



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA COMPUTACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS DE LACOMPUTACIÓN**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE
APLICACIÓN DE NUTRIENTES BASADO EN ARDUINO MEGA
EN LA FINCA “EL MISIONERO” DEL CANTÓN NARANJAL**

AUTORES

**DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA
VARGAS BARONA DANNY GUSTAVO**

TUTOR

ING. BYRON ALEXANDER TOBAR CUESTA, MSc.

NARANJAL, ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA COMPUTACIÓN

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES BASADO EN ARDUINO MEGA EN LA FINCA “EL MISIONERO” DEL CANTÓN NARANJAL, realizado por los estudiantes DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA; con cédula de identidad N° 094210189-0 y VARGAS BARONA DANNY GUSTAVO; con cédula de identidad N° 094274460-8 de la carrera COMPUTACIÓN, - Facultad de Ciencias Agrarias “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz”- Extensión Programa Regional de Enseñanza “Dr. Jacobo Bucaram Ortiz” 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 Alexander Tobar Cuesta, MSc.

Naranjal, 14 de noviembre del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
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: “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES BASADO EN ARDUINO MEGA EN LA FINCA “EL MISIONERO” DEL CANTÓN NARANJAL, realizado por los estudiantes DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA y VARGAS BARONA DANNY GUSTAVO, los mismos que cumplen con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. CARDENAS RODRIGUEZ MARIO, M.Sc .
PRESIDENTE

ING. BERMEO ALMEIDA OSCAR, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. BELTRAN ROBAYO NUVIA, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. BYRON ALEXANDER TOBAR CUESTA.
EXAMINADOR SUPLENTE

Naranjal, 14 de noviembre del 2024

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis va dedicado a Dios ya que gracias a él hemos logrado concluir una etapa más la cual es formarnos como profesionales en dicha carrera.

A nuestros padres y hermanos por el apoyo dado en los momentos difíciles y ser una inspiración para cumplir nuestra meta.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos la fuerza y el conocimiento necesario también por guiarnos y protegernos en este camino con muchos obstáculos, permitiéndonos formarnos profesionalmente.

A nuestros padres por fortalecernos a través de sus consejos emotivos que nos inspiró para seguir el camino hasta el final.

A nuestros docentes por ser esa guía necesaria para realizar este proyecto.

A nuestros compañeros y amigos universitarios por la amistad brindada durante los trabajos hechos en clase.

Autorización de Autoría Intelectual

Nosotros DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA y VARGAS BARONA DANNY GUSTAVO, en calidad de autores del proyecto realizado, sobre “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE APLICACIÓN DE NUTRIENTES BASADO EN ARDUINO MEGA EN LA FINCA “EL MISIONERO” DEL CANTÓN NARANJAL” para optar el título de 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 autores nos 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, 14 de noviembre del 2024

DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA
C.I. 094210189-0

VARGAS BARONA DANNY GUSTAVO
C.I. 094274460-8

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad llegar al objetivo planteado en el proyecto de sistematización y monitoreo de nutrientes con sensor NPK basado en arduino mega para plantación de banano ubicado en el sector Luz y vida del Cantón Naranjal. Trabajando con tecnología de fertiriego con un sistema de riego por aspersor, visualizando los datos a través de una plataforma denominada NodeRed con la finalidad de controlar la fertilización adecuada para el cultivo de banano. En este desarrollo de monitoreo de nutrición de suelo se busca ampliar el conocimiento tecnológico en las diversas áreas en este caso la agronomía en función del avance tecnológico es decir Computación, El sistema esta enlazada con dos sensores los cuales toman lectura de los nutrientes en el suelo en este caso NPK (Nitrógeno, Fosforo y Potasio) el sensor trabaja con un arduino mega el cual está encargado de dar la orden para la toma de lectura recepta la información y la presenta a través de una pantalla led o plataforma NodeRed, donde el usuario puede visualizar los datos obtenidos sobre los nutrientes del suelo en su finca y tomar una decisión acorde a las necesidades del cultivo mediante el proceso de fertiriego.

Palabras clave: *Arduino, Fertiriego, Plataforma, Sensor.*

Abstract

The purpose of this work is to reach the objective set in the project of systematization and monitoring of nutrients with NPK sensor based on Arduino mega for banana plantation located in the Luz y Vida sector of cantón Naranjal. Working with fertigation technology with a sprinkler irrigation system, visualizing the data through a platform called NodeRed in order to control the appropriate fertilization for the banana crop. In this development of soil nutrition monitoring, the aim is to expand technological knowledge in various areas, in this case agronomy based on technological advance, that is, Computing. The system is linked to two sensors which take a reading of the nutrients in the soil. In this case NPK (Nitrogen, Phosphorus and Potassium) the sensor works with an Arduino Mega which is in charge of giving the order to take the reading, receives the information and presents it through an LED screen or NodeRed platform, where the user You can view the data obtained about the nutrients in the soil on your farm and make a decision according to the needs of the crop through the fertigation process.

Keywords: *Arduino, Fertirigation, Platform, Sensor.*

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	13
1.2 Antecedentes del problema.....	13
1.3 Planteamiento y formulación del problema	14
1.4 Justificación de la investigación	14
1.5 Delimitación de la investigación	16
1.6 Objetivo general	16
1.7 Objetivos específicos	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Estado de arte.....	17
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 Enfoque de la investigación	25
3.2 Metodología.....	25
4. RESULTADOS	30
5. DISCUSIÓN	40
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49
APÉNDICES	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Tabla 1. Operación de las variables independientes.....	27
Anexo N° 2: Tabla 2. Operación de las variables dependientes.....	27
Anexo N° 3: Tabla 3. Resultado de entrevista al propietario.....	31
Anexo N° 4: Tabla 4. Familiaridad con la tecnología.....	32
Anexo N° 5: Tabla 5. Tiempo de experiencia.....	33
Anexo N° 6: Tabla 6. Participación en encuestas sobre nutrición de suelo automatizado.....	34
Anexo N° 7: Tabla 7. Optimizaciones o mejoras con la aplicación de nutrientes automatizadas.....	35
Anexo N° 8: Tabla 8. Beneficios a obtener con el proyecto.....	36
Anexo N° 9: Tabla 9. Desafíos al implementar dicho proyecto.....	36
Anexo N° 10: Tabla 10. Características para medir la nutrición del suelo.....	37
Anexo N° 11: Figura 1. Familiarización con la tecnología automatiza para suelo.....	32
Anexo N° 12: Figura 2. Tiempo de experiencia en aplicación de nutrientes.....	33
Anexo N° 13: Figura 3. Encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada	34
Anexo N° 14: Figura 4. Consideración en la implementación del proyecto.....	35
Anexo N° 15: Figura 5. Beneficios con la nueva implementación.....	36
Anexo N° 16: Figura 6. Mayor desafío con la implementación.....	37
Anexo N° 17: Figura 7. Características necesarias a considerar en la implementación.....	38
Anexo N° 18: Figura 8. Ubicación y presentación del lugar donde se implementará el proyecto.....	52
Anexo N° 19: Figura 9. Ubicación Satelital finca “El Misionero”.....	52
Anexo N° 20: Figura 10. Fruta de la finca “El Misionero”.....	53
Anexo N° 21: Figura 11. Node Red.....	53
Anexo N° 22: Figura 12. Diseño del sistema de monitoreo con sensor NPK.....	54
Anexo N° 23: Figura 13. Diagrama de flujo del sistema de riego automatizado....	54
Anexo N° 24: Figura 14. Esquema del sistema a implementar.....	55
Anexo N° 25: Figura 15. Entrevista al propietario de la finca “El Misionero”.....	55
Anexo N° 26: Figura 16. Entrevista a los trabajadores de la finca “El Misionero”...	56
Anexo N° 27: Figura 17. Plataforma Node Red.....	56
Anexo N° 28: Figura 18. Implementación del sistema en la finca “El Misionero”...	57

Anexo N° 29: Figura 19. Funcionamiento del sistema 1	57
Anexo N° 30: Figura 20. Funcionamiento del sistema 2.....	58
Anexo N° 31: Tabla 11. Elementos para la implementación del software.....	58
Anexo N° 32: Tabla 12. Elementos electrónicos para sistema de riego.....	59
Anexo N° 33: Tabla 13. Materiales para la instalación del riego.....	59
Anexo N° 34: Tabla 14. Gastos económicos con dos trabajadores.....	60
Anexo N° 35: Tabla 15. Gastos económicos con un trabajador y el prototipo.....	60
Anexo N° 36: Tabla 16. Cálculo de error porcentual del proyecto.....	60
Anexo N° 36: Figura 21. Analisis de suelo en laboratorio.....	61

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apendice N°1: Manual de usuario.....	62
Apendice N°2: Manual Técnico.....	67

1. INTRODUCCIÓN

1.2 Antecedentes del problema

Los sistemas de automatización basados en IoT que utilizan redes de sensores y modelos de demanda de agua reducen el consumo de recursos entre un 20% y un 40% en comparación con los métodos de sincronización. Sin embargo, los enormes costos de adopción y los desafíos técnicos obstaculizan su uso generalizado, especialmente en los países en desarrollo.

Las alternativas de IoT para la automatización del riego de cultivos a través de una revisión de la literatura considerando diferentes tecnologías dando como resultados la muestras de soluciones basadas en sensores de humedad del suelo, plataformas Arduino/Raspberry Pi y protocolos inalámbricos como Bluetooth o Zigbee tienen el potencial de ensamblar sistemas funcionales a bajo costo. Por lo tanto, las tecnologías de IoT más disponibles pueden ayudar a mejorar la eficiencia de los sistemas de riego y promover el uso moderno y sostenible del agua de riego de acuerdo con las necesidades locales (Molina y Molina, 2023).

En la agricultura de precisión se utilizan dispositivos electrónicos que permiten esta caracterización a través de sensores que pueden registrar la magnitud presente de cada elemento químico en el suelo conforme a una escala preestablecida.

Esta caracterización es importante ya que permite determinar, por ejemplo, los requerimientos de fertilizantes que se necesita para determinado cultivo con el fin de lograr mejores objetivos de producción agrícola a futuro.

En la agricultura de precisión se han creado distintas arquitecturas integrando sensores, tecnologías de comunicación y transmisión de datos así como dispositivos de medición que recogen y procesan los datos registrados por los sensores, el objetivo de este artículo es analizar la información obtenida de la revisión sistemática de literatura realizada con la finalidad de conocer las distintas tecnologías y arquitecturas creadas para el análisis de los suelos y que a continuación se verán (Alarcón, 2022).

1.3 Planteamiento y formulación del problema

1.3.1 Planteamiento del problema

La finca “El Misionero” ubicada en el cantón Naranjal en el sector Luz y vida, zona que se caracteriza por los cultivos de cacao y banano, consta de un suelo fértil que ayuda a la producción de estos, su producción se utiliza como vía de turismo, donde la competencia potencial es crear estrategias para ser una zona altamente agrícola (Ver Anexo. Figura 9 y 10).

Debido a la presencia de varias fincas y haciendas que se dedican al cultivo del banano, se crea un ambiente competitivo en donde el mejor productor se lleva los mejores méritos, generando pérdidas para el resto de agricultores.

Al entrevistar al dueño de la finca se conoció las principales problemáticas estas son: el consumo excesivo de fertilizantes para el cultivo, la aplicación incorrecta de fertilizantes causando eso la disminución de producción y su calidad, pérdidas económicas (Ver Anexo. Figura 11).

El efecto que genera la propuesta tecnológica es un sistema automático de nutrición de suelo a través del fertiriego y monitoreo con sensores NPK el cual nos dará información sobre el nivel de nutrientes que posee el área cultivada.

1.3.2 Formulación del problema

Una vez conociendo las dificultades que tiene la finca “El Misionero” podemos proceder a formular la siguiente pregunta.

¿Cuál será el efecto en la implementación automatizada de un sistema de nutrición del suelo para control de fertilizantes en la finca “El Misionero” en el sector Luz y Vida del Cantón Naranjal, Provincia del Guayas?

1.4 Justificación de la investigación

La nutrición adecuada del suelo se puede lograr mediante aplicación de fertilizantes. Se pueden aplicar al suelo en forma orgánicas, como el estiércol y el compost, mejoran la estructura del suelo y liberan nutrientes lentamente durante un período prolongado de tiempo o inorgánicos como la urea, el superfosfato de triple calcio y el cloruro de potasio, proporcionan una alta concentración de nutrientes que están disponibles rápidamente para las plantas.

Software

Los sistemas automatizados para nutrir suelo utilizan sensores y tecnologías de control para aplicar fertilizantes de manera precisa y eficiente. Esto permite a los productores agrícolas mejorar la salud de sus suelos y aumentar la productividad de sus cultivos.

Registros de parámetros

Consiste en la recopilación de datos durante la ejecución mediante el uso de los sensores adecuados (NPK), dando valores en porcentajes de los nutrientes derivados.

Dashboard

Se reflejan mediante una representación gráfica de los datos adquiridos en el monitoreo (Ver Anexo. Figura 12).

Hardware

La aplicación del sistema hardware se realizará de forma automática mediante la implementación de un módulo Arduino que permitirá el control del riego basándose en los datos obtenidos de los sensores, para ellos los sensores detectarán los nutrientes presentes en el mismo, una vez identificado la falta de cualquiera de ellos activará los servomotores los cuales abrirán paso a la dosificación de los nutrientes mezclándolos con el agua, luego de esto se dispersará por el campo a través del riego por aspersión (Ver Anexo. Figura 13).

Componentes Hardware

- **Módulo Arduino Mega**

Controlará el sistema mediante un código el cual dirigirá las acciones de los demás componentes.

- **Sensor de NPK**

Recolectará los datos en tiempo real para el sistema.

- **Cables jumper**

Se los utilizará para la conexión de los componentes.

- **Servo MG995**

Se activarán dependiendo las órdenes recibidas por el módulo Arduino, abriendo paso a la aplicación de los nutrientes.

- **Fuente 12v 3amp**

Abastecerá al sistema de corriente para su funcionamiento óptimo.

1.5 Delimitación de la investigación

- Espacio: Este trabajo se llevará a cabo en la finca “El Misionero” ubicada en el sector Luz y Vida del Cantón Naranjal de la provincia del Guayas. El Área de trabajo será e 100 m² para la implementación de dos sensores NPK, junto con su sistema automatizado de nutrición del suelo.
- Tiempo: El presente trabajo de titulación tiene un tempo de duración de 7 meses, desde octubre del 2023 hasta julio del 2024.
- Población: la recolección de esta información se llevará a cabo dentro de los 100 m² dentro de la finca “El Misionero”.

1.6 Objetivo general

Desarrollar un sistema de automatización para el análisis del Nitrógeno, Potasio y Fósforo basado en Arduino mega para mejorar la calidad del suelo en la finca “El Misionero” en el sector Luz y Vida del cantón Naranjal provincia del Guayas.

1.7 Objetivos específicos

- Analizar los procesos de nutrición mediante visitas técnicas para la adquisición de conocimientos que se aplicaran en el nuevo sistema.
- Emplear un sistema web mediante la plataforma NodeRed para la monitorización de los nutrientes del suelo.
- Implementar un sistema que automatice la fertilización mediante un módulo Arduino para el control del riego.
- Evidenciar los procesos y el funcionamiento mediante su implementación para verificar el correcto funcionamiento del sistema para la nutrición por riego en el cultivo de banano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado de arte

Un sistema tecnológico tiene como objetivo maximizar el potencial de los recursos naturales, humanos y mecánicos con una mínima perturbación del agroecosistema. El uso de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección en la investigación agrícola proporciona una visión holística de los factores ambientales que influyen en la salud de las plantas. Estas tecnologías permiten la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales y temporales, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias relacionadas con enfermedades de las plantas, estrés hídrico, deficiencias nutricionales y otros problemas que afectan la productividad agrícola. Además, la integración de datos de múltiples fuentes, como imágenes satelitales, datos climáticos y mapas de suelos, permite una evaluación exhaustiva de las condiciones del campo y la toma de decisiones informadas (Guzmán, 2024).

Los sistemas automatizados de riego permiten suministrar agua de manera artificial al perfil del suelo, para su posterior utilización por los cultivos. Con estos sistemas es posible determinar la frecuencia de aplicación del agua y la cantidad de esta de acuerdo con la etapa del cultivo.

Estos sistemas pueden adaptarse a cada tipo de cultivo que se encuentre sembrando el agricultor y también pueda ser alimentado por un sistema basado en energía renovable, inclusive, los sistemas de riego se consolidan acciones que buscan aprovecharlo, logrando una gran producción, con el calentamiento global y la disminución de afluentes hídricos (Leython y Perales, 2020).

Las Plataformas Tecnológicas son una de las herramientas más trascendentales para incrementar la competitividad de las industrias y, por ende, de un país, al generar innovación y la transferencia de tecnologías y generación de nuevos conocimientos. Agiliza procesos de investigación y de análisis da como resultado el establecimiento de los principales beneficios y retos de las Plataformas Tecnológicas para impulsar la agricultura.

La adopción de tecnologías digitales en los sistemas de producción agrícola favorecen el desarrollo de la agricultura, mediante la cadena digital, y las cadenas alimentarias, en los procesos de búsqueda y provisión de información, investigación, desarrollo e innovación y transferencia de tecnología . Todo esto da

paso a nuevas tecnologías como lo son: Internet de las Cosas, Agrobots, Análisis de la data, Drones, Cloud computing, Sensores, Inteligencia artificial y Blockchain. La interacción de estas tecnologías tiene el potencial de mejorar el rendimiento y la sostenibilidad de los cultivos, mejorar la calidad de la producción, propiciando condiciones idóneas para el trabajo agrícola (Beltran, 2022).

Las tecnologías aplicadas a las soluciones de Internet de las Cosas (IoT - del término en inglés: Internet of Things) vienen mejorando la forma como realizamos las tareas y la forma como son abordados muchos de los principales desafíos humanos, tales como: crecimiento poblacional, consumo de energía, medio ambiente, sustentabilidad. Los dispositivos usados en estas soluciones se caracterizan por sus bajas tasas de datos, consumo de energía y costo.

Las Redes de Sensores Inalámbricas (WSN – del término en inglés: Wireless Sensor Network) son una alternativa para la comunicación entre los equipos y el gateway, sin embargo, su aplicación en cultivos abiertos enfrenta dificultades debido a la baja infraestructura de la tecnología de información y las limitaciones de energía eléctrica. Por consiguiente, los autores citan la importancia de escoger de forma correcta la red de comunicación aplicada en los casos agrícolas de campo abierto, así como, los protocolos de comunicación que serán utilizados por dichas redes, ya que, estos poseen características distintas que los vuelven adaptables en cada aplicación, representando su importancia cuando son aplicados de la forma correcta.

Según algunos estudios, la combinación de tecnologías puede representar un aumento de hasta 67% en el rendimiento de los cultivos, no obstante, problemas de conectividad en el campo, debido principalmente a la limitación de la cobertura de la telefonía celular e internet, son obstáculos para los avances de la IoT en el sector. Se destaca que la IoT es altamente dependiente de los servicios de telecomunicaciones, ya que, se debe considerar las características, calidad, velocidad y confiabilidad de las redes para verificar el pleno uso del ambiente de IoT. Por lo tanto, se verifica la importancia de estudiar las características de las tecnologías y protocolos de comunicación Máquina a Máquina (M2M – del término en inglés: Machine to Machine) aplicados en soluciones WSN, y su aplicabilidad en diferentes escenarios agrícolas, con el fin de contribuir en las soluciones IoT y consecuentemente, en la automatización de actividades del sector agrícola (Langer, 2020).

La tecnología no solo tendría beneficios en la productividad, eficiencia y facilidad de manejo y precisión para las empresas productoras, sino también permitiría la generación de información exacta, individual y en tiempo real sobre las cosechas, obteniendo así datos sobre el ambiente y otros factores que puedan estar influenciando la producción en cada uno de los diferentes ámbitos.

Esto podría permitir que se produzca en muchos más lugares del mundo, dado que la información sobre cada área podría ser generada acorde a las características particulares presentadas y podrían tomarse medidas determinadas y sin requerimiento de uso extremo de químicos, lo cual simplificaría la producción de alimentos y la cadena de distribución alimenticia, reduciéndose así la inseguridad alimentaria por razones como dificultades de abastecimiento a ciertas áreas, reduciéndose así el impacto medioambiental generado por la industria agrícola (Marroquín, 2021).

Al integrar herramientas digitales, como equipamientos para medir la precisión, sensores, robots y softwares para análisis de big data. Actualmente, es posible modelar una unidad agropecuaria entera, lo cual permite planificar y tomar decisiones innovadoras en los espacios de aprendizaje que conectan a extensionistas, investigadores y productores, contribuyendo a potenciar las capacidades analíticas de estos últimos.

En Agricultura y en hidrología, generalmente no se pueden reproducir todos los procesos que ocurren en la naturaleza, ya que existen cantidad de variables y manejo de información. La agricultura de precisión reúne a un conjunto de tecnologías que permite el control y la gestión de los campos a distancia mediante el uso de sensores, así como de drones y satélites para la vigilancia desde el cielo. Por su parte, los modelos hidrológicos no pueden reproducir todos los procesos que ocurren en la naturaleza por procedimientos convencionales ya que existen gran cantidad de variables y manejo de información que presentan los mismos. Por lo que es necesario hacer simplificaciones y usar herramientas que permitan el manejo de bases de datos de manera espacial (Luque, 2023).

La utilización de TICs por parte de productores agropecuarios, comunidades rurales y extensionistas ha sido discutida por múltiples autores en diferentes contextos y territorios. En este sentido, resulta difícil construir una clasificación definitiva de temas más abordados, ya que muchos de ellos se superponen o

piensan el uso y el impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación desde diferentes puntos de vista.

No obstante, es claro que dos de los temas más abordados son el uso de herramientas digitales para la comunicación entre extensionistas y productores, lo que lleva a pensar en innovaciones metodológicas, y para la comunicación entre productores. En esta línea, se reconoce el uso de herramientas digitales en la extensión rural como facilitador de procesos de innovación debido a su utilidad para difundir tecnologías y conocimientos científicos (Candia, Clara, y Ladini, 2023).

Se entiende que un sistema de riego automatizado es la combinación de hardware y software, tiene como objetivo optimizar el proceso de regadío según las condiciones y especificaciones del cultivo, siendo utilizado en lugares en donde la falta de agua perjudica el correcto crecimiento y producción de los cultivos. El hardware utilizado en los últimos años se describen como sensores de tipo Arduino de temperatura y humedad, además utilizan bombas de agua, electricidad o paneles solares, que pueden ser implementados mediante IoT, Machine Learning, entre otros (Medina y Coral, 2022).

La agricultura inteligente se ha consolidado como una tendencia influyente que impulsa el desarrollo agrícola mediante la implementación de los sistemas de información, generando eficiencias en los costes operativos para incrementar los márgenes en la producción de productos agrícolas. Este enfoque cobra relevancia dado al aumento de la demanda mundial de alimentos, lo que subraya la necesidad imperante de explorar cómo las tecnologías de la información pueden contribuir de manera sostenible a la agricultura. Además, afirman que un componente esencial para el despliegue efectivo de la agricultura inteligente es la conectividad a través de la tecnología 5G, la cual emerge como el núcleo de la infraestructura en la agricultura moderna, permitiendo la agricultura de precisión y optimizando la gestión de recursos agrícolas (Quiroz, 2024).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 ¿Que es un sistema de control automático?

Un autómata programable, también conocido como PLC (Controlador Lógico Programable), es un dispositivo electrónico que se utiliza para automatizar procesos industriales. Un autómata programable puede controlar desde una función específica de una máquina hasta una línea completa de producción, según la programación que se le haya introducido. Un autómata programable es un

dispositivo electrónico diseñado para controlar procesos secuenciales en entornos industriales. Está compuesto por una unidad central de procesamiento (CPU), entradas y salidas digitales y analógicas, y una interfaz de programación que permite al usuario desarrollar y cargar programas para controlar el comportamiento de la maquinaria.

Los PLCs son una evolución de los sistemas de control basados en relés y temporizadores, ya que ofrecen una mayor flexibilidad, capacidad de programación y control de procesos más complejos. Además, los autómatas programables pueden integrarse con sistemas de supervisión y control (SCADA) para monitorear y gestionar de forma remota los procesos industriales. Un autómata es un dispositivo mecánico o electrónico que imita el comportamiento humano o animal y que realiza tareas de manera autónoma siguiendo una serie de instrucciones predefinidas. Los autómatas han fascinado a la humanidad desde tiempos antiguos, y con el avance de la tecnología, su sofisticación y aplicaciones han crecido exponencialmente. (Aicad, 2020)

2.2.2 Protocolos TCP/IP

Los protocolos TCP/IP que establecen “lenguaje común”, permiten que estas se configuren y funcionen como una sola red de alcance global, interconectado a todo el planeta. Además, del TCP/IP que viabiliza la interconexión de todas las redes del mundo, existen otros atributos que distinguen a Internet (Godoy y Caiza, 2022).

2.2.3 Arquitectura de red

Las redes definidas por software (SDN) constituyen un enfoque de la infraestructura de TI que aísla los recursos de red en un sistema virtualizado. Esto es lo que se denomina virtualización de la red. Este tipo de redes separan las funciones de envío de datos de las de control para diseñar una red que se pueda programar y gestionar desde un solo lugar, lo que también se describe como separación del plano de control del de datos. Permiten que el equipo de operaciones de TI controle el tráfico de red en las topologías de redes complejas con un panel concentrado, en lugar de administrar cada dispositivo de forma manual. (RedHat, 2020).

2.2.4 ¿Que son los sensores?

En la actualidad se dispone de sensores electrónicos que son utilizados para el control de procesos en plantas industriales. Este tipo de dispositivos abrió un nuevo abanico de oportunidades para diseñar y crear todo tipo de aplicaciones, protocolos

y sistemas capaces de facilitar el trabajo a los seres humanos a la vez que reducen sus costos. Las Redes Inalámbricas de Sensores o RIS (también llamadas WSN por sus siglas en Inglés) están compuestos por decenas, cientos o incluso miles de estos sensores electrónicos que operan con baterías, llamados nodos sensores (motes) y que son distribuidos a lo largo de un ambiente de interés particular (Pérez, Custodio y Urdaneta, 2020).

2.2.5 Arduino mega

Arduino Mega es un componente electrónico que ofrece ventajas en términos de flexibilidad, facilidad de programación y accesibilidad para aquellos que deseen aprender y contribuir al desarrollo de tecnología de asistencia. Ofrece a las personas con discapacidad visual la posibilidad de aprender el sistema de lectura Braille de manera autónoma. El uso de dispositivos electrónicos, como micro servos, mp3 DfPlayer module, leds de baja luminosidad y un módulo Bluetooth HC-06, permite a los usuarios recibir retroalimentación táctil, visual, y auditiva para mejorar su aprendizaje (Haz, Minchala, y Balón, 2024).

2.2.6 Sensor NPK

Se encarga de medir y adquirir las variables químicas del suelo como: el nitrógeno, fósforo y potasio. Interpreta la conductividad eléctrica de los químicos para que se adquirida por el microcontrolador y los datos medidos de las variables químicas del suelo sean transmitidas mediante una señal RF (Guilcaso, 2023).

2.2.7 Protoboard

Protoboard una herramienta simple que se usa en proyectos de robótica que permite conectar fácilmente componentes electrónicos entre sí, sin necesidad de realizar una soldadura. Puede llamarse también breadboard o placa de pruebas. El Protoboard, también conocido como placa de pruebas o breadboard, es una herramienta esencial para prototipar circuitos electrónicos de manera rápida y sin soldaduras permanentes. Está compuesto por una matriz de orificios interconectados que permiten la inserción y conexión de componentes electrónicos de forma temporal. El Protoboard consta de dos secciones principales: las filas de conexiones y los buses de alimentación. Las filas de conexiones están dispuestas en hileras paralelas, cada una con cinco orificios conectados internamente. Los buses de alimentación, generalmente situados en los extremos, proporcionan voltajes de alimentación (+ y -) y están conectados a través de rieles conductores. (Ielectel, 2024).

Es una placa de pruebas con orificios a través de los cuales se conecta cada componente. A continuación, los agujeros se conectan internamente de forma horizontal o vertical que nos permite armar circuitos electrónicos de forma más ordenada y fácil.

2.2.8 Servo SG90

El SG90 es un servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones, El servo SG90 tiene un conector universal tipo “S” que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio control incluyendo los Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec y otros. Los cables en el conector están distribuidos de la siguiente forma: Rojo = Alimentación (+), Cafe = Alimentación (-) o tierra, Naranja = Señal PWM. Este tipo de servo es ideal para las primeras experiencias de aprendizaje y prácticas con servos, ya que sus requerimientos de energía son bastante bajos y se permite alimentarlo con la misma fuente de alimentación que el circuito de control (Arduino, 2023).

Es un pequeño actuador o motor giratorio que permite un control preciso de la posición angular.

2.2.9 Fuente 12v 3amp

Una fuente de 12V 3A tiene la capacidad de convertir la energía eléctrica de corriente alterna (CA) a corriente continua (CC) y puede suministrar energía a diversos dispositivos electrónicos, como un motor de corriente directa (CD), diodos emisores de luz (LED) de alta potencia, una tira de LED, cámaras de vigilancia cerrada de circuito (CCTV), tarjetas o módulos de Arduino, sensores, actuadores, amplificadores, circuitos integrados, entre otros (Mechatronicstore, 2023).

2.3 Marco legal

2.3.1 Acuerdo del Senescyt - 2018 - 040

La constitución de la República del Ecuador es la norma máxima en el ordenamiento jurídico del cual representa todas las leyes. Por ende, todo está sujeto a las ordenanzas del estado, de tal manera Barrera, (2018) establece que en base a los estudios científicos y tecnológicos se considera los siguientes artículos:

Art. 350 establece que: El sistema de educación superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción, desarrollo y difusión de los saberes y las culturas; la construcción de soluciones para los problemas del país, en relación con los objetivos del régimen de desarrollo. (p. 1)

En los numerales 2 y 4 del Art. 387 establecen como responsabilidades del Estado: Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir y garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales. (p. 2)

Con el respaldo de los dos artículos mencionados anteriormente se puede realizar las investigaciones y construcción de nuevos elementos tecnológicos que aporten a la sociedad y respetando el medio ambiente.

2.3.2 Ley de la propiedad intelectual

El actual proyecto no es de implementación en una empresa, pero si se diera el caso hay que saber que existen artículos que respaldan al autor y son de gran importancia.

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).

Mediante el artículo 8 de la Ley de Propiedad Intelectual garantiza que nuestros documentos realizados no puedan ser plagiados para el uso ilegal, es por ello que para el actual proyecto se está realizando en base a los conocimientos e investigaciones de artículos científicos, citando a los autores de diferentes estudios llegando así a cumplir la ley que establece.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación es:

Mixto: Debido a que no solo se basa en aspectos investigativos, sino también es aspectos prácticos y descriptivos.

3.1.1 Tipo de investigación

Descriptiva: Durante el desarrollo de la propuesta tecnológica se utilizó un enfoque descriptivo, según lo requerido en la finca “El Misionero”, que cuenta con sistema de riego y fertilización manual y baja calidad productiva.

3.1.2 Diseño de investigación

Investigación no experimental: Un estudio de este tipo podría considerarse no experimental, ya que utiliza un método de implementación de sistemas automatizados de sensores para recopilar datos sobre la nutrición del cultivo de banano. Además, se utilizarán herramientas como encuestas y entrevistas para seleccionar a los trabajadores y propietarios de la finca “El Misionero”.

3.2 Metodología

Metodología de sistematización automatizada: Generaliza un sin número de pasos para documentar y automatizar los procesos organizacionales en la aplicación de sensores NPK, sistema de fertiriego, la administración de la energía, la creación de protocolos de comunicación, la protección de datos y la implementación estratégica de mantenimiento.

3.3 Variables

3.3.1. Variable independiente

- Eficacia del sistema automatizado

3.3.2. Variable dependiente

- Calidad del suelo

3.3.3. Matriz de operaciones de variables

Tabla 1.
Operación de las variables independientes

Variables independientes			
Variable	Tipo	Nivel de Medida	Descripción
Cantidad de dispositivos instalados	No experimental	Contador	Cantidad numérica total de dispositivos tecnológicos instalados en el campo de cultivo en banano
Cobertura del área del sensor	No experimental	Ratio	Área cubierta por parte del sensor.
Estado de funcionamiento	No experimental	On/Of	Porcentaje de dispositivos instalados que se encuentran operando en buen estado.

Elaborado por: Los Autores, 2024

Tabla 2.
Operación de las variables dependientes

Variable Dependiente			
Variable	Tipo	Nivel de Medida	Descripción
Textura del suelo	No experimental	Porcentaje	Proporción de arena, limo, arcilla en el suelo.
Nitrógeno	No experimental	Porcentaje	Cantidad de nitrógeno disponible para las plantas
Fosforo	No experimental	Porcentaje	Cantidad de fosforo disponible para las plantas
Potasio	No experimental	Porcentaje	Cantidad de potasio disponible para las plantas

Elaborado por: Los Autores, 2024

3.3.4 Recolección de datos

3.3.4.1. Recursos

- **Recursos Humanos**

Tutor: Ing. Byron Tobar Cuesta M.Sc.

Investigadores: Elsa Yolanda Deleg Chucino, Danny Gustavo Vargas Barona

Agricultores

- **Recursos Bibliográficos**

Libros electrónicos

Artículos científicos

Revistas científicas

Sitios web

Repositorios de Tesis

Biblioteca virtual

- **Recursos tecnológicos**

Laptop Intel(R) Core (TM) i3-10110U

Impresora L375

- **Recursos de Hardware**

Arduino

Sensor de NPK

Cables jumper

Protoboard

Servo SG90

Fuente 12v 3amp

3.3.4.2. Presupuesto

Para el desarrollo del sistema automatizado de aplicación de nutrientes se toma en cuenta puntos como la energía eléctrica, internet, implementación automatizada de fertiriego. Es por ello por lo que se llevará a cabo el proyecto con diferentes materiales electrónicos (Ver anexo. Tabla 11 al 13).

3.4.1 Métodos y técnicas

3.4.1.1 Métodos

Método inductivo:

Este método es un proceso de razonamiento basado en observaciones y experimentos a cerca de la sistematización automatizada y aplicación de nutrientes.

Método deductivo:

Este método es el proceso de razonar de lo general a lo específico sobre sistema automática y aplicación de nutrientes.

Método analítico:

Este método es un proceso de razonamiento que descompone un todo en partes o elementos para observar causas, propiedades y efectos en relación a la sistematización automática de aplicación de nutrientes.

Metodología de desarrollo

Este sistema estuvo conformado de dos módulos: El primer módulo cumplirá con las acciones bajo una codificación implementada en el microcontrolador Arduino Mega esta se encargará de la recolección de datos en tiempo real mediante los sensores NPK, para así determinar la cantidad de nutrientes que necesita el suelo, esto activara los servomotores dependiendo de los nutrientes que hagan falta los cuales se repartirán al cultivo mediante un riego controlado, el segundo módulo consta de un sistema web el cual se encargará de representar los datos obtenidos para que el agricultor esté al tanto del estado de suelo de su cultivo.

3.4.1.2. Técnicas

Para defender la teoría detrás del estudio del proceso, éste se basará en la recopilación de información bibliográfica. Desarrollar un marco teórico sólido para el tema en estudio. Se utilizó fuentes primarias como libros, revistas, artículos científicos, informes técnicos, bases de conocimiento y tesis. Además, se utilizarán archivos bibliográficos para organizar adecuadamente la información recopilada y garantizar la exactitud y confiabilidad de las referencias utilizadas en el trabajo.

Diagrama de flujo

Este proyecto desarrolló un diagrama de flujo que describe los siguientes puntos claves para el desarrollo de un sistema automatizado en aplicación de nutrientes (Ver anexo. Figura 14).

Descripción del diagrama de flujo

Cultivo de banano

La finca "El Misionero" tiene una hectárea cultivada en banano, se ocupó 100 m² en la cual se realizó la recolección de datos y se llevó a cabo la implementación de un sistema automatizado de nutrición en el cultivo a través del fertiriego.

Sensor de nutrientes

Sirven para medir el nivel de nutrientes que tiene la tierra en el cultivo de banano.

Automatización de fertiriego

Se lleva a cabo con la implementación de sistema automatizado de nutrición en la finca "El Misionero" (Ver anexo. Figura 15)

Determinación del volumen del riego

Esto se hará según las necesidades del cultivo.

Activación del riego

Esto se hará automáticamente en función de las necesidades del cultivo.

Datos estadísticos

Se recolectó datos sobre la nutrición del suelo.

Riego

La automatización del riego hizo que el riego sea más eficiente y, por tanto, redujo los gastos financieros.

3.4 Análisis Estadístico

La información básica para el desarrollo de esta propuesta técnica será obtenida por los colaboradores de la finca "El Misionero" y será recolectada mediante una encuesta estructurada, la cual se puede ver en el archivo adjunto. También se realizará una entrevista con el dueño de la propiedad y también se adjuntará un formato de entrevista. Basándose en los resultados obtenidos mediante las mediciones generadas por los sensores se comprobará la mejora en la calidad del suelo de la plantación (Ver Anexo. Tabla 14 y 15).

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los procesos de nutrición mediante visitas técnicas para la adquisición de conocimientos que se aplicaran en el nuevo sistema.

En la visita que se realizó se tuvo conocimiento sobre la forma tradicional de fertilizar el suelo en la producción de banano, la información recaudada es de vital importancia para conocer a detalle como realizan este tipo de procesos, teniendo en cuenta esta información se pudo analizar los siguientes puntos:

Cantidad de fertilizantes: la cantidad suficiente de fertilizantes para la aplicación de forma tradicional es exagerada a diferencia de aplicación a través de fertiriego optimizamos la cantidad de fertilizantes y su aplicación es más eficiente.

Personal de trabajo: se trabaja con dos personas para realizar la fertilización de forma tradicional en el proceso de preparación y aplicación de nutrientes, al aplicar el sistema automático de fertiriego solo se necesita de una persona para en manejo, se entrevista al personal de trabajo con relación a los conocimientos que tiene sobre el proceso de producción agrícola (Ver Anexo. Figura 17).

Observación de campo: al momento de la aplicación de los fertilizantes no se da de forma correcta y la absorción de nutrientes en el suelo lleva 24 horas si el suelo este húmedo caso contrario su tiempo de disolución es de 2 a 3 días. Con la aplicación del sistema automática de aplicación de nutrientes a través del fertiriego los nutrientes serán absorbidos al instante por el suelo.

En base a la encuesta que se realizó al dueño y a los trabajadores se obtuvo los siguientes análisis:

Tabla 3.
Resultado de entrevista al propietario

Entrevista para el propietario	
Pregunta	Respuesta
1. ¿Qué tan familiarizado está con la tecnología automatizada para monitoreo y nutrición de suelo?	Diría que muy poco, ya que la fertilización de mi finca la realizo tradicionalmente. Que consiste en usar el personal de trabajo para mezclar el producto luego echarlo en el cultivo.
2. ¿Cuál es el tiempo de experiencia aplicando nutrientes en el suelo agrícola?	De entre 8 a 10 años normalmente, profesionalmente 5 a 6 años ya que casi toda la vida me dedique al cultivo de banano.
3. ¿Alguna vez ha completado encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada?	Pocas veces, pero si he escuchado de técnicas avanzadas para fertilización.
4. ¿Por qué consideraría usted la implementación de sistema automatizado de nutrición de suelo?	Consideraría como una manera más fácil de ahorrar tiempo y que la fertilización o nutrición del suelo se de en forma correcta y más eficiente.
5. ¿Qué beneficios espera obtener al implementar la tecnología en su finca?	Reducir gastos, ahorrar tiempo, obtener una fertilización más eficiente y nutrir mejor el suelo para que mi cultivo sea más productivo.
6. ¿Cuál es el mayor desafío al implementar la automatización para nutrición en el suelo mediante sensores?	Considero que mi mayor desafío sería el manejo del sistema y su mantenimiento técnico, ya que es algo nuevo en nuestro entorno.
7. ¿Qué tipo de características consideras necesarias en la automatización de un sistema para nutrición de suelo?	Poder conocer el nivel de nutrientes que tiene mi suelo y así tomar la mejor decisión sobre el producto que necesitaría mi cultivo para mantenerse en buen estado.

Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: La implementación del sistema automatizado de monitoreo con sensor sería algo nuevo y muy interesante para el agricultor ya que tiene bases fundamentales sobre nutrición y fertilización en el área agrícola pero poco conocimiento sobre la tecnología, lo cual llama mucho la atención del propietario porque sería una forma más factible de conocer la falta de nutrientes antes de que el cultivo presente fases de desnutrición como lo es: bajo peso, color de hojas, grosor de tallos y raíces cortas. Así podría evitar que el cultivo baje de calidad y llevar un mejor control.

1. ¿Qué tan familiarizado está con la tecnología automatizada para monitoreo y nutrición de suelo?

Tabla 4.
Familiaridad con la tecnología

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Muy familiarizado	0	0%
Poco familiarizado	2	66.7%
No familiarizado	1	33.3%
Total	3	100%

Familiarización con la tecnología automatizadas

Elaborado por: Los Autores,2024

Figura 1.

Familiarización con la tecnología automatiza para suelo



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 2, se obtuvo que el 66.7% es poco familiarizado con la tecnología automatizada para monitoreo y nutrición de suelo, mientras que el 33.3% desconoce del uso tecnológico su uso y manejo con mejoras en la agricultura. Con el uso del sistema automatizado de monitoreo de nutrición de suelo podemos conocer el porcentaje que tiene el suelo así concluir si está en el punto o necesita ser fertilizado.

2. ¿Cuál es el tiempo de experiencia aplicando nutrientes en el suelo agrícola?

Tabla 5.
Tiempo de experiencia

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Menos de 1 año	2	66.7%
1-5 años	0	0%
6-10 años	1	33.3%
Más de 10 años	0	0%
total		100%

Tiempo de experiencia de aplicación de nutrientes

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 2.
Tiempo de experiencia en aplicación de nutrientes



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 3 podemos ver que el 66.7% de los agricultores que laboran en la finca “El Misionero del Agro” cuenta con menos de un año de experiencia en aplicación de nutrientes de la forma tradicional, el 33,3% de trabajadores tienen de 6 a 10 años de experiencia. Con el sistema aplicado solo necesitamos verificar valores adecuados en porcentaje de nutrición.

3. ¿Alguna vez ha completado encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada?

Tabla 6.

Participación en encuestas sobre nutrición de suelo automatizado

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	1	33.3%
No	2	66.7%
total		100%

Participación en preguntas relacionadas a la automatización en fertirriego

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 3.

Encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 4 presenta que el 66,7% no ha realizado estos tipos de encuestas además desconoce sobre los avances tecnológicos, el 33,3% si reconoce estos tipos de trabajos y el avance tecnológico en las diferentes ramas entre ellas en la agricultura.

4. ¿Por qué consideraría usted la implementación de sistema automatizado de nutrición de suelo?

Tabla 7.

Optimizaciones o mejoras con la aplicación de nutrientes automatizadas

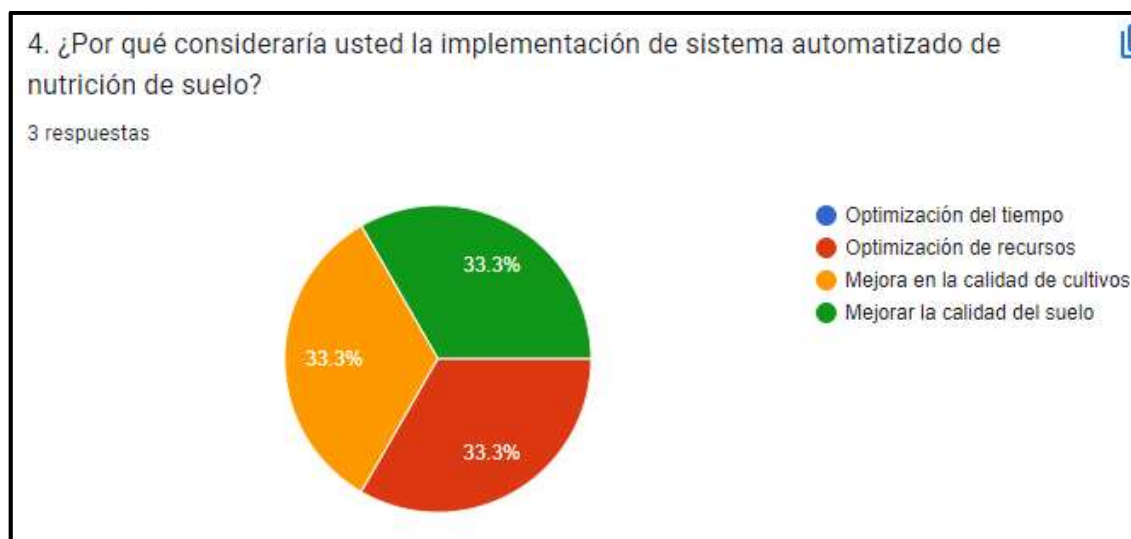
Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Optimización de tiempo	0	0%
Optimización de recursos	1	33.3%
Mejora en la calidad de cultivos	1	33.3%
Mejora la calidad del suelo	1	33.3%
Total		100%

Consideración de los beneficios que traerá la automatización

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 4.

Consideración en la implementación del proyecto



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 5 se puede ver que el 33,3% considera la implementación de sistema automatizado de nutrición del suelo para mejorar la calidad del suelo, el 33,3% para mejora en la calidad del cultivo y el 33,3% para la optimización de recursos. Este proyecto toma en cuenta estas consideraciones y aplica los tres aspectos optimizando recursos es decir ahorrando gastos al agricultor, mejora la calidad del suelo según el cultivo y da mejores resultados en la producción.

5. ¿Qué beneficios espera obtener al implementar la tecnología en su finca?

Tabla 8.

Beneficios a obtener con el proyecto

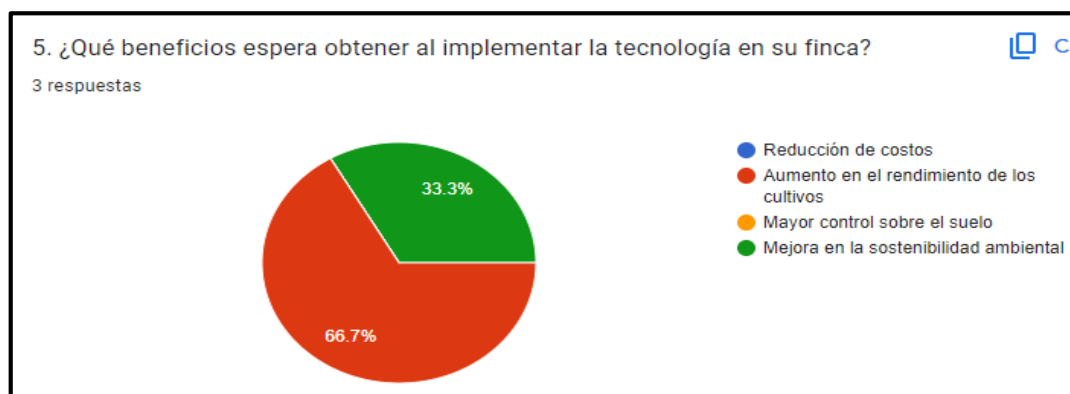
Alternativas	Frecuencias	Porcentaje
Reducción de costos	0	0%
Aumento en el rendimiento de los cultivos	2	66.7%
Mayor control sobre el suelo	0	0%
Mejora en la sostenibilidad ambiental	1	33.3%
Total		100%

Beneficios a obtener con la implementación tecnológica

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 5.

Beneficios con la nueva implementación



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la Figura 6 el 66,7% busca aumentar el rendimiento del cultivo, el 33,3% busca mejorar la sostenibilidad ambiental. Con la aplicación del sistema mejoramos el rendimiento del cultivo gracias a la nutrición adecuada al tiempo necesario respetando el medio ambiente.

6. ¿Cuál es el mayor desafío al implementar la automatización para nutrición en el suelo mediante sensores?

Tabla 9.

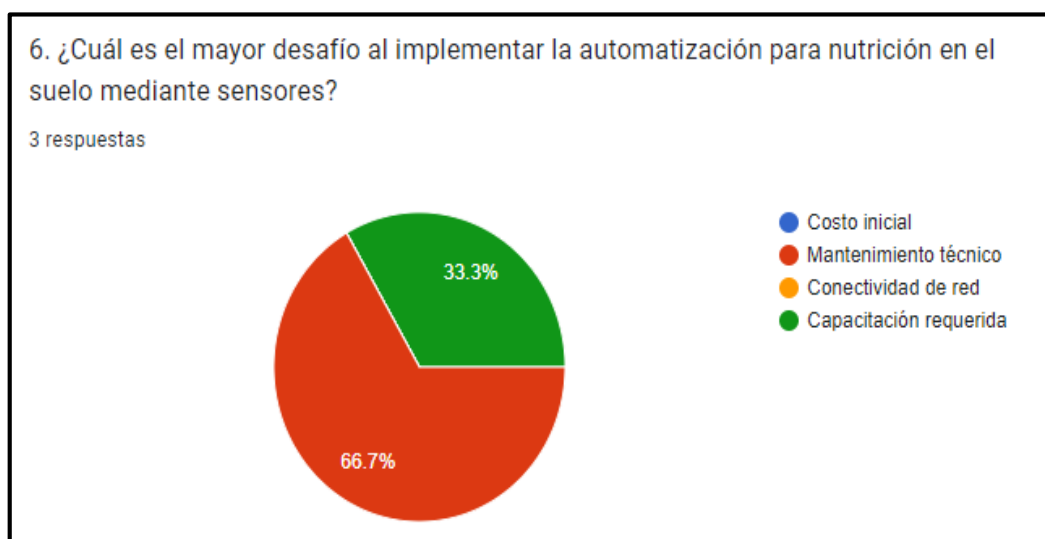
Desafíos al implementar dicho proyecto

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Costo inicial	0	0%
Mantenimiento Técnico	2	66.7%
Conectividad de red	0	0%
Capacitación requerida	1	33.3%
Total		100%

Mayor desafío en la implementación del proyecto en la finca

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 6.
Mayor desafío con la implementación



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 7 el 66,7% cree que uno de los mayores desafíos es el mantenimiento técnico, el 33,3% cree que su mayor desafío es la capacitación requerida para uso del sistema automatizado. La implementación de este proyecto trae consigo una capacitación para que el agricultor conozca el manejo de este sistema y pueda usarlo con confianza.

7. ¿Qué tipo de características consideras necesarias en la automatización de un sistema para nutrición de suelo?

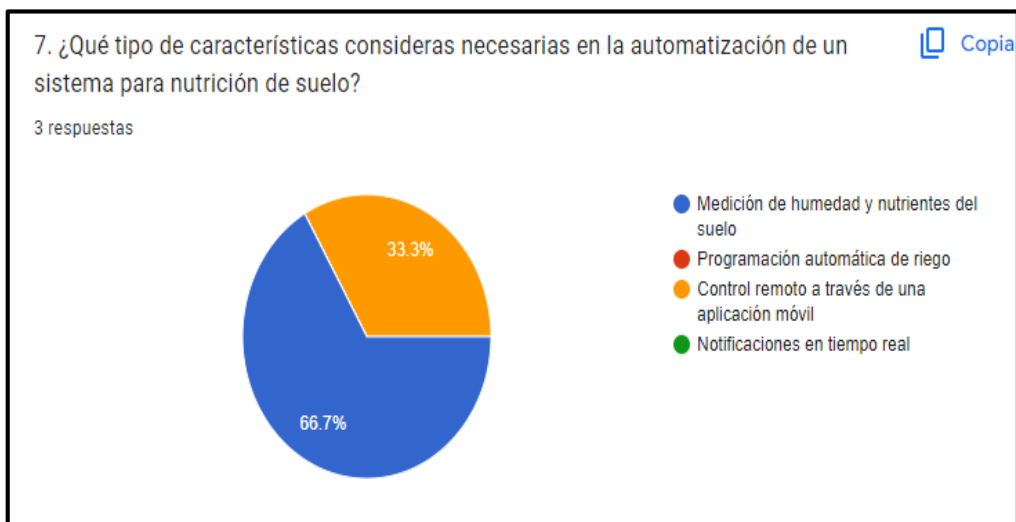
Tabla 10.
Características para medir la nutrición del suelo

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Medición de humedad y nutrientes del suelo	2	66.7%
Programación automática de riego	0	0%
Control remoto a través de una aplicación móvil	1	33.3%
Notificaciones en tiempo real	0	0%
total		100%

Consideración de características para medir la nutrición del suelo

Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 7.
Características necesarias a considerar en la implementación



Elaborado por: Los Autores, 2024

Análisis: En la figura 8 el 66,7% valoriza que una de las cosas más necesarias en este tipo de proyecto es la medición de humedad y monitoreo de nutrición del suelo, el 33,3% proyecta a un control remoto a través de una aplicación móvil o web para visualizar los datos y poder dar la orden en el tiempo adecuado. El sistema nos permite hacerlo desde el móvil con el solo hecho de contar con internet en nuestro móvil y esta monitoreado por sensores que evalúan la nutrición del suelo según lo requiere el cultivo.

4.2 Emplear un sistema web mediante la plataforma NodeRed para la monitorización de los nutrientes del suelo.

Se realizó el esquema en la plataforma NodeRed la cual es una herramienta que proporciona una visualización de datos con procesos que ayudan a los usuarios a representar los datos de distintos receptores como: actuadores, sensores, servicios de red o dispositivos, mediante el cual se proyectará los resultados obtenidos, para ello se requerirá una conexión a internet con la cual conectaremos el primer módulo que es el Arduino con el segundo módulo que sería esta plataforma.

El desarrollo de este módulo se llevó a cabo a través de los botones denominados nodos en la interfaz gráfica que se conectan con líneas que representaran el flujo de los datos y dando como resultado la proyección de estos en el Dashboard de la plataforma (Ver Anexo. Figura 18).

4.3 Implementación de un sistema que automatice la fertilización mediante un módulo Arduino para el control del riego.

Se realizó el desarrollo del módulo Arduino basado en las simulaciones 2D realizadas en el software Fritzing (Ver Anexo. Figura 19), en el cual se llevó a cabo la conexión para que cada uno de los componentes queden de manera fija sin proporcionar ningún problema al agricultor.

La fabricación de nuestra estructura se realizará manualmente usando maderas para crear bases para los contenedores de los nutrientes y soportes para cada uno de los servomotores que controlan el paso de los nutrientes que se mezclaran con el agua para su respectiva aplicación al suelo.

Seguidamente, se realizó el uso de la aplicación ID Arduino para el desarrollo e implementación de la codificación la cual controlara la recepción de los datos por medio de los sensores NPK y el control de el paso de los nutrientes a través de la activación de los servomotores MG995 para su posterior distribución (Ver Anexo. Figura 20 y 21).

4.4 Evidencia de los procesos y el funcionamiento mediante su implementación para verificar el correcto funcionamiento del sistema para la nutrición por riego en el cultivo de banano.

Se realizó la implementación del sistema automatizado de nutrición con Arduino mega y sensor NPK en la finca “El misionero”, para verificar el correcto funcionamiento se tomó lectura de varios puntos los cuales se presentaron por la pantalla led y en la plataforma web, de acorde con la lectura realizada se da la toma de decisiones buscando nivelar el nivel de nutrientes adecuados para así ejecutar la orden a los servo y dar paso a la mezcladura de fertilizantes en el agua el cual se ocupara para realizar el proceso de fertirriego, después de dicha actividad volver a tomar lectura del lugar y verificar que el cultivo cuente con los nutrientes bases para su proceso de desarrollo (Ver Anexo. Figura 22).

Para evidenciar que las lecturas tomadas por el sensor NPK son verídicas se realizó un estudio de suelo en laboratorio, en la comparación se obtuvo un margen de error por cada nutriente el cual se obtuvo a través de la siguiente formula (ver Anexo. Tabla 16)

$$\text{Error porcentual} \left(\frac{V_{\text{medida de laboratorio}} - V_{\text{medida del proyecto}}}{V_{\text{medido de laboratorio}}} \right) * 100$$

5. DISCUSIÓN

Consiste en realizar un estudio de campo en el que los investigadores entran en contacto directo con la gente, los lugares y los hechos que están estudiando. Una vez identificados los diferentes espacios de concurrencia de nuestro problema/persona/objeto de estudio, los investigadores acuden al lugar establecido para observar in situ a los usuarios, el entorno, los agentes que intervienen, entre otros factores (Zaragozá y Gasca, 2024).

Para aclarar este punto es necesario tener una certeza del lugar en el que se va a trabajar con el proyecto apuntar los enfoques del estudio y evaluar el proyecto sistemático.

Fue necesario validar la dinámica institucional del proyecto a través de visitas en el territorio tanto a las instituciones involucradas como a la población organizada alrededor de los planes de negocios (PDN). Asimismo, se tuvo la oportunidad de visitar en territorio los PDN y poder conocer su estado de situación a la fecha de la misión de evaluación. Visitas de campo buscan reunir información y evidencias con respecto a las RMM implementadas en todo el ciclo de vida directamente en sitio, de común acuerdo con los usuarios en la cadena de comercialización. Durante la visita se puede requerir y solicitar información con respecto al seguimiento interno de las RMM, llevar a cabo muestreos en sitio de los parámetros de seguimiento de acuerdo con la normatividad ambiental vigente y el estado general de las instalaciones (LawInsider, 2024).

Para tener mayor conocimiento sobre el área en el que se va a trabajar se debe tomar una muestra del espacio a estudiar y sus alrededores.

Los componentes del sensor, incluyendo electrodos y la avanzada tecnología de laboratorio en un chip, están embebidos en un material poroso de cerámica y PVC, y las lecturas se muestran en una pantalla de cristal líquido de un controlador remoto. Esto permite a los agricultores enterrar el dispositivo en el suelo de manera indefinida, sin temor a que se dañe. El proyecto NUTRI-STAT ha proporcionado al sector agrícola una tecnología pionera que garantiza la aplicación eficaz de fertilizantes. Esto es de gran importancia no solo para garantizar un control eficaz de las enfermedades de los cultivos agrícolas, sino también para impulsar la producción de los cultivos y cumplir con la estricta legislación europea en materia de uso y aplicación de fertilizantes (Cordis, 2023).

En la actualidad se pueden descubrir un sinnúmero de sistemas o app que con relación a un sensor nos permite la obtención de datos importantes para tomar decisiones adecuadas.

Desde los inicios de la programación, uno de los principales retos que ha tenido la industria ha sido el de facilitar el desarrollo de aplicaciones para que cada vez sea más sencillo que los dispositivos hardware, el software y nosotros, los humanos, nos entendamos. Gracias a Node-RED, estamos mucho más cerca de ello. Programar, sin saber programar. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una red de monitorización de temperatura, humedad y calidad del aire en un centro de datos para la automatización del encendido y apagado del sistema de enfriamiento, ventilación y filtrado de aire usando Internet de las cosas (IoT-Internet of Things) (Vega, et al., 2020).

La programación Tecnológica busca aumentar el nivel de conocimiento humano por el cual desarrolla sistemas con interfaz amigable al usuario enseñando en cada uno de ellos los avances evolutivos de la tecnología.

Nuestros sistemas de fertirrigación automáticos de inyección representan la herramienta más innovadora en fertirriego de precisión. Le brindan la capacidad de administrar nutrientes de manera exacta y controlar el pH para un crecimiento óptimo de la planta. Con tanques de fertilizantes diseñados para una aplicación fácil y eficiente, nuestros sistemas automatizados de fertirrigación aseguran que cada planta reciba los nutrientes adecuados en el momento preciso (Mirsa, 2023).

Para mejorar la calidad agrícola la tecnología a desarrollado varios sistemas automatizados que realicen más de una sola función y garantizan un mejor resultado en un tiempo más convincente.

La modernización y optimización de sistemas es una tarea muy importante para poder tener un mejor desempeño de dicho sistema. En el proceso de mejorar las prácticas y optimizar los recursos hídricos en la agricultura mexicana se han implementado proyectos técnicos de carácter académico e institucional. El proyecto de Modernización, Automatización y Tecnificación en el Módulo de Riego de La Purísima es un referente, aunque pese a la visión e inversión, los resultados no se han reflejado debido a desfases técnicos que han retrasado la consecución de las metas.

El proyecto contempla el ahorro de 10 millones de metros cúbicos anuales del acuífero Irapuato Valle y mejorar el rendimiento en el riego agrícola (Morales, Ruiz y López, 2021).

Actualmente los proyectos de sistemas automatizados no solo facilitan y mejoran el trabajo al agricultor, también busca mejorar y cuidar del ecosistema.

Intentaremos no sólo observar, sino también capturar mediante fotos, vídeos y notas cómo actuarían los usuarios en su lugar para el posterior recordatorio y proceso de la información (foto-vídeo etnografía + apuntes).

La evolución tecnológica ha avanzado favorablemente en las diversas áreas en especial a impactado mucho en el área de la agricultura. En Ecuador- Guayas relaciona a la mayor fuente de ingresos como lo es el banano para ello el agricultor tiene que controlar minuciosamente la nutrición de la planta para que de ese modo la fruta sea rentable para el dueño, para llegar a esos resultados el agricultor debe hacer una gran inversión al aplicar los fertilizantes de la forma tradicional, el sistema automatizado de aplicación y monitoreo de nutrición basado en Arduino y sensores representa grandes beneficios como tiempo invertido, aplicación adecuada, mano de obra empleados, reducción de productos fertilizantes. En la actualidad muchos agricultores que desconocen del manejo tecnológico buscan un medio de aprendizaje para mejorar en este conocimiento.

Para recopilar información valiosa sobre los conocimientos y necesidades del agricultor realizamos entrevistas y formulamos preguntas que nos presenten esta información. El cultivo de Banano tiene unas necesidades nutricionales altas en comparación con otros cultivos, estas deben cubrirse para poder tener un crecimiento y producción óptima. Las necesidades sobre todo de Nitrógeno y Potasio, son especialmente importantes por las unidades necesitadas por año o ciclo productivo. El cultivo de banano necesita un aporte aproximado de Nitrógeno alrededor 100 a 600 kg de Nitrógeno /ha/año (dependiendo del aporte de suelo en base a un análisis de fertilidad y del rendimiento meta), siendo lo más utilizado 300 kg de Nitrógeno año.

Por otro lado, los requerimientos de Fósforo son menores que los otros dos Macroelementos, obteniendo excelentes resultados con dosis por ha de ente 100 a 150 unidades al año. El elemento Potasio, sin duda se vuelve uno de los más importantes por todas las funciones que realiza en el cultivo, pero para el Banano, es aún de mayor importancia por el alto requerimiento que tiene que puede ir en

aplicaciones de 600 a 700 kg/ha/distribuidas en el año. Lo que hace al Potasio sin duda, un factor determinante para el éxito de buenos rendimientos (Proa, 2021).

El nivel óptimo de nitrógeno o de compuestos NPK (Nitrógenos, Fósforo y Potasio) es a menudo un proceso complejo que requiere la consideración de numerosas variables como el tipo de suelo, el precedente cultural y las condiciones climáticas. La aplicación de fertilizantes, en el contexto de la denominada agricultura de precisión, se fundamenta en la sustitución de una dosis media constante a nivel de la unidad parcelaria, por una cantidad variable de acuerdo con la variabilidad intra-parcelaria (dentro de la parcela).

Para evaluar dicha variabilidad en los últimos años están surgiendo sensores puntuales que nos permiten medir o captar información en tiempo real, para posteriormente traducir e interpretar los valores medidos de forma que se modifique, en continuo, las condiciones de regulación de los equipos para adaptar la cantidad final de fertilizante aplicado a las necesidades, optimizando, por tanto, la eficacia por parte de la planta (Interreg, 2023).

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Conociendo las necesidades del agricultor a través de una visita de campo, observando así que al momento de fertilizar el suelo para el cultivo había factores que generaban insuficiencia y gastos económicos los cuales afectaban al dueño ya que la nutrición o fertilización tanto del suelo como para las plantas son variables indispensables para obtener una buena producción y generar ingresos para el propietario de dicha finca.

Mediante la información de los problemas y necesidades de la finca también se tomó en cuenta la baja calidad de conocimiento sobre la tecnología, se aplicó un diseño de sistema web en la plataforma NodeRed el cual es amigable con el usuario con fácil visualización y notificaciones en tiempo real que ayude al usuario conocer en tiempo casi real datos importantes y así tomar una buena decisión a tiempo sin perjudicar el producto.

Con la implementación del sistema automatizado con módulo Arduino se realizó la nutrición y riego al mismo tiempo, la cual permitió al agricultor ahorrar un 50% de tiempo y producto reduciendo así el 25% en gastos al propietario en comparación al trabajo q se realiza en cuanto a la forma tradicional.

En la demostración del manejo y correcto funcionamiento del sistema automatizado, se pudo visualizar la acción realizada por el prototipo conocido como fertiriego el cual combina las dos acciones más indispensables como lo es el riego y la nutrición para el cultivo de banano.

6.2 Recomendaciones

Con base de la visita de campo se recomienda tanto al dueño como a sus trabajadores llevar un mejor control para la fertilización y riego del cultivo de banano, a través de un sistema eficiente que permita el monitoreo constante de nutrientes del suelo.

Para mejorar el nivel de conocimiento tecnológico en los trabajadores se procedería a participar en charlas y capacitaciones sobre plataformas tecnológicas, el cual ayudaría al mejor manejo del sistema autónomo y de la plataforma NodeRed.

Con la implementación de este sistema automatizado es recomendable la intervención de expertos para la realización de mantenimiento y calibración tres

veces al año, de esta forma mantener en óptimas condiciones este sistema automatizado para su mejor funcionamiento.

Mediante la demostración del funcionamiento exitoso del sistema automatizado de fertirriego se recomienda la utilización y conservación del manual de usuario, el cual adjunto con la experiencia del agricultor y la tecnología engloba un mayor conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Aicad. (2020). *Autómata programable*. Aicad: <https://www.aicad.es/automata-programable>
- Alarcón, M. C. (2022). Sensores y arquitecturas IoT para caracterización de suelos, revisión sistemática de literatura. *Revista Internacional De Desarrollo Regional Sustentable*, 16.
- Arduino. (2023). *Micro Servo Motor SG90 9g*. arduino: <https://arduino.cl/producto/micro-servo-motor-sg90-9g/>
- Barrera, A. (2018). *Acuerdo N°. Senescyt - 2018 - 040, Especial N° 551*. Recuperado el 01 de Julio de 2023, de <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019->
- Beltran, A. O. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Journal of computer and Electronic ciences*, 10.
- Candia, M., Clara, F. S., y Ladini, F. (2023). Uso y utilidad de las herramientas virtuales y digitales en la extensión rural y las comunidades rurales: Una revisión de literatura científica. *Conexiones*, 8.
- Cordis. (2023). Una nueva tecnología para la monitorización de los nutrientes edáficos. *Cordis*, 102. <https://cordis.europa.eu/article/id/156603-new-technology-for-sensing-soil-nutrients/es>
- Godoy, E., y Caiza, A. (2022). Características y ventajas existentes en la conexión inalámbrica y fibra óptica. *Journal of Engineering Science*, 12.
- Guilcaso, K. (2023). Sistema De Monitoreo De Variables Químicas. *Proyecto De Investigación*, 138.
- Guzmán, M. (2024). Avances y perspectivas de la agricultura de precisión para la sostenibilidad agrícola. *Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, 6.
- Haz, L., Minchala, M., y Balón, I. (2024). Inclusión Digital De Personas Con Discapacidad Visual: Una Revisión Sistemática Y Análisis Bibliométrico. *Revista Científica Multidisciplinar*, 23.
- Ielectel. (2024). *Introducción a las protoboards*. Ielectel: <https://ielectel.com/que-es-y-que-son-las-partes-un-protoboard/>
- Interreg. (2023). *Sensores de NPK*. Interreg: <https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/sensores-de-npk/>

- Langer, M. P. (2020). Estudio de tecnologías y protocolos de comunicación para redes de sensores inalámbricos aplicados a la agricultura: revisión bibliográfica. *Congreso Argentino de Agroinformática*, 14.
- LawInsider. (2024). *visita de campo*. LawInsider:
<https://www.lawinsider.com/es/dictionary/visitas-de-campo>
- Ley de Propiedad Intelectual. (2022). Recuperado el 01 de Julio de 2023, de <https://www.correosdeecuador.gob.ec/wpcontent/>
- Leython, J., y Perales, A. (2020). Sistemas automatizados de riego en el cultivo de maíz en fincas agrícolas: una revisión sistemática entre los años 2010 y 2020. *Universidad del Norte*, 35.
- Luque, L. (2023). Revisión Sistemática de Literatura de Imágenes Satelitales en Hidrología y Agricultura. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 16.
- Marroquín, M. W. (2021). Impacto en los recursos humanos de la industria agrícola en centroamérica. *Nuevas tecnologías y agricultura 4.0*, 63.
- Mechatronicstore. (2023). *Fuente De Poder Switching De 12V 3A*. mechatronicstore: <https://www.mechatronicstore.cl/fuente-de-poder-switching-de-12v-3a/>
- Medina, E., y Coral, M. (2022). Una revisión de procesos de implementación para sistemas de riego automatizado. *Computacioneinformatica*, 19.
- Mirsa. (2023). *Automatización de Fertirrigación: Precisión en Cada Nutriente*. Obtenido de Mirsa: <https://mirsairrigacion.com/fertirrigacion-y-automatizacion/>
- Molina, V., y Molina, G. (2023). Utilización de sensores IoT para la automatización de sistemas de riego. *Dominio De Las Ciencias*, 18.
- Morales, R., Ruiz, G., y López, S. (2021). Impacto de automatización de riego: Caso de estudio. *Scielo*, 24, 135.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462020000200917
- Pérez, J., Custodio, A., y Urdaneta, E. (2020). Redes de Sensores Inalámbricos. *Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos*, 18, 13. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100002

- Proa, D. (2021). *Programa de Nutrición y sus Beneficios en el Cultivo de Banano*. Obtenido de Yara: <https://www.yara.com.mx/noticias-y-eventos/noticias-mexico/programa-de-nutricion-y-sus-beneficios-en-el-cultivo-de-banano/>
- Quiroz, G. A. (2024). Impacto de los sistemas de información en la agricultura inteligente. *InGenio Journal*, 20.
- RedHat. (2020). *Arquitecturas de redes de computadoras definidas por software*. RedHat:<https://www.redhat.com/es/topics/hyperconverged-infrastructure/what-is-software-defined-networking>
- Vásquez, M. O., y Alegría, J. R. (2019). Implementación de un sistema automatizado para máquinas industriales. *Una revisión sistemática*, 21.
- Vega, J., Sánchez, F., Salgado, G., Cosme, J., Tapia, V., y Lagos, M. (2020). Red de monitorización para automatizar el sistema de enfriamiento de un centro de datos. *Scielo*, 24.
http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-860X2020000200087
- Zaragozá, R., y Gasca, J. (2024). *¿Que es? O'Reilly*, 7, 54. <https://www.oreilly.com/>

ANEXOS

Anexo N° 8: Modelo de entrevista para el propietario



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS “DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ” CARRERA COMPUTACIÓN

Objetivo: Estudiar la exigüidad obtenida en la finca “El Misionero” mediante la obtención de datos para detectar inexactitudes que se dan a través de encuestas a los trabajadores y por ende una entrevista al propietario.

1. ¿Qué tan familiarizado está con la tecnología automatizada para monitoreo y nutrición de suelo?

2. ¿Cuál es el tiempo de experiencia aplicando nutrientes en el suelo agrícola?

3. ¿Alguna vez ha completado encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada?

4. ¿Por qué consideraría usted la implementación de sistema automatizado de nutrición de suelo?

5. ¿Qué beneficios espera obtener al implementar la tecnología en su finca?

6. ¿Cuál es el mayor desafío al implementar la automatización para nutrición en el suelo mediante sensores?

7. ¿Qué tipo de características consideras necesarias en la automatización de un sistema para nutrición de suelo?

Elaborado por: Los Autores, 2024

Anexo N° 9: Modelo de encuesta para los agricultores

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA COMPUTACIÓN

Objetivo: Estudiar la exigüidad obtenida en la finca “El Misionero” mediante la obtención de datos para detectar inexactitudes que se dan a través de encuestas a los trabajadores y por ende una entrevista a los agricultores.

1. ¿Qué tan familiarizado está con la tecnología automatizada para monitoreo y nutrición de suelo?
 - Muy familiarizado
 - Poco familiarizado
 - No familiarizado
2. ¿Cuál es el tiempo de experiencia aplicando nutrientes en el suelo agrícola?
 - Menos de 1 año
 - 1-5 años
 - 6-10 años
 - Más de 10 años
3. ¿Alguna vez ha completado encuestas relacionadas a la aplicación de nutrientes automatizada?
 - Sí
 - No
4. ¿Por qué consideraría usted la implementación de sistema automatizado de nutrición de suelo?
 - Optimización del tiempo
 - Optimización de recursos
 - Mejora en la calidad de cultivos
 - Mejorar la calidad del suelo

5. ¿Qué beneficios espera obtener al implementar la tecnología en su finca?
- Reducción de costos
 - Aumento en el rendimiento de los cultivos
 - Mayor control sobre el suelo
 - Mejora en la sostenibilidad ambiental
6. ¿Cuál es el mayor desafío al implementar la automatización para nutrición en el suelo mediante sensores?
- Costo inicial
 - Mantenimiento técnico
 - Conectividad de red
 - Capacitación requerida
7. ¿Qué tipo de características consideras necesarias en la automatización de un sistema para nutrición de suelo??
- Medición de humedad y nutrientes del suelo
 - Programación automática de riego
 - Control remoto a través de una aplicación móvil
 - Notificaciones en tiempo real

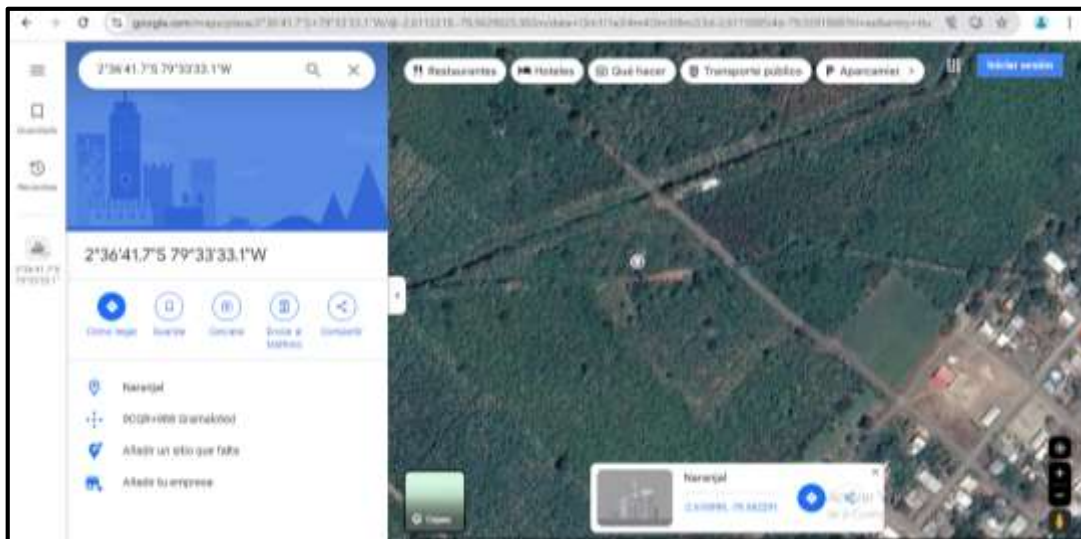
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 8.
Ubicación y presentación del lugar donde se implementará el proyecto



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 9.
Ubicación Satelital finca “El Misionero”



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 10.
Fruta de la finca “El Misionero”



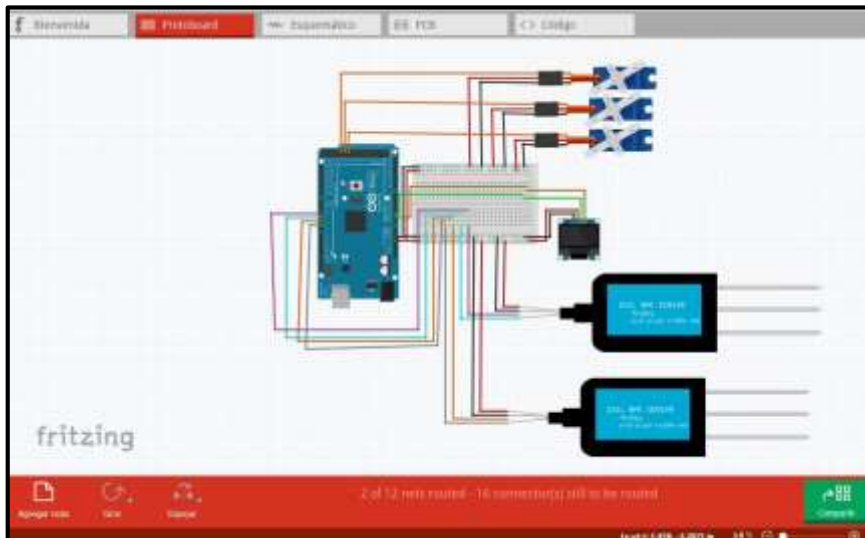
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 11.
Node Red



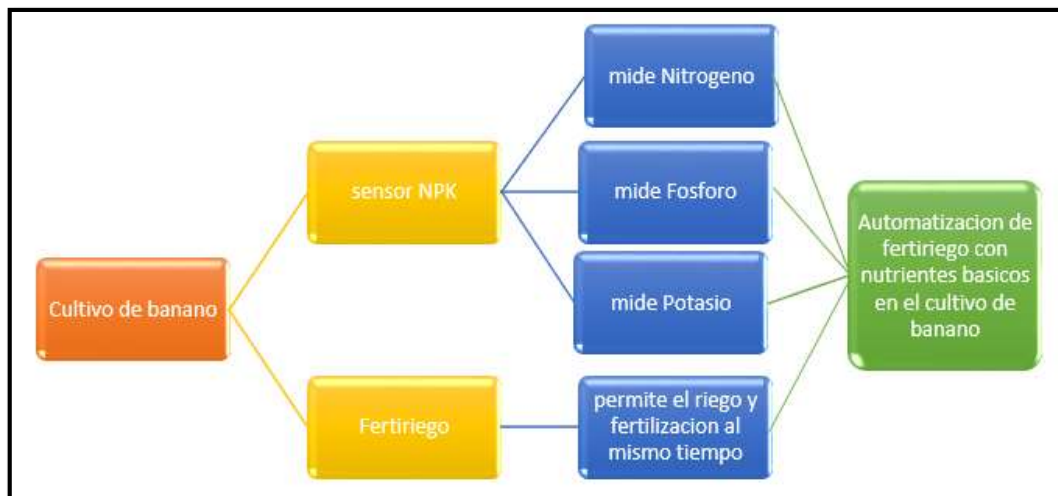
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 12.
Diseño del sistema de monitoreo con sensor NPK



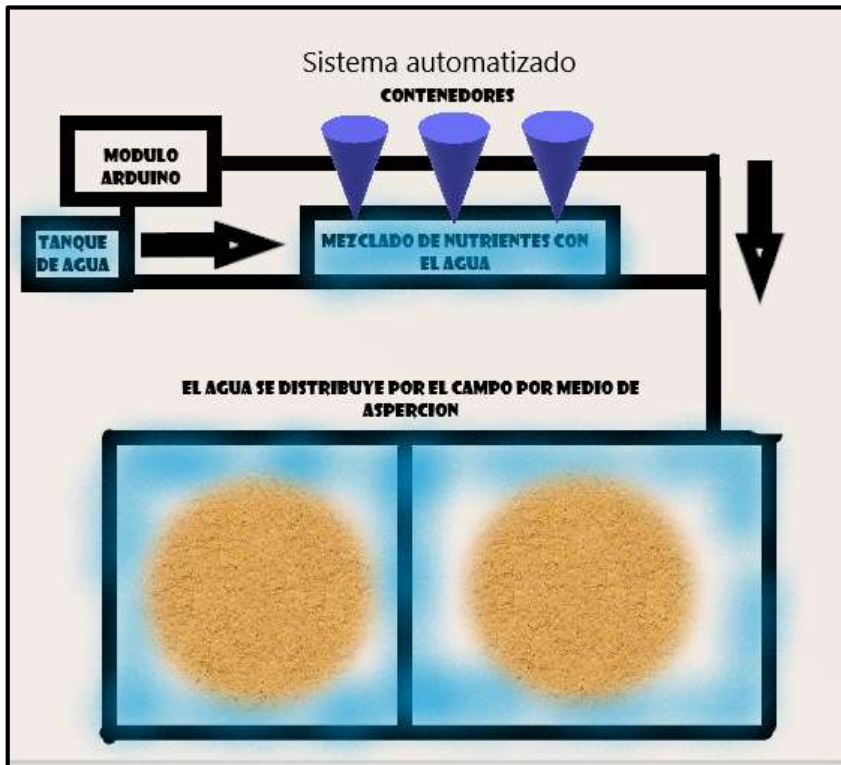
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 13.
Diagrama de flujo del sistema de riego automatizado



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 14.
Esquema del sistema a implementar



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 15.
Entrevista al propietario de la finca "El Misionero"



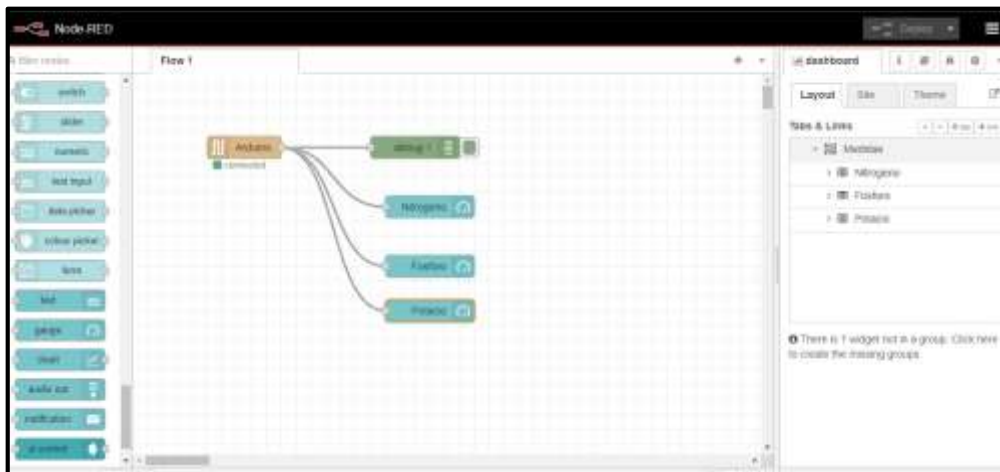
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 16.
Entrevista a los trabajadores de la finca “El Misionero”



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 17.
Plataforma Node Red



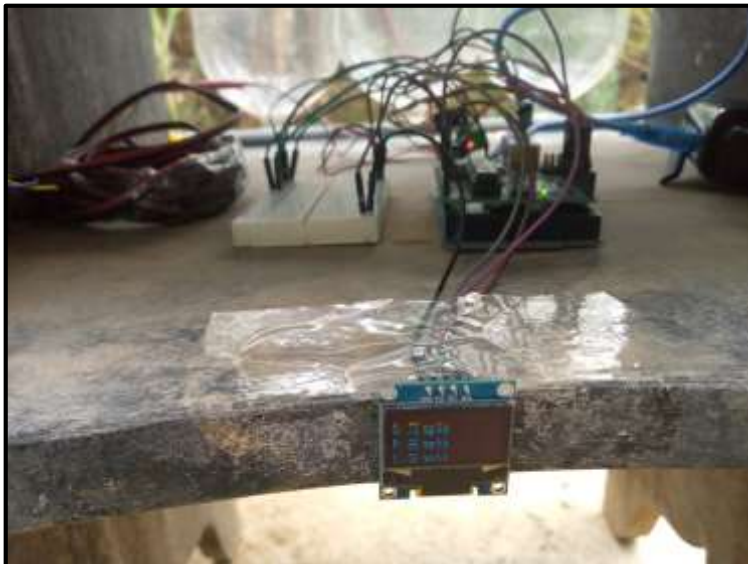
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 18.
Implementación del sistema en la finca “El Misionero”



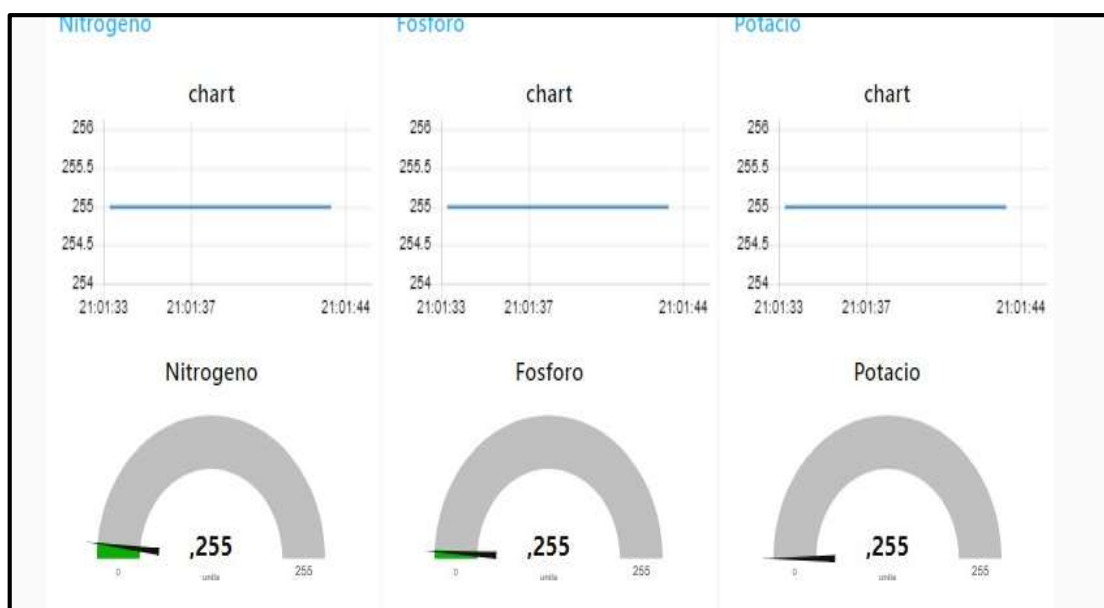
Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 19.
Funcionamiento del sistema 1



Elaborado por: Los Autores, 2024

Figura 20.
Funcionamiento del sistema 2



Elaborado por: Los Autores, 2024

Tabla 11.
Elementos para la implementación del software.

CONCEPTO	CANTIDAD	TOTAL
Computadora	1	\$700,00
Internet	1	\$40,00
Hosting	1	\$40,00
Impresora	1	\$250,00
TOTAL		\$1.030,00

Elementos para la implementación del software.

Elaborado por: Los Autores, 2024

Tabla 12.
Elementos electrónicos para sistema de riego automatización

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U	TOTAL
Arduino	1	\$24,00	\$24,00
Sensor de NPK	2	\$133,60	\$ 267,20
Cables jumper	3	\$2,75	\$8,25
Protoboard	1	\$5.00	\$5.00
Servo SG90	3	\$40.00	\$120.00
Relé	2	\$12,00	\$24,00
Resistores 201	10	\$0,50	\$5,00
Fuente 12v 3amp	1	\$10,00	\$10,00
Total			\$616,05

Elementos electrónicos para sistema de riego automatización.

Elaborado por: Los Autores, 2024

Tabla 13.
Materiales para la instalación del riego

CONCEPTO	CANTIDAD	P. U	TOTAL
Adapt flex 1 x ½	1	\$0,27	\$0,27
Adapt flex 1 M	1	\$0,27	\$0,27
Gotero (4 L/H) 8207P	30	\$0,20	\$6,00
Codo flex ½	2	\$0,16	\$0,32
Perforador de manguera 16 M	1	\$2,86	\$ 2,86
Manguera punta verde B/D	1	\$21,70	\$21,70
Bomba de agua periférica	1	\$54,57	\$54,57
Tee Flex	2	\$0,19	\$0,38
Teflón	1	\$1,06	\$1,06
Tanque de agua	1	\$63,00	\$63,00
Conector de tanque	1	\$5,20	\$5,20
Generador eléctrico	1	\$325,00	\$325,00
Total			\$ 480,63

Materiales para la instalación del riego

Elaborado por: Los Autores, 2024

Tabla 14.
Gastos económicos con dos trabajadores

Trabajadores	Herramienta	Salario	Total
T1	\$5.00	\$20	\$25
T2	\$5.00	\$20	\$25
Valor total			\$50

Gastos económicos de empleados

Elaborado por: Los Autores,2024

Tabla 15.
Gastos económicos con un trabajador y el prototipo

Trabajadores	Herramientas	Salario	Total
T1	\$5.00	\$20	\$25
M1	0	0	0
Valor total			\$25

Comparación de gastos con empleados y prototipo

Elaborado por: Los Autores,2024

Tabla 16.
Cálculo de error porcentual del proyecto

Datos	Datos medidos del sistema	Datos referenciales de laboratorio 2024	% Error de medición	Nivel
Nitrógeno(N)	1470.53mg/Kg	1477.88 mg/kg	0.49 %	Bajo
Fosforo (P)	379.33mg/Kg	389.33 mg/kg	2.56%	Moderado
Potasio (K)	1979.35mg/Kg	1984.70 mg/kg	0.27%	Bajo

Error porcentual de datos obtenidos al aplicar el sistema

Elaborado por: Los Autores,2024

Figura 21.

Análisis de suelo en laboratorio

		INFORME DE ENSAYO	
		SU014/2024	
Empresa:	DELEG CHUCINO ELSA YOLANDA	Orden de trabajo:	SU014/2024
Solicitado por:	Deleg Chucino Elsa Yolanda	Fecha de Recepción de Muestra/Muestreo:	11/7/2024
Dirección:	Naranjal	Fecha de Realización de Informe:	22/7/2024
Muestreado Por:	CLIENTE	Fecha de ejecución de análisis:	Del 11/07/2024 al 19/07/2024
Tipo de Muestreo:	Simple	Condiciones Ambientales Muestreo:	****
Tipo de Muestra:	Suelo		****
Código de la Muestra:	SU014/2024	Coordenadas Muestreo: UTM - WGS84	****
Punto de Muestreo:	****		****

RESULTADOS DE ENSAYOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	Ac. Min 097-A Anexo 2, Tabla 1	±U	MÉTODO DE ANÁLISIS
(3) Fosforo Total	mg/Kg	369,3326	****	89,7412	PEE-GQM-FQ-33
(1) Nitrogeno total	mg/Kg	1477,680	****	****	4500 N C
(3) Potasio	mg/Kg	1984,7035	****	289,9652	PEE-GQM-FQ-33

(1) Parámetro No Incluido en Alcance de Acreditación del SAE.

(3) Parámetro subcontratado acreditado, GQM,

SAE - LEN - 05 -001

OBSERVACIONES:

Límites Permisibles: Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 2 referente a la Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. TULSMA Tabla 1. Criterios de calidad de suelos.

**** No específico

U: Incertidumbre expandida del resultado con un factor de cobertura $k=2$, equivalente a un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

NOTAS:

1. Las interpretaciones/conclusiones/información de límites máximos están fuera del alcance de la acreditación del SAE.

2. Si el cliente es quien prescribe la regla de decisión, esta debe ser comunicada indicando claramente su especificación o la norma y la regla de decisión (ya sea calículo y/o algún condicional). La declaración de conformidad será aplicable solamente a los parámetros acreditados. Cuando la regla de decisión sea aplicada por el laboratorio, la declaración de la conformidad considera que "CUMPLE" cuando el valor medido más el valor positivo de la incertidumbre asociada, sea menor o igual que el límite o se encuentre dentro del intervalo superior o inferior permitido según la normativa o especificación (requisito de referencia) que aplique, en caso contrario se declara la conformidad como "NO CUMPLE".

3. Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez de los resultados, es exclusiva responsabilidad de quien la emitió, y no representa responsabilidad para DEPRON S.A.

Los datos proporcionados por el cliente para la realización del informe, provienen del registro DPR 7.8.01. Nombres, ubicación y coordenadas de los puntos de toma de muestra son designados por el cliente, son registrados en la hoja de datos para muestreo DP RE AG 14 y registro de acuerdo con el cliente DPR 7.1.04.

4. La información subrayada fue declarada por el cliente.

Laboratorio de ensayo Acreditado por el SAE con acreditación N.º SAE LEN 13-001.

DECLARACIÓN:

Los resultados del presente informe de ensayo se relacionan solamente con las muestras analizadas; prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de DEPRON S.A.

DESCARGO DE RESPONSABILIDAD:

La información del lugar de toma, punto e identificación de la muestra es proporcionada por el cliente a DEPRON S.A. previo a su monitoreo o recepción. Si la muestra es entregada por el cliente, sus resultados aplican a la muestra tal como se recibió.

Elaborado por: Los Autores, 2024

APÉNDICES

Apéndice Nº 1: *Manual de usuario*

**MANUAL DE USUARIO
DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO DE
APLICACIÓN DE
NUTRIENTES BASADO
EN ARDUINO MEGA**

Manual de Usuario

Introducción

El presente manual de usuario es brindar ayuda en este proceso al iniciar la manipulación del prototipo que se implementó en cultivo de banano en el recinto Luz y Vida.

Requerimientos del sistema

Requerimientos sobre el Hardware:

- Instalación de programas necesarios.
- Computadora

Requerimiento sobre el software:

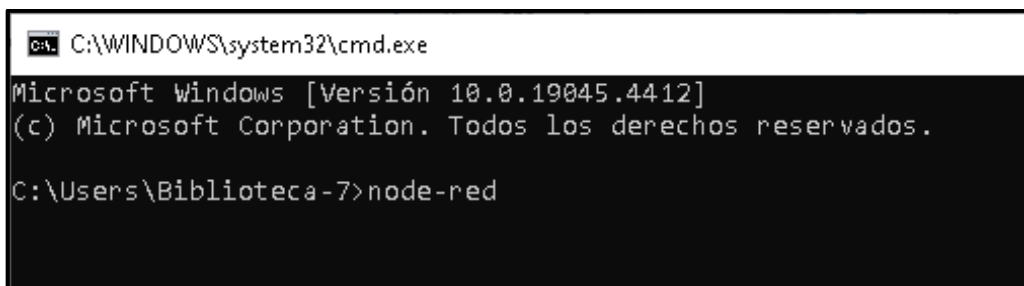
- Sistema operativo pc (Windows 10)
- Instalación de NodeRed
- Instalación de Arduino

Explicación del prototipo

A continuación, procederemos a explicar sobre la aplicación web que se ha utilizado:

Ejecución para la visualización de los datos.

Para poder presenciar los datos obtenidos, se debe ejecutar el programa NodeRed lo cual se realiza mediante el comando node-red en cmd o PowerShell.



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Versión 10.0.19045.4412]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
C:\Users\Biblioteca-7>node-red
```

Luego de ejecutar este comando aparecerá lo siguiente:

```
$ node-red

Welcome to Node-RED
-----

30 Jun 23 43:39 - [info] Node-RED version: v1.3.3
30 Jun 23 43:39 - [info] Node.js version: v14.7.2
30 Jun 23 43:39 - [info] Darwin 19.0.0 x64 LE
30 Jun 23 43:39 - [info] Loading palette nodes
30 Jun 23 43:44 - [warn] npm-logs - Raspberry Pi specific node set inactive
30 Jun 23 43:44 - [info] Settings file: /Users/red/node-red/settings.js
30 Jun 23 43:44 - [info] HTTP Status: /Users/red/node-red/web
30 Jun 23 43:44 - [info] Context store: 'default' [module:localFilesystem]
30 Jun 23 43:44 - [info] User directory: /Users/red/node-red
30 Jun 23 43:44 - [warn] Projects disabled - set editorTheme.projects.enabled=true to enable
30 Jun 23 43:44 - [info] Creating new flows file: flows_mqtt.js
30 Jun 23 43:44 - [info] Starting flows
30 Jun 23 43:44 - [info] Started flows
30 Jun 23 43:44 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/red/
```

Nota: Con estos datos podemos comprobar que el programa este fusionando, en caso de no aparecer significa que hubo algún error en su ejecución.

Para el inicio web.

Para iniciar el programa web copiamos la dirección IP proporcionada en el cmd:

```
38 Jun 23:43:44 - [Info] Context store : 'default' [module=localfilesystem]
38 Jun 23:43:44 - [Info] User directory : /Users/nol/.node-red
38 Jun 23:43:44 - [warn] Projects disabled : set editorTheme.projects.enabled=true to enable
38 Jun 23:43:44 - [Info] Creating new flows file : flows_noltop.json
38 Jun 23:43:44 - [Info] Starting flows
38 Jun 23:43:44 - [Info] Started flows
38 Jun 23:43:44 - [Info] Server now running at http://127.0.0.1:1898/red/
```

Una vez copiado la dirección IP, nos dirigimos al navegador de preferencia y realizamos la siguiente acción:

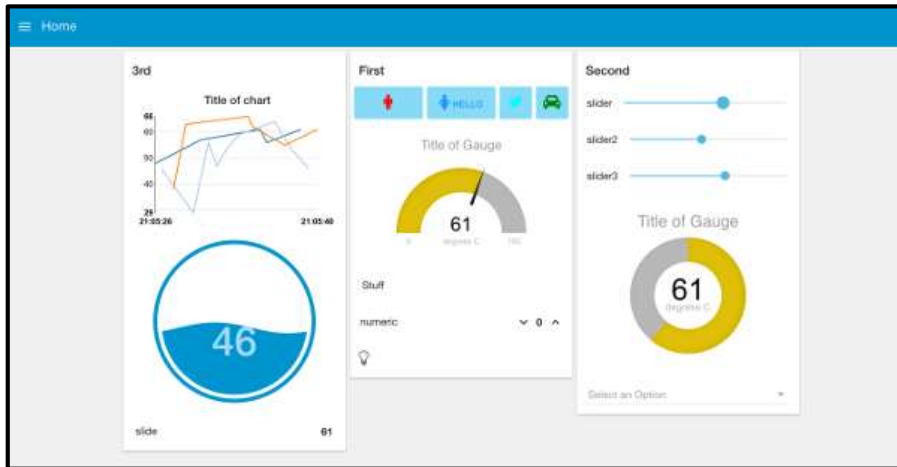


Una vez insertada la IP, nos dirigirá a la pantalla de inicio de la plataforma:



Para poder visualizar los datos de nuestro sistema, tenemos que cargar anteriormente el diseño del mismo.

Finalmente, procedemos a la ejecución de la Dashboard para poder así poder visualizar los datos:



**MANUAL TÉCNICO
DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO DE
APLICACIÓN DE
NUTRIENTES BASADO
EN ARDUINO MEGA**

Manual técnico

El presente manual técnico muestra los componentes utilizados para la elaboración del sistema tecnológico de fertiriego, a su vez la codificación y desarrollo del sistema de representación de datos web.

Requisitos técnicos

Definición de las reglas de la aplicación web

Regla 1.- Descargue la última versión LTS de Node.js desde la página de inicio oficial de Node.js.

Regla 2.- La instalación de Node-RED como módulo global agrega el comando Node-red a la ruta de su sistema.

Regla 3.- Una vez instalado, estará listo para ejecutar Node-RED.

Plataforma de usuario

Softwares utilizados para desarrollar el aplicativo web

Node-RED

Descripción de software para instalar la aplicación web

Las instrucciones son específicas para Windows 10. También pueden funcionar para Windows 7 y Windows Server a partir de 2008R2, pero es recomendable no utilizarlas debido a la falta de soporte actual.

Se recomienda utilizar PowerShell en todas las versiones más recientes de Windows, ya que esto le brinda acceso a comandos y nombres de carpetas más cercanos a los de Linux/Mac.

4.3 Descripción gráfica de la configuración de Node-RED.

```
node --version
```

Para verificar si Node.js está instalado, abra una terminal e ingrese el siguiente comando

```

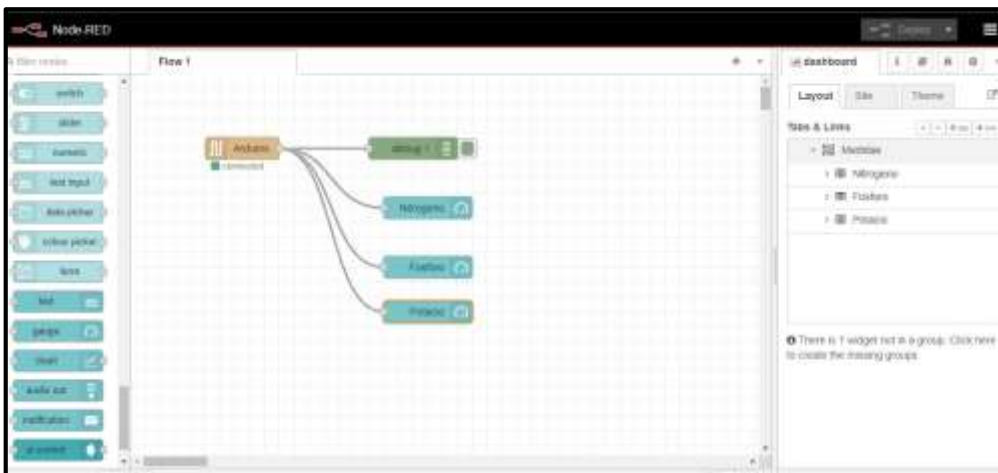
$ node-red

Welcome to Node-RED
=====

30 Jun 23:43:39 - [info] Node-RED version: v1.3.5
30 Jun 23:43:39 - [info] Node.js version: v14.7.2
30 Jun 23:43:39 - [info] Darwin 19.6.0 x64 LE
30 Jun 23:43:39 - [info] Loading palette nodes
30 Jun 23:43:44 - [warn] rpi-gpio : Raspberry Pi specific no
30 Jun 23:43:44 - [info] Settings file   : /Users/nol/.node-r
30 Jun 23:43:44 - [info] HTTP Static    : /Users/nol/node-re
30 Jun 23:43:44 - [info] Context store  : 'default' [module=
30 Jun 23:43:44 - [info] User directory : /Users/nol/.node-r
30 Jun 23:43:44 - [warn] Projects disabled : set editorTheme
30 Jun 23:43:44 - [info] Creating new flows file : flows_nol
30 Jun 23:43:44 - [info] Starting flows
30 Jun 23:43:44 - [info] Started flows
30 Jun 23:43:44 - [info] Server now running at http://127.0.

```

Después de la instalación, inícielo ejecutando el comando Node-red en la terminal, deberías ver un resultado similar.



Abra el editor Node-RED yendo a su navegador e ingresando <http://localhost:1880>

Contenido de Hardware.

Sensor NPK.



Tabla (). Sensor NPK

Voltaje	Corriente de conexión	Terminales
12 V	110 V	VCC (+)
		GND (-)
		-
		-

Características principales del sensor NPK

5.2 Servomotor Mg-995



Tabla (). Servomotor Mg-995

Voltaje	Angulo	Peso	Terminales
5 V	180°	55 G	VCC (+)
			GND (-)
			Out: Pin de señal

Características principales del Servomotor mg- 995

Arduino mega 256

Tabla (). Arduino Mega 256



Voltaje	Corriente de trabajo	Terminales de conexión	otros
7V – 12V	30 mA – 55mA	54 pines de entrada/salida	Microcontrolador ATmega2560
		Salidas PWM)	Memoria flash
		16 entradas análogas	Velocidad de reloj de 16Mhz

Características del controlador

Arduino

El código desarrollado para este sistema tecnológico se presenta a continuación:

MODULO WIFI ESP8266**Tabla (). MODULO WIFI ESP8266**

Voltaje	Frecuencia de Reloj	Terminales de conexión
3V – 3.5V	80MHz/160MHz.	Vcc - Voltaje
		GND - Tierra
		GPIO2
		TDX
		CH-PD
		GPIO0
		RESET
		RDX

Características del Módulo Wifi