



NORMAS BÁSICAS DE ESTILO Y FORMATO

El texto del trabajo se escribirá preferentemente en español. Se admitirá el idioma inglés, siempre que el trabajo esté avalado por un convenio internacional (Erasmus u otros) o si la Comisión delegada de Trabajos Fin de Grado o la Comisión Académica del Máster, según el caso, informe favorablemente a partir de una solicitud previa del alumno o alumna.

PROYECTOS DE INGENIERÍA

Se seguirán las consideraciones indicadas en la norma UNE 157001:2004 en cuanto a requisitos formales de carácter general con qué deben redactarse los proyectos.

Se utilizará la carátula incluida en este anexo.

Serán elementos de obligada aparición los siguientes:

Resumen. Entre 300 y 500 palabras como referencia.

Documento Nº 1. Índice

Documento Nº 2. Memoria. Tiene como misión justificar las soluciones adoptadas, su adecuación a la normativa legal aplicable y, conjuntamente con los planos y el pliego de condiciones, debe describir de forma unívoca el objeto del Proyecto.

Documento Nº 3. Anexos

Este documento debe contener los anejos necesarios (según proceda en cada caso) correspondientes a:

- **Documentación de partida.** Este Anexo debe incluir aquellos documentos que se han tenido en cuenta para establecer los requisitos de diseño.
- **Cálculos.** Este Anexo o Anexos tienen como misión justificar las fórmulas aplicadas, las soluciones adoptadas y, conjuntamente con los documentos planos y el pliego de condiciones, debe describir de forma unívoca el objeto del Proyecto.
Debe contener las hipótesis de partida, los criterios y procedimientos de cálculo, así como los resultados finales base del dimensionado o comprobación de los distintos elementos que constituyen el objeto del Proyecto.
- Anexos de aplicación en función del ámbito del Proyecto, son por ejemplo:
 - Seguridad (prevención de incendios, sanidad, radiaciones, pública concurrencia, etc.).
 - Medio ambiente (acústica, residuos, emisiones, etc.).
 - Eficiencia energética.
 - Emplazamiento del proyecto, Geotécnicos, Hidráulicos, Hidrológicos, Pluviométricos, etc.
 - Gestión de residuos.
 - Otros.
- **Estudios con entidad propia.** Este documento debe contener todos



aquellos estudios que deban incluirse en el Proyecto por exigencias legales. Debe comprender, entre otros y sin carácter limitativo, los relativos a:

- Estudio Básico de Seguridad y Salud o Estudio de Seguridad y Salud, según corresponda.
- Estudio de Impacto Ambiental. Se realizará según la tipología prevista en la legislación vigente que aplique.

Cada anexo debe contener la justificación del cumplimiento de la normativa legal vigente aplicable y, si procede, de las fórmulas aplicadas para el cálculo.

- **Otros documentos que justifiquen y aclaren conceptos expresados en el Proyecto.** Se pueden incluir:

- Catálogos de los elementos constitutivos del objeto del Proyecto.
- Listados.
- Información en soportes lógicos, magnéticos, ópticos o cualquier otro.
- Maquetas o modelos.
- Otros documentos que se juzguen necesarios.

Documento Nº 4. Planos. Se deberá tener en cuenta lo indicado en las normas referencias en el apartado 8.2 de la norma UNE 157001:2014.

Documento Nº 5. Pliego de Condiciones. El pliego de condiciones es uno de los documentos que constituyen el Proyecto y tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas, facultativas y legales para que el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

Documento Nº 6. Mediciones. Debe contener un listado completo de las partidas de obra que configuran la totalidad del proyecto. Debe servir de base para la realización del Presupuesto.

Documento Nº 7. Presupuesto.

MODELO DE CAJETÍN PARA PLANOS

Anchura máxima 170 mm, y altura variable. No habría límites si el plano no se doblase.

Situación en ángulo inferior derecho del área de dibujo del plano, con el mismo grosor que el recuadro que marca la zona efectiva de dibujo.

UNIVERSIDAD DE LEÓN		PROYECTO:	
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIAL, INFORMÁTICA Y AEROESPACIAL		GIMNASIO Y CENTRO DE OCIO UBICADO EN EL T.M MUNICIPAL DE SAN ANDRÉS DEL RABANEDO (LEÓN)	
PLANO:	LOCALIZACIÓN	ESCALA: 1/100000	FECHA: JULIO 2017
EL ALUMNO:		TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA	1



ESTUDIOS TÉCNICOS, ORGANIZATIVOS Y ECONÓMICOS, Y TRABAJOS TEÓRICO-EXPERIMENTALES

Se utilizará la carátula incluida en este anexo. El tamaño de papel será A4 y los márgenes del documento serán 3 cm en la parte superior y a la izquierda y 2.5 cm en la parte inferior y a la derecha.

Se utilizarán encabezados y pies de página. En el pie de página irá el nombre del alumno-autor del trabajo y en el encabezado irá la numeración de las hojas, indicándose el total.

Para la numeración de los capítulos, apartados y anexos se seguirán las recomendaciones de la norma UNE 50132.

Cada capítulo iniciará una página nueva. Los títulos de los capítulos utilizarán una fuente de tamaño 28 puntos en negrita y llevarán la primera letra en mayúscula, mientras que el resto serán minúsculas. El interlineado (si el título ocupa más de una línea) será sencillo. Después del título irá una línea en blanco de tamaño 12 puntos.

Para los títulos de los apartados, se utilizará un tamaño de 14 puntos, letra negrita y mayúscula. Los títulos de los apartados y sub-apartados irán precedidos del número del apartado. Debajo del título de los apartados se dejará una línea en blanco.

Para el cuerpo del texto se utilizará un tamaño de 12 puntos, justificado a izquierda y derecha y con interlineado igual a 1.5 líneas, sin espacio adicional entre párrafos.

Las figuras y tablas se intercalarán en el texto, centradas y con un pie de figura o encabezado de tabla. Las figuras y tablas llevarán una línea antes y otra después, y la forma de nombrarlas en el texto será “figura #.#” o “tabla #.#”, donde el primer número es el del capítulo y el segundo es el número de orden de la figura o de la tabla dentro de ese capítulo. El texto al pie de la figura o en el encabezado de la tabla estará en escrito con un tamaño de 12 puntos, y deberá señalar lo que se representa de una forma clara. Ejemplo:

Figura 4.1. Relación entre ... (Fuente:)

Tabla 4.1. Tabla con resultados de...(Fuente:)

Si el texto requiere la inclusión de ecuaciones, el formato de las mismas es libre. Se numerarán según el formato (#.#) alineado al margen derecho junto a la ecuación y se citarán en el cuerpo del texto como “ecuación #.#”, donde el primer número es el capítulo y el segundo el número de la ecuación. Ejemplo:

$$x = \int \sin \varnothing / \dots \quad (4.1)$$

Al final del cuerpo del trabajo debe incluirse una lista de todas las fuentes bibliográficas en las que se basa éste, y debe hacerse referencia a cada uno de los elementos de esta lista en todos los lugares adecuados dentro del texto. A pesar de que la norma UNE 50135 incluye cuestiones relativas al formato de las referencias bibliográficas, se usarán prioritariamente los estilos de referenciación:

- HARVARD (Autor-Fecha)
- IEEE (Numérico)



En todo caso, se podrá usar cualquier otro formato siempre que esté normalizado.

Serán elementos de obligada aparición los siguientes:

Resumen. Entre 300 y 500 palabras, en español.

Abstract. Entre 300 y 500 palabras, en inglés.

Índice de contenidos

Índice de figuras

Índice de cuadros y tablas

Glosario de signos, símbolos, unidades, abreviaturas, acrónimos o términos (si hubiera)

Cuerpo del trabajo (recomendación):

- Introducción
- Estado del arte
- Núcleo del trabajo con ilustraciones esenciales y tablas (objetivos, materiales y métodos,...)
- Resultados
- Conclusiones y recomendaciones
- Agradecimientos, si los hubiere

Lista de referencias bibliográficas

Anexos



universidad
de león



Escuela de Ingenierías

Industrial, Informática y Aeroespacial

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

Trabajo de Fin de Grado

Aplicación web para la gestión de cultivos hidropónicos

Web application for hydroponic crop management

Autor: José Antonio López Pérez
Tutores: Rubén Rodríguez, Jesús Fernández

(Julio, 2025)

UNIVERSIDAD DE LEÓN
Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial

GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA
Trabajo de Fin de Grado

ALUMNO: José Antonio López Pérez

TUTOR: Rubén Rodríguez, Jesús Fernández

TÍTULO: Aplicación web de gestión de cultivos hidropónicos

TITLE: Web application for hydroponic crop management

CONVOCATORIA: Julio, 2025

RESUMEN:

En un contexto de creciente interés por los sistemas de cultivo sostenible y la optimización de recursos, la hidroponía se presenta como una alternativa eficiente para la producción de alimentos en espacios reducidos y con un menor consumo de agua. Sin embargo, uno de los principales retos de estos sistemas es la necesidad de un monitoreo constante y una gestión precisa de variables como la temperatura, la humedad o los niveles de nutrientes. Automatizar y facilitar este control resulta fundamental para asegurar la viabilidad del cultivo y mejorar su rendimiento.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal el diseño y desarrollo de una aplicación web dedicada a la gestión de módulos hidropónicos inteligentes. La aplicación permite a los usuarios monitorizar en tiempo real los datos capturados por distintos sensores instalados en el sistema, además de programar acciones automáticas basadas en condiciones específicas o preferencias del usuario. De este modo, es posible optimizar el mantenimiento del cultivo mediante la automatización de tareas como el riego, la ventilación o el ajuste de la iluminación. La plataforma está organizada en diferentes secciones que ofrecen funcionalidades como la visualización gráfica de los datos registrados, el estado actual del sistema, recomendaciones personalizadas para mejorar el cultivo y paneles de configuración para adaptar el funcionamiento del módulo a las necesidades concretas del usuario.

Desde el punto de vista técnico, el sistema sigue una arquitectura basada en microservicios virtualizados mediante contenedores Docker, lo que garantiza su escalabilidad, portabilidad y facilidad de despliegue. Además, el proyecto incluye el diseño y la construcción de un módulo hidropónico físico, equipado con una serie de sensores y componentes electrónicos gestionados a través de una estructura fabricada mediante impresión 3D. Gracias a esta combinación de hardware y software, se ofrece una solución integral para el control inteligente de cultivos hidropónicos.

ABSTRACT:

In a context of growing interest in sustainable farming systems and resource optimization, hydroponics emerges as an efficient alternative for food production in reduced spaces and with lower water consumption. However, one of the main challenges of these systems is the need for constant monitoring and precise management of variables such as temperature, humidity, and nutrient levels. Automating and facilitating this control is essential to ensure the viability of the crop and improve its performance.

This Final Degree Project aims to design and develop a web application dedicated to the management of intelligent hydroponic modules. The application allows users to monitor in real time the data captured by different sensors installed in the system, as well as to schedule automatic

actions based on specific conditions or user preferences. In this way, it is possible to optimize crop maintenance through the automation of tasks such as irrigation, ventilation, or lighting adjustment. The platform is organized into different sections that offer functionalities such as graphical visualization of recorded data, the status of the system, personalized recommendations to improve the crop, and configuration panels to adapt the module's operation to the user's specific needs.

From a technical point of view, the system follows an architecture based on microservices virtualized through Docker containers, which ensures scalability, portability, and ease of deployment. Additionally, the project includes the design and construction of a physical hydroponic module, equipped with a series of sensors and electronic components managed through a structure manufactured by 3D printing. Thanks to this combination of hardware and software, a comprehensive solution is offered for the intelligent control of hydroponic crops.

Palabras clave: Hidroponía, Automatización, Monitoreo, Sensores, Aplicación web, Microservicios, Docker, Impresión 3D, Optimización de recursos, Control inteligente

Firma del alumno:

VºBº Tutor/es:

Tabla de contenido

Índice de figuras	9
Índice de tablas.....	9
Glosario de términos	10
Introducción	11
Estudio del problema	14
1.1 El contexto del problema	14
1.2 El estado de la cuestión	14
1.3 La definición del problema	15
Gestión de proyecto software	15
2.1 Alcance del proyecto	15
2.1.1 Definición del proyecto	16
2.1.2 estimación de tareas y recursos	16
2.1.3 Presupuesto	17
2.2 Plan de trabajo	20
2.2.1 Identificación de tareas	20
2.2.2. Asignación de tareas y estimación	27
2.2.3. Planificación de tareas.....	30
2.3. Gestión de recursos	32
2.3.1. Especificación de recursos.....	33
2.4. Gestión de riesgos	40
2.4.1. Identificación de riesgos.....	40
2.5. Legislación y normativa	41
Capítulo 3	42
Solución	42
3.1. Descripción de la solución	42
3.2. El proceso de desarrollo	42
3.2.1. Análisis	42
3.2.2. Diseño.....	51
3.2.3. Implementación.....	51
3.2.4. Pruebas.....	60
3.3. El producto del desarrollo	61
Capítulo 4	61
Evaluación.....	61
4.1. Proceso de evaluación	61
4.1.1. Forma de evaluación	61

4.1.2. Casos de prueba **4.2. Análisis de resultados Conclusión** 61

Lista de referencias 61

Anexo 1 - Seguimiento de Proyecto 61

Anexo 2 - Manual de usuario 61

Índice de figuras

Ilustración 19

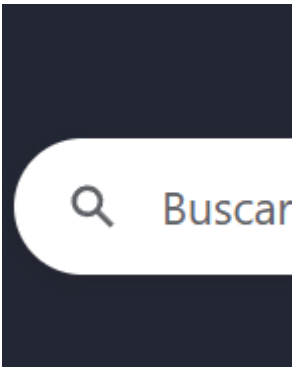


Ilustración 1

Índice de tablas

Glosario de términos

React: Framework utilizado para la creación de aplicaciones web.

API: Conjunto de definiciones y protocolos que permiten que dos aplicaciones se comuniquen entre sí.

Backend: Parte de una aplicación que gestiona la lógica, la base de datos y el procesamiento de datos en el servidor.

MariaDB: Sistema de gestión de bases de datos relacional, derivado de MySQL, utilizado para almacenar y gestionar datos.

DaisyUI: Plugin de Tailwind CSS que proporciona componentes predefinidos y estilos personalizables para interfaces web.

Docker: Plataforma que permite crear, distribuir y ejecutar aplicaciones dentro de contenedores ligeros y portables.

CSS: Lenguaje de hojas de estilo usado para describir la presentación y diseño de documentos HTML.

Arduino: Plataforma de hardware libre basada en una placa con microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear proyectos electrónicos.

Software: Conjunto de programas, instrucciones y reglas informáticas que permiten ejecutar tareas en un dispositivo.

Hardware: Conjunto de componentes físicos y tangibles de un sistema informático o electrónico

Introducción

Este proyecto plantea una solución enfocada en el desarrollo de un producto software completo destinado a la gestión y automatización de módulos hidropónicos inteligentes. El objetivo principal es permitir a los usuarios visualizar la información recogida por los sensores instalados en el sistema y facilitar la programación de acciones automáticas que optimicen el mantenimiento del cultivo. A través del procesamiento y presentación adecuada de los datos capturados (como temperatura, humedad o electro conductividad del agua), se busca garantizar un control preciso que permita mejorar el rendimiento y la viabilidad de los cultivos hidropónicos.

Planteamiento del problema

Con el desarrollo del proyecto, se pretende analizar y aplicar metodologías ágiles durante la gestión del proceso, empleando un enfoque iterativo e incremental. Gracias a este modelo, el producto podrá ir incorporando nuevas funcionalidades de manera progresiva a lo largo de diferentes iteraciones, permitiendo que sea operativo desde las primeras fases y favoreciendo la obtención de feedback por parte de los usuarios. Esto facilita la detección temprana de errores y reduce los costes asociados a posibles cambios, además de asegurar una evolución continua del sistema a medida que se desarrollan nuevas versiones.

En cuanto a la arquitectura, se ha optado por un diseño basado en microservicios virtualizados mediante contenedores Docker, lo que permite dividir el sistema en diferentes componentes independientes, cada uno encargado de una funcionalidad específica, garantizando flexibilidad, escalabilidad y facilidad de mantenimiento. La comunicación entre estos microservicios es fundamental y se realiza a través de peticiones bien definidas que permiten integrar de manera eficiente todas las partes del sistema.

El producto final integra tanto el desarrollo de la aplicación web, que proporciona al usuario acceso a los datos y configuración del módulo hidropónico, como el diseño físico del propio módulo, fabricado mediante impresión 3D y equipado con sensores y componentes electrónicos. Gracias a esta combinación de hardware y software, se ofrece una solución completa que facilita el control inteligente y automatizado de cultivos hidropónicos, proporcionando una alternativa eficiente y sostenible para la producción de alimentos.

Objetivos

El objetivo principal del proyecto es desarrollar una aplicación web que permita la gestión y automatización de módulos hidropónicos inteligentes, facilitando a los usuarios la monitorización de datos en tiempo real y la programación de acciones automáticas para optimizar el mantenimiento del cultivo.

Además del objetivo principal, hay una serie de objetivos específicos:

- Comprender qué es un módulo hidropónico inteligente y cuáles son sus principales componentes.
- Comprender la arquitectura basada en microservicios y su aplicación en sistemas de gestión de datos IoT.
- Conocer los procedimientos y métodos para desarrollar una arquitectura basada en microservicios mediante Docker.
- Comprender el funcionamiento y la integración de sensores en sistemas de monitoreo ambiental (temperatura, humedad, nutrientes).
- Conocer los medios de comunicación entre los microservicios del sistema y cómo garantizar su correcta interacción.
- Evaluar la experiencia del usuario en la aplicación web, analizando la usabilidad y accesibilidad de las funcionalidades ofrecidas.
- Integrar hardware y software de forma eficiente para ofrecer una solución completa de gestión de cultivos hidropónicos.
- Conocer las ventajas que aporta el uso de un bus de datos a la hora de evitar pérdidas de información.
- Desarrollar un módulo hidropónico diseñado específicamente para la aplicación.
- Analizar los datos obtenidos y realizar recomendaciones para el usuario.

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se ha seguido una metodología ágil e incremental, gestionando el ciclo de vida del software a través de la plataforma GitHub como herramienta principal para el control de versiones y seguimiento del progreso. El trabajo se ha dividido en dos grandes etapas de aproximadamente tres meses cada una.

Durante la primera etapa, el objetivo principal fue obtener una primera versión del prototipo funcional, enfocada en desarrollar un Producto Mínimo Viable (MVP) que incluyera las características básicas necesarias para validar el funcionamiento del sistema. En esta fase inicial se priorizó la integración de los componentes esenciales del sistema, como la captura de datos desde

sensores, la visualización básica de información en la aplicación web y la ejecución de acciones automáticas simples.

La planificación del desarrollo se organizó en iteraciones de dos semanas, al final de las cuales se incorporaba al proyecto al menos una nueva funcionalidad que permitiera avanzar de forma continua y medible. Además, esta estructura permitió realizar pruebas parciales y corregir posibles errores antes de continuar con nuevas implementaciones.

Una vez validado el prototipo inicial, se llevó a cabo una segunda etapa, también de tres meses, centrada en el perfeccionamiento del sistema y el desarrollo de la versión final. En esta fase se añadieron mejoras tanto a nivel funcional como visual, incluyendo la optimización de la interfaz de usuario, la ampliación de las opciones de configuración y la integración completa de todas las funcionalidades planificadas para el producto final.

El uso de esta metodología ha permitido mantener un flujo de trabajo flexible y adaptativo, facilitando la incorporación de mejoras continuas y la resolución temprana de incidencias, lo que ha contribuido a obtener un sistema estable y operativo al finalizar cada ciclo de desarrollo.

Estructura del trabajo

Este trabajo se organiza en varios apartados que permiten guiar al lector a través de todas las fases del desarrollo del proyecto, desde su concepción hasta su evaluación final:

Capítulo 1: Análisis del problema

En esta sección se contextualiza la problemática que da origen al proyecto, detallando las necesidades detectadas y los objetivos que se persiguen. También se analizan las alternativas existentes y se justifican las tecnologías seleccionadas para abordar la solución.

Capítulo 2: Planificación y gestión del proyecto

Aquí se describe cómo se ha organizado el desarrollo del sistema, incluyendo la definición del alcance del trabajo, la distribución y calendarización de tareas, así como los recursos empleados a lo largo del proceso. Se detallan las estrategias seguidas para garantizar una gestión eficiente y controlada del proyecto.

Capítulo 3: Desarrollo de la solución

En este apartado se profundiza en la solución implementada, explicando de manera detallada el diseño del sistema, sus principales componentes y la arquitectura adoptada. Se justifica cada decisión técnica tomada y se describe cómo estas decisiones permiten cumplir con los objetivos planteados.

Capítulo 4: Validación y resultados

Esta sección recoge el proceso llevado a cabo para verificar el correcto funcionamiento del sistema, así como las pruebas realizadas. Además, se presentan los resultados obtenidos y se analiza hasta qué punto se han alcanzado los objetivos iniciales.

Capítulo 5: Conclusiones y futuras mejoras

Finalmente, se realiza una reflexión global sobre el trabajo desarrollado. Se exponen los principales retos y dificultades encontrados durante el proyecto, se valoran los resultados alcanzados y se proponen posibles líneas de mejora y evolución futura del sistema.

Anexo 1: Registro del desarrollo

Este anexo recoge de forma cronológica la evolución del proyecto, mostrando cómo ha progresado a lo largo del tiempo y los hitos más relevantes alcanzados.

Anexo 2: Guía de usuario

Incluye instrucciones claras y detalladas para facilitar al usuario la utilización de la aplicación, desde su puesta en marcha hasta el manejo de sus principales funcionalidades.

Capítulo 1

Estudio del problema

En esta sección se realiza el estudio del contexto del problema, su estado en la actualidad y se define sus aspectos clave.

1.1 El contexto del problema

El Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo el desarrollo de GreenhouseIOT, una aplicación web orientada a la gestión y supervisión de datos generados por un módulo hidropónico. La idea principal surge como una oportunidad para consolidar conocimientos en tecnologías actuales del ámbito del desarrollo web, además de obtener experiencia práctica en la creación de soluciones reales con proyección profesional.

El proyecto propone una herramienta capaz de monitorizar y almacenar los datos obtenidos a partir de sensores instalados en sistemas hidropónicos, permitiendo así un control preciso de variables críticas como temperatura, humedad o nivel de nutrientes. Todo ello está pensado para facilitar el seguimiento de estos cultivos en tiempo real desde una plataforma web intuitiva y accesible.

Gracias al uso de tecnologías modernas como React para el frontend, FastAPI para la lógica del backend, MariaDB como sistema de almacenamiento, junto con Kafka para el envío de datos y Docker para la contenerización de servicios, la aplicación busca ofrecer una solución completa para el seguimiento local de instalaciones hidropónicas.

1.2 El estado de la cuestión

El auge de la agricultura inteligente y, en particular, de los sistemas hidropónicos, ha impulsado el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas al monitoreo y gestión de cultivos mediante sensores IoT. A nivel industrial, existen plataformas robustas que ofrecen servicios avanzados de análisis de datos, control remoto y optimización de recursos, aunque muchas de estas soluciones están orientadas a explotaciones a gran escala y suponen altos costes de implementación.

En cambio, GreenhouseIOT surge como una alternativa pensada para instalaciones locales o de pequeña escala, proporcionando una plataforma sencilla, adaptable y sin grandes requerimientos técnicos para el usuario final. Mientras que otras herramientas del mercado priorizan la integración de sistemas complejos y centralizados, este proyecto apuesta por una arquitectura distribuida mediante microservicios, facilitando así su mantenimiento, escalabilidad y despliegue en diferentes entornos.

1.3 La definición del problema

En base al análisis previo, el problema principal que aborda este proyecto es la falta de soluciones accesibles y adaptadas a pequeñas instalaciones hidropónicas que permitan gestionar y visualizar de manera eficiente los datos recogidos por sensores IoT.

Con GreenhouseIOT se pretende cubrir las siguientes necesidades:

- Monitorización continua de parámetros ambientales relevantes (temperatura, humedad, nivel de agua, etc.).
- Almacenamiento ordenado y seguro de los datos generados por los sensores.
- Visualización clara e intuitiva de los datos históricos y en tiempo real desde una interfaz web.
- Comunicación eficiente entre los diferentes módulos del sistema.
- Facilitar la escalabilidad del sistema mediante una arquitectura basada en contenedores (Docker) y microservicios.
- Además, uno de los objetivos clave de la aplicación es ofrecer una experiencia de usuario sencilla, que permita tanto la instalación como la gestión del sistema sin necesidad de conocimientos avanzados en tecnología o programación. A partir de una plataforma web accesible desde cualquier dispositivo, el usuario puede supervisar su módulo hidropónico, realizar consultas de los registros históricos y recibir recomendaciones basadas en los datos almacenados.

Con todo ello, GreenhouseIOT pretende ser una herramienta útil y práctica para impulsar el uso de la agricultura inteligente en proyectos locales y domésticos.

Capítulo 2

Gestión de proyecto software

2.1 Alcance del proyecto

En este apartado se describen las tareas necesarias para llevar a cabo el desarrollo de GreenhouseIOT, así como los recursos requeridos, la estimación de costes y los posibles riesgos asociados. La finalidad del proyecto es crear una aplicación web que permita monitorizar y gestionar los datos de sensores instalados en un módulo hidropónico, facilitando su visualización, análisis y almacenamiento de manera sencilla y eficiente para el usuario final.

La aplicación busca ofrecer una herramienta de apoyo a pequeñas instalaciones hidropónicas, proporcionando información en tiempo real y registros históricos que permitan optimizar el cultivo y anticipar posibles problemas en el entorno controlado.

2.1.1 Definición del proyecto

El proyecto consiste en el desarrollo de una plataforma web que permita a los usuarios supervisar y gestionar los datos de su módulo hidropónico. La aplicación incluirá funciones como:

- Visualización en tiempo real de datos ambientales (temperatura, humedad, nivel de nutrientes, etc.).
- Consulta de registros históricos y gráficas comparativas.
- Alertas ante valores críticos o anómalos detectados.
- Gestión del almacenamiento de datos mediante una base de datos relacional.
- Panel de administración básico para supervisar el sistema y verificar el estado de los distintos módulos.

La arquitectura estará dividida en 3 capas: origen de datos, persistencia y explotación, desarrolladas de manera paralela y coordinada, asegurando una integración continua y modular para facilitar su mantenimiento y escalabilidad.

La tecnología elegida para la capa de explotación es React, que permitirá diseñar una interfaz interactiva y dinámica para el usuario, en la capa de persistencia encontramos la base de datos y un contenedor desarrollado con Fastapi que permite interactuar con ella. Por último, en la capa de origen de datos encontramos un servicio de Python que se encarga de preguntar a los módulos hidropónicos los datos de forma periódica y prepara esos datos para ser transportados por Kafka hacia la capa de persistencia.

Además, todo el entorno se desplegará utilizando contenedores Docker, asegurando así la portabilidad y estabilidad de la aplicación, independientemente del entorno de ejecución.

El sistema está diseñado para su funcionamiento a nivel local, pensado para pequeñas instalaciones hidropónicas que requieran una solución asequible, funcional y sencilla de implementar.

2.1.2 estimación de tareas y recursos

Tareas

El desarrollo del proyecto se organizará en tareas semanales, dentro de una metodología incremental que permitirá ir incorporando nuevas funcionalidades progresivamente. A lo largo del desarrollo se realizarán reuniones periódicas para revisar los avances, valorar posibles mejoras y ajustar las prioridades.

Entre las tareas principales previstas se encuentran:

- Diseño de la arquitectura de la aplicación y configuración inicial del entorno.
- Desarrollo del backend con FastAPI.
- Desarrollo del frontend con React.
- Integración de la base de datos MariaDB.
- Configuración y manejo de envío de datos mediante Kafka.
- Creación de pruebas funcionales para asegurar el correcto comportamiento de cada módulo.

- Despliegue de los servicios con Docker.
- Elaboración de documentación técnica y manual de usuario.
- Pruebas finales y validación del sistema.

Cada entrega de una nueva funcionalidad tendrá una duración estimada mínima de dos semanas, dependiendo de la complejidad y los recursos disponibles.

Recursos

Para el desarrollo de GreenhouseIOT se contemplan tanto recursos humanos como físicos:

Humanos

El equipo ideal del proyecto estaría compuesto por cuatro perfiles clave, cada uno enfocado en áreas específicas del desarrollo:

Jefe de proyecto: encargado de planificar, supervisar y coordinar todas las fases del desarrollo.

Backend developer: encargado de la implementación de la lógica de negocio, API y conexiones con la base de datos. Se encargaría del mantenimiento y configuración de la base de datos y de las tareas relacionadas con Docker. Desarrollaría prácticas de ci/cd para asegurar el correcto funcionamiento y entrega de las actualizaciones del sistema.

Frontend developer: responsable del desarrollo de la parte visual e interactiva de la plataforma. Se encargaría de conseguir una interfaz amigable para el usuario haciendo uso de librerías de componentes UI.

Encargado hardware: responsable del diseño de circuitos electrónicos, diseño de los componentes 3D, procesos de impresión 3D, montaje de módulos hidropónicos, desarrollo del código de microcontroladores esp32 y configuraciones derivadas.

Físicos

Los recursos físicos necesarios para llevar a cabo el proyecto son:

- Hardware: equipos informáticos para cada miembro del equipo, capaces de ejecutar entornos de desarrollo y contenedores de Docker de manera eficiente. El coste de la impresión 3D y materiales asociados a componentes del módulo.
- Software: no se prevén costes adicionales, ya que todas las tecnologías utilizadas son open source (React, FastAPI, MariaDB, Kafka y Docker).

2.1.3 Presupuesto

El presupuesto para el desarrollo de GreenhouseIoT se ha estimado considerando los costes asociados tanto a los recursos humanos como a los recursos físicos e infraestructurales necesarios para garantizar el correcto desarrollo del proyecto.

Recursos Humanos

El equipo de trabajo estará formado por los siguientes perfiles profesionales, junto con su coste mensual aproximado y la duración estimada del proyecto (3 meses):

Puesto	Coste por hora(€/h)	Horas de trabajo	Coste total (€)
Jefe de proyecto	30	216	6.480
Backend developer	25	352	8.800

Frontend developer	25	248	6.200
Encargado hardware	25	280	7.000
Total, RRHH			28.480€

Nota: Se ha estimado un equipo reducido enfocado en cubrir las áreas críticas del proyecto, prescindiendo de perfiles secundarios para optimizar los costes. Otra opción más económica sería contratar a un desarrollador fullstack y alargar ligeramente la duración del desarrollo.

Recursos Físicos

Hardware:

Aquí se observa el listado de materiales necesarios para la realización de 1 módulo.

Nombre del recurso	Trabajo	Costo
Impresora 3D	1 und	319,00 €
Plástico PLA	3 bobina 850g	63,00 €
Portátiles	4 und	1.716,00 €
Cableado	2 metros	22,98 €
DHT22	1 und	4,63 €
Sensor temperatura del agua	1 und	1,39 €
Sensor TDS	1 und	3,49 €
Fuente de alimentación	1 und	7,24 €
Regulador de voltaje	1 und	2,97 €
Foco led	1 und	5,79 €
Tornillería	1 caja	4,79 €
LDR	1 und	1,42 €
Resistencias	1 caja	2,92 €
Modulo 4x Relé	1 und	2,42 €
Conexiones	1 caja	9,80 €
ESP32 S3	1 und	6,03 €
ESP32 Cam	1 und	7,49 €
Contenedores	1 und	4,50 €
Oxigenador	1 und	2,49 €
Ventilador	1 und	1,54 €
Pegamento	1 caja	3,50 €
Tuercas inyección	1 caja	3,99 €
pcb	1 caja	2,84 €
lente 77mm	1 und	6,36 €
Nivel de agua	1 und	2,79 €
Soldador	1 kit	21,00 €
Coste Total		2.230.37€

En el presupuesto anterior vienen incluidos costes materiales asociados a la compra de equipos de montaje o producción. A continuación, se muestra el presupuesto mínimo que requiere la construcción de un segundo módulo, no se incluyen costes como la compra de la impresora 3D o de nueva tornillería ya que el gasto viene por caja y no siempre es necesario comprar más unidades.

Nombre del recurso	Trabajo	Costo
Plástico PLA	3 bobina 850g	63,00 €
Cableado	2 metros	22,98 €
DHT22	1 und	4,63 €
Sensor temperatura del agua	1 und	1,39 €
Sensor TDS	1 und	3,49 €
Fuente de alimentación	1 und	7,24 €
Regulador de voltaje	1 und	2,97 €
Foco led	1 und	5,79 €
LDR	1 und	1,42 €
Modulo 4x Relé	1 und	2,42 €
ESP32 S3	1 und	6,03 €
ESP32 Cam	1 und	7,49 €
Contenedores	1 und	4,50 €
Oxigenador	1 und	2,49 €
Ventilador	1 und	1,54 €
lente 77mm	1 und	6,36 €
Nivel de agua	1 und	2,79 €
	Coste total	146,53 €

Software: No se contemplan costes adicionales debido al uso exclusivo de herramientas y tecnologías open source como FastAPI, React, MariaDB, Kafka y Docker.

Costes Indirectos

Oficina: Se optará por el trabajo remoto por lo que no se aplican costes debidos a oficinas físicas.

Para el desarrollo y testeo de la aplicación será necesaria la construcción del por lo menos 1 módulo hidropónico inteligente.

En este caso se considerará que se construye solo el primer módulo ya que tras el desarrollo el cliente será responsable y propietario de la compra y mantenimiento del módulo físico.

Presupuesto Total

Concepto	Coste (€)
Recursos Humanos	28.480 €
Hardware	2.230.37€
Total	30.710,37€

Este presupuesto está sujeto a posibles ajustes según la evolución del proyecto, cambios en los plazos o incorporación de nuevos requerimientos.

Coste total

Concepto	Coste (€)
Recursos Humanos	28.480 €
Hardware	2.230 €
Beneficio industrial (15 %)	4.607 €
Impuestos (I.V.A. 21 %)	7.417 €
Total del proyecto	42.733 €

2.2 Plan de trabajo

En esta sección se detalla cómo se han establecido las diferentes tareas del desarrollo de la aplicación GreenhouseIoT, así como el tiempo aproximado de dedicación a cada una. El plan de trabajo sigue una metodología incremental, permitiendo validar cada funcionalidad antes de avanzar a la siguiente, asegurando un desarrollo controlado y eficiente.

2.2.1 Identificación de tareas

Tareas de investigación del sector

Nombre de tarea
a) Investigación sobre el sector
b) Investigación sobre las tecnologías
c) Planificación de objetivos esperados
d) Estudio de viabilidad del proyecto
e) Creación de la identidad del producto
f) Diseño del primer boceto relativo a la interfaz de la aplicación y estructura
g) Planificación de metodología de desarrollo.

a) Investigación sobre el sector

Se llevó a cabo un estudio exploratorio para entender el contexto actual de la agricultura inteligente y el uso de módulos hidropónicos en pequeñas instalaciones. Este análisis permitió definir con precisión el alcance del sistema GreenhouseIoT.

b) Investigación sobre las tecnologías

Se investigaron herramientas modernas como React, FastAPI, Docker o Kafka, seleccionando las más adecuadas para la arquitectura distribuida del sistema. Esta fase resultó fundamental para garantizar una integración tecnológica eficiente.

c) Planificación de objetivos esperados

Se definieron los objetivos principales y secundarios del proyecto, delimitando funcionalidades clave a implementar. Esta etapa permitió estructurar las tareas de desarrollo con metas alcanzables en cada iteración.

d) Estudio de viabilidad del proyecto

Se evaluaron aspectos técnicos, económicos y de tiempo para confirmar que el proyecto era ejecutable en el plazo y con los recursos disponibles. Se ajustaron prioridades para optimizar el proceso de desarrollo.

e) Creación de la identidad del producto

Se estableció la imagen de la plataforma, incluyendo nombre, paleta de colores y estilo visual. Esta identidad facilitará su futura expansión y diferenciación frente a soluciones similares.

f) Diseño del primer boceto relativo a la interfaz de la aplicación y estructura

Se elaboraron prototipos iniciales de la interfaz de usuario, priorizando la claridad, accesibilidad y facilidad de uso. Este diseño sirvió de base para el posterior desarrollo del frontend.

g) Planificación de metodología de desarrollo.

Se definió una estrategia basada en metodologías ágiles, con entregas iterativas, control de versiones mediante GitHub y pruebas continuas. Esta elección permitió adaptar el desarrollo a los cambios surgidos durante el proyecto.

Tareas de desarrollo

Nombre de tarea
GreenhouseIOT
Planificación inicial
a) Definición de la idea y requisitos
b) Diseño de la arquitectura base
c) Configuraciones del repositorio de código
d) Creación de la arquitectura del proyecto
Creación del módulo
e) Diseño del circuito eléctrico
f) Montaje del circuito
g) Diseño de la carcasa 3D
h) Impresión de la carcasa

i) Montaje del módulo
j) Programación del módulo
Origen de datos
k) Creación de la api de origen de datos
l) Programación del productor kafka
Persistencia de datos
m) Diseño de la base de datos
n) Creación de la base de datos
o) Creación de api para la base de datos
p) Programación del consumidor Kafka
Explotación de datos
q) Boceto diseño gráfico de la aplicación web
r) Desarrollo estructura básica de la web
s) Visualización de datos de ultima lectura
t) Visualización de datos haciendo uso de graficas
u) Paneles de configuración para automatizaciones
v) Lógica de gestión de múltiples módulos
Sistema visión artificial
w) Pagina dedicada para imágenes de los módulos
x) Recolección de dataset de imágenes
y) Entrenamiento de sistema de visión artificial
z) Creación de recomendaciones personalizadas para el usuario
Control de calidad
aa) Creación test automáticos para Apis
bb) Creación test automáticos para la web

Planificación inicial

a) Definición de la idea y requisitos

Se establecieron los objetivos funcionales y técnicos de la plataforma, así como los requisitos mínimos que debía cumplir cada uno de los módulos. Esta fase permitió fijar las expectativas del proyecto y orientar el diseño del sistema hacia la resolución de necesidades reales en el control de cultivos hidropónicos.

b) Diseño de la arquitectura base

Se optó por una arquitectura de microservicios desplegada con Docker, separando las capas de origen de datos, persistencia y explotación. Este enfoque garantiza la escalabilidad y permite mantener cada componente de forma independiente, favoreciendo el mantenimiento y evolución del sistema.

c) Configuraciones del repositorio de código

Se configuró un repositorio Git para almacenar y gestionar el código fuente, estableciendo ramas de desarrollo, revisión y producción. También se añadieron flujos básicos de integración continua para automatizar pruebas y asegurar la calidad del software a lo largo del proyecto.

d) Creación de la arquitectura del proyecto

Se definieron las rutas internas de comunicación entre los servicios y se organizaron las carpetas y módulos del código según buenas prácticas. Esto facilitó el trabajo colaborativo y la modularización del sistema, permitiendo realizar cambios sin afectar otras partes del código.

Creación del módulo

e) Diseño del circuito eléctrico

Se diseñó el esquema electrónico del módulo hidropónico, determinando los sensores y actuadores necesarios para medir variables clave como temperatura, humedad, TDS y nivel de agua. Este diseño sirvió de referencia para el montaje físico y programación posterior del sistema.

f) Montaje del circuito

Tras definir el esquema eléctrico, se procedió a la integración física de los componentes en una placa base. Se soldaron y conectaron sensores, relés y microcontroladores, verificando la correcta comunicación entre todos los elementos del sistema.

g) Diseño de la carcasa 3D

Se creó un diseño 3D personalizado que alojara todos los componentes del sistema de forma compacta y funcional. Se emplearon herramientas de modelado para asegurar el acoplamiento entre piezas, facilitando tanto el montaje como el mantenimiento futuro del hardware.

h) Impresión de la carcasa

Utilizando una impresora 3D y filamento PLA, se imprimieron las distintas piezas del módulo hidropónico. Durante este proceso se ajustaron parámetros de impresión y tolerancias para garantizar la estabilidad estructural y la correcta colocación de los sensores y cableado.

i) Montaje del módulo

Una vez disponibles todas las piezas, se ensambló el módulo completo, incluyendo el encaje de sensores, conexión del circuito y pruebas preliminares de funcionamiento. Esta etapa permitió validar la parte física del sistema antes de comenzar con su programación.

j) Programación del módulo

Se desarrolló el código que permite al ESP32 recoger datos de los sensores, formatearlos y enviarlos al sistema mediante Kafka. También se configuraron rutinas automáticas que permiten ejecutar acciones como activar ventilación o iluminación en función de valores críticos.

Origen de datos

k) Creación de la api de origen de datos

Se desarrolló una API ligera en FastAPI que actúa como puente entre el módulo físico y el sistema. Esta API permite recibir solicitudes periódicas desde el microcontrolador y estructurar los datos antes de su envío, garantizando que la información fluya correctamente hacia las capas superiores del sistema.

l) Programación del productor Kafka

Se implementó un productor Kafka que toma los datos provenientes de la API y los envía a un topic específico en el sistema de mensajería. Este productor se encarga de asegurar que los datos lleguen de forma rápida y confiable al consumidor, permitiendo desacoplar la adquisición de datos de su posterior almacenamiento.

Persistencia de datos

m) Diseño de la base de datos

Se diseñó un esquema relacional en MariaDB para almacenar de forma estructurada todos los datos generados por los sensores. El diseño contempla la escalabilidad del sistema y permite la consulta eficiente de los registros históricos, incluyendo información por módulo y por fecha.

n) Creación de la base de datos

Se llevó a cabo la implementación práctica del modelo de datos definido, creando tablas, relaciones y restricciones necesarias. Además, se realizaron pruebas de integridad y rendimiento para asegurar un almacenamiento fiable y sin pérdidas de información.

o) Creación de api para la base de datos

Se desarrolló una API en FastAPI que actúa como intermediaria entre el frontend y la base de datos. Esta API permite acceder a los datos, aplicar filtros por fecha o tipo de módulo y realizar operaciones CRUD, todo ello respetando las reglas de seguridad y acceso definidas.

p) Programación del consumidor Kafka

El consumidor Kafka recibe los mensajes generados por el productor y los interpreta para insertarlos automáticamente en la base de datos. Se implementó un sistema de validación para asegurar que los datos sean coherentes y se almacenen correctamente sin duplicados ni errores.

Explotación de datos

q) Boceto diseño gráfico de la aplicación web

Se creó un prototipo visual de la interfaz gráfica utilizando principios de usabilidad y diseño centrado en el usuario. Este boceto incluyó la disposición de gráficos, menús y paneles interactivos, sirviendo como guía para el desarrollo del frontend en React.

r) Desarrollo estructura básica de la web

Se implementaron las rutas principales, componentes base y lógica de navegación de la plataforma. Esta estructura permite que el usuario acceda fácilmente a las diferentes funcionalidades, como la visualización de datos, configuración de módulos y consultas históricas.

s) Visualización de datos de ultima lectura

Se implementó un panel principal que muestra en tiempo real los valores más recientes de cada sensor del módulo hidropónico. Esta vista proporciona una lectura rápida del estado actual del cultivo, permitiendo al usuario actuar de inmediato si se detectan valores críticos.

t) Visualización de datos haciendo uso de graficas

Se integraron gráficas dinámicas que permiten al usuario visualizar la evolución de los datos registrados a lo largo del tiempo. Esta funcionalidad facilita el análisis del rendimiento del cultivo y ayuda a identificar patrones o anomalías en el entorno.

u) Paneles de configuración para automatizaciones

Se desarrollaron herramientas para que el usuario pueda definir reglas personalizadas de automatización, como activar el riego o la ventilación si se superan ciertos umbrales. Estos paneles convierten la plataforma en una solución inteligente, adaptable a diferentes tipos de cultivo.

v) Lógica de gestión de múltiples módulos

La aplicación fue diseñada para soportar varios módulos hidropónicos simultáneamente. Se creó una lógica de gestión que permite registrar, supervisar y configurar individualmente cada módulo desde la misma interfaz web, facilitando la expansión del sistema en el futuro.

Sistema visión artificial

w) Pagina dedicada para imágenes de los módulos

Se incorporó una sección en la aplicación donde se muestran imágenes capturadas por las cámaras instaladas en los módulos. Esta funcionalidad permite al usuario observar el estado visual del cultivo y tener un control adicional mediante visión remota.

x) Recolección de dataset de imágenes

Se llevó a cabo la captura y almacenamiento de imágenes representativas de los cultivos en distintos estados. Este dataset sirvió como base para entrenar modelos de visión artificial, orientados a detectar situaciones anómalas como falta de luz, marchitamiento o sobrecrecimiento.

y) Entrenamiento de sistema de visión artificial

Utilizando aprendizaje automático, se entrenó un modelo que puede interpretar imágenes del módulo hidropónico y generar alertas automáticas ante condiciones desfavorables. Este sistema complementa la monitorización por sensores, añadiendo una capa adicional de supervisión.

z) Creación de recomendaciones personalizadas para el usuario

Basado en los datos recogidos y procesados (tanto numéricos como visuales), se generó un sistema de recomendaciones que sugiere acciones al usuario. Estas sugerencias ayudan a optimizar el cultivo y a prevenir errores comunes, mejorando el rendimiento general del sistema.

Control de calidad

aa) Creación test automáticos para Apis

Se diseñaron e implementaron pruebas automatizadas que verifican el correcto funcionamiento de los endpoints de las APIs. Estas pruebas aseguran que las funcionalidades principales de la plataforma se mantengan operativas tras cualquier actualización o modificación del sistema.

bb) Creación test automáticos para la web

Se desarrollaron pruebas para comprobar que la interfaz web responde correctamente ante diferentes interacciones del usuario. Se validó la carga de datos, la navegación entre secciones y el correcto despliegue de los gráficos, minimizando así errores en producción.

Tareas finales

Nombre de tarea
a) Documentación de producto
b) Creación de la memoria de desarrollo y producto
c) Corrección de errores
d) Tareas de mantenimiento

a) Documentación de producto

Se elaboró una documentación técnica que detalla la arquitectura del sistema, los componentes utilizados y la lógica de funcionamiento de cada módulo. Esta documentación está orientada a facilitar el mantenimiento del proyecto y su posible evolución por parte de futuros desarrolladores.

b) Creación de la memoria de desarrollo y producto

Se redactó la memoria oficial del Trabajo de Fin de Grado, recogiendo todo el proceso de desarrollo desde la concepción de la idea hasta la validación final. En ella se incluyen los fundamentos teóricos, decisiones técnicas, metodología utilizada y resultados obtenidos.

c) Corrección de errores

Durante esta fase se revisaron todas las funcionalidades del sistema, corrigiendo errores detectados en pruebas anteriores. Se depuró el código tanto del backend como del frontend, y se ajustaron pequeños detalles visuales y de rendimiento para mejorar la experiencia del usuario.

d) Tareas de mantenimiento

Se implementaron acciones preventivas y de mantenimiento para garantizar la estabilidad del sistema en el tiempo. Esto incluye la actualización de librerías, refactorización de código redundante y mejora de logs, así como una revisión general del entorno Dockerizado para asegurar compatibilidad futura.

2.2.2. Asignación de tareas y estimación

En esta sección se muestra la asignación de tareas y estimación de duraciones organizado por grupo de desarrollo asignado.

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Desarrollador backend	288 horas	39d
Creacion de la api de origen de datos <i>Desarrollador backend</i>	16 horas	2 días
Programación del productor kafka <i>Desarrollador backend</i>	8 horas	1 día
Diseño de la base de datos <i>Desarrollador backend</i>	8 horas	1 día
Creación de la base de datos <i>Desarrollador backend</i>	8 horas	1 día
Creación de api para la base de datos <i>Desarrollador backend</i>	16 horas	2 días
Programación del consumidor Kafka <i>Desarrollador backend</i>	8 horas	1 día
Recolección de dataset de imágenes <i>Desarrollador backend</i>	112 horas	14 días
Entrenamiento de sistema de vision artificial <i>Desarrollador backend</i>	56 horas	7 días
Creación test automaticos para apis <i>Desarrollador backend</i>	56 horas	7 días

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Desarrollador backend;Desarrollador frontend	72 horas	33d
Lógica de gestión de multiples módulos <i>Desarrollador backend</i>	24 horas	3 días
<i>Desarrollador frontend</i>	16 horas	
Creación de recomendaciones personalizadas para el usuario	48 horas	3 días

<i>Desarrollador backend</i>	24 horas	
<i>Desarrollador frontend</i>	24 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Desarrollador frontend	152 horas	52d
Desarrollo estructura basica de la web	56 horas	7 días
<i>Desarrollador frontend</i>	56 horas	
Visualización de datos de ultima lectura	8 horas	1 día
<i>Desarrollador frontend</i>	8 horas	
Visualización de datos haciendo uso de graficas	8 horas	1 día
<i>Desarrollador frontend</i>	8 horas	
Paneles de configuración para automatizaciones	16 horas	2 días
<i>Desarrollador frontend</i>	16 horas	
Pagina dedicada para imágenes de los modulos	8 horas	1 día
<i>Desarrollador frontend</i>	8 horas	
Creación test automaticos para la web	56 horas	7 días
<i>Desarrollador frontend</i>	56 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Desarrollador frontend;Jefe de proyecto	112 horas	7d
Boceto diseño gráfico de la aplicación web	112 horas	7 días
<i>Desarrollador frontend</i>	56 horas	
<i>Jefe de proyecto</i>	56 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Encargado hardware	168 horas	21d
Diseño del circuito eléctrico	112 horas	14 días
<i>Encargado hardware</i>	112 horas	
Programación del módulo	56 horas	7 días
<i>Encargado hardware</i>	56 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Encargado hardware	24 horas	3d
Montaje del circuito	24 horas	3 días

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Encargado hardware;Jefe de proyecto	64 horas	4d
Diseño de la carcasa 3D	64 horas	4 días
<i>Encargado hardware</i>	32 horas	
<i>Jefe de proyecto</i>	32 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
-----------------	---------	----------

Nombres de los recursos: Encargado hardware	40 horas	5d
Impresión de la carcasa	40 horas	5 días

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Encargado hardware	16 horas	2d
Montaje del módulo	16 horas	2 días

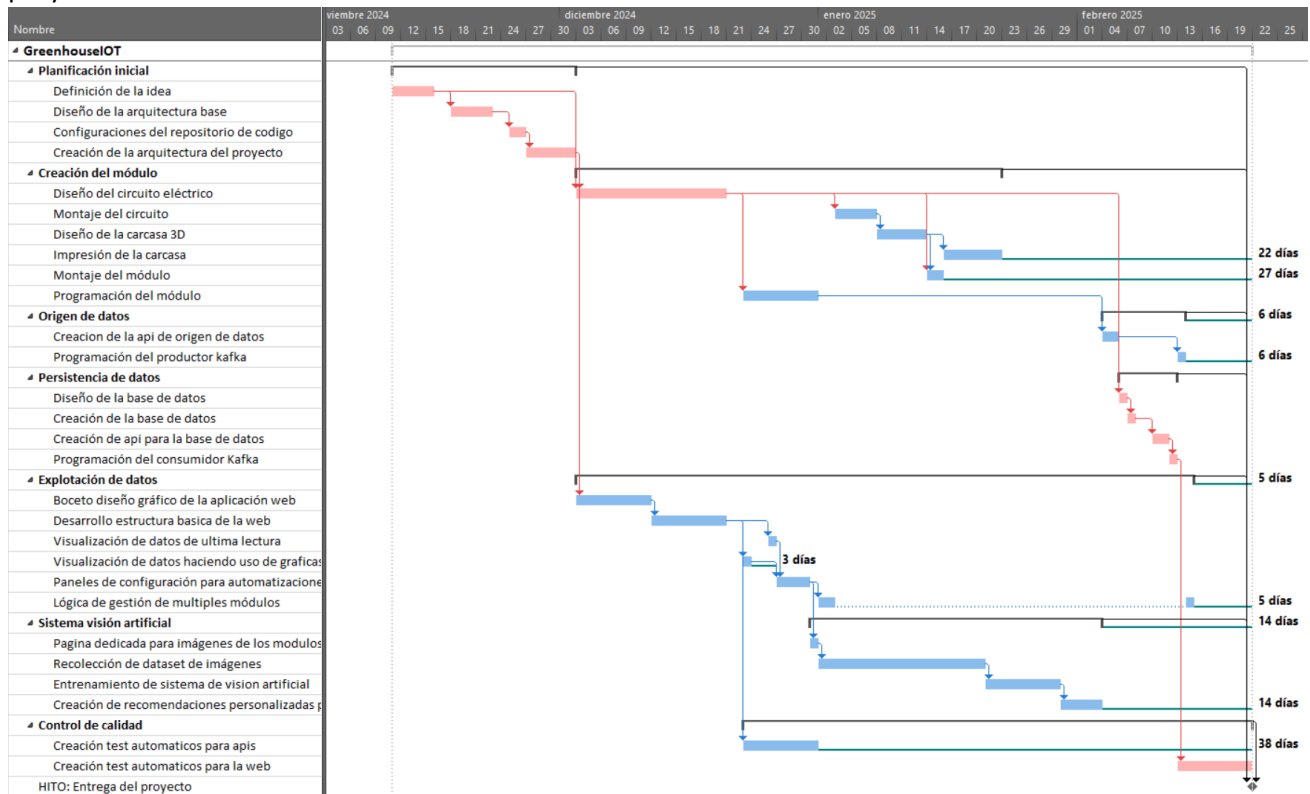
Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Jefe de proyecto	56 horas	12d
Definición de la idea	40 horas	5 días
<i>Jefe de proyecto</i>	40 horas	
Configuraciones del repositorio de código	16 horas	2 días
<i>Jefe de proyecto</i>	16 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Jefe de proyecto; Desarrollador backend	64 horas	4d
Creación de la arquitectura del proyecto	64 horas	4 días
<i>Desarrollador backend</i>	32 horas	
<i>Jefe de proyecto</i>	32 horas	

Nombre de tarea	Trabajo	Duración
Nombres de los recursos: Jefe de proyecto	40 horas	5d
Diseño de la arquitectura base	40 horas	5 días

2.2.3. Planificación de tareas

En la siguiente figura se observa un diagrama de Gantt con una vista general de la planificación completa del proyecto



En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de planificación concreta de desarrollo comprendida entre las fechas 11/11/24 y 21/02/25

Nombre	Duración	Comienzo	Fin
GreenhouseIoT	75 días	lun 11/11/24	vie 21/02/25
Planificación inicial	16 días	lun 11/11/24	lun 02/12/24
Definición de la idea	5 días	lun 11/11/24	vie 15/11/24
Diseño de la arquitectura base	5 días	lun 18/11/24	vie 22/11/24
Configuraciones del repositorio de código	2 días	lun 25/11/24	mar 26/11/24
Creación de la arquitectura del proyecto	4 días	mié 27/11/24	lun 02/12/24
Creación del módulo	37 días	mar 03/12/24	mié 22/01/25
Diseño del circuito eléctrico	14 días	mar 03/12/24	vie 20/12/24
Montaje del circuito	3 días	vie 03/01/25	mar 07/01/25
Diseño de la carcasa 3D	4 días	mié 08/01/25	lun 13/01/25
Impresión de la carcasa	5 días	jue 16/01/25	mié 22/01/25

Montaje del módulo	2 días	mar 14/01/25	mié 15/01/25
Programación del módulo	7 días	lun 23/12/24	mar 31/12/24
Origen de datos	8 días	mar 04/02/25	jue 13/02/25
Creacion de la api de origen de datos	2 días	mar 04/02/25	mié 05/02/25
Programación del productor kafka	1 día	jue 13/02/25	jue 13/02/25
Persistencia de datos	5 días	jue 06/02/25	mié 12/02/25
Diseño de la base de datos	1 día	jue 06/02/25	jue 06/02/25
Creación de la base de datos	1 día	vie 07/02/25	vie 07/02/25
Creación de api para la base de datos	2 días	lun 10/02/25	mar 11/02/25
Programación del consumidor Kafka	1 día	mié 12/02/25	mié 12/02/25
Explotación de datos	54 días	mar 03/12/24	vie 14/02/25
Boceto diseño gráfico de la aplicación web	7 días	mar 03/12/24	mié 11/12/24
Desarrollo estructura basica de la web	7 días	jue 12/12/24	vie 20/12/24
Visualización de datos de ultima lectura	1 día	jue 26/12/24	jue 26/12/24
Visualización de datos haciendo uso de graficas	1 día	lun 23/12/24	lun 23/12/24
Paneles de configuración para automatizaciones	2 días	vie 27/12/24	lun 30/12/24
Lógica de gestión de multiples módulos	3 días	mié 01/01/25	vie 14/02/25
Sistema visión artificial	25 días	mar 31/12/24	lun 03/02/25
Pagina dedicada para imágenes de los modulos	1 día	mar 31/12/24	mar 31/12/24
Recolección de dataset de imágenes	14 días	mié 01/01/25	lun 20/01/25
Entrenamiento de sistema de vision artificial	7 días	mar 21/01/25	mié 29/01/25
Creación de recomendaciones personalizadas para el usuario	3 días	jue 30/01/25	lun 03/02/25
Control de calidad	45 días	lun 23/12/24	vie 21/02/25
Creación test automaticos para apis	7 días	lun 23/12/24	mar 31/12/24
Creación test automaticos para la web	7 días	jue 13/02/25	vie 21/02/25
HITO: Entrega del proyecto	0 días	vie 21/02/25	vie 21/02/25

2.3. Gestión de recursos

En este apartado se van a especificar cuáles han sido los diferentes recursos utilizados en el desarrollo. En la siguiente imagen se muestra el listado completo de recursos. Muchos de ellos cuentan con características particulares especificadas en el siguiente apartado.

Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Iniciales	Grupo	Capacidad máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Us	Acumular
Jefe de proyecto	Trabajo		J		100%	30,00 €/hora	0,00 €/hora	0,00 €	Prorratio
Desarrollador frontend	Trabajo		D		100%	25,00 €/hora	0,00 €/hora	0,00 €	Prorratio
Desarrollador backend	Trabajo		D		100%	25,00 €/hora	0,00 €/hora	0,00 €	Prorratio
Encargado hardware	Trabajo		E		100%	25,00 €/hora	0,00 €/hora	0,00 €	Prorratio
Impresora 3D	Material	und	I			319,00 €		0,00 €	Comienzo
Plástico PLA	Material	bobina 850g	P			21,00 €		0,00 €	Comienzo
Portatiles	Material	und	P			429,00 €		0,00 €	Comienzo
Cableado	Material	metros	C			11,49 €		0,00 €	Comienzo
DHT22	Material	und	D			4,63 €		0,00 €	Comienzo
Sensor temperatura del agua	Material	und	S			1,39 €		0,00 €	Comienzo
Sensor TDS	Material	und	S			3,49 €		0,00 €	Comienzo
Fuente de alimentación	Material	und	F			7,24 €		0,00 €	Comienzo
Regulador de voltaje	Material	und	R			2,97 €		0,00 €	Comienzo
Foco led	Material	und	F			5,79 €		0,00 €	Comienzo
Tornillería	Material	caja	T			4,79 €		0,00 €	Comienzo
LDR	Material	und	L			1,42 €		0,00 €	Comienzo
Resistencias	Material	caja	R			2,92 €		0,00 €	Comienzo
Modulo 4x Relé	Material	und	M			2,42 €		0,00 €	Comienzo
Conexiones	Material	caja	C			9,80 €		0,00 €	Comienzo
ESP32 S3	Material	und	E			6,03 €		0,00 €	Comienzo
ESP32 Cam	Material	und	E			7,49 €		0,00 €	Comienzo
Contenedores	Material	und	C			4,50 €		0,00 €	Comienzo
Oxigenador	Material	und	O			2,49 €		0,00 €	Comienzo
Ventilador	Material	und	V			1,54 €		0,00 €	Comienzo
Pegamento	Material	caja	P			3,50 €		0,00 €	Comienzo
Tuercas inyección	Material	caja	T			3,99 €		0,00 €	Comienzo
pcb	Material	caja	p			2,84 €		0,00 €	Comienzo
lente 77mm	Material	und	I			6,36 €		0,00 €	Comienzo
Nivel de agua	Material	und	N			2,79 €		0,00 €	Comienzo
Soldador	Material	kit	S			21,00 €		0,00 €	Comienzo

2.3.1. Especificación de recursos

- Impresora 3D

La impresora 3D utilizada ha sido la Ender-3 V3 KE de Creality.

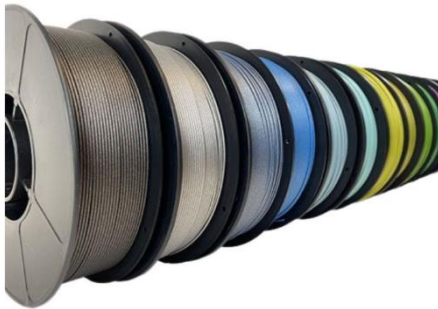
Características principales:

- Velocidad de hasta 500 mm/s con aceleración de 8000 mm/s²
- El extrusor directo "Sprite" permite una impresión a 300 °C y una alimentación suave de varios filamentos
- Riel lineal de eje X
- 3 formas de impresión, control por teléfono, WiFi y unidad USB
- Ensamblaje rápido | Autoprueba con un toque | Carga automática de filamentos
- Admite filamentos Hyper PLA, PETG, ABS, TPU(95A) y ASA.



- Filamento PLA+

El filamento empleado ha sido bobinas de 850g de PLA+ de la empresa LEON3D



- Tamaño de bobina: 850g
- Diámetro estándar de 1.75 mm
- Temperatura de la cama recomendada: 50 °C
- Temperatura de impresión: 212-230 °C

- Portátiles



Portátil HP 255 G9

- AMD Ryzen 5 5625U
- 8GB de memoria
- 512GB SSD de disco
- 15.6" de pantalla

- Cableado



Cableado rígido

- 22AWG
- 2m
- Núcleo de cobre sólido

- DHT22



Sensor de humedad y temperatura DHT 22

Tamaño: 28,2 mm (largo) * 13,1 mm (ancho) * 10 mm (alto)

- Voltaje de funcionamiento: 3 V - 5,5 V
- Forma de salida de señal: señal digital
- Rango de medición de temperatura: - 40°C a 80°C
- Precisión de medición: 0,5°C
- El rango de medición de humedad: 0-100% RH
- Precisión de medición: 2% RH

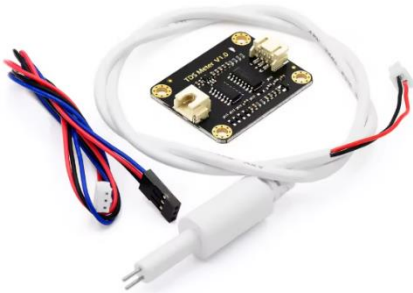
- Sensor temperatura del agua



Sensor de temperatura DS18B20

- Tensión de alimentación del sensor de temperatura: 3,0 V ~ 5,5 V
- Resolución del sensor de temperatura: resolución ajustable de 9 a 12
- Rango de temperatura: -55 ~ +125°
- Uso compatible en agua

- Sensor TDS



Sensor TDS (Total de sólidos disueltos)

- Funcionamiento de amplio voltaje: 3,3 ~ 5,5 V
- Salida de señal analógica de 0 ~ 2,3 V, compatible con sistemas de control de 5 V y 3,3 V
- La fuente de excitación es una señal de CA, que previene eficazmente la polarización de la sonda.
- Sonda resistente al agua, se puede sumergir en agua para mediciones a largo plazo.

- Fuente de alimentación



Fuente de alimentación 72W

- Voltaje: 12V
- Amperaje: 6A

- Regulador de voltaje



Regulador 300W XL4016 DC-DC

- Max 9A
- Convertidor reductor 5-40V a 1,2-35V
- Módulo de fuente de alimentación ajustable

- Foco led



Luz de crecimiento LED

- Voltaje: 5v
- Ajustable
- Cuerpo de aluminio

- Tornillería



Tornillería M2 y M3

- 100 tornillos M2
- 100 tornillos M3
- 100 tuercas M2
- 100 tuercas M3

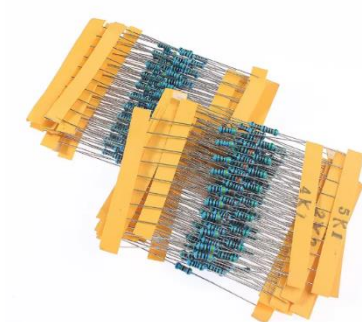
- LDR



Resistencia fotoeléctrica 5528

- Resistencia sensible a la luz

- Resistencias



Set de resistencias

- Set de 600 und
- Múltiples valores de resistencias

- Modulo 4x Relé



Módulo de relés HW-316A 5V

- Funcionamiento a 5V
- Led de comprobación rápida
- Alimentación unificada

- Conexiones



Conectores macho hembra DC 12V

- Pack de 5 pares.
- Compatible con 5V

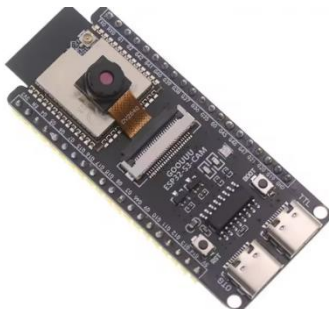
- ESP32 S3



S3-N16R8

- Wifi
- Bluetooth
- N16R8
- 44Pin
- PSRAM

- ESP32 Cam



ESP32-S3 WROOM N16R8

- Modulo preparado para cámara
- Cámara OV2640

- Oxigenador



Oxigenador G613A

- Voltaje: 5V
- Potencia: 1W

- Ventilador



Ventilador 6010

- 5V
- 60mm x 60mm x 10mm
- 2 pines
- 3500 rpm

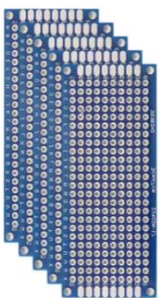
- Tuercas inserción



Tuercas de inserción térmica de latón

- 220 unidades
- Compatible con PLA
- Distintos diámetros

- Pcb



Placa PCB

- 10 unidades
- 3x7 a doble cara

- lente 75mm



- Nivel de agua



Sensor de nivel de agua sin contacto

- Detector de nivel de agua
- 3,3 V-5V

- Soldador



Estación de soldadura digital

- Potencia : 60W
- Temperatura : 200-480°C
- Tiempo de calentamiento : máx. 2 minutos a 480 °C

2.4. Gestión de riesgos

El desarrollo de GreenhouseIoT, al igual que cualquier proyecto tecnológico, está sujeto a una serie de riesgos que pueden afectar negativamente al cumplimiento de plazos, calidad del producto o disponibilidad de recursos. La gestión de riesgos se ha enfocado en su identificación temprana, análisis de impacto y definición de medidas preventivas o correctoras.

2.4.1. Identificación de riesgos

A continuación, se detallan los principales riesgos detectados y las estrategias adoptadas para su mitigación:

ID	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Medidas preventivas/correctoras
R1	Fallo de hardware durante pruebas	Media	Alta	Duplicar sensores y componentes críticos. Validación previa en entorno controlado.
R2	Retrasos en el desarrollo de alguna capa del sistema	Alta	Media	Desarrollo paralelo con entregas iterativas. Revisión semanal del progreso.
R3	Dificultades de integración entre microservicios	Media	Alta	Uso de APIs bien documentadas y pruebas automatizadas de integración.
R4	Errores de comunicación entre hardware y software	Media	Alta	Pruebas exhaustivas del protocolo de comunicación y manejo de errores en firmware.
R5	Cambios de requisitos del usuario final	Baja	Media	Aplicación de metodología ágil. Flexibilidad en el desarrollo por iteraciones.
R6	Pérdida o corrupción de datos	Baja	Media	Uso de base de datos con copias de seguridad periódicas. Validación de datos en entrada.
R7	Escasa respuesta de la comunidad sobre tecnologías usadas	Baja	Baja	Documentación oficial, foros de desarrolladores y recursos educativos complementarios.

2.5. Legislación y normativa

Durante el desarrollo de GreenhouseIoT se han tenido en cuenta diversas normativas aplicables tanto desde el punto de vista técnico como legal. La aplicación se orienta al uso doméstico y educativo, sin implicaciones industriales o comerciales directas, pero aun así se ha optado por cumplir con buenas prácticas generales de seguridad y estándares de calidad.

Normativa técnica aplicada

- UNE 157001:2004: Normas para la redacción de proyectos, en cuanto a estructura y requisitos formales del documento.
- UNE-EN 61010-1: Seguridad en equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Aplicable al diseño de los circuitos electrónicos.
- Reglamento de instalaciones eléctricas de baja tensión (REBT): Para asegurar que los módulos contruidos cumplen con requisitos de seguridad eléctrica si se emplean en entornos domésticos.
- UNE-EN ISO/IEC 27001 (referencial): Aunque no se certifica el sistema, se han tenido en cuenta principios de esta norma sobre seguridad de la información, como la protección de datos y control de accesos a la base de datos.

Legislación sobre protección de datos

Aunque los datos recogidos por el sistema no incluyen información personal, si en versiones futuras se introduce autenticación de usuarios o almacenamiento de preferencias, será obligatorio cumplir con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), asegurando el tratamiento seguro de cualquier información de carácter personal.

Capítulo 3

Solución

En esta sección se va a explicar detalladamente todo el proceso de desarrollo.

3.1. Descripción de la solución

GreenhouseIoT es un sistema distribuido basado en microservicios orientado a la gestión de datos procedentes de invernaderos inteligentes. La solución propuesta responde a la necesidad de supervisión remota de condiciones ambientales en cultivos mediante tecnologías modernas, modulares y escalables.

La arquitectura del sistema se ha dividido en cuatro capas principales:

Capa de origen de datos (Data Source): implementada mediante microcontroladores ESP32 con sensores DHT22 conectados, encargados de tomar lecturas de temperatura y humedad y transmitirlos a través de la red Wi-Fi. En esta capa englobaríamos una api dedicada a la preparación de los datos para ser enviados a través de un bus de streaming Kafka

Capa de procesamiento (Data Processing): un microservicio desarrollado en Python que consume los datos publicados en el bus Kafka. También se encarga de actuar como interfaz REST para trabajar con la base de datos

Capa de persistencia (Data Persistence): una base de datos relacional MariaDB que almacena la información ya estructurada para su consulta posterior.

Capa de explotación (Data Mining): una interfaz de usuario construida con React que permite consultar, visualizar y analizar los datos mediante gráficas e informes.

Cada capa se ha implementado como un contenedor Docker, facilitando el despliegue, aislamiento y escalabilidad del sistema. Se ha optado por esta estructura para permitir actualizaciones independientes y mantenimiento modular.

3.2. El proceso de desarrollo

3.2.1. Análisis

En esta fase se estudiaron los requisitos funcionales del sistema, que incluyen:

- Recolección periódica de datos ambientales.
- Envío automático de los datos al servidor de procesamiento.
- Validación de los datos recibidos (rango, formato, frecuencia).
- Almacenamiento estructurado en una base de datos SQL.
- Visualización de los datos mediante una interfaz web.

- Modularidad para permitir la integración futura de nuevos sensores (luz, CO2, etc.).

El siguiente listado muestra los requisitos que debe cumplir el sistema

Requisitos funcionales

Requisito funcional 1

El sistema debe permitir la recepción automática de datos desde sensores IoT.

Requisito funcional 2

El sistema debe procesar y validar los datos antes de almacenarlos.

Requisito funcional 3

Los datos deben almacenarse en una base de datos estructurada y relacional.

Requisito funcional 4

La interfaz web debe permitir visualizar la información en tiempo casi real.

Requisito funcional 5

Los usuarios deben poder seleccionar un invernadero específico para visualizar sus datos.

Requisito funcional 6

Los datos deben representarse mediante etiquetas, gráficos y tablas.

Requisito funcional 7

El sistema debe enviar alertas visuales si los valores superan ciertos umbrales.

Requisito funcional 8

El sistema debe listar los módulos conectados y desconectados.

Requisito funcional 9

El usuario podrá solicitar la descarga de datos de los módulos asociados a su cuenta.

Requisito funcional 10

El sistema debe ofrecer la posibilidad de exportar los datos en formato CSV.

Requisito funcional 11

La interfaz debe permitir el filtrado de datos por fecha y tipo de sensor.

Requisito funcional 12

La API debe aceptar datos en formato JSON desde dispositivos remotos.

Requisito funcional 13

El sistema debe admitir múltiples invernaderos con datos independientes.

Requisito funcional 14

Cada módulo debe tener un identificador único para su trazabilidad.

Requisito funcional 15

El sistema debe registrar la fecha y hora exacta de cada medición.

Requisito funcional 16

La interfaz debe mostrar la última medición registrada para cada sensor.

Requisito funcional 17

El sistema debe iniciarse automáticamente cuando se despliegue mediante Docker.

Requisito funcional 18

La interfaz debe estar adaptada para su uso desde ordenador, Tablet y móvil.

Requisito funcional 19

El usuario debe poder consultar el histórico de lecturas por invernadero.

Requisito funcional 20

El sistema debe mostrar un resumen estadístico de los datos.

Requisitos no funcionales**Requisito no funcional 1**

El sistema debe ser tolerante a fallos de red temporales.

Requisito no funcional 2

El sistema debe tener una latencia de respuesta inferior a 1 segundo en la visualización.

Requisito no funcional 3

El sistema debe ejecutarse en cualquier sistema operativo que soporte Docker.

Requisito no funcional 4

El sistema debe ser modular para permitir el reemplazo independiente de cada servicio.

Requisito no funcional 5

El sistema debe permitir la integración futura con servicios en la nube (por ejemplo, VPS).

Requisito no funcional 6

La base de datos debe realizar copias de seguridad automáticas.

Requisito no funcional 7

La arquitectura debe estar preparada para añadir sensores adicionales sin rediseñar el sistema completamente.

Requisito no funcional 8

La seguridad debe incluir validación de origen de datos.

Requisito no funcional 9

El sistema debe ser capaz de manejar múltiples dispositivos simultáneamente.

Especificación de requisitos

En esta sección se especifican los principales casos de uso

Caso de uso 1

Descripción: Recepción automática de datos

Actores: Módulo IoT (sensor), API

Precondiciones: El módulo debe estar encendido y tener conexión de red

Flujo básico:

1. El módulo IoT recoge datos del entorno (temperatura, humedad, etc.)
2. Los datos son enviados vía HTTP en formato JSON a la API
3. La API recibe la información correctamente

Post condiciones: Los datos se registran en el sistema para su posterior validación y almacenamiento

Caso de uso 2

Descripción: Validación y procesamiento de datos

Actores: API, sistema de validación

Precondiciones: Se ha recibido un paquete de datos

Flujo básico:

1. El sistema comprueba si el JSON recibido contiene los campos esperados
2. Se validan los tipos de dato y los rangos válidos
3. Si los datos son correctos, se procesan

Excepciones:

- Si el JSON está malformado, se descarta
- Si los valores son incoherentes, se descarta

Post condiciones: Solo los datos válidos se almacenan

Caso de uso 3

Descripción: Almacenamiento en base de datos

Actores: Sistema de persistencia, base de datos

Precondiciones: El dato ya ha sido validado

Flujo básico:

1. El sistema genera una consulta SQL
2. Se inserta el dato en la tabla correspondiente del invernadero

Post condiciones: El dato queda persistido en la base de datos relacional

Caso de uso 4

Descripción: Visualización en tiempo real

Actores: Usuario, sistema de visualización

Precondiciones: Hay datos recientes en la base de datos

Flujo básico:

1. El usuario accede a la interfaz
2. La interfaz solicita los datos más recientes
3. Los datos se muestran en pantalla

Post condiciones: El usuario ve las últimas mediciones

Caso de uso 5

Descripción: Selección de invernadero

Actores: Usuario

Precondiciones: El usuario debe tener acceso a al menos un invernadero

Flujo básico:

1. Se listan los invernaderos disponibles
 2. El usuario selecciona uno
 3. El sistema filtra los datos asociados a ese invernadero
-

Caso de uso 6

Descripción: Representación de datos en gráficos/tablas

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El usuario entra a la vista de datos
 2. Se renderizan los datos con etiquetas, gráficos y/o tablas
-

Caso de uso 7

Descripción: Alertas por valores fuera de umbral

Actores: Sistema

Precondiciones: Se ha recibido una medición

Flujo básico:

1. El sistema compara el valor con los umbrales definidos
2. Si se supera, se genera una alerta visual

Post condiciones: Se alerta al usuario en la interfaz

Caso de uso 8

Descripción: Listar módulos conectados/desconectados

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El sistema comprueba qué módulos han enviado datos recientemente
 2. Muestra una lista diferenciando los activos y los inactivos
-

Caso de uso 9

Descripción: Descarga de datos

Actores: Usuario

Precondiciones: El usuario tiene permisos

Flujo básico:

1. El usuario solicita la descarga de datos
 2. El sistema genera el archivo
 3. El archivo se pone a disposición para descarga
-

Caso de uso 10

Descripción: Exportación a CSV

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El usuario selecciona rango de fechas y sensor
 2. El sistema genera el archivo .CSV correspondiente
-

Caso de uso 11

Descripción: Filtrado por fecha y sensor

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El usuario selecciona los filtros
 2. El sistema muestra solo los datos que cumplen los criterios
-

Caso de uso 12

Descripción: Recepción de JSON desde dispositivo

Actores: Módulo IoT, API

Flujo básico:

1. El dispositivo envía un JSON con los datos
 2. La API lo recibe y lo interpreta
-

Caso de uso 13

Descripción: Soporte para múltiples invernaderos

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El sistema permite cambiar entre invernaderos
 2. Los datos cambian automáticamente
-

Caso de uso 14

Descripción: Identificador único de módulo

Actores: Sistema

Precondiciones: Cada módulo debe tener un ID asignado

Flujo básico:

1. El sistema utiliza el ID para identificar el origen del dato
 2. El dato se asocia correctamente al módulo correspondiente
-

Caso de uso 15

Descripción: Registro de timestamp de la medición

Actores: Sistema

Flujo básico:

1. Al recibirse el dato, se registra la fecha y hora exacta de captura
-

Caso de uso 16

Descripción: Mostrar última medición

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El sistema obtiene la medición más reciente para cada sensor
 2. La presenta en la vista principal
-

Caso de uso 17

Descripción: Inicio automático con Docker

Actores: Sistema

Flujo básico:

1. El contenedor Docker se levanta
 2. Todos los servicios se inician automáticamente
-

Caso de uso 18

Descripción: Diseño responsive

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El usuario accede desde cualquier dispositivo
 2. La interfaz se adapta a la pantalla
-

Caso de uso 19

Descripción: Consultar histórico de datos

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El usuario indica rango de fechas
 2. El sistema recupera y muestra los datos
-

Caso de uso 20

Descripción: Ver resumen estadístico

Actores: Usuario

Flujo básico:

1. El sistema calcula valores medios, máximos y mínimos
2. Los datos son mostrados al usuario en la interfaz

Criterios de calidad del sistema

Fiabilidad y tolerancia a fallos

Requisito no funcional 1

Criterio de calidad: El sistema debe ser tolerante a fallos de red temporales, asegurando que los datos no se pierdan si hay desconexiones breves. Para ello, se implementará una lógica de reintentos en los módulos IoT y almacenamiento temporal local si el envío falla.

Requisito no funcional 8

Criterio de calidad: La seguridad debe garantizar que solo datos de origen legítimo sean aceptados. Se utilizarán comprobaciones para validar cada módulo.

Rendimiento

Requisito no funcional 2

Criterio de calidad: El sistema debe tener una latencia de respuesta inferior a 1 segundo en la interfaz web. Esto se asegura mediante consultas optimizadas y renderizado eficiente con React.

Requisito no funcional 9

Criterio de calidad: El sistema debe ser capaz de manejar múltiples dispositivos simultáneamente. Para ello, se utilizará FastAPI por su rendimiento asíncrono y una arquitectura desacoplada mediante microservicios en contenedores.

Portabilidad y despliegue

Requisito no funcional 3

Criterio de calidad: El sistema debe ejecutarse en cualquier sistema operativo que soporte Docker, permitiendo compatibilidad multiplataforma (Windows, Linux, macOS).

Requisito no funcional 4

Criterio de calidad: El sistema debe ser modular. Cada componente (procesamiento, base de datos, frontend) es independiente y desplegable por separado para facilitar el mantenimiento y la escalabilidad.

Escalabilidad y extensibilidad

Requisito no funcional 5

Criterio de calidad: La arquitectura debe permitir integrarse fácilmente con servicios en la nube, como VPS o plataformas como AWS/Azure, gracias al uso de contenedores y estandarización de servicios vía API.

Requisito no funcional 7

Criterio de calidad: La arquitectura debe estar preparada para añadir nuevos tipos de sensores sin rediseñar el sistema. Esto se logra mediante un esquema flexible en la base de datos y controladores de entrada adaptables.

Integridad y disponibilidad de datos

Requisito no funcional 6

Criterio de calidad: La base de datos debe contar con un sistema de copias de seguridad automáticas, programadas para garantizar la disponibilidad y recuperación ante fallos.

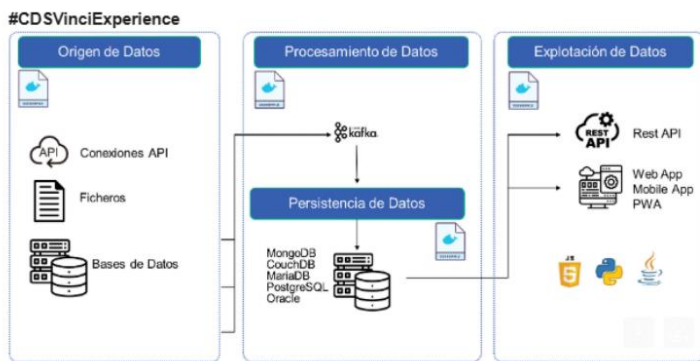
3.2.2. Diseño

Durante el diseño se definieron los diagramas de arquitectura, las interfaces entre microservicios, y la estructura de la base de datos.

La comunicación entre la capa de origen y procesamiento se realizó inicialmente vía HTTP mediante una API REST sencilla.

La base de datos fue diseñada con una tabla principal de lecturas de datos, con claves foráneas hacia una tabla de invernaderos.

La arquitectura fue desarrollada a partir del esquema proporcionado por la empresa HPE CDS durante la realización de prácticas.



La arquitectura se adapta todo lo posible a la imagen anterior, exceptuando algunas implementaciones particulares que fueron necesarias para GreenhouseIoT

3.2.3. Implementación

El desarrollo del sistema se puede organizar en dos versiones diferenciadas. El objetivo de la primera versión fue el desarrollo de un MPV que permitiese ver las funciones más básicas del sistema. Una vez se consiguió esta versión, se analizó los puntos fuertes, los puntos débiles y la proyección a futuro del sistema para terminar consiguiendo una segunda versión mucho más completa y estable.

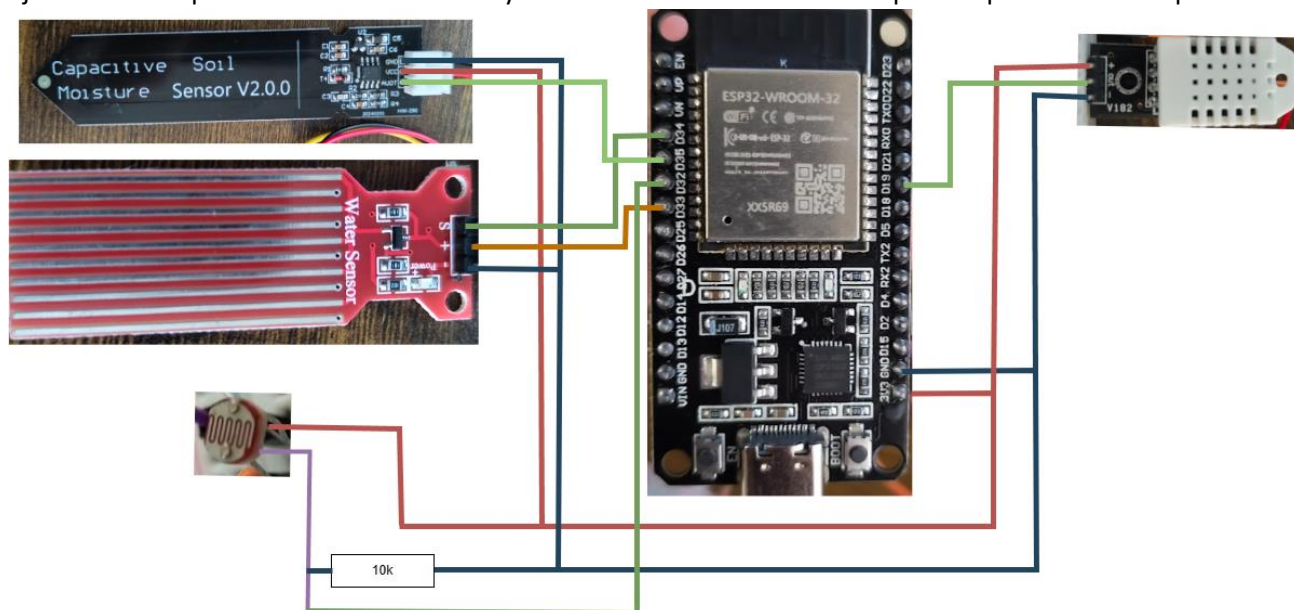
MPV Desarrollo detallado y resultados

La primera etapa del desarrollo fue la implementación de las diferentes capas. Se profundizó en su correcta contenerización haciendo uso de Docker. Posteriormente se completaron las configuraciones necesarias para el correcto funcionamiento de las comunicaciones entre capas haciendo uso de Docker Compose.

Capa de origen de datos

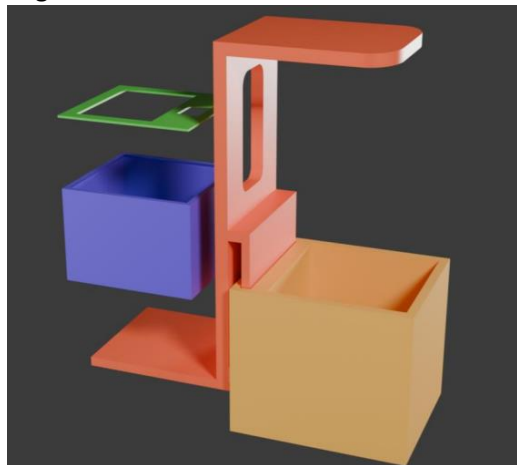
La capa de datos se encuentra en una versión estable que implementa la API y el productor kafka. Funciona correctamente y los datos son almacenados en el bus kafka. De forma extra, se ha diseñado un prototipo de circuito eléctrico para los sensores del módulo de micro invernadero. El prototipo ha sido montado y se ha programado un programa simple que recoge los datos de los sensores de forma periódica. El programa se

ejecuta en una placa de desarrollo ESP32 y los datos son enviados a la API para su posterior envío por kafka.



En la imagen se observan los sensores de humedad del aire, temperatura, luz, agua y humedad de la tierra. Este último sensor fue implementado ya que en la primera versión del sistema se optó por un sistema de cultivo en tierra debido a tener menor requerimiento en cuanto a número de sensores. Además se observa un sensor de agua diferente al actual, esto se debe a que el sensor de la imagen superior se degrada de forma mucho más rápida al tener que estar en contacto con el agua. El sensor actual permite incorporarse anclado al contenedor de agua por la parte externa, haciendo mediciones a través de sus paredes. El microcontrolador también es distinto, en esta primera versión se usó una versión menos potente pero más compacta.

Seguidamente se comenzó el diseño 3D del módulo obteniendo el siguiente resultado:



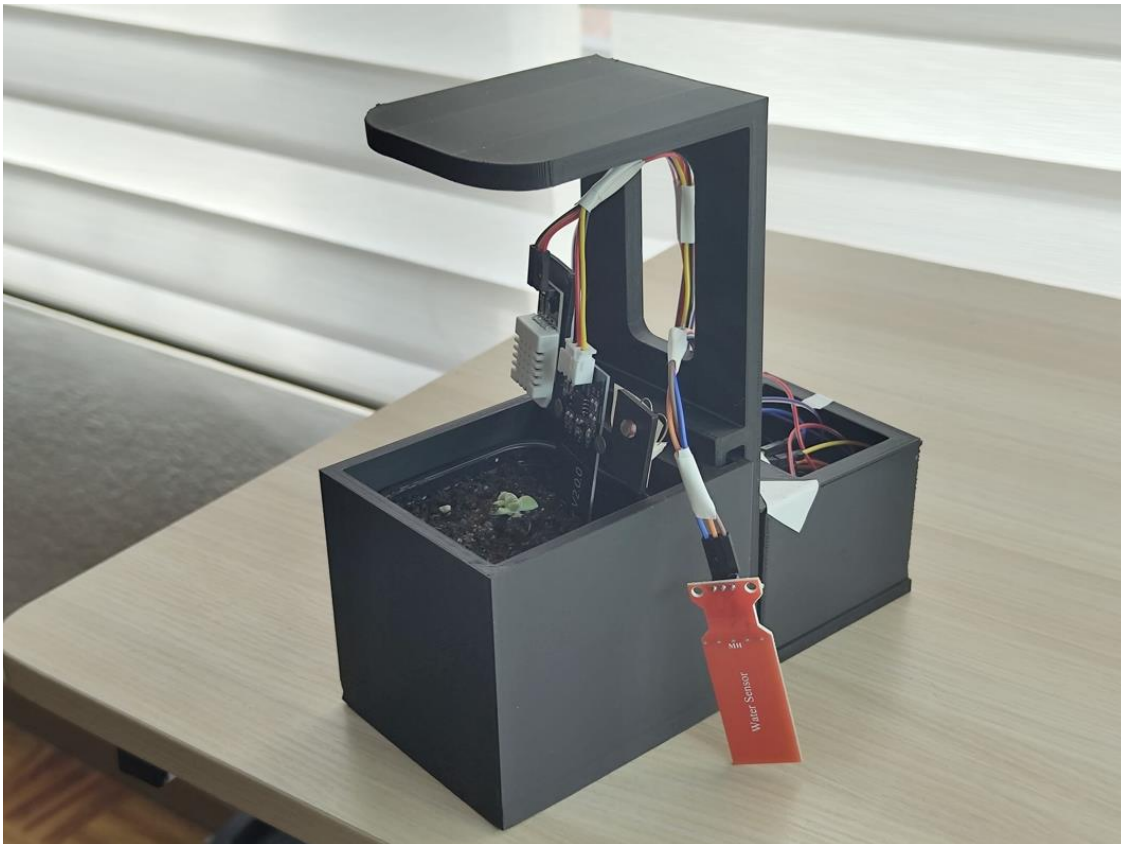
Sección naranja: Contenedor del sustrato

Sección roja: Estructura principal del módulo

Sección azul: Contenedor de circuitería

Sección verde: Tapa con orificios para sacar sensores y cableado.

El módulo fue impreso en 3D y ensamblado. Se realizaron varios intentos de diseño y reimpresión hasta obtener un resultado pulido.



Controles

IP del ESP32: **192.168.1.39**

Cambiar nombre del invernadero:

Cambiar Server Name:

Cambiar Send Interval (ms):

Luces

Modo de luces: **Auto**

Estado actual: **ON**

Hora de encendido:

Hora de apagado:

Encender luces:

Apagar luces:

GreenhouseIoT - 2024

El microcontrolador incorpora un servidor web para realizar configuraciones.

Además, se incorporan endpoints para su configuración remota.

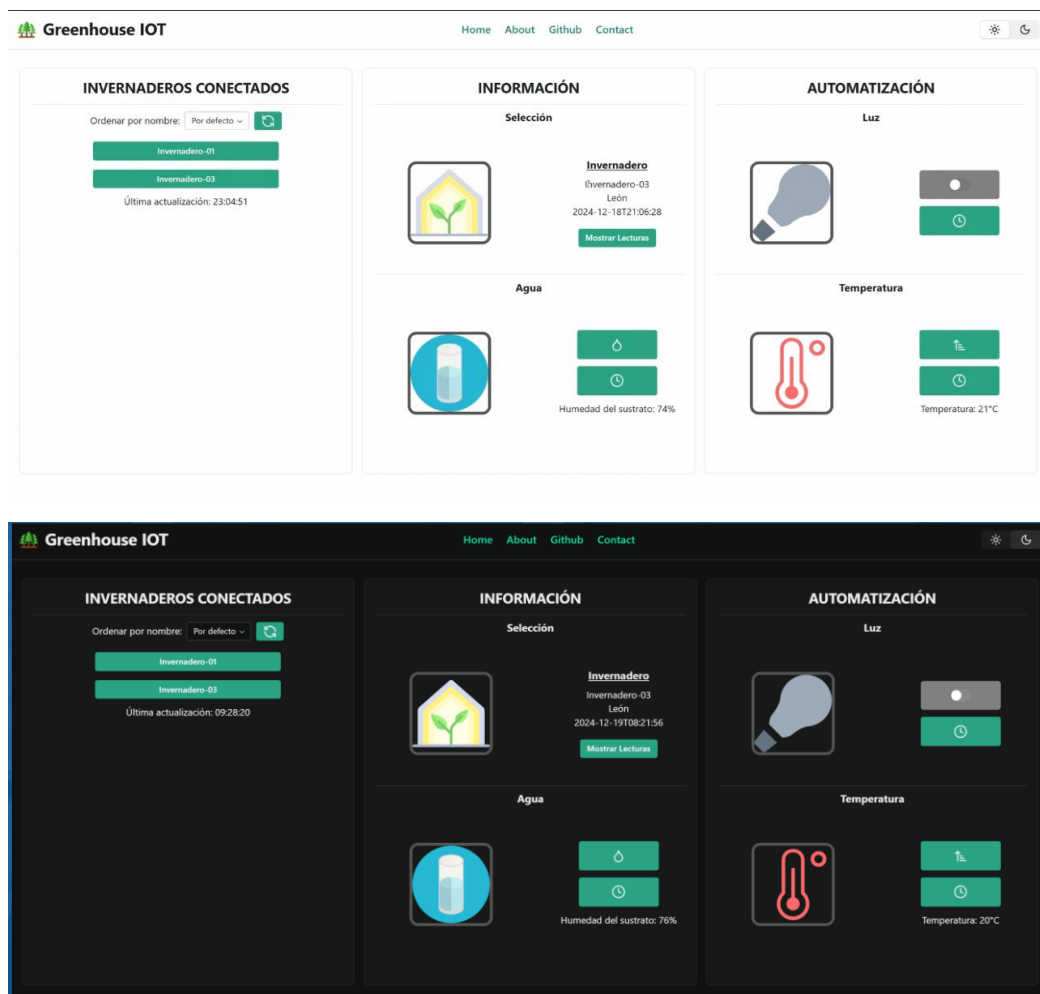
Capa de procesamiento y persistencia

La capa de procesamiento y persistencia implementa actualmente la base de datos y la api que permite su acceso. Faltan por desarrollar algunos endpoints pero los principales funcionan correctamente. Se ha implementado el consumidor kafka y recibe los datos correctamente. Faltan algunas configuraciones específicas para futuros activadores incorporados en el modulo.

Capa de explotación de datos

La capa de explotación de datos fue uno de los principales puntos débiles de esta primera versión. Se desarrolló usando la tecnología Reflex, framework que permite el desarrollo de páginas web haciendo uso únicamente de Python.

Se consiguió una web funcional que permitía al usuario la visualización de los datos y realizar algunas configuraciones, pero los tiempos de carga de cada sección eran demasiado extensos. Estos tiempos de carga se debían a que Reflex compila los archivos Python a tecnologías web tradicionales cuando el usuario entraba por primera vez a cada página. Los tiempos de carga llegaban a superar los 40 segundos en algunas ocasiones. Para el estilado de la web no se usó ninguna tecnología específica ya que Reflex fue construido haciendo uso de librerías de componentes populares como ChakraUI y RadixUI.



Como un resumen de las tecnologías principales usadas se adjunta la siguiente imagen



Una vez se terminó este prototipo se cerró el desarrollo de esta primera versión creando en el repositorio de GitHub un reléase con la etiqueta de versión 1.0.0

Versión final. Desarrollo detallado y resultados

Para la realización de esta segunda versión se tomaron en cuenta las debilidades de la primera versión y se tomaron decisiones de rediseño en ciertas áreas.

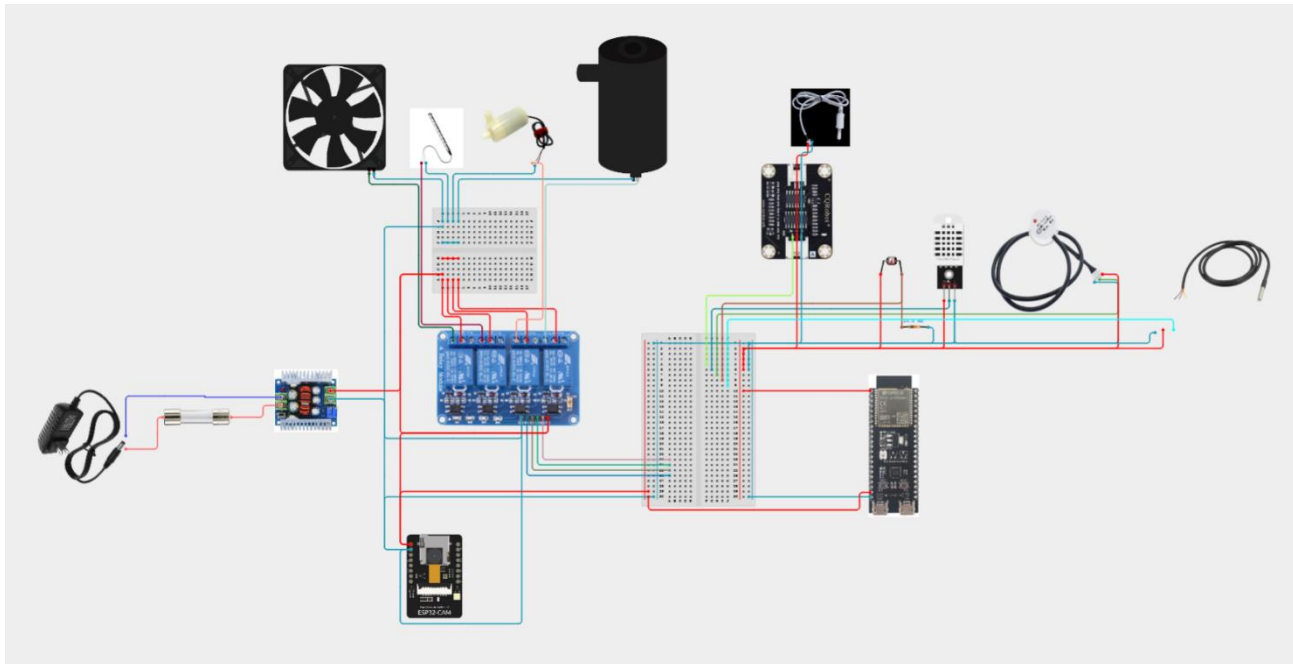
Capa de origen de datos

El primer prototipo nos ayudó a entender como se podía implementar un sistema de sensores. El desarrollo con Arduino en placas ESP32 permitía la obtención de datos a través de pines digitales y analógicos, pero también permitía la salida de señales eléctricas tanto analógicas como digitales. Una salida digital controlada permite la activación programada de un relé y con ello la automatización de cualquier dispositivo como bombas, ventiladores y oxigenadores cuando el usuario lo desee.

El primer paso fue investigar sobre los requerimientos en cuanto a sensores y activadores que necesita un cultivo hidropónico. Tras obtener un primer listado de requerimientos se comenzó a la búsqueda de los componentes que mejor se adaptasen manteniendo un presupuesto reducido.

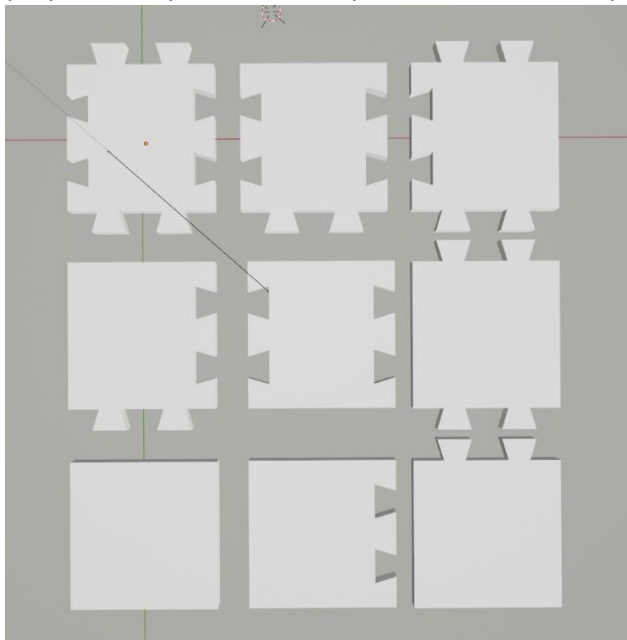
Uno de los problemas principales es la alimentación de dispositivos como bombas de agua que requieren potencias mayores a las que un ESP32 puede aportar. La primera versión estaba alimentada por usb pero en esta segunda versión era necesario una fuente de alimentación dedicada y un voltaje muy regulado. Después

de varias iteraciones de diseño se consiguió el siguiente circuito resultante.



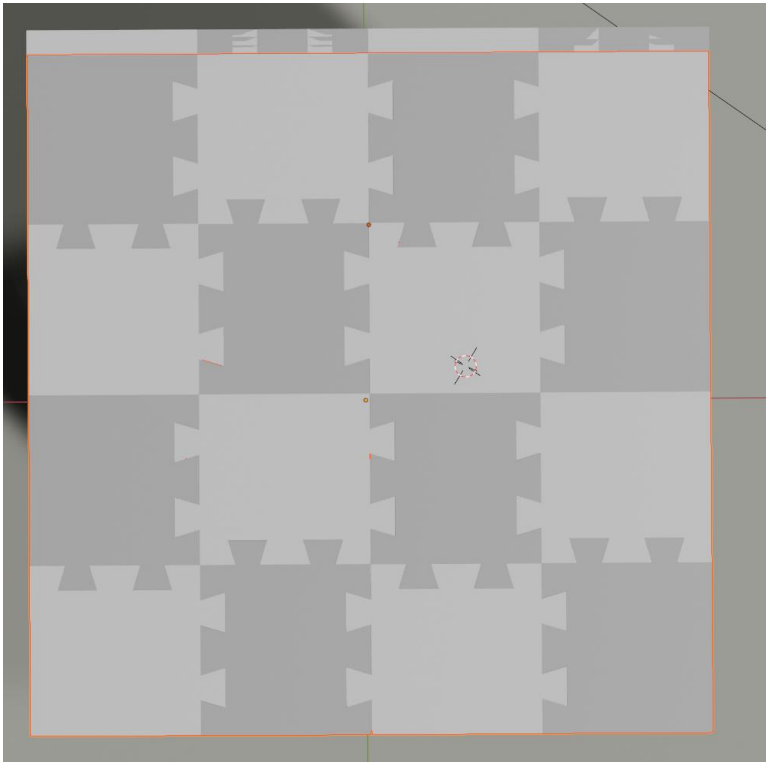
Una vez se comprobó que el circuito era válido, se terminó la programación de los microcontroladores y se comenzó con el diseño del nuevo módulo 3D.

Para el diseño se intentó que el proceso fuese lo más modular posible. El tamaño del nuevo módulo iba a ser muy superior por lo que reducir las piezas en tamaño y aumentar el número permitía la impresión en paralelo, con piezas más estandarizadas o duplicadas. Además los errores de impresión eran menos críticos ya que si una pieza falla al imprimirse, cuanto más pequeña sea menores son los retrasos.

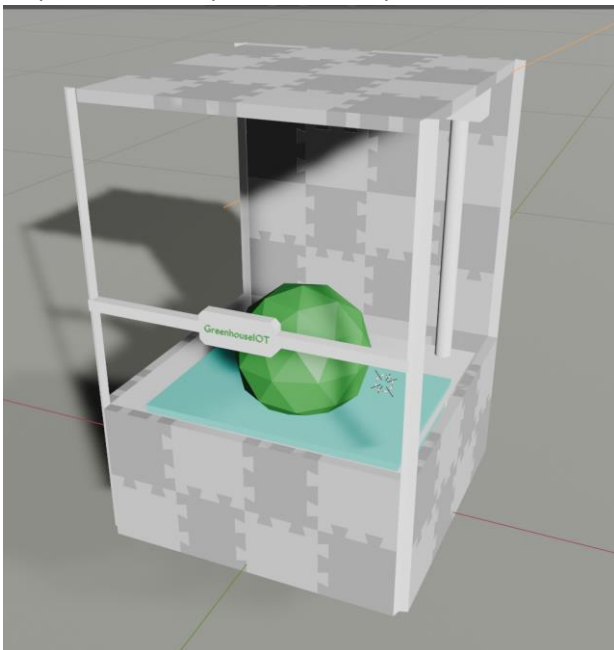


Este conjunto de piezas tipo puzzle permitieron la creación de las mayores secciones de los módulos de una forma mucho más modular. Además permite la modificación de la carcasa sin el rediseño del módulo en muchas ocasiones. Las piezas tienen un tamaño de 7x7x1cm

Para poder tener cultivos del tamaño de la mayoría de variedades de lechuga sin restricciones de tamaño se optó por una superficie base de 4x4 piezas



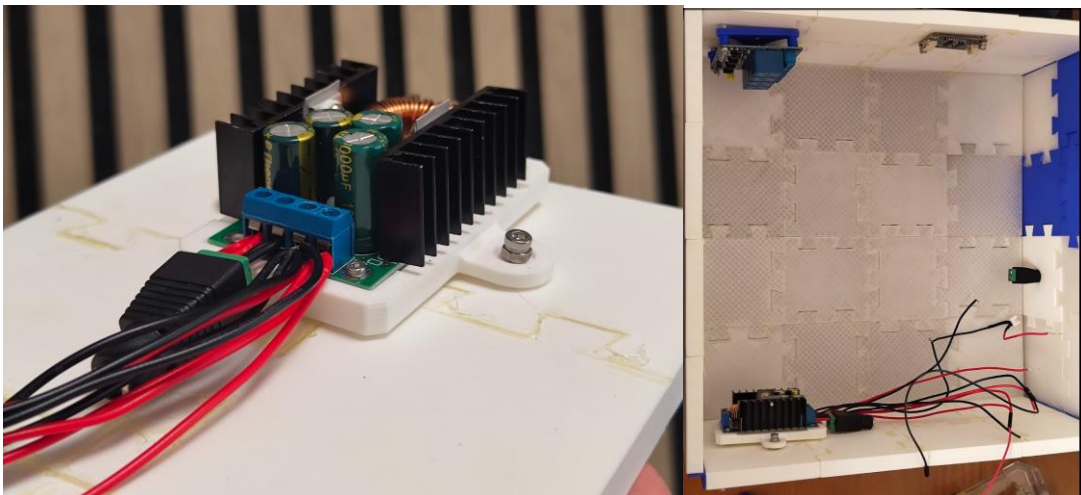
Se partió de este primer diseño para comenzar las impresiones.



El módulo final incorpora algunas partes modificadas para dar mayor estabilidad a la estructura como la implementación de pilares mayores.



Los resultados de la impresión fueron muy buenos, la estabilidad obtenida era buena y se comenzó a la incorporación del sistema eléctrico.



Se cambió el enfoque del funcionamiento del sistema, anteriormente el sistema esperaba a que se solicitase una lectura y posteriormente la enviaba. En esta ocasión se optó por delegar la responsabilidad de envío periódico de datos a los módulos. Si el sistema recibe datos en un margen de tiempo razonable el sistema entiende que el módulo está conectado y está disponible para configuraciones remotas.

Capa de procesamiento y persistencia

La capa de procesamiento siguió el comportamiento explicado en la sección anterior para la lógica de envío de configuraciones. Además, se implementó el soporte para los nuevos sensores y formatos de lecturas.

Con vistas a implementaciones relacionadas con toma de imágenes haciendo uso del nuevo módulo de cámara, se modificó la base de dato para incorporar una tabla dedicada a las lecturas de imágenes.

FastAPI 0.1.0 OAS 3.1
/openapi.json

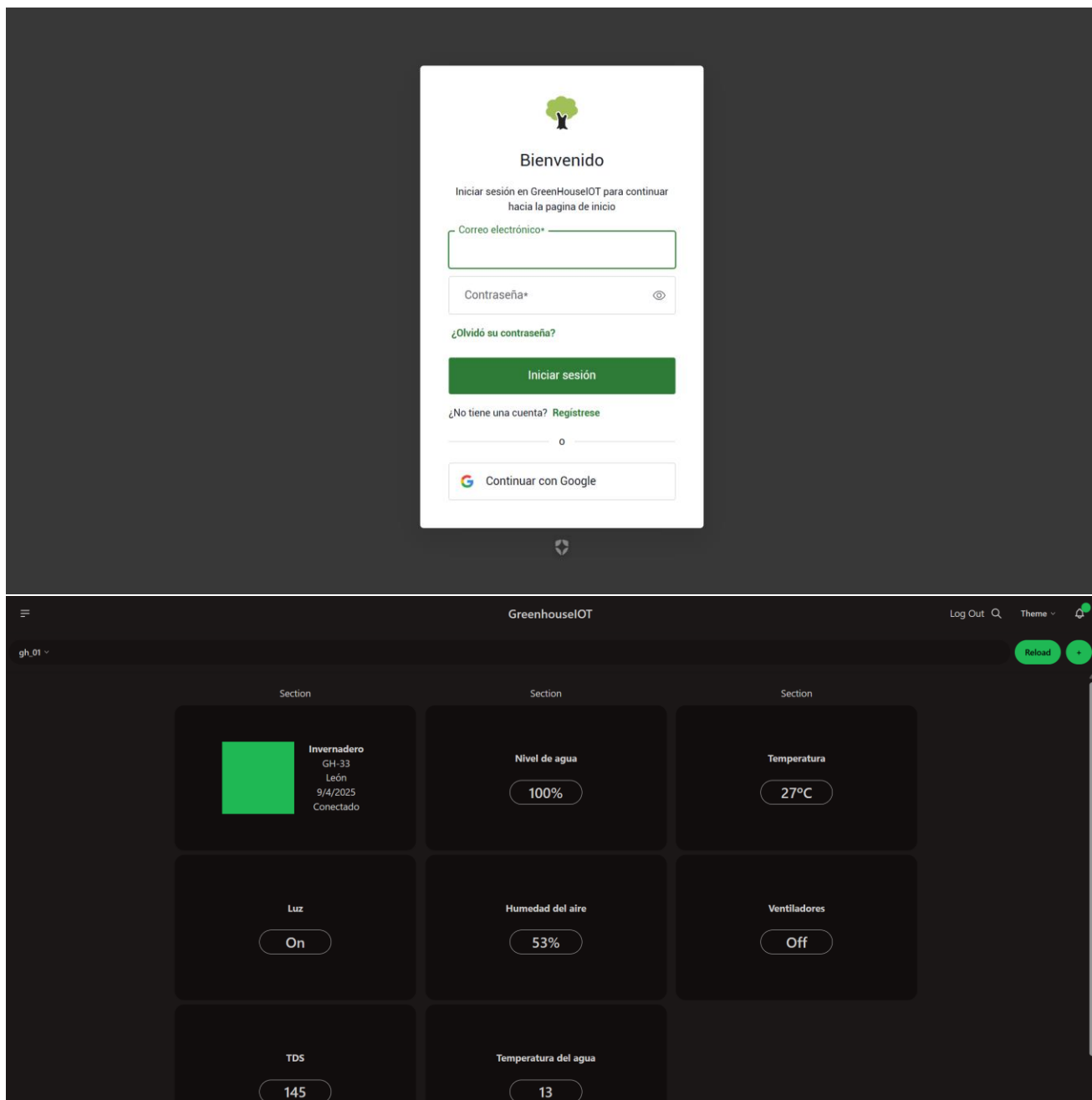
MariaDB			^
GET	/db/info	Get Db Info	▼
GET	/db/gh/	Get All Greenhouses Info	▼
POST	/db/gh/	Create Greenhouse	▼
GET	/db/reads/	Get All Reads	▼
GET	/db/gh/{id}	Get Greenhouse Info By Id	▼
POST	/db/img	Post Img	▼
GET	/db/reads/{id}	Get Reads From Greenhouse Id	▼
default			^
GET	/	Get Root	▼

Capa de explotación de datos

La capa de explotación de datos sufrió un completo rediseño de arquitectura. Se cambió la tecnología a React funcionando gracias a vite. El lenguaje de desarrollo elegido fue Javascript. Para el desarrollo de la ui se usaron las tecnologías Tailwind y una librería de componentes llamada DaisyUI.

La aplicación cuando llegue a producción debe ser accesible por todos los usuarios y deben por tanto disponer de una cuenta para visualizar solo sus datos y módulos. Para ello se implementó un sistema de autenticación llamado Auth0 que gestiona usuarios y contraseñas. Gracias a que auth0 dispone una capa gratuita, GreenhouseIoT solo debe tener un registro de usuarios y módulos asociados.

Un primer diseño de la interfaz se puede ver en la siguiente imagen



3.2.4. Pruebas

Se implementaron pruebas unitarias en el microservicio de procesamiento, asegurando que los datos fuera de rango o en formato inválido no se almacenaran.

Además, se realizaron pruebas de integración entre servicios, mediante el uso de docker-compose, validando que los contenedores se comunican correctamente y que los datos se almacenan y se muestran en la interfaz web.

3.3. El producto del desarrollo

El resultado es un sistema funcional desplegable mediante docker-compose, capaz de recibir datos de sensores reales, procesarlos, almacenarlos y visualizarlos en una interfaz web moderna. Este sistema está preparado para escalar tanto en volumen como en funcionalidad, incorporando nuevos tipos de sensores o permitiendo la consulta desde dispositivos móviles en futuras iteraciones.

Capítulo 4

Evaluación

4.1. Proceso de evaluación

4.1.1. Forma de evaluación

4.1.2. Casos de prueba

4.2. Análisis de resultados

Conclusión

Lista de referencias

Anexo 1 - Seguimiento de Proyecto

Anexo 2 - Manual de usuario