

Diseño de Sistema de Riego Inteligente para Cultivos de Hortalizas
para el colegio Resguardo Indígena de Poblazón

Presentado por:
Yadi Camila Madroño
Luis Fernando Chagüendo
Corín del Mar Chantre

Especialización en sistemas inteligentes aplicados a internet de las cosas IoT
Cauca - Popayán
2024

Tabla de contenido

RESUMEN	3
PROBLEMA	4
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	7
Objetivo general:.....	7
Objetivos específicos:.....	7
MARCO DE REFERENCIA	8
MARCO TEÓRICO.....	8
MARCO CONCEPTUAL.....	11
Sistema de riego.....	11
Ventajas de sistema de riego.....	11
Internet de las cosas.....	11
Sensores.....	12
Sensores DHT22 El Dht22.....	12
Sensores de humedad FC-28.....	12
Actuadores.....	13
Electroválvulas o válvulas solenoides.....	13
Protocolos de comunicación.....	13
Aplicación web.....	13
METODOLOGÍA	15
Empatizar:.....	15
Definir:.....	28
Idear:.....	29
Prototipar:.....	31
BIBLIOGRAFÍA	34

RESUMEN

El proyecto se centra en el diseño de un sistema de riego automatizado basado en la tecnología de Internet de las Cosas (IoT) en el colegio agropecuario “Poblazon” ubicado en zona rural de municipio de Piendamó. El objetivo principal es optimizar el uso del agua en cultivos, mejorar la eficiencia del riego y reducir la intervención manual en las tareas de irrigación. Este sistema utilizará sensores para monitorizar en tiempo real variables ambientales críticas, como la humedad del suelo y la temperatura, y actuadores para controlar de manera precisa el flujo de agua hacia las áreas de cultivo. La elección de implementar este sistema en un colegio agropecuario se basa en la necesidad de incorporar tecnologías avanzadas en la educación agrícola, proporcionando a los estudiantes herramientas prácticas y conocimientos actualizados en agricultura inteligente. Además, este proyecto busca contribuir al desarrollo sostenible de la región, enfrentando desafíos como la escasez de agua y la necesidad de mejorar la productividad agrícola.

Sin embargo, el sistema propuesto no solo busca beneficiar a los estudiantes y profesores del colegio, sino también servir como modelo para pequeños y medianos agricultores de la comunidad, promoviendo prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles. La implementación de IoT en este contexto permitirá la toma de decisiones basadas en datos, asegurando un manejo más preciso de los recursos hídricos y mejorando la producción agrícola de manera integral.

PROBLEMA

En Colombia, la agricultura es un componente esencial de la economía, proporcionando sustento y empleo a una gran parte de la población, especialmente en las zonas rurales [1]. El país, gracias a su diversidad climática y geográfica, es capaz de producir una amplia variedad de cultivos, entre los que destacan las hortalizas. Estas no solo juegan un papel crucial en la seguridad alimentaria, sino que también son fundamentales para el desarrollo económico de las comunidades. Sin embargo, el sector agrícola en Colombia enfrenta importantes desafíos, entre los que se encuentran las prácticas de riego ineficientes que no siempre están alineadas con las condiciones climáticas variables del país [2]. Esto es particularmente problemático en regiones como el Cauca, donde la agricultura es vital para la economía local y la subsistencia de las comunidades indígenas.

En el Cauca, la producción de hortalizas es una actividad agrícola predominante que sostiene a muchas familias y contribuye significativamente a la economía regional. No obstante, la productividad y la sostenibilidad de estos cultivos se ven gravemente amenazadas por la falta de control eficiente sobre las variables ambientales que afectan el riego, como la humedad del suelo, la temperatura, y los niveles de agua. Según estudios, el manejo inadecuado del riego no solo lleva al desperdicio de recursos hídricos, sino que también puede resultar en un riego insuficiente, lo que afecta la salud de las plantas y disminuye el rendimiento de los cultivos [3]. Estas prácticas ineficientes no solo perjudican a los agricultores individualmente, sino que también tienen un impacto negativo en la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura en la región.

En este contexto, la situación en la Institución Educativa "Resguardo Indígena de Poblazón", ubicada en el Cauca, es emblemática de los desafíos que enfrentan las comunidades agrícolas locales [4]. Aquí, las prácticas agrícolas tradicionales, aunque han sido fundamentales para la comunidad a lo largo de los años, ahora se enfrentan a la necesidad de modernización. La comunidad educativa, que depende de la agricultura no solo como una fuente de alimento sino también como parte de su currículo y sustento, enfrenta problemas relacionados con la eficiencia del riego y la gestión sostenible de los recursos. La implementación de un sistema de riego automatizado basado en tecnologías IoT podría ser una solución innovadora y efectiva para mejorar estas prácticas [5]. Este sistema permitiría un monitoreo continuo y en tiempo real de las

condiciones ambientales críticas, como la humedad del suelo y la temperatura, lo que facilitaría la toma de decisiones precisas y oportunas respecto al riego.

Además, un sistema de riego automatizado optimizaría el uso del agua al suministrar la cantidad exacta que necesitan los cultivos en el momento adecuado, lo que no solo mejoraría la productividad de los cultivos, sino que también reduciría el desperdicio de agua, un recurso cada vez más valioso. Esto sería especialmente beneficioso en un contexto de cambio climático, donde las variaciones en las precipitaciones y las temperaturas pueden afectar drásticamente la disponibilidad de agua para la agricultura [6]. Al mejorar la eficiencia del riego, la institución no solo podría aumentar su rendimiento agrícola, sino que también podría convertirse en un modelo para otras comunidades indígenas y rurales en Colombia que enfrentan desafíos similares.

Por lo tanto, surge esta pregunta de investigación:

¿Cómo optimizar el riego en cultivos de hortalizas a través de tecnologías IoT en una región productora indígena del Cauca?

JUSTIFICACIÓN

La falta de automatización en el riego de cultivos agrícolas es un problema común en muchas regiones rurales del Cauca, que resulta en un uso ineficiente del agua, fluctuaciones en la humedad del suelo, menor calidad y cantidad de producción, mayor mano de obra requerida y un impacto ambiental negativo. La implementación de sistemas de automatización, como sensores IoT, puede ayudar a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura al controlar de manera precisa el riego y reducir el desperdicio de agua.

Esta solución podría tener un impacto humano y social significativo una vez que, mejora la eficiencia en el uso del agua, lo que es crucial en áreas con escasez de recursos hídricos. Además, al aumentar la producción agrícola, se garantiza un suministro constante de alimentos frescos y saludables para la comunidad, lo que contribuye a la seguridad alimentaria local.

Por otro lado, tendría un impacto ambiental positivo ya que, al reducir el desperdicio de agua y la necesidad de productos químicos, se contribuye a la conservación de los recursos naturales y se minimiza el impacto ambiental de la agricultura, a su vez al mantener niveles óptimos de humedad y pH en el suelo, se promueve la salud de los cultivos y se reduce la erosión del suelo.

Igualmente, un sistema de automatización de riego conllevaría un impacto tecnológico significativo que puede tener múltiples beneficios para dichas comunidades debido a que estos sistemas utilizan tecnología IoT para monitorear de forma precisa las necesidades hídricas de los cultivos; lo que permite una distribución más eficiente del agua, minimizando el desperdicio y maximizando el aprovechamiento de este recurso vital. Los sistemas IoT pueden ajustar automáticamente los horarios de riego y la cantidad de agua necesaria en función de las condiciones climáticas y las necesidades específicas de los cultivos, lo que contribuiría a reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental asociado con el uso excesivo de insumos agrícolas.

La automatización del riego mediante la tecnología IoT, en un cultivo de hortalizas, es una oportunidad para mejorar la eficiencia de la agricultura y así lograr un impacto económico significativo, donde se incluye la mitigación del costo de operación, el aumento de la producción y calidad de los cultivos, mayores ingresos agrícolas y sostenibilidad frente al cambio climático. Esta implementación no solo beneficia a los agricultores locales, sino que también impulsa el desarrollo económico y social de toda la comunidad indígena.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Diseñar un sistema de riego automatizado basado en IoT que monitoree variables ambientales de los cultivos de hortalizas en la Institución Educativa "Resguardo Indígena de Poblazón"

Objetivos específicos:

- Identificar todas las necesidades ambientales para el riego adecuado de cultivos de hortalizas y la instrumentación requerida para su ejecución.
- Diseñar el prototipo del sistema de riego automatizado y controlado utilizando tecnologías IoT.
- Validar el funcionamiento del diseño, mediante métricas de evaluación.

MARCO DE REFERENCIA

MARCO TEÓRICO

La implementación de IoT en el sector agrícola ha tenido un impacto significativo en las actividades agropecuarias, permitiendo tomar decisiones más informadas y efectivas sobre el manejo de los cultivos [7]. Gracias a la integración de tecnologías avanzadas, se ha facilitado la automatización de procesos clave, mejorando la eficiencia y reduciendo la necesidad de intervención humana en tareas rutinarias [8]

En términos económicos y ambientales, la implementación de sistemas de riego automatizados ofrece beneficios considerables. Económicamente, estos sistemas reducen los costos operativos al minimizar el uso de agua y la necesidad de intervención manual, lo que resulta en mayores márgenes de beneficio y una producción más sostenible para pequeños y medianos agricultores [9]. Ambientalmente, contribuyen a un uso más eficiente de los recursos hídricos, fundamental en regiones con escasez de agua, reduciendo la presión sobre los acuíferos y promoviendo una agricultura más respetuosa con el medio ambiente [10], no obstante, a pesar de estos beneficios, la implementación de sistemas de riego automatizados con IoT enfrenta varios desafíos. En primer lugar, la conectividad en áreas rurales es limitada o inexistente, lo que dificulta la operación de estos sistemas. Además, el costo de implementación puede ser prohibitivo para pequeños agricultores, aunque a largo plazo los ahorros puedan justificar la inversión [11]. Otro reto es la necesidad de capacitación técnica; los agricultores deben aprender a operar y mantener estos sistemas, lo que puede requerir inversión en formación.

Aun así, comparado con los métodos de riego tradicionales, los sistemas automatizados con IoT ofrecen numerosas ventajas. Mientras que los métodos tradicionales dependen de la experiencia y observación empírica, los sistemas IoT utilizan datos en tiempo real para tomar decisiones informadas, asegurando un riego más preciso y efectivo. Esto no solo mejora la productividad de los cultivos, sino que también reduce el desperdicio de agua y energía, como lo demuestran varios proyectos a nivel nacional e internacional.[12]

Por ejemplo, en el ámbito local, estudiantes del Colegio Mayor del Cauca desarrollaron el Smart Drip System, un sistema de riego automatizado que optimiza el uso del agua en cultivos mediante el monitoreo de variables climáticas y la salinidad del suelo, utilizando una arquitectura basada

en IoT. Este sistema, que emplea Wi-Fi para la comunicación y motores reductores para el control de bombas, ha demostrado aumentar la eficiencia del riego en un 80%, reduciendo costos y mano de obra. Las pruebas realizadas en cultivos de mora evidencian su efectividad y potencial para mejorar la agricultura de precisión [13]

Asimismo, en la Universidad de Córdoba, se desarrolló un sistema automatizado de riego para cultivos de berenjena, con el objetivo de optimizar el uso del agua y mejorar la eficiencia del riego. Para ello, se utilizaron sensores de humedad, temperatura y nivel de agua, junto con un microcontrolador Arduino Uno, seleccionado por su facilidad de programación y capacidad para integrar múltiples dispositivos. El Arduino activa actuadores como electroválvulas y bombas de agua, controlando de manera eficiente el flujo de agua hacia las áreas de riego. Este proyecto fue diseñado para ofrecer una solución económica y accesible para pequeños y medianos agricultores.[14]

En Puerto Colombia, se llevó a cabo un trabajo de grado que consistió en el diseño de un prototipo de riego automatizado para cultivos agrícolas pequeños. El sistema incluye un conjunto de sensores para medir la humedad del suelo, la temperatura y la humedad ambiente, y un controlador Arduino Nano que se encarga de activar la bomba de riego en función de los valores de los sensores y la programación previa del usuario.[15]

De igual manera, en los cultivos urbanos de la Fundación Mujeres Empresarias Marie Poussepin en Bogotá, se diseñó e implementó un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT, logrando un uso eficiente del agua y una producción constante durante todo el año. Este prototipo consta de sensores de humedad, temperatura y luminosidad, cuyos datos son enviados a una placa Arduino para su observación y control mediante IoT.[16]

A nivel internacional, también se han desarrollado varios proyectos utilizando tecnologías IoT. Por ejemplo, estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil, Ecuador, desarrollaron un sistema automatizado de riego que combina tecnologías de aspersión y goteo, utilizando PLC Logo y herramientas de IoT para el monitoreo y control en tiempo real de variables como temperatura, humedad del suelo y suministro de agua y una aplicación móvil para ver en tiempo real el comportamiento de las variables. Los resultados muestran un sistema híbrido que se adapta a las necesidades de riego de las plantas, logrando un uso más eficiente del agua.[17]

Otro ejemplo es el de estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana en Cuenca, Ecuador, quienes diseñaron e implementaron un sistema de riego para cultivos de maíz que permite a los agricultores monitorear y controlar el riego manualmente a través de una aplicación web. Este sistema, que utiliza tecnologías como sensores de temperatura y humedad del suelo y placas Heltec WiFi LoRa para la comunicación a larga distancia, mejoró la gestión del riego y promovió un uso sostenible de los recursos hídricos.[18]

En la Universidad de Coruña, España, estudiantes obtuvieron mención de honor por diseñar y desarrollar un sistema de riego autosuficiente y autogestionable que puede ser controlado de manera remota, integrando hardware y software para optimizar el uso del agua. Para lograr esto, el equipo implementó la metodología Scrum, que facilitó la organización del trabajo y la adaptación continua durante el proceso, permitiendo documentar tanto los éxitos como los errores en cada sprint.[19]

Finalmente, en una finca ubicada en el sector Payo Chico, Ecuador, que contiene invernaderos de pimiento, estudiantes de la Universidad Agraria de Ecuador observaron que las actividades de riego y fertilización se realizaban de manera empírica, basadas en la experiencia y observación de los trabajadores. Como solución, desarrollaron un sistema de riego automático compuesto por una base de almacenamiento y equipos electrónicos como un microcontrolador y sensores, junto con una aplicación web para monitorear y controlar el estado hídrico del cultivo. Para este proyecto, seleccionaron la metodología de desarrollo en V, que integra de manera eficiente el desarrollo de software y hardware.[20]

En la Universidad Técnica del Norte, se desarrolló un sistema electrónico para automatizar el proceso de riego en cultivos de alfalfa en la Granja perteneciente a la facultad de ciencias agropecuarias, utilizando redes neuronales artificiales. El sistema emplea sensores para recoger datos sobre variables ambientales, que son utilizados para el entrenamiento y aprendizaje de un algoritmo de inteligencia artificial. Este sistema de riego inteligente, comparado con los métodos manuales, ha demostrado un aumento significativo en la productividad mediante el riego automatizado.[21]

MARCO CONCEPTUAL

Sistema de riego

Un sistema de riego es un conjunto de técnicas y herramientas diseñadas para suministrar agua a las plantas de manera controlada y eficiente, asegurando que reciban la cantidad necesaria para su crecimiento. Los tipos más comunes de sistemas de riego incluyen el riego por goteo, aspersión y riego por surcos. Estos sistemas son fundamentales en la agricultura moderna, donde la gestión adecuada del agua es crucial para maximizar la producción y reducir el desperdicio [22].

Ventajas de sistema de riego

Los sistemas de riego ofrecen múltiples ventajas que se pueden clasificar en tres categorías principales:

- Reducen los costos operativos al optimizar el uso del agua y minimizar la necesidad de intervención manual. Esto es especialmente beneficioso para pequeños y medianos agricultores, quienes pueden aumentar sus márgenes de beneficio y promover una producción más sostenible [23].
- Contribuyen a un uso más eficiente de los recursos hídricos, lo que es crucial en regiones con escasez de agua. La reducción del consumo de agua también alivia la presión sobre los acuíferos y promueve prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente [24].
- La automatización de los sistemas de riego reduce la necesidad de intervención humana en tareas rutinarias, permitiendo una gestión más eficiente y precisa del agua, lo que se traduce en una mejora en la productividad de los cultivos [25]

Internet de las cosas

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que, mediante una conexión a internet, permiten la monitorización en tiempo real de las condiciones ambientales, proporcionando datos precisos para la toma de decisiones. El IoT se compone de tres niveles o capas:

- Primera capa: Involucra la aplicación de sensores, los cuales son responsables de capturar las variables ambientales clave [26]
- Segunda capa: Comprende las redes cableadas e inalámbricas que transfieren la información de los sensores hacia sistemas de almacenamiento y procesamiento [27]
- Tercera capa: Implica la visualización y monitoreo de la información a través de aplicaciones en plataformas como escritorio, web y móvil, facilitando el control y la gestión de los sistemas automatizados [28]

Sensores

Un sensor es un dispositivo que responde a cualquier cambio en los fenómenos físicos o variables ambientales como el calor, la presión, la humedad, el movimiento, entre otros. Este cambio afecta las propiedades físicas, químicas o electromagnéticas de los sensores, que luego se procesa en una forma más utilizable y legible. El sensor es el elemento principal de un sistema que entra en contacto con variables ambientales para generar una salida [29].

Un sensor es un elemento capaz de detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia, además de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, y convertirlas en variables eléctricas o señales. Actualmente existen variades de sensores para diferentes usos como por ejemplos sensores ultrasónicos, luz, de contacto, sonido, color [30]

Sensores DHT22 El Dht22

es un sensor de humedad relativa y temperatura ambiental digital. Utiliza tecnología exclusiva de recolección de señales digitales y tecnología de detección de humedad del entorno, lo que garantiza su confiabilidad y estabilidad. Sus elementos de detección están conectados con una computadora de un solo chip de 8 bits[31]

Sensores de humedad FC-28

Se define humedad como una variable física correspondiente a la proporción de agua disuelta en un gas o absorbida en el suelo. El sensor de humedad pertenece a los dispositivos más relevantes que se ha usado extensamente. Pues posibilita conocer la humedad precisa del ambiente o suelo [32]

Actuadores

Los actuadores son dispositivos que controlan la activación de equipos eléctricos cuya función es proporcionar fuerza o hacer actuar otro dispositivo en base a las variables del entorno captadas o medidas por los sensores, como por ejemplo electroválvulas, luminarias, bombas, Otra forma de interpretar este concepto es como un dispositivo capaz de transformar la energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado [33]

Electroválvulas o válvulas solenoides

Estas funcionan con tecnología latch, lo que significa que son abiertos y/o cerrados mediante el envío de un pulso de tensión. Una vez que recibe el pulso, la válvula solenoide queda en la posición definida sin necesidad de aplicarle tensión, lo que supone un ahorro en energía [34]. Las electroválvulas o válvula senoidal su uso es similar por el electromagnetismo por Medio de un bobinado principal que hace de interruptor de apertura y cierre para que fluya el agua [35]

Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son fundamentales en los sistemas de IoT, ya que permiten la transmisión de datos entre sensores, actuadores y otros dispositivos. Algunos de los protocolos más comunes en la agricultura inteligente incluyen Wi-Fi, LoRa y Zigbee. Estos protocolos garantizan que la información capturada por los sensores sea transferida de manera precisa y oportuna a los sistemas de control y monitoreo, facilitando la toma de decisiones en tiempo real [36].

Aplicación web

Una aplicación web es un programa de software que se accede y utiliza a través de un navegador web a través de una conexión a Internet. Estas aplicaciones están diseñadas para ofrecer una interfaz interactiva que permite a los usuarios realizar diversas tareas en línea, como gestionar datos, realizar transacciones y comunicarse con otros usuarios. A diferencia de las aplicaciones de escritorio tradicionales, las aplicaciones web no requieren instalación en el equipo del usuario, ya que toda la funcionalidad se ejecuta en el servidor y se presenta en el navegador [37].

Las aplicaciones web se componen de dos partes principales: el front-end y el back-end. El front-end es la parte visible de la aplicación que interactúa directamente con el usuario, mientras que el

back-end gestiona la lógica de negocio, la base de datos y la comunicación con el servidor [38]. Esta arquitectura permite una alta flexibilidad y escalabilidad, facilitando la implementación de actualizaciones y nuevas características sin requerir la intervención del usuario final.

La implementación de aplicaciones web en el ámbito agrícola puede mejorar la gestión de recursos al permitir la integración de tecnologías como IoT para el monitoreo en tiempo real de variables ambientales y el control de sistemas automatizados de riego. Estas aplicaciones proporcionan una plataforma centralizada para la visualización de datos, la toma de decisiones y la gestión de operaciones agrícolas [39].

METODOLOGÍA

La metodología Design Thinking se selecciona para el desarrollo del sistema de riego automatizado por su enfoque en entender profundamente las necesidades de los usuarios y fomentar soluciones innovadoras. Su proceso iterativo, que incluye empatizar, definir, idear, prototipar y testear, permite crear soluciones efectivas y adaptables basadas en el feedback real. Esto asegura que el sistema sea funcional, eficiente y alineado con las expectativas de los agricultores del colegio agropecuario.

Empatizar:

El objetivo de esta etapa es buscar información y comprender las necesidades sobre las experiencias y desafíos que afrontan los usuarios que han afrontado en el momento de los cultivos, se realiza una encuesta que va dirigida a los estudiantes, profesores y custodio del resguardo indígena de Poblazón para comprender sus necesidades, experiencias y desafíos relacionados con el riego de cultivos.

El análisis FODA del diseño de Sistema de Riego Inteligente para Cultivos de Hortalizas para el colegio Resguardo Indígena de Poblazón, se destacan algunas fortalezas como la reducción del desperdicio de agua, beneficios ambientales y la innovación.

En las oportunidades se incluye la mejora en cuanto a la productividad y el posicionamiento del colegio como líder tecnológico. Sin embargo, hay algunas debilidades como el costo inicial y la dependencia de la conectividad, además de amenazas como la obsolescencia tecnológica y condiciones económicas inestables. Con este análisis se puede ofrecer una visión clara de los factores que serán cruciales para que el proyecto tenga éxito.



Imagen 1, DOFA, elaboración propia.

Arquetipos

Persona

Perfil



Paulo Maca, 26

Ocupación	Docente agropecuaria
Genero	Maculino
Salario	2300000
Educación	Tecnologo agropecuario
Lugar de trabajo	Resguardo de Poblazón

Tarjeta

Características y hobbies:

- Introverso
- Amante de la naturaleza y animales
- Le gusta jugar futbol
- Le gusta los videojuegos
- Apasionado a su trabajo

Habilidades:

- Creativo
- Músico
- Buen comunicador
- Proactivo

Motivaciones:

- Quiere integrar nuevas tecnologías en su metodología de enseñanza
- Busca métodos eficientes de riego que ahorren agua y optimicen el cultivo.
- Desea involucrar a los estudiantes en proyectos innovadores que les proporcionen habilidades prácticas y relevantes para el futuro.

Frustraciones:

- Puede sentirse abrumado por la complejidad técnica del sistema si no recibe el soporte adecuado.
- Está preocupado por la estabilidad de la conexión a Internet en el área, lo que podría afectar el funcionamiento del sistema.

Objetivos:

- Implementar un sistema de riego que sea fácil de usar y que pueda ser monitoreado tanto en el aula como en el campo.
- Enseñar a sus estudiantes cómo utilizar tecnologías avanzadas para resolver problemas agrícolas reales.
- Demostrar resultados tangibles en la mejora del rendimiento de los cultivos y en la reducción del uso de agua.

Persona

Perfil



Luis Alejandro velasco, 34

Ocupación	Custodio y supervisor
Genero	Maculino
Salario	1800000
Educación	Tecnologo agropecuario
Lugar de trabajo	Resguardo de Poblazón

Tarjeta

Características y hobbies:

- Extrovertido
- Amante de la naturaleza y animales
- Le gusta hacer deporte
- Colaborador

Habilidades:

- manejo de animales
- Perceptivo
- Buen comunicador
- Proactivo

Motivaciones:

- Mantener las instalaciones agropecuarias en óptimas condiciones, asegurando el bienestar de los cultivos y los animales.
- Adoptar herramientas que mejoren la eficiencia del trabajo diario en el colegio
- Contribuir al buen funcionamiento del colegio integrando prácticas modernas y sostenibles.

Frustraciones:

- Preocupación por la complejidad del sistema y su dependencia de la conectividad.
- Falta de experiencia en el uso de tecnologías avanzadas.
- Inquietud sobre la fiabilidad del sistema y su impacto en el rendimiento de los cultivos.

Objetivos:

- Utilizar el sistema de riego automatizado para optimizar el uso del agua en los cultivos.
- Supervisar el funcionamiento del sistema para garantizar que los cultivos reciban el riego adecuado.
- Asegurarse de que el sistema sea fácil de operar y mantener.

Persona

Perfil



Fernando vega, 30

Ocupación	Docente de sistemas
Genero	Maculino
Salario	2800000
Educación	Ingeniero de sistemas
Lugar de trabajo	Resguardo de Poblazón

Tarjeta

Características y hobbies:

- Extrovertido
- Le gusta hacer deporte
- Le gusta leer
- Amante de la tecnología

Habilidades:

- Paciente
- Conocimiento en tecnología
- Manejo de grupo
- Conicimeinto de agricultura

Motivaciones:

- Dar la mejor educación a los estudiantes
- Seguir preparandose a nivel educativo
-
-

Frustraciones:

- Preocupación que el sistema no funcione correctamente
- Preocupación por la complejidad del sistema y su dependencia de la conectividad.
- Que el sistema no tenga una buena acogida por la población

Objetivos:

- Utilizar el sistema de riego automatizado para optimizar el uso del agua en los cultivos.
- Supervisar el funcionamiento del sistema
- Sensibilizar a la comunidad educativa sobre las nuevas tecnologías
- Educar sobre el buen funcionamiento del sistema de riego

Encuesta: Comprendiendo las Necesidades de Riego en el Resguardo Indígena de Poblazón

Introducción:

Estimado(a) participante,

Estamos trabajando en un proyecto para desarrollar un sistema automatizado de riego que se adapte a las necesidades del Resguardo Indígena de Poblazón. Nos gustaría conocer su experiencia y opinión sobre el riego de cultivos. Sus respuestas serán valiosas para diseñar una solución que beneficie a la comunidad. Agradecemos su tiempo y colaboración.

Sección 1: Información General

¿Cuál es su rol en la comunidad?

- a) Agricultor
- b) Profesor
- c) Estudiante
- d) Otro (especifique) _____

¿Cuánto tiempo ha trabajado en el cultivo de hortalizas?

- a) Menos de 1 año
- b) 1-3 años
- c) 4-6 años
- d) Más de 6 años
- e) No aplica

¿Qué tipo de hortalizas cultiva? (puede seleccionar más de una opción)

- a) Tomate
- b) Lechuga
- c) Cebolla
- d) Pimentón
- e) Otro (especifique) _____

Sección 2: Experiencia con el Riego

¿Qué métodos de riego utiliza actualmente?

- a) Riego manual (manguera, balde)
- b) Riego por goteo
- c) Aspersores
- d) Otro (especifique) _____

¿Con qué frecuencia riega sus cultivos?

- a) Diariamente
- b) Cada 2 días
- c) Semanalmente
- d) Depende de las condiciones del clima
- e) Otro (especifique) _____

¿Qué desafíos enfrenta en el riego de sus cultivos? (puede seleccionar más de una opción)

- a) Falta de agua
- b) Dificultad para determinar la cantidad adecuada de agua
- c) Variabilidad del clima
- d) Tiempo y esfuerzo requerido
- e) Costo del agua
- f) Otro (especifique) _____

¿Cómo deciden cuándo y cuánto regar sus cultivos?

- a) Experiencia personal
- b) Recomendaciones de otros agricultores
- c) Consulta a un experto
- d) Uso tecnología (aplicaciones, sensores)
- e) Otro (especifique) _____

Sección 3: Conocimiento y Uso de Tecnología

¿Ha utilizado alguna vez sensores o tecnología IoT para el riego?

- a) Sí
- b) No

Si ha respondido "Sí", ¿qué tan útil ha sido la tecnología para su riego?

- a) Muy útil
- b) Útil
- c) Poco útil
- d) No fue útil

¿Qué tan cómodo se siente utilizando tecnología como aplicaciones móviles o sensores en el campo?

- a) Muy cómodo
- b) Cómodo
- c) Poco cómodo
- d) Nada cómodo

Sección 4: Expectativas y Necesidades

¿Qué características consideraría importantes en un sistema automatizado de riego? (puede seleccionar más de una opción)

- a) Facilidad de uso
- b) Bajo costo
- c) Control remoto a través de un celular
- d) Monitoreo en tiempo real de humedad y temperatura
- e) Alarmas y notificaciones
- f) Adaptabilidad a diferentes tipos de cultivos
- g) Otro (especifique) _____

¿Cómo cree que un sistema de riego automatizado podría mejorar su trabajo en el campo?

¿Estaría dispuesto a participar en capacitaciones sobre el uso de tecnología para el riego?

a) Sí

b) No

c) Tal vez

¿Hay algo más que le gustaría compartir sobre sus necesidades o preocupaciones relacionadas con el riego de cultivos?

Agradecimiento:

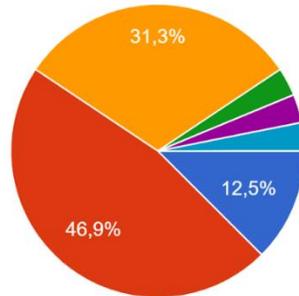
Gracias por su participación. Sus respuestas serán fundamentales para el desarrollo de un sistema de riego que atienda las necesidades de la comunidad del Resguardo Indígena de Poblazón.

Respuestas.

1.

¿Cuál es su rol en la comunidad?

32 respuestas

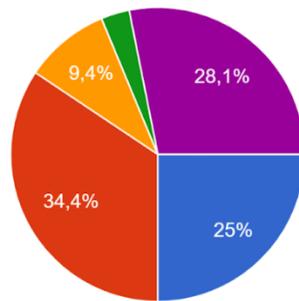


- Profesor
- Estudiante
- Agricultor
- Agricultora
- Egresada
- Externo

2.

¿Cuánto tiempo ha trabajado en el cultivo de hortalizas?

32 respuestas

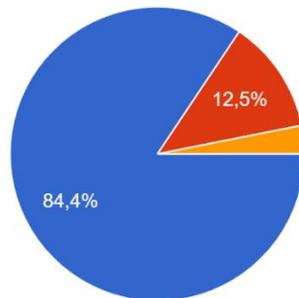


- Menos de 1 año
- 1-3 años
- 4-6 años
- mas de 6 años
- No aplica

3.

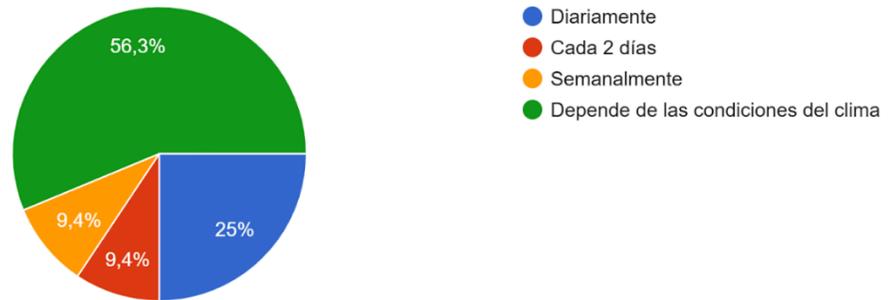
¿Qué métodos de riego utiliza actualmente?

32 respuestas

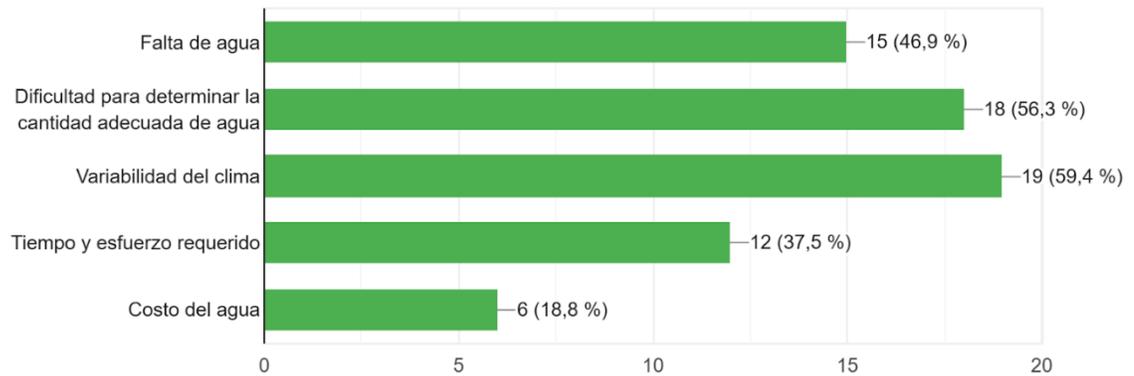


- Riego manual (manguera, balde)
- Riego por goteo
- Aspersores

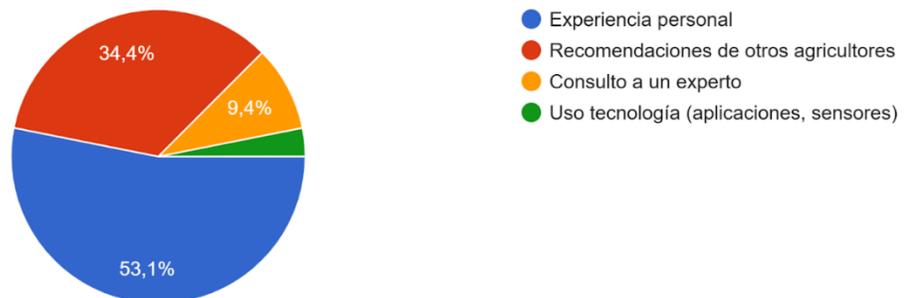
4. ¿Con qué frecuencia riega sus cultivos?
32 respuestas



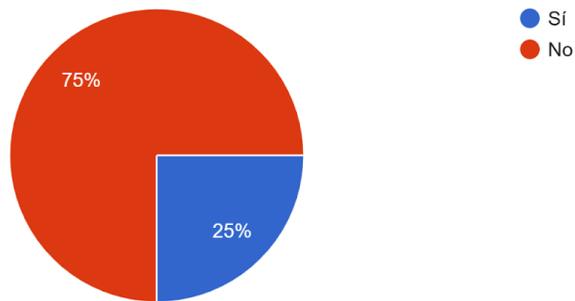
5. ¿Qué desafíos enfrenta en el riego de sus cultivos? (puede seleccionar más de una opción)
32 respuestas



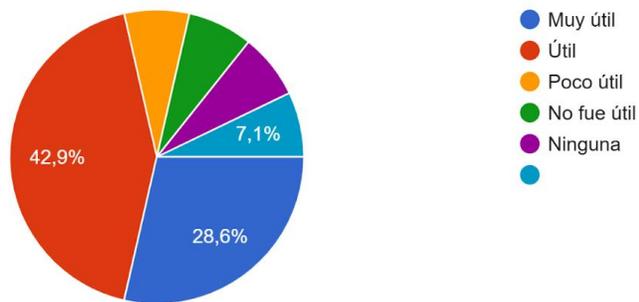
6. ¿Cómo deciden cuándo y cuánto regar sus cultivos?
32 respuestas



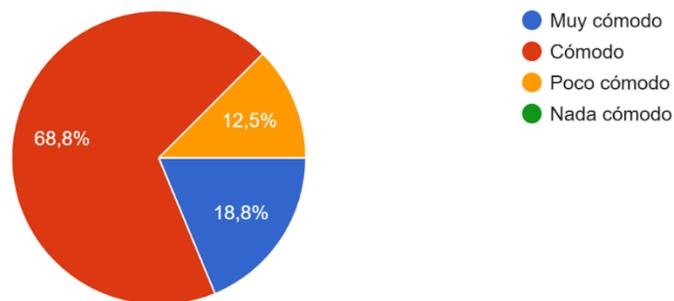
7. ¿Ha utilizado alguna vez sensores o tecnología para el riego?
32 respuestas



8. Si ha respondido "Sí", ¿qué tan útil ha sido la tecnología para su riego?
14 respuestas



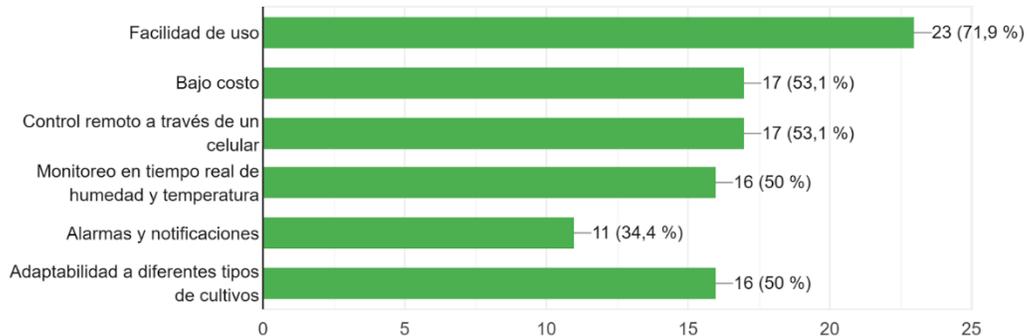
9. ¿Qué tan cómodo se siente utilizando tecnología como aplicaciones móviles o sensores en el campo?
32 respuestas



10.

¿Qué características consideraría importantes en un sistema automatizado de riego? (puede seleccionar más de una opción)

32 respuestas



11.

La necesidad de hacer uso de recurso humano en campo para la supervisión del correcto riego

En muchos aspectos, se pueden realizar otras actividades.

Es necesario por la ventajas que podríamos obtener como el seguimiento del crecimiento del cultivo

Tiempo y recursos

Por q sería de fácil manejo y ahorro de tiempo

Lo mejorará de tal manera que haga más fácil. El trabaja en el campo con mejor producción.

Creo que me va ayudar en la automatización

En la sana germinación de las plantas, sin que las raíces se pudran o por el contrario, se sequen

Ayudaría a controlar el agua que consumen las plantas

Ahorro de tiempo: Automatizar el riego reduce el esfuerzo manual, permitiendo a los agricultores enfocarse en otras actividades importantes.

Eficiencia en el uso del agua: Estos sistemas regulan la cantidad exacta de agua necesaria para cada cultivo, evitando el desperdicio y conservando este recurso valioso.

Mejora de los rendimientos: Al proporcionar agua de manera uniforme y en el momento adecuado, las plantas crecen en condiciones óptimas, lo que mejora la calidad y cantidad de la producción.

Reducción de costos laborales: Con menos necesidad de supervisión y operación manual, los costos asociados al personal disminuyen significativamente.

Control remoto: Muchos sistemas modernos permiten supervisar y operar el riego desde dispositivos móviles o computadoras, aumentando la conveniencia y el control.

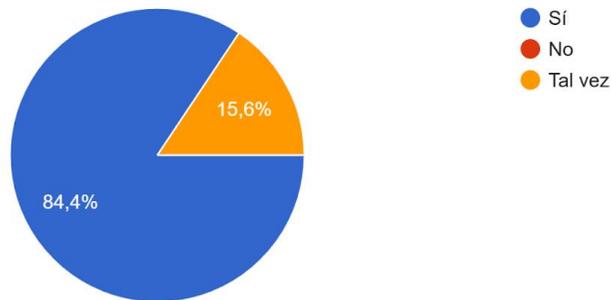
Adaptación al clima: Sensores incorporados pueden ajustar automáticamente los horarios de riego según las condiciones climáticas, previniendo el exceso o déficit de agua.

Mejora la calidad del cultivo.
Optimización de tiempo
Buen manejo de consumo de agua y que sea barato
Bastante
Facilidad y optimización del tiempo
Puedo emplear el tiempo en hacer otra cosa
Optimizando el tiempo
Me ayuda a tener mas control sobrr mis cultivos y me ayuda a evitar perdidas monetarias y de productos
En el tiempo. Podría dedicarle a otras labores

12.

¿Estaría dispuesto a participar en capacitaciones sobre el uso de tecnología para el riego?

32 respuestas



También se realizó el cuadro de empatía que es una herramienta muy necesaria en esta metodología para profundizar en la comprensión de los usuarios y visualizar sus experiencias, sentimientos, necesidades y percepciones.

AquaTech

Mapa de Empatía



imagen 2. Cuadro de Empatía. autoridad propia.

Definir:

En la fase de definir se busca el enfoque de poder comprender las necesidades y desafíos específicos que están relacionados con el riego de cultivos en la comunidad del Resguardo Indígena de Poblazón uniando algunas soluciones de innovación en hardware, software y seguridad.

Se realizó una encuesta con el fin de recopilar información de los estudiantes, profesores y el custodio, con el objetivo de identificar ciertas experiencias y necesidades en el riego de cultivos. Esta información es esencial para el desarrollo de un sistema de riego automatizado que realmente cumpla con las expectativas y condiciones del colegio.

En esta fase se incluyen las siguientes actividades:

Investigación y recopilación de datos: Se hace una recolección de datos sobre lo específico en las necesidades de los cultivos en cuanto al clima, humedad, temperatura, y el tipo de riego más adecuado.

- Caracterización de necesidades específicas del colegio del Resguardo Indígena de Poblazón, donde se incluyen el tipo de suelo, el clima, tipo de hortalizas y métodos de riego utilizados en la actualidad.
- Recopilación de datos en cuanto al uso de tecnologías que se han propuesto para este diseño, como sensores de movimiento para detectar presencia humana y dispositivos para el monitoreo en tiempo real de variables como humedad y temperatura del suelo.
- Evaluar la viabilidad de implementar un sistema de recolección de aguas de lluvia y reutilización de aguas de cocina para el riego, como también la integración de fuentes de energía sostenible (eólica y paneles solares)

Definición de puntos de medición: Se define o determina una ubicación óptima y adecuada para la instalación de los sensores con los cuales se medirán las variables ambientales, teniendo en cuenta la distribución de los espacios de los cultivos y las condiciones climáticas del lugar.

- Para la instalación de sensores de lluvia y cámaras de seguridad se identificarán las mejores posiciones para su ubicación y así asegurar la cobertura total del área de cultivo.

Selección de instrumentación: Se realiza la respectiva investigación y selección de los componentes necesarios, como sensores y actuadores, considerando algunos factores como el costo y la facilidad de instalación para la implementación del sistema de riego automatizado en los que se incluye:

Hardware:

- Tanque para la recolección de aguas lluvia
- Un sistema donde se reutilicen las de aguas de cocina, los sensores de movimiento, paneles solares, y generadores de energía eólica.
- **Software:**
- Sistema de monitoreo en tiempo real de variables a medir
- Gestión de alertas de seguridad.
- Considerar factores como el costo de la implementación del sistema de riego, la facilidad de instalación y el mantenimiento.

Al implementar el sistema de riego se puede asegurar que no solo será eficiente en cuanto al recurso hídrico, sino que también será seguro, sostenible y adaptable a las necesidades en el colegio de Poblazón.

Idear:

Al general soluciones innovadoras y que den respuesta a las necesidades que se identificaron en la fase de "Definir" y al integrar las tecnologías de hardware, software y seguridad para la optimización el riego de cultivos en el Resguardo Indígena de Poblazón.

Brainstorming o lluvia de Ideas

Se realizó una reunión con el equipo de trabajo para una sesión de brainstorming con el fin de generar varias ideas.

Como se mencionó en la fase anterior y en base a las ideas o propuestas; se generaron una serie de preguntas:

I. ¿Cómo poder aprovechar al máximo para el riego el agua de la lluvia y reutilización de aguas de cocina?

II. ¿Cuáles son las características que debe tener un sistema de riego automatizado que funcione con fuentes de energía sostenible?

III. ¿Cómo se puede garantizar la seguridad del sistema de automatización de riego y del área de cultivo?

Se tuvieron algunas ideas claves como:

Recolección y almacenamiento de agua:

- La creación de un sistema donde haya la combinación de un tanque de recolección de aguas de lluvia y el mecanismo de filtrado y reutilización de aguas de cocina.
- Diseñar un sistema de gestión del agua donde el enfoque sea el uso de aguas recicladas en cuanto sea posible y evitar la consideración de la utilización de otras fuentes.

Automatización y del riego:

- Proponer un sistema en el cual se utilicen sensores de humedad, pH y lluvia para el ajuste automático del riego según las necesidades específicas que tiene cada tipo de cultivo.
- La implementación de una interfaz la cual permita a los usuarios definir los parámetros del riego según el tipo de cultivo.

Fuentes de energía sostenible:

- Desarrollar un sistema de riego que su función sea con energía renovable, con la utilización de paneles solares y generadores eólicos.
- Añadir baterías de almacenamiento para el funcionamiento y continuidad del riego durante la noche o en días donde no haya mucha presencia de luz solar.

Monitoreo y seguridad:

- Instalación de un sistema de cámaras de seguridad que pueda ser monitoreado en tiempo real a través de una aplicación móvil.
- Agregar sensores de movimiento para la detección de presencia humana y que se envíen alertas en caso de que haya intrusos.

Prototipo:

- Una vez seleccionadas las ideas se realiza un prototipo que muestre cómo será el funcionamiento y que permita también evaluar la viabilidad de las soluciones propuestas.
- Realizar pruebas donde se puedan identificar las mejoras y que ajustes sean necesarios y así poder realizar el prototipado de forma más detallada.

Feedback o comentarios y refinamiento:

- Presentar las ideas y prototipos al equipo y a la comunidad del Resguardo Indígena de Poblazón y de esta manera tener una retroalimentación.
- Clarificar las ideas y prototipados según los comentarios obtenidos, de tal manera que asegure de que las soluciones finales serán prácticas y efectivas según las necesidades de los usuarios (comunidad del Resguardo Indígena de Poblazón).

Prototipar:

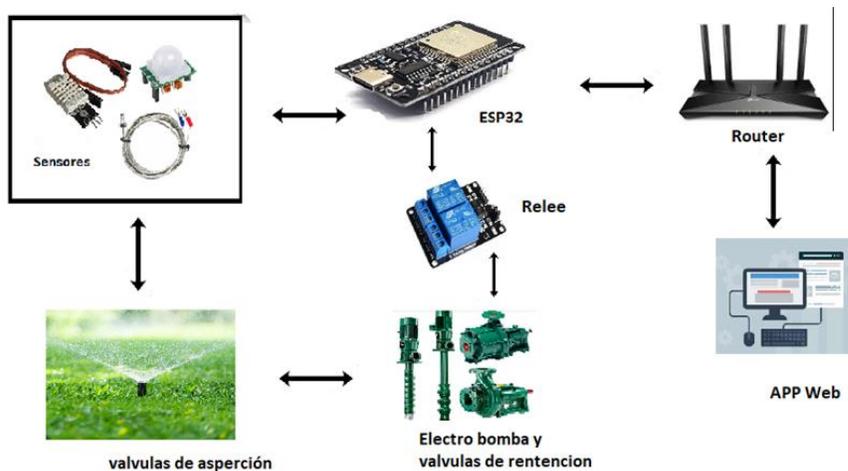


Imagen: prototipo hardware

ESP32:

- Actúa como el cerebro del sistema. Se encarga de recibir datos de los sensores (DHT22, termocupla, sensor de movimiento) y controlar las salidas (relé para la electrobomba, válvulas de aspersión).
- Se conecta al router para enviar y recibir datos desde y hacia la app web y la base de datos.

Sensor DHT22:

- Mide la humedad relativa y la temperatura del aire.
- Envía los datos al ESP32, que decide si es necesario activar el riego en función de estos parámetros.

Sensor Termocupla:

- Mide la temperatura del suelo. Este dato es crucial para entender las necesidades de riego del cultivo.
- Se conecta al ESP32 para proporcionar datos en tiempo real sobre la temperatura del suelo

Sensor de Movimiento:

- Detecta la presencia de personas o animales en la zona de riego. Puede utilizarse para evitar activar el riego cuando haya movimiento.
- Envía señales al ESP32 para activar o desactivar la electrobomba o las válvulas de aspersión por seguridad.

Relé:

- Actúa como un interruptor controlado electrónicamente para encender/apagar la electrobomba y las válvulas de aspersión.
- Controlado por el ESP32 para activar o desactivar dispositivos según las lecturas de los sensores o las configuraciones de la app web.

Electrobomba:

- Es el dispositivo que permite el paso del agua hacia el sistema de riego.
- Controlada por el ESP32 a través de un relé. El relé actúa como un interruptor, permitiendo que la corriente pase o no a la electrobomba.

Válvulas de Aspersión:

- Se encargan de dispersar el agua por el cultivo. Su apertura y cierre son controlados por el ESP32.
- Las válvulas pueden ser activadas mediante relés conectados al ESP32 para regar diferentes secciones del cultivo según sea necesario.

Router:

- Proporciona conectividad a Internet al ESP32 para la comunicación con la app web.
- Permite la transmisión de datos entre el sistema de riego y la base de datos.

App Web

Se realizan mockups en adobe xd ara simular la vista del administrador de aquuatech

Flujo de Operación:

1. El ESP32 recopila datos de los sensores (DHT22, termocupla, sensor de movimiento).
2. Basado en las lecturas de los sensores, el ESP32 decide si activar el riego.
3. Si se necesita riego, el ESP32 envía una señal al relé para activar la electrobomba y las válvulas de aspersión.
4. Los datos de las lecturas de los sensores se envían a través del router a la base de datos y se visualizan en tiempo real en la app web.
5. La app web permite al usuario monitorear y ajustar los parámetros del sistema de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Pérez, "Impacto de IoT en la agricultura moderna," *Revista de Innovación Tecnológica en Agricultura*, vol. 4, no. 2, pp. 12-19, 2022.
- [2] F. Pérez y J. Gómez, "Desafíos de la agricultura en Colombia: Eficiencia del riego bajo condiciones climáticas variables," *Revista Colombiana de Agricultura*, vol. 12, no. 3, pp. 45-58, 2022.
- [3] L. Martínez y R. Torres, "Impacto del riego ineficiente en la producción de cultivos en el Cauca," *Agricultura y Sostenibilidad en Colombia*, vol. 7, no. 2, pp. 102-115, 2021.
- [4] A. Rodríguez, "Modernización de prácticas agrícolas en comunidades indígenas del Cauca: Un estudio de caso en la Institución Educativa 'Resguardo Indígena de Poblazón'," *Boletín de Estudios Rurales*, vol. 9, no. 1, pp. 67-80, 2023.
- [5] J. Ramírez y M. Villamizar, "Implementación de sistemas de riego automatizados mediante IoT: Beneficios y desafíos," *Tecnología y Desarrollo Agrícola*, vol. 5, no. 4, pp. 87-98, 2022.
- [6] C. Gutiérrez y P. Salazar, "Cambio climático y sus efectos en la disponibilidad de recursos hídricos para la agricultura en Colombia," *Clima y Recursos Naturales*, vol. 11, no. 2, pp. 36-49, 2023.
- [7] A. Pérez, "Impacto de IoT en la agricultura moderna," *Revista de Innovación Tecnológica en Agricultura*, vol. 4, no. 2, pp. 12-19, 2022.
- [8] B. Ramírez, "Automatización de procesos agrícolas mediante IoT," *Tecnología y Agricultura*, vol. 7, no. 3, pp. 34-46, 2023.
- [9] D. López y E. Torres, "Reducción de costos operativos en la agricultura mediante IoT," *Agricultura y Sostenibilidad*, vol. 5, no. 1, pp. 45-52, 2023.
- [10] F. Martínez, "Uso eficiente de recursos hídricos en la agricultura con IoT," *Gestión del Agua*, vol. 3, no. 2, pp. 14-22, 2022.
- [11] G. Sánchez, "Desafíos de la implementación de IoT en áreas rurales," *Tecnología Rural*, vol. 8, no. 2, pp. 33-41, 2023.
- [12] J. Vargas, "Proyectos internacionales sobre riego automatizado con IoT," *Revista Internacional de Agricultura Sostenible*, vol. 10, no. 1, pp. 72-81, 2023.
- [13] D. Perez, K. Marceles, E. Palta, and G. Elías, "Sistema de riego con tecnología IoT: Smart Drip System".
- [14] E. J. Ramírez Díaz and J. D. Vergara Sierra, "Sistema de riego automatizado basado en iot utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-Córdoba.," Jun. 02, 2020. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2706>

- [15] J. D. Florián Gómez, “Diseño de sistema de riego y monitoreo de variables mediante IOT en los cultivos automatizado con Arduino,” Jun. 02, 2023, Universidad Antonio Nariño. Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8787>
- [16] V. Cortes, C. Marco, and F. V. Garcia, “UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES BOGOTÁ 2020”.
- [17] A. E. Sánchez Pazmiño and R. E. Torsys Sudario, “Desarrollo de un sistema inteligente de riego que combina aspersión y goteo monitoreado mediante IOT y aplicación móvil,” 2023, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24993>
- [18] M. E. Astudillo Castillo, “Diseño e implementación de un sistema de riego IOT para sembríos de maíz,” 2024, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27292>
- [19] S. García, R. Dirección, : Carlos, and F. Lozano, “Sistema de monitorización ambiente y automatización de sistema de riego basado en IoT,” 2021, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29640>
- [20] C. De, N. Andrade, J. Rafael, Z. Navarrete, and S. Sofía, “UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS DR JACOBO BUCARAM ORTIZ”.
- [21] H. D. Cadena Lema, “Diseño de un sistema para el control de riego mediante técnicas de aprendizaje automático aplicada a la agricultura de precisión en la granja La Pradera de la universidad Técnica del Norte,” Feb. 2020, Accessed: Aug. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10296>
- [22] J. López, "Sistemas de riego en la agricultura moderna," *Revista de Agricultura y Tecnología*, vol. 14, no. 1, pp. 23-29, 2022.
- [23] M. Fernández y R. Álvarez, "Reducción de costos operativos mediante sistemas de riego automatizados," *Economía Agrícola*, vol. 6, no. 2, pp. 34-41, 2021.
- [24] A. Ramírez, "Uso eficiente de recursos hídricos con tecnologías de riego," *Gestión del Agua y Medio Ambiente*, vol. 8, no. 3, pp. 50-58, 2023.
- [25] L. Martínez, "Ventajas de la automatización en sistemas de riego," *Tecnología y Agricultura*, vol. 9, no. 4, pp. 44-52, 2022.
- [26] N. Díaz, "Introducción al Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura," *Revista de Innovación Tecnológica*, vol. 11, no. 2, pp. 15-23, 2023.
- [27] P. Sánchez, "Redes y transferencia de datos en sistemas IoT," *Tecnología y Redes*, vol. 10, no. 1, pp. 22-30, 2022.

- [28] J. Torres, "Visualización y monitoreo de datos en IoT," *Aplicaciones y Control de IoT*, vol. 12, no. 3, pp. 36-45, 2023.
- [29] A. Gómez, "Principios y aplicaciones de sensores en sistemas de monitoreo," *Revista de Instrumentación y Medición*, vol. 7, no. 1, pp. 20-29, 2021.
- [30] M. Ruiz, "Tipos y usos de sensores en sistemas automatizados," *Tecnología y Electrónica*, vol. 9, no. 4, pp. 50-59, 2022.
- [31] F. Cifuentes, "Sensor DHT22 para medición de humedad y temperatura," *Revista de Tecnología de Sensores*, vol. 8, no. 2, pp. 12-20, 2022.
- [32] R. Torres, "Sensor de humedad FC-28: Características y aplicaciones," *Instrumentación y Control Ambiental*, vol. 5, no. 3, pp. 45-52, 2019.
- [33] J. Mendoza, "Actuadores en sistemas automatizados: Principios y aplicaciones," *Tecnología de Automatización*, vol. 6, no. 4, pp. 58-67, 2017.
- [34] L. Carratalá, "Electroválvulas y válvulas solenoides: Funcionamiento y eficiencia," *Revista de Ingeniería y Electrónica*, vol. 7, no. 1, pp. 22-31, 2018.
- [35] P. Fernández, "Uso de electroválvulas en sistemas de control de riego," *Tecnología y Control de Sistemas*, vol. 9, no. 2, pp. 35-42, 2018.
- [36] A. García, "Protocolos de comunicación en IoT para agricultura inteligente," *Revista de Comunicaciones y Redes*, vol. 10, no. 3, pp. 45-53, 2023.
- [37] J. Smith, "Introduction to Web Applications," *Journal of Computer Science*, vol. 16, no. 2, pp. 45-52, 2021.
- [38] R. Johnson and M. Lee, "Frontend and Backend Development in Web Applications," *Web Development Review*, vol. 22, no. 3, pp. 60-68, 2022.
- [39] A. Brown, "Web Applications in Agriculture: Enhancing Resource Management," *Agricultural Technology Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 29-37, 2023