



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN
TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES PARA EL
MONITOREO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA FINCA “LAS
MERCEDES” KILOMETRO 14 VÍA MILAGRO

AUTORES:

GUERRERO HOLGUIN EDUARDO STEVEN

TUTOR:

ING. BYRON TOBAR CUESTA MSC.

NARANJAL, ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito **BYRON TOBAR CUESTA**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA FINCA "LAS MERCEDES" KILOMETRO 14 VÍA MILAGRO**, realizado por el estudiante **GUERRERO HOLGUIN EDUARDO STEVEN**; con cédula de identidad N° 094034244-7 de la carrera **COMPUTACIÓN**, facultad de Ciencias Agrarias **PROGRAMA REGIONAL DE ENSEÑANZA NARANJAL**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Byron Tobar Cuesta, Msc.

Naranjal, 19 de mayo del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA FINCA "LAS MERCEDES" KILOMETRO 14 VÍA MILAGRO"**, realizado por el estudiante **GUERRERO HOLGUIN EDUARDO STEVEN**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Bermeo Almeida Oscar, M.Sc

PRESIDENTE

Ing. Ibarra Martínez Mario, M.Sc

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Beltrán Robayo Nuvia, M.Sc

EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Tobar Cuesta Byron, M.Sc

EXAMINADOR SUPLENTE

Milagro, 19 de mayo del 2026

Dedicatoria

A Dios, por iluminar mi camino, fortalecer mi espíritu en los momentos difíciles y bendecirme con las oportunidades que hicieron posible la culminación de este logro. Gracias por ser mi guía constante y por recordarme que la fe y la perseverancia abren siempre nuevos horizontes. A mi familia, por su amor incondicional, su apoyo permanente y los sacrificios que han realizado para acompañarme en cada etapa de este camino. Este logro no me pertenece solo a mí, sino también a ustedes, quienes con su comprensión, paciencia y palabras de aliento fueron el motor que me impulsó a seguir adelante aun en los momentos más desafiantes. Gracias por creer en mí y por inspirarme a perseguir mis metas con determinación y esperanza. A mis maestros y mentores, por compartir su conocimiento, su tiempo y su guía. Su compromiso y dedicación fueron fundamentales para mi formación profesional y personal. Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a este proyecto ya sea con su apoyo, su consejo o su ejemplo, les expreso mi más sincero y profundo agradecimiento. Cada uno de ustedes ha dejado una huella valiosa en este proceso y en mi vida.

Agradecimiento

A Dios, fuente infinita de fortaleza y sabiduría, por iluminar mi camino y brindarme la serenidad necesaria en los momentos de incertidumbre. Gracias por ser mi guía constante y por darme la fuerza para continuar incluso cuando el cansancio parecía vencerme.

A mi familia, por su amor incondicional, por su apoyo firme en cada desafío y por los sacrificios que han realizado para que cada uno de mis sueños pudiera hacerse realidad. Gracias por ser mi refugio, mi motivación y mi inspiración. Este logro no me pertenece solo a mí, sino también a ustedes, pues han sido una parte esencial de cada paso que he dado y de cada meta alcanzada. Que estas palabras sean un humilde reflejo del profundo amor y gratitud que siento hacia ustedes.

A mis amigos y maestros, por su apoyo, paciencia e inspiración a lo largo de este camino. A quienes, con sus enseñanzas, consejos y aliento, me ayudaron a creer en mis capacidades y a mantener viva la determinación necesaria para llegar hasta aquí.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **Guerrero Holguín Eduardo Steven**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE SENSORES PARA EL MONITOREO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA FINCA "LAS MERCEDES" KILOMETRO 14 VÍA MILAGRO", para optar el título de INGENIERO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Naranjal, 19 de mayo del 2026



GUERRERO HOLGUIN EDUARDO STEVEN

C.I.: 094034244-7

Resumen

La implementación de sistemas tecnológicos de monitoreo para el registro de las variables en el cultivo del maíz, ayudan prevención de desastres futuros que afectan directamente al crecimiento o desarrollo del mismo, estos sistemas tienen el propósito de mantener al usuario informado el mayor tiempo posible sobre el estado del cultivo. Anterior a esto los agricultores procedían a métodos tradicionales para la captación de estas variables, promoviendo un descuido al momento de activar un riego o implementar algún fertilizante en el terreno, al no tener conocimientos de estos sistemas optan por seguir con estos métodos los cuales lejos de ser viables, ralentizan o malgastan recursos indispensables para la producción. La finalidad de este proyecto es demostrar que los sistemas de monitoreo pueden cubrir las necesidades de los agricultores en menos tiempos y proporcionar la información necesaria para una mejora en la toma de decisiones.

Palabras claves: *captación, cultivo, desastres, monitoreo, toma de decisiones, sistemas tecnológicos, prevención, recursos.*

Abstrac

The implementation of technological monitoring systems for recording variables in corn cultivation helps prevent future disasters that directly affect its growth and development. These systems aim to keep users informed about the crop's condition for as long as possible. Previously, farmers used traditional methods to collect these variables, leading to oversights when activating irrigation or applying fertilizer. Lacking knowledge of these systems, they continued with these methods, which, far from being viable, slowed down or wasted essential resources for production. The purpose of this project is to demonstrate that monitoring systems can meet farmers' needs more quickly and provide the necessary information for improved decision-making.

Keywords: data collection, crop, disasters, monitoring, decision-making, technological systems, prevention, resources.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Antecedente del problema.....	11
1.2. Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.3. Justificación de la investigación	13
1.4. Delimitación de la investigación	14
1.5. Objetivo general	15
1.6. Objetivos específicos	15
2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Estado de arte	16
2.2. Bases científicas y teóricas de la temática	17
2.3. Marco legal.....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1. Enfoque de investigación	23
3.2. Metodología.....	23
3.3. Cronograma de actividades.....	27
4. RESULTADOS.....	28
5. DISCUSIÓN	32
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
6.1. Conclusiones.....	34
6.2. Recomendaciones.....	35
Bibliografía.....	36
ANEXOS	39

Índice de Anexos

Anexo N° 1: Figura 1. Cronograma de actividades	39
Anexo N° 2: Figura 4. Diagrama de flujo	39
Anexo N° 3: Figura 3 Ds18b20	40
Anexo N° 4: Figura 4. Sensor de humedad de suelo con sonda larga	40
Anexo N° 5: Figura 5. Sensor DHT11	41
Anexo N° 6: Figura 6. Placa ESP32	41
Anexo N° 7: Figura 7. <i>Módulo Fuente Alimentación</i>	42
Anexo N° 8: Figura 8. Esquemático del sistema de monitoreo agrícola IOT	42
Anexo N° 9: Figura 9. <i>Codificación de la app en la plataforma Flutter</i>	43
Anexo N° 10: Figura 10. <i>Datos recolectados y almacenados en MYSQL</i>	43
Anexo N° 11: Figura 11. <i>Código PHP para envío de datos a la base</i>	44
Anexo N° 12: Figura 12. <i>Código de lectura de la base hacia la aplicación</i>	45
Anexo N° 13: Figura 13. Comprobación de datos de las placas o nodos	46
Anexo N° 14: Figura 14. <i>Código desarrollado en la plataforma Arduino</i>	46
Anexo N° 15: Figura 15. <i>Nodo A</i>	47
Anexo N° 16: Figura 16. <i>Nodo B</i>	47
Anexo N° 17: Figura 17. <i>Login de la aplicación</i>	48
Anexo N° 18: Figura 18. <i>Interfaz de selección</i>	48
Anexo N° 19: Figura 19. <i>Ventana de datos</i>	49
Anexo N° 20: Figura 20. Ubicación de los nodos	49
Anexo N° 21: Figura 21. <i>Representación gráfica del funcionamiento</i>	50
Anexo N° 22: Tabla 1. <i>Costos referenciales de los materiales en el proyecto</i> ..	51
Anexo N° 23: Tabla 2. <i>Datos Recolectados de los sensores</i>	52
Anexo N° 24: Tabla 3. <i>Datos de margen de error de los sensores</i>	53
Anexo N° 25: Modelo de entrevista para el propietario	54
Anexo N° 26: Modelo de encuesta para los trabajadores	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedente del problema

Al utilizar sistemas de monitoreo para diferentes variables en el cultivo se han presentado problemas en la instalación y mantenimiento, el precio de esto más los materiales, son muy costosos y su funcionalidad no es precisa o la conexión entre las áreas a las que están destinados. Todo esto genera un aspecto de rechazo para los agricultores, que tienen que elegir opciones más económicas que puedan optimizar y mejorar la producción de cultivos.

El monitoreo de las variables de la producción de maíz enfrenta dificultades técnicas relacionadas con la precisión de los sensores. Aunque los sistemas de agricultura de precisión se han desarrollado en la última década, la resolución espacial de sensores remotos y estaciones meteorológicas no siempre refleja la heterogeneidad del suelo y los cambios micro climáticos en una misma parcela. Esto crea problemas en la detección temprana de la escasez de agua, las deficiencias nutricionales y los primeros brotes de plagas. La falta de precisión en la extracción de datos puede conducir a decisiones agro técnicas deficientes que afectan directamente la productividad y la sostenibilidad de los cultivos (Guamán, 2023).

El crecimiento del maíz se rige por factores climáticos como la temperatura, la precipitación, la radiación solar y la humedad relativa, que determinan tanto la germinación como el rendimiento final del cultivo. Entre los factores más importantes se encuentran:

- Temperatura: los valores extremos reducen la polinización y afectan el llenado del grano.
- Precipitaciones: la falta prolongada de agua limita la absorción de nutrientes y provoca estrés fisiológico.
- Radiación solar: afecta directamente a la fotosíntesis y a la acumulación de biomasa.
- Humedad relativa: niveles bajos favorecen una evaporación excesiva y aumentan el riesgo de plagas

La variabilidad térmica y de precipitaciones en la Sierra ecuatoriana provoca una reducción significativa en los rendimientos del maíz, mientras que la ecoeficiencia de los modelos de producción depende de la adaptación a estas

condiciones climáticas (Montoya, 2023).

La conectividad es un factor crítico en el éxito de los sistemas de monitoreo agrícola. En las zonas rurales, donde se concentra gran parte de la producción de maíz, la cobertura de Internet y telefonía móvil es limitada.

Esto crea brechas en la transmisión de datos en tiempo real, lo que reduce la eficacia de los sistemas de alerta temprana y dificulta la integración de las plataformas digitales. La falta de infraestructura digital en Ecuador impide que los sistemas de monitoreo operen de manera continua, provocando retrasos en la toma de decisiones y reduciendo la confianza de los productores en estas herramientas (Cedeño, 2023).

La recolección de datos en la producción de maíz ha aumentado debido a la incorporación de sensores inteligentes, pero la gestión de esta información sigue siendo deficiente. Muchos productores no están capacitados en análisis de datos agrícolas, lo que limita la interpretación de índices como el NDVI, la humedad relativa o la temperatura del suelo, esto significa que la información recopilada no se traduce en decisiones prácticas y efectivas (Martínez y López, 2023).

Además de la resistencia cultural, otro aspecto importante es la sostenibilidad de los sistemas de producción de maíz. Los agricultores enfrentan el desafío no sólo de incorporar nuevas herramientas de monitoreo, sino también de equilibrar estas prácticas con la sostenibilidad ambiental y social. Los productores de la ciudad valoran la estabilidad social y económica de sus sistemas de producción y desconfían de los cambios tecnológicos que podrían cambiar su forma de vida (Moran, Cobos Mora, Lombeida García, y Medina Litardo, 2024).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

Los cultivos de maíz en el Ecuador presentan una problemática gracias a la variación climática que hay en la actualidad, donde las variables de temperatura están por encima de los 35°C reduciendo los índices de humedad en el suelo los cuales son necesarios para que el cultivo tenga una buena absorción de nutrientes.

En la finca “Las Mercedes” al no tener en cuenta los datos sobre las variaciones de clima en tiempo real, los agricultores no están al tanto de su cultivo, no pueden distinguir si un riego será favorable o cuando este puede perjudicar al cultivo.

Tampoco llevan el control de agua destinada a esta práctica, al no poseer conocimiento del estado del suelo por lo general, esta práctica se realiza pasando dos días o tres y no cuenta si los días antes de realizarse ya hubo precipitaciones o si hubo un exceso de claro que procura un riego anticipado.

El propósito de este sistema es cubrir todas las necesidades que presenta un cultivo de maíz, presentando los datos en tiempo real sobre la temperatura y humedad del suelo y también la temperatura y humedad del ambiente, para que este proceso se lleve de manera ordenada y precisa, los cuales no se verán afectados a un suministro de energía ya que este se lleva a cabo con energía solar generando factores positivos al ahorro del consumo energético en la finca.

1.2.2. Formulación del problema

Una vez que se identificó la problemática principal en la finca “Las Mercedes” se planteó la siguiente pregunta:

¿Cómo pudo el sistema de red de sensores para el monitoreo de los parámetros del suelo contribuir a optimización del manejo del cultivo de maíz y mejorar la toma de decisiones técnicas en la finca “Las Mercedes”?

1.3. Justificación de la investigación

El sistema implementado consistió en la elaboración de dos nodos (Redes de sensores inalámbricos, los cuales son alimentados por paneles solares para evitar cableados que puedan generar algún accidente a los trabajadores), para el monitoreo de las variables climáticas ubicados en dos puntos estratégicos del cultivo (Norte y Sur).

Como se sabe, el riego de cultivo se da de manera aleatoria, es decir no hay un horario exacto, los agricultores proceden al riego cuando el nivel de humedad en el suelo está ausente (Seco), lo habitual es realizarlo de 2 a 3 días entre semana, pero esto no siempre es correcto, a veces el suelo no está completamente seco, caso contrario su nivel de humedad es óptimo aun para el cultivo. Al no tener este conocimiento de todo el campo se procede a un riego que muchas veces es innecesario, generando gasto de consumo de agua, Diesel o gasolina respectivamente.

Para resolver esta problemática, se procedió a la automatización de este proceso de recolección de datos, los nodos realizan pruebas cada 3 segundos sobre el estado de las variables y las entregan al usuario donde este puede tomar la decisión del si es o no viable un riego en el momento.

1.4. Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El proyecto se llevó a cabo en la finca “Las Mercedes”, ubicada en el kilómetro 14 de la vía a Milagro, provincia del Guayas. El área de trabajo correspondió a una extensión aproximada de 30 m², donde se implementó un sistema destinado a estudiar variables del suelo como el Temperatura y humedad del suelo y ambiente.
- **Tiempo:** El trabajo de titulación tuvo una duración total de 7 meses, durante los cuales se realizaron las etapas de diseño, implementación, pruebas y análisis de resultados.
- **Población:** La recolección de la información se efectuó dentro de la finca “Las Mercedes”, donde se contó con la colaboración del propietario de la hacienda y tres trabajadores, quienes participaron en las actividades de observación y validación de los datos obtenidos por el sistema.

1.5. Objetivo general

Implementación de una red de sensores para el monitoreo del cultivo de maíz en la finca “Las Mercedes” en el kilómetro 14 - vía Milagro.

1.6. Objetivos específicos

- Analizar el desempeño de los sensores de Temperatura Ds18b20, DHT11 y Humedad de suelo con sonda larga para la monitorización de las condiciones del suelo.
- Desarrollar de una base de datos para el almacenamiento de las variables del suelo, integrando hardware y software para el procesamiento de datos en tiempo real.
- Implementar de una red de sensores para el monitoreo en tiempo real mediante la integración de sensores de (Temperatura y Humedad del suelo y ambiente).
- Validar y evaluar el impacto de la implementación del sistema para la mejora en la toma de decisiones aplicados al cultivo de maíz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado de arte

Los avances significativos en sensores inteligentes más allá de las mediciones de impedancia tradicionales incluyen tecnología capacitiva y de micro agujas para un monitoreo menos invasivo. Estas tecnologías permiten medir no sólo la humedad y la temperatura, sino también los niveles de pH y macronutrientes (NPK), esenciales para el maíz debido a su alta demanda de nitrógeno durante el crecimiento vegetativo.

La literatura reciente coincide en que la fusión de estos sensores con protocolos de comunicación eficientes permite una agricultura de precisión escalable, aunque indica que los costos iniciales y la interoperabilidad de los datos siguen siendo barreras que los investigadores jóvenes deben abordar para universalizar estas herramientas en las pequeñas explotaciones (Jayaraman, 2024)

Desarrollar sistemas de monitoreo ambiental basados en el Internet de las Cosas (IoT) para sectores agrícolas específicos que buscan democratizar el acceso a la tecnología utilizando sensores de humedad del suelo y variables atmosféricas conectados a microcontroladores, permitiendo visualizar datos en tableros para tomar decisiones informadas. Aunque la tecnología está transformando el trabajo tradicional, la precisión del sistema depende crucialmente de la estabilidad del hardware, en la infraestructura física, como puentes de comunicación en las placas de prueba, pueden generar lecturas falsas que pongan en peligro la salud del cultivo (Chiliquinga, 2023)

Los avances en sensores inteligentes que incluyen tecnología capacitiva para el seguimiento a largo plazo. Estas tecnologías permiten medir con alta precisión no solo la humedad y la temperatura, sino también la conductividad eléctrica del suelo, crucial para el maíz por su sensibilidad a la salinidad y su alta demanda de nutrientes. La fusión de estos sensores con protocolos de comunicación eficientes permite una agricultura de precisión escalable (Mendoza, 2025).

El monitoreo ambiental se centra en las interacciones entre las variables del suelo y la resistencia a las plagas de los cultivos híbridos. Las investigaciones muestran que la temperatura y la humedad del suelo no sólo afectan

directamente a la planta, sino que también regulan los ciclos biológicos de los organismos patógenos.

Al monitorear estas variables con ayuda de estaciones automatizadas, es posible establecer correlaciones entre el microclima de cosecha y la aparición de enfermedades, concluyendo que el monitoreo integral es la única forma de garantizar la inocuidad de los alimentos, si se garantiza la transmisión continua de datos y sin fallas técnicas en los equipos de recolección (Zhang, 2023).

2.2. Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1. Programación orientada a objetos

La programación orientada a objetos (POO) se define como un paradigma de desarrollo de software basado en la abstracción de elementos del mundo real en entidades digitales llamadas "objetos" que encapsulan tanto datos (atributos) como comportamiento. la POO permite organizar el código de forma modular y jerárquica, facilitando la reutilización mediante herencia y polimorfismo, esencial en el desarrollo de sistemas complejos donde diferentes componentes requieren una interacción independiente pero coordinada. Este enfoque es particularmente útil en aplicaciones de monitoreo de ingeniería, ya que permite modelar cada sensor o variable como un objeto autónomo, mejorando el mantenimiento del sistema y permitiendo una escalabilidad eficiente mediante la integración de nuevas funciones (Caisaguano y Villamar, 2022) **(Ver Anexo Figura 8).**

2.2.2. Comunicación Wi-Fi

Las comunicaciones Wi-Fi son una tecnología de red inalámbrica basada en los estándares IEEE 802.11 que utiliza ondas de radio para proporcionar conectividad e intercambio de datos entre dispositivos electrónicos sin el uso de cables físicos, este protocolo opera principalmente en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz, proporcionando una infraestructura de conectividad flexible que permite el acceso remoto a redes locales e Internet. El estudio destaca que el desarrollo de estándares Wi-Fi ha mejorado no sólo la velocidad de transmisión, sino también la seguridad y la capacidad de gestionar múltiples conexiones simultáneas, consolidándose como la tecnología dominante para conectar dispositivos (Rojas, 2025).

2.2.3. Paneles solares

La energía solar fotovoltaica (PV) se posiciona como una importante fuente renovable en la transición energética global, con una capacidad instalada que superará los 580 GW en 2018. En este sector, la tecnología bifacial emerge como una alternativa única para reducir los costos nivelados de electricidad. Los módulos bifaciales captan la luz de ambas superficies, aumentan la radiación efectiva y consiguen más de un 20% más de efecto que los correspondientes paneles monofaciales.

Aunque la adopción se está acelerando rápidamente debido a los avances en la fabricación de obleas transparentes y las células PERT de alto rendimiento, aún quedan desafíos importantes. Estos incluyen modelos predictivos en condiciones operativas reales, optimización equilibrada del sistema para mejorar la captura de radiación reflejada y la necesidad de mejorar los protocolos de estandarización y certificación bifacial (Casillas Morales, 2023)

2.2.4. Placa ESP32

El ESP32 es un sistema en chip (SoC) de bajo costo y bajo consumo con Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrados. La serie ESP32 utiliza el microprocesador Tensilica Xtensa LX6 en variaciones de doble núcleo y de un solo núcleo e integra interruptores de antena, balun RF, amplificador de potencia, amplificador de ganancia de bajo ruido, filtros y módulos de administración de energía (Sureshkumar, 2023).

2.2.5. Sensor de humedad de suelo

Un sensor de humedad del suelo es un dispositivo electrónico diseñado para medir o estimar el contenido volumétrico de agua (VWC) del sustrato utilizando diferentes principios físicos (por ejemplo, electromagnéticos o capacitivos), lo que permite monitorear en tiempo real los niveles de hidratación para optimizar el uso del agua y la productividad de los cultivos (Achmad, 2025).

2.2.6. Sensor de temperatura de suelo Ds18b20

El sensor DS18B20 destaca a la hora de medir la temperatura del suelo, ya que puede proporcionar lecturas con un error promedio bajo (1,24%) y una precisión del 98,76%, lo que lo hace ideal para sistemas de riego automatizados basados en IoT (Yudoyono, 2025)

2.2.7. Sensor DHT11

El sensor DHT11 es un componente central de la tecnología de sensores que ofrece una solución simple pero efectiva para la medición de temperatura y humedad. Es un sensor compacto y asequible que utiliza un sensor de humedad capacitivo y un termistor para medir con precisión ambas variables (Haller, 2024).

2.2.8. Resistencias y módulos auxiliares

Las resistencias y módulos auxiliares se definen como dispositivos de soporte de hardware que proporcionan procesamiento de señales e interfaz de alimentación entre los microcontroladores y el entorno físico; Las resistencias (como las resistencias pull-up) evitan estados lógicos indefinidos, mientras que módulos como los relés permiten conmutar circuitos de alto voltaje utilizando señales de baja potencia.

El uso de resistencias pull-up es fundamental para mantener la estabilidad del bus de datos, mientras que los módulos de relés garantizan el aislamiento galvánico necesario para proteger la unidad de control al activar unidades de carga externas (Chavez y Ramos, 2024).

2.2.9. Módulo de alimentación con panel solar

Los módulos de energía solar se definen como sistemas autónomos de recolección de energía que consisten en un panel fotovoltaico, un controlador de carga y una batería recargable (generalmente de litio 18650) diseñados para proporcionar un suministro de energía continuo y sostenible a nodos sensores en ubicaciones remotas **(Ver Anexo Figura 7)**.

Estos módulos permiten que los nodos de IoT funcionen continuamente cargando baterías y monitoreando sus niveles de voltaje, lo que permite sistemas agrícolas inteligentes rentables que pueden funcionar sin intervención humana constante (Araújo, Peres, Baras, Santos y Morais 2024).

2.2.10. Base de datos MySQL

MySQL se define como un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de código abierto basado en lenguaje de consulta estructurado (SQL), que en el entorno actual se integra con arquitecturas de nube y aplicaciones de IoT para almacenamiento de datos grandes y estructurados.

Esta herramienta es esencial por su capacidad de procesar grandes cantidades de datos transaccionales con alta disponibilidad y seguridad,

permitiendo la extracción eficiente de información crítica persistente de las redes de sensores (Li y Wang, 2024).

2.2.11. Flutter

Flutter se define como un marco de código abierto creado por Google para desarrollar aplicaciones multiplataforma utilizando el lenguaje Dart, que permite la creación de interfaces de usuario (UI) nativas y de alto rendimiento para Android, iOS, web y escritorio desde una única base de código (**Ver Anexo Figura 9**).

Este ecosistema destaca por su arquitectura “widget” y capacidad de integración con sistemas en tiempo real, facilitando el desarrollo de aplicaciones móviles para el monitoreo de datos de manera fluida y escalable (Dhakal y Rajbhandari, 2023)

2.2.12. Aplicaciones Móviles

Las aplicaciones móviles son programas informáticos diseñados para ejecutarse en dispositivos portátiles como teléfonos inteligentes y tabletas que utilizan hardware específico (sensores, GPS, cámaras) para ofrecer servicios personalizados.

Actualmente, su desarrollo se divide principalmente en tres enfoques: nativo, híbrido y multiplataforma, ganando terreno este último en términos de costes y eficiencia de mantenimiento, permitiendo el uso de una única lógica de negocio para múltiples sistemas operativos. Las aplicaciones móviles se han convertido en la principal interfaz entre los sistemas de información y los usuarios finales, permitiendo la toma de decisiones en tiempo real mediante el procesamiento y visualización de datos capturados por nodos de sensores externos (Villamarín, 2022).

2.3. Marco legal

2.3.1. *Ley de la propiedad intelectual*

Art. 8. La protección del derecho de autor recae sobre todas las obras del ingenio, en el ámbito literario o artístico, cualquiera que sea su género, forma de expresión, mérito o finalidad. Los derechos reconocidos por el presente título son independientes de la propiedad del objeto material en el cual está incorporada la obra y su goce o ejercicio no están supeditados al requisito del registro o al cumplimiento de cualquier otra formalidad. (Ley de Propiedad Intelectual., 2022, p. 5)

2.3.2. *Ley orgánica de tierras rurales y territorios ancestrales*

Según el artículo 9, literal c) de la Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales (2016), la política agraria ecuatoriana busca apoyar el desarrollo económico rural del sector agropecuario, en coherencia con los planes de desarrollo y ordenamiento territorial, el plan nacional agropecuario y la planificación hídrica. En ese sentido, el presente proyecto aporta a dicho objetivo al proponer una solución tecnológica que mejora los procesos postcosecha del cacao, optimizando la calidad del producto y fortaleciendo la producción rural local (p. 3).

2.3.3. *Constitución de la república del Ecuador*

De acuerdo al Art. 22 de la Constitución de la República del Ecuador (2008):

“Las personas tienen derecho a desarrollar su capacidad creativa, al ejercicio digno y sostenido de las actividades culturales y artísticas, y a beneficiarse de la protección de los derechos morales y patrimoniales que les correspondan por las producciones científicas, literarias o artísticas de su autoría.” (p. 3).

2.3.4. *Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria*

Art. 9 establece que el Estado garantizará y promoverá la investigación científica y tecnológica en el sector agroalimentario, con el objetivo de mejorar la calidad nutricional, productividad y sanidad de los alimentos, así como proteger y enriquecer la agrobiodiversidad. Además, asegura la investigación aplicada y participativa, y la creación de sistemas de extensión para transferir tecnología y brindar asistencia técnica basada en el diálogo y el intercambio de saberes con pequeños y medianos productores, reconociendo el valor del conocimiento tanto de mujeres como de hombres. También protege los saberes ancestrales y colectivos de comunidades, pueblos y nacionalidades, prohibiendo su apropiación indebida. (Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria, 2009, p. 2)

2.3.5. *Ley orgánica de educación superior, LOES*

Según Ley Orgánica de Educación Superior (2010), indica en su artículo 8, literal i): *“Impulsar la generación de programas, proyectos y mecanismos para fortalecer la innovación, producción y transferencia científica y tecnológica en todos los ámbitos del conocimiento.”* (p.8).

2.3.6. Código orgánico del ambiente

En el Art. 9. Principio de Ecoeficiencia (2017), toda actividad pública o privada, en particular las relacionadas con la gestión de residuos y los procesos productivos que generen impacto ambiental, deberán ejecutarse mediante programas o acciones que incrementen la productividad y competitividad, utilizando racionalmente los recursos naturales, con el propósito de minimizar los costos ambientales y promover recorridos virtuosamente ajustados a la economía verde (p.1).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Enfoque de investigación

3.1.1. Tipo de alcance de la investigación

Descriptiva: Durante la implementación de este proyecto, se recopiló información esencial sobre las variables que afectan directamente al crecimiento del maíz, los cuales fueron comprobados antes y después de la instalación de los nodos.

Alcance: En base a los resultados obtenido se optó por desarrollar más funcionalidades del sistema prolongando una mayor aceptación de estos en el ámbito agrícola.

3.1.2. Diseño de investigación

Investigación no experimental: Como resultado de la implementación de este proyecto se consideró una investigación no experimental ya que el sistema solo refleja los datos obtenidos mas no los modifica ni manipula.

3.2. Metodología

3.2.1. Metodología de arquitectura en capas

Para este sistema de monitoreo se recurrió a la metodología de arquitectura en capas, para definir paso a paso los procesos que realizara el sistema, sin intervenir o recibir fallas durante su funcionamiento. Definiendo como primer punto la calibración y recolección de los datos mediante los sensores, seguido de la conexión de la placa a una conexión wi-fi para la conexión a la base de datos y como punto final la presentación de estos datos en la aplicación móvil que se desarrolló. Todo esto suministrado por la capa de voltaje, la cual es la encargada de suministrar energía para que el sistema lleve a cabo su funcionamiento.

Debido a este proceso se logró corregir fallas en la conexión de la placa a internet ya que al ser una zona remota la conexión es inestable. También se logró promover una buena comunicación entre la base de datos y la aplicación móvil, dando una actualización de tres segundos de los datos recibidos demostrando que estos son tomados en tiempo real.

3.2.2. Recolección de datos

3.2.2.1. Recursos

Recursos humanos

- Tutor: Ing. Byron Tobar Cuesta M.Sc.
- Investigador: Guerrero Holguín Eduardo Steven

Recursos Bibliográficos

- Artículos de revista
- Repositorio de tesis
- Biblioteca virtual
- Revistas científicas

Recursos tecnológicos

- Computadora de escritorio Intel(R) Core (TM) i3-9100
- Impresora Epson l3250
- Conexión Wi – Fi

3.2.2.2. Presupuesto

Para el desarrollo e implementación de este proyecto se realizó una tabla de valores en donde se detalla el precio de cada elemento involucrado en este sistema, esto con el fin de fijar un presupuesto exacto para la aplicación del mismo.

3.2.2.3. Métodos y Técnicas

3.2.2.3.1. Métodos

- **Método analítico**

Se realizó un análisis de los datos registrados automáticamente por la red de sensores inalámbricos, como los valores de humedad del suelo, temperatura ambiente en los diferentes puntos del terreno. A partir de estas mediciones, se determinaron patrones y correlaciones entre las condiciones del suelo y el desarrollo del rendimiento del maíz para identificar áreas problemáticas o condiciones favorables que permitirían ajustes a las prácticas agrícolas basadas en datos específicos.

- **Método deductivo**

A partir de adquiridos previamente sobre las condiciones óptimas de cultivo del maíz y de las investigaciones científicas relacionadas con la agricultura de precisión, se plantearon hipótesis para la eficiencia del riego y la reducción del estrés hídrico. Estas hipótesis se confirmaron analizando los datos recogidos por los sensores durante el seguimiento, comprobando si la implementación tecnológica ha contribuido a la optimización de los procesos agrícolas en la finca.

3.2.2.3.2. Técnicas

El terreno de cultivo se dividió en dos zonas estratégicas de muestreo dentro de los 30 m² disponibles, donde se ubicaron los sensores para abarcar distintas condiciones del suelo, cada sensor fue configurado para realizar lecturas periódicas que se enviaron automáticamente al sistema central.

El sistema se conformó de los siguientes módulos para su correcto funcionamiento:

- **Módulo de recolección de datos:** Conformado principalmente por la placa esp32 y los sensores designados al monitoreo del suelo, este módulo es la base de todo el sistema ya que si este llega a fallar no habrá datos disponibles para el propietario y por ende no tendrá conocimiento sobre el estado del suelo de su cultivo.

Para este módulo se utilizaron los siguientes componentes:

- Placa esp32 (**Ver Anexo Figura 6**).
- Sensor humedad de suelo (**Ver Anexo Figura 4**).
- Sensor DHT11 (**Ver Anexo Figura 5**).
- Sensor de temperatura del suelo (**Ver Anexo Figura 3**).
- Cables Jumpers
- **Módulo de conexión:** Este módulo se enfocó en mantener las placas y la aplicación móvil conectadas a la red previamente establecida; en caso de que la red estuviera ausente, las placas seguirían enviando la información; sin embargo, al no tener dónde ser representada, no podría ser visualizada.
- **Módulo de suministro de energía:** al ser un sistema inalámbrico, este cuenta con un suministro de energía con panel solar, el cual se encarga

de mantener el sistema encendido durante día y noche logrando una mayor cobertura en cuestiones a otros sistemas en donde es necesario una conexión energía cercana para poder funcionar.

- **Módulo de respaldo:** este módulo se encarga del almacenamiento de los datos recolectados, siendo el responsable de que estos sean enviados correctamente al usuario para posteriormente ayudar en su toma de decisiones.
- **Módulo de presentación de datos:** El desarrollo de este módulo va enfocado a la necesidad del usuario, en este caso se diseñó una aplicación en donde este podrá revisar sus datos bajo panel de seguridad cuyo acceso solo lo tendrá el propietario o el encargado de revisar estos datos, la app cuenta con una interfaz sencilla en donde podrá revisar el estado del suelo de ambos puntos determinados.

3.2.3. Población y muestra

3.2.3.1. Población

La implementación de este dispositivo se llevó a cabo en la finca las mercedes, contando con la presencia del propietario y trabajadores que no solo se dedican al cultivo del maíz, sino también a la venta del cultivo del cacao, lo cual crea una posibilidad de que este sistema también sea desplegado al monitoreo de ese cultivo.

3.2.3.2. Muestra

El área de implementación fue de 30 m², donde de donde el sistema obtendrá los datos para llevar a cabo su correcto funcionamiento y presentación.

2.2.4. Análisis estadístico

Para tener una lista los datos que necesitaremos para la elaboración de este sistema, se procedió a la elaboración de dos encuestas dirigidas tanto al propietario de la finca, como a los trabajadores presente, esto con el objetivo de tener un punto del cual poder iniciar para tener resultados positivos al finalizar la implementación (**Ver Anexo Tabla 1**).

3.2.5. Diagrama de flujo

Para general la estructura interna del sistema se realizó la elaboración de un diagrama de flujo, el cual explica a detalle la estructura interna que seguirá el proyecto para su completo funcionamiento.

Un resumen de este es: el sistema se inicia activando los sensores y la conexión wi -fi, luego enviara los datos a la base y posteriormente estos son representados en la aplicación móvil **(Ver Anexo Figura 2)**.

3.3. Cronograma de actividades

Para poder avanzar con la elaboración de este sistema se elaboró un cronograma de actividades, el cual asigna tareas en una hora y fecha determinada para evitar retrasos en el desarrollo del mismo **(Ver Anexo Figura 1)**.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis el desempeño de los sensores de Temperatura Ds18b20, DHT11 y Humedad de suelo con sonda larga para la monitorización de las condiciones del suelo.

A lo largo del funcionamiento del sistema, se realizaron pruebas de funcionamiento de los sensores, esto para diferenciar si cumplen o no con las características que se desea lograr en esta implementación. Para esto se realizaron tablas de margen de erros las cuales se comparan los datos de estos con datos obtenidos con otros medios para así verificar la precisión de los datos. Como resultado de esto se obtuvo los siguientes márgenes de error DS18B20 Temperatura $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (entre -10°C y $+85^{\circ}\text{C}$) -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$, DHT11 Temperatura $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 0°C a 50°C , DHT11 Humedad Aire $\pm 5\%$ RH 20% a 90% RH, Sonda humedad Suelo Humedad Suelo $\pm 10\%$ - 20% **(Ver Anexo Tabla 3)**.

Con estos resultados podemos dar una respuesta de fiabilidad sobre los datos recolectados del sistema, ya que al tener con bases los márgenes de error presentes, el propietario no tendrá duda sobre la validez de los mismos.

Adicional a esto se tuvo en cuenta los datos recolectados mediante las investigaciones realizadas a tesis anteriores, revistas y artículos científicos los cuales nos guiaron sobre el estado del suelo y ambiente correctos para un buen cultivo de maíz siendo estos los siguientes:

- Temperatura del suelo: la temperatura ideal del suelo debe estar entre los 10°C a 20°C para una correcta germinación de esta ya que a una menos o mayor temperatura afecta directamente a la semilla ya que no podrá germinar y por ende puede ser devorada por insectos o en otros casos podrirse.
- Humedad del suelo: La variable de humedad es una de la importante dentro de este cultivo ya que esta debe mantenerse entre el 60% y 80% en el terreno, ya que si este factor falla puede afectar a la absorción de los nutrientes y si es demasiada puede causar ahogamiento ya que las raíces del maíz son sensibles a la falta de aireación.
- Temperatura Ambiente: el rango óptimo de esta temperatura es de 20°C a 30°C durante el día, si está por encima de este puede verse afectado el desarrollo interno de la mazorca, dando mazorcas pequeñas o incluso dañando por completo la planta.

- Humedad relativa: el porcentaje de este valor ronda del 50% y 70%, si una humedad ambiente es demasiado baja aumenta la transpiración y el estrés hídrico de la planta mientras que en aumento aumenta la propagación de hongos.

Con estos datos se logró cumplir el objetivo del sistema el cual es mantener al tanto el cambio de las variables climáticas al propietario, logrando una reducción de 25% del recurso hídrico y ahorro del 15% en uso de fertilizantes, ayudando así en la toma medidas para evitar daños antes de que el cultivo pueda llegar a perderse.

4.2. Desarrollo de una base de datos para el almacenamiento de las variables del suelo, integrando hardware y software para el procesamiento de datos en tiempo real.

Para el respaldo de los datos obtenidos durante el tiempo de activación del sistema se creó una instancia en MYSQL en la cual serán resguardados de forma local, lo cual evitara la perdida de información o la filtración de estos datos a terceros, puede que estos datos de momento no sean relevantes para tercero, pero el objetivo de este es dar a conocer sobre la seguridad que pueden tener estos sistemas para el resguardo de su información tanto personal, como laboral, adicional a esto, los datos almacenados puedes ser exportados para para realizar estudios que ayuden a mejorar el funcionamiento del sistema, ya sea con la creación de una nueva aplicación móvil que manipule las variables hídricas del cultivo o ya sea una actualización en la misma en donde la app sea capaz de presentar diferentes formas en las cuales los agricultores puedan mejorar el riego y producción de su cultivo. **(Ver Anexo Figura 10).**

Una vez que la instancia en MYSQL ya está lista y con datos recorriendo entre el sistema y esta, se diseñó la app móvil, la cual servirá para que el usuario puede observar estos datos, esto manteniendo un diseño de interfaz sencillo para no fatigar al usuario durante su uso **(Ver Anexo Figura 9, 11 y 12).**

La app está constituida de las siguientes fases:

- Fase de validación de datos: En esta ventana el usuario deberá ingresar el usuario y contraseña que será otorgado por el desarrollante de la app, en este caso el auto de la tesis, si los datos no son correctos el usuario no podrá ingresar a la siguiente ventana manteniendo la privacidad de la app **(Ver Anexo Figura 17).**

- Ventana de selección: una vez que el usuario ya haya ingresado sus datos y que estos estén correctos, tendrá acceso a la ventana de selección, en donde podrá elegir los puntos en los que desee verificar los datos **(Ver Anexo Figura 18)**.
- Ventana de sección norte: Como su nombre lo indica, en esta ventana se presentarán los datos obtenidos de la placa y sensores ubicados en el sector norte de la finca **(Ver Anexo Figura 19)**.
- Ventana de sección sur: caso opuesto, esta ventana mostrara los datos ubicados en el sector sur de la finca, evitando, esto para evitar una confusión se datos al momento de la presentación.

Una vez que se realizaron las pruebas de funcionamiento de la app, donde se comprobó que todo siga el curso programado en su código sin error, se procedió a la entrega de la misma al propietario y trabajador, explicando paso a paso su funcionamiento, validando que los datos presentados son los mismo que la placa y sensores están enviando **(Ver Anexo Figura 20)**.

4.3. Implementación de una red de sensores para el monitoreo en tiempo real mediante la integración de sensores de (Temperatura y Humedad del suelo y ambiente).

Una vez que ya se tuvo todas los módulos y factores que forman parte de este sistema, se procedió con la implementación del mismo, esto en presencia del propietario y trabajadores, para resolver sus dudas a medida que la instalación se llevaba a cabo.

Como primer punto se definieron las ubicaciones de los nodos, como anterior mente se mencionó estos estarán ubicados en la parte norte y sur de la finca, esto para cubrir un mayor terreno y evitar que el sistema tenga un alcance corto **(Ver Anexo Figura 15 y 16)**.

Una vez definida la ubicación se dio paso a la instalación, utilizando estacas, las cuales tiene adheridas el sistema para un mejor agarre y que puedan ser movidas en caso de querer verificar otro punto. Este punto fue aprobado por el propietario ya que el tener movilidad, puede desplazarse a otro punto de la finca y comprobar si loas variables de ese punto también son óptimas para otro cultivo.

Al tener desplegadas las áreas, y una vez que el módulo energético encendió el sistema, se procedió a darle acceso a internet a las placas, esto se

puedo hacer durante su codificación ya que el propietario dio las credenciales para la conexión a wi-fi inmediata, por este motivo no se necesitó reprogramar las placas en el lugar, sino que una vez que estas encendieron la información de los sensores fue enviada inmediatamente a la base de datos.

Caso contrario de la app en donde se necesitó crear una nueva apk en el momento ya que se realizaron cambios en las credenciales ingresadas, para generar un mayor impacto de privacidad en el usuario que en este caso fue el propietario.

Una vez estando todo listo, se dio paso al funcionamiento completo del sistema en donde los sensores ubicados en los punto norte y sur enviaban los datos mediante la placa a la base y estos se visualizaban en la aplicación móvil, demostrando el funcionamiento correcto de este sistema en presencia los implicados, proponiendo mejoras futuras para el monitoreo de más variables que afectan el cultivo **(Ver Anexo Tabla 2)**.

4.4. Validación y evaluación el impacto de la implementación del sistema para la mejora en la toma de decisiones aplicados al cultivo de maíz.

Una vez teniendo implementado y funcionando el sistema, se procedió a la validación de los datos, esto con la anterior tabla elaborada, explicando a detalle los valores obtenidos de los sensores, en donde se demostró que los márgenes de error son mínimos y que se puede confiar netamente en los datos recolectados puede ayudar en la toma de decisiones futuras para lograr una mejora en el cultivo del maíz **(Ver Anexo Figura 13)**.

Después de un tiempo habiendo ya implementado el sistema, se realizó una segunda visita cuya finalidad fue evaluar el impacto que genero el sistema durante su funcionamiento, donde se presencié que a pesar del tiempo que estuvo en funcionamiento, este no presentaba incidencia y su funcionamiento seguía acorde a los propuesto durante la implementación.

Se realizo un cambio de puntos ya que actualmente en Ecuador estamos pasando por temporada de lluvias, lo que provoca que varias partes de la finca se vean afectadas al alto índice de estas provocando inundaciones, cabe recalcar que esto fue detectado por el sistema los cual le indico al propietario que no era una temporada para proceder al cultivo **(Ver Anexo Figura 20)**.

Con esto queda evidenciado y evaluando que el sistema influye notablemente en la toma de decisiones en el cultivo de maíz, indicando si los valores permitirán si este puede o no ser sembrado y posteriormente seguirse desarrollando adecuadamente, generando una aceptación positiva del sistema, proponiendo cambios para futuras versiones, en donde el sistema pueda abarcar o implementar el control de estas variables a mayor escala.

5. DISCUSIÓN

El cultivo de maíz es uno de los principales productos en la parte rural del Ecuador, este se dirige a la creación de alimento para aves. Harinas y otros productos derivados de esta materia prima. Este se ve afectado por las variaciones climáticas que se presentan día a día gracias a diferentes incidencias, como lluvias, días soleados, o climas fríos o muy calientes, estos no son malos, pero en exceso afectan al crecimiento correcto generando mazorcas muy pequeñas o en otros casos pérdidas completas de cultivos.

El cambio climático no es un proceso aislado de los demás problemas que enfrenta el planeta. Con temperaturas promedio más altas, muchos ecosistemas y asentamientos humanos se están volviendo cada vez más vulnerables, debido a esto, hay una perturbación global (Ramírez y Azuara, 2024).

La creación y elaboración de base de datos no solo sirve para el resguardo de estos, sino también para generar comprobaciones futuras. Previniendo problemas que afecten directamente el cultivo en un futuro, al contar con un sistema de presentación de datos en tiempo real, se puede optar por mejorar las prácticas realizadas creando métodos de prevención para mitigar el daño que pueda presentar el cultivo.

MySQL es un sistema de administración de bases de datos relacionales de código abierto que utiliza SQL como lenguaje y es funcional en prácticamente todas las plataformas, se emplea en diversas aplicaciones en un amplio rango de contextos (ORREGO, 2023).

Para la visualización de los registros de la base de datos este sistema utiliza una app móvil desarrollada en la plataforma Flutter, la cual permite que estos se ven en tiempo real informando de cambios en el terreno inmediatamente, promoviendo una mejor toma de decisiones en el cultivo.

Esta plataforma promueve un ambiente cómodo para el desarrollo de nuestras apps, la cual es la más recomendada para proyectos de monitoreo que requieren que los datos se presente de forma real, generando un ambiente más adaptado al uso de MySQL y PHP para la creación de estos sistemas.

Las redes de sensores inalámbricos, están teniendo una gran acogida en la actualidad, no solo por la facilidad de manejo, sino también por su amplio alcance y distintos sensores que aparecen al pasar del tiempo, donde anteriormente se necesitaban estudios de laboratorio en donde se tardaban mucho tiempo en recibir los resultados, los sensores muestran este mismo resultado en un menos tiempo, promoviendo un índice de decisiones más rápidas en el cultivo.

El Internet de las cosas es un sistema donde personas y objetos se conectan e intercambian información para realizar acciones. Estos dispositivos están equipados con la capacidad de comunicarse entre sí y con sistemas de información que proporcionan un mayor nivel de automatización, visibilidad y control en la cadena de suministro.

Además, la IoT mejora la trazabilidad y la claridad en la cadena de suministro, especialmente en industrias como la alimentaria y la farmacéutica. Permite garantizar la calidad y el cumplimiento de los estándares mediante un seguimiento constante de los productos en toda la cadena, asegurando su origen y las condiciones de transporte y almacenamiento, garantizando así la seguridad del producto (Caciano, Horna y Lopez, 2023).

Con esto se evidencia que el sistema logra cubrir con las necesidades planteadas a los largo de las encuestas realizadas, cubriendo cada una de ellas generando así un onfigue mas optimo sobre la integracions de sistemas de monitoreo para la gestion de los cultivos y promoviendo el uso de tecnologias para la mejora de estos en un futuro no muy lejano, en donde el paso de la tecnologia va evolucionando, logrando cubrir mas variables y efectuando sistemas que ayuden a controlar las mismas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Generar un análisis sobre la composición y rango de los sensores antes de su utilización genera un impacto más notorio durante su implementación, demostrando las variables que estos pueden captar con un margen de error mínimo para el usuario, esto para generar un entorno de confianza con el usuario dando la confianza de que el sistema puede cubrir las áreas que con otros métodos cuesta mayor tiempo y recursos.

MySQL es un entorno sencillo y fiable para la elaboración de bases de datos, ya que esta presenta gran compatibilidad con las diferentes plataformas de desarrollo como Arduino, Flutter y PHP, lo cual promueve que los sistemas tengan mayor fluidez en los datos. Flutter posee un entorno con herramientas que permiten que el desarrollo de las aplicaciones sean más eficientes, con simuladores incluidos para comprobar bugs o errores que afecten en el funcionamiento de las aplicaciones.

Las redes de sensores promueven una mayor captación de las variables que influyen en los cultivos, estas reducen el tiempo en las cuales están tomadas para poder tomar medidas más rápida y efectivamente. En la actualidad estas redes se están haciendo más comunes lo cual genera despliegue positivo en el desarrollo de estos sistemas dirigidos a la agricultura.

Validar los resultados obtenidos en presencia del personal que labora en las diferentes fincas o haciendas, promueve la aceptación de estos sistemas para mucho más que solo la presentación de datos sino también sistemas que controlen el crecimiento del cultivo. Este sistema promovió un monitoreo continuo de las variables que pueden afectar directamente con el crecimiento del cultivo de maíz siendo una herramienta tecnología de alto relieve para la producción en la finca “Las Mercedes”.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda un mayor análisis sobre los sensores a utilizar, para evitar datos que no tengan nada que ver con los que el cliente o usuario requiera y así garantizar y dar confiabilidad sobre los sensores inalámbricos.

Se recomienda utilizar plataformas que tengan confiabilidad en sus procesos y que tengan compatibilidad directa con otras para así tener un mejor flujo en el funcionamiento de los distintos sistemas de monitoreo.

Es recomendable promover la mejora de los sistemas, ya sea el control de plagas mediante fumigación con drones autónomos o el control de las variables ambientales como la humedad y temperatura de los suelos agrícolas, para que estos sistemas tengan una mayor cobertura en el área.

Finalmente se recomienda validar los distintos procesos que forman parte de los sistemas, paso así prevenir futuras complicaciones y mantenimientos periódicos en caso de que algún componente pueda llegar a fallar colapsando junto con el sistema completo.

BIBLIOGRAFÍA

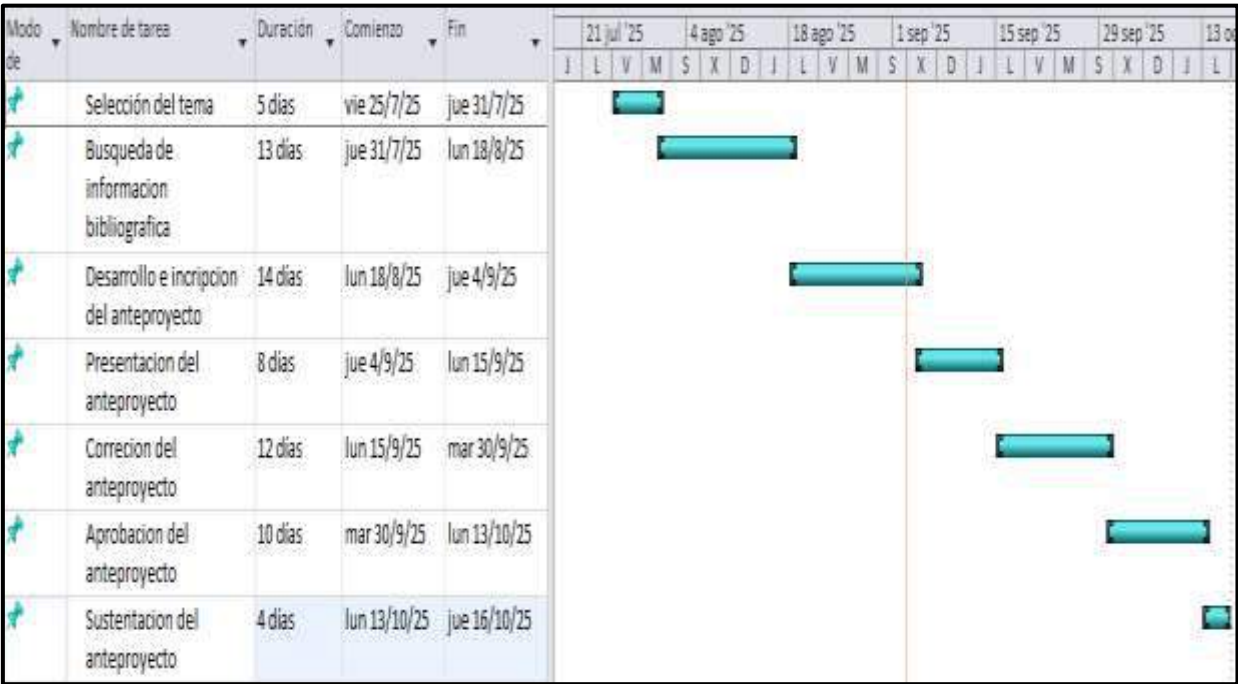
- Achmad, D. (2025). *Estabilidad de los sensores de humedad del suelo para cultivos agrícolas*. Agricultural Engineering.
- Araújo, S. O., Peres, E., Baras, A., Santos, D., & Morais, [Inicial]. (2024). Sistema agrícola inteligente que utiliza detección proximal, inteligencia artificial y tecnología LoRa. *IEEE Access*, 10.
- Caciano, E., Horna, M., & Lopez, K. (2023). *Gestión de operaciones*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Caisaguano, J. A., & Villamar, J. S. (2022). *Desarrollo de una aplicación web para la gestión de inventarios utilizando el paradigma de programación orientada a objetos* [Tesis de grado]. Institucional UG.
- Casillas, V., & Morales, Y. (2023). Oportunidades y desafíos en la utilización de paneles. *Polo del Conocimiento*, 17.
- Cedeño, R. (2023). *Implementación de un sistema de monitoreo y control de las variables ambientales en un cultivo de maíz*. Centro de Información Agraria (CIA).
- Chavez, J., & Ramos, J. (2024). Diseño de un sistema de control para optimización de recursos hídricos mediante IoT. *Revista de Ingeniería Domus*, 6.
- Chiliquinga, J. (2023). *Desarrollo de un sistema de monitoreo de variables agroclimáticas para el cultivo de maíz mediante redes de sensores inalámbricos* [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Ambato.
- Dhakal, R. S., & Rajbhandari, S. (2023). Un estudio sobre el desarrollo de aplicaciones móviles multiplataforma utilizando Flutter. *Revista Internacional de Investigación Avanzada*, 10.
- Guamán, J. (2023). *Agricultura inteligente para el monitoreo y diagnóstico del cultivo de maíz*. [Tesis de grado, Cuenca].
- Haller, M. (2024). Sensor DHT11: Un estudio exhaustivo sobre sensores de temperatura y humedad. *Revista Internacional de Investigación Científica en Ingeniería y Gestión*, 15.
- Jayaraman, P. (2024). Internet of Things (IoT) for precision agriculture: A monitoring system for maize cultivation. *IEEE Internet of Things Journal*, 15.

- Ley Orgánica del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial No. 449.
- Ley Orgánica del Ecuador. (2009). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Registro Oficial No. 583.
- Ley Orgánica del Ecuador. (2010). *Ley Orgánica de Educación Superior [LOES]*. Registro Oficial Suplemento 298.
- Ley Orgánica del Ecuador. (2016). *Ley Orgánica de Tierras Rurales y Territorios Ancestrales*. Registro Oficial Suplemento 711.
- Ley Orgánica del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento.
- Li, J., & Wang, Y. (2024). Diseño e investigación de un sistema de monitorización ambiental de invernaderos basado en IoT. *Academic Journal of Science and Technology*, 9.
- Martínez, F., & López, D. (2023). Agricultura de precisión y monitoreo de cultivos de maíz mediante sensores inteligentes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 40.
- Mendoza, L. (2025). *Evaluación de sensores de humedad de suelo en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Montoya, J. (2023). *Estudio del impacto de la variabilidad climática sobre el rendimiento del cultivo de maíz en Ecuador* [Tesis de grado]. Escuela Politécnica Nacional.
- Moran, E. H., Cobos Mora, F., Lombeida García, E., & Medina Litardo, R. (2024). *Sustentabilidad del sistema de producción de maíz en la localidad de Ventanas*. Universidad Técnica de Babahoyo.
- Orrego, J. (2023). *Desarrollo de un sistema de información institucional para la gestión de* [Tesis de grado]. Universidad Católica de Pereira.
- Ramírez, Z., & Azuara, G. (2024). *Pérdida de biodiversidad por cambio climático*. Universciencia.
- Rojas, A. (2025). *MQTT: Protocolo de comunicación en las IoT*. Padi.
- Sureshkumar, S. (2023). Implementation of IoT based smart home automation system using ESP32. *International Journal of Advanced Research in Science*, 3.

- Villamarín, J. P. (2022). *Desarrollo de aplicaciones móviles y su impacto en la gestión de datos para sistemas de monitoreo* [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Yudoyono, S. (2025). Prueba de sensores de humedad y temperatura del suelo en un sistema automatizado de riego de plantas. *Jurnal Pijar Mipa*, 20.
- Zhang, X. (2023). Automated monitoring of maize leaf diseases and climate correlation using deep learning. *Journal of Integrative Agriculture*, 22.

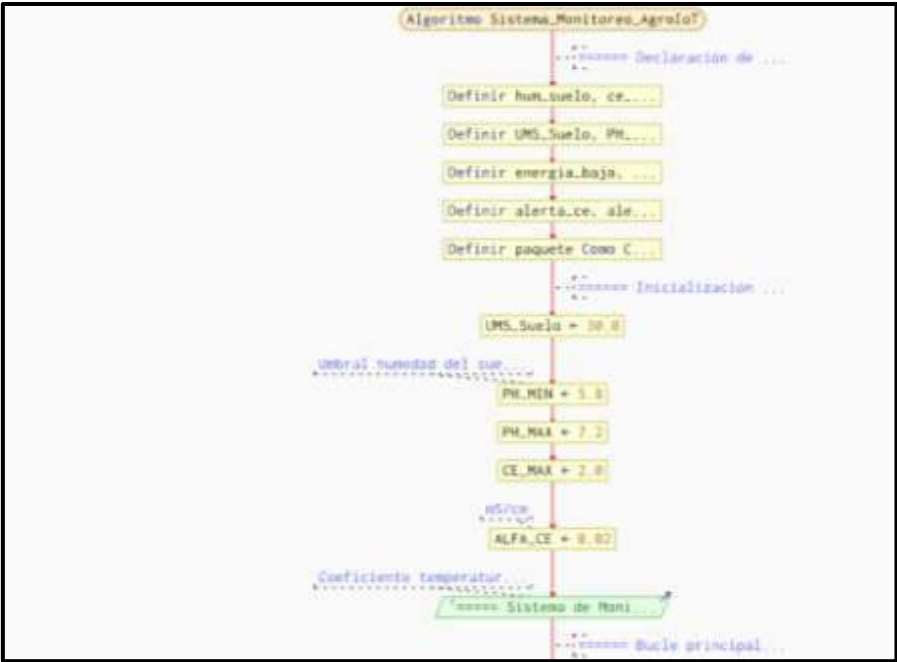
ANEXOS

Figura 1.
Cronograma de actividades



Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 2.
Diagrama de flujo



Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 3.

Sensor de temperatura del suelo Ds18b20



Fuente: (Yuecoom, 2025)

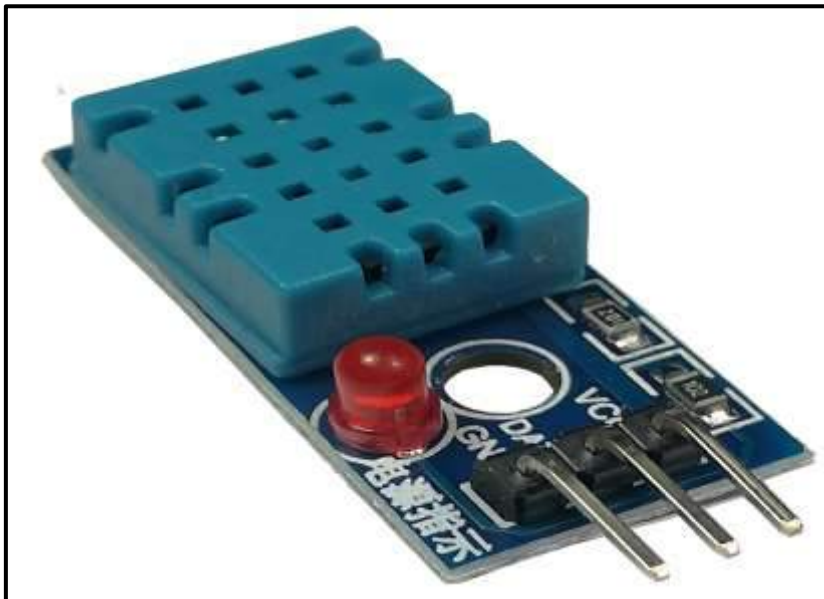
Figura 4.

Sensor de humedad de suelo con sonda larga



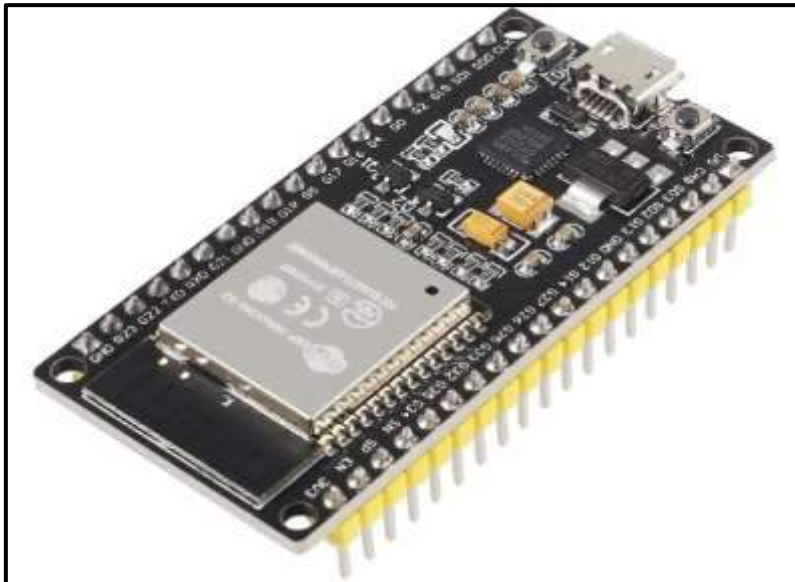
Fuente: (Technology, 2024)

Figura 5.
Sensor DHT11



Fuente: (TECmikro, 2025)

Figura 6.
Placa ESP32



Fuente: (TECmikro, 2025)

Figura 7.

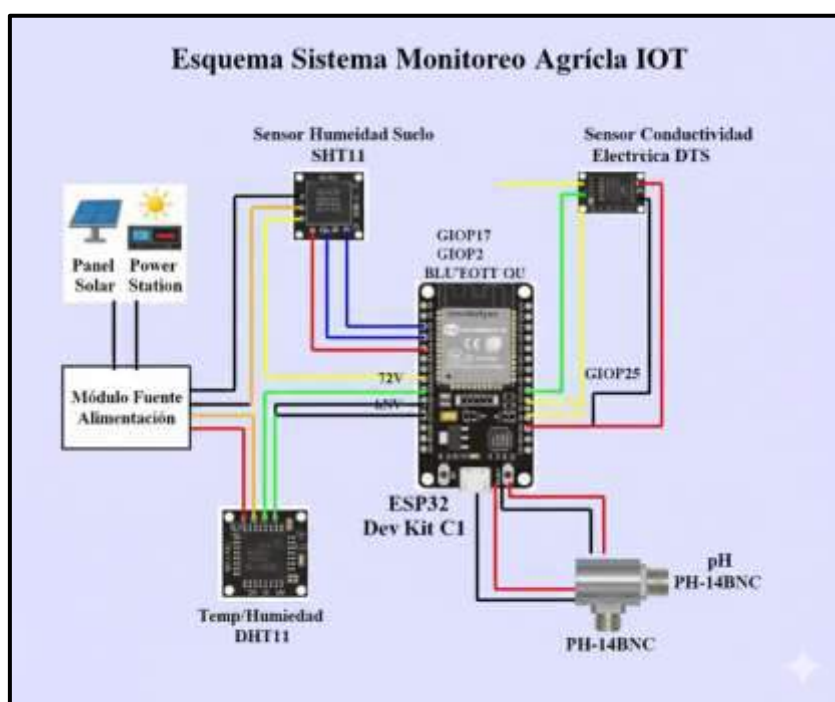
Módulo Fuente Alimentación



Fuente: (Orellana, 2024)

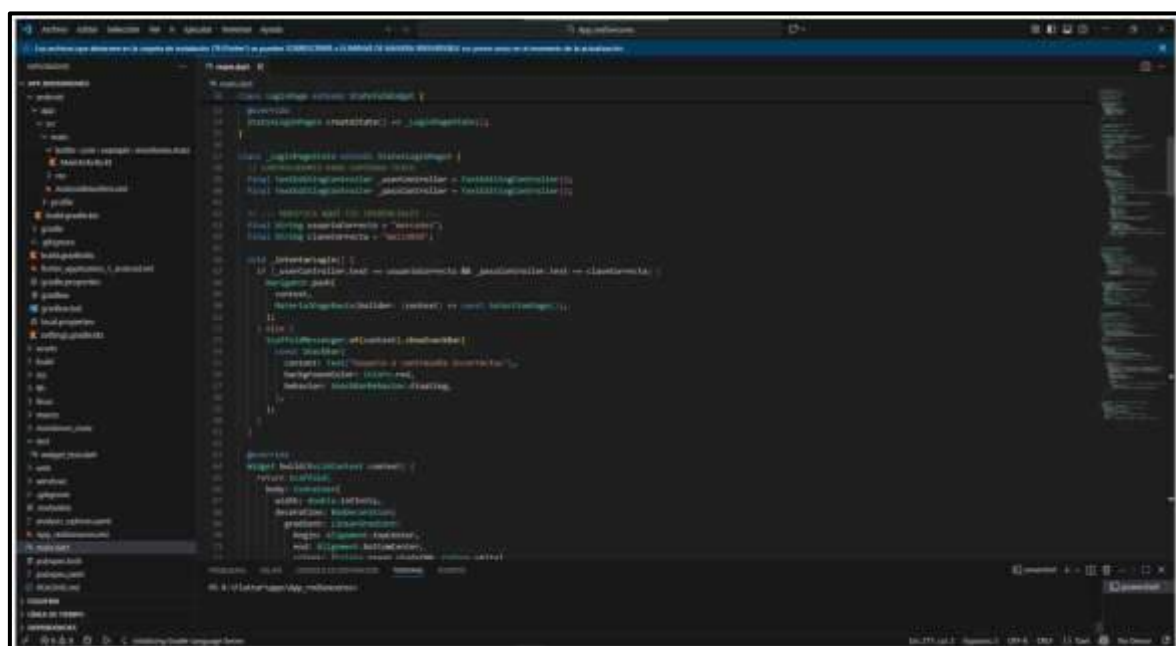
Figura 8.

Esquemático del sistema de monitoreo agrícola IOT



Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 9.

Codificación de la app en la plataforma Flutter

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 10.

Datos recolectados y almacenados en MYSQL

☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4264	ESP32_A	30.2	69	51	26.75	2026-02-07 14:52:12
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4263	ESP32_B	29.1	74	57	25.88	2026-02-07 14:52:11
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4262	ESP32_A	30.4	69	51	26.75	2026-02-07 14:52:01
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4261	ESP32_B	29.4	74	57	25.94	2026-02-07 14:52:00
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4260	ESP32_A	30.2	69	51	26.75	2026-02-07 14:51:50
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4259	ESP32_B	29	74	50	25.94	2026-02-07 14:51:50
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4258	ESP32_A	30.8	69	52	26.75	2026-02-07 14:51:40
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4257	ESP32_B	29.5	74	56	25.88	2026-02-07 14:51:39
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4256	ESP32_A	30.9	69	51	26.75	2026-02-07 14:51:29
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4255	ESP32_B	29	74	59	25.94	2026-02-07 14:51:28
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4254	ESP32_A	30.1	69	51	26.75	2026-02-07 14:51:18
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4253	ESP32_B	29.1	74	60	25.88	2026-02-07 14:51:18
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4252	ESP32_A	30.7	69	51	26.69	2026-02-07 14:51:07
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4250	ESP32_A	30.8	69	51	26.69	2026-02-07 14:50:57
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4249	ESP32_B	29.2	74	56	25.88	2026-02-07 14:50:52
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4247	ESP32_B	29.9	74	56	25.88	2026-02-07 14:50:46
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4248	ESP32_A	30.2	69	51	26.69	2026-02-07 14:50:46
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4246	ESP32_A	30.5	69	51	26.69	2026-02-07 14:50:35
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4245	ESP32_B	29.4	74	55	25.81	2026-02-07 14:50:35
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4243	ESP32_B	29.2	74	56	25.81	2026-02-07 14:50:25
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4244	ESP32_A	30	69	52	26.69	2026-02-07 14:50:25
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4242	ESP32_A	30.5	69	51	26.75	2026-02-07 14:50:14
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4241	ESP32_B	29.8	74	56	25.81	2026-02-07 14:50:14
☐	Editar	☐	Copiar	☐	Borrar	4240	ESP32_A	30.4	69	51	26.69	2026-02-07 14:50:04

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 11.

Código PHP para envío de datos a la base

```

<?php
// ----- CONFIGURACIÓN BD -----
$servername = "localhost";
$username = "root";
$password = "";
$dbname = "red_db";

$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

if ($conn->connect_error) {
    die("Error de conexión");
}

// Recibir datos por GET
if (isset($_GET['id_placa'])) {
    $id_placa = $_GET['id_placa'];
    $tempAmb = $_GET['temp_dht'];
    $humAmb = $_GET['hum_dht'];
    $humSuelo = $_GET['hum_suelo'];
    $tempSuelo = $_GET['temp_ds'];

    // Insertar en la tabla 'lecturas'
    $sql = "INSERT INTO lecturas (id_placa, TemAmbiente, humAmbiente, humSuelo, tempSuelo)
    VALUES ('$id_placa', '$tempAmb', '$humAmb', '$humSuelo', '$tempSuelo')";

    if ($conn->query($sql) === TRUE) {
        echo "Guardado con éxito: " . $id_placa;
    } else {
        echo "Error: " . $conn->error;
    }
} else {
    echo "Esperando datos...";
}

$conn->close();
?>

```

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 12.

Código de lectura de datos de la base hacia la aplicación móvil

```
<?php
header("Content-Type: application/json");
header("Access-Control-Allow-Origin: *");

// ----- CONFIGURACIÓN BD -----
$servername = "localhost";
$username = "root";
$password = "";
$dbname = "red_db";

$conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);

if ($conn->connect_error) {
    die(json_encode(["error" => "Conexion fallida"]));
}

// Consulta incluyendo el ID de la placa
$sql = "SELECT
        id,
        id_placa,
        TemAmbiente,
        humAmbiente,
        humSuelo,
        tempSuelo,
        fecha
        FROM lecturas
        ORDER BY fecha DESC
        LIMIT 50";

$result = $conn->query($sql);
$datos = [];

if ($result->num_rows > 0) {
    while ($row = $result->fetch_assoc()) {
        $datos[] = $row;
    }
}

echo json_encode($datos);
$conn->close();
?>
```

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 15.

Nodo A



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 16.

Nodo B



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 17.

Login de la aplicación



The login screen features a corn cob icon at the top, followed by the title 'SISTEMA MAÍZ' in green. Below the title are two input fields: 'Usuario' and 'Clave'. At the bottom is a green button labeled 'INGRESAR'.

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 18.

Interfaz de selección



The selection screen has a yellow background and a sun icon at the top. Below the icon is the text 'SELECCIONE SECTOR'. There are two buttons: a green one labeled 'SECTOR NORTE' and a brown one labeled 'SECTOR SUR'.

Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 19.

Ventana de datos.



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 20.

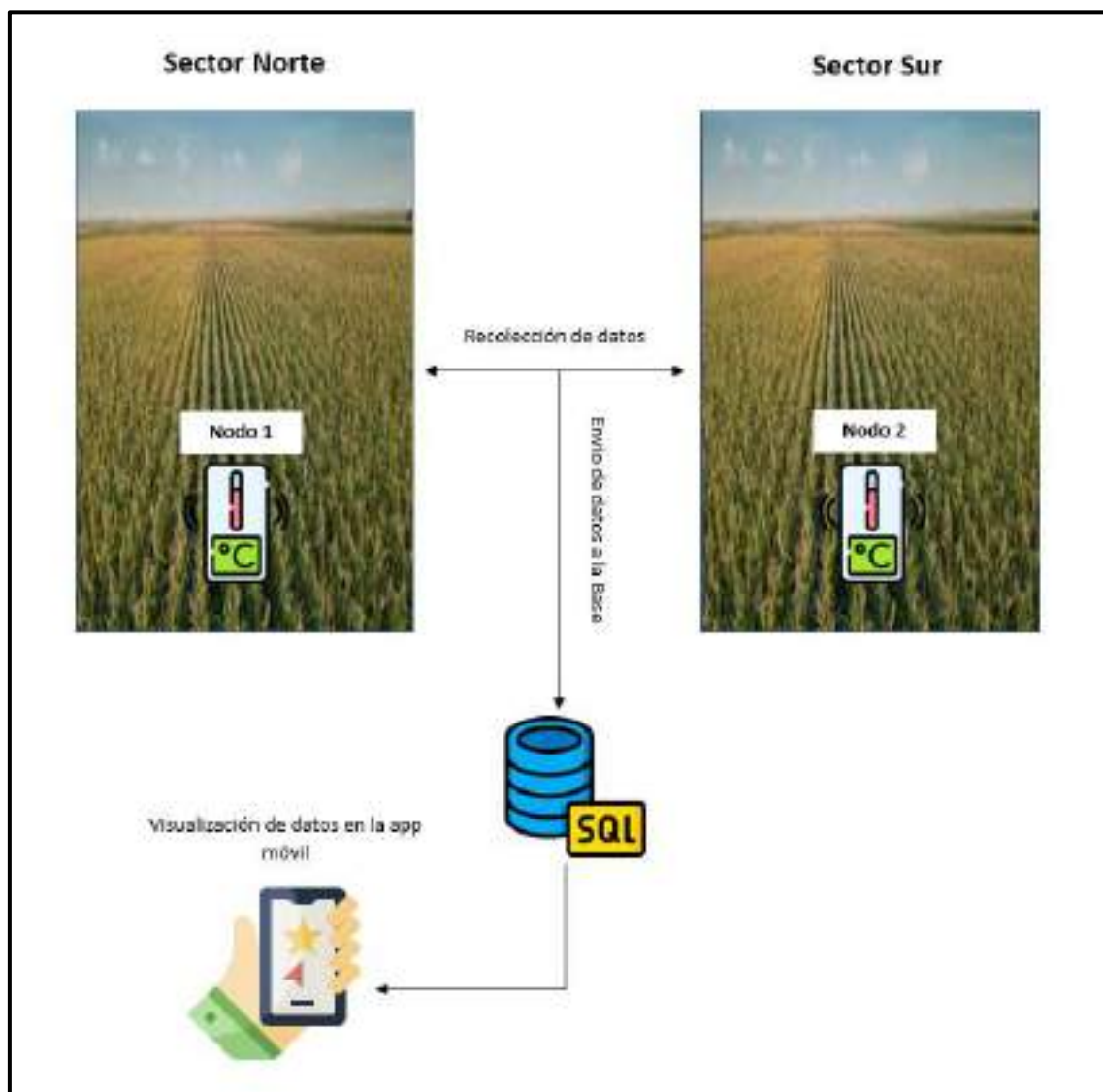
Ubicación de los nodos



Elaborado por: El Autor, 2026

Figura 21

Representación grafica del funcionamiento del sistema



Elaborado por: El Autor, 2026

Tabla 1.***Costos referenciales de los materiales que se utilizarán en el proyecto***

Concepto	Cantidad	P. U	Total
ESP32	2	\$25,00	\$50,00
Sensor de Temperatura Ds18b20	2	\$40,00	\$80,00
Módulo de alimentación con panel solar	2	\$6,00	\$12,00
Sensor humedad de suelo con sonda	2	\$6,00	\$12,00
Base Esp32	2	\$10,00	\$20,00
Jumpers y cables	2	\$2,50	\$5,00
Resistencias y módulos auxiliares	2	\$3,75	\$7,50
Caja de protección para componentes	2	\$10,00	\$20,00
Materiales de montaje, bases, soportes	2	\$5,00	\$10,00
Total			\$216,50

Elaborado por: El Autor, 2025

Tabla 2.
Datos Recolectados de los sensores

<i>id</i>	<i>Id placa</i>	<i>Temp Ambiente</i>	<i>Hum Ambiente</i>	<i>Hum Suelo</i>	<i>Temp Suelo</i>	<i>Fecha</i>
4280	ESP3 2_A	30.5	69	51	26.81	7/2/20 26
4281	ESP3 2_B	29.3	74	54	26	7/2/20 26
4282	ESP3 2_A	30.5	69	51	26.81	7/2/20 26
4283	ESP3 2_B	29	74	54	26	7/2/20 26
4284	ESP3 2_A	30.7	68	51	26.87	7/2/20 26
4285	ESP3 2_B	29.5	74	53	26.06	7/2/20 26
4286	ESP3 2_A	30.6	68	51	26.87	7/2/20 26
4287	ESP3 2_B	29.1	74	54	26	7/2/20 26
4295	ESP3 2_B	29.3	74	53	26.06	7/2/20 26
4296	ESP3 2_A	30.8	69	51	26.87	7/2/20 26
4297	ESP3 2_B	29.8	74	53	26.12	7/2/20 26
4298	ESP3 2_A	30.4	68	51	26.87	7/2/20 26
4299	ESP3 2_B	29.1	74	53	26.12	7/2/20 26

Elaborado por: El Autor, 2025

Tabla 3.
Datos de marguen de error de los sensores

Sensor	Variable Medida	Margen de Error	Rango de Operación
<i>DS18B20</i>	<i>Temperatura</i>	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (entre -10°C y $+85^{\circ}\text{C}$)	-55°C a $+125^{\circ}\text{C}$
<i>DHT11</i>	<i>Temperatura</i>	$\pm 2.0^{\circ}\text{C}$	0°C a 50°C
<i>DHT11</i>	<i>Humedad Aire</i>	$\pm 5\% \text{ RH}$	20% a $90\% \text{ RH}$
<i>Sonda humedad Suelo</i>	<i>Humedad Suelo</i>	$\pm 10\% - 20\%$	<i>Depende del voltaje</i>

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 24: Modelo de entrevista para el propietario



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

CARRERA COMPUTACIÓN

Objetivo: El objetivo de la entrevista al responsable de la Finca “Las Mercedes” es recopilar información sobre las prácticas actuales de monitoreo en el cultivo de maíz, a través de preguntas dirigidas a identificar problemáticas en el control de parámetros del suelo como humedad, temperatura, Temperatura y, para conocer su percepción y expectativas respecto a la implementación de una red de sensores inalámbricos.

1. ¿Cómo es actualmente el proceso de monitoreo del cultivo de maíz en su hacienda?

En este momento el monitoreo se hace principalmente de forma manual. Caminamos la parcela revisando el estado de las plantas, la humedad del suelo y cualquier cambio visible. Es un proceso que toma bastante tiempo y depende mucho de la experiencia del trabajador, por lo que no siempre permite identificar problemas a tiempo.

2. ¿Qué herramientas o métodos utiliza actualmente para controlar variables como la humedad, temperatura, Temperatura o fertilidad del suelo?

Usamos métodos básicos, como revisar el suelo con la mano, observar color y textura, y hacer mediciones puntuales con equipos simples cuando están disponibles. Para Temperatura o fertilidad, normalmente se envían muestras al laboratorio solo cuando es necesario, pero no se hace un seguimiento frecuente.

3. ¿Ha tenido problemas con la eficiencia del riego o el uso de fertilizantes debido a la falta de información sobre el estado del suelo?

Sí, en varias ocasiones hemos aplicado riego extra porque no se sabía con exactitud el nivel de humedad. También ha pasado que se coloca fertilizante demás en algunas partes del terreno, lo que aumenta los gastos sin necesidad.

4. ¿Considera que las condiciones del suelo se mantienen uniformes en toda la parcela de cultivo?

No, las condiciones varían bastante. Hay zonas donde el terreno retiene más humedad y otras donde se seca rápido. Eso causa diferencias en el crecimiento del maíz.

5. ¿Cuál es el costo promedio mensual que destina al mantenimiento y monitoreo del cultivo de maíz?

Aproximadamente gastamos entre 350 y 400 dólares al mes considerando mano de obra, insumos y revisiones de campo.

6. ¿Qué tan dispuesto estaría a implementar un sistema de monitoreo automatizado con sensores en su hacienda?

Estoy bastante dispuesto, siempre y cuando sea fácil de usar y ayude a mejorar el trabajo diario. Una herramienta que dé datos en tiempo real sería muy útil.

7. ¿Qué beneficios cree que podría aportar una red de sensores al cultivo de maíz?

Una red de sensores aportaría beneficios como la optimización del riego y el uso adecuado de fertilizantes. Esto permitiría tomar decisiones basadas en datos reales, evitando desperdicios y asegurando un desarrollo más uniforme del cultivo.

8. ¿Qué preocupaciones o dudas tiene respecto a este tipo de tecnología en el contexto agrícola?

La principal preocupación sobre la implementación de esta tecnología es el costo que podría representar. Si bien se reconoce su utilidad, existe la

inquietud de que la inversión inicial sea elevada y no esté al alcance de todos los productores.

9. ¿Cree que los trabajadores de la hacienda se adaptarían fácilmente a un sistema de monitoreo con sensores y alertas automatizadas?

Aunque al inicio la adaptación podría resultar complicada, se considera que con la capacitación adecuada los trabajadores se acostumbrarían rápidamente. A largo plazo, el sistema facilitaría sus labores y reduciría los errores en el manejo del cultivo.

10. ¿Estaría dispuesto a participar en el proceso de evaluación del sistema una vez instalado y en funcionamiento?

Sí, existe total disposición para participar en la evaluación del sistema, ya que permitiría comprobar en la práctica su efectividad y aportar observaciones útiles para mejorar el monitoreo del cultivo de maíz

Elaborado por: El Autor, 2025

Anexo N° 25: Modelo de encuesta para los trabajadores**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR****CARRERA COMPUTACIÓN**

Objetivo: El objetivo de la encuesta dirigida a los trabajadores de la Finca “Las Mercedes” es obtener datos relevantes sobre las prácticas actuales de monitoreo del cultivo de maíz, así como el tiempo y esfuerzo que implica realizar mediciones manuales de humedad, temperatura, Temperatura y otros parámetros del suelo. También se busca conocer la percepción del personal sobre la posible implementación de una red de sensores automatizada y una aplicación móvil que muestre los datos en tiempo real. Esta información permitirá identificar necesidades operativas, evaluar la aceptación del proyecto por parte de los usuarios directos y adaptar el diseño del sistema para facilitar su integración en las labores agrícolas diarias.

1. ¿Cuál es su rol principal en la finca?

- ☒ Preparación del terreno
- ☐ Siembra y cuidado del cultivo
- ☐ Supervisión del área de cultivo
- ☐ Otro: _____

2. ¿Cómo realiza actualmente el monitoreo del cultivo de maíz?

- ☒ Observación visual directa
- ☐ Uso de herramientas manuales (termómetros, medidores)
- ☐ No se realiza monitoreo constante
- ☐ Otro: _____

3. ¿Con qué frecuencia revisa las condiciones del suelo y ambiente?

- ☐ Una vez al día
- ☐ Varias veces al día
- ☒ Una vez a la semana

☐ Sólo cuando hay problemas visibles

4. ¿Cuánto tiempo aproximadamente le toma monitorear el cultivo de maíz?

☐ Menos de 30 minutos

☒ 30-60 minutos

☐ Más de 1 hora

5. ¿Ha tenido dificultades para saber si el cultivo necesita riego o fertilización?

☒ Sí

☐ No

☐ A veces

6. ¿Lleva registros del estado del cultivo (como humedad, temperatura, Temperatura, etc.)?

☐ Sí

☒ No

☐ A veces, de forma aproximada

7. ¿Considera útil contar con un sistema que avise sobre cambios importantes en el cultivo?

☒ Sí

☐ No

☐ No lo sé

8. ¿Cree que una red de sensores facilitaría el trabajo de monitoreo?

☒ Sí

☐ No

☐ Depende del sistema

9. ¿Se sentiría cómodo aprendiendo a usar un sistema automatizado con sensores?

☒ Sí

☐ No

☐ Con capacitación

10. ¿Estaría dispuesto a participar en pruebas del sistema de monitoreo cuando esté instalado?

☒ **Sí**

☐ **No**

Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 10.

Encuesta Realizada al propietario


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
CARRERA COMPUTACIÓN

Objetivo: El objetivo de la entrevista al responsable de la Hacienda "La Indiana" es recopilar información cualitativa sobre las prácticas actuales de monitoreo en el cultivo de maíz, identificar las principales problemáticas relacionadas con el control de parámetros del suelo como la humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica, y conocer su percepción, necesidades y expectativas respecto a la implementación de una red de sensores inalámbricos. Esta entrevista permitirá contextualizar el entorno agrícola desde la perspectiva del responsable de la finca y validar la pertinencia del sistema propuesto en función de sus experiencias y conocimientos.

1. ¿Cómo es actualmente el proceso de monitoreo del cultivo de maíz en su hacienda?
En este momento el monitoreo se hace principalmente de forma manual. Se recorren la parcela revisando el estado de las plantas, la humedad del suelo y cualquier cambio visible.
2. ¿Qué herramientas o métodos utiliza actualmente para controlar variables como la humedad, temperatura, pH o fertilidad del suelo?
Usamos medidores básicos, como reglas el suelo con la mano, medidor de pH y textura, y hacen mediciones puntuales con equipos simples cuando están disponibles.
3. ¿Ha tenido problemas con la eficiencia del riego o el uso de fertilizantes debido a la falta de información sobre el estado del suelo?
Se, en varias ocasiones hemos aplicado riego extra porque no se había conseguido el nivel de humedad. También ha pasado que la cosecha fue buena debido en algunas partes diferentes, lo que aumenta los gastos de riego.
4. ¿Considera que las condiciones del suelo se mantienen uniformes en toda la parcela de cultivo?
No, las condiciones varían bastante. Hay zonas donde el terreno retiene más humedad y otras donde se seca rápido. Eso causa diferencias en el crecimiento del maíz.

Elaborado por: El Autor, 2025

5. ¿Cuál es el costo promedio mensual que destina al mantenimiento y monitoreo del cultivo de maíz?
aproximadamente gastamos entre 350 y 400 dólares al mes considerando mano de obra y ensumos y adiciones de campo
6. ¿Qué tan dispuesto estaría a implementar un sistema de monitoreo automatizado con sensores en su hacienda?
Estoy bastante dispuesto siempre y cuando sea fácil de usar y ayude a mejorar el trabajo diario. Una herramienta que dé datos en tiempo real sería útil
7. ¿Qué beneficios cree que podría aportar una red de sensores al cultivo de maíz?
Una red de sensores aportaría beneficios como la optimización del riego y el uso adecuado de fertilizantes. Esto permitiría tomar decisiones basadas en datos reales, evitando la pérdida y asegurando un desarrollo más temprano
8. ¿Qué preocupaciones o dudas tiene respecto a este tipo de tecnología en el contexto agrícola?
La principal preocupación sobre la implementación de esta tecnología es el costo que podría representar, si bien se reconoce la utilidad, existe la incertidumbre de que la inversión inicial sea elevada y no esté al alcance de todos
9. ¿Cree que los trabajadores de la hacienda se adaptarían fácilmente a un sistema de monitoreo con sensores y alertas automatizadas?
Aunque al inicio la adaptación podría resultar complicada y se considera que con la capacitación adecuada los trabajadores se acostumbrarían rápidamente a largo plazo, el sistema facilitaría sus labores y reduciría errores
10. ¿Estaría dispuesto a participar en el proceso de evaluación del sistema una vez instalado y en funcionamiento?
Si existe total disposición para participar en la evaluación del sistema y ya que promete comprender en la práctica su utilidad y aportar obtener más datos para mejorar el monitoreo del cultivo de maíz

Elaborado por: El Autor, 2025

Figura 11.

Encuesta Realizada al trabajador


UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
CARRERA COMPUTACIÓN

Objetivo: El objetivo de la encuesta dirigida a los trabajadores de la Hacienda "La Indiana" es obtener datos relevantes sobre las prácticas actuales de monitoreo del cultivo de maíz, el tiempo y esfuerzo que implica realizar mediciones manuales de humedad, temperatura, pH y otros parámetros del suelo, así como conocer la percepción del personal sobre la posible implementación de una red de sensores automatizada. Esta información permitirá identificar necesidades operativas, evaluar la aceptación del proyecto por parte de los usuarios directos y adaptar el diseño del sistema para facilitar su integración en las labores agrícolas diarias.

1. ¿Cuál es su rol principal en la finca?

☒ Preparación del terreno

☐ Siembra y cuidado del cultivo

☐ Supervisión del área de cultivo

☐ Otro: _____

2. ¿Cómo realiza actualmente el monitoreo del cultivo de maíz?

☒ Observación visual directa

☐ Uso de herramientas manuales (termómetros, medidores)

☐ No se realiza monitoreo constante

☐ Otro: _____

3. ¿Con qué frecuencia revisa las condiciones del suelo y ambiente?

☐ Una vez al día

☐ Varias veces al día

☒ Una vez a la semana

☐ Sólo cuando hay problemas visibles

Elaborado por: El Autor, 2025

4. ¿Cuánto tiempo aproximadamente le toma monitorear el cultivo de maíz?

☐ Menos de 30 minutos

☒ 30-60 minutos

☐ Más de 1 hora

5. ¿Ha tenido dificultades para saber si el cultivo necesita riego o fertilización?

☒ Sí

☐ No

☐ A veces

6. ¿Lleva registros del estado del cultivo (como humedad, temperatura, pH, etc.)?

☐ Sí

☒ No

☐ A veces, de forma aproximada

7. ¿Considera útil contar con un sistema que avise sobre cambios importantes en el cultivo?

☒ Sí

☐ No

☐ No lo sé

8. ¿Cree que una red de sensores facilitaría el trabajo de monitoreo?

☒ Sí

☐ No

☐ Depende del sistema

9. ¿Se sentiría cómodo aprendiendo a usar un sistema automatizado con sensores?

☒ Sí

☐ No

☐ Con capacitación

10. ¿Estaría dispuesto a participar en pruebas del sistema de monitoreo cuando esté instalado?

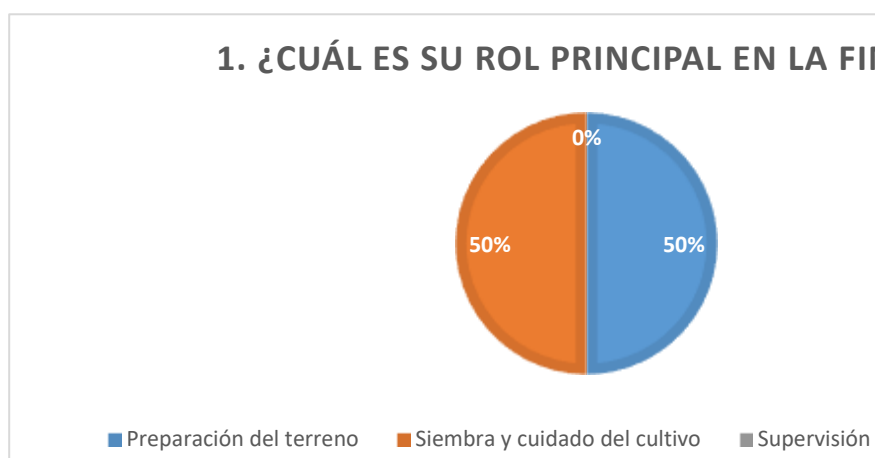
☒ Sí

☐ No

Elaborado por: El Autor, 2025

Pregunta 1. ¿Cuál es su rol principal en la finca?

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Preparación del terreno	1	50%
Siembra y cuidado del cultivo	1	50%
Supervisión del área de cultivo	0	0%
Total	2	100%



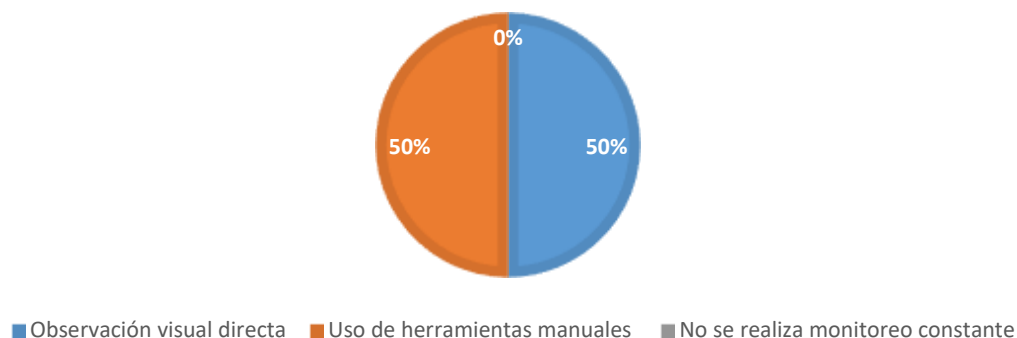
Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis: En esta figura presenciamos los roles de cada trabajador en la finca, esto nos sirve para designar al que será el encargado de manipular el sistema a implementar.

Pregunta 2. ¿Cómo realiza actualmente el monitoreo del cultivo de maíz?

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Observación visual directa	1	50%
Uso de herramientas manuales	1	50%
No se realiza monitoreo constante	0	0%
Total	2	100%

¿CÓMO REALIZA ACTUALMENTE EL MONITOREO DEL CULTIVO DE MAÍZ?



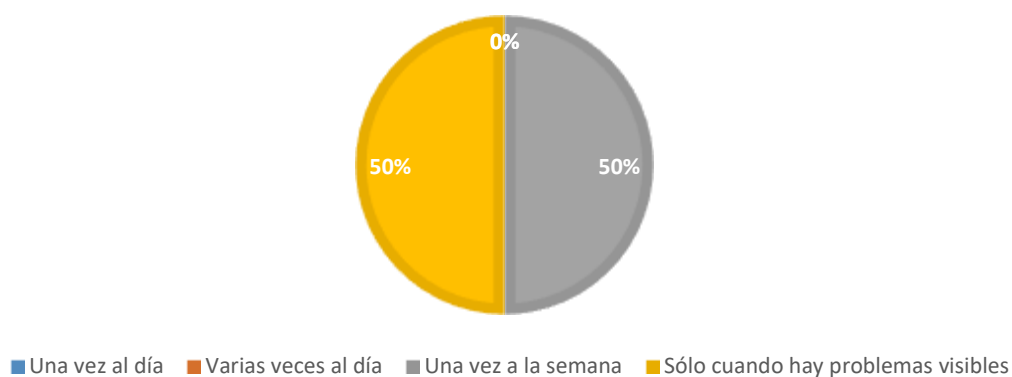
Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis: En esta figura observamos que los procesos de monitoreo de maíz no se realizan de una forma en la que sea confiable en resultado obtenido ni con materiales destinados a este proceso.

Pregunta 3. ¿Con qué frecuencia revisa las condiciones del suelo y ambiente?

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Una vez al día	0	0%
Varias veces al día	0	0%
Una vez a la semana	1	50%
Sólo cuando hay problemas visibles	1	50%
Total	2	100%

¿CON QUÉ FRECUENCIA REvisa LAS CONDICIONES DEL SUELO Y AMBIENTE?



Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis: En esta figura observamos que el análisis del suelo no se hace de manera continua sino semanal, esto genera impactos negativos en el cultivo ya que hay días que las lluvias son demasiado fuertes y generan inundaciones en el terreno.

Pregunta 4. ¿Ha tenido dificultades para saber si el cultivo necesita riego o fertilización?

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Sí	0	0%
No	2	100%
A veces	0	0%
Más de 10 años	0	0%
Total	2	100%

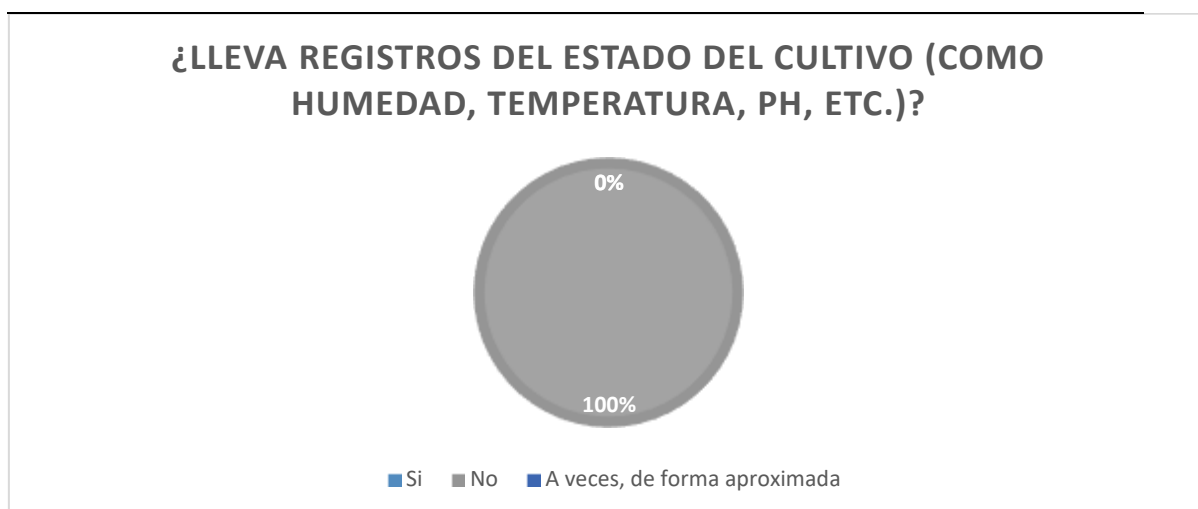


Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis: En esta figura observamos que los procesos de riego se realizan de manera en la cual no se sabe si el riego está en un tiempo correcto o si es necesario o no para el cultivo, lo cual puede generar ahogamiento en las plantas o escasez hídrica.

Pregunta 5. ¿Lleva registros del estado del cultivo (como humedad, temperatura, pH, etc.)?

Descripción	Cantidad	Porcentaje
Sí	0	0%
No	2	100%
A veces, de forma aproximada	0	0%
Total	2	100%



Elaborado por: El Autor, 2025

Análisis: en este grafico podemos presenciar la falta de un sistema que leve el control del estado del cultivo lo cual deja en carencia sobre el estado de las decisiones a mejorar sobre su mejora.

APÉNDICE

Apéndice N° 1: Manual de usuario



Manual de usuario del sistema de monitoreo

Manual de Usuario

Introducción

Esta guía para el usuario se centra en la instalación, el acceso y la revisión de información en la aplicación móvil creada para supervisar las variables del cultivo de maíz.

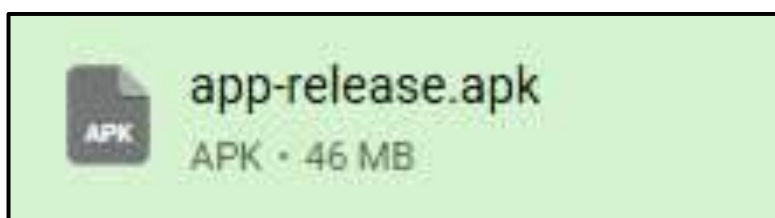
Requerimientos del sistema

Requerimientos sobre el software y hardware:

- Dispositivo móvil con Android 13 o superior
- Conexión estable a internet

Explicación sobre el procedimiento

1. Descargamos la APK.



2. Procedemos a su instalación.



3. Una vez que la aplicación ya se haya instalado y la abrimos nos presentara la ventana de validación en donde debemos ingresar un usuario y contraseña para poder ingresar.



SISTEMA MAÍZ

Usuario

Clave

INGRESAR

Nota: Se deben ingresar los datos correctos, en caso de no hacerlo la app negará el ingreso y mostrará el siguiente mensaje.

Usuario o contraseña incorrectos

4. Una vez ingresado los datos correctamente, la app mostrará una nueva ventana en donde se podrá elegir de que sector se desea consultar los datos.



SELECCIONE SECTOR

SECTOR NORTE

SECTOR SUR

Nota: Cada sector tiene las mismas variables de datos, el cambio que presenta es la identificación de cada placa.

5. Al seleccionar cualquiera de los dos sectores la app mostrara los datos referidos a cada sector.



Nota: Cada placa envía los datos en tiempo real para evitar conflictos entre las variables.

6. Código de en Flutter de la aplicación móvil.

```
import 'package: flutter/material. Dart';
import 'Dart: convert';
import 'package: http/http. Dart' as http;

void main () => rump (const Mapp ());

class Mapp extends StatelessWidget {
  const Mapp ({super. Key});

  @Override
  Widget build (BuildContext context) {
    return Materia Lapp (
      debugShowCheckedModeBanner: false,
      title: 'Monitoreo Maíz',
      theme: ThemeData(
        primarySwatch: Colors.green,
        scaffoldBackgroundColor: Colors.white,
        appBarTheme: const AppBarTheme(
          backgroundColor: Colors.green,
          foregroundColor: Colors.white,
          elevation: 0,
        ),
      ),
      home: const LoginPage(),
    );
  }
}
```

```

    );
  }
}

// --- 1. PANTALLA DE LOGIN (Con validación de usuario) ---
class LoginPage extends StatefulWidget {
  const LoginPage({super.key});

  @override
  State<LoginPage> createState() => _LoginPageState();
}

class _LoginPageState extends State<LoginPage> {
  // CONTROLADORES PARA CAPTURAR TEXTO
  final TextEditingController _userController = TextEditingController();
  final TextEditingController _passController = TextEditingController();

  // --- MODIFICA AQUÍ TUS CREDENCIALES ---
  final String usuarioCorrecto = "mercedes";
  final String claveCorrecta = "maiz2026";

  void _intentarLogin() {
    if (_userController.text == usuarioCorrecto && _passController.text
    == claveCorrecta) {
      Navigator.push(
        context,
        MaterialPageRoute(builder: (context) => const SelectionPage()),
      );
    } else {
      ScaffoldMessenger.of(context).showSnackBar(
        const SnackBar(
          content: Text("Usuario o contraseña incorrectos"),
          backgroundColor: Colors.red,
          behavior: SnackBarBehavior.floating,
        ),
      );
    }
  }

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      body: Container(
        width: double.infinity,
        decoration: BoxDecoration(
          gradient: LinearGradient(
            begin: Alignment.topCenter,
            end: Alignment.bottomCenter,
            colors: [Colors.green.shade100, Colors.white],

```

```

    ),
  ),
  child: Padding(
    padding: const EdgeInsets.all(30.0),
    child: SingleChildScrollView(
      child: Column(
        mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
        children: [
          const SizedBox(height: 80),
          const Text("👤", style: TextStyle(fontSize: 100)),
          const Text(
            "SISTEMA MAÍZ",
            style: TextStyle(fontSize: 28, fontWeight:
FontWeight.bold, color: Colors.green, letterSpacing: 2),
          ),
          const SizedBox(height: 40),
          TextField(
            controller: _userController,
            decoration: InputDecoration(
              labelText: "Usuario",
              filled: true,
              fillColor: Colors.white,
              border: OutlineInputBorder(borderRadius:
BorderRadius.circular(15)),
              prefixIcon: const Icon(Icons.person, color:
Colors.green),
            ),
          ),
          const SizedBox(height: 15),
          TextField(
            controller: _passController,
            obscureText: true,
            decoration: InputDecoration(
              labelText: "Contraseña",
              filled: true,
              fillColor: Colors.white,
              border: OutlineInputBorder(borderRadius:
BorderRadius.circular(15)),
              prefixIcon: const Icon(Icons.lock, color:
Colors.green),
            ),
          ),
          const SizedBox(height: 30),
          ElevatedButton(
            style: ElevatedButton.styleFrom(
              backgroundColor: Colors.green,
              foregroundColor: Colors.white,
              minimumSize: const Size(double.infinity, 55),

```

```

        shape: RoundedRectangleBorder(borderRadius:
BorderRadius.circular(15)),
      ),
      onPressed: _intentarLogin,
      child: const Text("INGRESAR", style:
TextStyle(fontSize: 18, fontWeight: FontWeight.bold)),
    ),
    const SizedBox(height: 80),
  ],
),
),
),
),
);
}
}

// --- 2. PANTALLA DE SELECCIÓN DE PLACA ---
class SelectionPage extends StatelessWidget {
  const SelectionPage({super.key});

  @override
  Widget build(BuildContext context) {
    return Scaffold(
      appBar: AppBar(title: const Text("Mis Parcelas")),
      body: Padding(
        padding: const EdgeInsets.symmetric(horizontal: 20.0),
        child: Column(
          mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
          children: [
            const Icon(Icons.eco, color: Colors.green, size: 60),
            const SizedBox(height: 10),
            const Text(
              "Monitoreo en Tiempo Real",
              style: TextStyle(fontSize: 18, fontWeight: FontWeight.w500,
color: Colors.grey),
            ),
            const SizedBox(height: 40),
            _buildPlacaButton(context, "PLACA A - SECTOR NORTE",
"ESP32_A", Colors.green),
            const SizedBox(height: 20),
            _buildPlacaButton(context, "PLACA B - SECTOR SUR", "ESP32_B",
Colors.green.shade700),
          ],
        ),
      ),
    );
  }
}

```

```

Widget _buildPlacaButton(BuildContext context, String label, String id,
Color color) {
  return ElevatedButton(
    style: ElevatedButton.styleFrom(
      backgroundColor: color,
      foregroundColor: Colors.white,
      minimumSize: const Size(double.infinity, 65),
      shape: RoundedRectangleBorder(borderRadius:
BorderRadius.circular(20)),
      elevation: 5,
    ),
    onPressed: () => Navigator.push(
      context,
      MaterialPageRoute(builder: (context) => DataPage(idPlaca: id))
    ),
    child: Row(
      mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.center,
      children: [
        const Icon(Icons.sensors),
        const SizedBox(width: 15),
        Text(label, style: const TextStyle(fontSize: 16, fontWeight:
FontWeight.bold)),
      ],
    ),
  );
}

// --- 3. PANTALLA DE INFORMACIÓN DETALLADA ---
class DataPage extends StatefulWidget {
  final String idPlaca;
  const DataPage({super.key, required this.idPlaca});

  @override
  State<DataPage> createState() => _DataPageState();
}

class _DataPageState extends State<DataPage> {
  // IMPORTANTE: Cambia esta IP por la de tu PC servidor
  final String url = "http://192.168.1.16/red_sensores/enviar.php";

  Future<Map<String, dynamic>?> fetchData() async {
    try {
      final response = await http.get(Uri.parse(url));
      if (response.statusCode == 200) {
        List<dynamic> allData = json.decode(response.body);
        // Retorna la última lectura que coincida con el ID enviado
        return allData.firstWhere((item) => item['id_placa'] ==
widget.idPlaca, orElse: () => null);

```

```

    }
  } catch (e) {
    debugPrint("Error de conexión: $e");
  }
  return null;
}

@override
Widget build(BuildContext context) {
  return Scaffold(
    appBar: AppBar(title: Text("Estado: ${widget.idPlaca}")),
    body: FutureBuilder(
      future: fetchData(),
      builder: (context, AsyncSnapshot<Map<String, dynamic>?> snapshot)
    {
      if (snapshot.connectionState == ConnectionState.waiting) {
        return const Center(child: CircularProgressIndicator(color:
Colors.green));
      }
      if (!snapshot.hasData || snapshot.data == null) {
        return const Center(child: Text("No hay datos recientes de
esta placa"));
      }

      var data = snapshot.data!;
      return ListView(
        padding: const EdgeInsets.all(20),
        children: [
          _infoCard("Temperatura Aire", "${data['TemAmbiente']}°C",
Icons.thermostat, Colors.orange),
          _infoCard("Humedad Aire", "${data['humAmbiente']}%",
Icons.water_drop, Colors.blue),
          _infoCard("Humedad del Suelo", "${data['humSuelo']}%",
Icons.grass, Colors.brown),
          _infoCard("Temperatura Suelo", "${data['tempSuelo']}°C",
Icons.shutter_speed, Colors.red),
          const SizedBox(height: 30),
          Container(
            padding: const EdgeInsets.all(15),
            decoration: BoxDecoration(
              color: Colors.green.shade50,
              borderRadius: BorderRadius.circular(10)
            ),
            child: Column(
              children: [
                const Text("Sincronizado con Base de Datos", style:
TextStyle(fontSize: 10, color: Colors.grey)),
                Text(
                  "${data['fecha']}",

```

```

                textAlign: TextAlign.center,
                style: const TextStyle(color: Colors.green,
fontWeight: FontWeight.bold),
            ),
        ],
    ),
),
],
);
},
),
);
}

Widget _infoCard(String title, String value, IconData icon, Color
iconColor) {
    return Card(
        elevation: 3,
        margin: const EdgeInsets.only(bottom: 15),
        shape: RoundedRectangleBorder(borderRadius:
BorderRadius.circular(15)),
        child: ListTile(
            leading: CircleAvatar(
                backgroundColor: iconColor.withOpacity(0.1),
                child: Icon(icon, color: iconColor),
            ),
            title: Text(title, style: const TextStyle(fontWeight:
FontWeight.bold)),
            trailing: Text(
                value,
                style: const TextStyle(fontSize: 18, fontWeight:
FontWeight.bold, color: Colors.green)
            ),
        ),
    );
}
}

```



Manual de técnico del sistema de monitoreo

Manual Técnico

Introducción:

El presente documento técnico busca explicar los elementos electrónicos y algunos aspectos del desarrollo del sistema que se empleó para realizar la instalación del sistema de monitoreo.

Componentes de hardware:

Sensor *temperatura del suelo* Ds18b20. Tabla de datos del sensor Ds18b20



Voltaje	Terminales
3.3 V	VCC (+)
	GND (-)
	SDA
	SLK

Características principales del sensor Co2

Sensor de humedad de suelo

Tabla de datos de humedad de

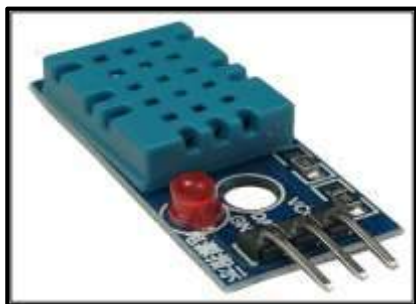


Voltaje	Terminales
3.3 V	VCC (+)
	GND (-)
	AO

Características principales del sensor humedad de suelo

Sensor DTH11

Tabla de datos del sensor DTH11



Voltaje	Terminales
3.3 V	VCC (+)
	GND (-)
	DO

Características principales del sensor DHT11

Placa Esp 32



Tabla de datos Placa Esp 32

Voltaje	Corriente de trabajo	Terminales de conexión
3V – 7V	30 mA – 55mA	15 pines de entrada/salida
		Salidas PWM)
		2 entradas análogas

Características del controlador Esp32

Módulo de carga



Tabla de datos Modulo de carga

Voltaje	Corriente de trabajo	Terminales de conexión
3V – 7V	30 mA – 55mA	2 salidas Digitales

Características del Módulo de carga

Código utilizado para este sistema Tecnológico

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include "DHT.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

const char* ssid = "jhasdjhas";
const char* password = "shjdfsajhf";
const char* serverName = "http://192.168.1.16/red_sensores/guardar.php";
const String id_placa = "ESP32_A";

#define DHTPIN 4
#define DHTTYPE DHT11
#define SOIL_PIN 34
#define ONE_WIRE_BUS 15

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature ds18b20(&oneWire);

void setup() {
```

```

Serial.begin(115200);
dht.begin();
ds18b20.begin();

WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("Placa A: Conectando a WiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("\n[WiFi] Conectado. IP: " + WiFi.localIP().toString());
}

void loop() {
    // --- Lectura de Sensores ---
    float humDHT = dht.readHumidity();
    float tempDHT = dht.readTemperature();
    int soilRaw = analogRead(SOIL_PIN);
    int humSuelo = map(soilRaw, 4095, 0, 0, 100);
    ds18b20.requestTemperatures();
    float tempDS = ds18b20.getTempCByIndex(0);

    // --- Mostrar en Monitor Serial ---
    Serial.println("\n--- LECTURAS PLACA A ---");
    Serial.print("Temp. Ambiente: "); Serial.print(tempDHT);
    Serial.println(" C");
    Serial.print("Hum. Ambiente: "); Serial.print(humDHT); Serial.println(" %");
    Serial.print("Hum. Suelo: "); Serial.print(humSuelo); Serial.println(" %");
    Serial.print("Temp. Suelo (DS): "); Serial.print(tempDS);
    Serial.println(" C");

    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;
        String url = String(serverName) + "?id_placa=" + id_placa +
            "&temp_dht=" + String(tempDHT) + "&hum_dht=" +
            String(humDHT) +
            "&hum_suelo=" + String(humSuelo) + "&temp_ds=" +
            String(tempDS);

        Serial.println("Enviando a: " + url);
        http.begin(url);
        int httpResponseCode = http.GET();

        if (httpResponseCode > 0) {
            Serial.println("Servidor respondió: " + String(httpResponseCode));
        } else {
            Serial.println("Error enviando HTTP: " + String(httpResponseCode));
        }
    }
}

```

```
    }  
    http.end();  
  } else {  
    Serial.println("Error: WiFi desconectado");  
  }  
  
  delay(10000);  
}
```