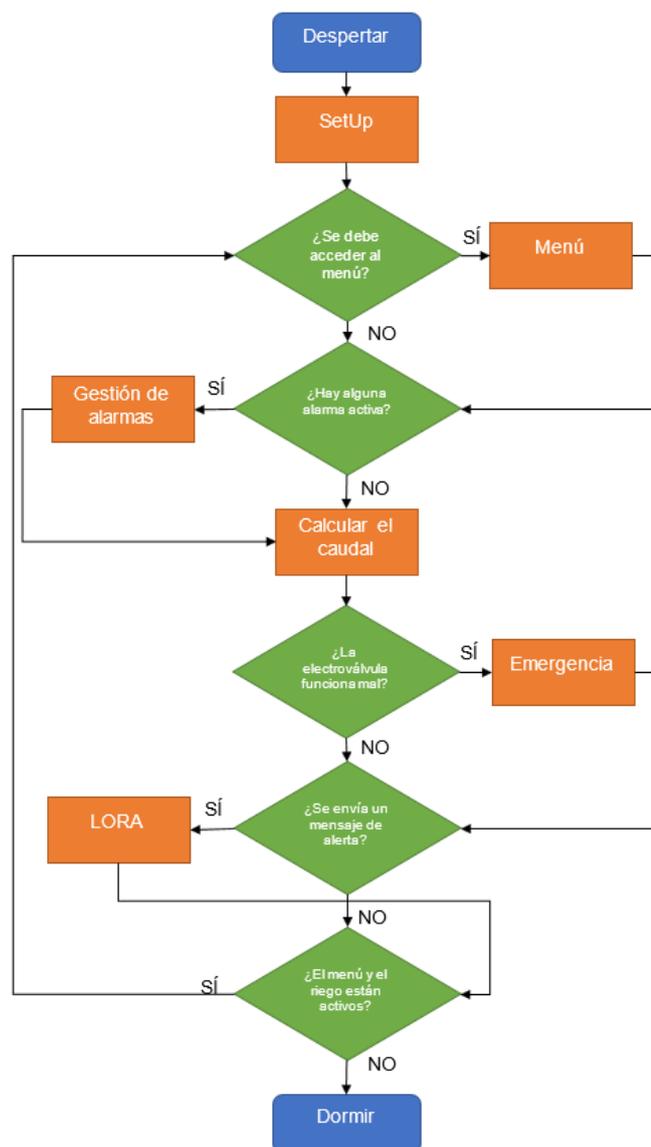


Ilustración 18. Flujograma función principal. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

Explicación de las distintas funciones y preguntas del flujograma:

- Despertar: es la acción de despertar el microcontrolador del modo Deep Sleep.
- Dormir: es la acción de accionar el modo de Deep Sleep.
- ¿Se debe acceder al menú?: solo se puede acceder al menú si se pulsa la tecla de “OK” del touchpad.
- Menú: se activa el menú visual en la pantalla OLED y por lo que también se activa toda la configuración de este.
- ¿Hay alguna alarma activa?: comprueba si el pin 15 se ha activado, si la afirmación es correcta, el sistema entra en la gestión de la alarma.
- Gestión de alarmas: es un proceso que determina si el sistema tiene que abrir o cerrar la electroválvula dependiendo del ciclo de riego. También gestiona la siguiente alerta que debe hacer la RTC para avisarnos del siguiente estado de nuestro ciclo de riego.
- Calcular caudal: función que calcula constantemente el caudal que pasa por el caudalímetro.
- ¿Funciona mal la electroválvula?: sistema que evalúa si la electroválvula está funcionando correctamente. Si no funciona correctamente, el estado de la máquina cambia del estado normal de funcionamiento al estado de emergencia.
- ¿Se envía un mensaje de alerta?: la función evalúa si la máquina está en modo de emergencia.
- LORA: la función abre un canal de comunicación “LORA” para enviar un mensaje al segundo dispositivo de seguridad.
- ¿El menú y el riego están activos?: el sistema evalúa si el menú está activado o si estamos en un ciclo de riego activo.

Este flujo de funciones se repetirá en un ciclo infinito mientras que el aparato tenga alimentación.

6.1.2. Función de menú.

Hay dos divisiones claras que están mutuamente relacionadas entre sí, estas divisiones son la representación del menú a través de la pantalla OLED, y la configuración de los parámetros que introduce el usuario.

La parte funcional del menú es conseguir captar la información que el usuario quiere introducir en el temporizador, estos datos son:

Arturo García Sánchez

- Fecha y hora actual: para conseguir la correcta sincronización del tiempo de riego con el tiempo real.
- Hora de inicio: es la hora a la que nuestro sistema tiene que abrir la electroválvula para que el agua fluya y comenzar el riego.
- Hora de finalización: es la hora a la que nuestro sistema tiene que cerrar la electroválvula para que el agua no fluya y finalizar el riego.
- Días de la semana: son los días de la semana que se quiere repetir el ciclo de riego.

Para moverse por el menú el usuario utilizará las diferentes teclas del touchpad. Para acceder a un área del menú deberá pulsar la tecla correcta para seguir con la siguiente acción. Normalmente para continuar con la siguiente acción se utilizará la tecla "OK".

Para este cometido se ha propuesto el siguiente funcionamiento de configuración:

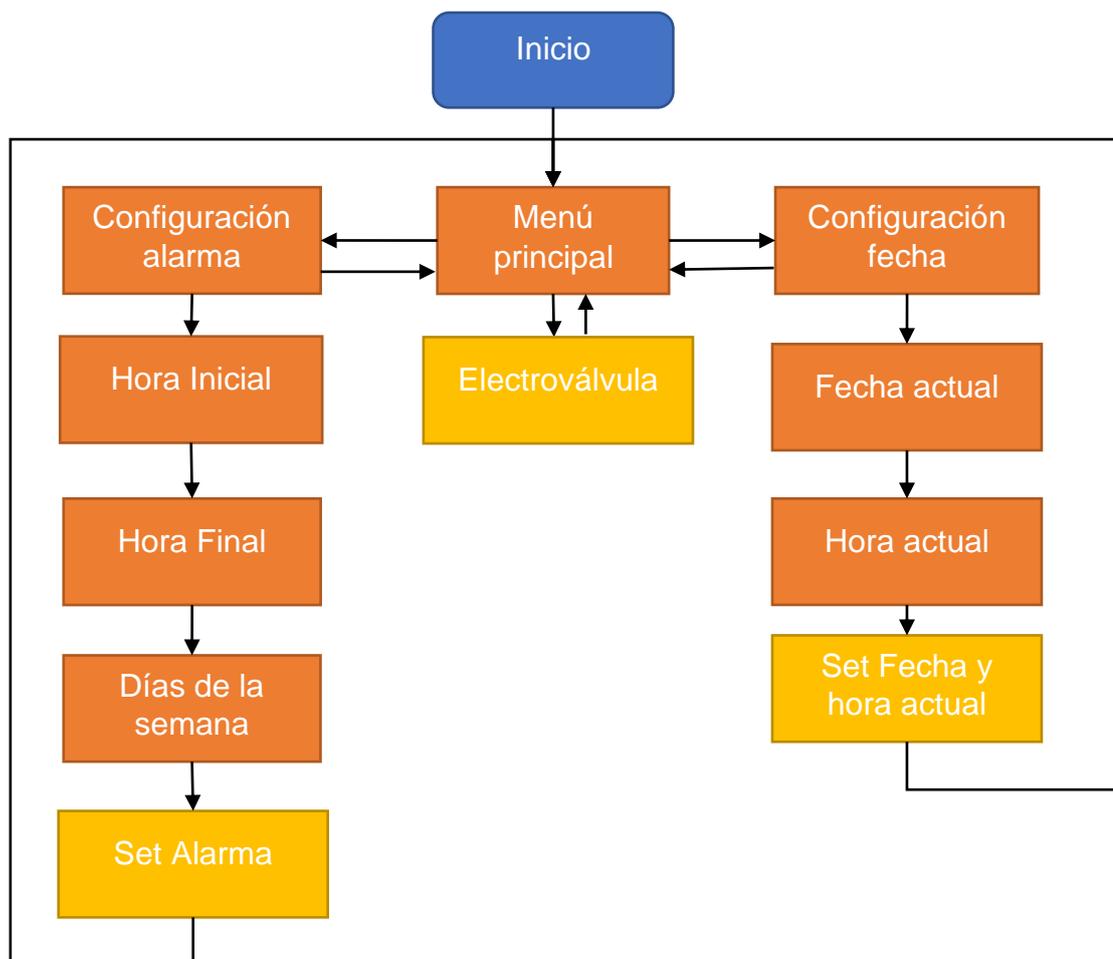


Ilustración 19. Flujograma Menú Funcional. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

Desde el menú principal, el usuario tiene tres opciones:

- Ir a la configuración de la alarma.
- Ir a la configuración de la fecha actual.
- Abrir y cerrar la electroválvula.

En cada una de estas secciones habrá un proceso de configuración secuenciado por pasos y representado en la pantalla OLED para el usuario. A continuación, se describirá todo el proceso de configuración y obtención de datos de las tres opciones dadas con anterioridad:

Proceso de configuración de alarma:

1. El usuario tendrá que acceder a la pantalla de configuración de alarma. Es un método de seguridad para evitar que se entre por error en la configuración.
2. En la siguiente pantalla el temporizador pedirá al usuario que introduzca la hora de inicio de riego, de esta forma el sistema guarda la información de la hora de inicio.
3. Tras este paso volverá a pedir una hora, pero esta vez será la hora de finalización del riego. En este paso, nuestro sistema es capaz de guardar en otra variable la hora de finalización del riego.
4. Por último, el sistema pedirá introducir los días de la semana que se quiera repetir el proceso. Este dato también se guardará en memoria para su uso constante en las funciones.
5. Después de captar los datos del usuario, internamente el programa llamará a las funciones que configuran la próxima alarma.

Proceso de configuración de fecha y hora actual:

1. El usuario tendrá que acceder a la pantalla de configuración de fecha. Es un método de seguridad para evitar que se entre por error en la configuración.
2. En la siguiente pantalla el temporizador pedirá al usuario que introduzca la fecha actual con los campos de día, mes y año.
3. Tras este paso volverá a pedir otro dato, pero esta vez será la hora actual con los campos de horas y minutos.
4. Después de captar los datos del usuario, internamente el programa llamará a las funciones que configuran la fecha y hora actual. A diferencia con el proceso de configuración de alarma no necesita guardar los datos en memoria para un posterior uso.

Arturo García Sánchez

Proceso de abrir y cerrar la electroválvula:

1. Desde el menú principal se puede encender y apagar la electroválvula si se mantiene presionado la tecla de "OK" del touchpad durante 3s.
2. Si se cumple la condición antes descrita se inicializa la función de control de la electroválvula, la cual cambia el estado de dejar pasar el agua a no dejar pasar el agua dependiendo de ciertos parámetros.

El siguiente punto de explicación es la programación de la pantalla OLED en relación con el usuario, y la interacción de este con el sistema. La comunicación del usuario y el sistema es a través de la pantalla OLED (comunicación del temporizador al usuario) y el touchpad (comunicación del usuario a la máquina) que en cada segmento del menú se utilizan ciertas teclas del touchpad y se muestra la información de determinada manera.

Las diferentes teclas que hay que pulsar para navegar en los diferentes estadios de la configuración son los siguientes (siempre se hace referencia al esquema del touchpad):

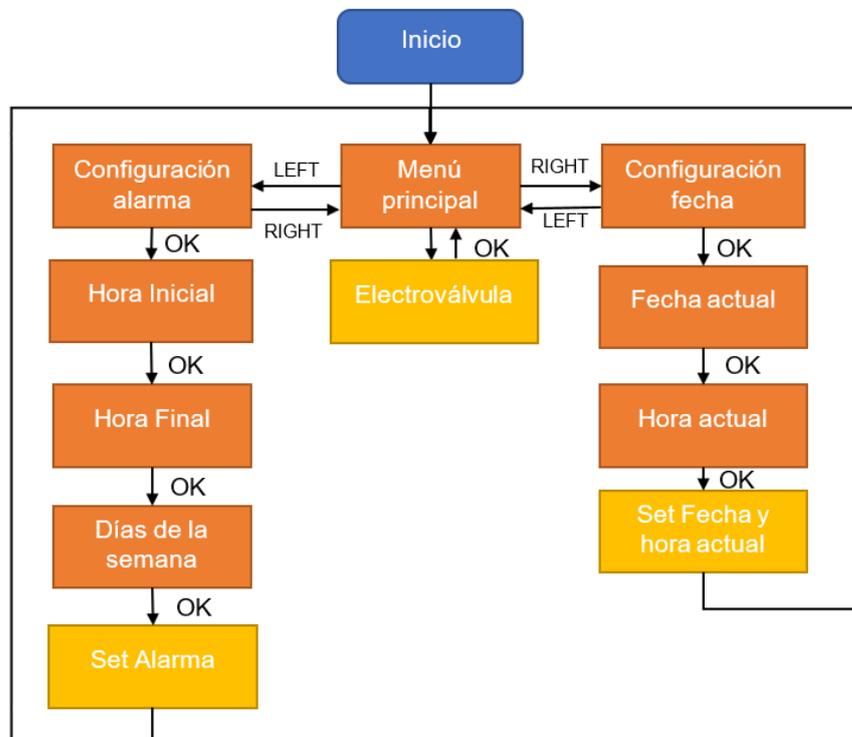


Ilustración 20. Flujograma Menú Visual. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

El esquema anterior muestra como navegar entre las distintas pantallas de las distintas configuraciones, pero hay que definir como navegar en una pantalla de configuración.

La pantalla de configuración se muestra de esta determinada manera:

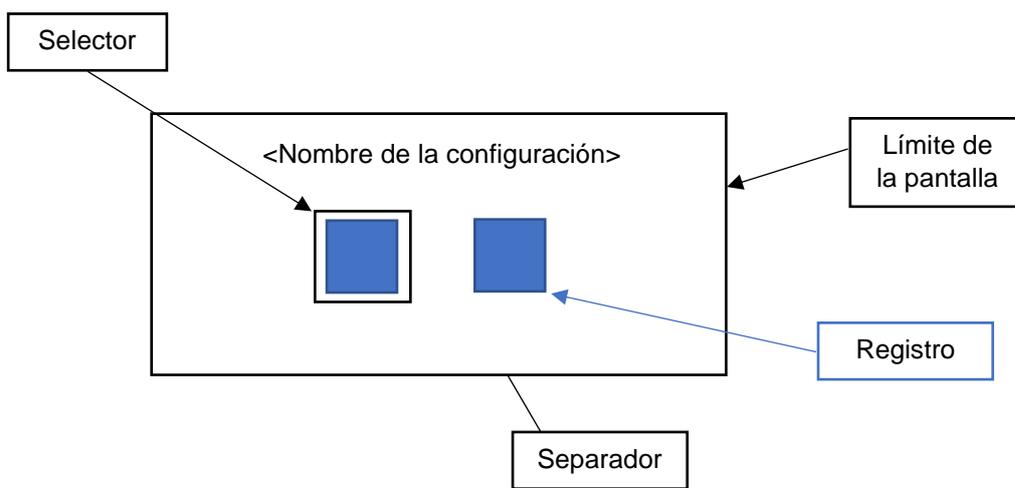


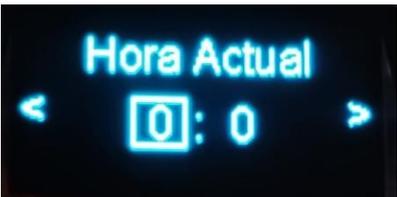
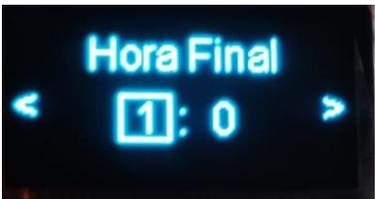
Ilustración 21. Esquema de la pantalla OLED. Fuente: elaboración propia.

Como se ve en el diagrama tenemos distintas partes que lo componen:

- Nombre de la configuración: Es un nombre que describe en que sección del menú se encuentra el usuario.
- Separador: Se puede encontrar varios tipos de separadores o ninguno, pero todos sirven para separar dos o más registros.
- Registro: Representación de una variable del sistema que quiero que el usuario modifique. Para cambiar el valor de un registro determinado se necesita colocar el selector en el registro a modificar y se utilizan las teclas de "UP" (aumentar el valor del registro) y "DOWN" (disminuir el valor del registro) para cambiar el valor.
- Selector: Objeto representativo que indica que registro puedes modificar. Para mover el selector de registro en registro se utiliza las teclas de "RIGHT" (mueve el selector hacia la derecha) y "LEFT" (mueve el registro hacia la izquierda).

A continuación, se mostrará una tabla con imágenes de la pantalla OLED en cada configuración posible:

Tabla 8. Visualización del Menú. Fuente: elaboración propia.

| Menú principal | Configuración alarma |
|---|--|
|  |  |
| Configuración fecha actual | Introducir fecha actual |
|  |  |
| Introducir hora actual | Introducir Hora inicial |
|  |  |
| Introducir Hora Finalización | Introducir Días de la Semana |
|  |  |

Se puede observar que algunas configuraciones del sistema de visualización cambian:

- Las pantallas de configuración fecha y alarma sirven de método de seguridad para no entrar directamente en sus respectivas configuraciones por accidente. En estas pantallas no se puede alterar ningún registro.
- En la pantalla principal de menú se visualiza la hora actual y el estado de la electroválvula, donde “ON” significa que la electroválvula está abierta y “OFF” significa que la electroválvula está cerrada.

Por último, se programa el menú para que, si el usuario no pulsa ninguna tecla del teclado durante 20 segundos, la pantalla se apagará.

Arturo García Sánchez

6.1.3. Modo Deep Sleep.

En este apartado se explicarán en que situaciones se dicta que el microcontrolador se apague y despierte por medio de la función Deep Sleep [11].

El microcontrolador se dormirá cuando se cumplan las dos siguientes circunstancias:

- Cuando la pantalla OLED esté apagada o el menú no esté activo. Estas dos funciones son intrínsecamente dependientes, ya que, cuando el menú se activa la pantalla OLED también lo hace y funciona a la viceversa.
- Cuando el sistema no esté en un ciclo de riego de agua. Esto es debido a que necesitamos que el microcontrolador esté despierto para hacer las comprobaciones del sistema de seguridad.

El microcontrolador se despertará con alguna de las siguientes condiciones:

- Si se pulsa la tecla “OK” del touchpad.
- Si pasa exactamente un minuto desde que se apagó y si no se ha tocado la tecla “OK”.

Al entrar a modo “Deep Sleep” las variables globales perderán el valor que estaban guardando cuando el programa se estaba ejecutando. Por lo tanto, el sistema guarda cierta información en la memoria no volátil. La información que guarda en memoria es:

- La hora de inicio y fin del programa de riego.
- Los días de la semana que el programa tiene que regar.
- El estado de la máquina, si es emergencia o normal.
- Si la electroválvula está dejando pasar el agua o no.
- El volumen de agua del primer ciclo de riego (volumen de referencia).
- Si es la primera vez que se hace un ciclo de riego.

6.1.4. Sistema de alarmas.

El sistema de alarmas se divide en tres segmentos de funcionamiento, que se ejecutan consecutivamente, todos estos interactúan con el módulo RTC. Este conjunto de segmentos sirve para programar las diferentes alarmas de tiempo al módulo RTC y así que este avise al sistema de determinados momentos del día. Con esta solución podemos completar el ciclo completo de 24 horas, un determinado intervalo será de riego.

Arturo García Sánchez

El objetivo de estas funciones es establecer las horas de inicio y finalización del programa de riego dado por el usuario.

El proceso total de configuración de alarma consta de:

- Configurar la alarma a una fecha y hora determinada.
- Detectar que el módulo RTC avisa que la alarma configurada está activada por el pin 15.
- Ver en qué momento del ciclo de riego está la máquina.
- Según ese ciclo configurar la próxima alarma.

Este proceso se repite cada vez que se consulta la función de configuración de la alarma, que sucede en tres casos distintos:

- Cuando terminas de configurar las horas y días del temporizador a través de menú.
- Cuando termina un ciclo de riego.
- Cuando empieza un ciclo de riego.

El primer segmento trata de situar en qué momento se hace la petición de configuración de la alarma y en él se identifica eficientemente el día y la hora de la alarma. Para ello se diferencian las siguientes situaciones:

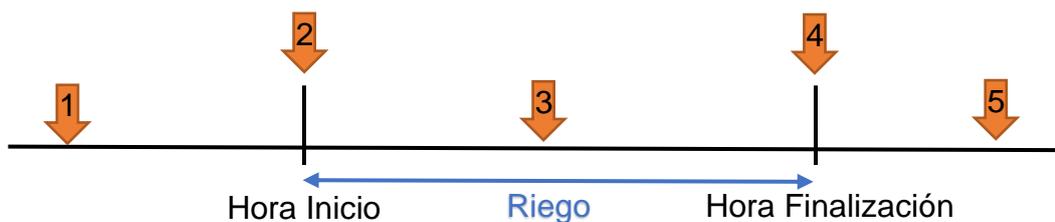


Ilustración 22. Intervalos de la alarma. Fuente: elaboración propia.

1. Llama a la función antes de la hora de inicio del ciclo de riego.
2. Llama a la función en la hora de inicio del ciclo de riego.
3. Llama a la función en la mitad del ciclo de riego.
4. Llama a la función a la hora de finalización del ciclo de riego.
5. Llama a la función después de la hora de finalización de ciclo de riego.

Como se puede ver habrá distintas situaciones y para cada una de ellas la formulación de la hora de alarma es distinta. Por ello tenemos que definir el segundo segmento, el

Arturo García Sánchez

cual consta de dos funciones que a través de unos cálculos y algoritmos son capaces de configurar la hora y el día correctos para la próxima alarma. Estas dos funciones se diferencian en si se fijan en la hora de inicio del ciclo o en la hora de finalización del ciclo:

- Función fin de hora: Esta función siempre configura la alarma para cuando el ciclo de riego se termine, este factor tiene en cuenta la hora de finalización. En este caso se tendrá que activar la electroválvula. La función siempre activa el estado de la máquina de estar en riego.
- Función inicio de hora: Esta función siempre configura la alarma de inicio de ciclo, este factor tiene en cuenta la hora de inicialización. En este caso no se tendrá que activar la electroválvula. La función siempre anula el estado de la máquina de estar en riego.

El tercer segmento es aquel que unifica los dos primeros segmentos y añade funciones relativas al sistema de seguridad. El cual relaciona que función del segmento dos hay que activar en los distintos momentos del segmento uno:

1. Se llama a la función de inicio de hora.
2. Se llama a la función de fin de hora.
3. Se llama a la función de fin de hora.
4. Se llama a la función de inicio de hora. Además, se llaman a dos funciones de seguridad que identifican si hay alguna rotura en el sistema de riego.
5. Se llama a la función de inicio de hora.

Aparte de estas funciones, también es capaz de averiguar si es la primera vez que hace un ciclo completo de riego (de la situación 1-2-5 a la situación 4), este dato es importante ya que solo en el primer ciclo completo de riego se puede fijar el volumen de referencia para poder utilizarlo en el sistema de seguridad.

Como el sistema de alarma es capaz de activar el estado de riego y desactivarlo, también se le ha añadido la funcionalidad de que pueda controlar la electroválvula.

La configuración de la hora de inicio, la hora de finalización y los días de la semana que el temporizador tiene que abrir y cerrar el riego se introduce al sistema por medio de la función menú.

Arturo García Sánchez

6.1.5. Sistema de fecha actual.

El módulo RTC es un sistema capaz de marcar la hora en cada instante de tiempo, independientemente del microcontrolador. Por lo que solo se necesita que se introduzca la fecha y hora correcta en el dispositivo RTC, para eso se utiliza la función menú.

6.1.6. Sistema de detención de averías.

El sistema de detención de averías se divide en tres funciones, las cuales cada una detectan una avería diferente del sistema de riego:

- Avería en la electroválvula.
- Avería antes del sistema de temporización.
- Avería después del sistema de temporización.

Para cada una de las diferentes averías se procede con una solución distinta, aunque todas ellas tengan distintas formas de detectar el mal funcionamiento, siempre finalizan su cometido activando el modo de emergencia de la máquina si se ha detectado alguna avería.

A continuación, se describirá el método de detención para cada función antes descrita:

- Avería en la electroválvula: si el caudalímetro detecta que hay un volumen de agua que está circulando en un determinado tiempo y la electroválvula no está abierta para que pase el agua, se detecta que la electroválvula está funcionando mal y se activa el estado de emergencia.
- Avería antes del sistema de temporización: esta avería se refiere a una rotura del canal que conecta el temporizador con la toma de agua. Si hay una rotura en esa parte, habrá una fuga de agua y por ello el volumen que mida el caudalímetro en un ciclo de riego será menor que el volumen de referencia del sistema. Por lo que esta función solo funciona cuando el sistema ya ha almacenado un volumen de referencia que solo sucede con el primer ciclo de riego completo. Esta función se ejecuta cuando se termina el ciclo de riego del temporizador.

Arturo García Sánchez

- Avería después del sistema de temporización: esta avería se refiere a una rotura del canal que conecta el temporizador con las mangueras de riego. Si hay una rotura en esa parte, habrá una fuga de agua y por ello el volumen que mida el caudalímetro en un ciclo de riego será mayor que el volumen de referencia del sistema. Por lo que esta función solo funciona cuando el sistema ya ha almacenado un volumen de referencia que solo sucede con el primer ciclo de riego completo. Esta función se ejecuta cuando se termina el ciclo de riego del temporizador.

6.1.7. Sistema de emergencia.

El sistema de emergencia toma acción cuando el estado de la máquina pasa del estado normal al estado de emergencia.

En ese instante esta función realizará las siguientes acciones:

- La electroválvula se cerrará si está abierta y ya no se podrá volver a abrir bajo ninguna acción mientras el estado de emergencia esté activo.
- El sistema abre un canal de comunicaciones inalámbrico por LORA y envía una señal de alerta al dispositivo de seguridad.
- Aparecerá en el menú un mensaje de que el sistema está en modo de emergencia.

6.1.8. Sistema de control de la electroválvula.

La electroválvula puede interactuar desde dos orígenes distintos. El primero de los orígenes es desde el levantamiento de un banderín de alarma (el módulo RTC manda un aviso de que la hora de una alarma programada coincide con la hora actual) el cual se ha programado para que deje pasar o no el flujo de agua según detecte si es el inicio o el fin del ciclo de riego.

También puede activarse o desactivarse desde el menú de inicio. Si se accede desde esta última opción, siempre que se pulse la tecla ("OK"), hará cambiar el estado de la electroválvula.

El riego siempre tiene prioridad ante el menú para cerrar la electroválvula, y si el estado de emergencia está activo, la electroválvula se cerrará y no importará cualquier otro tipo de orden por otras funciones.

Arturo García Sánchez

6.1.9. Sistema de envío de señal de emergencia.

Las funciones que constan este sistema se encargan de abrir un canal de comunicación con el sistema LORA, el cual manda una señal de emergencia al segundo módulo para que corte el flujo de agua y active una señal sonora para avisar a los usuarios de que hay un problema.

El mensaje que transmite LORA tiene la siguiente forma:

Cabecera:<espacio><Estado>

*Cabecera: ESP.

*Estado: Puede ser 1 o 0. Si el sistema está en el estado de emergencia mandará el 1.

6.1.10. Sistema de salida del modo emergencia.

Para que el usuario pueda seguir utilizando el dispositivo tras la reparación de una avería detectada, debe existir una forma manual discreta para que el estado de la máquina cambie de emergencia al estado normal.

Los pasos que tiene que hacer el usuario para salir del modo de emergencia son:

- Ir al menú principal del temporizador.
- Navegar hasta la pantalla previa de configuración de la hora actual, la cual se muestra con la siguiente frase: "CONF FECHA".
- En esta pantalla pulsar la tecla "RIGHT" del touchpad durante 4 segundos.

También se puede pulsar el botón de RESET de la placa Heltec. De esta forma el sistema operará de forma normal.

6.2. Módulo de seguridad.

El programa del segundo módulo es mucho más sencillo, ya que solo espera a que le tramiten una señal de emergencia para hacer determinadas acciones.

6.2.1. Funcionamiento general.

Este sistema siempre está funcionado y atento por si detecta un paquete LoRa con el código de emergencia. Por lo que, siempre está en modo de receptor y esperando el mensaje del módulo principal de emergencia a través de LoRa. Mientras espera al mensaje de emergencia, la electroválvula asociada a este módulo se mantiene abierta para que el caudal de agua fluya a través de ella.

Si el sistema de seguridad recibe el mensaje de alerta siguiente se activaría el modo de emergencia de este módulo:

- ESP: 1

6.2.2. Funcionamiento en estado de emergencia.

El sistema de emergencia de este módulo es muy sencillo, cuando detecta que el estado de emergencia se activa por un mensaje de LoRa, conecta el relé asociado a la electroválvula y empieza a pitar.

El relé desempeña la función de cerrar la electroválvula normalmente abierta.

6.2.3. Sistema de salida del modo emergencia.

Para que el usuario pueda seguir utilizando el dispositivo tras la reparación de una avería detectada, debe existir una forma manual discreta para que el estado de la máquina cambie de emergencia al estado normal.

Para cambiar al estado normal se debe pulsar el botón de RESET de la placa Heltec. De esta forma el sistema operará de forma normal.



Arturo García Sánchez

Capítulo 7: Proceso de montaje.

En este capítulo se explican las etapas del montaje de los diseños con las correspondientes ilustraciones.

7.1. Soldar placas.

Primero se empiezan a soldar los diferentes componentes en ellas.

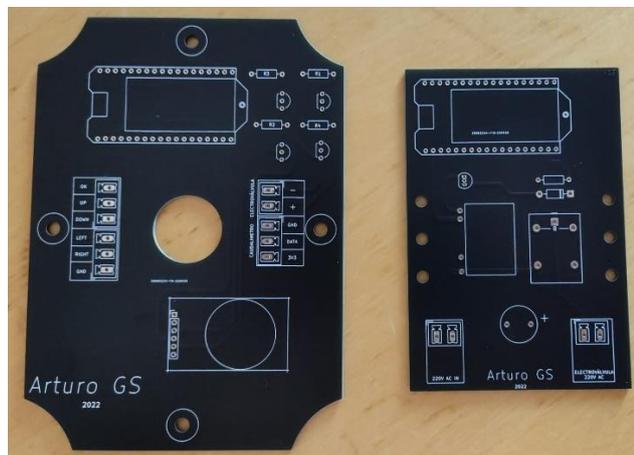


Ilustración 23. PCBs sin soldar. Fuente: elaboración propia.

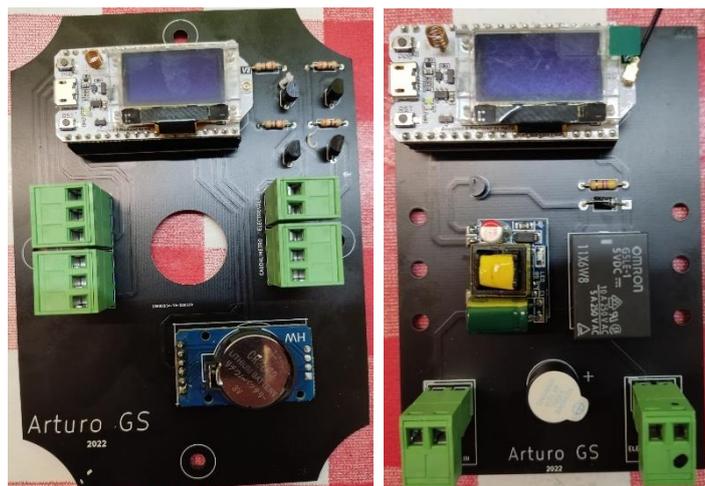


Ilustración 24. PCBs soldada. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

7.2. Perforar las cajas.

Se perforan las dos cajas para instalar la PCBs y los distintos elementos del módulo principal.



Ilustración 25. Caja con perforaciones. Fuente: elaboración propia.

7.3. Montaje el caudalímetro y la electroválvula.

En una de las cajas, se hacen dos perforaciones adicionales en los lados de la caja. Por esta perforación se introduce la electroválvula y el caudalímetro.

Con el latiguillo se unen los dos elementos, quedando una parte enrollada para evitar el golpe de ariete. Para asegurar la sujeción se enroscan los dos conectores rápidos de riego a cada extremo.



Ilustración 26. Montaje del control de agua. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

Como se visualiza posteriormente, el sistema es capaz de cortar y abrir el flujo de agua.

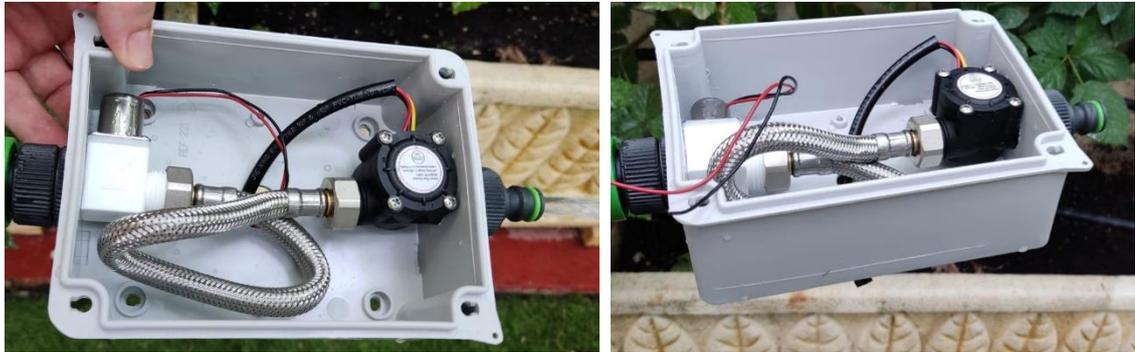


Ilustración 27. Abrir/Cerrar la electroválvula. Fuente: elaboración propia.

7.4. Unión de las dos cajas.

Se unen la caja con los elementos que tienen contacto con el agua y la caja que contiene el sistema de control. Se utilizan 4 tornillos con tuerca para atornillar las dos cajas.

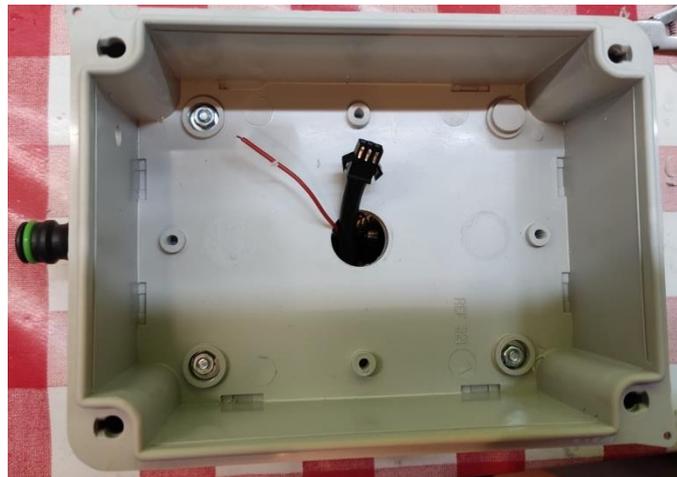


Ilustración 28. Cajas atornilladas. Fuente: elaboración propia.

Arturo García Sánchez

7.5. Completar el módulo principal.

Para completar el módulo principal se atornilla la placa a la caja vacía, se pega el TouchPad a la tapa transparente y se conectan todos los actuadores y sensores a la placa a través de los diferentes agujeros.

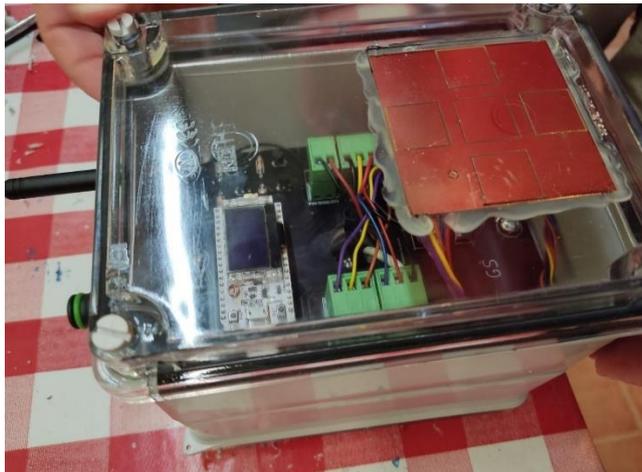


Ilustración 29. Módulo principal montado. Fuente: elaboración propia.

7.6. Completar el módulo de seguridad.

Tras soldar la placa de seguridad se atornillan las sujeciones de carril DIN a la placa.

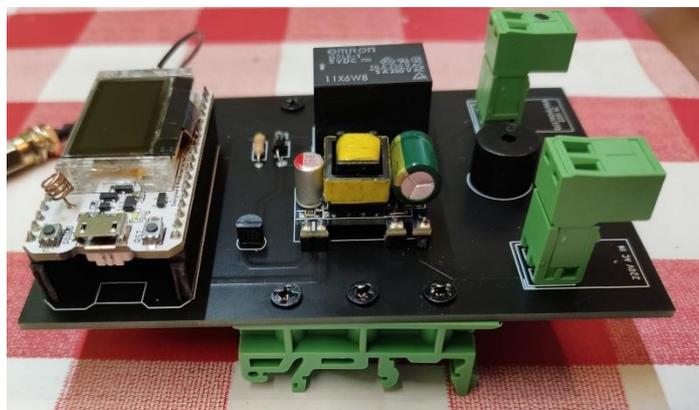


Ilustración 30. Módulo de seguridad montado. Fuente: elaboración propia.

Capítulo 8: Costes.

En este capítulo se describirán los diferentes costes de este proyecto, desde el punto de vista económico y el punto de vista de tiempo consumido. Se supondrá que el precio de los materiales será de acuerdo con que el equipo esté en producción.

8.1. Coste de producción.

En este apartado se mostrarán el coste material de los componentes del apartado de Hardware. Se dividirá en dos costes distintos, el módulo principal y al de seguridad.

El precio de algunos componentes que se muestra en el presupuesto se considera que se les ha aplicado el descuento por la compra de una gran cantidad.

8.1.1. Precios unitarios.

Módulo principal:

Tabla 9. Coste unitario del módulo principal. Fuente: elaboración propia.

| Número | Descripción | Precio unitario | Costo de envío |
|--------|---|-----------------|----------------|
| 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 19,20 € | 0,00 € |
| 2 | Electroválvula Biestable | 6,60 € | 2,20 € |
| 3 | Resistencia 390Ω | 0,03 € | 1,10 € |
| 4 | 2N4401 | 0,25 € | 1,20 € |
| 5 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € |
| 6 | Caudalímetro | 4,07 € | 2,20 € |
| 7 | PCB | 0,70 € | 0,00 € |
| 8 | RTC DS 3231 | 4,23 € | 1,30 € |
| 9 | Latiguillo de 1/2 pulgada y 30 cm de largo. | 1,45 € | 0,00 € |
| 10 | Conector grifo (Hembra) 1/2 pulgada | 0,99 € | 0,00 € |
| 11 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,00 € |
| 12 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € |
| 13 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € |
| 14 | PowerBank 5000mA*h | 11,00 € | 0,00 € |
| 15 | TouchPad (PCB) | 0,45 € | 0,00 € |
| 16 | Tuercas M4 | 0,04 € | 0,00 € |
| 17 | Arandelas M4 | 0,09 € | 0,00 € |

Arturo García Sánchez

Módulo de seguridad:

Tabla 10. Coste unitario módulo de seguridad. Fuente: elaboración propia.

| Número | Descripción | Precio unitario | Costo de envío |
|--------|---|-----------------|----------------|
| 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 19,20 € | 0,00 € |
| 2 | Resistencia 4,7 kΩ | 0,03 € | 1,10 € |
| 3 | 2N2222A | 0,25 € | 1,20 € |
| 4 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € |
| 5 | 1N4007 | 0,15 € | 0,00 € |
| 6 | PCB | 0,37 € | 0,00 € |
| 7 | G5LE-1 | 1,58 € | 1,30 € |
| 8 | DRG-01 | 0,46 € | 1,32 € |
| 9 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,58 € |
| 10 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € |
| 11 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € |
| 12 | Electroválvula de 220 V (Salvador escoda) | 43,00 € | 0,00 € |
| 13 | Zumbador | 0,99 € | 1,23 € |
| 14 | Transformador de 220 V a 5 V | 3,70 € | 2,33 € |

8.1.2. Presupuesto de mediciones.

Módulo principal:

Tabla 11. Coste del módulo principal. Fuente: elaboración propia.

| Número | Cantidad | Descripción | Precio unitario | Coste de envío | Subtotal |
|--------|----------|---|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 19,20 € | 0,00 € | 19,20 € |
| 2 | 1 | Electroválvula Biestable | 6,60 € | 2,20 € | 8,80 € |
| 3 | 4 | Resistencia 390Ω | 0,03 € | 1,10 € | 1,20 € |
| 4 | 4 | 2N4401 | 0,25 € | 1,20 € | 2,20 € |
| 5 | 2 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € | 2,86 € |
| 6 | 1 | Caudalímetro | 4,07 € | 2,20 € | 6,27 € |
| 7 | 1 | PCB | 0,70 € | 0,00 € | 0,70 € |
| 8 | 1 | RTC DS 3231 | 4,23 € | 1,30 € | 5,53 € |
| 9 | 1 | Latiguillo de 1/2 pulgada y 30 cm de largo. | 1,45 € | 0,00 € | 1,45 € |
| 10 | 2 | Conector grifo (Hembra) 1/2 pulgada | 0,99 € | 0,00 € | 1,98 € |
| 11 | 1 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,00 € | 2,50 € |
| 12 | 8 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € | 0,18 € |
| 13 | 1 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € | 1,35 € |
| 14 | 1 | PowerBank 5000mA*h | 11,00 € | 0,00 € | 11,00 € |
| 15 | 1 | TouchPad (PCB) | 0,45 € | 0,00 € | 0,45 € |
| 16 | 4 | Tuercas M4 | 0,04 € | 0,00 € | 0,16 € |
| 17 | 4 | Arandelas M4 | 0,09 € | 0,00 € | 0,36 € |
| | | | | TOTAL | 66,18 € |

Arturo García Sánchez

Módulo de seguridad:

Tabla 12. Coste del módulo de seguridad. Fuente: elaboración propia.

| Número | Cantidad | Descripción | Precio unitario | Coste de envío | Subtotal |
|--------|----------|---|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | 1 | Heltec Wifi LoRa 32 | 19,20 € | 0,00 € | 19,20 € |
| 2 | 1 | Resistencia 4,7 kΩ | 0,03 € | 1,10 € | 1,13 € |
| 3 | 1 | 2N2222A | 0,25 € | 1,20 € | 1,45 € |
| 4 | 1 | 2EDG 5.08 (Pack de conectores) | 0,82 € | 1,22 € | 2,04 € |
| 5 | 1 | 1N4007 | 0,15 € | 0,00 € | 0,15 € |
| 6 | 1 | PCB | 0,37 € | 0,00 € | 0,37 € |
| 7 | 1 | G5LE-1 | 1,58 € | 1,30 € | 2,88 € |
| 8 | 2 | DRG-01 | 0,46 € | 1,32 € | 2,23 € |
| 9 | 1 | Caja 221LTR | 2,50 € | 0,58 € | 3,08 € |
| 10 | 6 | Tornillos M4 | 0,02 € | 0,00 € | 0,13 € |
| 11 | 1 | 20 g estaño | 1,35 € | 0,00 € | 1,35 € |
| 12 | 1 | Electroavivadora de 220 V (Salvador escoda) | 43,00 € | 0,00 € | 43,00 € |
| 13 | 1 | Zumbador | 0,99 € | 1,23 € | 2,22 € |
| 14 | 1 | Transformador de 220 V a 5 V | 3,70 € | 2,33 € | 6,03 € |
| | | | | TOTAL | 77,01 € |

8.2. Coste de ingeniería.

Tabla 13. Coste de ingeniería. Fuente: elaboración propia.

| Actividad | Tiempo (horas) | Precio *Hora | Total |
|-------------------------------------|----------------|--------------|--------------------|
| Solución propuesta | 60 | 21,67 € | 1.300,00 € |
| Viabilidad del proyecto | 12 | 100,00 € | 1.200,00 € |
| Recopilación de información | 40 | 50,00 € | 2.000,00 € |
| Selección de sensores y actuadores | 12 | 41,67 € | 500,00 € |
| Programación funciones básicas | 120 | 41,67 € | 5.000,00 € |
| Programación funciones de seguridad | 120 | 25,00 € | 3.000,00 € |
| Programación LoRa | 50 | 30,00 € | 1.500,00 € |
| Diseño plano eléctrico | 40 | 25,00 € | 1.000,00 € |
| Diseño de la PCB y montaje | 60 | 93,33 € | 5.600,00 € |
| TOTAL | 514 | | 21.100,00 € |

8.3. Coste de fabricación y ensamblado.

Tabla 14. Coste de fabricación y ensamblado. Fuente: elaboración propia.

| Actividad | Tiempo (Min) | Precio |
|-----------------------------|----------------|----------------|
| Adecuación de la caja | 15 | 20,00 € |
| Soldar componentes a la PCB | 15 | 10,00 € |
| Montaje carril DIN | 10 | 10,00 € |
| Montaje módulo principal | 30 | 20,00 € |
| Instalación de software | 10 | 5,00 € |
| Pruebas de funcionamiento | 2880 | 10,00 € |
| TOTAL | 2960,00 | 75,00 € |

8.4. Diagrama de Gantt.

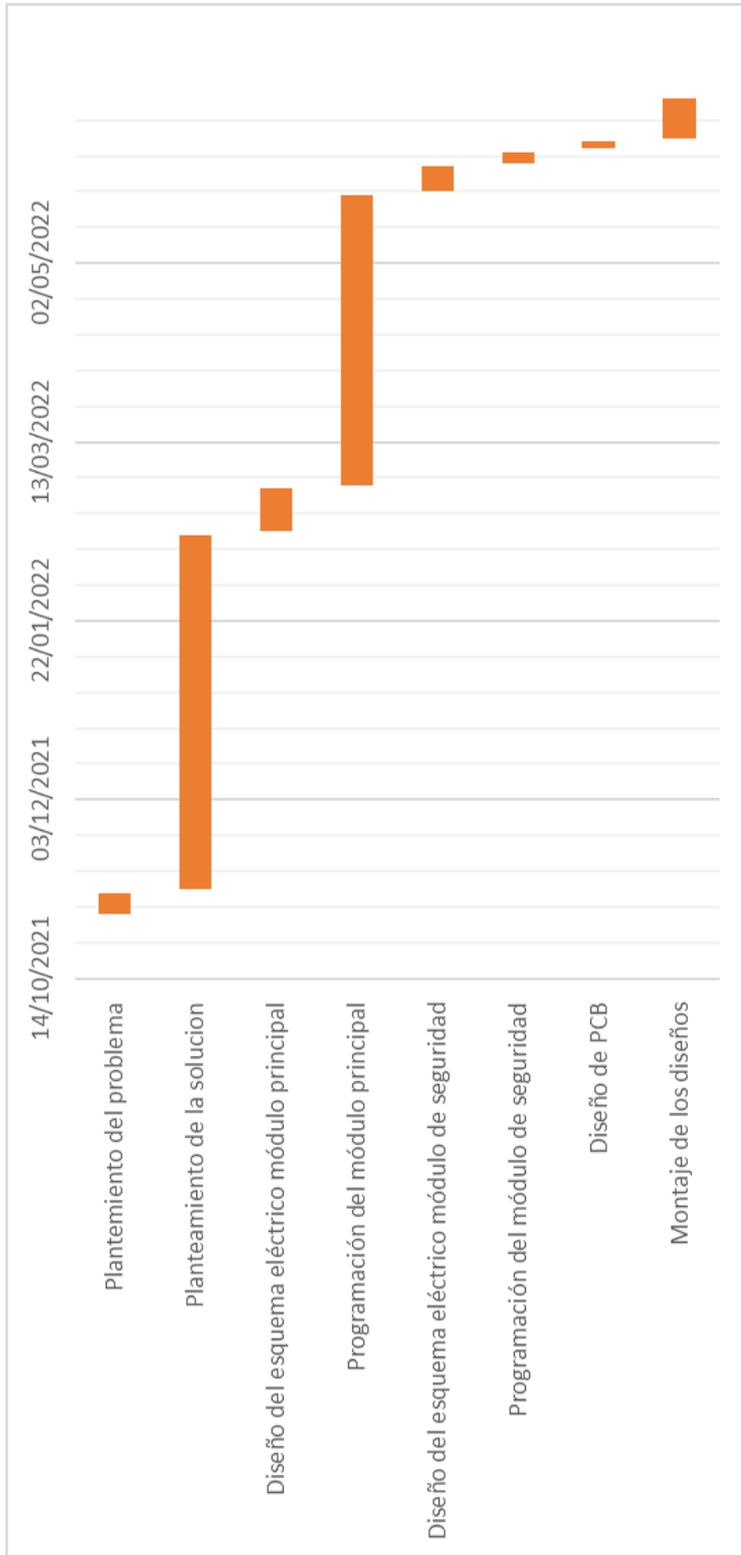
En este diagrama se describe aproximadamente el tiempo destinado para cada actividad del proyecto.

Tabla 15. Actividades del proyecto. Fuente: elaboración propia.

| Actividad | Fecha Inicio | Duración (Días) | Fecha Fin |
|--|--------------|-----------------|------------|
| Concepción de la idea | 14/10/2021 | 17 | 31/10/2021 |
| Planteamiento del problema | 01/11/2021 | 6 | 07/11/2021 |
| Planteamiento de la solución | 08/11/2021 | 99 | 15/02/2022 |
| Diseño del esquema eléctrico módulo principal | 16/02/2022 | 12 | 28/02/2022 |
| Programación del módulo principal | 01/03/2022 | 81 | 21/05/2022 |
| Diseño del esquema eléctrico módulo de seguridad | 22/05/2022 | 7 | 29/05/2022 |
| Programación del módulo de seguridad | 30/05/2022 | 3 | 02/06/2022 |
| Diseño de PCB | 03/06/2022 | 2 | 05/06/2022 |
| Montaje de los diseños | 06/06/2022 | 11 | 17/06/2022 |

Arturo García Sánchez

Tabla 16. Diagrama de Gantt. Fuerte: elaboración propia.



Capítulo 9: Líneas futuras.

Este proyecto ha descrito como se ha fabricado el primer prototipo de un regulador de riego con sistema de seguridad. Debido al tiempo de realización y a la envergadura del proyecto propuesto, ha imposibilitado desarrollar todas las posibles funciones que podría tener el sistema.

Por ello, se definen en este apartado las posibles mejoras en un futuro:

- Depuración del código de programación: el programa tiene más de 2000 líneas de código y debido al tiempo de realización del proyecto no se ha podido optimizar y depurar ese código.
- Sistema de medición de carga: implementar un sistema informático para saber cuánta batería le falta al sistema de alimentación (PowerBank).
- Router LoRa: el diseño completo de un tercer equipo, cuya función sea de conectar los otros dos dispositivos a internet. Este dispositivo está orientado a avisar de una avería vía internet.
- Sistema de envío de notificación: sistema informático capaz de enviar un mensaje al usuario a través del correo electrónico o una aplicación.
- Quitar pantalla y teclado del módulo principal: la configuración se haría por medio de Bluetooth por una aplicación diseñada o desde cloud.

Capítulo 10: Conclusiones.

Se termina este proyecto satisfaciendo la necesidad de ofrecer un sistema de control de fluidos seguro y fiable. Este proyecto no solo se puede comercializar en España, sino, en cualquier parte del mundo que tenga la intención de ahorrar uno de los recursos más preciados para el ser humano, el agua. Con un diseño sostenible para el medio ambiente, respetando el desperdicio excesivo de los recursos naturales y también evitando el consumo eléctrico en exceso.

Estos dispositivos pueden disminuir el gasto innecesario de agua, de una forma beneficiosa para el medio ambiente, ya que no produce residuos.

Debido a la complejidad del proyecto propuesto, ha puesto a prueba todos los conocimientos adquiridos en el grado, desde los fundamentos básicos de electrónica hasta la integración del control con microcontroladores de un sistema complejo. También probando la capacidad de relacionar las distintas materias para obtener un producto de la ingeniería.

Anexo

El anexo se compone de un conjunto de ficheros anexados a este proyecto que lo complementan. Esos documentos organizados en distintas carpetas según el tipo.

El anexo tiene el siguiente índice de documentos y carpetas:

- Datasheet:
 - Datasheet_01_PIN_HELTEC.V2.
 - Datasheet_02_P2N2222A.
 - Datasheet_03_DS3231.
 - Datasheet_04_ESP32 series.
 - Datasheet_05_2N4401.
 - Datasheet_06_YF-S201.
- Esquemas:
 - Esquema_01_PCB módulo principal.
 - Esquema_02_PCB módulo de seguridad.
 - Esquema_03_Esquema eléctrico módulo principal.
 - Esquema_04_Esquema eléctrico módulo de seguridad.
- Programas:
 - Programa_01_Módulo principal.
 - Programa_02_Módulo de seguridad.
- Planos:
 - Plano_01_DRG-01.

Bibliografía

- [1] europapress, «La España peninsular ha atravesado tres largas sequías en casi 60 años y 2005 fue el año con menos lluvias, según AEMET», *EP Sociedad*, 2022. <https://www.europapress.es/sociedad/noticia-espana-peninsular-atravesado-tres-largas-sequias-casi-60-anos-2005-fue-ano-menos-lluvias-aemet-20200815141059.html> (accedido jun. 19, 2022).
- [2] Roberto Granada, «La sequía en España sigue presente: mal estado de los embalses | El tiempo.es», *eltiempo*, 2022. <https://www.eltiempo.es/noticias/sequia-no-ha-terminado-en-espana> (accedido jun. 18, 2022).
- [3] N. Española, E. D. E. L. D. Une-en, y E. D. E. L. D. Une-en, «Norma Española UNE-EN 60529», 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060015>.
- [4] G. Novelec, «Estándares de protección IP y NEMA - Guía práctica - Grupo Novelec», *Novelec EL VALOR DEL SERVICIO*, 2018. <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/estandares-de-proteccion-ip-y-nema-guia-practica/> (accedido jun. 18, 2022).
- [5] Arduino, «Software | Arduino», *Arduino*. <https://www.arduino.cc/en/software> (accedido jun. 19, 2022).
- [6] Proteus, «PCB Design and Circuit Simulator Software - Proteus», *Proteus*. <https://www.labcenter.com/> (accedido jun. 19, 2022).
- [7] KiCad, «KiCad EDA - Schematic Capture & PCB Design Software», *KiCad*, 1992. <https://www.kicad.org/> (accedido jun. 19, 2022).
- [8] Heltec Automation, «WIFI LoRa 32 (V2) – Heltec Automation», *Heltec*, 2022. <https://heltec.org/project/wifi-lora-32/> (accedido jun. 19, 2022).
- [9] J. G. Carmenate, «ESP32 Wifi + Bluetooth en un solo lugar», *Programarfacil.com*, 2022. <https://programarfacil.com/esp8266/esp32/> (accedido jun. 19, 2022).
- [10] Ministerio de Vivienda, «Real decreto 314/2006», *Carreteras*, vol. 6259, n.º 151, p. 11, 2006.
- [11] S. Santos, «ESP32 Deep Sleep with Arduino IDE and Wake Up Sources | Random Nerd Tutorials», *RANDOM NERD TUTORIALS*, 2019. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-deep-sleep-arduino-ide-wake-up-sources/> (accedido jun. 19, 2022).