



POSGRADOS

MAESTRÍA EN TELEMÁTICA

RPC-SO-01-NO.025-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

EVALUACIÓN DE PROCESOS DE
ADQUISICIÓN DE DATOS UTILIZADOS EN
ENTORNOS DE IOT PARA EL MONITOREO DE
LAS VARIABLES CLIMÁTICAS Y NUTRICIÓN
EN LOS CULTIVOS DE ROSAS

AUTOR:

DARWIN ARMANDO MORA ARIAS

DIRECTORA:

MÓNICA KAREL HUERTA

CUENCA - ECUADOR

2024



Autor:



Darwin Armando Mora Arias.

Ingeniero Electrónico.

Candidato a Magíster en Telemática por la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.

dmoraar@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Mónica Karel Huerta.

Ingeniero Electrónico.

Doctora en Ingeniería Telemática, Universidad Politécnica de Cataluña, España.

mhuerta@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS.

2024© Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA.

DARWIN ARMANDO MORA ARIAS.

Evaluación de procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas.

Dedicatoria

A mi hija por ser el pilar fundamental en mi vida y darme siempre su apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, con el apoyo de mi familia, al darme su impulso. A la PhD. Mónica Huerta por su guía y ayuda durante esta investigación.

Índice General

Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Índice General	V
Índice de Figuras	VII
Índice de Tablas	IX
Resumen	X
Abstract	XII
1. Introducción	1
1.1. Justificación	2
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
2. Marco Teórico	5
2.1. Características de las rosas y su cultivo	5
2.1.1. Características de la rosa Freedom	7
2.1.2. Parámetros climáticos y de nutrición	7
2.1.3. Parámetros climáticos	8
2.1.4. Parámetros nutricionales	9
2.1.5. Otros Parámetros	11
2.2. Arquitectura de Internet de las cosas aplicado a cultivos.	12
2.3. Arquitectura IoT de cuatro capas.	12
2.3.1. Uso de sensores para el control de variables de un cultivo.	13

3. Marco Metodológico	22
3.1. Componentes del Hardware: Dispositivo Electrónico	22
3.2. Componentes de software	23
3.3. Parámetros del diseño	27
3.3.1. Población y muestra	28
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos:	28
3.3.3. Procedimiento para la adquisición de datos	29
3.3.4. Análisis de los datos:	29
3.3.5. Definición de parámetros	30
3.3.6. Valores óptimos de los sensores	31
3.3.7. Clasificar mediciones	31
3.4. Arquitectura Propuesta	33
3.5. Estudio de la solución IoT para monitoreo	34
3.5.1. Fase de adquisición de datos	35
3.5.2. Fase de transmisión de datos	38
3.5.3. Fase de Procesamiento	43
3.5.4. Fase de Almacenamiento	43
3.5.5. Fase de Visualización	45
3.6. Metodología del diseño	45
3.7. Diseño del sistema	46
3.8. Conexión a la base de datos	51
3.9. Implementación del sistema:	52
4. Pruebas de funcionamiento	57
4.1. Análisis de las pruebas de funcionamiento	57
5. Conclusiones	61

Índice de Figuras

2.1. Arquitectura IoT de cuatro capas, Fuente: https://es.digi.com/getattachment/Blog/post/The-4-Stages-of-IoT-Architecture/	14
3.1. Display para Arduino, se utiliza para visualizar cambios en los sensores (Filip Andreas , 2020).	23
3.2. Dispositivo Arduino ESP8866 (Truong Hong, 2019).	23
3.3. Imagen del IDE.Arduino Fuente: (Desdelinux, 2023)	25
3.4. Imagen del PROGRAMA mit APP inventor Fuente: (Programamos, 2023)	27
3.5. Fases del Diseño propuesto.	33
3.6. Estructura cliente servidor. Envío de parámetros a través de Post por Wi-Fi.	34
3.7. Esquema de procesamiento de datos de un sensor.	35
3.8. Placa ESP 8266.	47
3.9. Sensor de Temperatura y Humedad del ambiente DHT22.	47
3.10. Sensor de Humedad del suelo YL-69.	47
3.11. Sensor del PH E201-BNC.	48
3.12. Router Wi-Fi para transmisión de información.	48
3.13. Esquema ilustrativo del modelo propuesto.	48
3.14. Diagrama de conexión ESP8266 + DHT22.	49
3.15. Diagrama de conexión ESP8266 + YL-69.	49
3.16. Diagrama de conexión ESP8266 + E201-BNC.	50
3.17. Diagrama de conexión ESP8266 + Sensores.	50
3.18. Arquitectura del sistema.	52
3.19. Estructura Broker con MQTT-Explorer.	53
3.20. Estructura de nodos con Node-Red.	53
3.21. Entorno de trabajo de MQTT-Explorer.	54
3.22. Nodos usados en Node-Red para procesar los datos obtenidos.	54
3.23. Dashboard de visualización con Node-Red.	55

3.24. Dashboard de visualización con Node-Red.	56
3.25. Base de Datos en MySQL de mediciones de sensores.	56
4.1. Datos obtenidos de humedad del ambiente.	58
4.2. Datos obtenidos de temperatura.	59
4.3. Datos obtenidos de la humedad del suelo.	59
4.4. Dashboard de visualización con Node-Red.	60
4.5. Dashboard de visualización con Blynk IoT.	60

Índice de Tablas

2.1. Clasificación botánica de las rosas	6
2.2. Niveles de referencia de nutrientes en hoja.	11
3.1. Parámetros necesarios para medir valores en los sensores propuestos	32
3.2. Sensor CO².	35
3.3. Sensor humedad.	36
3.4. Sensor Ph.	36
3.5. Sensor radiación Solar.	37
3.6. Sensor Temperatura.	37
3.7. Placas de transmisión 1	39
3.8. Placas de transmisión 2	40
3.9. Equipos complementarios para la transmisión	41
3.10. Lenguajes de programación	42
3.11. Bases de datos	44
3.12. Tabla Sensor	51
3.13. Tabla Medición	51

Resumen

En la actualidad la producción de rosas en Ecuador ha evolucionado con la implementación de sistemas automatizados para el monitoreo de los cultivos, con el objetivo de alcanzar rosas de mejor de calidad, aumentando su cantidad y disminuyendo los tiempos de su producción. La evolución tecnológica de la industria agrícola y la introducción de soluciones basadas en el Internet de las cosas en los últimos años ha ayudado a mejorar los resultados en la producción de rosas al permitir un mejor control sobre las variables que influyen en estos tipos de los cultivos como la temperatura, la humedad del suelo, el ph, la luminosidad, entre otros. El poder contar con sistemas automatizados que monitoreen las variables climáticas y los factores que influyen en los nutrientes del suelo de un cultivo, permite determinar y tomar los correctivos requeridos para mantener lo mejor posible las condiciones del cultivo y obtener productos de mejor calidad. Con la finalidad de poder desarrollar sistemas IoT de monitoreo más eficientes y de aplicación en plantaciones de rosas de Ecuador, se ha realizado la evaluación de sensores, plataformas tecnológicas y medios de transmisión de datos, con lo que se ha planteado una arquitectura compuesta por sensores Arduino, que recopilaran los datos y mediante una placa ESP8266, Arduino los transmite mediante una conexión Wifi hacia un bróker MQTT en la nube, de donde los datos serán tomados para su procesamiento, análisis, almacenamiento y visualización por medio Nodo-RED, que se conecta a una base de datos MySQL y envía los datos al programa Blynk IoT para su visualización en un Smart phone. Las pruebas que se han realizado con el prototipo han permitido obtener mediciones precisas en tiempo real que pueden ser visualizadas en cualquier lugar por medio de un Smartphone, proporcionando un soporte considerable para optimizar las tomas de decisiones necesarias para mejorar la calidad de los cultivos de rosas en Ecuador. Poder visualizar los datos en tiempo real ayudará a conocer el comportamiento de las variables climáticas y de nutrición del cultivo, e implementar las herramientas necesarias para mantener los valores ópticos que garanticen un cultivo de rosas de calidad.

Palabras clave: Sensores, Arduino, Wifi, MQTT, Nodo-RED, MySQL, Blink, IoT.

Abstract

Currently, rose production in Ecuador has evolved with the implementation of automated systems for crop monitoring, with the aim of achieving better quality roses, increasing their quantity and reducing production times. The technological evolution of the agricultural industry and the introduction of solutions based on the Internet of Things in recent years has helped improve results in rose production by allowing better control over the variables that influence these types of crops. such as temperature, soil humidity, pH, luminosity, among others. Being able to have automated systems that monitor climatic variables and the factors that influence the nutrients in the soil of a crop makes it possible to determine and take the corrective measures required to maintain the best possible crop conditions and obtain better quality products. In order to be able to develop more efficient IoT monitoring systems for application in rose plantations in Ecuador, the evaluation of sensors, technological platforms and means of data transmission has been carried out, with which an architecture composed of sensors has been proposed. Arduino, which will collect the data and through an ESP8266 Arduino board transmit it through a Wifi connection, to an MQTT broker in the cloud, from where the data will be taken for processing, analysis, storage and visualization through Node-RED, which is connects to a MySQL database and sends the data to the Blynk IoT program for viewing on a Smart phone. The tests that have been carried out with the prototype have allowed precise measurements to be obtained in real time that can be viewed anywhere using a Smartphone, providing considerable support to optimize the decision-making necessary to improve the quality of rose crops. in Ecuador. Being able to view the data in real time will help to understand the behavior of the crop's climatic and nutritional variables, and implement the necessary tools to maintain the optical values that guarantee a quality rose crop.

Keywords: Sensors, Arduino, Wifi, MQTT, Node-RED, MySQL, Blynk, IoT.

Capítulo 1

Introducción

El desarrollo de herramientas agrícolas para mejorar la calidad y el cuidado de los cultivos ha evolucionado con el tiempo, pasando de sistemas centrados en cultivos pequeños con redes de comunicación cableadas a sistemas de amplia cobertura con comunicación inalámbrica, mayor eficiencia energética y dispositivos de adquisición de datos más sofisticados [García-Cedeño et al. \[2019\]](#).

La mayoría de los sistemas propuestos en Ecuador para el desarrollo de la agricultura de precisión (AP) [Huerta et al. \[2021\]](#), se enfocan en cultivos de productos de consumo, como el café [Abad et al. \[2018\]](#), cacao [Guillermo et al. \[2018\]](#), tomate [Erazo-Rodas et al. \[2018\]](#), Chile habanero [Ceballos et al. \[2015\]](#), inclusión de huertos urbanos [Carrión et al. \[2018\]](#), palma aceitera [Piamonte et al. \[2017\]](#) y flores [Mann et al. \[2022\]](#), [Bjerge et al. \[2022\]](#), entre otros. Estos trabajos se han enfocado en los métodos de adquisición de datos, monitoreo y procesamiento de las variables más relevantes para mejorar la calidad de producción.

Las flores constituyen uno de los principales productos no tradicionales de exportación del Ecuador. Las exportaciones de flores representa el 4% del total de las exportaciones ecuatorianas [Zabala \[2019\]](#), según cifras de la Asociación de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador (Expoflores), la capacidad de cultivo del país ronda los USD 900 millones. Lo que ha llevado a Ecuador a convertirse en el tercer exportador de rosas a nivel mundial y un factor clave para la competitividad internacional es optimizar y mejorar los procesos de producción, así como, calcular y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [Erazo et al. \[2015\]](#), [Fernandez et al. \[2017\]](#).

En la actualidad, en Ecuador, muchos de los procesos de cuidado y

monitoreo de los cultivos de rosas se realiza de forma manual y empírica, y no se lleva un registro estadístico de las condiciones climáticas que ayude a mejorar la calidad de los cultivos y que permita realizar predicciones del clima [Erazo et al. \[2015\]](#).

Con el auge tecnológico de la última década y el desarrollo de los dispositivos de internet de las cosas (IoT), muchos de los países productores de flores como Holanda, Colombia y Kenia migraron sus procesos manuales a procesos inteligentes con el soporte de dispositivos electrónicos. Estos dispositivos miden y determinan los valores ideales para obtener un cultivo de alta calidad, logrando el procesamiento de los datos y la competitividad en la producción de rosas a elevados índices de calidad, [Briceño Jején and Cubides Porras \[2020\]](#), [Gómez et al. \[2017\]](#). Estos proyectos han motivado a los productores ecuatorianos a buscar mejorar y optimizar sus cultivos con la implementación de sensores en entornos de IoT.

El uso de sensores especializados y su implementación en los campos que monitorean las variables climáticas permiten a los productores anticipar posibles problemas mediante la predicción de la producción de sus cultivos [Diaz and Carrera \[2019\]](#). Los parámetros, como la humedad, el nivel de la solución de nutrientes del agua, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la temperatura, la intensidad de la luz ultravioleta, el nivel de CO₂, la niebla y la cantidad de insecticidas o pesticidas; se monitorean a través de varios sensores para obtener un conocimiento significativo y poder realizar la detección y el diagnóstico temprano de fallas en lo que llaman la “agricultura inteligente” [Tripathy et al. \[2021\]](#).

El presente trabajo busca realizar la evaluación del desempeño y los resultados obtenidos de la aplicación de sensores utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas en Ecuador. Determinaremos los métodos para la adquisición y tratamiento de los datos obtenidos de las mediciones realizadas a los principales factores que inciden en la calidad del cultivo, estos datos serán evaluados para determinar la eficiencia y fiabilidad del uso de los sensores como una herramienta para mejorar la calidad de los cultivos de rosas y determinar los beneficios que se pueden obtener con el uso de IoT.

1.1. Justificación

La producción de flores en Ecuador se destina a 11 países, siendo los principales consumidores Estados Unidos, la Unión Europea y Rusia. En el año 2020, este sector generó ingresos por un total de 827 millones de dólares,

una cifra significativa a pesar de la pandemia del COVID-19. No obstante, el sector florícola enfrenta diversos problemas, como la escasez de insumos, la sobreutilización del suelo, la monitorización manual de la producción, el uso inadecuado de químicos y la metodología inapropiada de clasificación durante la cosecha y el postcosecha. Estos problemas se ven reflejados en una disminución de la producción y en una baja calidad de las flores.

Además, las actividades relacionadas con el monitoreo de variables climáticas y la nutrición de los cultivos se realizan de manera manual por los trabajadores. Esta forma de medición conlleva el riesgo de cometer errores en la lectura de las mediciones, tanto en las variables climáticas como en los valores adecuados para la nutrición de los cultivos. Por estas razones, es de suma importancia evaluar los procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas en Ecuador, con el fin de lograr una producción óptima.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los procesos de adquisición de datos utilizados en Internet de las cosas para monitorear las variables climáticas y de nutrición en cultivos de rosas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar la revisión bibliográfica del estado del arte de la implementación de IoT, aplicaciones y funcionamiento de los sensores requeridos para el monitoreo de las variables de análisis en el cultivo de rosas.
- Analizar los datos de las mediciones de los sensores en función de los valores esperadas para optimizar el cultivo de las rosas.
- Determinar los métodos de adquisición y tratamientos de los datos más idóneos.
- Diseñar un sistema de adquisición de los datos para las mediciones de los sensores en función de los métodos determinados de mayor eficiencia.
- Evaluar el desempeño del sistema diseñado para el adecuado monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas.

Este documento se divide en los siguientes capítulos:

- En el Capítulo 2 se lleva a cabo un estudio del estado del arte de los cultivos de rosas y de las plataformas basadas en IoT para el monitoreo de cultivos.
- En el Capítulo 3 se presenta el diseño y construcción de la plataforma tecnológica.
- En el Capítulo 4 se analiza los resultados de un caso de uso de la plataforma.
- Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las principales conclusiones y se aborda el trabajo futuro.

Capítulo 2

Marco Teórico

En este capítulo se examinan las bases teóricas que respaldan este trabajo. Se presentan las características generales de las rosas y su cultivo, así como los parámetros climáticos y de nutrición necesarios para un desarrollo óptimo del cultivo. Además, se proporciona una definición de IoT, se describe su arquitectura y se exploran sus características de funcionamiento. Así como, el uso de sensores para el monitoreo.

2.1. Características de las rosas y su cultivo

Según las investigaciones realizadas, se ha determinado que aproximadamente existen 30000 especies botánicas de rosas registradas en todo del planeta. Cabe destacar que el número real de especies es mucho más alto debido a la presencia de numerosas poblaciones híbridas que existen en estado silvestre. En la Tabla 2.1 se puede observar la clasificación botánica de la planta de rosas.

En el año 1793, la rosa de té fue introducida en occidente como resultado de la selección y mejora de algunas especies, como la rosa gigantea y *R. chinensis*. Es importante destacar que esta especie de rosa ha servido como base para la creación de numerosas variedades híbridas hasta el día de hoy.

Un rosal está combinado por plantas arbustivas con tallos que logran alturas de 2 a 5 metros, con frecuencia semileñosos, siendo de textura áspera con espinas en cuanto a sus hojas pueden ser continuas o caducas, pecioladas, compuestas con folíolos impares de margen serrado [Fainstein \[1997\]](#). Su flor mayormente es hermafrodita con simetría radial, así mismo poseen diversidad de formas y características debido a la cantidad de hibridaciones, su fruto aparece como un poliaquenio encerrado en un receptáculo oval, carnoso y en

Tabla 2.1: Clasificación botánica de las rosas

Descripción	Característica
Reino	Vegetal
División	Espermatofitos
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Rosáceas
Tribu	Roseas
Género	Rosa
Especie	Sp

su madures se vuelve rojizo. La Clasificación de la Federación Mundial de la Rosa consideran tres grupos:

- Especies silvestres: Rosales que crecen en la naturaleza, y de las cuales descienden la mayoría de las rosas existentes en la actualidad. Dentro de este grupo se encuentran: rosa gallica, rosa banksiae, rosa virginiana, rosa canina, rosa centifolia, rosa eglanteria, rosa rugosa y rosa multiflora.
- Rosales Antiguos: Variedades que se encontraban antes del año 1867, son especies con gran fuerza, robustas, con menos problemas de plagas y enfermedades, están clasificadas en:
 1. Trepadoras: Ayrshire (rosal arvensis), Boursault, Trepador de Té, Noisette y Sempervirems.
 2. No trepadoras: Alba, Borbonianos, Boursault, de China, Damascenos, Gallica, Híbridos Perpetuos, Mosquetas, Portland, Centifolia, Eglanteria y de Té.
- Rosales Modernos: Rosales que datan desde 1867, llegando a ser los más solicitados hoy en día. Tales como: Híbridos de Té, Floribundas, Glandifloras, Polyanthas, Miniatura, Minifloras, Trepadoras y Arbustivas.

La oferta de rosas de Ecuador es muy amplia, superando las 500 variedades, las principales variedades de rosa que se cultivan en Ecuador son: Freedom, Vendela, Tara, Brighton, la Bikini, Deep Purple y Ravel, Anna Nubia, entre otras [Finca-rosas \[2023\]](#). Hoy en día el mercado está

evolucionando hacia la diferenciación por lo que los productores están invirtiendo cada vez más recursos para producir rosas nuevas que puedan darle un empuje a su negocio. La rosa Freedom, por su alto índice de ventas, se ha convertido en la número uno en el mercado. Se caracteriza por ser una rosa de botón grande que supera los 5 cm y tiene un color rojo brillante, es muy resistente y productiva, se cultivada en ambientes frescos con alta intensidad de luz en zonas altas cercanas a la línea ecuatorial [Variedad-rosas \[2023\]](#).

2.1.1. Características de la rosa Freedom.

Las rosas Freedom con su color rojo característico, en la actualidad se han posicionado como la variedad de rosa más popular, siendo una de las más comercializadas y escogidas por su color, olor, tamaño y durabilidad. Las principales características de esta especie de rosas según, [RosenTantau \[2005\]](#) son:

- Largo de tallo: 40 – 90cm.
- Tamaño de botón: 6 – 6.5cm.
- Número de pétalos: 40.
- Días en florero: 12 – 15 días.

La rosa Freedom es un híbrido de la rosa de té, produce una sola cabeza floral por tallo. Cuando los botones aún están cerrados tienden a ser puntiagudos y suaves, es la variedad de rosa roja más producida en Sudamérica, estas cuentan con un mínimo de hasta 48 pétalos, el tiempo de vida de la rosa cortada es directamente proporcional a la cantidad de pétalos que tiene, generalmente su vida media es de 15 a 18 días [Amezquita Rojas \[2018\]](#). Otra característica importante es que debe conservarse a temperaturas de 10°C a 20°C y ser regada con agua que se encuentre dentro de ese mismo rango térmico. Los puntos de corte para la rosa dependen del tipo de mercado para el que vaya a estar dirigido [Sierraflowerfinder \[2023\]](#).

2.1.2. Parámetros climáticos, de nutrición y otros, óptimos para el crecimiento de las rosas.

En el cultivo de las rosas, existen diversos factores climáticos que desempeñan un papel crucial en este proceso, ya que afecta la germinación de las semillas, el desarrollo de las raíces, la floración y la calidad de las flores. Además de los factores climáticos, existen otros aspectos que influyen

en el cultivo óptimo de las rosas. Estos incluyen la poda, que consiste en la eliminación de ramas y brotes no deseados para fomentar un crecimiento más vigoroso y una forma adecuada de la planta. El sustrato de la tierra es otro factor importante, ya que debe proporcionar un equilibrio adecuado de nutrientes y retención de agua para las raíces de las rosas, el riego también desempeña un papel clave en el cultivo de las rosas, ya que estas plantas requieren una cantidad adecuada de agua para su crecimiento y floración. La fertilización es otro factor importante, ya que las rosas necesitan nutrientes para su desarrollo saludable. La ventilación es esencial para mantener un ambiente adecuado alrededor de las plantas y prevenir el desarrollo de enfermedades fúngicas. Por último, el enriquecimiento de CO₂ puede ser utilizado en invernaderos para promover el crecimiento de las plantas.

Todos estos factores deben ser cuidadosamente gestionados y considerados en el cultivo de las rosas para garantizar un crecimiento saludable, una floración abundante y la obtención de flores de alta calidad.

2.1.3. Parámetros climáticos

Los factores climáticos que influyen en el adecuado desarrollo del cultivo y en la calidad de las rosas, son principalmente: la temperatura, la humedad y la luminosidad. La temperatura adecuada es esencial para el crecimiento y desarrollo óptimos de las rosas, la humedad también desempeña un papel importante, ya que un nivel adecuado de humedad en el suelo y en el aire favorece el crecimiento saludable de las plantas y la luminosidad influye en el número de rosas que se producen en un cultivo.

Temperatura. Se podría decir que en los cultivos a gran escala el rango de temperatura considerado como ideal se encuentra entre los 17 a 25°C, con una temperatura mínima de 15°C durante la noche y una máxima de 28°C durante el día. Es importante resaltar que las rosas son estrictamente delicadas en cuanto a los cambios de temperatura esto debido a que las bajas temperaturas pueden retrasar el desarrollo de la planta, en ocasiones incrementa el número de botones ciegos y produce flores con gran número de pétalos y contornos irregulares en caso de abrir, además las temperaturas extremadamente altas generan una gran cantidad de botones ciegos con flores más pequeñas de lo normal y a su vez escasos pétalos y de color más cálido. Las rosas Freedom deben conservarse en temperaturas de 10°C a 20°C y ser regada con agua que se encuentre dentro de ese mismo rango térmico [Sierraflowerfinder \[2023\]](#).

Humedad. Para beneficiar la apertura de las estomas es de suma importancia tener un porcentaje de humedad idóneo, esto también ayuda al incremento gaseoso y evita el surgimiento de enfermedades. En líneas generales, la humedad relativa para el cultivo de rosas Freedom debe oscilar entre el 60-70 por ciento, a excepción de algunos periodos del ciclo como:

- Plantación, amerita mayor humedad para estimular el crecimiento y reducir las pérdidas por evapotranspiración.

- Poda, para estimular la creación de yemas y crecimiento.

En estos casos la humedad relativa debe oscilar en torno al 85-90 por ciento, niveles debajo de 60 por ciento pueden ocasionar daños por deshidratación e expansión de plagas como los ácaros. La humedad relativa del invernadero principalmente es regulada a través de la ventilación, nebulización o en su defecto humedecimiento de los pasillos durante las horas más cálidas del día.

Luminosidad. La rosa es una de las plantas considerada como de día largo, es por ello que en los meses de verano, cuando predominan las intensidades luminosas y larga duración del día, la producción de flores es superior a diferencia de los meses de invierno. Por su parte, la intensidad lumínica es la encargada de la longitud y resistencia del tallo, así como de la cantidad y tamaño de las flores. No obstante, una baja intensidad lumínica ocasiona tallos largos, delgados, blandos y con un mínimo número de flores, aunado a ello un mayor desarrollo de brotes ciegos. Evidentemente, las elevadas intensidades lumínicas van acompañadas de radiación solar, es por ello que a pesar de que la rosa es una planta de día largo, es fundamental aplicar de forma continua el sombreado durante el verano e incluso en estaciones como la primavera o en otoño, esto depende de la climatología de la zona. Para el cultivo de rosas Freedom en algunos lugares, es oportuno aplicar luz artificial durante el invierno esto debido a la presencia de una baja intensidad lumínica, como en Holanda donde se aplica luz artificial con lámparas de sodio durante aproximadamente 16 horas, con una intensidad de 3000 lux, con esto se mejora la producción invernal en cuanto a la calidad y cantidad.

2.1.4. Parámetros nutricionales

Entre los parámetros nutricionales de mayor influencia en el cultivo de rosas podemos encontrar el sustrato de la tierra, ya que este proporciona la retención de agua para las raíces y la fertilización que aporta los nutrientes para el desarrollo saludable del rosal.

Nutrición del rosal. La nutrición del rosal requiere del análisis los periodos fenológicos que tienen lugar durante el cultivo, los requerimientos de nutrientes varían en función de estos periodos. De esta manera se puede establecer una correcta dosificación de los nutrientes, evitando excesos.

Etapas de cultivo.

Proain [2020] determinó cada etapa fenológica de la siguiente manera:

- Etapa I (Brote): De 0 a 26 días después de poda (DDP).
- Etapa II (Crecimiento): De 27 a 43 DDP.
- Etapa III (Desarrollo): De 44 a 64 DDP.
- Etapa IV (Cosecha): De 65 a 92 DDP.
- (Etapas basadas en Rosa Rockefeller, de un año de edad y seis meses en producción)

Se estima un ritmo de absorción discontinuo que dependerá de las reservas y de la absorción, de las podas y el corte de la flor. El nitrógeno suele ser el nutriente más importante para los procesos de crecimiento y formación de las flores. La máxima absorción del mismo sucede cuando ya se ha formado el botón floral y se está terminando el ciclo. El potasio tiene un papel importante sobre la calidad de la flor Proain [2020]. Los rosales no toleran altos niveles de calcio debido a que se desarrolla clorosis como consecuencia del exceso de este elemento, toleran un suelo ácido, pero el pH debe mantenerse en torno a 6. No soportan elevados niveles de sales solubles, se recomiendan niveles inferiores al 0.15 % Proain [2020].

Sustrato. El cultivo de rosas necesita de sustrato suelto, abundante materia orgánica y con gran capacidad de aireación y drenaje, el pH óptimo debe oscilar entre 6-7; sin embargo, ello depende de la porta injerto empleado. Las rosas no soportan grandes niveles de calcio ya que ocasionan con rapidez clorosis. Del mismo modo, tampoco toleran altos niveles de sales solubles, su máxima tolerancia es de 3dS/m, esto debido a que el exceso de sales genera quemaduras en los márgenes de las hojas.

Fertilización. La fertilización se efectúa por medio del riego, tomando en consideración el abonado de fondo, el dominio de los parámetros de pH y la conductividad eléctrica, el pH debe regularse con el complemento del ácido, teniendo en cuenta la naturaleza de los fertilizantes. Si éste se incrementa, la utilidad del sulfato de hierro mejora los resultados. En la Tabla 2.2 se muestran los niveles de referencia de nutrientes de la primera hoja totalmente madura debajo de la flor, como Hasek [1998] lo indica.

La falta de uno de los elementos principales puede causar la disminución

Tabla 2.2: Niveles de referencia de nutrientes en hoja.

Macroelementos	Niveles deseables (%)
<i>Nitrógeno</i>	3,00 – 4,00
<i>Fósforo</i>	0,20 – 0,30
<i>Potasio</i>	1,80 – 3,00
<i>Calcio</i>	1,00 – 1,50
<i>Magnesio</i>	0,25 – 0,35
Macroelementos	Niveles deseables(ppm)
<i>Zinc</i>	15 – 50
<i>Magnesio</i>	30 – 250
<i>Hierro</i>	50 – 150
<i>Cobre</i>	5 – 15
<i>Boro</i>	30 – 60

del crecimiento, la menor cantidad y calidad de flores.

2.1.5. Otros Parámetros

Existen otros parámetros que influyen en el cultivo óptimo de las rosas, como la poda, el riego, la ventilación para prevenir el desarrollo de enfermedades fúngicas y el enriquecimiento de CO₂ para promover el crecimiento de las plantas.

Poda. Para mantener un tamaño adecuado del tallo y ramas, la poda es de mucha ayuda, ya que consiste en la eliminación de ramas y brotes no deseados para fomentar un crecimiento más vigoroso y una forma adecuada de la planta.

Riego. La carencia de agua ocasiona brotaciones menos vigorosas, baja el área foliar y suma posibles desequilibrios nutricionales y dificultades por exceso de sales. Es de suma importancia aplicar riegos frecuentes y de breve duración, previniendo de este modo el encharcamiento. El exceso de agua provoca clorosis y caída de hojas.

Ventilación y enriquecimiento de CO₂. Los niveles de CO₂ son el límite para el crecimiento de la planta. En efecto, los climas fríos como el invierno tienen temperaturas generalmente bajas en las mañanas y no es útil la ventilación, es por ello que se torna fundamental la aportación de

CO₂ a 1000ppm, para el crecimiento ideal de la planta.

2.2. Arquitectura de Internet de las cosas aplicado a cultivos.

En actualidad existen diferentes tipos de arquitecturas utilizadas para la implementación de IoT en el control y monitoreo de cultivos, que varían de acuerdo al entorno y al tipo de comunicación de datos que se utilice para los dispositivos que conforman el sistema. El objetivo de la arquitectura de los sistemas de aplicación de IoT es la de poder obtener un modelo idóneo para la adquisición de datos confiables que ayuden a interpretar adecuadamente el comportamiento de los cultivos, su entorno y los requerimientos necesarios para optimizarlos y mejorar el producto final, además de obtener tiempos reducidos en el procesamiento y transmisión de los datos de las variables más relevantes que permitan aplicar los correctivos necesarios para mejorar la calidad del cultivo. El continuo desarrollo y actualización de la tecnología ha permitido contar con dispositivos electrónicos cada vez más eficientes y robustos para la medición de las principales variables que intervienen en el óptimo desarrollo de un cultivo, es por esto que en la actualidad podemos encontrar múltiples propuestas e implementaciones realizadas para la obtención de cultivos inteligentes. Por lo general, la arquitectura IoT de un sistema se la describe como un proceso compuesto por 4 capas en las cuales los datos se transmiten desde los dispositivos electrónicos o sensores conectados a los objetivos, a través de una red hacia un centro de datos para su procesamiento, análisis y almacenamiento.

2.3. Arquitectura IoT de cuatro capas.

Las 4 capas determinadas para el análisis de la arquitectura de IoT, Fig. 2.1, son: adquisición, transmisión, procesamiento y aplicación.

La capa de adquisición también conocida como de detección, está compuesta por sensores, o elementos físicos para la obtención de datos del entorno o elemento a ser controlado o monitoreado.

La Capa de transmisión utiliza las diferentes redes de comunicación, sean estas cableadas e inalámbricas para transportar los datos obtenidos en

la capa de adquisición de manera rápida, segura y confiable.

La capa de procesamiento de información o integración de datos se encarga de analizar y procesar la información obtenida y transmitida del entorno que se desea monitorear o controlar, determinando si los parámetros analizados son idóneos o requieren de una corrección.

La capa de aplicación es la que se encarga de dar servicios de contenido a los usuarios finales. De esta manera ellos pueden verificar la información obtenida y ejecutar los correctivos que se requieren en el entorno monitoreado proporcionando un control automático o manual de las acciones necesarias para mantener el entorno analizado en condiciones óptimas.

Para el monitoreo y control de cultivos la arquitectura de 4 capas de IoT es la más usada, ya que contempla mediante el uso de sensores y equipos electrónicos monitorear las variables de mayor importancia que influyen en el desarrollo de los cultivos, una vez que se obtienen los datos de las variables más relevantes como temperatura, humedad, Ph del suelo, iluminación, entre otros, estos son transmitidos a un dispositivo, servidor o centro de procesamiento y análisis para verificar que estos factores examinados se encuentren dentro de los rangos esperados e idóneos para garantizar el crecimiento normal y efectivo de la planta que forma parte del cultivo monitoreado. El usuario podrá verificar si las variables analizadas son las adecuadas o requieren acciones para su corrección, estas acciones pueden ser realizadas de manera automática por el sistema o de manera manual por el usuario, esto dependerá si el sistema implementado está orientado para el monitoreo o incluye el control.

2.3.1. Uso de sensores para el control de variables de un cultivo.

En virtud de pronósticos realizados se considera que la producción agrícola incremente un 69 por ciento entre los años del 2010 al 2050. En efecto, para satisfacer esta nueva demanda se torna imprescindible obtener tasas superiores en cuanto a la producción y aunado a ello cosechas de calidad. Es por ello que se requiere incorporar la tecnología mediante el uso de sensores y dispositivos IoT se podrá monitorear y controlar cada uno de los cultivos. En este sentido, el uso del IoT en la agricultura se considera como un paso hacia la “agricultura inteligente” por consiguiente, la tecnología

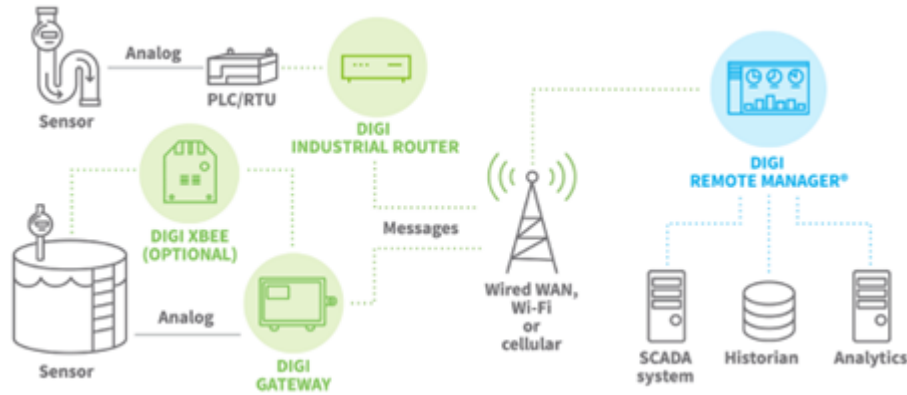


Figura 2.1: Arquitectura IoT de cuatro capas, Fuente: <https://es.digi.com/getattachment/Blog/post/The-4-Stages-of-IoT-Architecture/>

contribuirá directamente al control de los procesos productivos, a través de datos que muestren las cantidades existentes de nutrientes como Potasio, Fosforo, Nitrógeno, hidrógeno, oxígeno, carbono, entre otros [Espinosa et al. \[2020\]](#). El monitoreo de estos nutrientes permitirán garantizar una mejor calidad del suelo que posibilite la intensificación de la producción y cosecha con menos impacto y recursos. Ahora bien, al mezclar el uso de diversos sensores IoT en los procesos de cultivo, se generan reseñas que logran predecir variables que necesitan control con la finalidad de obtener resultados óptimos. Por otro lado, los sensores más utilizados para obtener un mejor control de los procesos de producción de los cultivos son: Humedad, Temperatura, Co₂, Conductividad eléctrica, PH, Luminosidad, Radiación fotosintética, Caudales de riego, entre otros [Salazar Aguilar \[2020\]](#).

Control de temperatura En líneas generales, el parámetro de temperatura es el enfoque inicial de la mayoría de los sistemas de control climático, de este modo puede incluir la temperatura del aire que rodea la parte aérea de la planta, así como la zona de la raíz y la temperatura de las hojas. En efecto, la naturaleza y sus cambios climáticos influyen a gran escala en la temperatura del aire interior. Un ejemplo de ello sería la pérdida de la temperatura fuera del invernadero o el incremento de la velocidad del viento provocará la disminución de la temperatura dentro del invernadero [Solano and Galán \[2021\]](#).

La temperatura aumenta a través de la calefacción, mayormente mediante la circulación de agua caliente en tuberías a nivel del suelo, y se reduce mediante la apertura de ventiladores de techo. Es importante resaltar que

la temperatura es el parámetro ambiental aéreo más fácil de medir. No obstante, cada clase de planta tiene su propio rango específico y calendario óptimos para su productividad, floración y tiempo de comercialización [J. and S. \[2022\]](#).

Para medir la temperatura, la punta del sensor no debe estar expuesta a energía radiante, como la luz solar directa o un radiador del sistema de calefacción, puesto que aumentará la temperatura de la punta del sensor y la medida tomada no sería típica de la temperatura del aire circundante [Salazar Aguilar \[2020\]](#). En efecto, la medición exacta de la temperatura del aire se logra a través de una carcasa aspirada para mover una muestra de aire mediante el sensor, logrando a su vez proteger el sensor de la exposición directa a la radiación solar. Esto garantiza una medición más representativa de la temperatura del aire del invernadero. En cuanto a las temperaturas dos de ellas son importantes cuando se trata de sistemas de enfriamiento por evaporación; temperatura de bulbo seco y temperatura de bulbo húmedo [Solano and Galán \[2021\]](#).

La temperatura de bulbo seco es la que se considera como la temperatura del aire, ella es medida por un termómetro regular expuesto a la corriente de aire. La de bulbo húmedo es la temperatura a la que el aire está totalmente saturado (100 % HR). Así mismo, la temperatura de bulbo húmedo es una referencia de la cantidad de humedad en el aire. Las temperaturas de bulbo húmedo se pueden determinar verificando con la estación meteorológica local o invirtiendo en un psicomotor de aspiración, un psicomotor de cabestrillo o un medidor de humedad electrónico [J and Espinosa \[2018\]](#).

Sin duda, el momento preciso para medir la temperatura de bulbo húmedo y a su vez calcular el rendimiento de enfriamiento potencial del sistema por evaporación es por la tarde. Evidentemente, dentro de ese horario la temperatura de bulbo seco está en su punto máximo ya que la radiación solar y las temperaturas exteriores son más altas [Salazar Aguilar \[2020\]](#).

Control de humedad Existen diversos términos que describen la humedad; así como también, varias formas de medirla. La humedad relativa muestra la fracción relativa de vapor de agua en un volumen de aire, con respecto a la cantidad de vapor de agua que ese aire abarca en cuanto a la saturación de la misma temperatura y presión [Solano and Galán \[2021\]](#).

El control de la humedad en el invernadero puede generar grandes beneficios en la reducción de enfermedades; así como, una mejor asimilación de agua y nutrientes teniendo como resultado un mejor crecimiento de las plantas, frecuentemente dicho término se subutiliza y no se comprende bien.

El control de la humedad es una función estándar de la mayoría de los sistemas de control de invernaderos. Es importante resaltar que la detección precisa de la humedad puede ser un desafío, incluso con los sensores más costosos, que de hecho en su gran mayoría no son adecuados ni prácticos para la industria de los invernaderos comerciales. En líneas generales, la humedad puede disminuir a través de la ventilación (que a su vez puede necesitar calefacción) e intensificarse mediante la evaporación del agua suministrada por las boquillas de nebulización [J. and S. \[2022\]](#). Los sensores de Humedad monitorean una o más variables físicas para determinar las condiciones de humedad del suelo en tiempo real, esto nos ayuda a diseñar estrategias y tomar acciones oportunas.

El Dióxido de Carbono (CO₂) El monitoreo de CO₂ es una práctica importante en la gestión de invernaderos y otros entornos agrícolas; así como, en diversas aplicaciones industriales y ambientales. El dióxido de carbono (CO₂) es un componente esencial para el proceso de fotosíntesis en las plantas. Cuando los niveles de CO₂ son bajos, la fotosíntesis se ralentiza, lo que puede afectar el crecimiento de las plantas y la calidad de los cultivos. Por lo tanto, monitorear y controlar los niveles de CO₂ es importante para optimizar la producción en invernaderos y garantizar un ambiente de crecimiento adecuado.

Un sistema de monitoreo de CO₂ en un invernadero generalmente consta de sensores de CO₂ que miden continuamente la concentración de CO₂ en el aire dentro del invernadero. Estos sensores envían datos en tiempo real a un sistema de control que puede ajustar la ventilación o la inyección de CO₂ suplementario para mantener los niveles de CO₂ dentro de un rango óptimo. Esto ayuda a asegurar que las plantas tengan suficiente CO₂ para llevar a cabo la fotosíntesis de manera eficiente, lo que a su vez puede mejorar la producción y la calidad de los cultivos. El monitoreo de CO₂ en invernaderos es una práctica esencial para garantizar un ambiente de crecimiento óptimo para las plantas, controlando los niveles de CO₂ y asegurando que no se agoten, lo que podría afectar negativamente la fotosíntesis y el rendimiento de los cultivos.

Conductividad Eléctrica (CE) La conductividad eléctrica (CE) es una medida que se utiliza para determinar la capacidad de un medio, como el agua o el suelo, para conducir una corriente eléctrica. En agricultura y horticultura, se utiliza principalmente para medir la salinidad del agua o del suelo, ya que la cantidad de sales disueltas en un medio afecta directamente la calidad y la productividad de los cultivos. Aquí hay algunas formas en que

se utiliza la conductividad eléctrica en la agricultura:

1. Medición de la salinidad del agua de riego: El agua utilizada para el riego de cultivos puede contener diferentes concentraciones de sales disueltas, como cloruros, sulfatos y carbonatos. Un alto nivel de salinidad en el agua de riego puede ser perjudicial para las plantas, ya que puede causar daños en las raíces y reducir la absorción de nutrientes. Al medir la conductividad eléctrica del agua de riego, los agricultores pueden determinar si es necesario ajustar la fuente de agua o implementar prácticas de riego adecuadas para evitar problemas de salinidad.
2. Monitoreo de la salinidad del suelo: La CE del suelo es un indicador clave de su salinidad. Un suelo con alta CE puede ser perjudicial para muchas plantas, ya que puede dificultar la absorción de agua y nutrientes por las raíces. Los agricultores pueden utilizar mediciones de CE en el suelo para evaluar la calidad del suelo y tomar decisiones sobre la selección de cultivos y las prácticas de manejo adecuadas.
3. Control de la fertilización: La CE del suelo también se utiliza en el control de la fertilización. Un suelo con alta CE puede requerir ajustes en la cantidad y el tipo de fertilizantes aplicados para asegurar que las plantas reciban los nutrientes necesarios sin exponerlas a problemas de salinidad.

pH El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad de una sustancia, en este caso, del suelo. En agricultura, el pH del suelo es un parámetro que afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un suelo puede ser ácido, neutro o alcalino, y cada rango de pH tiene un impacto en la absorción de nutrientes por las plantas. El sensor de pH en agricultura se utiliza para medir y controlar el nivel de acidez o alcalinidad del suelo. Aquí hay algunas formas en las que un sensor de pH puede ser beneficioso en la agricultura:

1. Determinación de la acidez o alcalinidad del suelo: Un sensor de pH permite a los agricultores medir el pH del suelo de manera precisa. Esto les proporciona información sobre el estado del suelo y les ayuda a determinar si es ácido (pH bajo), neutro (pH cercano a 7) o alcalino (pH alto). Cada tipo de suelo tiene implicaciones específicas en la disponibilidad de nutrientes.

2. Ajuste de la fertilización: El pH del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Con la información proporcionada por el sensor de pH, los agricultores pueden ajustar sus prácticas de fertilización para asegurarse de que las plantas reciban los nutrientes necesarios en las condiciones de pH adecuadas.
3. Corrección del pH: Si el pH del suelo es demasiado ácido o alcalino para el cultivo deseado, los agricultores pueden tomar medidas para corregirlo. Esto puede incluir la aplicación de enmiendas al suelo, como caliza para elevar el pH o materia orgánica para reducirlo.

Luminosidad Los sensores de luminosidad desempeñan un papel importante en la agricultura al medir la cantidad de luz y la intensidad de la radiación que reciben los cultivos. La luz es un factor crítico en el proceso de fotosíntesis de las plantas y afecta directamente su crecimiento, desarrollo y producción. Aquí hay algunas formas en las que los sensores de luminosidad son beneficiosos en la agricultura:

1. Optimización de la ubicación de cultivos: Los sensores de luminosidad pueden ayudar a los agricultores a determinar la ubicación óptima para diferentes cultivos en su terreno. Al medir la cantidad de luz solar disponible en diversas áreas, los agricultores pueden tomar decisiones informadas sobre dónde plantar cultivos que requieran una mayor cantidad de luz y cuáles pueden crecer bien en áreas con menos luz.
2. Control de invernaderos y sistemas de iluminación: En invernaderos y sistemas de cultivo bajo condiciones controladas, los sensores de luminosidad se utilizan para monitorear y controlar la iluminación artificial. Esto es especialmente importante en el cultivo de plantas de invernadero, donde la luz artificial se utiliza para suplementar la luz solar y prolongar las horas de luz durante el día, lo que puede aumentar la productividad de los cultivos.
3. Programación de riego: La cantidad de luz solar influye en la tasa de evaporación de agua en el suelo. Los sensores de luminosidad pueden utilizarse junto con sensores de humedad del suelo para optimizar la programación del riego, asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en función de la intensidad de la luz disponible.

Radiación fotosintética (RFA) Los sensores de radiación fotosintética activa (RFA) son dispositivos que miden la cantidad y calidad de la luz que es óptima para la fotosíntesis de las plantas. La RFA es una medida de la energía luminosa que está disponible para las plantas y que puede ser utilizada en el proceso de fotosíntesis para convertir el dióxido de carbono y el agua en carbohidratos y oxígeno.

Estos sensores son fundamentales en la agricultura, ya que la RFA es un indicador clave del entorno de crecimiento de las plantas. Algunas formas en las que los sensores de RFA son beneficiosos en la agricultura son:

1. Optimización del crecimiento de las plantas: Al medir la RFA, los agricultores pueden determinar si las condiciones de luz son adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Esto les permite ajustar la iluminación artificial en invernaderos o sistemas de cultivo bajo condiciones controladas para proporcionar la cantidad y calidad de luz necesaria.
2. Programación de sistemas de iluminación: En sistemas de cultivo bajo condiciones controladas, como invernaderos, los sensores de RFA se utilizan para controlar sistemas de iluminación artificial, como luces LED, para proporcionar la cantidad precisa de luz que promoverá la fotosíntesis y, en última instancia, el crecimiento de las plantas.
3. Evaluación de la calidad de la luz: Los sensores de RFA pueden ayudar a determinar si la calidad de la luz, es decir, la distribución espectral de la luz (longitudes de onda), es adecuada para el tipo de cultivo específico. Algunas plantas tienen requisitos específicos en términos de espectro de luz para un crecimiento óptimo.
4. Aumento de la eficiencia energética: Al usar sensores de RFA, los agricultores pueden evitar el uso innecesario de iluminación artificial, lo que contribuye a la eficiencia energética y reduce los costos de operación en sistemas de cultivo bajo condiciones controladas.

Caudales de riego En la agricultura, la implementación de sensores de caudal de riego es esencial para una gestión eficiente del agua. Estos dispositivos miden con precisión la cantidad de agua suministrada a los cultivos, permitiendo a los agricultores ajustar la programación de riego de acuerdo a las necesidades específicas de cada planta y las condiciones ambientales. Esto no solo asegura un uso eficiente del recurso hídrico, sino

también previene el exceso de riego, que puede resultar en inundaciones, erosión del suelo y desperdicio de agua.

Además de promover la eficiencia hídrica, los sensores de caudal de riego ayudan a los agricultores a cumplir con regulaciones ambientales relacionadas con la extracción de agua. Reducen costos asociados al bombeo y suministro de agua y evitan la sobreexplotación de fuentes naturales. En última instancia, la implementación de estos sensores no solo contribuye al ahorro de recursos, sino también a la sostenibilidad agrícola y al bienestar del entorno, al evitar impactos negativos asociados al riego descontrolado.

Enfriamiento de invernadero Las técnicas de enfriamiento se pueden estructurar en varias categorías; cada uno utiliza el proceso de enfriamiento por evaporación para reducir la temperatura del aire, así como la ventilación del ventilador para intercambiar el aire húmedo con aire exterior seco. De hecho, el enfriamiento del invernadero disminuye el estrés de las plantas causado por las altas temperaturas de las hojas y al mismo tiempo del aire. Cabe considerar que existe la posibilidad de que el sistema de raíz y tallo no pueda suministrar agua adecuada a las hojas, lo que limita la transpiración, el mecanismo de enfriamiento de la planta aunado a ello, el aire caliente y húmedo alrededor de las hojas podría reducir la eficacia de la transpiración en la superficie de la hoja [J. and M. \[2021\]](#).

Calefacción de invernadero La finalidad del sistema de calefacción es sustituir la energía perdida del invernadero cuando las temperaturas exteriores son más bajas que las deseadas en el área de cultivo. El calor se transfiere por conducción, convección y radiación. Cuando existe una pérdida de calor por radiación puede representar el 25% o más de la pérdida total en un invernadero de polietileno de doble capa en una noche despejada. La pérdida de calor de un invernadero depende de tres variables:

- La superficie del invernadero.
- La ubicación del invernadero y el cultivo a sembrar.
- La tasa de pérdida de calor del invernadero que depende del material de acristalamiento.

De esta manera, dos de ellos se determinan fácilmente, y el tercero es una aproximación que depende del acristalamiento y su condición y de si hay o no pantallas térmicas en su lugar. Las pérdidas de calor hacia el suelo suelen ser mínimas en relación con las pérdidas hacia la atmósfera. En ocasiones

no se incluyen porque la diferencia de temperatura entre el invernadero y el suelo es pequeña y el coeficiente de transferencia de calor es relativamente pequeño [J. and M. \[2021\]](#).

Capítulo 3

Marco Metodológico

Algunas partes del software se eligieron en función del trabajo relacionado, mientras que otras partes se seleccionaron debido a la capacidad de trabajar junto con el hardware seleccionado. Partes del software solo se usan para probar y validar y acelerar el proceso de desarrollo, mientras que otras son parte del prototipo final. Para cumplir con los objetivos propuestos es necesario describir los componentes IoT en la automatización de la Floricultura, a continuación, se describe los componentes necesarios:

3.1. Componentes del Hardware: Dispositivo Electrónico

Pantalla Display Las pantallas LCD se utilizan en aplicaciones de sistemas integrados para mostrar diferentes características y estados del sistema. Este proyecto utilizará en el diagrama una pantalla LCD de 16x2, que tiene dos líneas y puede mostrar 16 caracteres por línea. Como resultado, un panel LCD de 16x2 puede mostrar hasta 32 caracteres a la vez. La descripción del pin de la pantalla LCD se muestra en la Fig.3.1 Con el desplazamiento, es posible mostrar más de 32 caracteres.

Arduino ESP8866 Se usa como una extensión de Android para obtener acceso a la red Wi-Fi. Esta es también la funcionalidad principal de su diseño: proporcionar conexión Wi-Fi para productos electrónicos múltiples. El ESP8266 Fig. 3.2 es un módulo Wi-Fi independiente de la empresa SparkFun Electronics con sede en China. Tiene un microcontrolador incorporado y una antena Wi-Fi de placa de circuito impreso (PCB). Excepto los pines para conexión a tierra y alimentación, tiene dos pines dedicados para la

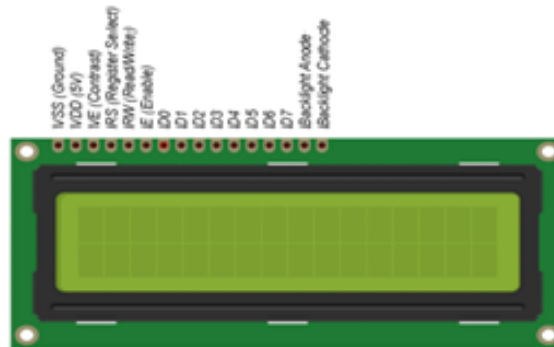


Figura 3.1: Display para Arduino, se utiliza para visualizar cambios en los sensores (Filip Andreas , 2020).



Figura 3.2: Dispositivo Arduino ESP8866 (Truong Hong, 2019).

comunicación serial UART, dos pines de entrada y salida de propósito general (GPIO), un pin de reinicio y un pin de habilitación. El ESP8266 versión -01 viene con memoria flash de 4Mb, flasheada con el software AT command.

3.2. Componentes de software

Se mencionan los softwares que pueden ser utilizados en dicho sistema de control de datos dentro del sistema invernadero por medio del cual se logrará cumplir las metas propuestas.

Arduino IDE El entorno de desarrollo integrado Arduino, o software Arduino (IDE), Fig.3.3, incluye un editor de texto para escribir código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y una serie de menús. De hecho, este se

conecta al hardware Arduino y Genuino para cargar programas y al mismo tiempo comunicarse con ellos.

En efecto, los programas escritos con el software Arduino (IDE) se denominan bocetos. Estos bocetos se escriben en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo “.ino”. Así mismo, el editor tiene funciones para cortar/pegar y para buscar/reemplazar texto. Con respecto al área de mensajes esta proporciona comentarios al guardar y exportar así como también muestra los errores.

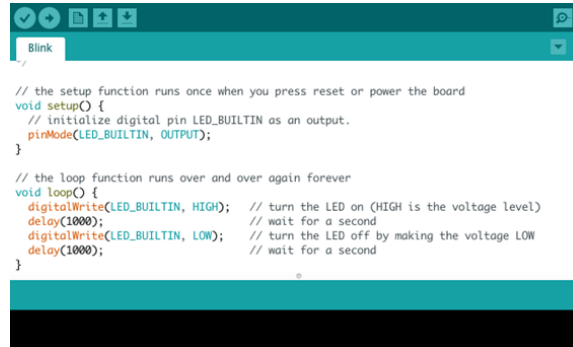
La consola muestra la salida de texto del software Arduino (IDE), incluidos los mensajes de error completos y otra información. Mientras que, la esquina inferior derecha de la ventana muestra la placa configurada y el puerto serie. Con respecto a los botones de la barra de herramientas estos permiten verificar, cargar programas, crear, abrir y guardar bocetos así como abrir el monitor en serie. A este respecto, el programa para Arduino se puede escribir en cualquier lenguaje de programación bien sea para un compilador que produce código de máquina binario o para el procesador de destino.

Atmel facilita un entorno de desarrollo para sus microcontroladores, control automático para regular el voltaje .AVR"Studio y el nuevo Atmel Studio. Asimismo el proyecto Arduino proporciona el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, que es una aplicación multiplataforma escrita en el lenguaje de programación Java.

Dentro de esta perspectiva, se originó en el IDE para los lenguajes (Processing and Wiring) el cual incluye un editor de código con funciones como cortar y pegar texto, buscar y reemplazar texto, sangrado automático, combinación de llaves y resaltado de sintaxis, de esta manera proporciona mecanismos simples de un solo clic para compilar y a su vez cargar programas en una placa Arduino, incluso contiene un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para las funciones generales y una jerarquía de menús de operación.

Igualmente, el IDE de Arduino admite los lenguajes C y C++ utilizando reglas especiales de estructuración de código. El IDE de Arduino suministra una biblioteca de software del proyecto Wiring, que facilita diversos procedimientos comunes de entrada y salida. El código escrito por el usuario solo amerita dos funciones básicas, para iniciar el boceto y el bucle del programa principal, que reúne y vincula con un programa stub `main()` en un programa ejecutivo cíclico ejecutable con la cadena de herramientas GNU, que está incluida con la distribución IDE .

El IDE de Arduino utiliza el programa `avrduide` para transformar el código ejecutable en un archivo de texto en codificación hexadecimal, el

A screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink". The code editor shows the following C++ code:

```
// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}
```

Figura 3.3: Imagen del IDE.Arduino Fuente: (Desdelinux, 2023)

cual se carga en la placa Arduino por medio de un programa de carga en el firmware de la placa.

Servicio Android El servicio es una labor que se ejecuta en segundo plano para realizar una operación que se extiende sin interacción directa del usuario. Un ejemplo de ello sería, la reproducción de música en segundo plano mientras el usuario se actualiza con el nuevo correo. También otro ejemplo de ello es revisar las condiciones climáticas para los dispositivos que se ejecutan en el teléfono. Cabe destacar que es importante saber que el servicio ejecutará el hilo principal de su proceso de alojamiento. En este sentido, el servicio no es ni un proceso separado ni un hilo. Es decir, el servicio de Android es una instalación para decirle al sistema que necesita realizar una tarea particular en segundo plano.

Por su parte, dicho servicio tiene la capacidad de representar algunas de sus funciones a otras aplicaciones. Ahora bien, la interacción con el servicio en la plataforma Android puede ser complicada o sencilla, siendo un objeto local en Java o una interfaz remota mediante el uso de AIDL. `Context.bindService()` se utiliza para obtener una conexión firme con el servicio. Dentro de este orden de ideas, para lograr usar un servicio en un proyecto de Android, es indispensable proporcionar la etiqueta `<service>` en el archivo de manifiesto del proyecto. Para tal efecto, se necesitan otras aplicaciones para mostrar la etiqueta `<uses-permission>` en su archivo de manifiesto para poder iniciar, detener o vincular los servicios.

Sin duda, el servicio local es un tipo de servicio frecuente cuando el servicio debe ser parte de una aplicación y a su vez interactúa con la aplicación. Por otro lado, Remote Messenger Service es otro tipo de servicio de Android que suministra una conexión compleja con el

cliente dentro de un proceso remoto. El servicio puede ser iniciado por `Context.startService()`, en este punto el sistema requiere del servicio y ejecuta el método `onStartCommand()` para aprobar que el servicio realice su función hasta que se llame a `Context.stopService()`. El usuario debe tener en cuenta que sin importar las veces se llame a `Context.startService()`. El servicio solo se iniciará nuevamente en una condición que no está en modo de ejecución.

MIT app inventor App Inventor para Android es una aplicación web de código abierto originalmente facilitada por Google y ahora mantenida por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). La cual permite a los nuevos usuarios de la programación informática crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android (OS). De hecho, utiliza una interfaz gráfica explicada en la Figura 3.4, muy similar a Scratch y la interfaz de usuario de Star Logo TNG, que posibilita a los usuarios arrastrar y soltar objetos visuales para crear una aplicación que puede ejecutarse en dispositivos Android. Es importante señalar que cuando Google crea la App Inventor, se sustentó en una importante investigación previa en informática educativa; así como, en el trabajo realizado dentro de Google en entornos de desarrollo en línea.

Sin duda, MIT App Inventor es un entorno de programación visual intuitivo que permite a los usuarios de distintas edades incluso a niños, crear aplicaciones totalmente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas. Aquellos que sin mucha experiencia en MIT App Inventor pueden tener una primera aplicación simple en pleno funcionamiento en menos de 30 minutos. Así como también, muestra herramientas basadas en bloques, facilitando la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto en menor tiempo a diferencia de los entornos de programación tradicionales.

A este respecto, el proyecto MIT tiene un pequeño equipo de integrantes y estudiantes de CSAIL, el cual está dirigido por el profesor Hal Abelson, y con ello forma el núcleo de un movimiento internacional de inventores. De este modo liderar la divulgación educativa sobre MIT App Inventor y realizar investigaciones sobre sus impactos, dicho equipo central conserva el entorno de desarrollo de aplicaciones en línea gratuito que atiende a más de 6 millones de usuarios registrados (Escobar, 2021).

Los bloques incorporados están disponibles independientemente de los elementos que se encuentren en cualquier proyecto. Además de estos bloques de idioma, igualmente cada componente de su proyecto tiene su propio conjunto de bloques específicos para sus eventos particulares, métodos y propiedades. Ahora bien, esta es una descripción usual de todos los bloques



Figura 3.4: Imagen del PROGRAMA mit APP inventor Fuente: (Programamos, 2023)

unificados que se encuentran disponibles en el editor de bloques.

- Bloques de control.
- Bloques lógicos.
- Bloques matemáticos.
- Bloques de texto.
- Listas de bloques.
- Bloques de colores.
- bloques de variables.
- Bloques de procedimientos.

Unidad de control El proceso requiere una unidad de hardware para vigilar la recepción de datos, los sensores y recopilar los datos.

Existen muchos tipos de controladores para realizar esta operación, siendo:

- Microcontroller.
- Raspberry Pi.
- Arduino kit.

3.3. Parámetros del diseño

El producto final de este trabajo busca evaluar los procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas, para alcanzar los objetivos planteados se utilizarán técnicas de medición numérica para recopilar y analizar los datos necesarios. Esto podría incluir el uso de sensores y dispositivos IoT para adquirir los datos de las variables de interés, y la posterior aplicación de técnicas estadísticas y de análisis multivariado para identificar patrones y relaciones entre las variables.

3.3.1. Población y muestra

La población objetivo de esta investigación son los cultivos de rosas en un área geográfica específica, es decir, aquellos que cumplen con los criterios de inclusión definidos previamente. La delimitación geográfica puede estar determinada por distintos factores, como por ejemplo, el clima o la ubicación geográfica de los cultivos. En cuanto a la muestra, se seleccionará una muestra aleatoria representativa de los cultivos que se deseen monitorear, es decir, aquellos que permitan obtener una visión general del proceso de adquisición de datos utilizado en los cultivos de rosas en la población objetivo. Es importante que la muestra sea representativa para garantizar que los resultados obtenidos de la muestra sean generalizables a la población objetivo. La selección de la muestra se realizará mediante técnicas de muestreo aleatorio, que permiten seleccionar de forma aleatoria un número determinado de cultivos dentro de la población objetivo. Una vez seleccionados los cultivos que conformarán la muestra, se instalarán los sensores y dispositivos necesarios para la adquisición de datos. La cantidad y tipo de sensores y dispositivos a instalar dependerá de las variables climáticas y de nutrición que se deseen monitorear.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos:

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos, se utilizarán diferentes dispositivos y sensores IoT (Internet de las cosas) para adquirir los datos de las variables climáticas y de nutrición en los cultivos de rosas. Es decir, se instalarán sensores específicos en los cultivos que permitan medir de manera automática y en tiempo real las variables climáticas y de nutrición. Entre los sensores que se pueden utilizar se encuentran los de temperatura, humedad, luminosidad, concentración de nutrientes, entre otros. Estos sensores pueden ser inalámbricos y cableados, lo que permite que la información sea enviada de manera automática a una plataforma de monitoreo en la red local. Es importante destacar que los sensores y dispositivos utilizados deben ser validados previamente para asegurar su precisión y fiabilidad. Asimismo, la ubicación y cantidad de los sensores a instalar deben ser cuidadosamente definidos para garantizar que los datos obtenidos sean representativos y relevantes. En resumen, los instrumentos de recolección de datos para esta investigación incluyen sensores IoT específicos, que permitirán obtener información precisa y completa sobre los procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas.

3.3.3. Procedimiento para la adquisición de datos

Una vez que se han seleccionado los cultivos representativos para la investigación, se procederá a implementar los sensores y dispositivos IoT en cada uno de ellos. Es importante realizar una instalación adecuada de los sensores y dispositivos para asegurar que los datos obtenidos sean precisos y fiables. Una vez que los sensores han sido instalados correctamente, se definirán las frecuencias y horarios de medición de cada variable. Es decir, se establecerán los intervalos de tiempo en que se medirán las variables climáticas y de nutrición en los cultivos. Esto permitirá obtener información actualizada y en tiempo real sobre el estado de los cultivos y las variables que influyen en su desarrollo. Durante el proceso de medición, los datos obtenidos serán inscritos en un registro de seguimiento. Esto permitirá tener un registro detallado y completo de los datos obtenidos, lo que facilitará su posterior análisis y evaluación. Es importante destacar que durante todo el procedimiento de adquisición de datos se debe garantizar la calidad y fiabilidad de los mismos. Para ello, se deben realizar controles y verificaciones periódicas de los sensores y dispositivos, así como asegurar que la instalación y configuración de los mismos sea adecuada. En resumen, el procedimiento para la adquisición de datos consistirá en la implementación de sensores y dispositivos IoT en los cultivos seleccionados, definición de frecuencias y horarios de medición de cada variable, registro de los datos obtenidos en un registro de seguimiento y garantizar la calidad y fiabilidad de los datos obtenidos en todo momento.

3.3.4. Análisis de los datos:

Una vez que se han recopilado los datos mediante los sensores y dispositivos IoT, se procederá a realizar un análisis estadístico de los mismos. Este análisis permitirá identificar los patrones y relaciones existentes entre las variables climáticas y de nutrición en los cultivos de rosas. Para llevar a cabo este análisis, se utilizarán técnicas de análisis multivariado. Estas técnicas permiten analizar múltiples variables simultáneamente y determinar su impacto en el resultado final. Con el análisis multivariado se pueden identificar las variables más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Además, durante el análisis se evaluará la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos. Esto se puede hacer mediante técnicas de validación de datos y comparando los resultados obtenidos con los estándares existentes de medición de las variables en cuestión. De esta manera, se podrá determinar la calidad de los datos obtenidos y la confiabilidad de

los resultados obtenidos. En resumen, el análisis de los datos consistirá en la utilización de técnicas de análisis multivariado para identificar patrones y relaciones entre las variables climáticas y de nutrición en los cultivos de rosas. Además, se evaluará la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos mediante técnicas de validación y comparación con los estándares existentes. El análisis de los datos permitirá obtener información valiosa sobre los procesos de adquisición de datos en entornos de IoT para el monitoreo de variables climáticas y de nutrición en los cultivos de rosas. Es importante destacar que la selección de la muestra debe seguir ciertos criterios para garantizar la representatividad de la muestra, como por ejemplo, la homogeneidad en cuanto a la ubicación geográfica de los cultivos, la variedad de especies de rosas cultivadas y la antigüedad de los cultivos, entre otros. De esta forma, se asegura que la muestra seleccionada refleje de manera fiel a la población objetivo y los resultados obtenidos puedan ser generalizados a dicha población.

3.3.5. Definición de los parámetros para el análisis de los datos.

Definir los parámetros a considerar para el adecuado análisis de los datos implica identificar las variables relevantes que serán evaluadas en relación a las condiciones climáticas y de nutrición de los cultivos de rosas. En este sentido, es importante definir las variables que se medirán; así como, también establecer los rangos de medición para cada una de ellas. Entre las variables que se pueden considerar se encuentran la temperatura, humedad, luminosidad, concentración de nutrientes, pH, entre otras, dependiendo de las necesidades específicas de la investigación. También es importante establecer la frecuencia de medición y los horarios en los que se llevarán a cabo las mediciones, para poder obtener una muestra representativa de los datos a lo largo del tiempo. Además, es necesario considerar la precisión y la fiabilidad de los sensores y dispositivos IoT utilizados para la adquisición de los datos, para poder determinar su capacidad para medir de manera exacta y confiable las variables de interés. Esto permitirá obtener una base de datos robusta y confiable para su posterior análisis y toma de decisiones en el control y monitoreo de los cultivos de rosas.

3.3.6. Valores óptimos de los sensores para el control de cultivo.

Establecer los valores óptimos esperados de los sensores es fundamental para garantizar un adecuado control de cultivo. Para lograr esto, se deben tener en cuenta los requerimientos específicos de cada variable de interés, como la temperatura, humedad, luminosidad, concentración de nutrientes, entre otros. Es importante establecer los rangos óptimos de cada variable, que permitan mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos de rosas. Para esto, se puede hacer uso de estudios previos y referencias bibliográficas que brinden información acerca de los valores recomendados para cada variable en cuestión. Además, se deben considerar factores externos que puedan afectar las mediciones de los sensores, como la ubicación de los mismos en el cultivo, la exposición a la luz solar, entre otros. Es importante tener en cuenta estos factores al momento de establecer los valores óptimos esperados de los sensores. Una vez establecidos los valores óptimos esperados de los sensores, se pueden comparar las mediciones obtenidas con estos valores para determinar si se están cumpliendo las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. De esta manera, se pueden tomar acciones preventivas y correctivas para mantener las condiciones óptimas de los cultivos de rosas y lograr un adecuado control de cultivo. Para obtener los parámetros óptimos en la floricultura a través de los sensores, es necesario analizar los datos recopilados y establecer los rangos adecuados. A continuación, se presenta en forma de tabla los valores obtenidos de la indagación de los sensores para cada parámetro medido, ver tabla 3.1

3.3.7. Clasificación de mediciones para toma de decisiones.

Clasificar las mediciones obtenidas en una base de datos es una tarea esencial para poder analizar los datos y tomar decisiones precisas en el control de cultivos. Es necesario establecer una estructura adecuada para la base de datos, que permita almacenar y organizar los datos de manera clara y ordenada. Para ello, se deben definir las variables y unidades de medida utilizadas; así como también, las fechas y horarios de las mediciones. Una vez establecida la estructura de la base de datos, se pueden clasificar las mediciones de acuerdo a diferentes criterios, como la ubicación geográfica de los cultivos, el tipo de sensores utilizados, las variables medidas, el tiempo de registro, entre otros. Esta clasificación permite realizar búsquedas específicas y obtener información relevante de manera eficiente. El tratamiento de

Tabla 3.1: Parámetros necesarios para medir valores en los sensores propuestos

Tipo	Sensor	Unidad de Medida	Valores óptimos	Referencia bibliográfica
PH	GAOHOU PH0-14	La unidad de medida del pH es adimensional, es decir, no tiene unidades físicas de medida. El pH se mide en una escala de 0 a 14, donde un pH de 7 indica neutralidad, pH por debajo de 7 indica acidez y pH por encima de 7 indica alcalinidad.	5/5.6	(Gomez, 2019)
CO ²	DFRobot CO ²	La unidad de medida del dióxido de carbono (CO ₂) depende del contexto en el que se esté midiendo. En la mayoría de los casos, se mide en partes por millón (ppm), que es una medida de concentración que indica la cantidad de moléculas de CO ₂ por cada millón de moléculas de aire. Otras unidades comunes de medida del CO ₂ son los porcentajes (%), los gramos por metro cúbico (g/m ³) y los miligramos por metro cúbico (mg/m ³), que se utilizan en contextos específicos, como en la calidad del aire interior o en la seguridad laboral.	700/900 ppm	(Gomez, 2019)
Radiación Foto sintética	Sensor Fotovoltaico	La unidad de medida de la radiación foto sintéticamente activa (RFA) es el mol por metro cuadrado por segundo (mol/m ² /s). Esta unidad mide la cantidad de energía electromagnética en el rango de longitud de onda de 400 a 700 nanómetros (nm) que es absorbida por las plantas para la fotosíntesis. Es una medida importante en la investigación agrícola y en la producción de cultivos, ya que permite medir la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis y, por lo tanto, la capacidad de las plantas para producir biomasa y cultivar de manera óptima.	400/450 RFA	(Lopez, 2021)
Temperatura	Sensor de Temperatura Termocupla + Max6675 Arduino	La unidad de medida de la temperatura en el sistema internacional (SI) es el kelvin (K). Sin embargo, también se utilizan otras unidades de medida en diferentes sistemas, como el grado Celsius (°C) y el grado Fahrenheit (°F).	18/24 °C	(Nutricontrol), 2023
Humedad	DTH22	g / m ³ .	60/80 %	(Truong , 2019)

los datos implica la limpieza, procesamiento y análisis de los mismos. Es importante eliminar los datos anómalos o erróneos; así como también, corregir los errores de medición o inconsistencias en la base de datos. Una vez que los datos están limpios y organizados, se pueden utilizar técnicas de análisis estadístico para identificar patrones y tendencias en los datos, y tomar decisiones en función de la información obtenida. En resumen, clasificar las mediciones en una base de datos y tratar los datos de manera adecuada es fundamental para obtener información útil y relevante en el control de cultivos, lo que permite tomar decisiones precisas y eficientes en la gestión de los mismos.

3.4. Arquitectura Propuesta

Para diseñar la propuesta tecnológica es necesario estructurar toda la arquitectura de funcionamiento lo cual permitirá tener una expectativa general de lo que se plantea hacer. Por ende, a continuación, se representa gráficamente Fig.3.5, como se propone generar la interacción entre los diferentes componentes:

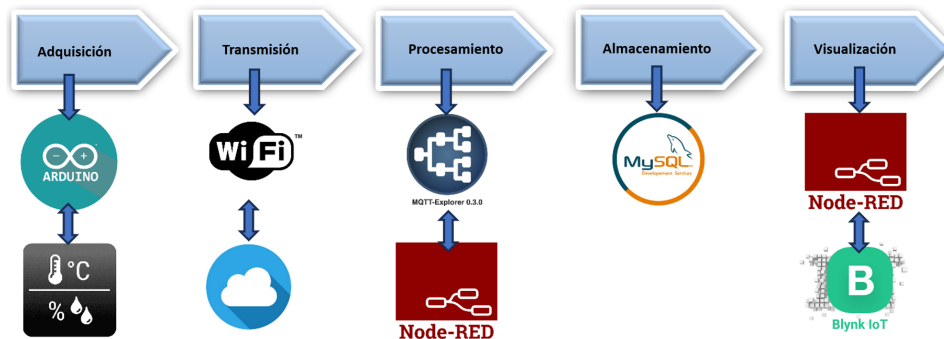


Figura 3.5: Fases del Diseño propuesto.

El resultado la arquitectura propuesta, Fig.3.6, cliente servidor, daría un tiempo de respuesta de 0,47 segundos utilizando una red local. El uso de sensores inalámbricos también proporciona escalabilidad y un sistema fácil de instalar.

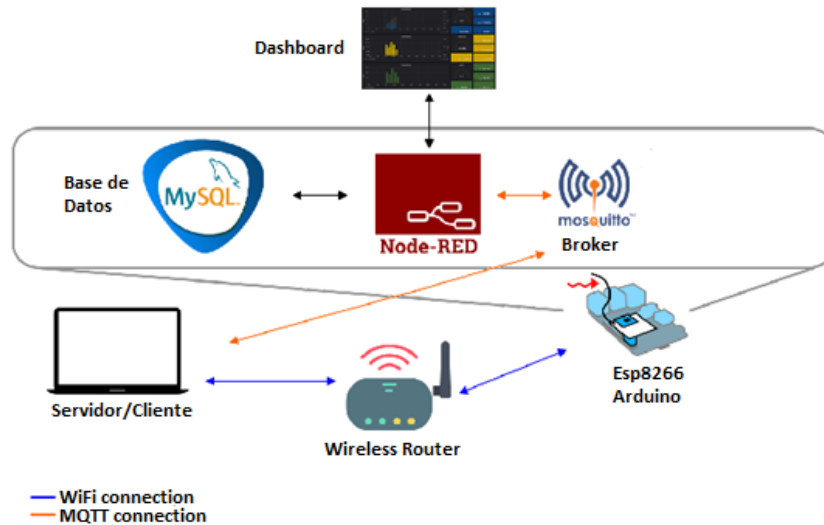


Figura 3.6: Estructura cliente servidor. Envío de parámetros a través de Post por Wi-Fi.

3.5. Estudio de la solución IoT para monitoreo de las condiciones óptimas de un cultivo de flores

Para el estudio de solución de IoT para monitoreo de las condiciones óptimas de un cultivo de flores, se recomienda utilizar sensores y dispositivos de IoT que permitan medir y monitorear variables climáticas y de nutrición en tiempo real. Además, se recomienda utilizar un lenguaje de programación adecuado para el desarrollo de aplicaciones de IoT, como Python C++ o Java, que sean eficientes y escalables.

Los sensores de humedad del suelo, temperatura y humedad del ambiente son esenciales para monitorear las condiciones óptimas del cultivo. Estos sensores pueden conectarse a una placa Arduino o Raspberry Pi, que se puede programar para enviar los datos recopilados a una base de datos en la nube o a un servidor local, Fig.3.7. Además, se pueden utilizar dispositivos de IoT como cámaras y drones para monitorear el crecimiento y el estado del cultivo. Para el desarrollo de la aplicación de IoT, se recomienda utilizar un lenguaje de programación adecuado, que permita el procesamiento y análisis de los datos recopilados. Además, se pueden utilizar frameworks y bibliotecas de IoT como AWS IoT o Google Cloud IoT para facilitar el desarrollo y la implementación de la solución.

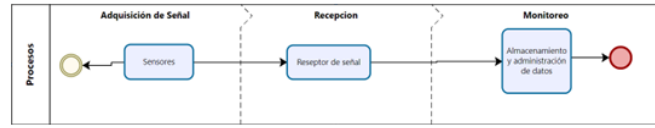


Figura 3.7: Esquema de procesamiento de datos de un sensor.

3.5.1. Fase de adquisición de datos

La fase de Adquisición de datos estará compuesta sensores IoT y un módulo o placa que recibirá los datos de los sensores y los transmitirá hacia la nube para su procesamiento y validación. Para poder obtener los datos o parámetros necesarios se debe tener en consideración el tipo de dispositivo que se va a utilizar; por ende, se debe de reflexionar una serie de variantes que pueden influir en la selección de estas como son :

- Precio.
- Disponibilidad en el mercado.
- Ventajas.
- Desventajas.

A continuación en las tablas: 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6 se expresan los diferentes tipos de sensores con su respectiva comparación buscando evaluar el que tenga más aseveraciones positivas para utilizar en el proyecto propuesto.

Tabla 3.2: Sensor CO².

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
Sonda de CO2 GMP251.	Sensor de calor incluido, facilidad de uso y de limpieza.	Solo posee salida digital.	813
CO2 MH-Z19B.	Señal de salida Serial (UART) – TTL nivel 3.3 V – Salida analógica PWM.	Vida útil 5 años.	152
Senseair S8 LP.	Vida util 15 años.	Solo señal de salida UART (Modbus).	105
Sensor infrarrojo análogo de CO2 Gravity para Arduino (0 5000 ppm).	Salida analoga compatible con cualquier dispositivo.	Vida util 5 años.	70

Tabla 3.3: Sensor humedad.

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
DHT11.	Es un sensor económico y fácil de usar con Arduino. Además, es preciso y tiene un buen rango de medición de humedad y temperatura.		5
DHT22.	Es similar al DHT11, pero con mayor precisión y rango de medición. También tiene una salida digital y analógica, lo que lo hace más versátil para diferentes tipos de proyectos.		10
FC-28.	Es un sensor que utiliza la capacidad eléctrica para medir la humedad del suelo, lo que lo hace más preciso que los sensores resistivos. Además, es fácil de usar y económico.		5
YL-69.	Es otro sensor de humedad del suelo que se puede utilizar con Arduino para proyectos de jardinería y agricultura. Es fácil de usar y económico, y proporciona una buena precisión en la medición de la humedad del suelo.		5

Tabla 3.4: Sensor Ph.

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
GAOYOU PH0-14	Compatible con dispositivos raspberry y Arduino.	Tiempo de respuesta menor o igual a 55 segundos.	55
PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC.	Salidas analógicas y digital.	Tiempo de respuesta igual o menor a 60 segundos.	38
Sensor De Ph Con Conector Bnc E-201 0-14 Ph.	Tiempo de respuesta menor o igual a 50 segundos.	Es muy frágil.	33

Tabla 3.5: Sensor radiación Solar.

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
ML8511 Arduino.	Salida de señal analógica compatible con Arduino y otros receptores.	Fragilidad al momento de usar.	16
RK200-04.	Salida de señal analógica compatible con múltiples receptores, resistencia a ambientes acuáticos.		-
Waveshare DC3.3-5V 200nm-370nm.	Bajo consumo de energía.	Frágil al momento de manipular.	13

Tabla 3.6: Sensor Temperatura.

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
Arduino LM35.	Resistencia alta.	No suministra datos negativos.	0.8
Arduino TMP36.	Precisión: El sensor TMP36 tiene una alta precisión y una resolución de 10 mV/°C, lo que lo hace adecuado para medir temperaturas con gran exactitud.	Ruido: El sensor TMP36 puede ser susceptible al ruido eléctrico, lo que puede afectar la precisión de las mediciones.	12
Arduino TC74.	Rango de temperatura: El sensor TC74 tiene un rango de temperatura de -40°C a 125°C, lo que lo hace adecuado para medir temperaturas en una amplia variedad de entornos y aplicaciones.	Necesita otros componentes para funcionar, 8 segundos de recolección de muestras.	3
Arduino DHT11.	No necesita componentes extras.	2 segundos de tiempo de recolección de muestra.	2
Arduino DHT22.	Mide temperatura y humedad.	2 segundos de tiempo de recolección de muestra.	5

Del análisis realizado a las especificaciones y características de los diferentes sensores se ha determinado con la finalidad de alcanzar los objetivos la utilización de los sensores de: Temperatura y humedad del ambiente el sensor DHT22, por su corta respuesta para la recolección de la muestra, su funcionalidad de 2 sensores en 1 solo dispositivo, su disponibilidad y bajo costo en el mercado. Para el monitoreo de la humedad

del suelo, el sensor YL-69, compatible con el software arduino, de fácil configuración, buena precisión, bajo costo y disponibilidad en el mercado para el monitoreo del Ph, el sensor E201-BNC, de buena precisión, con el menor tiempo de respuesta, disponible en el mercado nacional.

3.5.2. Fase de transmisión de datos

Transmisión

Una vez que los datos sean obtenidos de los sensores, estos serán transmitidos por un medio que garantice su disponibilidad y su seguridad, para lograr este fin se analizará la mejor opción tablas 3.7 y 3.8, que nos garantice obtener los mejores resultados de manera rápida, eficiente y con el menor costo del mercado.

La fase de transmisión de datos se compone del envío de la información de los procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas. En esta fase se podría incluir componentes como antenas, gateways y dispositivos de comunicación inalámbrica tabla 3.9, que permitan la transmisión de los datos recopilados por los sensores a través de redes inalámbricas o cableadas. También podría incluir dispositivos de almacenamiento temporal, como búferes, que permitan la gestión adecuada de los datos antes de ser transmitidos a la base de datos. Además, podría incluir componentes como software de gestión de datos tabla 3.10, que permita la validación y procesamiento adecuado de los datos recibidos antes de ser almacenados en la base de datos. También podría incluir componentes para la gestión y monitoreo del estado del sistema, como herramientas de diagnóstico y monitoreo remoto.

Tabla 3.7: Placas de transmisión 1

Dispositivo	Método de transmisión	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
Arduino: ESP8266	Wi-fi	<p>Bajo costo: Ambas plataformas son relativamente económicas en comparación con otros dispositivos similares en el mercado.</p> <p>Fácil de programar: Arduino utiliza un lenguaje de programación de alto nivel basado en C++, lo que lo hace fácil de aprender y programar incluso para principiantes. Además, existen muchas librerías y ejemplos disponibles en línea para facilitar el proceso de programación.</p> <p>Amplia comunidad: Arduino y ESP8266 tienen una gran comunidad de usuarios en línea que comparten información, tutoriales y proyectos, lo que facilita el aprendizaje y la resolución de problemas.</p> <p>Flexibilidad: Arduino y ESP8266 permiten la conexión de una amplia variedad de sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos, lo que los hace muy flexibles y adaptables a diferentes proyectos.</p> <p>Conexión a Internet: La utilización del módulo ESP8266 permite la conexión a Internet y la transferencia de datos en tiempo real, lo que es esencial para muchos proyectos de IoT.</p> <p>Escalabilidad: Arduino y ESP8266 son plataformas escalables, lo que significa que se pueden utilizar en proyectos pequeños y simples, así como en proyectos más grandes y complejos.</p>	<p>Limitaciones de hardware: Arduino y ESP8266 tienen limitaciones en términos de memoria, velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento, lo que puede limitar la complejidad y el alcance de algunos proyectos.</p> <p>Conexión inalámbrica: Aunque el módulo ESP8266 permite la conexión a Internet, la conexión inalámbrica puede ser menos confiable que una conexión por cable, especialmente en áreas con una señal débil.</p> <p>Consumo de energía: Arduino y ESP8266 pueden consumir más energía que otros dispositivos similares en el mercado, lo que puede ser un problema en proyectos que requieren una larga duración de batería o energía solar.</p> <p>Seguridad: La conexión a Internet a través del módulo ESP8266 puede presentar riesgos de seguridad si no se toman las medidas adecuadas para proteger los datos y la privacidad.</p> <p>Limitaciones de software: Aunque Arduino tiene una amplia variedad de librerías y ejemplos disponibles en línea, la compatibilidad con algunos dispositivos o software específicos puede ser limitada.</p>	8
SIM900	4G/LTE	<p>Conectividad de alta velocidad: La tarjeta SIM7600 permite la conexión a la red de telefonía móvil 4G/LTE, lo que proporciona una conectividad de alta velocidad para la transmisión de datos.</p> <p>Precisión en la geolocalización: La tarjeta SIM7600 tiene la capacidad de utilizar el sistema de navegación por satélite GNSS para la geolocalización, lo que proporciona una precisión en la ubicación.</p> <p>Compatibilidad con Arduino: La tarjeta SIM7600 es compatible con la plataforma Arduino, lo que la hace fácilmente integrable en proyectos de electrónica y robótica.</p> <p>Bajo consumo de energía: La tarjeta SIM7600 tiene un bajo consumo de energía, lo que la hace adecuada para proyectos que requieren una larga duración de batería o energía solar.</p>	<p>Costo: La tarjeta SIM7600 puede ser más costosa que otras opciones de conectividad GSM/GPRS, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos con presupuestos limitados.</p> <p>Complejidad: La configuración y programación de la tarjeta SIM7600 puede ser más compleja que otras opciones de conectividad GSM/GPRS, lo que puede requerir más tiempo y experiencia técnica.</p> <p>Tamaño: La tarjeta SIM7600 es más grande que algunas otras opciones de conectividad GSM/GPRS, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos con limitaciones de espacio.</p> <p>Consumo de energía: Aunque la tarjeta SIM7600 tiene un bajo consumo de energía, puede requerir más energía que otras opciones de conectividad GSM/GPRS, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos que requieren una larga duración de batería o energía solar.</p>	70

Tabla 3.8: Placas de transmisión 2

Dispositivo	Método de transmisión	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
Ethernet Shield W5100	Ethernet	<p>Conexión directa a la placa Arduino: La tarjeta Ethernet Shield W5100 se conecta directamente a la placa Arduino, lo que la hace fácilmente integrable en proyectos de electrónica y robótica.</p> <p>Compatibilidad con la mayoría de las placas Arduino: La tarjeta Ethernet Shield W5100 es compatible con la mayoría de las placas Arduino, lo que la hace una opción versátil para proyectos que requieren conectividad Ethernet.</p> <p>Fácil de programar: La tarjeta Ethernet Shield W5100 es fácil de programar y se puede utilizar con la mayoría de las bibliotecas Ethernet de Arduino.</p> <p>Soporte para múltiples conexiones simultáneas: La tarjeta Ethernet Shield W5100 tiene la capacidad de soportar múltiples conexiones simultáneas, lo que la hace adecuada para proyectos que requieren la transmisión de datos en tiempo real.</p>	<p>Velocidad limitada: La tarjeta Ethernet Shield W5100 tiene una velocidad limitada de transmisión de datos, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos que requieren una alta velocidad de transmisión.</p> <p>Limitaciones de memoria: La tarjeta Ethernet Shield W5100 tiene limitaciones de memoria, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos que requieren una gran cantidad de datos para ser transmitidos.</p> <p>Consumo de energía: La tarjeta Ethernet Shield W5100 puede consumir más energía que otras opciones de conectividad, lo que puede ser un factor a considerar en proyectos que requieren una larga duración de batería o energía solar.</p> <p>Limitaciones de compatibilidad: Aunque la tarjeta Ethernet Shield W5100 es compatible con la mayoría de las placas Arduino, puede haber algunas excepciones o limitaciones, lo que puede requerir una investigación adicional antes de utilizarla en un proyecto específico.</p>	30

Tabla 3.9: Equipos complementarios para la transmisión

Dispositivo	Ventaja	Desventaja	Costo (USD)
Routers Wi-Fi	Conexión estable: los routers suelen tener una conexión Wi-Fi estable y confiable, lo que garantiza que los datos se transmitan de manera efectiva desde los dispositivos de medición al servidor central.	Otra posible desventaja podría ser el costo inicial de adquirir y configurar el router y los dispositivos adicionales necesarios para garantizar una cobertura adecuada. Sin embargo, estos costos podrían amortizarse con el tiempo a medida que se obtienen los beneficios del sistema de monitoreo.	35
GSM PCI	Conectividad móvil: Las tarjetas GSM PCI proporcionan conectividad móvil a dispositivos de escritorio, lo que permite el acceso a la red celular y la transmisión de datos en tiempo real.	Una posible desventaja de las tarjetas GSM PCI es que pueden tener limitaciones en cuanto a la velocidad y el ancho de banda de la conexión celular. Es posible que la velocidad de transmisión de datos sea menor que la de otras tecnologías de conectividad, como Wi-Fi o Ethernet. Además, la calidad de la señal celular puede variar según la ubicación, lo que puede afectar la velocidad y la confiabilidad de la conexión.	75
Switch de red rj45	Velocidad: los switches de red RJ45 pueden proporcionar velocidades de transferencia de datos más rápidas que otras tecnologías de conectividad, como Wi-Fi.	Requerimientos de cableado: los switches de red RJ45 requieren una infraestructura de cableado adecuada para conectar los dispositivos a la red Ethernet, lo que puede ser costoso y requerir tiempo adicional para la instalación.	40

Tabla 3.10: Lenguajes de programación

Dispositivo	Ventaja	Desventaja
Python	Es un lenguaje de programación popular y fácil de aprender que se utiliza comúnmente en proyectos de IoT y análisis de datos. Python tiene una amplia variedad de bibliotecas y herramientas para el procesamiento de datos, lo que lo hace ideal para el análisis de datos climáticos y nutricionales. Además, Python es compatible con una amplia variedad de dispositivos de IoT, lo que lo hace ideal para proyectos de monitoreo.	Aunque Python es un lenguaje de programación popular y fácil de aprender, puede ser menos eficiente que otros lenguajes de programación de bajo nivel como C++ en proyectos que requieren una alta velocidad y eficiencia. Además, Python puede ser menos adecuado para proyectos que requieren una interacción directa con hardware o dispositivos.
C++	Es un lenguaje de programación de bajo nivel que se utiliza comúnmente en proyectos de IoT debido a su eficiencia y velocidad. C++ es compatible con una amplia variedad de dispositivos y sensores, lo que lo hace ideal para proyectos de monitoreo y adquisición de datos. Además, C++ es un lenguaje muy versátil que se puede utilizar para desarrollar aplicaciones tanto en sistemas embebidos como en sistemas operativos completos.	Aunque C++ es un lenguaje de programación muy eficiente y rápido, puede ser más difícil de aprender que otros lenguajes de programación de alto nivel como Python o Java. Además, C++ puede requerir más tiempo y esfuerzo para el desarrollo de aplicaciones complejas.
Java	Es un lenguaje de programación popular y utilizado en muchos proyectos de IoT. Java es un lenguaje orientado a objetos que ofrece una gran cantidad de bibliotecas y herramientas para el desarrollo de aplicaciones en la nube y en dispositivos de IoT. Además, Java es muy seguro y escalable, lo que lo hace ideal para proyectos grandes y complejos.	Aunque Java es un lenguaje de programación popular y escalable, puede ser menos adecuado para proyectos que requieren una alta velocidad y eficiencia. Además, Java puede requerir más recursos de hardware que otros lenguajes de programación, lo que puede ser una desventaja en proyectos con limitaciones de recursos.

La placa de transmisión de datos que actualmente brinda los mejores resultados por su fácil programación y sus altas prestaciones y compatibilidad con los sensores disponibles en el mercado es la placa ESP8266, que utiliza un método de transmisión inalámbrica por medio la tecnología Wi-Fi, que permite la conexión a Internet y la transferencia de datos en tiempo real.

La placa ESP8266 se comunicará por medio de tecnología inalámbrica con el router que brinda el servicio de internet y por medio de este los datos serán subidos a un Broker en la nube, al cual se accederá para el procesamiento y almacenamiento de la información.

Al hacer uso de una placa arduino el lenguaje de programación de bajo nivel que se utiliza es C++, debido a su eficiencia y velocidad, su compatibilidad con una amplia variedad de dispositivos y sensores, y su versatilidad para desarrollar aplicaciones de sistemas embebidos y sistemas operativos completos.

3.5.3. Fase de Procesamiento

Para esta fase, los datos obtenidos de los sensores usados para el monitoreo y transmitidos hacia un broker en la nube serán accedidos y procesados por medio de un software suscriptor del broker, que se encargará de realizar su análisis, su almacenamiento y visualización.

El Broker es un servidor en la nube que recibe información que publican sus clientes y los transmite o difunde hacia los clientes que se encuentran suscritos a este, utiliza protocolos para garantizar la seguridad de la información como el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).

El protocolo MQTT, se usa principalmente para comunicaciones de máquina a máquina (M2M) o conexiones IoT.

En la actualidad uno de los mejores brokers disponibles de Open Source es MQTT Explorer, se destaca por su amigable interfaz y su fácil manejo, en este broker podemos encontrar los mensajes y los topics ordenados en forma de árbol que se despliega para visualizar sus detalles.

MQTT Explorer ofrece muchas funcionalidades como la visualización de gráficas de la información recibida y un alto rendimiento para procesar la información.

Para la implementación de nuestro broker usaremos MQTT Explorer, entonces la placa ESP8266, será cliente del broker y publicará los datos que se obtienen de las mediciones de los sensores, una vez que los datos se encuentren publicados, usaremos un software como suscriptor.

El software Open Source más utilizado y recomendado para la aplicación en proyectos IoT, que está teniendo gran acogida y desarrollo es Node-RED, este se ha convertido en una herramienta potente de programación y desarrollo de aplicaciones con dispositivos de hardware, API y servicios en línea.

Node-RED será el software suscriptor del Broker de MQTT explorer, y se encargará de acceder a la información de las mediciones obtenidas de los sensores para procesar estos datos y realizar la validación, almacenamiento y visualización a través de un dashboard.

3.5.4. Fase de Almacenamiento

Base de Datos

La selección de una base de datos, tabla 3.11 para el almacenamiento de la información depende en gran medida de los requisitos específicos del proyecto y los factores clave a considerar incluyen el tipo de datos, la escalabilidad, el

rendimiento, la seguridad y el costo. Es importante realizar una investigación exhaustiva y evaluar varias opciones antes de tomar una decisión final.

Tabla 3.11: Bases de datos

Dispositivo	Ventaja	Desventaja
MySQL	MySQL puede manejar grandes cantidades de datos y usuarios simultáneos, lo que es importante en proyectos de IoT que pueden generar grandes cantidades de datos. Además, es conocida por su velocidad y rendimiento, lo que es crucial en proyectos de IoT donde la velocidad de procesamiento y la capacidad para manejar grandes cantidades de datos son críticas.	Entre estas posibles desventajas se encuentran la necesidad de conocimientos técnicos avanzados para configurar y administrar la base de datos, lo que podría dificultar su implementación para algunos usuarios. Además, el costo de la licencia comercial de MySQL puede ser elevado para algunos proyectos, lo que podría ser un factor limitante en proyectos con presupuestos limitados.
PostgreSQL	Comunidad de soporte: PostgreSQL tiene una gran comunidad de desarrolladores y usuarios que pueden proporcionar soporte técnico y soluciones a problemas comunes, lo que es importante en proyectos de IoT donde pueden surgir problemas técnicos y se requiere una solución rápida.	Puede tener una curva de aprendizaje más pronunciada que otras bases de datos, lo que podría requerir más tiempo y recursos para su implementación y uso efectivo. También, aunque PostgreSQL es conocida por su rendimiento, puede experimentar problemas de rendimiento en entornos con altas cargas de trabajo y grandes cantidades de datos, lo que podría ser un factor a considerar en proyectos con estas características.
SQL Server	Escalabilidad: SQL Server es una base de datos escalable que puede manejar grandes cantidades de datos y usuarios simultáneos. Esto es importante en proyectos de IoT que pueden generar grandes cantidades de datos.	Aunque SQL Server ofrece varias ventajas para un sistema de evaluación de procesos de adquisición de datos utilizados en entornos de IoT para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas, existen algunas posibles desventajas a considerar, como el costo de la licencia comercial, la necesidad de conocimientos técnicos avanzados para su configuración y uso efectivo, posibles problemas de rendimiento y la necesidad de una configuración adecuada para la seguridad.

Para el almacenamiento de los datos se ha determinado el uso de la base de datos MySQL, ya que esta base puede manejar grandes cantidades de datos y usuarios simultáneos, además de que proporciona velocidad y rendimiento y es compatible con Nodo-RED que será el encargado de cargar los datos en la base.

3.5.5. Fase de Visualización

Para la visualización de los datos utilizaremos un dashboard creado por medio de Nodo-RED, donde utilizaremos diferentes modos de presentación de la información de forma gráfica y numérica, de igual manera crearemos un interfaz hacia una aplicación de smart phone, Blynk IoT, compatible con Nodo-RED para realizar la visualización de los datos de las mediciones obtenidas desde un smart phone en tiempo real.

Blynk es una plataforma de IoT basada en la nube que permite a los usuarios conectar hardware con la nube de Blink, segura y de código abierto por medio de Wi-fi, 2G-4G, LTE o Ethernet.

3.6. Metodología del diseño

Los dispositivos seleccionados para el proyecto de monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas son el resultado de un análisis comparativo de varios dispositivos y modelos utilizados en proyectos similares, se ha determinado que son los adecuados para el propósito del proyecto. A continuación, se proporciona una descripción detallada de cada dispositivo:

Arduino: El Arduino es una placa de microcontrolador que se utiliza para controlar y monitorear los dispositivos de IoT. En este proyecto, se utilizará la placa ESP8266, Fig.3.8, que es compatible con Wi-Fi y puede conectarse a Internet para enviar y recibir datos.

Sensor de temperatura y humedad: El sensor DHT22 es un sensor de temperatura y humedad que se utiliza para medir la temperatura y la humedad del aire en el entorno del cultivo, Fig.3.9. Este sensor es preciso y fácil de usar, lo que lo hace adecuado para este proyecto que conectará a la placa ESP8266 para transmitir los datos.

Sensor de humedad del suelo: El sensor YL-69 es un sensor de humedad del suelo que se utiliza para medir la cantidad de agua en el suelo, Fig.3.10. Este sensor es importante para monitorear las condiciones óptimas del cultivo, ya que las rosas requieren una cantidad adecuada de agua para crecer correctamente, este sensor se conectará a la placa ESP8266 para transmitir los datos.

Sensor de PH: El sensor de PH E201-BNC es un sensor que se utiliza

para medir el nivel de PH en el suelo, Fig.3.11. El nivel de PH es importante para el crecimiento adecuado del cultivo, ya que las rosas requieren un nivel específico de PH en el suelo, el cual se conectará a la placa ESP8266 para transmitir los datos.

Routers para recibir la señal de los dispositivos por Wi-Fi: Los routers son dispositivos que se utilizan para recibir y transmitir señales Wi-Fi, Fig.3.12. En este proyecto, se utilizarán routers para recibir la señal de los dispositivos de IoT desde la placa ESP8266 y transmitirlos a una base de datos.

Base de datos MySQL: La base de datos MySQL es una base de datos relacional que se utiliza para almacenar datos en este proyecto. En esta base de datos se almacenarán los datos recopilados por los sensores y dispositivos de IoT.

Servidor Node-red, se utiliza para desarrollar las aplicaciones. En este proyecto, se utilizará Node-Red para procesar los datos recopilados por los sensores y dispositivos de IoT transmitidos por MQTT y almacenarlos en la base de datos MySQL y administrados a través de crud.

Aplicación blynk IoT: La aplicación Blynk IoT se utiliza para visualizar los datos recopilados por los sensores y dispositivos de IoT. Esta aplicación se ejecuta en un dispositivo Android para ver los parámetros y variables de los dispositivos.

Luego de un exhaustiva revisión podemos apreciar que los dispositivos y programas seleccionados son adecuados para el proyecto de monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas y permitirán a los agricultores recolectar y analizar datos en tiempo real para tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo. Para estructurar el diseño y análisis de resultados del proyecto de monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas, se aplicaron los siguientes pasos:

3.7. Diseño del sistema

En esta etapa se diseñó el sistema de monitoreo de IoT, incluyendo la selección de los dispositivos adecuados, la configuración de la red de sensores

y la conexión a la base de datos.

Implementación del sistema: En esta etapa se implementó el sistema de monitoreo de IoT, incluyendo la programación de los dispositivos, la conexión a la red Wi-Fi y la configuración de la base de datos, Fig.3.13.

Descripción de los dispositivos utilizados: Una vez que determinamos los dispositivos adecuados para el monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas. En este caso, analizaremos las características de estos dispositivos:

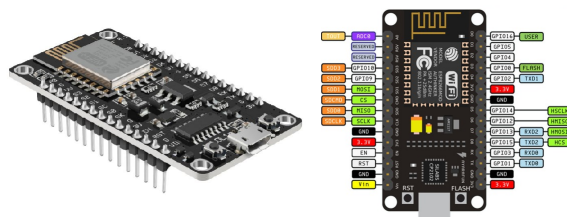


Figura 3.8: Placa ESP 8266.

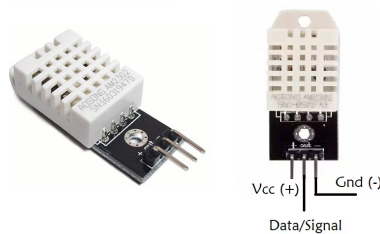


Figura 3.9: Sensor de Temperatura y Humedad del ambiente DHT22.

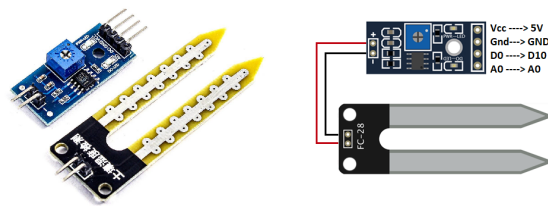


Figura 3.10: Sensor de Humedad del suelo YL-69.

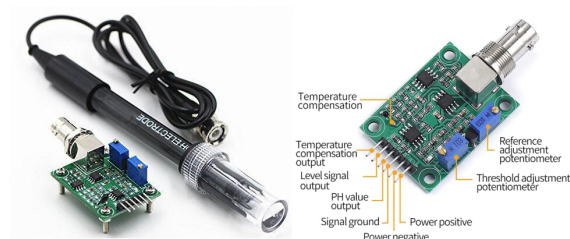


Figura 3.11: Sensor del PH E201-BNC.



Figura 3.12: Router Wi-Fi para transmisión de información.

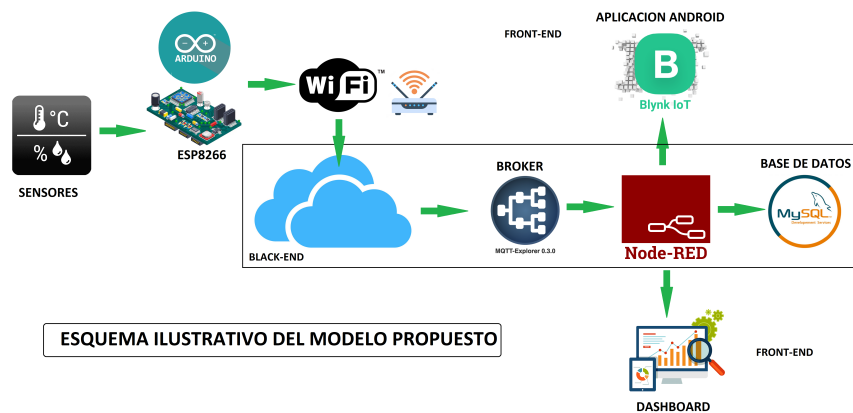


Figura 3.13: Esquema ilustrativo del modelo propuesto.

Diagramas de conexión de los elementos del sistema propuesto.

Diagrama ESP8266 + DHT22

En este diagrama, Fig.3.14, la conexión se realiza de la siguiente manera:

- El pin de datos del sensor DHT22 se conecta al pin GPIO5 (D1) de la placa del microcontrolador ESP8266.

- El pin VCC del sensor DHT22 se conecta al pin VCC de la placa del microcontrolador ESP8266.
- El pin GND del sensor DHT22 se conecta al pin GND de la placa del microcontrolador ESP8266.

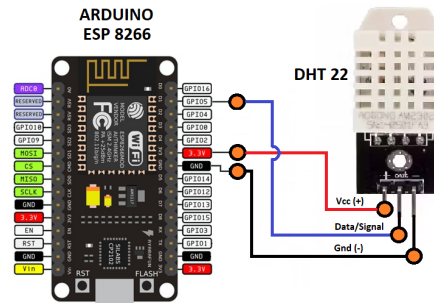


Figura 3.14: Diagrama de conexión ESP8266 + DHT22.

Diagrama ESP8266 + YL-69.

En este diagrama, Fig.3.15, la conexión se realiza de la siguiente manera:

- El pin de datos del sensor YL-69 se conecta al pin GPIO14 (D5) de la placa de microcontrolador ESP8266.
- El pin VCC del sensor YL-69 se conecta al pin VCC de la placa de microcontrolador ESP8266.
- El pin GND del sensor YL-69 se conecta al pin GND de la placa de microcontrolador ESP8266.

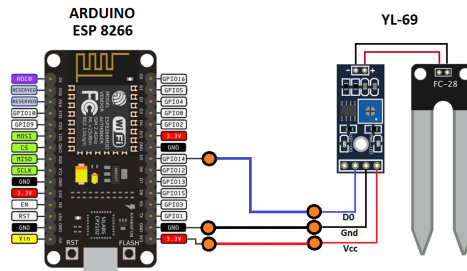


Figura 3.15: Diagrama de conexión ESP8266 + YL-69.

Diagrama ESP8266 + E201-BNC.

En este diagrama, Fig.3.16, la conexión se realiza de la siguiente manera:

- El pin de salida analógica del sensor de pH se conecta a un pin de entrada analógica en la placa de microcontrolador ESP8266 (por ejemplo, A0).
- El pin VCC del sensor de pH se conecta al pin VCC de la placa de microcontrolador ESP8266.
- El pin GND del sensor de pH se conecta al pin GND de la placa de microcontrolador ESP8266.

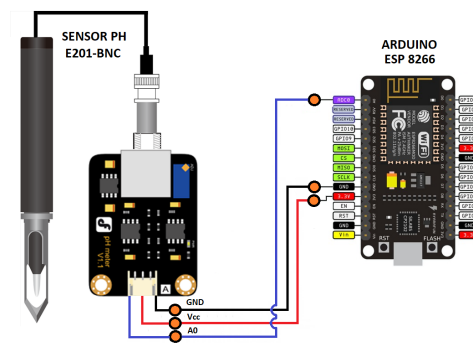


Figura 3.16: Diagrama de conexión ESP8266 + E201-BNC.

Es importante tener en cuenta que los diagramas propuestos son solo una conexión básica Fig.3.17 y que se pueden realizar ajustes según las necesidades específicas del proyecto. Además, es importante tener en cuenta que el código también debe ser programado para leer los datos de los sensores y transmitirlos a través de la red Wi-Fi.

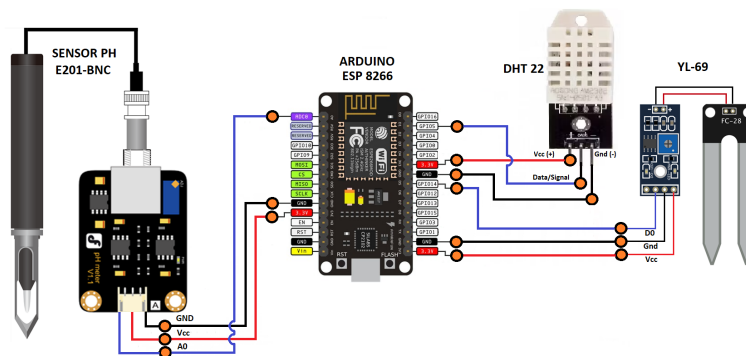


Figura 3.17: Diagrama de conexión ESP8266 + Sensores.

Configuración de la red de sensores: Se configurará una red de sensores para recopilar los datos de los dispositivos. Los sensores se conectarán a la placa de microcontrolador ESP8266, que se conectará a una red Wi-Fi para transmitir los datos a un servidor.

3.8. Conexión a la base de datos

Basado en la información analizada, se propone el siguiente diccionario de datos y entidad-relación para el sistema:

Diccionario de datos:

Sensor, tabla 3.12: representa un dispositivo específico que mide un parámetro determinado (por ejemplo, pH, temperatura, humedad, etc.).

Tabla 3.12: **Tabla Sensor**

Nombre del campo	Descripción	Tipo	Caracteres
Id sensor	Identificador único del sensor.	Entero	10
Nombre	Nombre descriptivo del sensor.	Texto	50
Tipo	Tipo de sensor.	Texto	50
Unidad	Unidad de medida.	Texto	50

Medición, tabla 3.13: Representa una medición específica realizada por un sensor en un momento determinado.

Tabla 3.13: **Tabla Medición**

Nombre del campo	Descripción	Tipo	Caracteres
Id medición	Identificador único de medición.	Entero	10
Id sensor	Nombre descriptivo del sensor que realizo la medición.	Entero	10
Valor	valor numérico de la medición.	Float	10
Fecha hora	fecha y hora en que se realizó la medición.	Float	

3.9. Implementación del sistema:

Para la implementación del sistema, se programará la placa del microcontrolador ESP8266 para recolectar los datos de los sensores y transmitirlos a través de la red Wi-Fi al servidor. Se configurará el servidor con el software NodeRed para procesar los datos y almacenarlos en una base de datos MySQL.

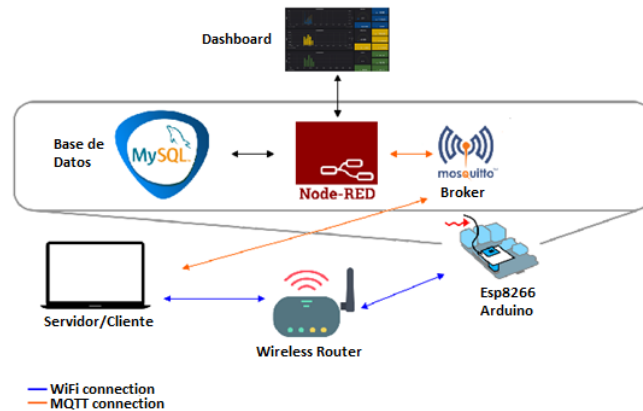


Figura 3.18: Arquitectura del sistema.

Basados en la arquitectura propuesta para el sistema que se muestra en la figura 3.18, una vez realizada la adquisición de los datos de los sensores de temperatura, humedad y ph, por medio la placa del microcontrolador ESP8266, para la transmisión de los datos de los sensores, nuestro sistema de Arduino publicará los datos adquiridos en un bróker de MQTT, para la creación de este bróker se utilizó MQTT-Explorer, dentro del sistema propuesto, Fig. 3.19. Nodo-RED será un suscriptor de este bróker para realizar la visualización, el análisis y el almacenamiento de la información obtenida.

Para la recepción de los datos, su tratamiento y almacenamiento, utilizamos la herramienta de software Node-RED, Fig. 3.20, esta herramienta nos ayuda por medio de la utilización de nodos a recibir la información de los sensores a través del protocolo MQTT, a compartir esta información por la nube con la aplicación para móvil Blynk Iot para su monitorización desde un Smart phone y envió de alertas por correo electrónico, por medio de esta herramienta también enviamos la información a una base de datos para su respaldo de MySQL, y creamos un dashboard para su visualización.

Una vez que creamos nuestro Bróker y definimos los topic que usaremos

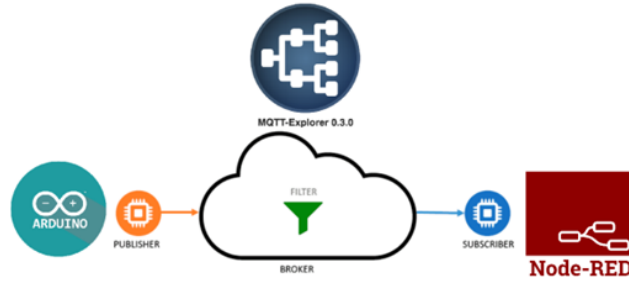


Figura 3.19: Estructura Broker con MQTT-Explorer.

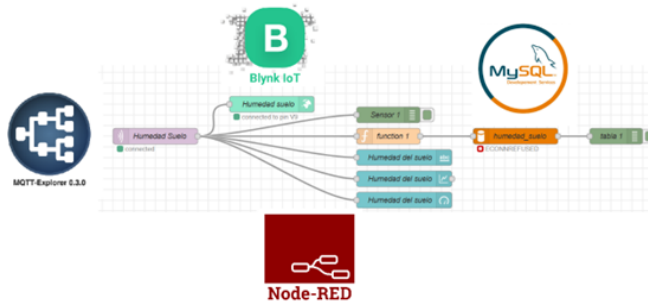


Figura 3.20: Estructura de nodos con Node-Red.

desde nuestra placa ESP8266 para identificar los datos enviados, para la conexión y validación de la comunicación con el Bróker, enviamos desde nuestra placa ESP8266 un mensaje CONNECT con la información de acceso como: usuario, contraseña, client-id entre otras. El bróker validará la información y la aceptará o rechazará con un mensaje CONNACK, cuando la conexión se ha establecido se envían los datos por medio mensajes, la placa ESP8266 emplea mensajes PUBLISH, que contienen el topic y el payload de los datos obtenidos por los sensores.

El broker creado con MQTT-explorer recibe los datos enviados por la placa ESP 8266 de las mediciones de los sensores, MQTT-explorer en su entorno de trabajo muestra los valores obtenidos y una gráfica de los mismos, Fig.3.21, Nodo-red será un Cliente Suscriptor del Boker, de esta manera realizará la visualización, procesamiento y almacenamiento de los datos obtenidos.

Mediante Nodo-red una vez obtenidos los datos por medio del uso de diferentes nodos conectados entre sí, Fig.3.22 realizaremos 3 tareas :

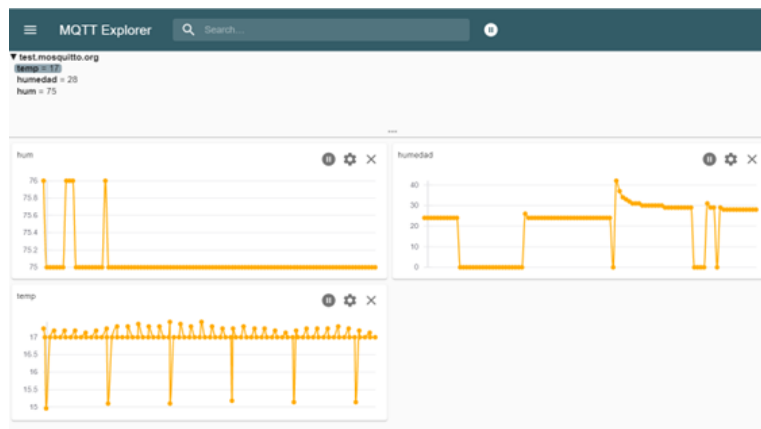


Figura 3.21: Entorno de trabajo de MQTT-Explorer.

- Visualización de los datos localmente y por medio de un Smart phone con la aplicación Blynk IoT.
- Almacenamiento de los datos en MySQL.
- Validación de los datos, comparándolos con los valores estándares esperados y generación de alertas.

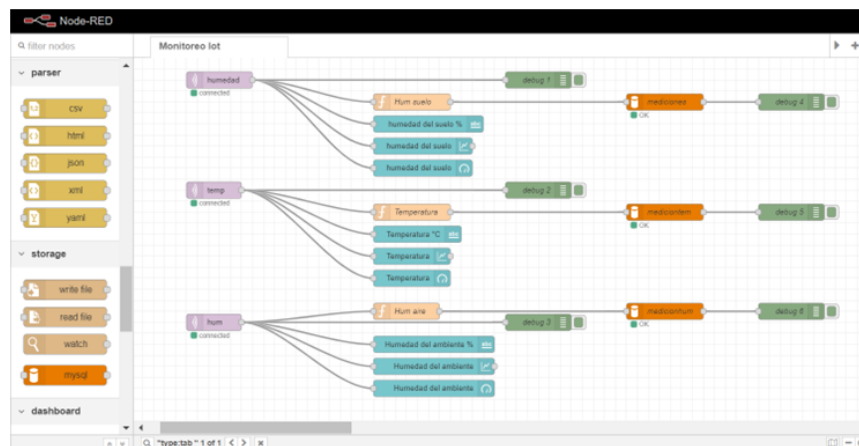


Figura 3.22: Nodos usados en Node-Red para procesar los datos obtenidos.

Visualización de los datos:

Los datos obtenidos de cada sensor serán visualizados localmente por medio una medidor Gauge, una gráfica lineal y de forma numérica, Fig.3.23,

el dashboard ha sido creado con Node-Red,

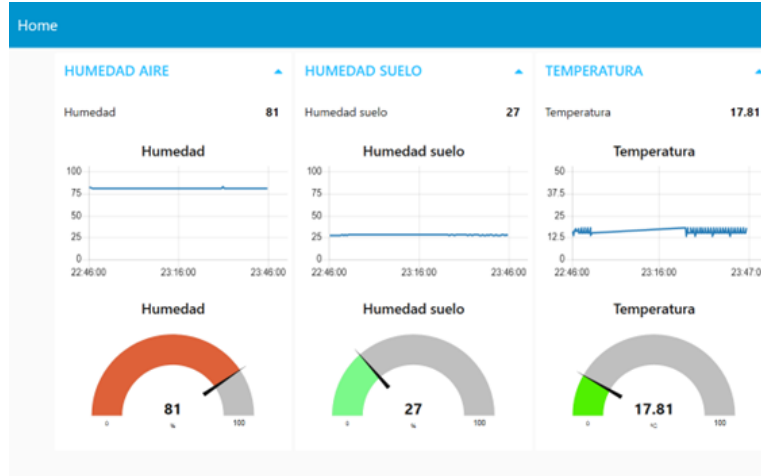


Figura 3.23: Dashboard de visualización con Node-Red.

La visualización remota se la podrá realizar por medio de la aplicación Blynk IoT tanto por medio de un Smart phone como por medio una PC, para ello por medio de la aplicación de smart phone creamos un dashboard para visualizar la información que Nodo-red transmite por la nube hacia la aplicación, Fig.3.24.

Los datos obtenidos también son guardados en una base de datos de MySQL, por medio de un nodo de Nodo-Red para su consulta posterior y su análisis, Fig.3.25.

Pruebas del sistema:

Luego de haber realizado el análisis de los componentes de hardware y software disponibles y haber determinado los que más se ajustan para obtener los objetivos propuestos, se planteó una arquitectura compuesta de 5 fases: Adquisición de datos, transmisión de datos, procesamiento, almacenamiento y visualización. Con la arquitectura planteada se diseñó e implementó un prototipo para monitorear y visualizar el comportamiento de las variables climáticas y de nutrición de un cultivo de rosas. Se realizaron pruebas para verificar que el sistema está funcionando correctamente y que se están recopilando los datos adecuados. Se verificó la conexión a la red Wi-Fi, la transmisión de datos y el almacenamiento en la base de datos.

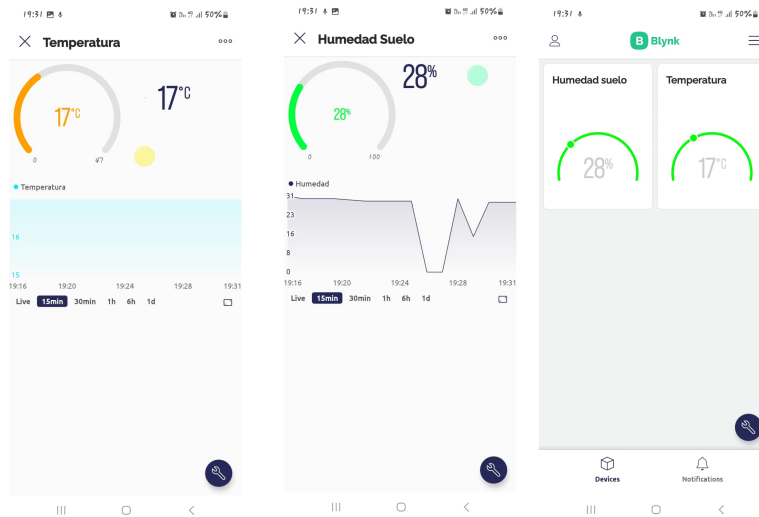


Figura 3.24: Dashboard de visualización con Node-Red.

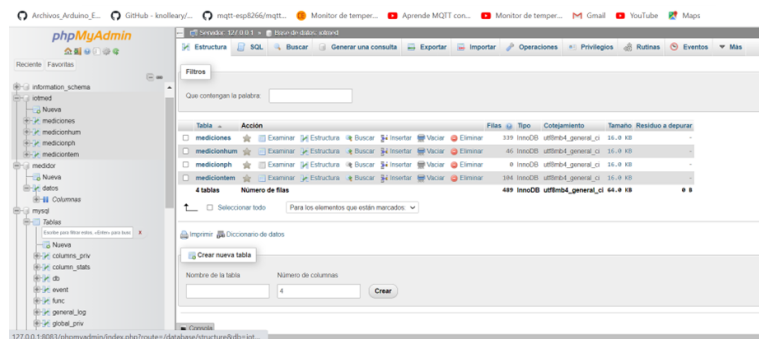


Figura 3.25: Base de Datos en MySQL de mediciones de sensores.

Capítulo 4

Pruebas de funcionamiento

4.1. Análisis de las pruebas de funcionamiento

La florícola Florlago Cía. Ltda. fue visitada para determinar las variables climáticas y de nutrición de análisis del proyecto, se encuentra ubicada en las coordenadas -2.823532, -78.943355 en el cantón Déleg, provincia del Cañar.

Los dispositivos seleccionados para el proyecto de monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas son el resultado de un análisis comparativo de varios dispositivos y modelos utilizados en proyectos similares, se ha determinado que son los adecuados para el propósito del proyecto.

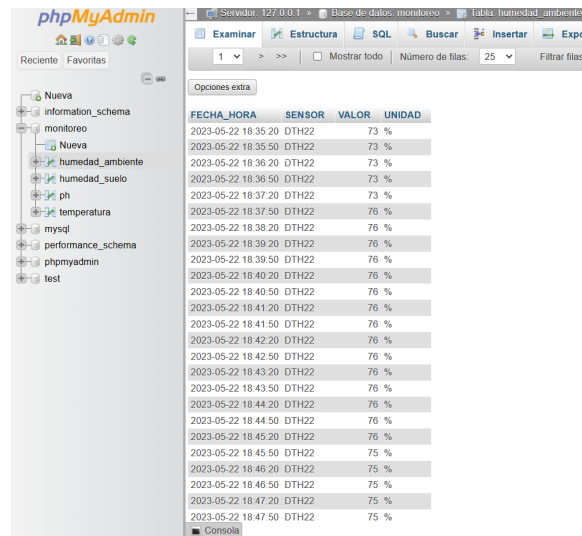
Datos obtenidos de las mediciones realizadas y almacenadas en la base de datos del sistema Fig. 4.1 humedad del aire, Fig. 4.2 temperatura del ambiente y Fig. 4.3 humedad del suelo.

Análisis de resultados:

Se analizaron los datos recopilados por los sensores y dispositivos de IoT. Se utilizaron herramientas como gráficos y estadísticas para visualizar los datos y detectar patrones y tendencias.

En la Fig.4.4 y Fig.4.5 se observan los datos obtenidos de los sensores por medio de IoT, en esta figura podemos observar las mediciones realizadas de temperatura y humedad del ambiente y del suelo con sus valores numéricos de tendencia y su gráfica de variación en el tiempo; es así que, observamos una temperatura de 17,81^o C, una humedad del ambiente del 81 % y una humedad del suelo del 27 %.

Mejoras del sistema:



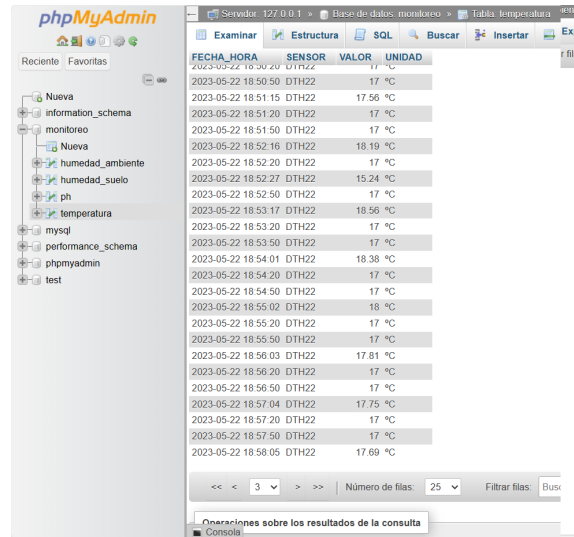
The screenshot shows the phpMyAdmin interface. The left sidebar displays a database structure with a tree view containing folders like 'Nueva', 'information_schema', 'monitoreo', 'humedad_ambiente', 'humedad_suelo', 'ph', 'temperatura', 'mysql', 'performance_schema', 'phpmyadmin', and 'test'. The main window displays a table with the following data:

FECHA_HORA	SENSOR	VALOR	UNIDAD
2023-05-22 18:35:20	DTH22	73	%
2023-05-22 18:35:50	DTH22	73	%
2023-05-22 18:36:20	DTH22	73	%
2023-05-22 18:36:50	DTH22	73	%
2023-05-22 18:37:20	DTH22	73	%
2023-05-22 18:37:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:38:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:38:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:39:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:39:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:40:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:40:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:41:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:41:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:42:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:42:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:43:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:43:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:44:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:44:50	DTH22	76	%
2023-05-22 18:45:20	DTH22	76	%
2023-05-22 18:45:50	DTH22	75	%
2023-05-22 18:46:20	DTH22	75	%
2023-05-22 18:46:50	DTH22	75	%
2023-05-22 18:47:20	DTH22	75	%
2023-05-22 18:47:50	DTH22	75	%

Figura 4.1: Datos obtenidos de humedad del ambiente.

En función de los resultados obtenidos, se realizarán mejoras en el sistema de monitoreo de IoT para optimizar el manejo del cultivo. Por ejemplo, se pueden agregar nuevos sensores o dispositivos para medir otras variables relevantes.

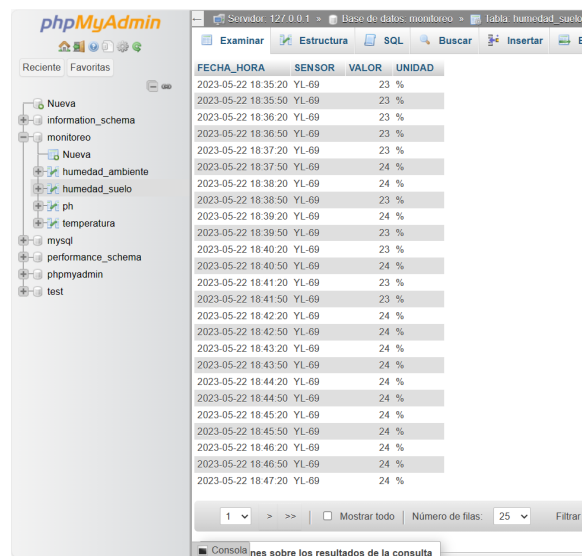
En resumen, el diseño del sistema de monitoreo de las variables climáticas y nutrición en los cultivos de rosas requiere una selección cuidadosa de dispositivos, una configuración adecuada de la red de sensores, una conexión a la base de datos, una implementación cuidadosa del sistema, pruebas rigurosas, análisis minucioso de resultados y mejoras continuas del sistema.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface with the 'temperatura' table selected. The table contains 25 rows of data, each representing a temperature reading at a specific time and sensor location.

FECHA_HORA	SENSOR	VALOR	UNIDAD
2023-05-22 18:30:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:50:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:51:15	DTH22	17.56	°C
2023-05-22 18:51:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:51:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:52:16	DTH22	18.19	°C
2023-05-22 18:52:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:52:27	DTH22	15.24	°C
2023-05-22 18:52:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:53:17	DTH22	18.56	°C
2023-05-22 18:53:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:53:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:54:01	DTH22	18.38	°C
2023-05-22 18:54:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:54:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:55:02	DTH22	18	°C
2023-05-22 18:55:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:55:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:56:03	DTH22	17.81	°C
2023-05-22 18:56:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:56:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:57:04	DTH22	17.75	°C
2023-05-22 18:57:20	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:57:50	DTH22	17	°C
2023-05-22 18:58:05	DTH22	17.69	°C

Figura 4.2: Datos obtenidos de temperatura.



The screenshot shows the phpMyAdmin interface with the 'humedad_suelo' table selected. The table contains 25 rows of data, each representing a soil humidity reading at a specific time and sensor location.

FECHA_HORA	SENSOR	VALOR	UNIDAD
2023-05-22 18:35:20	YL-69	23	%
2023-05-22 18:35:50	YL-69	23	%
2023-05-22 18:36:20	YL-69	23	%
2023-05-22 18:36:50	YL-69	23	%
2023-05-22 18:37:20	YL-69	23	%
2023-05-22 18:37:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:38:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:38:50	YL-69	23	%
2023-05-22 18:39:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:39:50	YL-69	23	%
2023-05-22 18:40:20	YL-69	23	%
2023-05-22 18:40:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:41:20	YL-69	23	%
2023-05-22 18:41:50	YL-69	23	%
2023-05-22 18:42:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:42:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:43:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:43:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:44:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:44:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:45:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:45:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:46:20	YL-69	24	%
2023-05-22 18:46:50	YL-69	24	%
2023-05-22 18:47:20	YL-69	24	%

Figura 4.3: Datos obtenidos de la humedad del suelo.

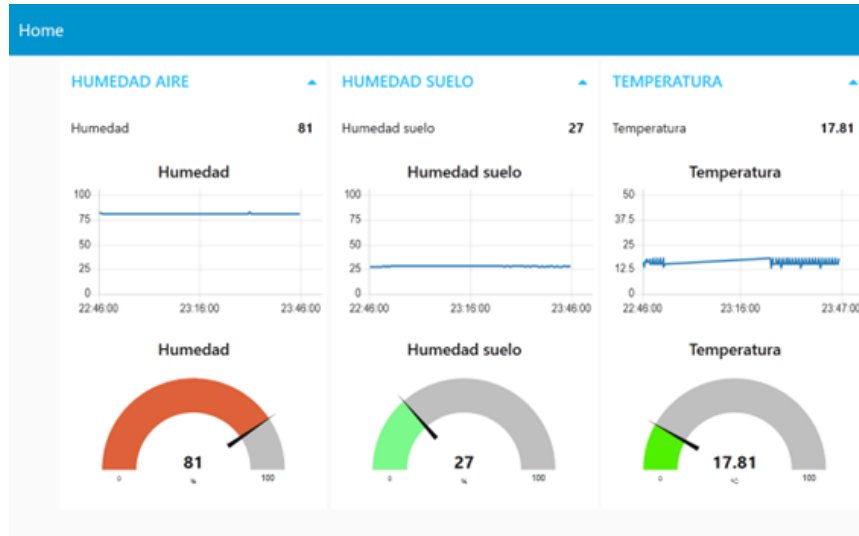


Figura 4.4: Dashboard de visualización con Node-Red.

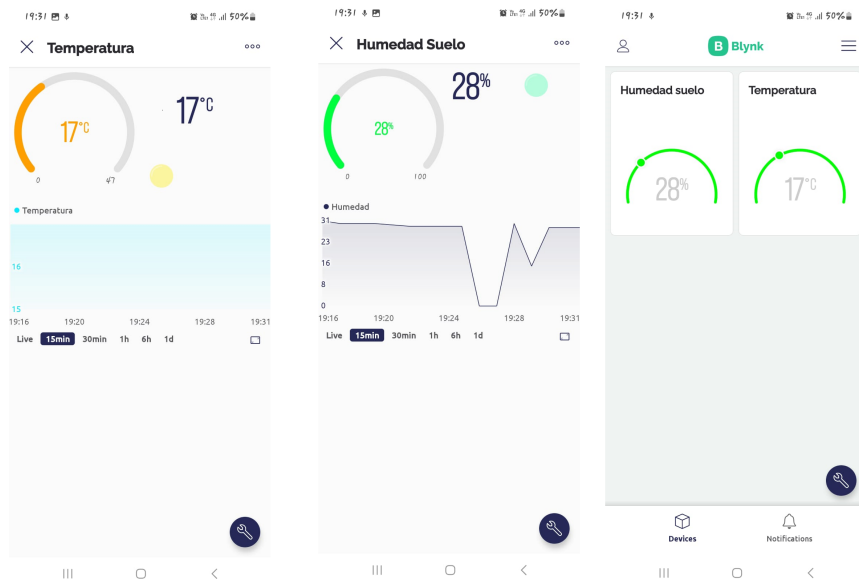


Figura 4.5: Dashboard de visualización con Blynk IoT.

Capítulo 5

Conclusiones

- Se logró la evaluación de los procesos de adquisición de datos utilizados en IoT para monitorear las variables climáticas y de nutrición en cultivo de rosas.
- Se planteó una arquitectura que puede ser aplicada para la implementación de diversas soluciones de hardware y software disponible en el mercado y de fácil adquisición.
- Se implementó una propuesta para el monitoreo de variables climáticas y de nutrición del cultivo con interfaz gráfica para la visualización de las mediciones, en sitio y remotamente, por medio de una aplicación de Smart phone. El prototipo ayuda a mejorar los tiempos de respuesta para tomar los correctivos requeridos y mantener las variables climáticas y de nutrición dentro de los rangos óptimos que garanticen un cultivo de calidad.
- En el prototipo implementado se utilizó una placa ESP 8266 que cuenta con la capacidad de comunicación inalámbrica de Wifi para conectarse a un router de internet y poder transmitir los datos adquiridos de los sensores implementados hacia un bróker en la nube.
- Con la aplicación de Nodo-RED se desarrolló un sistema para adquirir los datos del bróker, almacenarlos en la base de datos MySQL, visualizarlos en un dashboard y enviar los datos para la visualización, mediante la aplicación Blink en un smart phone.
- Se verificó que los datos obtenidos por los sensores de la plataforma IoT correspondan a datos validos del comportamiento de las variables

climáticas y de nutrición del cultivo para garantizar su precisión y evitar posibles errores de lectura.

- Las nuevas tecnologías y el desarrollo del Internet de la cosas, se han convertido en un gran apoyo para la agricultura, facilitando el monitoreo de las variables más importantes que influyen en la calidad de los cultivos, convirtiéndose en un aliado del agricultor.

Recomendaciones

- Implementar una comparación de los datos obtenidos de los sensores con los rangos de valores mínimos y máximos de la variable medida, que un cultivo de rosas requiere para su adecuado desarrollo, cuando el valor medido se encuentre fuera de este rango se emita una alerta y se sugiera alternativas para su corrección.
- Complementar el prototipo con medios visuales como cámaras de vídeo que permitan mediante la observación o el análisis de las imágenes determinar plagas o falta de nutrientes en los rosales.
- Proponer soluciones que complementen el monitoreo con sistemas de control automático, cuando se produzcan alertas en las variables, por ejemplo, sistemas de riego, ventilación o luz artificial.
- Desarrollar entornos de visualización amigables y de fácil interpretación, que incluyan pestañas de ayuda y de recomendaciones sobre el manejo de los cultivos que sirvan de apoyo al agricultor.

Bibliografía

- J. Abad, J. Farez, P. Chasi, J. C. Guillermo, A. García-Cedeño, R. Clotet, and M. Huerta. Coffee crops variables monitoring: a case of study in ecuadorian andes. In *International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change*, pages 202–217. Springer, 2018.
- B. R. . B. M. Amezquita Rojas. Diseño de una herramienta computarizada para la estimación automática de la producción de rosas freedom en el cultivo de flores de los andes mediante procesamiento de imágenes. *Universidad el Bosque*, 2018.
- K. Bjerge, H. M. Mann, and T. T. Høyve. Real-time insect tracking and monitoring with computer vision and deep learning. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 8(3):315–327, 2022.
- M. Briceño Jejen and W. F. Cubides Porras. Diseño de una solución iot para monitoreo de las condiciones óptimas de un cultivo hidropónico de flores en invernadero. 2020.
- G. Carrión, M. Huerta, and B. Barzallo. Internet of things (iot) applied to an urban garden. In *2018 IEEE 6th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud)*, pages 155–161. IEEE, 2018.
- M. R. Ceballos, J. L. Gorricho, O. Palma Gamboa, M. K. Huerta, D. Rivas, and M. Erazo Rodas. Fuzzy system of irrigation applied to the growth of habanero pepper (*capsicum chinense jacq.*) under protected conditions in yucatan, mexico. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 11(6):123543, 2015.
- P. Diaz and R. Carrera. Iot components for floriculture automation. In *2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, pages 1–5. IEEE, 2019.

- M. Erazo, D. Rivas, M. Pérez, O. Galarza, V. Bautista, M. Huerta, and J. L. Rojo. Design and implementation of a wireless sensor network for rose greenhouses monitoring. In *2015 6th International Conference on Automation, Robotics and Applications (ICARA)*, pages 256–261. IEEE, 2015.
- M. Erazo-Rodas, M. Sandoval-Moreno, S. Muñoz-Romero, M. Huerta, D. Rivas-Lalaleo, C. Naranjo, and J. L. Rojo-Álvarez. Multiparametric monitoring in equatorial tomato greenhouses (i): Wireless sensor network benchmarking. *Sensors*, 18(8):2555, 2018.
- A. Espinosa, D. Ponte, S. Gibeaux, and C. González. Estudio de sistemas iot aplicados a la agricultura inteligente. *Universidad Autónoma de Chiriquí*, 2020.
- Fainstein. Manual del cultivo de rosas en latinoamérica. quito. *EC.Ecuaoffset*, 1997.
- L. Fernandez, M. Huerta, G. Sagbay, R. Clotet, and A. Soto. Sensing climatic variables in a orchid greenhouse. In *2017 International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems (ICCDCS)*, pages 101–104. IEEE, 2017.
- Finca-rosas. Finca de rosas: Variedad de rosas ecuador. Accessed:[Online] Available: <https://fincasderosas.com/variedades-de-rosas-ecuador/>, 2023.
- A. García-Cedeño, J. C. Guillermo, B. Barzallo, C. Punín, A. Soto, D. Rivas, R. Clotet, and M. Huerta. Platano: Intelligent technological support platform for azuay province farmers in ecuador. In *2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV)*, volume 1, pages 1–7. IEEE, 2019.
- J. E. Gómez, S. Castaño, T. Mercado, A. Fernandez, and J. Garcia. Sistema de internet de las cosas (iot) para el monitoreo de cultivos protegidos. *Ingeniería e Innovación*, 5(1), 2017.
- J. C. Guillermo, A. García-Cedeño, D. Rivas-Lalaleo, M. Huerta, and R. Clotet. Iot architecture based on wireless sensor network applied to agricultural monitoring: A case of study of cacao crops in ecuador. In *International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change*, pages 42–57. Springer, 2018.

- R. F. Hasek. Rosas. introducción a la floricultura. *Roy A. Larson ed. A.G.T. Editor*, 1998.
- M. Huerta, A. Garcia, J. C. Guillermo, and R. C. Martinez. Wireless sensor networks applied to precision agriculture: A worldwide literature review with emphasis on latin america. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 2021.
- B. J and A. Espinosa. Desarrollo de un sistema de control de temperatura y monitoreo de ph y humedad del proceso spin coating. *Universidad Autonoma de Occidente*, 2018.
- C. J. and B. M. Implementación de tecnología arduino para el control de temperatura en el laboratorio de electrónica de la universidad estatal del sur de manabí. *Universidad Estatal del sur de Manabi*, 2021.
- L. J. and R. S. Automatización de un sistema de riego hidropónico en una granja vertical mediante comunicación iot. *Universidad Politecnica Salesiana*, 2022.
- H. M. Mann, A. Iosifidis, J. U. Jepsen, J. M. Welker, M. J. Loonen, and T. T. Høye. Automatic flower detection and phenology monitoring using time-lapse cameras and deep learning. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 8(6):765–777, 2022.
- M. Piamonte, M. Huerta, R. Clotet, J. Padilla, T. Vargas, and D. Rivas. Wsn prototype for african oil palm bud rot monitoring. In *International Conference of ICT for Adapting Agriculture to Climate Change*, pages 170–181. Springer, 2017.
- Proain. Monitoreo de la nutrición del rosal. Accessed:[Online] Available: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/monitoreo-de-la-nutricion-del-rosal>, 2020.
- RosenTantau. Ficha técnica de la variedad de rosa freedom. Accessed:[Online] Available: <https://cutroses.rosen-tantau.com/en/produkt/freedom/>, 2005.
- N. E. Salazar Aguilar. Diseño de un sistema inteligente para el control automatizado de invernaderos. *Universidad Autonoma del estado de Morelos*, 2020.
- Sierraflowerfinder. Multiflora. Accessed:[Online] Available: <http://www.sierraflowerfinder.com/en/d/freedom/3876>, 2023.

- C. Solano and M. Galán. Diseño de un prototipo de sistema de control para temperatura y humedad en el almacenamiento de arroz, utilizando sistemas embebidos. *Universidad Politecnica Salesiana*, 2021.
- P. Tripathy, A. Tripathy, A. Agarwal, and S. Mohanty. Mygreen: An iot-enabled smart greenhouse for sustainable agriculture. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 2021.
- Variedad-rosas. Freedom: la reina de las rosas rojas. Accessed:[Online] Available: <https://www.variedadesderosas.com/blog/rosa-roja-freedom/>, 2023.
- V. Zabala. Ecuador es el tercer exportador mundial de flores. Accessed: Feb. 12, 2019. [Online] Available: <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-es-el-tercer-exportador-mundial-de-flores>, 2019.