Sistema de Información y Montaje de Dispositivo para el control y monitoreo de Humedad, Temperatura y Ph del Suelo en Cultivos de Rosas

Cristian Mauricio Álvarez García, Oscar Eduardo Arias Peralta, Johan Ibarra Gutiérrez

Jose Sebastian Sanchez Lindarte

Ingeniería de sistemas, Fundación Universitaria Compensar

Proyecto fin de grado Para Facultad de Ingeniería

Msc. Sandra Milena García Córdoba

Mayo de 2023

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido 2

Resumen 12

Palabras clave: Interfaz de Usuario, Visualización de datos, Sensores, Humedad del suelo, Temperatura, PH del suelo 12

Introducción 13

Definición del Problema 14

Pregunta de Investigación 15

Objetivos de Investigación 16

- Objetivo General 16
- Objetivos Específicos 16

Antecedentes del Problema 16

Justificación 18

Marco Referencial 19

- Técnicas para la medición de humedad del suelo 20
- Método gravimétrico 20
- Método de tensión 20
- Método de capacitancia: 20
- Método de resistencia eléctrica 20

Método de propagación de ondas electromagnéticas 20
Método óptico 21
Sensores 21
Sensores de humedad mecánicos 21
Sensores de sales higroscópicas 21
Sensores de conductividad 22
Sensores capacitivos 22
Sensores resistivos 22
Sensores por infrarrojos 23
Esp32 23
Características: 23
Lenguaje de programación backend 24
PHP 24
C+ 25
Lenguaje de programación frontend 25
HTML 25
CSS 25
JavaScript 26
JQuery 26
Frameworks 26
Lenguaje de base de datos 26
DDL y DML 26
SQL 27

PL/SQL 27

T-SQL 27

Marco Teórico 27

Agricultura y rosicultura 27

Sensor de humedad, temperatura y pH 28

Condiciones climáticas de la sabana de Bogotá 29

Tecnologías existentes y avances en sensores 30

Sensores de resistencia eléctrica 30

Sensores de capacitancia 30

Sensores de espectroscopía 30

Aplicaciones y beneficios del sensor 31

Optimización del riego 31

Optimización de la fertilización 31

Detección temprana de problemas reducción de costos y condiciones ambientales 31

Aplicaciones de los sensores en la agricultura 32

Control de riego 32

Monitoreo de nutrientes 32

Detección de enfermedades 32

Predicción de cosechas 32

Marco Normativo 33

Ley 99 de 1993 33

Decreto 1076 de 2015: 33

Resolución 1207 de 2014 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible 33
Norma técnica colombiana ntc 5354..... 34
Norma técnica colombiana ntc 4173..... 34
Norma técnica colombiana ntc-iso 5725-2 34
Ley 9 de 1979..... 34
Resolución 1443 de 2020..... 34
Marco Contextual..... 35
Alcance 36
Limitaciones..... 37
Limitaciones tecnológicas y energía..... 37
Limitaciones de acceso a la información..... 37
Limitaciones de tiempo y recursos 38
Limitaciones geográficas 38
Limitaciones en la calidad de la muestra 38
Metodología de Investigación..... 39
Cuantitativa..... 39
Cualitativa..... 39
Fase 1: Programación ESP32..... 40
Fase 2: Elaboración del sistema..... 46
Diagrama caso de uso 46
Diagrama UML..... 46
Diagrama de despliegue..... 47
Diagrama de flujo 49

Arquitectura frontend y backend 49
Fase 3: Interfaz de usuario 51
Capa de acceso 53
Metodología de Desarrollo 56
Product Owner: 56
Scrum Máster 57
Proceso de desarrollo 57
Elaboración del dispositivo 57
Sensor de temperatura DHT11 58
Funcionamiento 58
Especificaciones del sensor 58
Diagrama de Conexión 59
Sensor de humedad capacitivo 59
Funcionamiento 60
Calibración 61
Diagrama de Conexión 61
Sensor detector de PH 4502c y sonda electrodo E201-BNC 61
Especificaciones de modulo PH-4502C 62
Especificaciones de la sonda 63
Funcionamiento 63
Diagrama de conexión 64
Activadores 65
Implementación y activación de un LED 66

Implementación y activación de alarma o zumbador 69

Implementación y activación de mini bomba de agua 69

Condiciones ambientales para el PH del suelo 72

Programación del ESP 32 y configuración de sensores 74

Código para la captura de datos de los sensores 77

Conexión a la base de datos 79

Envió de datos por servicio PHP al servidor y base de datos 79

Implementación del sistema de monitoreo 81

Conexión de datos con Power BI 82

Implementación del prototipo 83

Creación del panel para visualización de las graficas 84

Publicación del panel en la plataforma web 84

Servicio web para el registro de alertas desde el dispositivo o controlador EPS32 84

Requisitos Mínimos 85

Integración de sensores y sistema de transmisión 85

Elaboración del dispositivo 85

Infraestructura de la nube 86

Desarrollo de la interfaz de usuario 86

Seguridad y privacidad 86

Conclusiones 86

Manual de Usuario 87

Acceso a mis métricas. 89

Estadísticas de temperatura 89

Estadísticas de humedad 90

Estadísticas de pH del suelo..... 90

Estadísticas de alertas 91

Reporte de solicitudes. 91

Registro de solicitudes 91

Consultar solicitudes..... 92

Referencias..... 93

Índice De Ilustraciones

Ilustración 1 Elección de tarjeta ESP32..... 42

Ilustración 2 Librerías necesarias para la programación..... 43

Ilustración 3 Declaración para sensores humedad, temperatura y PH..... 43

Ilustración 4 Variables para servidor y conexión wifi 44

Ilustración 5 Diagrama caso de uso 46

Ilustración 6 Ilustración 6 Diagrama UML..... 47

Ilustración 7 Diagrama de despliegue..... 48

Ilustración 8 Diagrama de flujo 49

Ilustración 9Arquitectura FrontEnd y BackEnd, Modelo de tres capas..... 51

Ilustración 10 Página web principal hidrocampo.co. 52

Ilustración 11Interfaz login usuario, conexión con el dashboard principal..... 53

Ilustración 12 Plataforma de visualización de estadísticas e información del dispositivo físico..... 54

Ilustración 13 Código donde se ejecuta el crud de conexión entre la capa de acceso y la base de datos. 55

Ilustración 14 Código donde se ejecuta hace la validación del usuario en la base de datos. 55

Ilustración 15 Código donde realiza la captura de los datos del dispositivo. 56

Ilustración 16 Sensor de temperatura DHT11 58

Ilustración 17 Diagrama de conexión Sensor de temperatura DHT11 con ESP32 Imagen tomada de https://fritzing.org/projects/ 59

Ilustración 18 Sensor de humedad capacitivo 60

Ilustración 19 Diagrama de conexión Sensor de humedad capacitivo y EPS32 Imagen tomada de 61

Ilustración 20 PH-4502C amplificador de señal 62

Ilustración 21 sonda electrodo E201-BNC 63

Ilustración 22 Tabla de mediciones de PH y su clasificación Imagen tomada de 63

Ilustración 23 Pines del módulo PH-4502C Imagen tomada de 64

Ilustración 24 Diagrama de conexión sensor detector de PH 4502c y sonda electrodo E201-BNC Imagen tomada de https://www.researchgate.net/figure/PH-4502C-water-pH-sensor-circuit_fig2_350852826 65

Ilustración 25Conexión de activadores 66

Ilustración 26Entradas de led Tomada de https://www.emanuelegenovese.it/wp-content/uploads/2018/03/LED-anatomia.png 66

Ilustración 27Activación del led de acuerdo con los valores entregado por el sensor DHT11 68

Ilustración 28Estructura del objeto para enviar alertas al servidor 68

Ilustración 29 Zumbador recuperado de https://ferretronica.com/collections/modulos/products/buzzer-activo-5v-zumbador-tipo-pito-continuo 69

Ilustración 30 Mini bomba de agua recuperado de https://ferretronica.com/products/mini-bomba-de-agua-sumergible-5vdc?variant=12153111150685&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=gs-2021-10-19&utm_source=google&utm_medium=smart_campaign&gclid=CjwKCAjwx_eiBhBGEiwA15gLN4HEnVRZUCXj53LV8IsAY36zzCf2xiikEHWbt7s_37UBMcL6MrBJZBoCKI8QAvD_BwE 70

Ilustración 31Conexión de sensor de humedad y mini bomba de agua 71

Ilustración 32 método para capturar los valores del pH del suelo 74

Ilustración 33 librerías y variables cargadas en el controlador ESP32 75

Ilustración 34 Método setup y configuración de la conexión Wifi 75

Ilustración 35 configuración del método loop cargado en el controlador EPS32 76

Ilustración 36 figura método que realiza la captura de la medición de temperatura 77

Ilustración 37 método que realiza la captura de la medición de humedad 77

Ilustración 38 método que realiza la captura de la medición del PH del suelo 78

Ilustración 39 Método que envía la información de las mediciones a la base de datos mediante un servicio web 78

Ilustración 40 conexión a la base de datos en el CPanel 79

Ilustración 41 Diagrama de comunicación del controlador EPS32 con el servicio web que registra las mediciones obtenidas por los sensores. Imagen tomada de https://esp32io.com/tutorials/esp32-mysql 80

Ilustración 42 importación de datos por medio de base de datos MYSQL 82

Ilustración 43 Campos para establecer la comunicación la base de datos 83

Ilustración 44 implementación del prototipo 83

Ilustración 45 Ejemplo de visualización de datos relacionados con la medición del porcentaje de humedad 84

Ilustración 46 Servicio web que registra las alertas en la base de datos 85

Ilustración 47 Frontend hidrocampo 87

Ilustración 48 Barra usuario Frontend 87

Ilustración 49 Login a dashboard 88

Ilustración 50 Vista graficas 88

Ilustración 51 opciones de métricas usuario 89

Ilustración 52 Vista estadísticas 89

Ilustración 53 estadísticas humedad 90

Ilustración 54 estadísticas pH 90

Ilustración 55 Modulo alertas 91

Ilustración 56 reporte solicitudes 91

Ilustración 57 registro nueva solicitud 92

Ilustración 58 consulta solicitudes 92

Ilustración 59 maqueta y dispositivo 93

Resumen

Este proyecto representa una solución tecnológica innovadora y efectiva para el monitoreo de las condiciones del suelo en los cultivos de rosas. La plataforma conectada a base de datos y el dispositivo de medición de humedad, temperatura y pH del suelo brindan una forma automatizada y precisa de obtener información crucial para la toma de decisiones en actividades agrícolas, promoviendo así una agricultura más eficiente, sostenible y orientada a resultados óptimos.

Se seleccionó un tipo de investigación cualitativa con un enfoque exploratorio porque permite conocer las características, identificar el proceso que surge del fenómeno y saber lo que realmente ocurre con el objeto de estudio. En cuanto al desarrollo se presentan cuatro fases definidas desde la determinación de los requerimientos tanto funcionales como no funcionales, la etapa de análisis para proceder a realizar el desarrollo y por último la implementación de pruebas

En este contexto se puede validar el potencial de este proyecto, el cual está enmarcado en brindar una solución a muchos agricultores y productores que desean implementar herramientas y estrategias para el monitoreo de sus cultivos e implementar mejoras en el consumo de materia prima para las cosechas o producciones.

Palabras clave: Interfaz de Usuario, Visualización de datos, Sensores, Humedad del suelo, Temperatura, PH del suelo

Introducción

En la actualidad, la agricultura ha experimentado grandes cambios en el uso de tecnologías y la implementación de nuevas técnicas que permitan mejorar la producción y reducción de costos en los cultivos. La implementación de sistemas de monitoreo y medición de factores como la humedad, la temperatura y el pH del suelo, son cada vez más comunes en los cultivos para optimizar su rendimiento y cuidado de las afectaciones climáticas.

Según el boletín n°19 “Aspectos sociales de la floricultura en Colombia” publicado por la universidad de Antioquia (2020) en Colombia la floricultura es actualmente el cultivo de exportación agrícola no tradicional más importante del país, aporta alrededor de 140 000 empleos directos (69%), e indirectos (31%), distribuidos principalmente en los departamentos de Cundinamarca y Antioquia.

El cultivo de rosas requiere de un cuidado especializado, donde se debe monitorear constantemente las condiciones ambientales, tales como la humedad, la temperatura y el pH del suelo, para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo. Para ello, es necesario contar con dispositivos que permitan realizar estas mediciones de forma precisa, de tal forma que se puedan tomar decisiones oportunas para optimizar el proceso de cultivo, mejorar la producción y generar un ahorro de recursos.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un proyecto que permita la medición de la humedad, la temperatura, el pH del suelo en cultivos de rosas, y la visualización de los datos, por medio de un procedimiento de recolección, almacenamiento, envió y actualización de datos, que permita a los usuarios acceder a la información de sus cultivos desde cualquier lugar por medio de un dispositivo que cuente con conexión a internet.

Definición del Problema

El cultivo de rosas es una actividad económica importante en muchas partes del mundo, debido a la alta demanda de estas flores en el mercado internacional. Según una noticia publicada por Noticias Puerto Santa Marta. (s.f.) “La flor colombiana es una de las más exportadas a nivel mundial “Colombia es el segundo país más exportador de dicha flor, por ello su importancia en la economía nacional. Sin embargo, este cultivo se enfrenta a varios desafíos, incluyendo el problema de las heladas y la humedad del suelo. Las heladas, por ejemplo, pueden causar daños graves a los cultivos de rosas, mientras que la humedad excesiva en el suelo puede llevar a enfermedades y reducir la calidad de las flores. En este contexto, la elaboración de un prototipo de dispositivo que solucione estos problemas puede ser de gran ayuda para los productores de rosas.

La producción de rosas en Colombia, es una actividad económica importante para el país. Sin embargo, los floricultores enfrentan una serie de problemas relacionados a la humedad, la temperatura y el pH del suelo ya que estas variables son factores críticos que pueden afectar negativamente el rendimiento y la calidad de las plantas.

Para abordar estos problemas, se han utilizado diversas técnicas y tecnologías, como la protección de cultivos con mallas anti heladas, el riego controlado, la utilización de sustratos especiales, entre otras. Sin embargo, estas soluciones son costosas y no siempre son efectivas, lo que sugiere la necesidad de explorar nuevas alternativas para mejorar la producción de rosas en condiciones de heladas y humedad del suelo. Por lo tanto, un proyecto que busca solucionar estos problemas debe abordar la necesidad de desarrollar y aplicar tecnologías en conjunto con estrategias que sean efectivas para el monitoreo y control de la humedad, temperatura y el pH del suelo, con lo cual se logre un cultivo y una producción sostenible de rosas de alta calidad.

Además, la falta de un sistema de control adecuado para estas variables puede llevar a la aplicación inadecuada e innecesaria de productos, generando un aumento de costos en la producción y una posible contaminación en el suelo y el agua; La variación en las condiciones del suelo también puede aumentar la susceptibilidad de las plantas a enfermedades y plagas, lo que puede causar una afectación en la calidad y una pérdida en los cultivos de rosas.

En el presente proyecto se abordará la problemática de la humedad, la temperatura y el pH del suelo en los cultivos de rosas. En donde se busca desarrollar tecnologías y estrategias efectivas para el monitoreo y control de estas variables, con el fin de lograr una producción sostenible y rentable, se presentarán sus metodologías y se evaluarán las ventajas y desventajas desde diferentes enfoques, desde los métodos tradicionales hasta las tecnologías más avanzadas, como los sensores de suelo y los sistemas de automatización.

Teniendo como desafío la Integración de sistemas de control de la humedad, la temperatura y el pH del suelo, ya que pueden interactuar mutuamente. Por lo tanto, es importante elaborar un sistema de control integrado que permita mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento y la producción de las rosas.

Pregunta de Investigación

¿Cómo un Sistema de Información de medición puede ayudar al monitoreo de los cultivos de rosas?

Objetivos de Investigación

Objetivo General

Desarrollar un sistema de información de medición de humedad, temperatura y pH del suelo para el monitoreo en los cultivos de rosas.

Objetivos Específicos

Elaborar el montaje de un dispositivo que integre sensores para medir la humedad, temperatura y pH del suelo en cultivos de rosas, y que permita la transmisión inalámbrica de datos.

Configurar un sistema de alertas por medio de activadores de acuerdo con las mediciones realizadas.

Elaborar un dashboard que presente los datos obtenidos del cultivo de manera clara, con herramientas gráficas que permitan el análisis y monitoreo de los valores de humedad, temperatura, pH del suelo y que adicionalmente se integre con un mecanismo de comunicación para las solicitudes de los usuarios.

Evaluar la precisión y la confiabilidad del dispositivo de medición y del sistema de almacenamiento de datos, a través de pruebas en un entorno simulado.

Antecedentes del Problema

El problema de las heladas amenaza cultivos de todo tipo, este es un problema que se presenta a nivel mundial, la producción de rosas es una actividad económica importante, pero está constantemente amenazada por la presencia de heladas que pueden dañar gravemente las plantas. Las heladas ocurren con frecuencia en las regiones que debido a su altitud llegan a presentar bajas temperaturas en especial durante la noche.

Para poder enfrentar estos desafíos, los agricultores necesitan herramientas que les permitan monitorear y controlar las condiciones ambientales y nutricionales de sus cultivos. En particular, la medición de la humedad del suelo, la temperatura ambiente y el pH del suelo que son factores esenciales para el crecimiento y desarrollo saludable de las rosas.

Actualmente, existen varios sensores en el mercado que pueden medir estas variables, pero muchos de ellos son costosos y requieren de mantenimiento constante. Además, la mayoría de los sensores no están diseñados específicamente para las condiciones de cultivo de rosas, lo que puede resultar en mediciones imprecisas y en una disminución en la calidad y cantidad de la producción.

Un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia en 2014 encontró que la mayoría de los cultivos de flores en la Sabana de Bogotá presentaban problemas de humedad en el suelo debido a la alta precipitación en la región y la pobre calidad de los suelos.

Otro estudio realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en 2018 encontró que la mayoría de los cultivos de rosas en la Sabana de Bogotá presentaban problemas de pH en el suelo debido a la falta de conocimiento de los agricultores sobre el manejo adecuado del pH en los cultivos.

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, la Sabana de Bogotá presenta condiciones climáticas extremas, como heladas y temperaturas bajas, que pueden afectar la producción de cultivos de flores. En un estudio realizado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria en 2016, se encontró que la mayoría de los agricultores de la Sabana de Bogotá utilizaban métodos de monitoreo de humedad, temperatura y pH del suelo obsoletos y poco precisos, lo que llevaba a una producción ineficiente de cultivos.

Estos antecedentes muestran la importancia de abordar la problemática de humedad, temperatura y pH del suelo en los cultivos de rosas, y la necesidad de encontrar soluciones más precisas y eficientes para mejorar la producción de estos cultivos.

Justificación

Llevar tecnología **IoT** al sector agricultor es una oportunidad valiosa para mejorar la producción en los cultivos de rosas, debido a que esto contribuye con la mitigación de los problemas a los que se enfrentan los productores de rosas, algunos de estos problemas están relacionados con la humedad del suelo y las heladas a causa de las baja temperaturas. La solución con la que se pretende remediar y contribuir con la producción está relacionada con la implementación de herramientas que ayudaran a los agricultores a monitorear el estado de sus cultivos.

Para comprender el impacto de llevar este tipo de tecnologías al campo se debe tener en cuenta que la floricultura es una de las principales industrias en Colombia y este es el segundo país más exportador de flores a nivel mundial después de Holanda, además la producción de flores es una actividad que genera empleo y divisas para la economía del país, ya que es considerada como un motor de desarrollo para muchas regiones. Sin embargo, esta actividad también enfrenta desafíos importantes que están relacionados con factores como el clima y el medio ambiente.

La humedad del suelo y el PH son dos factores críticos que pueden afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos de flores, por lo tanto, su rentabilidad también se ve afectada, por esta razón se habla de una oportunidad de mejora mediante la tecnología IoT que en este escenario puede ser una herramienta valiosa para mitigar este tipo de problemas y mejorar la producción de flores.

La tecnología IoT puede ayudar a mejorar la producción de flores en dos aspectos fundamentales, el primero de ellos, es la mejora de la eficiencia del riego, ya que uno de los desafíos de la floricultura es el uso eficiente del agua. La mayoría de los cultivos de flores requieren un riego regular para mantener su crecimiento y salud, pero el exceso o la falta de agua puede tener efectos negativos en las plantas. El segundo aspecto está relacionado con la mejora en la calidad de los cultivos y este es un factor clave para determinar su valor en el mercado, los agricultores pueden monitorear estos factores y realizar ajustes precisos con el fin de mantener las condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas.

Marco Referencial

El presente trabajo se centra en un sistema de almacenamiento en una base de datos, que permita la recolección y organización de la información generada por el dispositivo de medición al momento de capturar los datos emitidos por las variables de la humedad, temperatura y pH del suelo, para ello, se abordarán diferentes técnicas de medición de la humedad del suelo, así como las consideraciones necesarias para la implementación de un sistema de almacenamiento y visualización de datos.

A continuación, según Trabajo de grado Sensor De Humedad Del Suelo Tipo Sonda Con Sistema De Monitoreo Para Aplicaciones En Agricultura De Precisión, Landneyker Betancourth Castro (2016) universidad de los llanos facultad de ciencias básicas e ingeniería programa ingeniería electrónica villavicencio-colombia nos habla de las siguientes técnicas, métodos y tipos de sensores de medición:

Técnicas para la medición de humedad del suelo

Existen varias técnicas para la medición de las propiedades del suelo, incluyendo la medición de la humedad del suelo. Algunas de las técnicas más comunes son:

Método gravimétrico: Este método consiste en la medición de la masa de la muestra de suelo antes y después de secarla en un horno. La diferencia de peso se utiliza para calcular el contenido de humedad del suelo.

Método de tensión: Este método mide la tensión de agua en el suelo utilizando un tensiómetro, que consta de un sensor de tensión y una sonda que se inserta en el suelo. La tensión se mide en unidades de presión y se convierte en contenido de humedad del suelo utilizando una curva de calibración.

Método de capacitancia: Este método utiliza un sensor de capacitancia para medir la constante dieléctrica del suelo, que está relacionada con su contenido de humedad. La constante dieléctrica se mide en función de la capacitancia y se convierte en contenido de humedad utilizando una curva de calibración.

Método de resistencia eléctrica*:* Este método utiliza un sensor de resistencia eléctrica para medir la resistencia del suelo, que está relacionada con su contenido de humedad. La resistencia se mide utilizando un par de electrodos insertados en el suelo, y se convierte en contenido de humedad utilizando una curva de calibración.

Método de propagación de ondas electromagnéticas*:* Este método utiliza ondas electromagnéticas para medir el contenido de humedad del suelo. Un transmisor emite una señal de alta frecuencia, que se propaga a través del suelo y es recibida por un receptor. La señal recibida se utiliza para calcular el contenido de humedad del suelo.

Método óptico*:* Este método utiliza la absorción óptica del suelo para medir su contenido de humedad. Un sensor óptico emite luz a través del suelo y mide la cantidad de luz absorbida. La cantidad de luz absorbida está relacionada con el contenido de humedad del suelo.

Cada técnica tiene sus ventajas y desventajas, y la elección de la técnica dependerá de las necesidades específicas del proyecto y las características del suelo.

Sensores

Los sensores pueden proporcionar mediciones precisas y confiables, lo que puede ayudar a optimizar el riego y aumentar la productividad. Por otro lado, si se elige un sensor inadecuado, puede dar lugar a mediciones inexactas y, en consecuencia, a la aplicación incorrecta de recursos lo que podría afectar negativamente la salud y el crecimiento de las plantas, así como aumentar el costo de producción.

A continuación, se presentan diferentes dispositivos de sensores que se emplean para la toma de mediciones describiendo su funcionamiento y características técnicas.

***Sensores de humedad mecánicos*:** Son dispositivos utilizados para medir la cantidad de humedad presente en el suelo. Estos sensores funcionan midiendo el cambio en la conductividad eléctrica del suelo, que varía según la cantidad de humedad presente. Se basan en la variación de la resistencia eléctrica del material sensible al agua, que cambia con la cantidad de humedad en el suelo. A medida que aumenta la humedad del suelo, la conductividad eléctrica aumenta y la resistencia disminuye. De esta manera, los sensores de humedad mecánicos pueden proporcionar una indicación precisa de la cantidad de humedad presente en el suelo**.**

***Sensores de sales higroscópicas*:** Son dispositivos que miden la humedad del suelo a través de un proceso de adsorción. Estos sensores tienen una capa de sales higroscópicas que absorben la humedad del suelo y cambian su resistencia eléctrica en función del nivel de

humedad. Al medir la resistencia eléctrica, se puede obtener una lectura precisa de la humedad del suelo en el lugar donde se encuentre ubicado el sensor. Estos sensores son más precisos que los sensores mecánicos, pero son más costosos y requieren un mantenimiento más regular.

***Sensores de conductividad*:** Miden la humedad del suelo a través de la conductividad eléctrica del medio. Estos sensores utilizan dos o más electrodos para medir la resistencia eléctrica del suelo, la cual está relacionada con la cantidad de humedad presente en el mismo. Al aumentar la humedad del suelo, disminuye su resistencia eléctrica, lo que se traduce en un aumento en la conductividad eléctrica medida por el sensor. Este tipo de sensor es adecuado para suelos con una conductividad eléctrica estable, como los suelos arcillosos o limosos, y se utilizan comúnmente en aplicaciones agrícolas y de jardinería para monitorear la humedad del suelo y controlar el riego.

***Sensores capacitivos*:** Son dispositivos que se utilizan para medir el contenido de humedad del suelo. Estos sensores consisten en un condensador que tiene dos placas paralelas y separadas por una capa dieléctrica. Una de las placas está recubierta con un material sensible a la humedad, y la otra placa actúa como un electrodo de referencia. Cuando el suelo entra en contacto con la capa sensible de humedad, se produce una variación en la capacitancia del sensor, que puede ser medida y utilizada para determinar el contenido de humedad del suelo. Los sensores capacitivos de humedad son una herramienta útil en la agricultura para ayudar a optimizar el riego y el manejo del suelo en los cultivos.

***Sensores resistivos*:** Son dispositivos electrónicos que miden la cantidad de humedad en el aire utilizando un elemento sensible al cambio de resistencia eléctrica en respuesta a la cantidad de vapor de agua en el ambiente. Estos sensores se basan en la propiedad de que ciertos materiales, como las cerámicas porosas o los polímeros, cambian su resistencia eléctrica en

función de la humedad presente en su entorno. Cuando la humedad aumenta, la resistencia eléctrica del material disminuye, y viceversa. Los sensores resistivos de humedad se utilizan en aplicaciones que requieren una medición precisa de la humedad relativa del aire, como en la agricultura, la industria alimentaria y la climatización de edificios.

***Sensores por infrarrojos*:** Miden la humedad del suelo midiendo la cantidad de radiación infrarroja emitida por el suelo. Cuando la humedad del suelo aumenta, también lo hace la cantidad de agua en el suelo, lo que a su vez disminuye la cantidad de radiación infrarroja que se emite. El sensor mide la cantidad de radiación infrarroja reflejada por el suelo y utiliza esa medición para determinar la humedad del suelo. Estos sensores son útiles en ambientes donde la conductividad eléctrica puede interferir con otros tipos de sensores de humedad.

Esp32

la empresa Espressif desde su página oficial brinda toda la información básica necesaria que se debe conocer sobre el dispositivo ESP32, este es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía que puede funcionar como un módulo Wifi y Bluetooth de doble modo. Es un dispositivo muy versátil que puede ser utilizado en una gran variedad de proyectos, desde aplicaciones IoT hasta robótica y automatización.

Características:

- Es fabricado por la empresa Espressif Systems.
- Cuenta con un procesador de doble núcleo de 32 bits y una velocidad de reloj de hasta 240 MHz.
- Dispone de 520 KB de memoria SRAM y 4 MB de memoria flash.
- Soporta Wifi 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2 y 5.0 de doble modo.

- Tiene 36 pines de entrada/salida (GPIO) que pueden ser utilizados para diferentes propósitos.
- Puede ser programado utilizando el IDE de Arduino o el lenguaje de programación C/C++ utilizando herramientas de desarrollo como el ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework).
- Es compatible con una gran cantidad de sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos.

Lenguaje de programación backend

Un lenguaje de programación back-end es aquel que se utiliza para crear la lógica y funcionalidad detrás de una aplicación web, es decir, la parte del servidor que procesa los datos y solicitudes de los usuarios. Estos lenguajes de programación suelen ser de tipo interpretado o compilado, y se ejecutan en el servidor, no en el navegador del usuario.

El back-end de un sitio web tiene a su disposición un conjunto de herramientas y lenguajes como PHP, Ruby, Python, JavaScript, SQL, MongoDb, MySQL, entre otros, que le permiten desempeñar su trabajo de manera efectiva. Estos lenguajes y herramientas se utilizan para crear sitios web dinámicos, en los que la información se actualiza constantemente. Debido a esto, es responsabilidad del back-end asegurar que el sitio tenga una buena capacidad de respuesta y una velocidad óptima para brindar una experiencia satisfactoria a los usuarios.

PHP

El lenguaje de programación PHP es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones web y se utiliza comúnmente en el lado del servidor. Es un lenguaje de scripting interpretado que se integra fácilmente con HTML y se puede utilizar para crear aplicaciones web

dinámicas y sitios web con funcionalidades avanzadas. Con PHP, es posible interactuar con bases de datos y gestionar datos de manera efectiva.

C+

Por otro lado, C++ es un lenguaje de programación de alto nivel y de propósito general, que se utiliza en el desarrollo de aplicaciones de software. Aunque no es tan comúnmente utilizado en el lado del servidor como PHP, C++ es adecuado para aplicaciones que requieren una alta eficiencia y rendimiento. Puede utilizarse para desarrollar programas que se ejecutan en el servidor, como juegos en línea, software de procesamiento de imágenes y otros programas de alto rendimiento.

Lenguaje de programación frontend

En el contexto del desarrollo web, el lenguaje de programación front-end se refiere al conjunto de tecnologías que se utilizan para crear la parte visual de una aplicación web que se ejecuta en el navegador del usuario. Estas tecnologías incluyen HTML, CSS y JavaScript, que trabajan juntas para crear la estructura, el estilo y la funcionalidad de la interfaz de usuario.

HTML

HTML es un lenguaje de marcado que se utiliza para estructurar el contenido de una página web, definiendo los elementos como encabezados, párrafos, imágenes y enlaces.

CSS

CSS es un lenguaje de hojas de estilo que se utiliza para diseñar y dar estilo a la presentación de una página web, controlando aspectos como el color, la tipografía, el diseño de las secciones y la disposición de los elementos.

JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación que se utiliza para agregar interactividad y funcionalidad dinámica a una página web, permitiendo la manipulación de elementos HTML y la creación de efectos visuales, animaciones y validaciones de formularios.

JQuery

JQuery es una biblioteca de JavaScript que simplifica el manejo de eventos, animaciones y manipulación del DOM de una página web, facilitando el desarrollo de aplicaciones web interactivas y responsivas.

Frameworks

React, Vue y Angular son frameworks de JavaScript que proporcionan una estructura para el desarrollo de aplicaciones web complejas y escalables. Estos frameworks están basados en componentes y ofrecen herramientas y funcionalidades avanzadas para la creación de interfaces de usuario dinámicas y altamente personalizables.

Lenguaje de base de datos

Los lenguajes de base de datos son un conjunto de lenguajes y herramientas utilizados para interactuar con los sistemas de gestión de bases de datos (DBMS). Estos lenguajes se utilizan para crear, leer, actualizar y eliminar datos de las bases de datos.

DDL y DML

El Lenguaje de Definición de Datos (DDL), es un lenguaje que se utiliza para definir y modificar la estructura de la base de datos. Las sentencias DDL se utilizan para crear, modificar y eliminar objetos de la base de datos, como tablas, índices, restricciones, etc.

El lenguaje de Manipulación de Datos (DML), se utiliza para manipular los datos almacenados en la base de datos. Las sentencias DML se utilizan para insertar, actualizar, eliminar y seleccionar datos de la base de datos.

SQL

Es el lenguaje de consulta estructurado que se utiliza para interactuar con los sistemas de gestión de bases de datos relacionales. Con SQL, se pueden crear tablas, insertar, actualizar y eliminar datos de tablas, recuperar datos de tablas y ejecutar otras operaciones en la base de datos.

PL/SQL

Es un lenguaje de programación utilizado para crear procedimientos almacenados y funciones en la base de datos Oracle. Los procedimientos almacenados y las funciones se utilizan para automatizar tareas y simplificar el acceso a los datos.

T-SQL

Es el lenguaje de consulta utilizado por Microsoft SQL Server. T-SQL es similar a SQL, pero con algunas diferencias en la sintaxis y en las características.

Marco Teórico

El desarrollo de un sensor de humedad, temperatura y pH para los cultivos de rosas es una tarea de gran relevancia para la floricultura, ya que permite controlar y ajustar las condiciones ambientales para mejorar la calidad y productividad de los cultivos. En este sentido, el marco teórico puede incluir los siguientes elementos:

Agricultura y rosicultura: La agricultura es una actividad económica clave en Colombia y desempeña un papel importante en la economía del país. La agricultura en Colombia

contribuye significativamente al PIB, aportando alrededor del 6,2% en el 2020, y es una fuente importante de empleo, generando alrededor del 16% del empleo en el país.

La rosicultura es una actividad agrícola, que se destaca por su producción de flores de alta calidad, especialmente de rosas. La producción de rosas es una importante fuente de empleo y divisas para la región, ya que Colombia es uno de los principales productores de rosas en el mundo.

Entre las principales variedades de rosas cultivadas se encuentran las rosas de exportación, como las variedades Akito, High and Magic, Red Naomi, Véndela, entre otras. Estas variedades son valoradas por su belleza y durabilidad, lo que las hace ideales para la exportación.

El proceso de producción de rosas implica un alto grado de tecnificación y control de calidad. Las rosas se cultivan en invernaderos, que permiten un mejor control del clima y protegen las flores de los factores externos. Además, se utilizan técnicas avanzadas de cultivo, como la hidroponía y la fertiirrigación, para maximizar la producción y la calidad de las flores.

Las condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de las rosas en un clima fresco, con temperaturas promedio de 14-18 grados Celsius y una altitud entre 2.200 y 2.800 metros sobre el nivel del mar. Además, se requiere un suelo rico en nutrientes y un adecuado suministro de agua y luz solar.

Sensor de humedad, temperatura y pH: Los sensores de humedad, temperatura y pH son dispositivos que permiten medir las condiciones ambientales y del suelo en el campo agrícola. Estos sensores funcionan a través de la detección de señales físicas y químicas, que son convertidas en señales eléctricas para su procesamiento y posterior análisis.

Los sensores de humedad miden la cantidad de agua presente en el suelo, lo que permite a los agricultores conocer las necesidades de riego de sus cultivos. Los sensores de temperatura miden la temperatura ambiental y del suelo, lo que es útil para controlar el ambiente de crecimiento de los cultivos. Por último, los sensores de pH miden la acidez del suelo, lo que es importante para conocer las condiciones de nutrientes disponibles para las plantas.

La importancia del uso de estos sensores en la agricultura radica en que permite conocer las condiciones del suelo y del ambiente, lo que facilita tomar decisiones más precisas y optimizar el uso de los recursos. Por ejemplo, la medición de la humedad del suelo permite a los agricultores saber cuándo y cuánto regar sus cultivos, lo que puede evitar el exceso de agua y ahorrar recursos hídricos.

Condiciones climáticas de la sabana de Bogotá: La Sabana de Bogotá se encuentra ubicada en una altiplanicie de los Andes colombianos, a una altitud promedio de 2.600 metros sobre el nivel del mar. El clima de esta región se caracteriza por ser templado de altura, con una temperatura promedio anual de 14 °C, aunque puede fluctuar entre los 10 °C y los 20 °C. Además, presenta una alta variabilidad climática, con una época de lluvias de abril a noviembre y una época seca de diciembre a marzo.

Estas fluctuaciones climáticas pueden afectar el cultivo de rosas en la Sabana de Bogotá, especialmente en cuanto a la humedad y la temperatura. Las rosas necesitan un ambiente húmedo para crecer adecuadamente, pero en la época seca puede ser difícil mantener niveles óptimos de humedad. Además, la temperatura puede fluctuar bruscamente entre el día y la noche, lo que puede impactar en el crecimiento y desarrollo de las rosas.

Entre los principales factores climáticos que influyen en el crecimiento de las rosas, se encuentran la temperatura, la humedad y la lluvia. Las rosas requieren una temperatura óptima

para crecer, que oscila entre los 15 y los 25 °C, y una humedad relativa entre el 60% y el 80%. La lluvia también es importante para el crecimiento de las rosas, pero un exceso de precipitación puede afectar negativamente la calidad de las flores y propiciar la aparición de enfermedades.

Los desafíos que presentan los cultivos de rosas en la Sabana de Bogotá incluyen la variabilidad climática y las condiciones extremas de temperatura y humedad. Para superar estos desafíos, los agricultores pueden utilizar sensores de humedad, temperatura y lluvia para monitorear constantemente las condiciones ambientales y del suelo. De esta manera, pueden tomar decisiones más precisas y optimizar el uso de los recursos para garantizar el crecimiento y la producción de rosas de alta calidad.

Tecnologías existentes y avances en sensores: Existen varios tipos de sensores para medir la humedad, la temperatura y el pH del suelo. Algunos de las más comunes son:

Sensores de resistencia eléctrica: Estos sensores miden la resistencia eléctrica del suelo o del agua, que varía en función de la humedad. Los sensores más comunes utilizan la técnica de la tensión de entrada constante, donde se aplica una corriente constante a través del sensor y se mide la tensión resultante. A medida que la humedad aumenta, la resistencia disminuye y la tensión también.

Sensores de capacitancia: Estos sensores miden la capacidad del suelo o del agua para almacenar una carga eléctrica, que está relacionada con la humedad. Los sensores de capacitancia más comunes utilizan la técnica de la oscilación, donde se aplica una señal de alta frecuencia al sensor y se mide la amplitud de la señal resultante. A medida que la humedad aumenta, la capacidad del sensor también aumenta y la amplitud de la señal disminuye.

Sensores de espectroscopía: Estos sensores utilizan la absorción o reflexión de la luz en el suelo o en las hojas de las plantas para medir la humedad, la temperatura y otros parámetros.

Los sensores más comunes utilizan la técnica de la reflectancia difusa, donde se emite una luz blanca al suelo o a la hoja y se mide la cantidad de luz reflejada en diferentes longitudes de onda. A medida que la humedad o la temperatura cambian, la cantidad de luz reflejada también cambia.

Aplicaciones y beneficios del sensor: La implementación de sensores de humedad, temperatura y pH del suelo tienen varias aplicaciones y beneficios, incluyendo:

Optimización del riego: Un sensor de humedad puede ayudar a determinar cuándo es necesario regar las plantas, evitando el riego excesivo o insuficiente, lo que puede dañar las raíces o reducir el rendimiento de las plantas. Además, la información obtenida de los sensores de humedad y temperatura puede utilizarse para ajustar la frecuencia y la duración del riego en función de las condiciones climáticas, lo que puede ahorrar agua y reducir los costos de energía asociados con el riego.

Optimización de la fertilización: Un sensor de pH puede ayudar a determinar el nivel de acidez del suelo y a ajustar la cantidad y el tipo de fertilizantes que se aplican, lo que puede mejorar la absorción de nutrientes por las plantas y reducir el desperdicio de fertilizantes. La combinación de un sensor de pH y un sensor de humedad también puede utilizarse para determinar cuándo es necesario aplicar fertilizantes líquidos, lo que puede ahorrar tiempo y reducir los costos asociados con la aplicación manual de fertilizantes.

Detección temprana de problemas reducción de costos y condiciones ambientales: La información obtenida de los sensores de humedad, temperatura y pH puede utilizarse para detectar cambios en las condiciones del suelo y de las plantas que puedan indicar la presencia de enfermedades o plagas. Lo que ayudaría a los agricultores a tomar decisiones para evitar pérdidas a nivel material y monetario generando un ahorro de recursos. Los sensores de

humedad, temperatura y pH pueden utilizarse para monitorear las condiciones ambientales y ajustar el riego, la fertilización y otros factores en consecuencia. Esto puede reducir los costos asociados con el desperdicio de agua, energía y fertilizantes.

En el caso específico de los cultivos de rosas el uso de sensores es de gran ayuda para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos. ya que la variabilidad del estado de los cultivos afecta directamente a la calidad y cantidad de las cosechas.

Aplicaciones de los sensores en la agricultura

Control de riego: Los sensores de humedad del suelo pueden ayudar a determinar cuándo es necesario regar los cultivos, lo que puede mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir los costos de producción.

Monitoreo de nutrientes: Los sensores de pH pueden ayudar a determinar el nivel de acidez del suelo y, por lo tanto, la disponibilidad de nutrientes para los cultivos.

Detección de enfermedades: Los sensores pueden ayudar a detectar tempranamente enfermedades en los cultivos, lo que puede permitir un tratamiento más efectivo y reducir las pérdidas.

Predicción de cosechas: El monitoreo de las condiciones de los cultivos puede ayudar a predecir la cantidad y calidad de la cosecha, lo que puede ayudar a los productores a tomar decisiones informadas en cuanto a la comercialización y distribución de sus productos.

Finalmente es importante considerar que el procesamiento y almacenamiento de grandes cantidades de datos generados por los sensores puede ser complejo. El uso de plataformas en la nube puede facilitar el manejo y procesamiento de estos datos, lo que puede permitir un monitoreo más efectivo y una toma de decisiones más informada por parte de los productores. Además, la visualización de los datos puede permitir una comprensión más clara de las

condiciones de los cultivos y su evolución en el tiempo, lo que puede ayudar a los productores a identificar patrones y tendencias en los datos.

Marco Normativo

En Colombia, existen varias normativas y regulaciones que deben ser consideradas al realizar un proyecto de medición de la humedad del suelo, pH y temperatura, es por eso que para este proyecto se tuvieron en cuenta normativas que garanticen que no se incumplan los requerimientos legales y de calidad necesarios para funcionar, es por eso que se establecieron leyes que garanticen el cuidado del medio ambiente y garanticen el funcionamiento de los dispositivos que se usan en este proyecto como lo son las leyes 99 de 1993, resolución 1207 de2014 y teniendo en cuenta las normas Icontec que garanticen la calidad nos podemos basar en las normas NTC, como las 4173 y la 5725-2. A continuación, se describen algunas de las normativas más importantes en este ámbito:

Ley 99 de 1993: Establece las bases para la protección del medio ambiente en Colombia. Esta ley establece que el Estado es responsable de garantizar la calidad ambiental, y que los proyectos y actividades que puedan afectar el medio ambiente deben ser evaluados y regulados.

Decreto 1076 de 2015: Establece las normas técnicas para la gestión ambiental en Colombia. Este decreto establece los requisitos técnicos que deben cumplirse en proyectos que involucren el manejo de residuos, emisiones de contaminantes, uso del agua y del suelo, y otras actividades que puedan afectar el medio ambiente.

Resolución 1207 de 2014 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible: Establece los requisitos para la toma de muestras y análisis de suelos en Colombia. Esta

resolución establece los procedimientos que deben seguirse para la toma de muestras, el análisis de suelos y la interpretación de los resultados.

Norma técnica colombiana ntc 5354: Esta norma establece los requisitos técnicos para los sensores de humedad y temperatura, y se aplica a los sensores utilizados en la agricultura, la industria alimentaria, la industria química, entre otros. Esta norma establece los requisitos técnicos para la precisión, la exactitud, la resolución, la repetibilidad y la estabilidad de los sensores.

Norma técnica colombiana ntc 4173: Esta norma establece los requisitos técnicos para los sensores de pH, y se aplica a los sensores utilizados en la industria alimentaria, la industria química, la investigación científica, entre otros. Esta norma establece los requisitos técnicos para la precisión, la exactitud, la resolución, la repetibilidad y la estabilidad de los sensores.

Norma técnica colombiana ntc-iso 5725-2: Esta norma establece los requisitos técnicos para la precisión y exactitud de los métodos de medición, incluyendo los métodos utilizados para medir la humedad, pH y temperatura. Esta norma establece los requisitos técnicos para la evaluación de la precisión y exactitud de los métodos de medición, y se aplica a todos los métodos de medición, incluyendo los métodos utilizados para medir la humedad, pH y temperatura.

Ley 9 de 1979: Esta ley establece las normas y regulaciones para la seguridad y salud en el trabajo en Colombia. Esta ley establece los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de los sistemas y equipos utilizados en el trabajo, incluyendo los sensores de humedad, pH y temperatura.

Resolución 1443 de 2020: Esta resolución establece las normas y regulaciones para la gestión integral de la seguridad y la salud en el trabajo en Colombia. Esta resolución establece

los requisitos técnicos y de seguridad para el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de los sistemas y equipos utilizados en el trabajo, incluyendo los sensores de humedad, pH y temperatura.

Marco Contextual

Colombia es uno de los principales productores y exportadores de flores en el mundo, y dentro de este sector, el cultivo de rosas es uno de los más importantes. Las empresas dedicadas a la producción de rosas en Colombia han experimentado un importante crecimiento en las últimas décadas, gracias a la calidad de sus productos y a la competitividad de sus precios en el mercado internacional.

El cultivo de rosas se concentra principalmente en la región de la Sabana de Bogotá, Además, este sector ha sido clave en el desarrollo económico de algunas ciudades como Facatativá y Zipaquirá, que cuentan con un importante número de empresas dedicadas al cultivo de flores. No obstante, el sector de las empresas de rosas en Colombia también ha enfrentado diversos desafíos, como la competencia de otros países productores de flores.

Sin embargo, también tienen varias ventajas competitivas, como la calidad y variedad de sus productos, la cercanía a los mercados de exportación y la existencia de tratados de libre comercio que les permiten acceder a mercados internacionales de manera más favorable. Además, es importante mencionar que la industria de las rosas en Colombia ha sido objeto de críticas por el uso de agroquímicos y la explotación laboral, lo que ha llevado a las empresas de rosas en Colombia a invertir en tecnología, capacitación y nuevas prácticas de producción sostenible para mantenerse competitivas en el mercado global.

En este contexto, el desarrollo de un sistema de información que mida y monitoree a través de un dispositivo IOT para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos de rosas podría ser una herramienta valiosa para ayudar a las empresas del sector a mejorar su eficiencia y sostenibilidad.

Alcance

El alcance de este proyecto incluye una serie de actividades y tareas que deben ser realizadas para lograr los objetivos de la investigación que se basan en la elaboración y desarrollo de un dispositivo que permita medir la humedad, temperatura y pH del suelo en un cultivo de rosas, y su validación mediante pruebas en entornos simulados. El proyecto se llevará a cabo a través de una serie de etapas arrancando en primer lugar con la realización de una revisión bibliográfica sobre los métodos y técnicas existentes para la medición de la humedad, temperatura y pH del suelo en cultivos de rosas. Esta revisión permitirá conocer las diferentes herramientas y tecnologías disponibles en el mercado y las limitaciones de cada una de ellas. Asimismo, se investigará acerca de las características específicas del suelo y su influencia en el cultivo de rosas.

En segundo lugar, se llevará a cabo la identificación de los requisitos y especificaciones técnicas que debe cumplir el dispositivo a desarrollar.

En tercer lugar, se procederá a la elaboración y prototipado del dispositivo, para lo cual se seleccionarán los componentes y sensores necesarios para medir los parámetros identificados en la etapa anterior y se implementara el software necesario para la lectura y procesamiento de los datos obtenidos.

En cuarto lugar, se realizarán pruebas de validación del prototipo, en las cuales se verificará el correcto funcionamiento del dispositivo.

Finalmente, se elaborará un informe técnico detallado que incluirá la descripción del dispositivo desarrollado, los resultados obtenidos en las pruebas de validación, las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

Limitaciones

En el caso del desarrollo de un dispositivo capaz de medir la humedad, la temperatura y el pH del suelo en un cultivo de rosas, existen varias limitaciones que deben ser tomadas en cuenta para garantizar la efectividad y la validez de los resultados obtenidos. A continuación, se presentan las limitaciones más importantes que pueden enfrentarse en este proyecto:

Limitaciones tecnológicas y energía: El desarrollo de un dispositivo para medir la humedad, la temperatura y el pH del suelo en un cultivo de rosas puede enfrentar limitaciones en cuanto a la tecnología disponible. Es posible que algunas de las tecnologías necesarias no tengan cobertura de cubrimiento en el sector como podría llegar a ser el caso del wifi o punto de acceso a internet o que no se cuente con los recursos para su implementación en el proyecto. Además, es posible que algunas tecnologías presenten limitaciones en cuanto a su precisión y confiabilidad, lo que podría afectar la calidad de los resultados obtenidos, además el dispositivo puede requerir de una fuente de energía constante para su funcionamiento, lo que puede limitar su aplicación en zonas donde no se cuenta con acceso a la energía eléctrica o donde la energía es limitada.

Limitaciones de acceso a la información: Para llevar a cabo un proyecto de este tipo, es necesario tener acceso a información relevante sobre el cultivo de rosas, así como sobre las condiciones climáticas y del suelo en las zonas donde se llevará a cabo la medición. Es posible

que esta información sea difícil de obtener, lo que podría afectar la calidad y la precisión de los resultados obtenidos.

Limitaciones de tiempo y recursos: El desarrollo de un dispositivo para medir la humedad, la temperatura y el pH del suelo en un cultivo de rosas puede requerir una cantidad significativa de tiempo y recursos para su implementación. Es posible que el tiempo disponible para llevar a cabo el proyecto sea limitado y que los recursos disponibles sean insuficientes para la mano de obra y otros gastos necesarios para su realización.

Limitaciones geográficas: Los cultivos de rosas se realizan en diferentes zonas del país, cada una de estas zonas cuenta con características de cobertura de red diferentes, en algunos casos la cobertura puede ser buena, como en otros lados su cobertura puede ser limitada o deficiente, lo que generaría que los usuarios no pudieran acceder de forma continua a la visualización de los reportes dentro del aplicativo desarrollado ya que la transmisión de datos se hace por medio de conexión a internet, causando que la implementación del proyecto sea limitada solamente al funcionamiento de los sensores y sus activadores.

Limitaciones en la calidad de la muestra: La calidad de la muestra de suelo es un factor crítico en la medición de la humedad, la temperatura y el pH. Es posible que la calidad de la muestra de suelo recolectada no sea representativa de la condición real del suelo en el cultivo de rosas, lo que podría afectar la confiabilidad de las mediciones realizadas.

Por último, es importante tener en cuenta que el uso de este dispositivo no garantiza una mejora inmediata en la productividad o calidad del cultivo.

Metodología de Investigación

La metodología de investigación elegida para este proyecto ha sido una metodología mixta, ya que tanto la cuantitativa como la cualitativa permiten recopilar y combinar información por medio de diferentes técnicas, de esta manera se podría tener un enfoque más claro y equilibrado durante la investigación, a continuación, se explicará cómo estas metodologías pueden aportan al proyecto.

Cuantitativa: Es conveniente para la recopilación de datos numéricos relacionados con las mediciones de humedad, temperatura y pH del suelo en los cultivos de rosas, mediante el uso de técnicas experimentales se pretende operar las diferentes variables tales como la cantidad de agua y el nivel de pH del suelo, esto con objetivo de poder realizar una medición precisa sobre el crecimiento y el cuidado que se debe tener para el crecimiento de los cultivos de rosas.

Cualitativa: Con esta metodología se puede tener mejor claridad de las expectativas de los clientes, que en este escenario son los productores de rosas, donde por medio de la realización de encuestas estructuradas en formularios se puede obtener información relacionada con las practicas actuales que están utilizando para realizar mediciones de las variables como la temperatura y la humedad, de esta forma se podría identificar las necesidades y expectativas respecto al producto que se va a ofrecer.

La metodología de investigación mixta es conveniente en este proyecto ya que es útil para obtener información acerca de los factores que influyen en la implementación y adopción de plataformas y sistemas de información capaces de llevar un control de medición con dispositivos IOT para la medición de la humedad, temperatura y pH del suelo en los cultivos de rosas, para hacer esto posible, se implementan técnicas de análisis de redes sociales, encuestas y análisis de

datos cualitativos los cuales nos permiten obtener información acerca de las relaciones entre los diferentes actores que intervienen en el proceso del cultivo y cuidado de las rosas, esto mediante el sistema de información y montaje del dispositivo de la medición de las variables previamente mencionadas.

En conclusión, para el desarrollo de este proyecto que contempla la implementación de una plataforma web y el montaje de dispositivo que permita la medición de las variables con el objetivo de cuidar los cultivos de rosas, se puede decir que un proceso complejo que requiere de una metodología de investigación adecuada la cual permita obtener resultados rigurosos y precisos. En este sentido, la metodología de investigación mixta se presenta como una opción adecuada ya que combina elementos de la investigación cualitativa y cuantitativa.

Fase 1: Programación ESP32

ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía, diseñado para aplicaciones IOT (Internet de las cosas) y dispositivos conectados. Es un producto de Espressif Systems, una empresa china especializada en el diseño y fabricación de chips y módulos para aplicaciones inalámbricas, aunque también existen dispositivos producidos por otras compañías, pero esta es la principal.

La programación de ESP32 se puede realizar en varios lenguajes de programación, como C, C++, Python y JavaScript. Es posible utilizar el IDE de Arduino para programar ESP32, lo que lo hace compatible con la amplia comunidad y las bibliotecas de Arduino.

El código para ESP32 se escribe en el lenguaje de programación de Arduino, que es similar a C++. También puede utilizar las bibliotecas de Arduino para simplificar el proceso de

programación. Hay muchas bibliotecas disponibles para ESP32, incluyendo bibliotecas para Wifi, Bluetooth y otras funcionalidades.

Para la programación de este dispositivo se deben configurar antes el IED de Arduino, a lo cual se deben seguir algunos pasos para incluir la tarjeta que controla el dispositivo, de lo contrario no será posible que la programación por código funcione, para hacerlo se puede hacer de la siguiente manera:

- Abra el IDE de Arduino y vaya a "Archivos" -> "Preferencias".
- En la ventana de preferencias, busque el campo "URLs adicionales de gestor de tarjetas" y agregue la siguiente URL: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json
- Haga clic en "Aceptar" para guardar la configuración. Vaya a "Herramientas" -> "Placa" -> "Gestor de tarjetas".
- Busque "esp32" en el cuadro de búsqueda y seleccione el paquete de la placa ESP32.
- Haga clic en "Instalar" para instalar la placa.

A continuación, en la ilustración 1 se podrá evidencia de forma gráfica el IED para la programación del dispositivo:

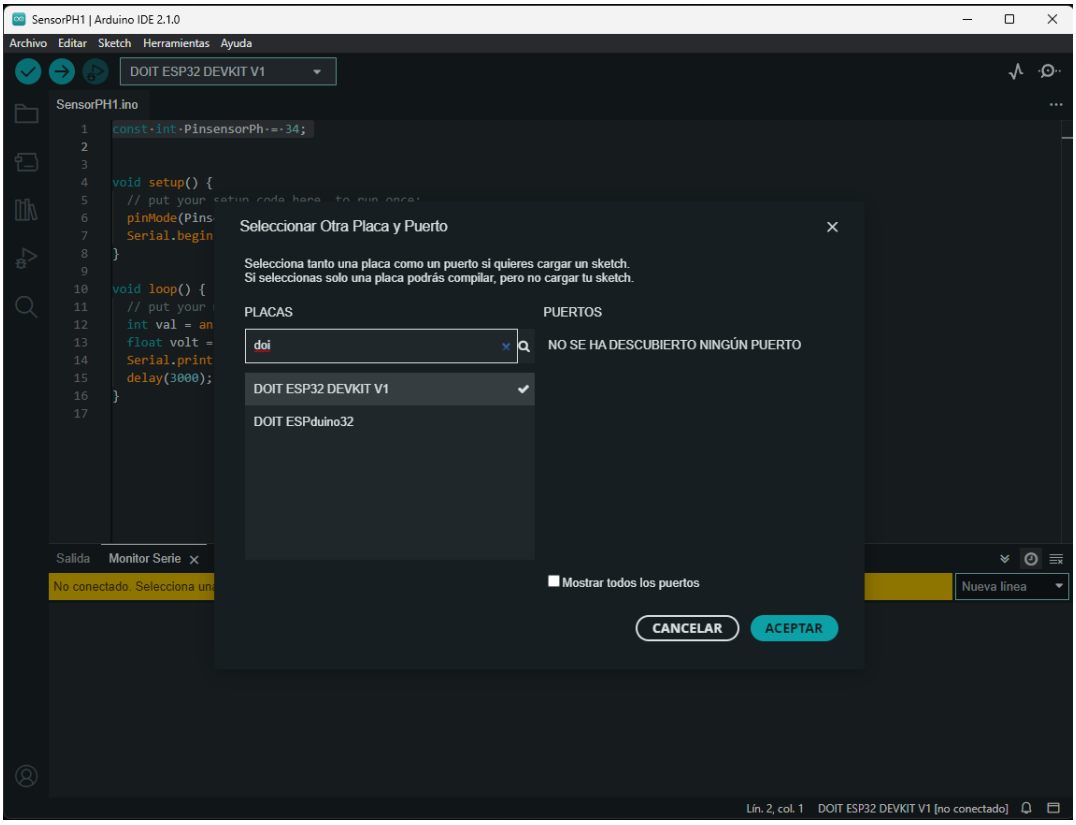


Ilustración 1 Elección de tarjeta ESP32

Una vez se configura la placa correspondiente al dispositivo se puede iniciar la programación de las funciones que se necesiten, se debe tener en cuenta que para algunas funcionalidades es necesario instalar unas librerías, para lo cual se debe generar una investigación dependiendo del tipo de funcionalidad y dispositivos que se deseen programar, para el desarrollo de este proyecto se necesitaran las librerías que se pueden ver a continuación en la ilustración 2 y 3:

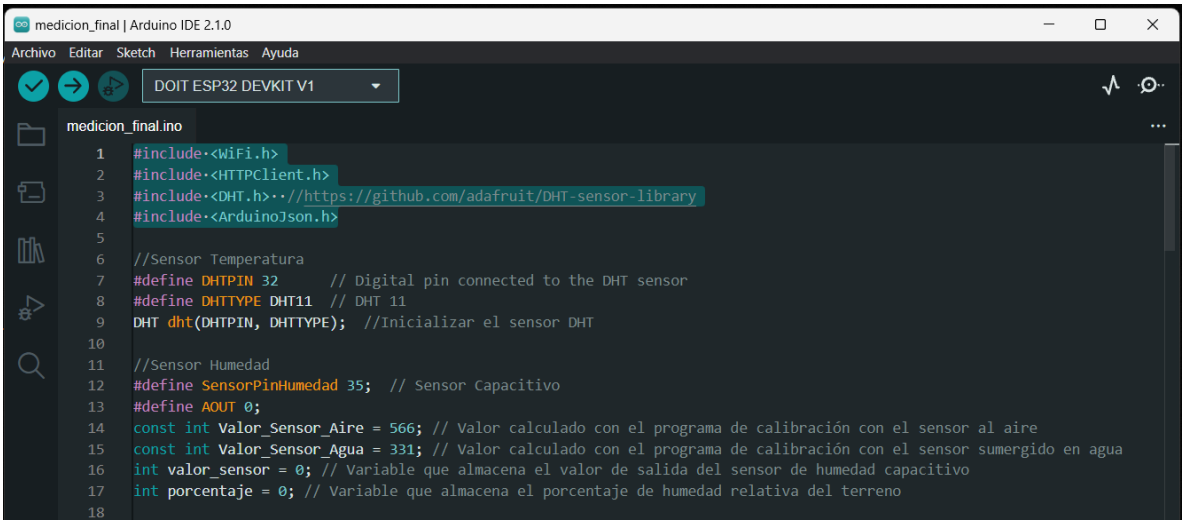


Ilustración 2 Librerías necesarias para la programación.

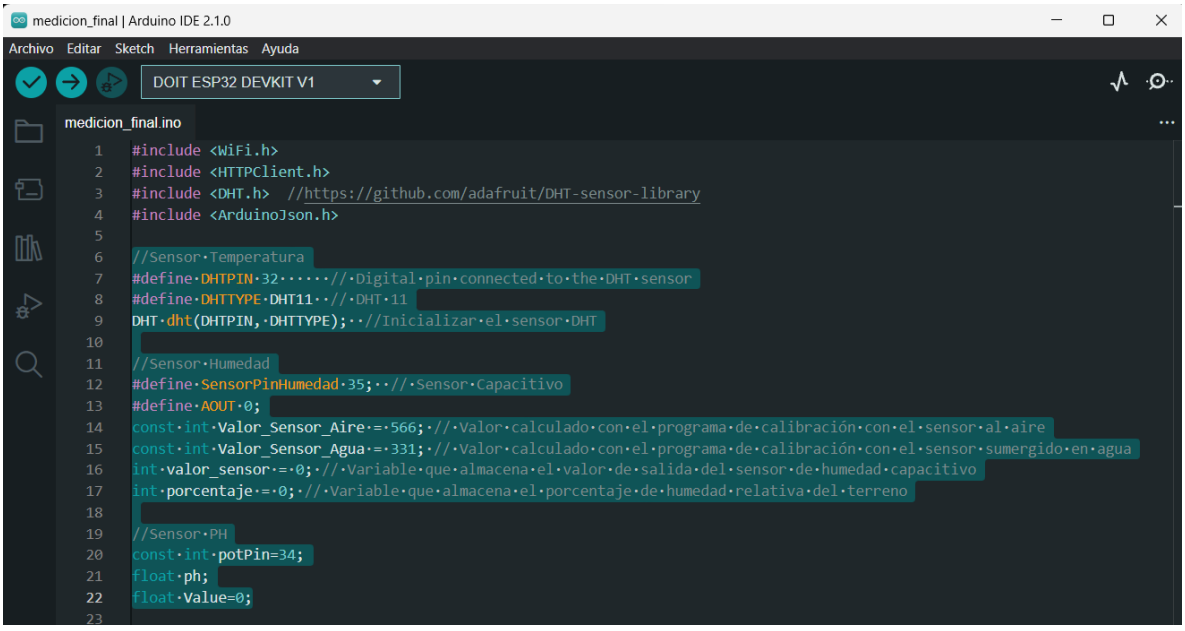


Ilustración 3 Declaración para sensores humedad, temperatura y PH

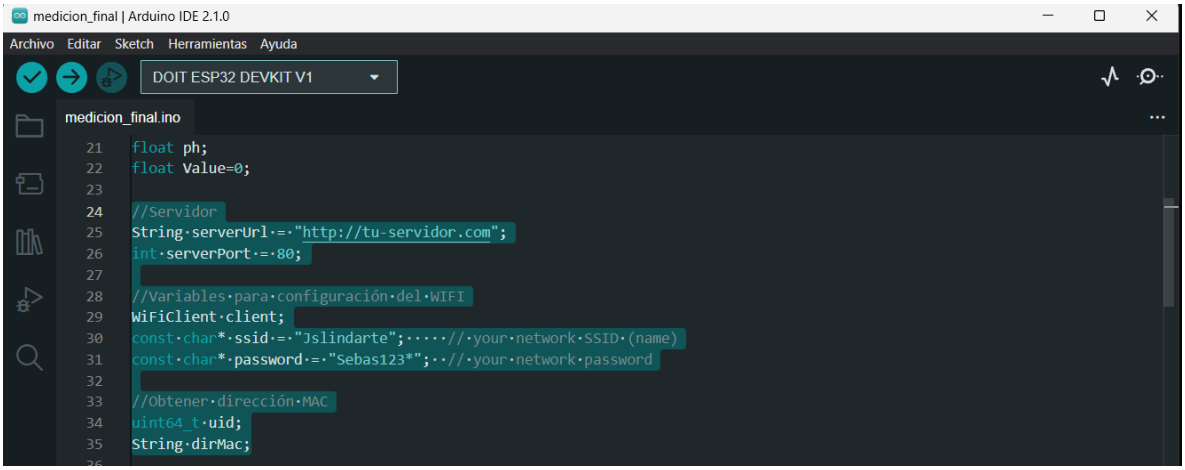


Ilustración 4 Variables para servidor y conexión wifi

Teniendo estos factores claros y configurados se puede proceder con la construcción del código donde se procesarán los datos obtenidos posterior a la medición de cada uno de los sensores como en el siguiente fragmento del código usado para el proyecto:

```
    void loop() {
        float temperatura = obtenerTemperatura();
        Serial.print("Temperatura en Celsius = ");
        Serial.print(temperatura);
        Serial.println(" ");

        String temperaturaStr = String(temperatura, 2);
        Serial.println(temperaturaStr);  // Convertir la temperatura en una
cadena de texto con 2 decimales
        //enviarDatos(temperaturaStr);

        obtenerHumedad();


        // Crear el objeto JSON con los datos a enviar
        DynamicJsonDocument jsonDoc(1024);  // Tamaño máximo del JSON
        jsonDoc["id_usuario"] = 1234567890;
        jsonDoc["uid_esp"] = uid;
        jsonDoc["Mac"] = dirMac;
        jsonDoc["temperatura"] = temperaturaStr;
        //jsonDoc["humedad"] = humedad;
        jsonDoc["ph"] = 20;

        String jsonString;
```

```
          serializeJson(jsonDoc, jsonString);  // Serializar el objeto JSON a
una cadena de caracteres

          sendData(jsonString);
      }

      float obtenerTemperatura() {
        float h = dht.readHumidity();
        // Leer temperatura ºC
        float t = dht.readTemperature();
        // si se le pasa a la funcion el parametro true obtenemos la temperatura
en ºF
        float f = dht.readTemperature(true);

        // Comprobar si alguna lectura falló y salir antes (para volver a
intentarlo)
        if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
          Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
          return 0;
        }

        // Compute heat index in Fahrenheit (the default)
        float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
        // Compute heat index in Celsius (isFahreheit = false)
        float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
        return t;
      }

      void obtenerHumedad(){
        /******* Con Arduino UNO ******/

        // Leemos el valor de la salida analógica del sensor capacitivo,
conectada al pin analógico "A0"
        valor_sensor = analogRead(AOUT);
        Serial.println(valor_sensor);

        // Se calcula el porcentaje de humedad relativa teniendo en cuenta los
dos límites
        porcentaje = map(valor_sensor, Valor_Sensor_Agua, Valor_Sensor_Aire,
100, 0);
```

Fase 2: Elaboración del sistema

La elaboración del sistema se refiere al proceso de realizar un sistema informático que cumpla con los requisitos, objetivos tanto de los usuarios como de la organización que lo implementa, para este proyecto se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Diagrama caso de uso

Un diagrama de casos de uso es una herramienta de modelado que muestra los diferentes actores y sus interacciones con el sistema. En un diagrama de casos de uso, los actores representan los roles que interactúan con el sistema y los casos de uso representan las acciones que los actores realizan con el sistema.

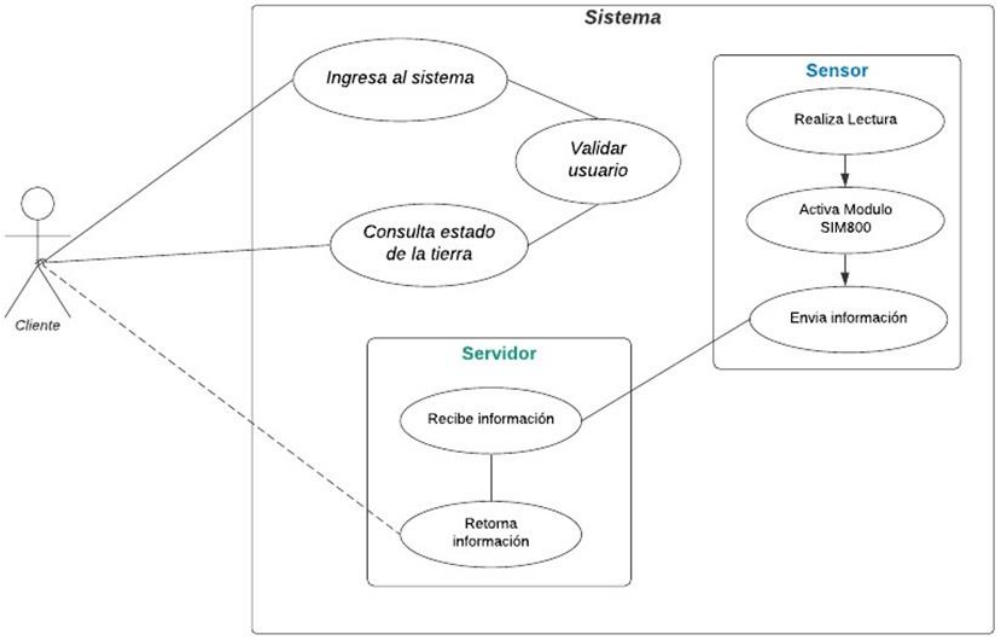


Ilustración 5 Diagrama caso de uso

Diagrama UML

UML (Unified Modeling Language) es un lenguaje estándar utilizado en ingeniería de software para modelar sistemas. Los diagramas UML son una herramienta de visualización utilizada para representar diferentes aspectos de un sistema de software.

los diagramas UML son una herramienta poderosa para modelar sistemas de software, ya que proporcionan una forma visual de representar diferentes aspectos del sistema y sus interacciones.

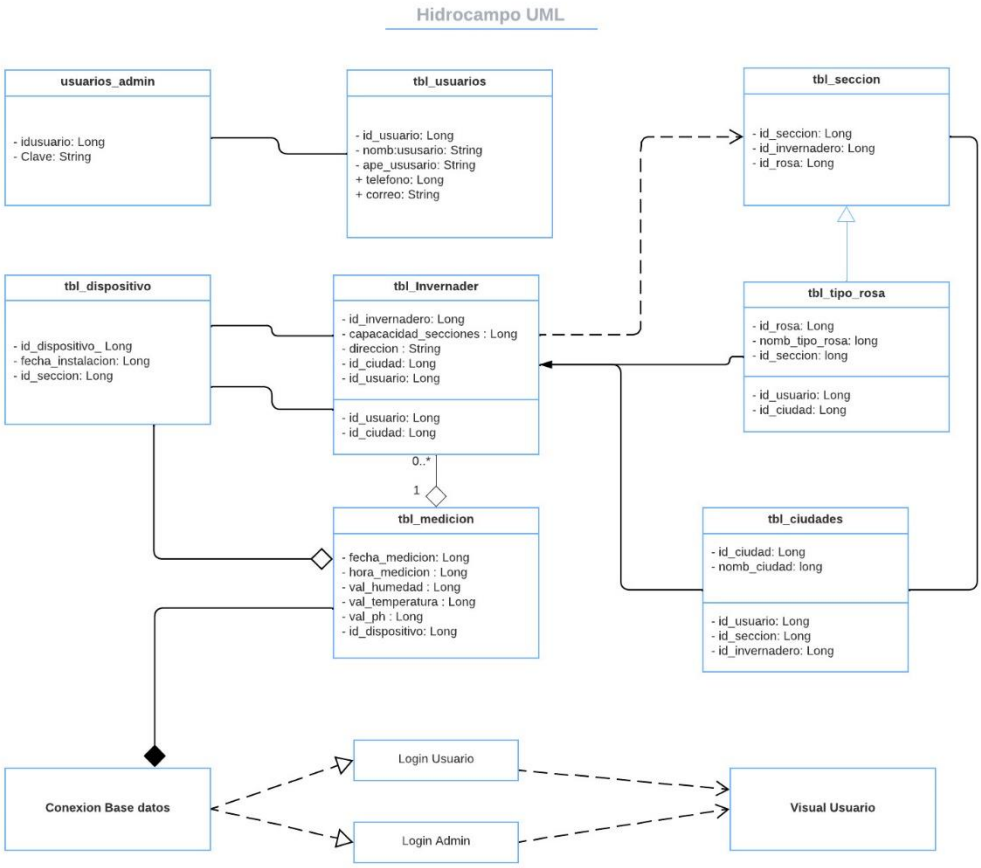


Ilustración 6 Ilustración 6 Diagrama UML

Diagrama de despliegue

Un diagrama de despliegue es un tipo de diagrama UML que representa la topología del sistema, es decir, cómo se despliegan los componentes del sistema en el hardware.

En un diagrama de despliegue, los componentes del sistema se representan como nodos, que pueden ser servidores, computadoras, dispositivos de almacenamiento, etc. Estos nodos están conectados por enlaces, que representan las conexiones de red entre ellos.

Los enlaces entre los nodos representan las conexiones de red entre ellos. En este caso, el servidor web está conectado a Internet a través de un firewall y un enrutador, mientras que el servidor de aplicaciones se conecta a la base de datos a través de una red privada.

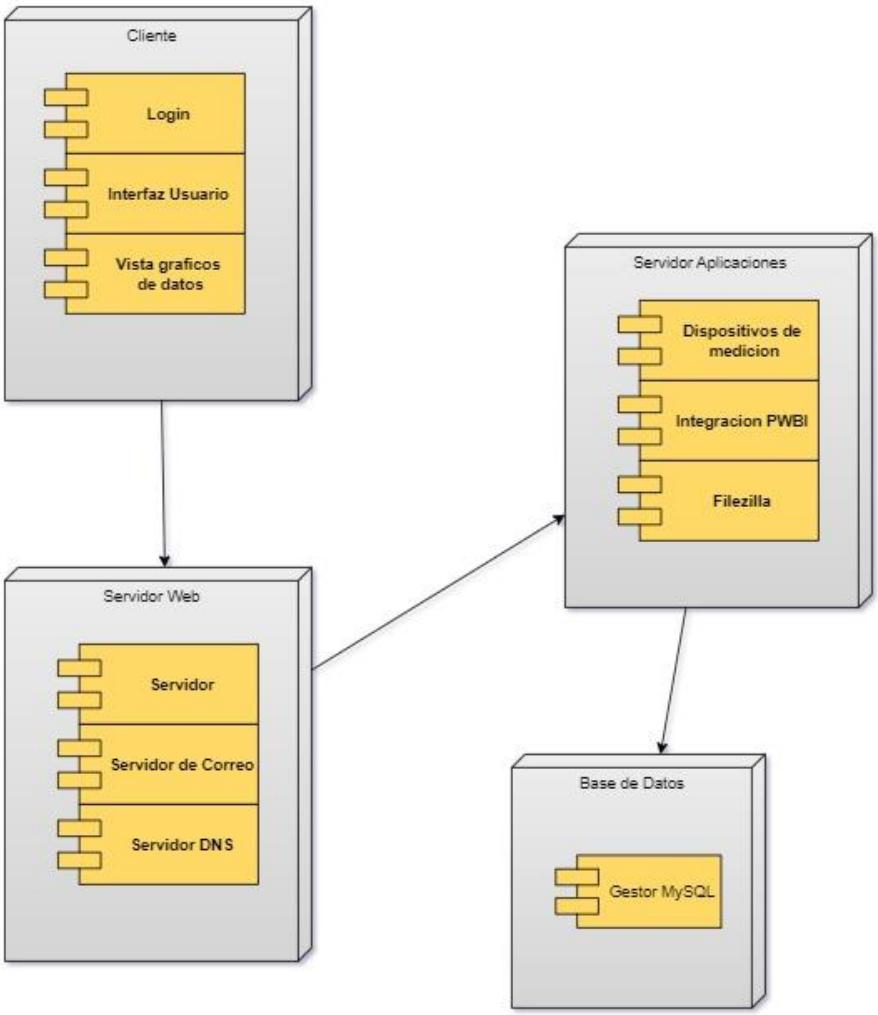


Ilustración 7 Diagrama de despliegue

Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es una herramienta de modelado visual que se utiliza para representar los diferentes pasos de un proceso. Los diagramas de flujo utilizan símbolos y flechas para mostrar el flujo de control y las decisiones dentro del proceso, los diagramas de flujo son una herramienta útil para representar visualmente los diferentes pasos y decisiones de un proceso.

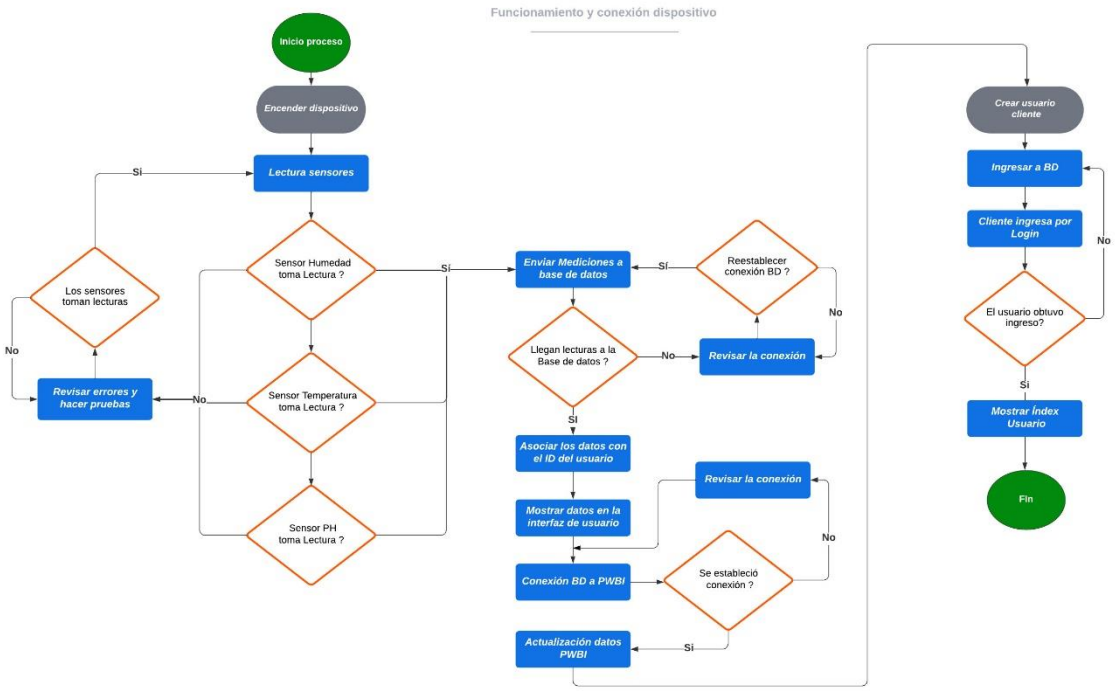


Ilustración 8 Diagrama de flujo

Arquitectura frontend y backend

La arquitectura de software de esta fase consta de tres capas. La primera capa es la interfaz de presentación o frontend, que interactúa directamente con el usuario final y proporciona acceso a la capa backend. La capa backend es la lógica de la aplicación y actúa como intermediaria principal entre la capa 1 y 3. Esta capa está compuesta por una plataforma administrativa que permite al cliente realizar registros, modificaciones y actualizaciones, así

como visualizar todas las estadísticas e información del dispositivo o hardware instalado en campo. Por último, la capa 3 o capa de datos se refiere a la base de datos donde se almacena toda la información correspondiente al sensor habilitado para cada usuario. La arquitectura propuesta para el proyecto consta de:

- Hardware: ESP32, sensor de humedad capacitivo, sensor de temperatura, sensor de PH.
- Firmware: Programa en C++ que mide las variables del suelo y envía los datos a la plataforma de registro y visualización.
- Conexión: Wifi para enviar los datos desde el dispositivo al servidor.
- Servidor: Alojado en la nube, con una base de datos MySQL para almacenar los datos.
- Backend: Programado en PHP, se encarga de recibir los datos del dispositivo, procesarlos y guardarlos en la base de datos. Además, maneja la lógica de activación de los sistemas de riego, calefacción y alertas según las condiciones del suelo.
- API: Se implementa una API para que el frontend pueda obtener los datos de la base de datos.
- Frontend: Se desarrolla una aplicación web con HTML, CSS y JavaScript, que se conecta a la API del backend para obtener los datos del suelo y generar gráficos y estadísticas para el usuario. Se utiliza TypeScript para mejorar la calidad del código y reducir errores.

- Dashboard: La interfaz de usuario muestra los datos del suelo, los sistemas activados y las estadísticas. También se muestran alertas para informar al usuario sobre las condiciones del suelo.



Ilustración 9Arquitectura FrontEnd y BackEnd, Modelo de tres capas.

Fase 3: Interfaz de usuario

La arquitectura frontend es la capa que se encarga de la interfaz de usuario, proporcionando fácil uso para quienes accedan. En este caso, la arquitectura frontend se basará en una aplicación web que permitirá a los usuarios ver las estadísticas de humedad, temperatura y pH del suelo.

Para la implementación de la arquitectura frontend, se utilizaron una tecnología de desarrollo web como HTML, JavaScript, CSS, JQuery entre otras, que proporcionan una experiencia de usuario moderna y adaptativa. Estos frameworks permiten crear componentes web reutilizables y escalables que facilitan la creación de interfaces de usuario complejas.

La interfaz de usuario en este proyecto se divide en dos partes. En primer lugar, tenemos la página web del proyecto (hidrocampo.co) que tiene como objetivo ser el conector informativo entre el usuario y el proyecto. Esta página web cuenta con un login que tiene la función de controlar el acceso y validar a los usuarios almacenados en la base de datos. El login tiene configurados dos roles diferentes: el rol de administrador y el rol de usuario. Después de autenticarse, el usuario tendrá acceso a la plataforma de estadísticas y control del dispositivo

físico. En las siguientes ilustraciones se pueden apreciar las diferentes vistas y funcionalidades de la página web.



Ilustración 10 Página web principal hidrocampo.co.

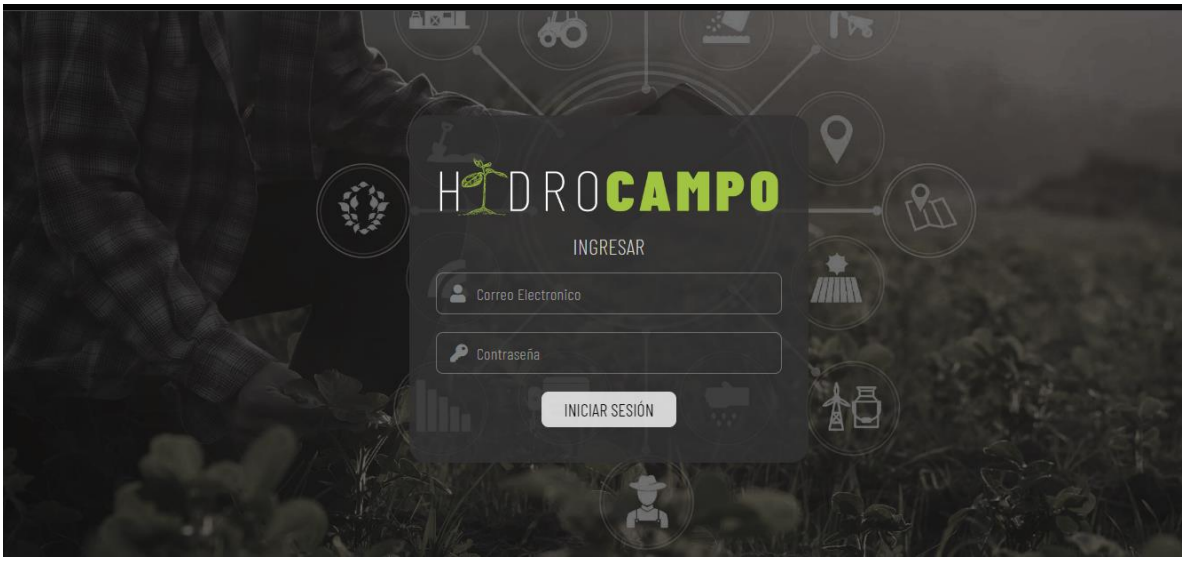


Ilustración 11Interfaz login usuario, conexión con el dashboard principal

Capa de acceso

La arquitectura backend se encarga de procesar los datos y almacenarlos en una base de datos. En este caso, la arquitectura backend debe ser capaz de recopilar datos de sensores que miden la humedad, temperatura y pH del suelo y enviarlos a una base de datos.

Para la implementación de la arquitectura backend, se puede utilizaron lenguajes de programación como PHP, JavaScript y C+. Estos lenguajes proporcionan herramientas de programación robustas y flexibles para el procesamiento de datos.

La base de datos es el componente clave de nuestra arquitectura backend, ya que es donde se almacenan los datos recopilados de los sensores. Se dio uso de una base de datos relacional en MySQL, almacenada en un servidor Apache en la nube.

En términos generales, la arquitectura backend del proyecto es una capa de comunicación entre la interfaz de usuario y las bases de datos. Es una de acceso interna que no es visible para los usuarios de la página. El sistema está diseñado para relacionar la interfaz de presentación y la información almacenada en las bases de datos de los servidores. En otras palabras, el usuario

podrá visualizar las estadísticas e información en general que el dispositivo físico envía al sistema de una manera más fácil.

El desarrollo del sistema consta de una estructura de código que se ejecuta del lado del servidor, permitiendo el acceso a la base de datos y a los recursos necesarios para garantizar que la información llegue de manera fiable y correcta al usuario final. En las siguientes ilustraciones, se pueden apreciar algunos apartados del código producido, así como la pantalla final donde el usuario podrá visualizar la información del dispositivo en campo.

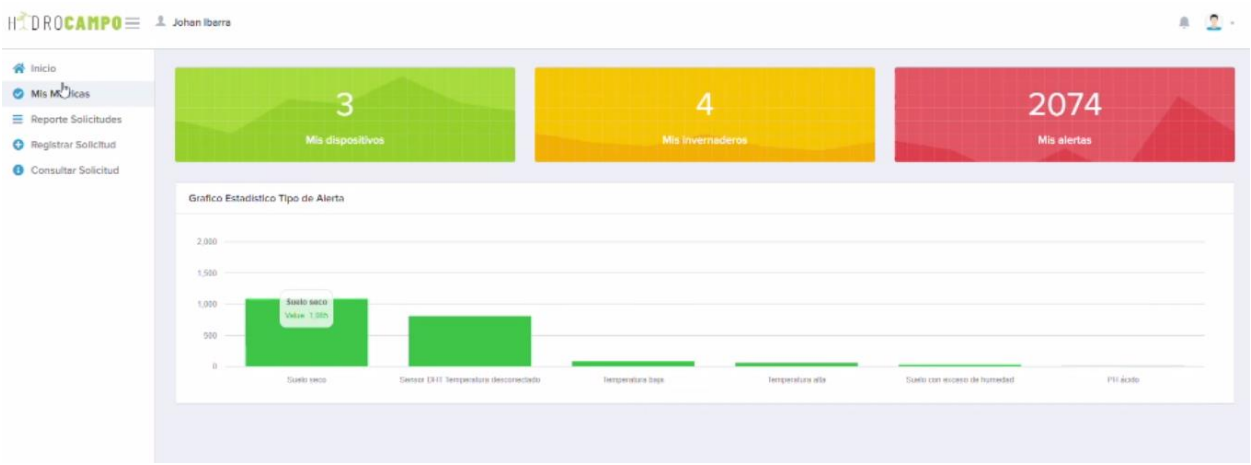


Ilustración 12 Plataforma de visualización de estadísticas e información del dispositivo físico.

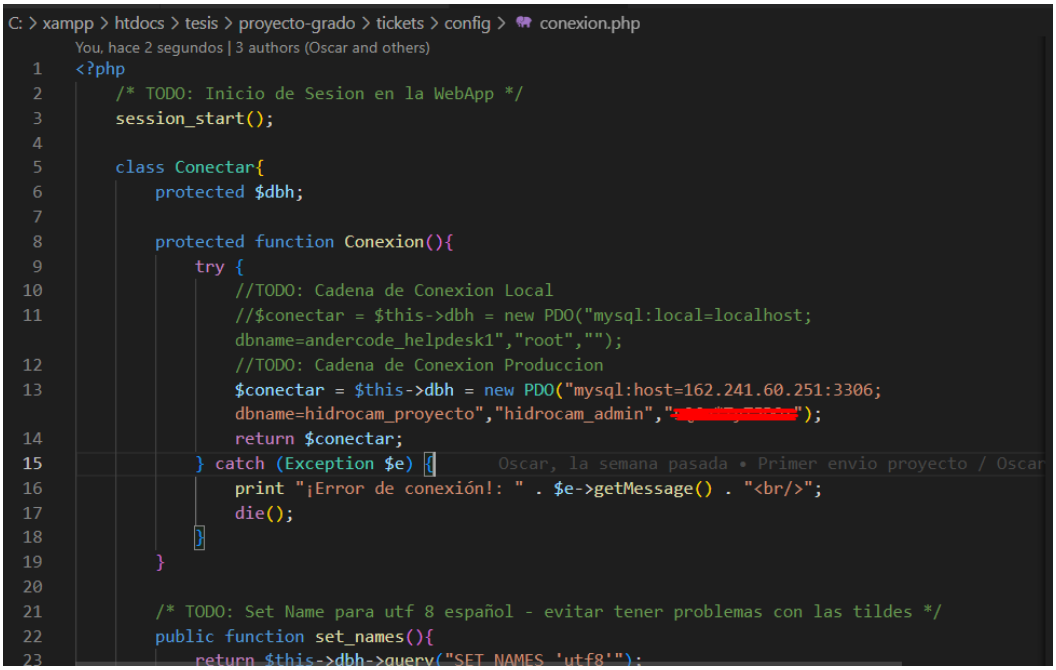


Ilustración 13 Código donde se ejecuta el crud de conexión entre la capa de acceso y la base de datos.



Ilustración 14 Código donde se ejecuta hace la validación del usuario en la base de datos.

C: > Users > oscar.arias > AppData > Local > Temp > fz3temp-4 > registro_medicion_cristian.php

```php
<?php
require_once('conexion_bd_cristian.php');
header("Access-Control-Allow-Origin: *");
header("Access-Control-Allow-Headers: Origin, X-Requested-With, Content-Type, Accept");
header("Content-type: application/json; charset=utf-8");

$info = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
//print_r($info); recibe JSon con los siguientes datos:

$id_dispositivo                 = $info['id_dispositivo'];
$val_humedad                    = $info['val_humedad'];
$val_temperatura                = $info['val_temperatura'];
$val_ph                         = $info['val_ph'];

$fecha_medicion = date('Y/m/d');
$hora_medicion = date('H:i:s') ;


$consulta_dispositivo = "SELECT * FROM  tbl_dispositivo where id_dispositivo='$id_dispositivo'";


$convertToJson = array();
$STH = $objetoPDO->prepare($consulta_dispositivo);
$STH->execute();
$result = $STH->fetchAll();

```

Ilustración 15 Código donde realiza la captura de los datos del dispositivo.

Metodología de Desarrollo

Para el desarrollo del sistema de información y control de las variables de temperatura, humedad y pH del suelo en los cultivos de rosas, se definió un enfoque metodológico basado en el trabajo colaborativo, por tal razón se implementó la metodología de desarrollo Scrum, la cual permite que los desarrolladores trabajen de forma ágil y colaborativa con el objetivo de entregar un producto de buena calidad.

Para la implementación de esta metodología primero fue necesario definir los roles del equipo de trabajo, mediante la siguiente organización:

Product Owner: Se designo un encargado para definir los requisitos y las funcionalidades del sistema.

Scrum Máster*:* Se designo un responsable para garantizar que el equipo de trabajo cumpliera con lineamiento y principios de Scrum, adicionalmente este mismo rol también tiene la tarea de gestionar el proceso de desarrollo.

Proceso de desarrollo*:* Durante el proceso de desarrollo se definieron los sprint o actividades mediante la herramienta colaborativa Trello, para cada actividad se estableció un periodo entre 1 y 4 semanas para que el desarrollador cumpliera con la entrega de las funcionalidades, esto principalmente se enfocó en aspectos como la adquisición de datos, el procesamiento de la información, la visualización de los datos entre otros.

Se agendaron reuniones de planificación y revisión de los sprint con la asistencia de todo el equipo de trabajo y product owner con el fin de identificar obstáculo y establecer objetivos y posibles mejoras en las funcionalidades del sistema de información.

Elaboración del dispositivo

Para la elaboración del dispositivo, primero se realizaron los diagramas de conexión modular, es decir que se trabajó con los tres sensores de forma independiente con el objetivo de lograr un óptimo funcionamiento y calibración de estos mismos; Para posteriormente generar una unificación en el circuito que mida las tres (3) variables al tiempo, temperatura, humedad y pH del suelo, es importante mencionar que la placa elegida para los sensores fue el ESP32 debido a que esta tiene incorporado un módulo WIFI mediante el cual se envían los datos al servidor en la nube.

Previamente se realizó una investigación acerca de los dispositivos y sensores IOT de buena calidad y que se encuentran fácilmente en el mercado, a continuación, se explicara de

forma detalla el funcionamiento y los diagramas de conexión de los sensores seleccionados para realizar las mediciones:

Sensor de temperatura DHT11: El DHT11 es un sensor que cuenta con un termistor y un sensor capacitivo de humedad los cuales le permiten realizar la medición de la temperatura y la humedad relativa del ambiente, es muy conocido en el mercado por su bajo costo.

***Funcionamiento*:** Este sensor dispone de tres pines que deben ser conectados a un microcontrolador o un circuito integrado, en este caso se utiliza la referencia de controlador EPS32

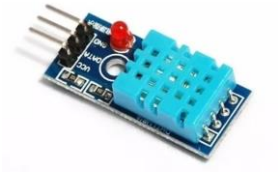


Ilustración 16 Sensor de temperatura DHT11

Los dos pines más cercanos a los bordes del sensor son los pines de alimentación (**VCC**) y tierra (**GND**).

El pin ubicado en el medio (**DATA**) se utiliza para comunicar los valores de temperatura y humedad del sensor al microcontrolador.

En el momento en que el microcontrolador envía una señal al pin de datos del sensor, el sensor responde con una señal digital que contiene la información de temperatura y humedad. Para facilitar la lectura de los datos se utilizó la librería DHT11 del repositorio en GitHub https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library

Especificaciones del sensor

Voltaje: 3.5 ~ 5 V

Medición Humedad: 20 ~ 90% HR

Medición Temperatura: 0 ~ 50 ° C

Precisión Humedad: + - 4% HR

Temperatura Precisión: + - 2 ° C

Periodo de medición: 2 s

Dimensiones: 23 x 17 x 20 mm

Peso: 2.2 g

Diagrama de Conexión

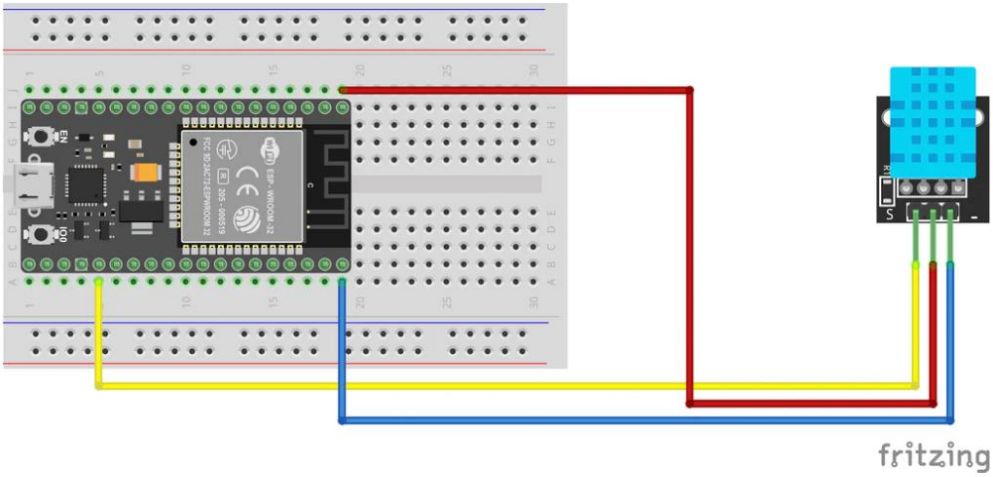


Ilustración 17 Diagrama de conexión Sensor de temperatura DHT11 con ESP32 Imagen tomada de https://fritzing.org/projects/

Sensor de humedad capacitivo

Este sensor de humedad del suelo capacitivo es de tipo analógico y mide los niveles de la humedad del suelo mediante detección capacitiva, lo que significa que la capacitancia tiene una variación dependiendo del contenido de agua presente en el suelo, en el mercado se puede encontrar sensores de humedad resistivos a bajo costo, pero la ventaja del capacitivo es que está fabricado con material resistente a la corrosión, al no tener partes metálicas en contacto directo con la humedad del terreno evita falsas mediciones y el deterioro del sensor lo cual le da una larga vida útil.



Ilustración 18 Sensor de humedad capacitivo

El pin (**VCC**) del sensor debe estar conectado al pin (**3.3V**) del EPS32,

El pin (**GND**) del sensor al pin (**GND**) del ESP32

El pin (**AOUT**) del sensor al cualquiera de los pines digitales del EPS32

Especificaciones del sensor:

Voltaje de funcionamiento: 3.3 ~ 5.5 VDC

Voltaje de salida: 0 ~ 3.0VDC

Dimensiones: 98mm * 23mm (3.86in x 0.905in)

Peso: 15g

Funcionamiento: Al momento de aplicar una corriente eléctrica alterna a los electrodos del sensor, se genera un campo eléctrico entre ellos que se ve afectado por la cantidad de agua presente en el suelo. La capacitancia del sensor cambia en función de la cantidad de humedad en el suelo, lo que a su vez afecta la frecuencia de la corriente eléctrica que circula a través del sensor. El sensor convierte estos cambios en la frecuencia de la corriente eléctrica en una señal de voltaje analógica o digital, que se puede leer con un microcontrolador o un circuito integrado.

Los sensores capacitivos disponen de un tiempo de 5 segundos que utilizan para generar una onda cuadrada, al aplicar esta onda al sensor, en contacto con la tierra, el efecto de la capacitancia registrada modifica la onda aplicada.

Cuanto mayor es la humedad del suelo, mayor es la capacidad registrada por el sensor. Por tanto, menor el voltaje proporcionado por el sensor.

Calibración: Es importante realizar una calibración del sensor en el ambiente donde se va a utilizar, aquí se tiene en cuenta los valores obtenidos cuando está sumergido en agua y cuando esta al aire.

Valores habituales son 2.3-2.5V para sensor totalmente seco (en el aire) y 1.2-1.3V para sensor totalmente húmedo (en el agua).

Diagrama de Conexión

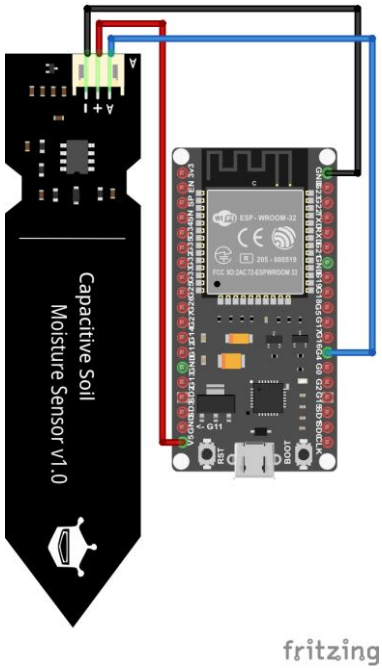


Ilustración 19 Diagrama de conexión Sensor de humedad capacitivo y EPS32 Imagen tomada de https://elosciloscopio.com/tutorial-sensor-humedad-suelo-arduino-esp8266-esp32/

Sensor detector de PH 4502c y sonda electrodo E201-BNC

Para entender el funcionamiento del sensor es importante comprender que el PH es una medida cuantitativa de acidez de soluciones acuosas o liquidas, este sensor tiene la capacidad de

comprobar la naturaleza de dichas soluciones clasificándolas en tres categorías: acidas, básicas y neutras, basándose en la concentración de iones de hidrogeno.

Este sensor tiene múltiples variedades de aplicaciones en sectores como la industria alimentaria, el procesamiento de químicos y los sistemas de riego, también puede ser utilizado para la medición del pH del suelo, para dicha medición se quiere tomar muestras del suelo y mezclarlas con agua de esta forma creando una suspensión para posteriormente determinar su nivel de acidez.

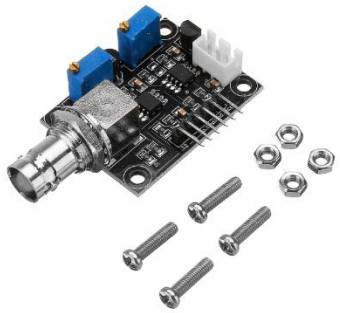


Ilustración 20 PH-4502C amplificador de señal

Especificaciones de modulo PH-4502C

Voltaje de alimentación: 5 V.

Consumo: 5-10mA

Rango de medición: 0-14 pH

Tiempo de respuesta: 5 segundos.

LED Verde: Alimentación.

LED Rojo: Límite de pH.

Conector de sonda: BNC



Ilustración 21 sonda electrodo E201-BNC

Especificaciones de la sonda

Material del electrodo: Vidrio.

Rango de medición: 0 a 14 unidades de pH.

Temperatura de operación: 0 a 60°C.

Resistencia interna: ≦ 250MΩ

Tiempo de respuesta: ≦ 1min

Conector: BNC.

Funcionamiento: El sensor de pH cuenta con una estructura en forma de barra que está fabricada en vidrio, también tiene una bombilla en la parte inferior la cual contiene el sensor, por medio de un electro de vidrio se mide la actividad de iones de hidrogeno en la solución en base de agua con la que se esté trabajando, dicha actividad o concentración se representa en valores entre 0 y 14, donde las soluciones ácidas tienen un pH más bajo, en comparación con soluciones básicas que tienen un pH más alto.

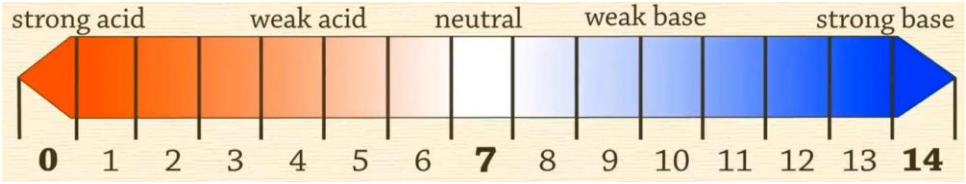


Ilustración 22 Tabla de mediciones de PH y su clasificación Imagen tomada de

https://how2electronics.com/ph-meter-using-ph-sensor-arduino-oled/#What_is_Ph

Se puede determinar que el agua pura es neutra ya que no es acida ni alcalina, esto debido que la concentración de iones de hidrógeno en este caso tiene un rango de 10−7 equivalentes a gramo por litro, lo que corresponde a un pH de 7.

Las soluciones con PH inferior a 7 se consideran ácidas, mientras que una solución con un pH superior a 7 es considerada básica.

Diagrama de conexión

Para alimentar a este sensor de PH se utilizó un dispositivo electromagnético llamado replay, mediante el cual se puede cerrar y abrir el paso de corriente, sin embargo, también se puede trabajar con una batería de 9V, a continuación, se mostrarán los diagramas de conexión y se define en detalle la función todos los pines de conexión que tiene el módulo PH-4502C:

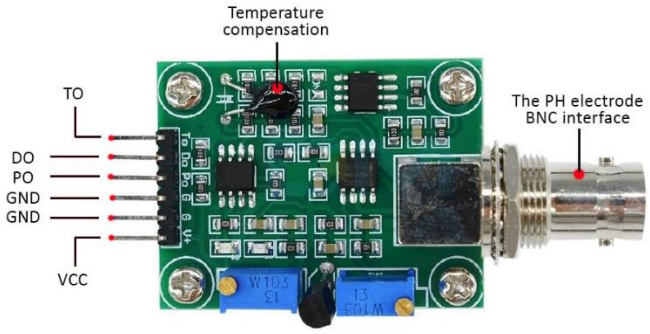


Ilustración 23 Pines del módulo PH-4502C Imagen tomada de

https://sawerssrl.freshdesk.com/support/solutions/articles/31000164678-modulo-ph-analogico-ph-4502c

V+: se conecta al pin VCC (3.3) del ESP32

GND: se conecta al pin GND (3.3) del ESP32

Po: Es la señal de salida analógica de PH y se conecta a un pin digital del EPS32, la salida del sensor tiene un rango entre 0,5 V y 3 V, por lo que el sensor se puede utilizar con pines analógicos de ESP32

Do: Hace referencia al disparador de límite de PH

To: Este módulo también cuenta con un pin de salida de temperatura, pero en este proyecto no se está utilizando.

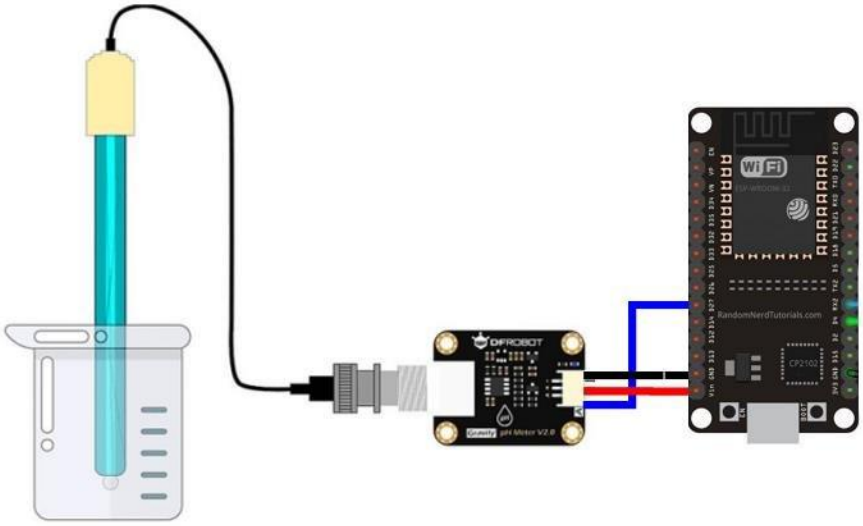


Ilustración 24 Diagrama de conexión sensor detector de PH 4502c y sonda electrodo E201-BNC Imagen tomada de https://www.researchgate.net/figure/PH-4502C-water-pH-sensor-circuit_fig2_350852826

Activadores

Los activadores en este proyecto hacen referencia a los elementos electrónicos que se utilizan para controlar ciertas acciones dentro del circuito, mediante estos es posible activar otros componentes por medio de señales analógicas o digitales, por ejemplo, un sensor es un componente que puede activar un led o una alarma dependiendo de los valores entregados. A continuación, entraremos a hablar en detalle sobre los activadores que se utilizando dentro del proyecto.

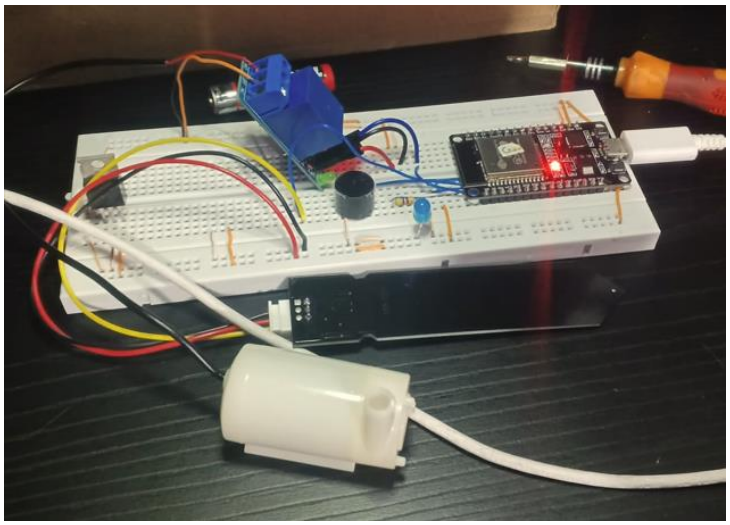


Ilustración 25Conexión de activadores

Implementación y activación de un LED

Dentro del circuito se implementó un led color azul con el objetivo de poder detectar temperaturas muy bajas y demasiado altas en los cultivos de rosas, esto es posible mediante las mediciones que proporciona el sensor de temperatura DHT11, basado en estas mediciones se tuvieron en cuenta estudios realizados y libros que hablan sobre las condiciones ambientales para el óptimo crecimiento de las rosas.

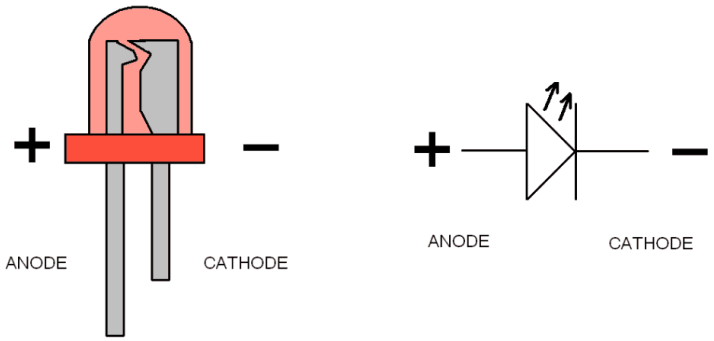


Ilustración 26Entradas de led Tomada de https://www.emanuelegenovese.it/wp-content/uploads/2018/03/LED-anatomia.png

Condiciones ambientales de temperatura

La temperatura óptima para el cuidado de los cultivos de rosas puede variar según la etapa de crecimiento de la planta y las condiciones ambientales específicas, es importante

mencionar que las rosas se desarrollan mejor en un rango de temperatura que les permite crecer y florecer de manera saludable.

Durante el período de crecimiento vegetativo, se recomienda una temperatura diurna que oscile entre los 18°C y los 25°C, con temperaturas nocturnas entre los 10°C y los 15°C. Estas condiciones proporcionan un ambiente propicio para el crecimiento saludable de las plantas de rosa, permitiendo un desarrollo óptimo de las hojas y los tallos.

Cuando hablamos del período de floración, las rosas prefieren temperaturas ligeramente más frescas, Se sugiere una temperatura diurna de alrededor de 20°C y temperaturas nocturnas que no superen los 15°C. Estas condiciones favorecen la formación de flores y promueven una mayor duración de estas.

Según el libro "El cultivo de las rosas" de Ana Cecilia Merino: "Las rosas se desarrollan mejor en temperaturas diurnas que oscilan entre los 18°C y los 25°C, y temperaturas nocturnas entre los 10°C y los 15°C. Estas condiciones proporcionan el ambiente óptimo para el crecimiento y la floración de las rosas" (Merino)

Código de Implementación

En el siguiente código se toma una lectura del valor de la temperatura entregado por el sensor DHT11, de acuerdo con esto se asignan las condiciones que activaran el led en las ocasiones cuando la temperatura sea menor a 15 y mayor 25 grados Celsius

```
if (valor_temperatura <= 15) {
  Serial.println("Temperatura muy baja !!!");
  String obj_alerta_2 = objetoAlertas(1);
  sendData(obj_alerta_2, alertas);
}
if (valor_temperatura > 15 && valor_temperatura <= 25) {
  Serial.println("Temperatura estable");
}
if (valor_temperatura > 26) {
  Serial.println("Temperatura muy Alta !!!");
  digitalWrite(pin_alarma, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(pin_alarma, LOW);

  digitalWrite(pin_led, HIGH);
  delay(3000);
  digitalWrite(pin_led, LOW);

  //Enviar alerta
  String obj_alerta_3 = objetoAlertas(2);
  sendData(obj_alerta_3, alertas);
}
```

Ilustración 27Activación del led de acuerdo con los valores entregado por el sensor DHT11

Adicionalmente se implementa un método para enviar unas alertas segundo el estado de la temperatura, mediante un servicio que interactuar con la base datos, de esta manera registrando la alerta al dispositivo con el que se está trabajando

```
String objetoAlertas(int tipo_alerta) {
  String jsonString;
  DynamicJsonDocument jsonDoc(1024);
  jsonDoc["id_dispositivo"] = cod_sensor;
  jsonDoc["tipo_alerta"] = tipo_alerta;
  serializeJson(jsonDoc, jsonString);
  return jsonString;
}
```

Ilustración 28Estructura del objeto para enviar alertas al servidor

Implementación y activación de alarma o zumbador

El zumbador es un dispositivo electrónico que produce un sonido en el momento de aplicarle una corriente eléctrica, el cual puede ser utilizado también como un activador, para este escenario lo implementamos como un mecanismo que alerte a los usuarios cuando el sensor de humedad capacitivo indique mediciones con porcentajes inferiores al 33% respecto al cultivo de las rosas.



Ilustración 29 Zumbador recuperado de https://ferretronica.com/collections/modulos/products/buzzer-activo-5v-zumbador-tipo-pito-continuo

Implementación y activación de mini bomba de agua

La mini bomba de agua es un dispositivo compacto diseñado para impulsar agua en aplicaciones de menores escala como por ejemplo en los acuarios, estas funcionan con motores eléctricos de baja potencia y son sumergibles al agua, en este proyecto se utiliza simular un sistema de riego mediante la utilización de una manguera.

La activación de la mini bomba de agua sucede en las ocasiones cuando la humedad del suelo se encuentra por debajo del 33% basado en la medición del sensor capacitivo, el tiempo establecido para la activación dependerá del cultivo de rosas o escenario de prueba, al igual que contenedor del agua donde estará ubicada.

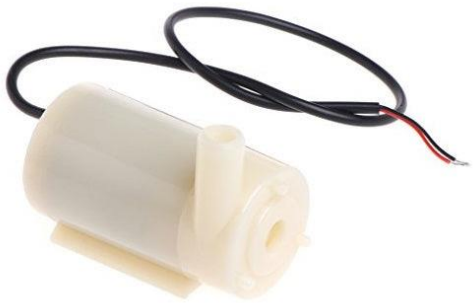


Ilustración 30 Mini bomba de agua recuperado de https://ferretronica.com/products/mini-bomba-de-agua-sumergible-5vdc?variant=12153111150685&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=qs-2021-10-19&utm_source=google&utm_medium=smart_campaign&gclid=CjwKCAjwx_eiBhBGEiwA15gLN4HEnVRZUCXj53LV8IsAY36zzCf2xiikEHWbt7s_37UBMcL6MrBJZBoCKI8QAvD_BwE

Condiciones ambientales de humedad

Las rosas requieren un ambiente con una humedad relativa moderada, se recomienda mantener una humedad relativa del 40% al 60% para promover un crecimiento saludable de las plantas y minimizar el riesgo de enfermedades fúngicas. Un ambiente demasiado seco puede causar estrés hídrico y deshidratación en las plantas de rosa, mientras que un ambiente excesivamente húmedo puede favorecer el desarrollo de enfermedades como el mildiu o el oídio.

Además de la humedad relativa del aire, la humedad del suelo también es un factor crucial para el cuidado de los cultivos de rosas. Las rosas requieren un suministro adecuado de agua en el suelo para mantener su crecimiento y floración. Sin embargo, un exceso de humedad en el suelo puede provocar problemas como la pudrición de las raíces y la falta de oxígeno, lo que puede afectar negativamente la salud de las plantas.

El porcentaje de humedad óptimo para el cultivo de rosas puede variar dependiendo de diversos factores, como la etapa de crecimiento de la planta y las condiciones ambientales específicas. Según el libro "El cultivo de las rosas" de Ana Cecilia Merino, el rango de humedad

relativa recomendado para el cultivo de rosas es generalmente entre el 40% y el 60% (Merino, año, página).

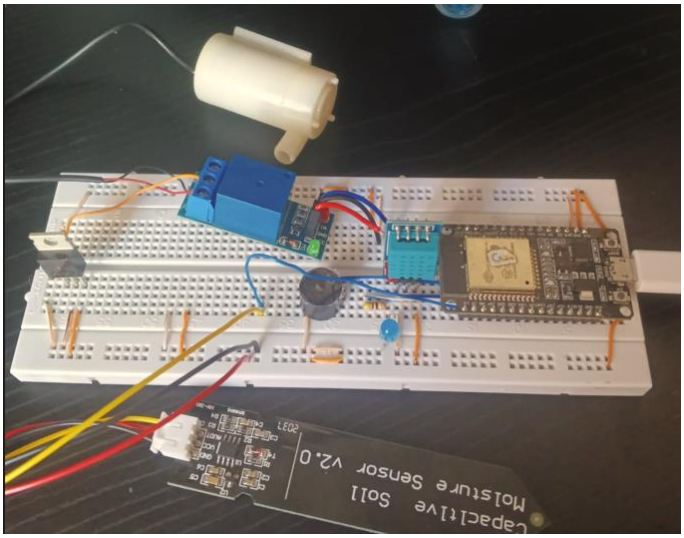


Ilustración 31Conexión de sensor de humedad y mini bomba de agua

Código de implementación

En el siguiente código se toma una lectura del valor de la humedad entregado por el sensor Capacitivo, de acuerdo con esto se asignan las condiciones que activaran la mini bomba y zumbador, en las ocasiones cuando el porcentaje de humedad sea menor al 33%.

```
int obtenerHumedad() {
  const int Valor_Sensor_Aire = 3093;  // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor al aire
  const int Valor_Sensor_Agua = 1850;  // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor sumergido en agua
  int valor_sensor = 0;                // Variable que almacena el valor de salida del sensor de humedad capacitivo
  int porcentaje = 0;                  // Variable que almacena el porcentaje de humedad relativa del terreno
  valor_sensor = analogRead(PIN_HUMEDAD);
  //Serial.println(valor_sensor);

  porcentaje = map(valor_sensor, Valor_Sensor_Agua, Valor_Sensor_Aire, 100, 0);

  if (porcentaje < 0) porcentaje = 0;      // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor
  if (porcentaje > 100) porcentaje = 100;  // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor

  if (porcentaje <= 33) {
    Serial.println("Suelo seco !!!");
    //Enviar alerta
    String obj_alerta = objetoAlertas(3);
    sendData(obj_alerta, alertas);

    digitalWrite(pin_motobomba, 0);
    delay(3000);
    digitalWrite(pin_motobomba, 1);
  }
  if (porcentaje > 33 && porcentaje <= 66) {
    Serial.println("Suelo humedo !!!");
  }
  if (porcentaje > 66) {
    Serial.println("Suelo con exceso de humedad !!!");
    //Enviar alerta
    String obj_alerta = objetoAlertas(4);
    sendData(obj_alerta, alertas);
  }
  return porcentaje;
}
```

Adicionalmente se implementa un método para enviar unas alertas relacionadas con la humedad del suelo, esto se hace mediante un servicio web que interactuar con la base datos y registra la alerta asociándola al dispositivo con el que se está trabajando.

Condiciones ambientales para el PH del suelo

El PH del suelo tiende a variar según la ubicación geográfica y el tipo del suelo, por lo que previamente es necesario realizar estudio del suelo antes de iniciar con la plantación de cultivos, basado en lo anterior y de acuerdo con la información recolectada podemos ajustar o calibrar el sensor del PH.

Es importante mencionar que para este proyecto se implementó un sensor de la referencia PH-4502C el cual dispone de una sonda para la tomar las mediciones, para capturar el valor del pH del suelo en este tipo de sensores es necesario una muestra del suelo para obtener la medición.

El pH óptimo del suelo para los cultivos de rosas suele encontrarse en un rango ligeramente ácido a neutro. Según el Manual de Producción de Rosas del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina, el rango recomendado de pH para los cultivos de rosas está entre 6.0 y 6.5 (INTA, s.f.).

Otra fuente de referencia útil es el libro "Cultivo de Rosas" de Marcelo Vallone y Ernesto Manchado, publicado por la Editorial hemisferio sur en 2004. En este libro, los autores mencionan que el pH óptimo del suelo para las rosas está entre 6.0 y 6.5, aunque las rosas también pueden tolerar un pH ligeramente más ácido o alcalino en el rango de 5.5 a 7.0 (Vallone y Manchado, 2004).

Código de implementación

En el siguiente código se toma una lectura del valor del PH del suelo entregado por el sensor y la sonda, de acuerdo con esta medición se envía una alerta cuando los valores está por debajo del rango 6 a 8 considerando que por debajo de 6 el suelo tiene un PH Acido y por encima de 8 se clasifica como básico.

```
int obtenerPH() {
  Value = analogRead(potPin);
  Serial.print(Value);
  Serial.print(" | ");
  float voltage = Value * (3.3 / 4095.0);
  ph = (3.3 * voltage);
  Serial.println(ph);

  if (ph <= 6) {
    Serial.println("PH acido !!!");
    //Enviar alerta
    String obj_alerta = objetoAlertas(3);
    sendData(obj_alerta, alertas);
  }
  if (porcentaje > 6 && porcentaje <= 8) {
    Serial.println("PH neutro !!!");
  }
  if (porcentaje > 9) {
    Serial.println("PH Basico !!!");
  }

  return ph;
}
```

Ilustración 32 método para capturar los valores del pH del suelo

Programación del ESP 32 y configuración de sensores

Para realizar la conexión y funcionamiento de los sensores fue necesario incluir librerías como la de temperatura DHT11, Arduino Json y WIFI, también se definen una serie de variables para capturar los datos de las mediciones, todo esto con el fin de lograr él envió de los datos al servidor mediante un servicio web realizado en PHP.

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <DHT.h>  //https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library
#include <ArduinoJson.h>

//Sensor Temperatura
#define DHTPIN 32      // Digital pin connected to the DHT sensor
#define DHTTYPE DHT11  // DHT 11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);  //Inicializar el sensor DHT

//Sensor PH
const int potPin=34;
float ph;
float Value=0;

//Servidor
String serverUrl = "http://hidrocampo.co";
int serverPort = 80;

//Variables para configuración del WIFI
WiFiClient client;
const char* ssid = "CLARO_WIFI23";     // your network SSID (name)
const char* password = "CLAROI02996";  // your network password

//Obtener dirección MAC
uint64_t uid;
String dirMac="";
```

Ilustración 33 librerías y variables cargadas en el controlador ESP32

Como se mencionaba anteriormente el controlador tiene un módulo Wifi mediante el cual el dispositivo se conectará a la red que disponga el usuario.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();

  // Obtener el UID del ESP32
  uid = ESP.getEfuseMac();

  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando a WiFi...");
  }
  Serial.println("Conexión WiFi establecida.");
  Serial.println("Dirección IP: " + WiFi.localIP().toString());
  Serial.printf("UID del ESP32: %016llx\n", uid);

  String dirMac = obtenerMAC();
  Serial.println("Dirección MAC =" + dirMac);
}
```

Ilustración 34 Método setup y configuración de la conexión Wifi

La función del método **loop** se encarga de llamar los métodos que retornan los valores de medición de la humedad, temperatura y pH en determinada frecuencia, al ser un bucle se puede establecer el tiempo deseado mediante la función **delay()**

```
void loop() {
    int temperatura = obtenerTemperatura();
    Serial.print("Temperatura en Celsius = ");
    Serial.print(temperatura);
    Serial.println(" ");

    //String temperaturaStr = String(temperatura, 2);
    //Serial.println(temperaturaStr);  // Convertir la temperatura en una cadena de texto con 2 decimales
    //enviarDatos(temperaturaStr);


    int humedad = obtenerHumedad();
    Serial.print("Humedad = ");
    Serial.print(humedad);
    Serial.println(" ");

    // Crear el objeto JSON con los datos a enviar
    DynamicJsonDocument jsonDoc(1024);  // Tamaño máximo del JSON
    jsonDoc["id_dispositivo"] = "DHTP_001";
    jsonDoc["val_humedad"] = humedad;
    jsonDoc["val_temperatura"] = temperatura;
    jsonDoc["val_ph"] = 50;
    //jsonDoc["humedad"] = humedad;
    String jsonString;
    serializeJson(jsonDoc, jsonString);  // Serializar el objeto JSON a una cadena de caracteres
    Serial.println(jsonString);

    sendData(jsonString);

    delay(15000);
}
```

Ilustración 35 configuración del método loop cargado en el controlador EPS32

Código para la captura de datos de los sensores

```
int obtenerTemperatura() {
  float h = dht.readHumidity();
  // Leer temperatura ºC
  float t = dht.readTemperature();
  // si se le pasa a la funcion el parametro true obtenemos la temperatura en ºF
  float f = dht.readTemperature(true);

  // Comprobar si alguna lectura falló y salir antes (para volver a intentarlo)
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return 0;
  }

  // Compute heat index in Fahrenheit (the default)
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  // Compute heat index in Celsius (isFahreheit = false)
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

  return t;
}
```

Ilustración 36 figura método que realiza la captura de la medición de temperatura

```
int obtenerHumedad(){
  const int Valor_Sensor_Aire = 3120; // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor al aire //566 con arduino UNO
  const int Valor_Sensor_Agua = 1955; // Valor calculado con el programa de calibración con el sensor sumergido en agua //331 con arduino UNO
  int valor_sensor = 0; // Variable que almacena el valor de salida del sensor de humedad capacitivo
  int porcentaje = 0; // Variable que almacena el porcentaje de humedad relativa del terreno
  valor_sensor = analogRead(34);
  Serial.println(valor_sensor);

  porcentaje = map(valor_sensor, Valor_Sensor_Agua, Valor_Sensor_Aire, 100, 0);

  if(porcentaje < 0) porcentaje = 0; // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor

  if(porcentaje > 100) porcentaje = 100; // Evita porcentajes negativos en la medida del sensor

  // Se presenta el porcentaje a través del monitor serie
  Serial.print("HUMEDAD: ");
  Serial.print(porcentaje);
  Serial.println("% HR");

  // Se presentan los mensajes, a través del monitor serie, dependiendo del porcentaje de humedad relativa
  if(porcentaje <= 33)
  {
    Serial.println("Suelo seco !!!");
  }

  if(porcentaje > 33 && porcentaje <= 66)
  {
    Serial.println("Suelo humedo !!!");
  }

  if(porcentaje > 66)
  {
    Serial.println("Suelo con exceso de humedad !!!");
  }
```

Ilustración 37 método que realiza la captura de la medición de humedad

```
void obtenerPH(){
  /***** con ESP32 *******/
  pinMode(potPin,INPUT);
  Value= analogRead(potPin);
  Serial.print(Value);
  Serial.print(" | ");
  float voltage=Value*(3.3/4095.0);
  ph=(3.3*voltage);
  Serial.println(ph);
  //delay(500);
}
```

Ilustración 38 método que realiza la captura de la medición del PH del suelo

El método **sendData** se encarga de armar una petición de tipo Post junto con los datos de las mediciones de los sensores, posteriormente a través de un servicio web se envían los datos al servidor donde se realiza el registro en la base de datos

```
void sendData(String jsonString) {
  // Crear la instancia de HTTPClient
  HTTPClient http;
  // Crear la URL de la petición POST
  String url = serverUrl + "/registro_medicion_cristian.php";
  Serial.println(serverUrl);  // Enviar la petición POST y obtener la respuesta
  // Configurar la petición POST
  http.begin(url);                                                  // Especificar la URL del servidor
  http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");  // Especificar el tipo de contenido
  int httpResponseCode = http.POST(jsonString);                    // Crear el contenido de la petición POST

  //Serial.println("Dirección IP: " + WiFi.localIP().toString());  // Enviar la petición POST y obtener la respuesta

  // Verificar la respuesta del servidor
  if (httpResponseCode > 0) {
    Serial.print("Respuesta del servidor: ");
    Serial.println(http.getString());
  } else {
    Serial.print("Error en la petición POST. Código de error: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
  }
  // Cerrar la conexión
  http.end();
}
```

Ilustración 39 Método que envía la información de las mediciones a la base de datos mediante un servicio web

Nota: es probable que el código establecido en las figuras anteriores tenga modificaciones con el objetivo de mejorar el rendimiento y tiempos de respuesta en la medición de los sensores,

también puede tener variación en la medida en que se vaya incorporando actuadores como leds, alarmas, bombillos y sistema de riegos por goteo por medio de motobomba de agua.

Conexión a la base de datos

La conexión a la base de datos se realizó mediante el CPanel del servicio de alojamiento web compartido en la nube, para este proyecto se realizó la implementación con HostGator, basándose en el modelo relacional planteado inicialmente para la operación del sistema de información.

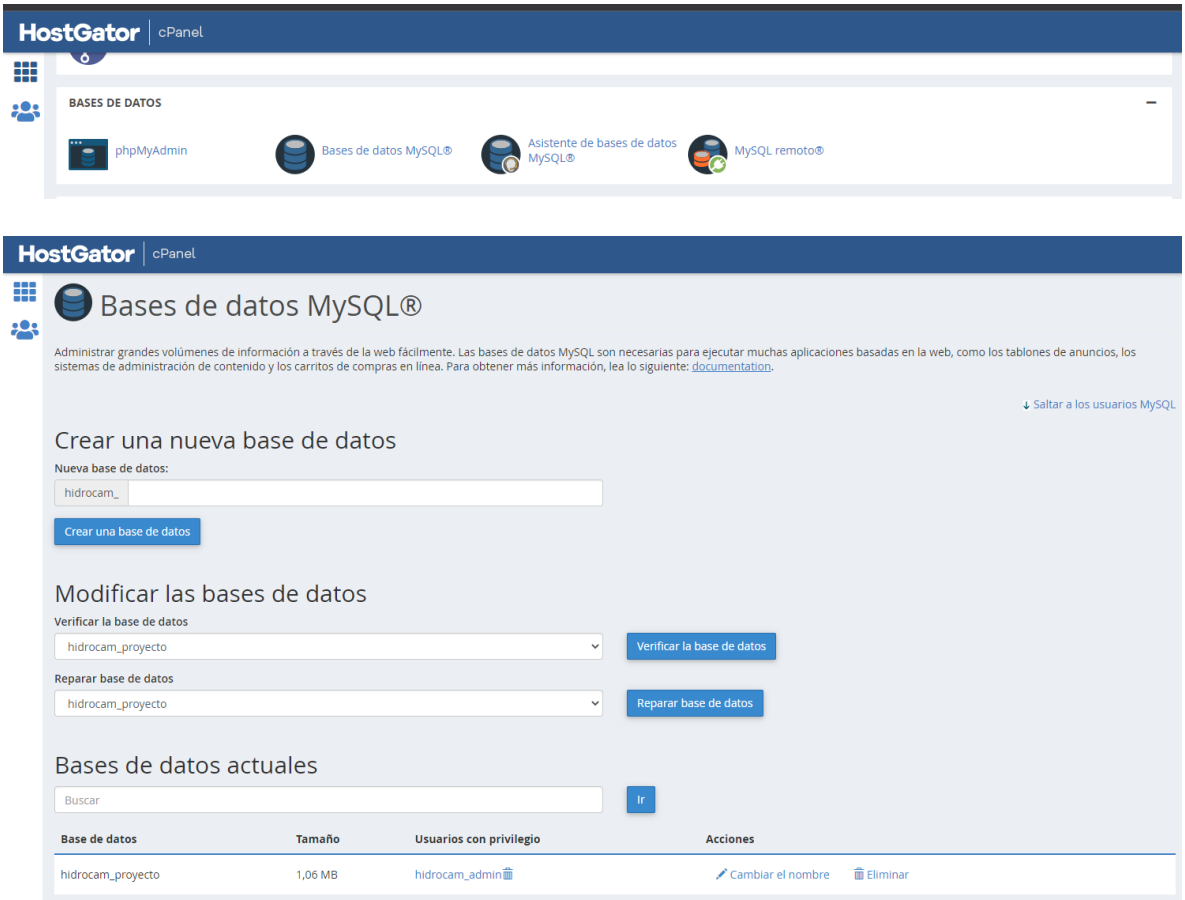


Ilustración 40 conexión a la base de datos en el CPanel

Envió de datos por servicio PHP al servidor y base de datos

Existen varias formas de enviar los datos a un servidor, en algunos casos se realiza una conexión directa entre el controlador y un servidor MySQL mediante el protocolo MYSQL, sin

embargo, esta opción no es recomendable ya que requiere bibliotecas y otorgar permisos de acceso remoto a las cuentas de usuarios, tomando en cuenta las buenas practica de seguridad esto no es recomendable ya que otorgar permisos ilimitados a las cuentas representa un riesgo.

La opción recomendada para la conexión al servidor fue la forma indirecta, ya que al interactuar con MYSQL a través de HTTP/ HTTPS se solucionan los inconvenientes que se tienen con la forma directa, además los usuarios se gestionan desde el servidor de una forma segura, adicionalmente los datos son procesados mediante un script lo cual evita que el controlador EPS32 se quede sin memoria.

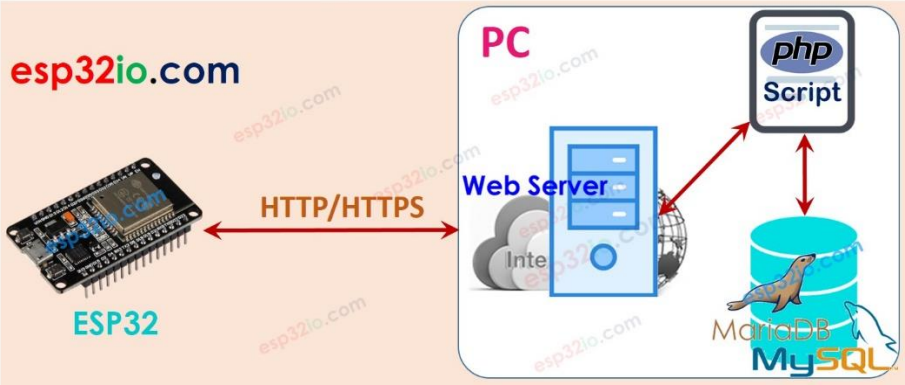


Ilustración 41 Diagrama de comunicación del controlador EPS32 con el servicio web que registra las mediciones obtenidas por los sensores. Imagen tomada de https://esp32io.com/tutorials/esp32-mysql

A continuación, se explica el funcionamiento y las fases del proceso de conexión entre controlador y servidor:

- El controlador EPS32 previamente debe tener configurada la conexión a una red wifi, posteriormente se capturan los datos de las mediciones y mediante una solicitud HTTP/ HTTPS se envía una solicitud al servidor.
- El servidor web ejecuta el siguiente script en PHP que gestiona la solicitud del controlador EPS32:

```php
<?php
require_once('conexion_bd_cristian.php');
header("Access-Control-Allow-Origin: *");
header("Access-Control-Allow-Headers: Origin, X-Requested-With, Content-Type, Accept");
header("Content-type: application/json; charset=utf-8");

$info = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
//print_r($info); recibe JSon con los siguientes datos:

$id_dispositivo                 = $info['id_dispositivo'];
$val_humedad                    = $info['val_humedad'];
$val_temperatura                = $info['val_temperatura'];
$val_ph                         = $info['val_ph'];

$fecha_medicion = date('Y/m/d');
$hora_medicion = date('H:i:s') ;


$consulta_dispositivo = "SELECT * FROM  tbl_dispositivo where id_dispositivo='$id_dispositivo'";


$convertToJson = array();
$STH = $objetoPDO->prepare($consulta_dispositivo);
$STH->execute();
$result = $STH->fetchAll();

if($id_dispositivo==NULL or $id_dispositivo==""){
    $datos = array('respuesta' => 'se debe indicar un dispositivo, vuelva a intentarlo.');
    }else if ($objetoPDO->query($consulta_dispositivo)){
        foreach($result as $row) {
            $busqueda=$row['id_dispositivo'];
            if($busqueda==$id_dispositivo){
                $Resultado=1;
            }
        }
        if($Resultado==1){

            $sql="INSERT INTO `tbl_medicion`( `fecha_medicion`, `hora_medicion`, `val_humedad`, `val_temperatura`, `val_ph`, `id_dispositivo`)
                                        VALUES ('$fecha_medicion','$hora_medicion','$val_humedad','$val_temperatura','$val_ph','$id_dispositivo');";


            if ($objetoPDO->query($sql)) {

            $datos = array('respuesta' => 'Medición registrada correctamente.');

            } else {
                //echo $sql;
                $datos = array('respuesta' => 'Error al insertar registro.');
```

- El script PHP extrae los datos de la solicitud HTTP/ HTTPS enviada desde el controlador, luego de esto procesa los datos de la medición de los sensores y finalmente interactúa con la base de datos.
- Una vez el script interactúe con la base de datos devuelve un resultado al controlador EPS32 a través de la respuesta HTTP/ HTTPS.

Implementación del sistema de monitoreo

Para la implementación del sistema de monitoreo se definió que la visualización de los datos relacionados con las variables de humedad, temperatura y pH del suelo, se realizaran por medio de la integración de gráficos en Power BI dentro de la interfaz de usuario, el objetivo de implementar un tablero de control o dashboard, es que el usuario pueda monitorear el estado de sus cultivos por medio de la plataforma web, también se planteó un sistema de alerta basado en

la mediciones de los sensores donde el usuario pueda consultar y estar al tanto de que está pasando con sus cultivos de rosas y de esta manera automatizar tareas como por ejemplo un sistema de riego.

Conexión de datos con Power BI

Previamente se creó una cuenta para poder descargar el software y conectar los datos con el servidor, en este punto se realizó la importación de la base de datos MySQL y se seleccionó la tabla que contiene las mediciones de los dispositivos:

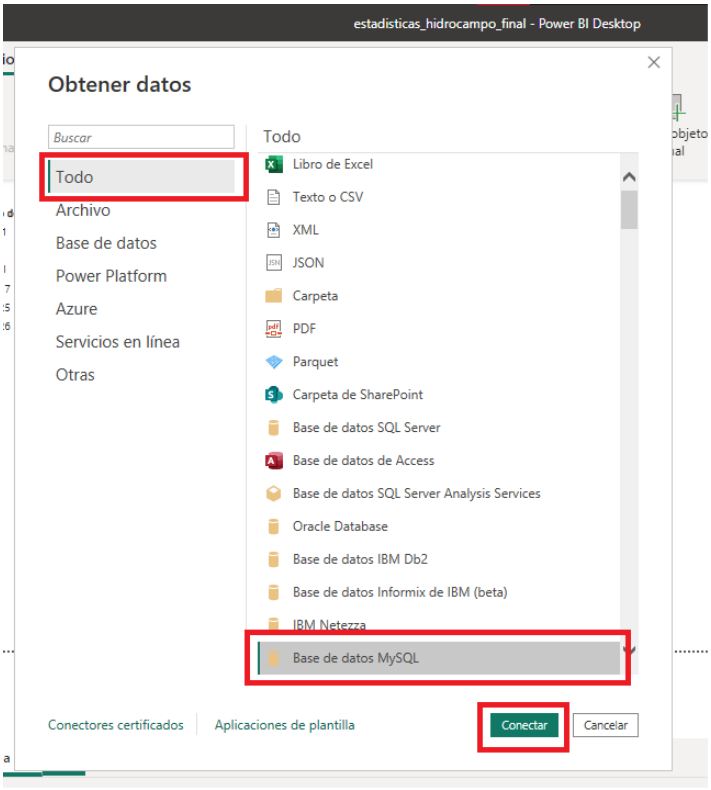


Ilustración 42 importación de datos por medio de base de datos MYSQL



Ilustración 43 Campos para establecer la comunicación la base de datos

Implementación del prototipo

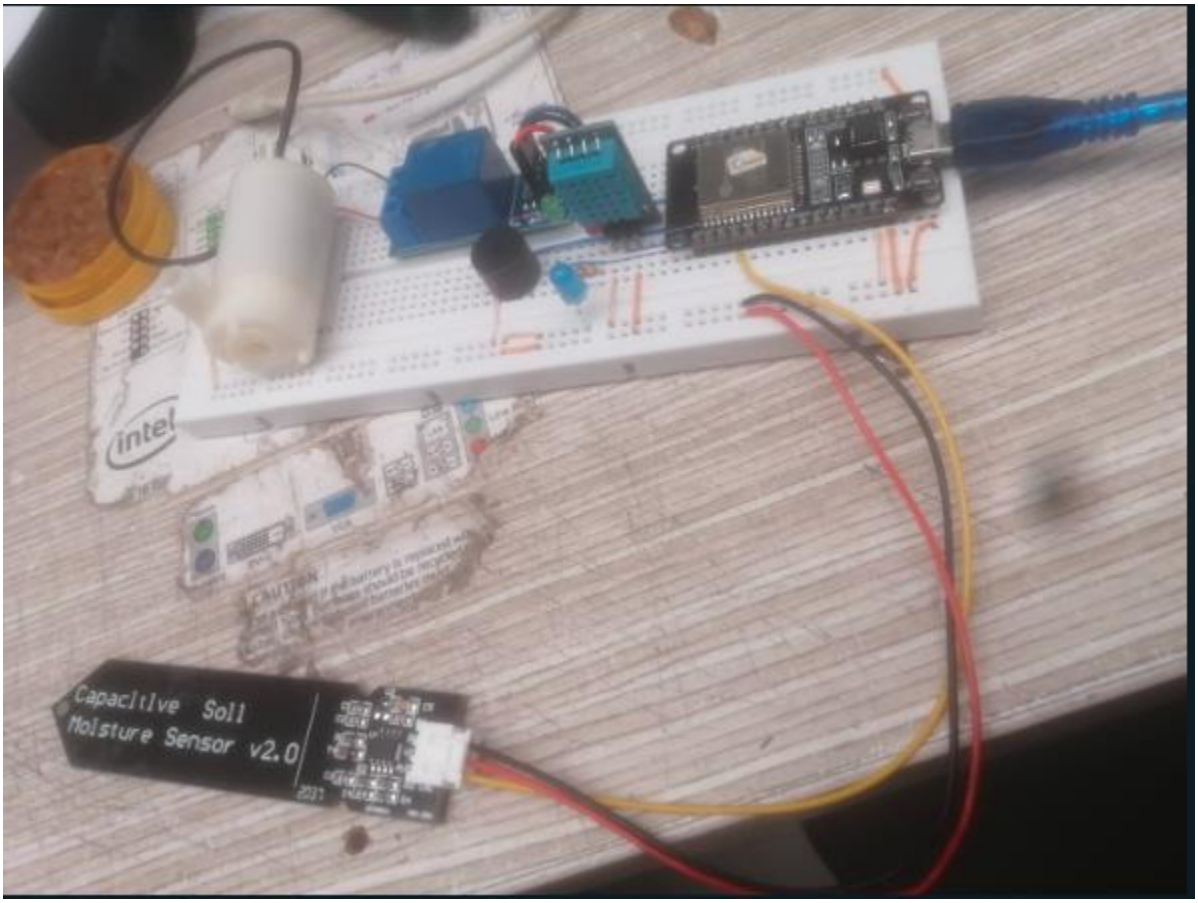


Ilustración 44 implementación del prototipo

Creación del panel para visualización de las graficas

En Power BI se pueden crear paneles que contienen gráficas y visualizaciones, personalizadas que se adapten de acuerdo con las características específicas de cada usuario de acuerdo con sus necesidades.

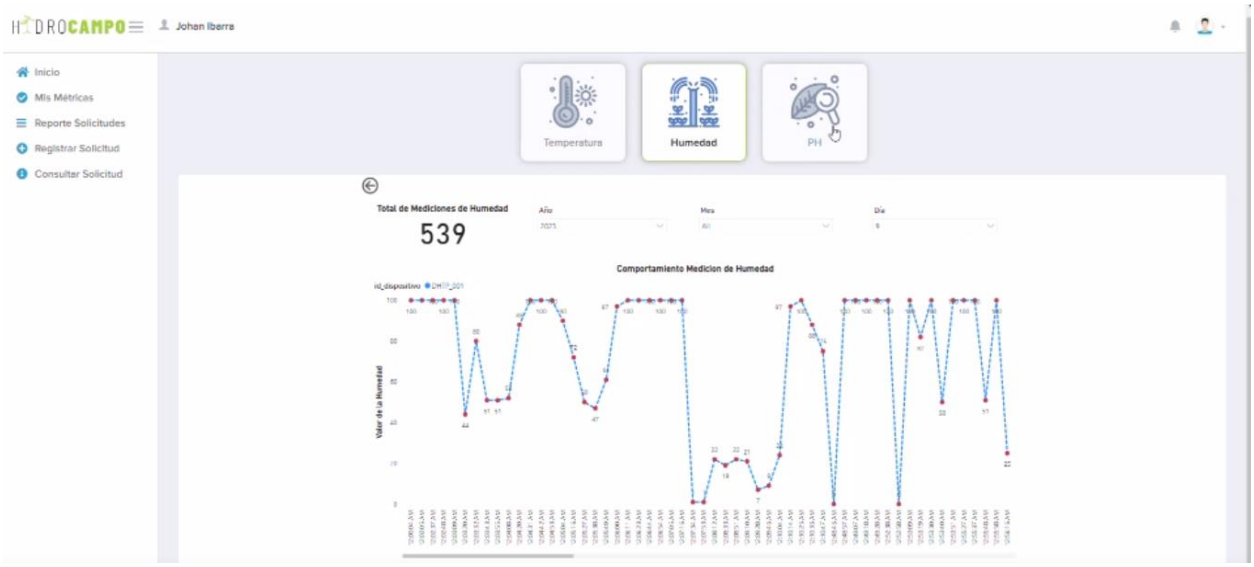


Ilustración 45 Ejemplo de visualización de datos relacionados con la medición del porcentaje de humedad

Publicación del panel en la plataforma web

Se realiza mediante un enlace que es incrustando en la plataforma web específicamente en el tablero de control visible para el usuario final.

Respecto al monitoreo de los datos, estos se pueden monitorear gracias a que Power BI permite actualizar los datos automáticamente, para que el usuario siempre tenga la información de los sensores actualizada.

Servicio web para el registro de alertas desde el dispositivo o controlador EPS32

Este servicio tiene como función capturar alertas de acuerdo con las mediciones de los sensores y posteriormente enviarlas a una tabla de la base de datos, a partir de estos se realiza

una consultar de alertas por dispositivo para presentarlas de manera gráfica en una interfaz que el usuario pueda visualizar desde el frontend.

```php
<?php
require_once('conexion_bd_cristian.php');
header("Access-Control-Allow-Origin: *");
header("Access-Control-Allow-Headers: Origin, X-Requested-With, Content-Type, Accept");
header("Content-type: application/json; charset=utf-8");

$info = json_decode(file_get_contents('php://input'), true);
//print_r($info); recibe JSon con los siguientes datos:

$id_dispositivo                 = $info['id_dispositivo'];
$tipo_alerta                    = $info['tipo_alerta'];

$fecha_alerta = date('Y/m/d');
$hora_alerta = date('H:i:s') ;

$consulta_dispositivo = "SELECT * FROM  tbl_dispositivo where id_dispositivo='$id_dispositivo'";

$convertToJson = array();
$STH = $objetoPDO->prepare($consulta_dispositivo);
$STH->execute();
$result = $STH->fetchAll();

if($id_dispositivo==NULL or $id_dispositivo==""){
    $datos = array('respuesta' => 'se debe indicar un dispositivo, vuelva a intentarlo.');
    }else if ($objetoPDO->query($consulta_dispositivo)){
        foreach($result as $row) {
            $busqueda=$row['id_dispositivo'];
            if($busqueda==$id_dispositivo){
                $Resultado=1;
            }
        }
        if($Resultado==1){

            $sql="INSERT INTO `tbl_alertas`( `id_alerta`, `tipo_alerta`, `id_dispositivo`, `fecha_alerta`, `hora_alerta`)
                                            VALUES ('NULL','$tipo_alerta','$id_dispositivo','$fecha_alerta','$hora_alerta');";
            if ($objetoPDO->query($sql)) {

            $datos = array('respuesta' => 'Alerta registrada correctamente.');

            } else {
                echo $sql;
                $datos = array('respuesta' => 'Error al insertar registro.');
            }
        }
        if ($Resultado!=1){
            $datos = array('respuesta' => 'El dispositivo '.$id_dispositivo.', no se encuentra registrado en la base de datos.');
        }
    }else{
```

Ilustración 46 Servicio web que registra las alertas en la base de datos

Requisitos Mínimos

Integración de sensores y sistema de transmisión: Se debe hacer la respectiva integración de los sensores de humedad, temperatura y pH y establecer un sistema de transmisión que permita enviar los datos recopilados a la nube.

Elaboración del dispositivo: Se debe realizar la elaboración un dispositivo que sea capaz de recopilar los datos de la humedad, temperatura y pH del suelo en los cultivos de rosas.

Infraestructura de la nube: Se debe establecer una infraestructura de la nube que permita almacenar y procesar los datos enviados por el dispositivo.

Desarrollo de la interfaz de usuario: Se debe desarrollar una interfaz de usuario amigable que permita visualizar los datos recopilados y procesados en la nube de manera clara y sencilla.

Seguridad y privacidad: Se deben implementar medidas de seguridad y privacidad para proteger los datos recopilados y almacenados en la nube, evitando cualquier acceso no autorizado a la información.

Conclusiones

El proyecto actual se enfocó hacia la implementación de una plataforma capaz de integrar las mediciones de un dispositivo para la medición de humedad, temperatura y pH, el cual se puede convertir en una herramienta clave para el cuidado de los cultivos de rosas.

Generando las pruebas correspondientes se evidencio que los sensores son altamente precisos en los valores de pH, humedad y temperatura del suelo, lo cual permitió que el tratamiento de los datos obtenidos se pudiera tratar de forma gráfica y constante.

En términos gráficos logrando una conexión con el programa Power BI, es notable con el tratamiento de los datos para crear gráficos, son de suma importancia para mejorar la producción dentro de los cultivos evitando perdidas.

Como beneficios podemos resaltar que este proyecto proporciona una herramienta invaluable para los productores de rosas, ya que les permite monitorear en tiempo real las condiciones del suelo y tomar acciones preventivas o correctivas de manera oportuna. Además,

contribuye a la optimización del uso de recursos como el agua y los fertilizantes, al adaptar su aplicación a las necesidades específicas del suelo.

Manual de Usuario

Ingresar a la página web principal http://hidrocampo.co/

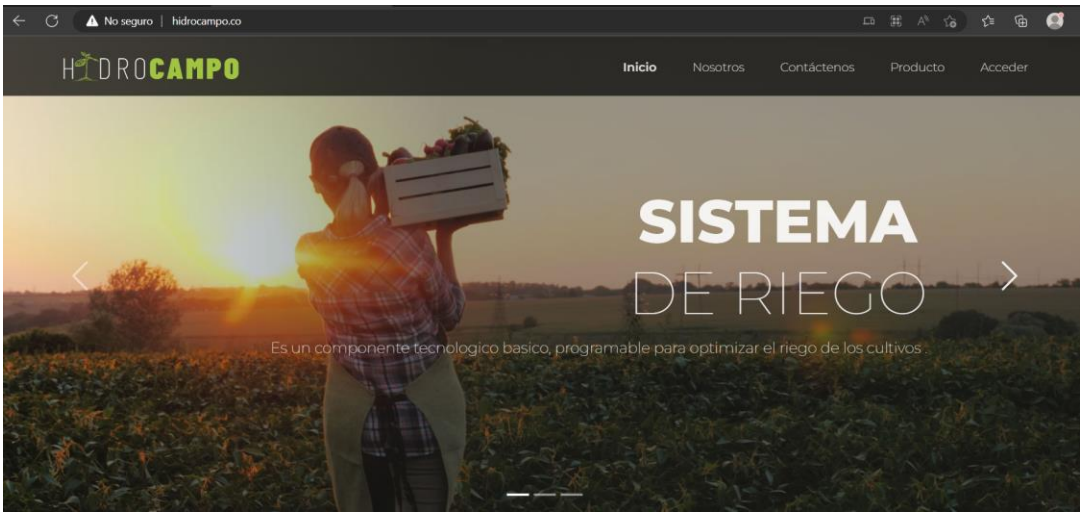


Ilustración 47 Frontend hidrocampo

Para Ingresar al sistema de información dar clic en la opción “Acceder”



Ilustración 48 Barra usuario Frontend

Posteriormente debe ingresar el correo electrónico y las credenciales proporcionadas al obtener su dispositivo de medición

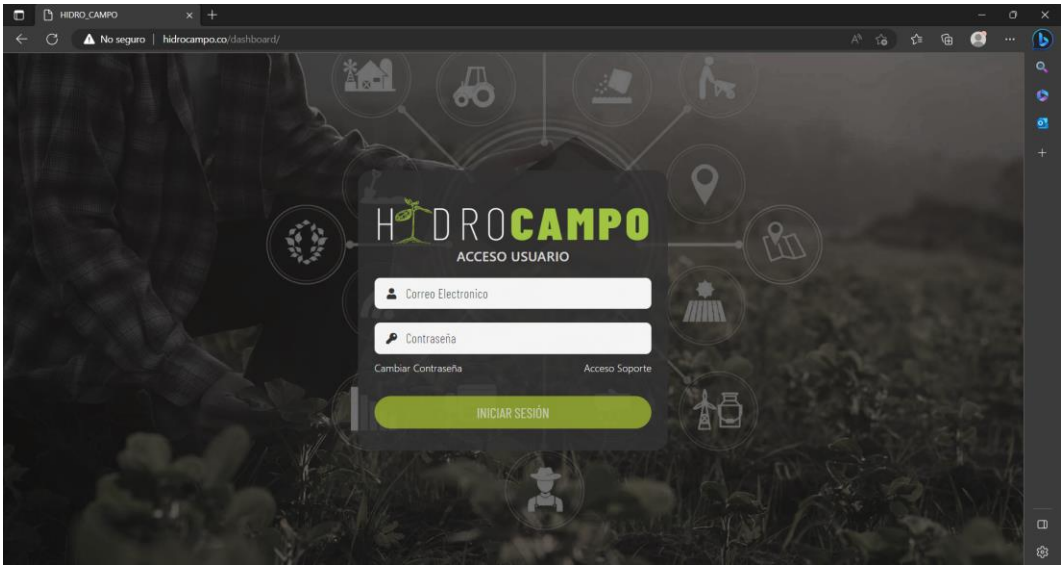


Ilustración 49 Login a dashboard

Se abre el panel de navegación principal donde podrá visualizar estadísticas relacionadas con sus invernaderos y dispositivos de medición, desde aquí también puede acceder a las métricas y funcionalidades de registro y consulta de solicitudes

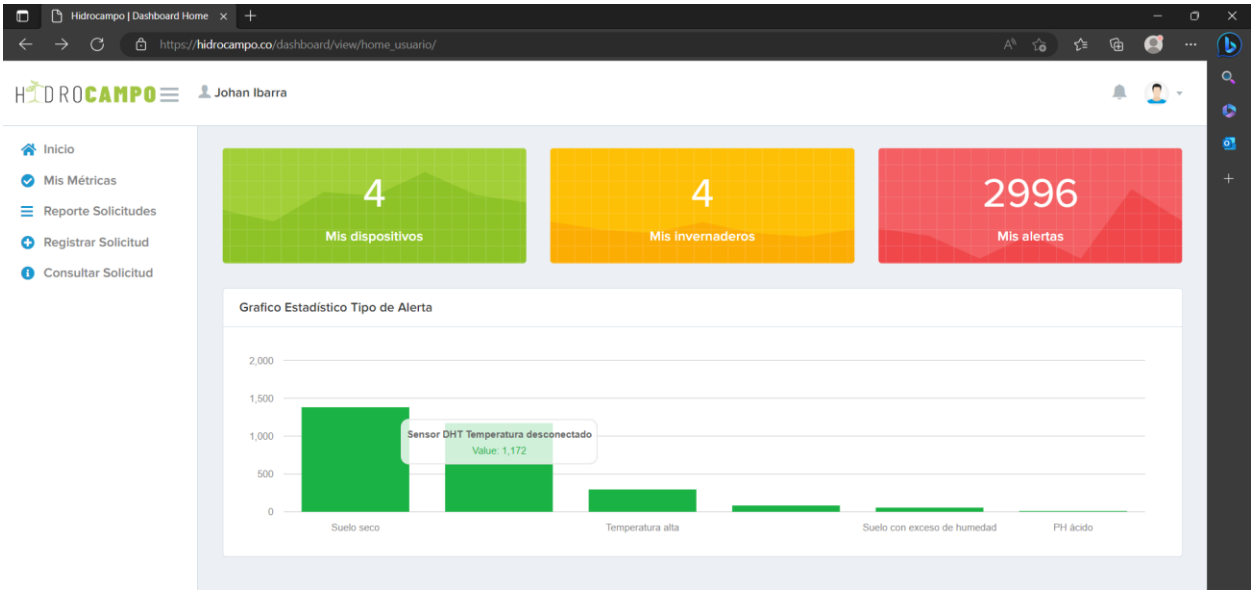


Ilustración 50 Vista graficas

Acceso a mis métricas.

En este módulo podrá navegar entre los botones situados en la parte superior, los cuales le permiten acceder a las estadísticas en tiempo real de la temperatura, humedad y pH del suelo, dependiendo de la ubicación geográfica del dispositivo de medición.

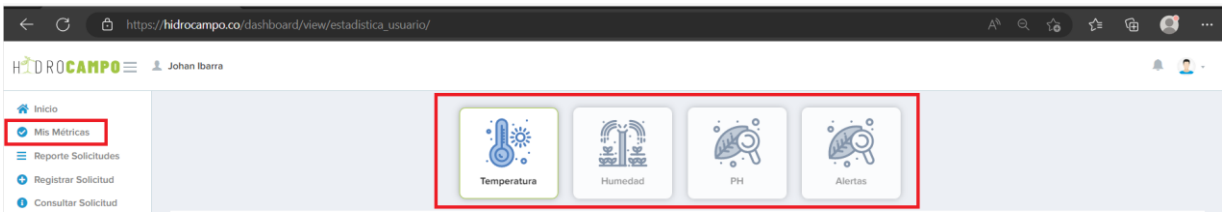


Ilustración 51 opciones de métricas usuario

Estadísticas de temperatura

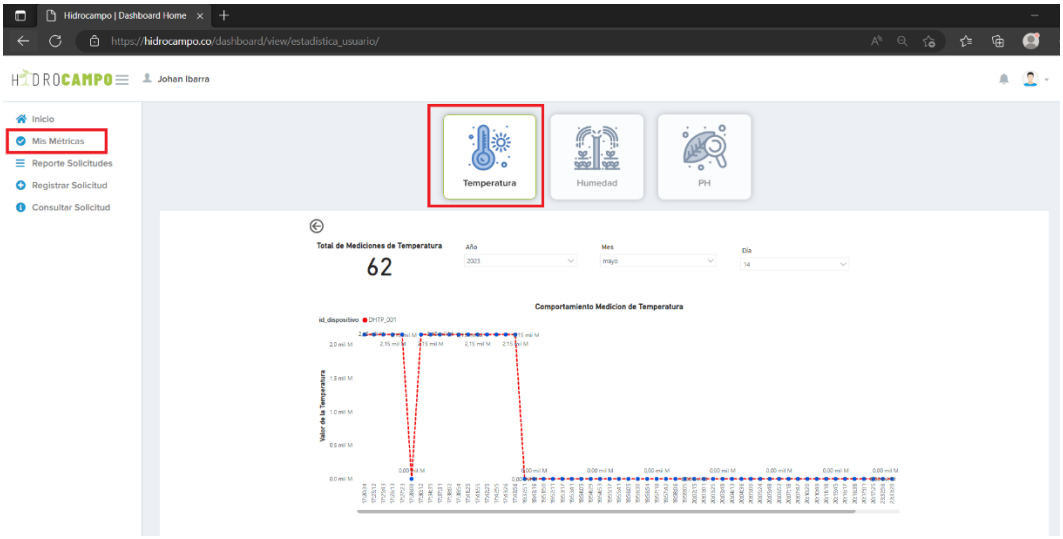


Ilustración 52 Vista estadísticas

Estadísticas de humedad

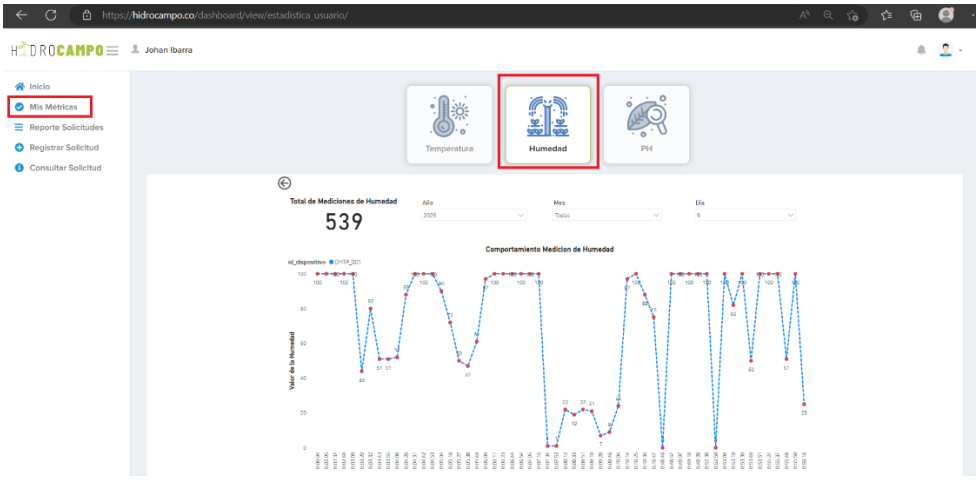


Ilustración 53 estadísticas humedad

Estadísticas de pH del suelo

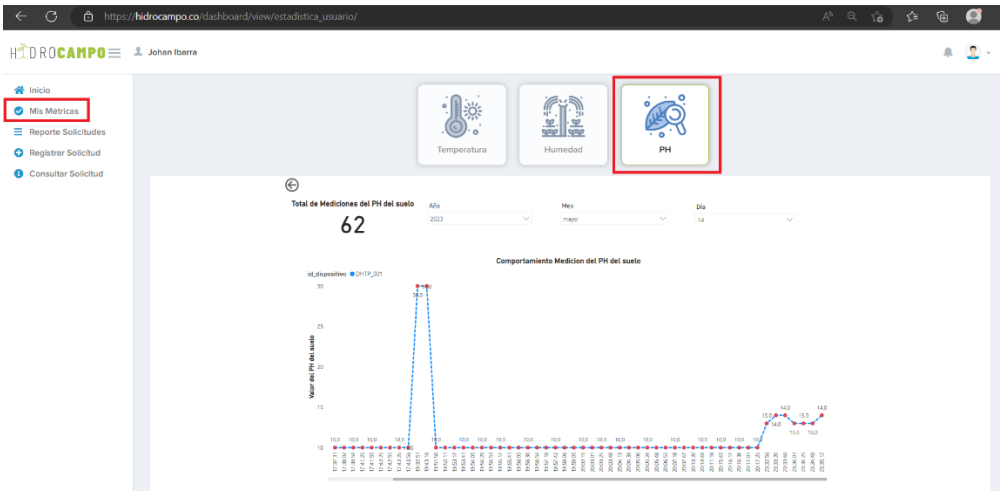


Ilustración 54 estadísticas pH

Estadísticas de alertas

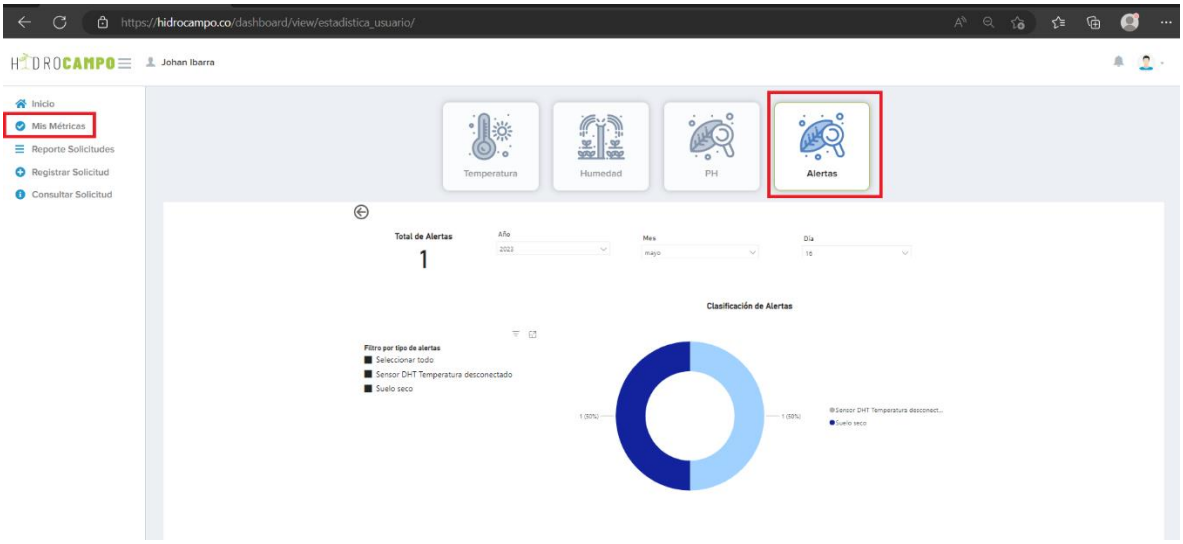


Ilustración 55 Modulo alertas

Reporte de solicitudes.

En este módulo podrá visualizar un recuento de las solicitudes que ha realizado, estas están relacionadas con las categorías de alertas, dispositivo y estadísticas.

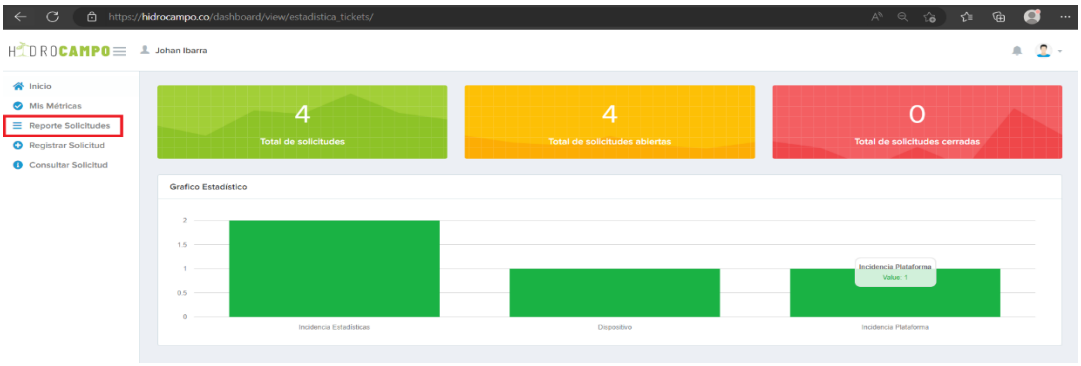


Ilustración 56 reporte solicitudes

Registro de solicitudes

En este módulo podrá registrar las solicitudes o peticiones que estén relacionadas con la configuración de su dispositivo de medición, dentro del formulario encontrará diferentes categorías y subcategorías de acuerdo con sus necesidades.

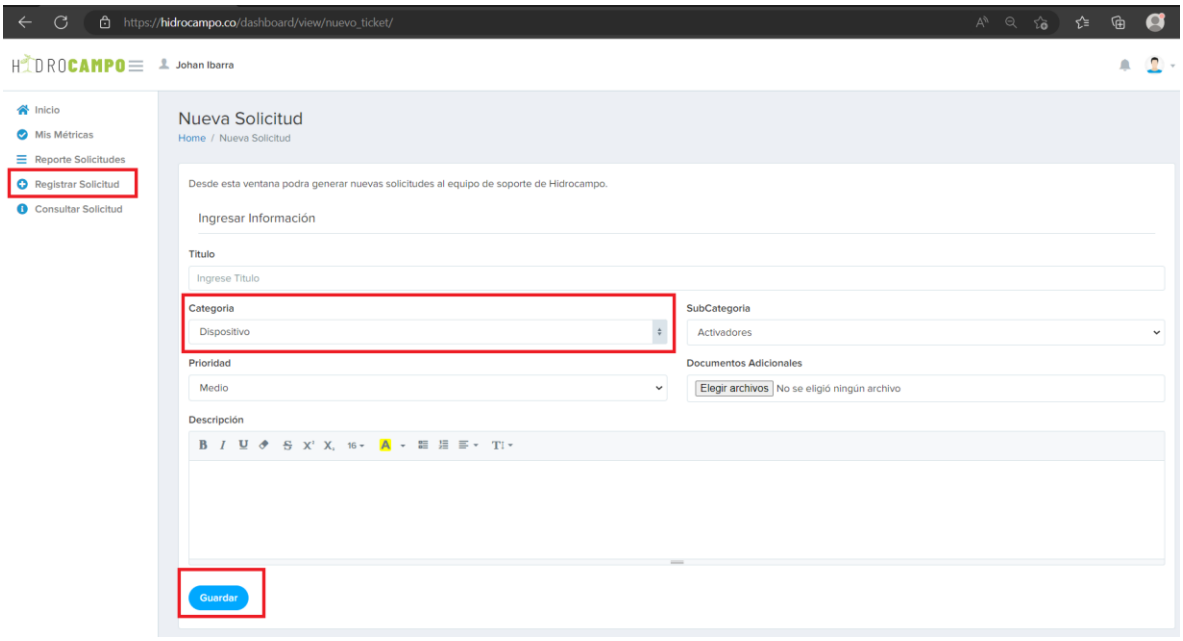


Ilustración 57 registro nueva solicitud

Consultar solicitudes

Este módulo le permite visualizar el estado de sus solicitudes y también ver el usuario de soporte que le brindara la asistencia

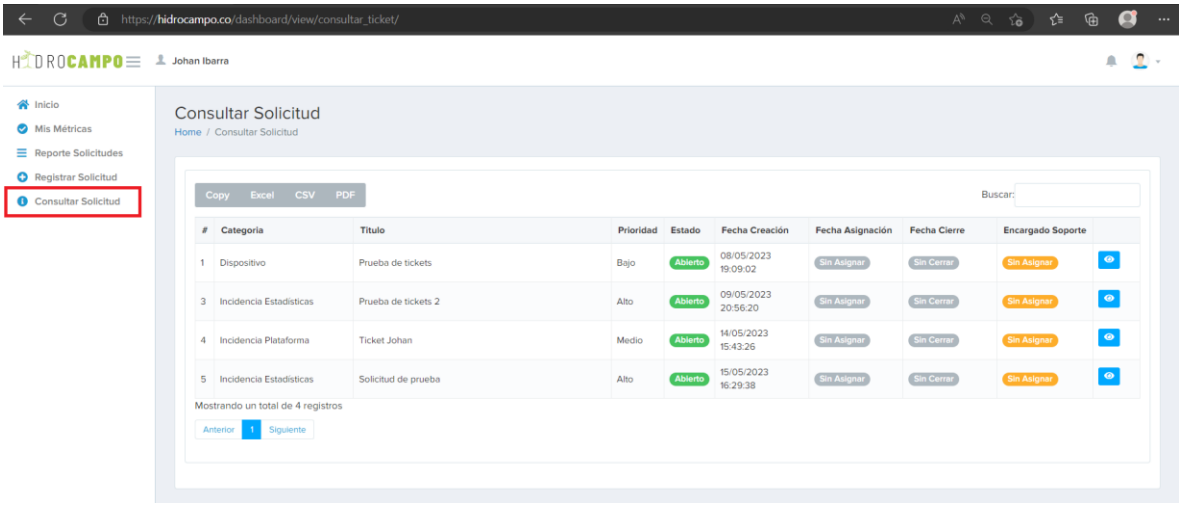


Ilustración 58 consulta solicitudes

Maquetea para prototipos

Para el desarrollo del proyecto se generó una maqueta con el fin de tener un ambiente de pruebas controlados el cual permitió generar el proceso correspondiente para evaluar el funcionamiento de los componentes.



Ilustración 59 maqueta y dispositivo

Referencias

Assembler Institute. (2021). Backend vs Frontend - Assembler Institute. Recuperado el 27 de abril de 2023, de https://assemblerinstitute.com/blog/backend-vs-frontend/#:~:text=El%20desarrollo%20Frontend%20se%20trabaja,%3A%20HTML%2C%20CSS%20y%20JavaScript.

Back4App. (2021). Los 10 principales lenguajes de programación de frontend. Recuperado el 27 de abril de 2023, de https://blog.back4app.com/es/los-10-principales-lenguajes-de-programacion-de-frontend/

Beunza, J. (2022). ESP32 y DHT11: Lectura de temperatura y humedad con Arduino IDE. JuanjoBeunza.com. https://www.juanjobeunza.com/esp32-dht11/

Cartel Urbano. (2017, marzo 07). Flores en la Sabana: Una mirada al oficio de las floristas. https://cartelurbano.com/causas/flores-en-la-sabana-una-mirada-al-oficio-de-las-floristas

El País. (2021). Los mejores sensores de plantas para medir la humedad o la luz. Escaparate. https://elpais.com/escaparate/2021-04-12/los-mejores-sensores-de-plantas-para-medir-la-humedad-o-la-luz.html

Graylogix. (s.f.). PH Sensor Kit for Water. Graylogix. https://www.graylogix.in/product/ph-sensor-kit-for-water

Gómez-Romero, M., & López-Bernal, Á. (2016). Producción de rosa en invernadero. Universidad de Almería.

Infoagro. (s.f.). Rosas: cultivo de rosa. https://www.infoagro.com/flores/flores/rosas2.htm

Infobae. (2022, febrero 7). Pese a los problemas con los contenedores, las flores colombianas tendrán un gran San Valentín. Infobae. https://www.infobae.com/america/colombia/2022/02/07/pese-a-los-problemas-con-los-contenedores-las-flores-colombianas-tendran-un-gran-san-valentin/

Inred. (2021). Webinar IOT en la agricultura en Colombia. Portafolio Inred. https://inred.com.co/blog/portafolio-inred/webinar-iot-en-la-agricultura-en-colombia/

Instituto Colombiano Agropecuario. “Flores de Cundinamarca para los corazones estadounidenses en San Valentín”. [en línea]. Colombia. (10/02/17).

https://www.ica.gov.co/Noticias/Agricola/Flores-de-Cundinamarca-para-los-corazones-estadoun.aspx

La República. (2023). Las exportaciones de flores crecieron 19,1% en 2022 y las rosas lideran el segmento. https://www.larepublica.co/economia/las-exportaciones-de-flores-crecieron-19-1-en-2022-y-las-rosas-lideran-el-segmento-3543818

Legis. (2022). Análisis de la exportación de flores en Colombia [Blog]. https://blog.legis.com.co/comercio-exterior/exportacion-de-flores-colombia

Llamas, L. (2019). Sensor de humedad del suelo capacitivo y Arduino., https://www.luisllamas.es/sensor-de-humedad-del-suelo-capacitivo-y-arduino/

M. (s.f.). Replicación de cambios de lenguaje de definición de datos (DDL). https://www.ibm.com/docs/es/idr/11.3.3?topic=console-replicating-data-definition-language-ddl-changes

Martínez Guerra, S., & Rodríguez, M. (2010). Incidencia de la innovación tecnológica en la rentabilidad de la cadena de valor de la floricultura en la Sabana de Bogotá [Tesis de maestría, Universidad de La Sabana]. Intellectum Repositorio Académico Universidad de La Sabana. https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/15389

Metroflor. (s.f.). Entrevista a expertos floricultores [Blog post]. https://www.metroflorcolombia.com/entrevista-a-expertos-floricultores/

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018, 07 de junio). Con estas tecnologías buscan fortalecer el sector floricultor de Colombia [Noticia]. Agronet. https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Con-estas-tecnologías-buscan-fortalecer-el-sector-floricultor-de-Colombia.aspx

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). “Colombia se consolida como segundo exportador de flores del mundo y se expande a nuevos mercados”. [en línea]. Colombia. https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Colombia-se-expande-a-nuevos-mercados-flores.aspx

Panamá Hitek. (2021). Medición de humedad de suelo con sensor de humedad capacitivo. Panamá Hitek. https://panamahitek.com/medicion-de-humedad-de-suelo-con-sensor-de-humedad-capacitivo/

Panamahitek. (s.f.). Medición de humedad de suelo con sensor de humedad capacitivo. https://panamahitek.com/medicion-de-humedad-de-suelo-con-sensor-de-humedad-capacitivo/

Pérez-Gómez, R., & Palencia, P. (2014). Rosa spp.: aspectos de producción y manejo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(2), 311-326.

Procolombia. “San Valentín es el tercer motivo de compra de flores en Estados Unidos”. [en línea]. Colombia. (01/02/15) recuperado de: https://www.procolombia.co/noticias/san-valentin-es-el-tercer-motivo-de-compra-de-flores-en-estados-unidos

Platzi. (2013). Qué es Frontend y Backend., https://platzi.com/blog/que-es-frontend-y-backend/

Red Agrícola Colombia. (2023, febrero). Reporte Anual 2022: El cultivo de flores en Colombia. https://www.redagricola.com/co/assets/uploads/2023/02/racolombia19.pdf

Ssdielect (.s.f) https://ssdielect.com/sensores-para-medir-ph/3448-kit-ss110.html

Talos Electronics. (2021, enero 20). Leer Temperatura y Humedad ESP32S y DHT11. Talos Electronics. https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/leer-temperatura-y-humedad-esp32s-y-dht11

Vargas, F. J. (2021). Sistema inteligente de monitoreo de cultivos basado en Internet de las cosas (IOT) y algoritmos de aprendizaje automático (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/16255/2021_Tesis_Francisco_Javier_Vargas%20(1).pdf?sequence=1

TodoPostgreSQL. (s.f.). Diferencias entre DDL, DML y DCL en PostgreSQL, https://www.todopostgresql.com/diferencias-entre-ddl-dml-y-dcl/

