

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA



PROYECTO FINAL DE GRADO
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO
AUTOMATIZADO CONTROLADO REMOTAMENTE DESDE
LA VÍA WEB DE LA HUERTA DEL COLEGIO NACIONAL
DOÑA LIDIA ALVARENGA, ITACURUBÍ, CORDILLERA

Pascual Antonio Pereira Santacruz

Tutor: Prof. Ing. Victor Leonardo Leguizamón Centurión

Co-Tutor: Prof. Ing. Ronaldo Miguel Almirón Cáceres

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE DE 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
Sede Coronel Oviedo
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



**Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)**

Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
 Sede Coronel Oviedo
 Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
 Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DERECHO DE AUTOR

Quien suscribe **Pascual Antonio Pereira Santacruz**, autor del trabajo de investigación titulado **“Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera”**, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los, del mes de del 2025

.....

Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
 Sede Coronel Oviedo
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
 Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electrónico, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA: _____

 Prof. Ing.

 Prof. Ing.

 Prof. Ing.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
Sede Coronel Oviedo
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su esfuerzo, sacrificio y amor incondicional me enseñaron el valor de la perseverancia y la humildad. Gracias por apoyarme en cada decisión, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por ser mi inspiración constante para seguir adelante.

A mis hermanas, por su cariño, comprensión y por acompañarme siempre en cada paso de este camino.

A mis tías Mami y Dioni, por sus constante preocupación, por estar siempre pendientes de mis estudios y por sus afectos sinceros.

A mis abuelos Basilio, Antonio y Celina, que aunque ya no están conmigo, se que me han acompañado e iluminado desde el cielo en cada paso de este camino

Y a mis amigos, quienes hicieron única e inolvidable mi experiencia universitaria, compartiendo conmigo momentos de esfuerzo, alegría y aprendizaje.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
Sede Coronel Oviedo
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en cada paso de este camino, por darme la fortaleza necesaria para superar los desafíos y por iluminarme con sabiduría y paciencia durante todo este proceso.

A mis padres, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional, pilares fundamentales que me motivaron a alcanzar cada meta y a no rendirme ante las dificultades.

A mi tutor, Ing. Victor Leguizamón, y a mi cotutor, Ing. Ronaldo Almirón, por su valiosa orientación, dedicación y acompañamiento constante hasta la culminación de este proyecto.

Al Ing. Carlos Frutos y a la empresa Vilux S.A., por los conocimientos, la experiencia y las oportunidades brindadas durante el desarrollo de mi pasantía.

Al Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga y a su directora, la Magíster Zully Aguilera, por abrirme las puertas de su institución y permitir la realización de este proyecto.

Y a todos los docentes de la Facultad de Ciencias y Tecnología, por la enseñanza, la paciencia y el compromiso con nuestra formación profesional a lo largo de estos años.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad implementar un sistema de riego automatizado en la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, ubicado en la ciudad de Itacurubí, departamento de Cordillera. El sistema fue diseñado para controlar de forma remota, a través de una interfaz web, el suministro de agua destinado al cultivo de tomate, locote y lechuga. Para su desarrollo se emplearon sensores de humedad de suelo, sensores de temperatura y humedad ambiental, junto con un microcontrolador ESP32 que actúa como el núcleo del sistema. Estos dispositivos permiten medir las condiciones del terreno y activar el riego de manera automática cuando es necesario, optimizando el uso del agua y reduciendo la intervención manual. Los resultados obtenidos demuestran que el sistema cumple con los objetivos propuestos, ya que garantiza un riego eficiente, ahorra tiempo a los encargados de la huerta y contribuye al aprovechamiento responsable del recurso hídrico. Asimismo, el control remoto mediante la web facilita el monitoreo constante de las condiciones del cultivo, permitiendo ajustar los parámetros según las necesidades de cada planta. Este proyecto representa una contribución significativa en el ámbito de la automatización agrícola y la sostenibilidad ambiental, promoviendo el uso racional del agua mediante tecnologías accesibles y de bajo costo.

Palabras clave: Automatización y Control; Internet de las Cosas (IoT); Agricultura Inteligente; ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento; ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura; ODS 12: Producción y Consumo Responsables.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ABSTRACT

This project aims to implement an automated irrigation system in the garden of the *Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga*, located in the city of Itacurubí, Cordillera Department. The system was designed to remotely control, through a web interface, the water supply used for the cultivation of tomatoes, bell peppers, and lettuce. For its development, soil moisture sensors, temperature and humidity sensors, and an ESP32 microcontroller were employed, which acts as the brain of the system. These devices allow monitoring the soil conditions and automatically activating irrigation when necessary, thus optimizing water use and reducing manual intervention. The results demonstrate that the system meets the proposed objectives, ensuring efficient irrigation, saving time for those responsible for the garden, and promoting the responsible use of water resources. Additionally, the web-based remote control enables continuous monitoring of crop conditions, allowing the adjustment of parameters according to each plant's specific needs. The project represents a contribution to sustainable agricultural practices and promotes the adoption of IoT-based technologies for smart irrigation management in educational environments.

Keywords: Automation and Control; Internet of Things (IoT); Smart Agriculture; SDG 6: Clean Water and Sanitation; SDG 9: Industry, Innovation and Infrastructure; SDG 12: Responsible Consumption and Production.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1- OBJETIVOS	2
1.1.1- Objetivos Generales	2
CAPÍTULO II	3
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Importancia de los sistemas de riegos en huertas.	3
2.2 Sistema de riego por goteo	3
Elementos de un sistema de riego por goteo	4
2.3 Plantaciones de locote, tomate y lechuga en tablonos y la importancia del sistema de riego	5
2.4 Uso del IoT en los sistemas de riego	6
2.5 Modulo Wi-fi Esp32	6
2.6 Internet de las Cosas (IoT)	8
1.6-1Aplicaciones del IoT en Sistemas de riego.	8
CAPÍTULO III	10
3. METODOLOGÍA	10
3.1 Descripción del trabajo	10
3.1-1 Investigación de campo	10
3.1-2 Investigación aplicada	10
3.1-3 Investigación mixta	10
3.2 Relevamiento de datos	11
3.2-1 Entrevista	11
3.2-2 Observacion directa	11
3.3 Selección del sistema de control y los dispositivos electrónicos.	14
3.3-1Unidad de control	14
3.3-2 Sensores de monitoreo	15
3.3-3 Actuadores y red de riego	23
3.3-4 Plataforma IoT e interfaz de usuario	24



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAAGUAZÚ
Sede Coronel Oviedo
Creada por Ley N° 3198 del 4 de mayo de 2007.
FACULTAD DE CIENCIAS y TECNOLOGÍAS – F.C. y T.
Coronel Oviedo – Paraguay



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

3.3-5 Herramientas de software	24
3.4 Eleccion del software de control	24
3.5 Diseño del esquema eléctrico	26
3.6 Validacion del Sistema (Pruebas y simulaciones)	28
3.7 Presupuesto	30
CAPÍTULO IV	32
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
CAPÍTULO V	33
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
6. BIBLIOGRAFIA.....	35
7. ANEXOS	37



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Ubicación del Colegio Nacional Lidia Alvarenga	37
Ilustración 2 Vista general de la huerta previo a la implementacion	38
Ilustración 3 Caudalimetro YF-S201	39
Ilustración 4 Electroválvula instalada	40
Ilustración 5 Modulo relé para control de electroválvulas	41
Ilustración 6 Instalación de cañerías	42
Ilustración 7 Instalación de electroválvulas	43
Ilustración 8 Colocación de cinta de goteo para riego	44
Ilustración 9 Distribución de la cinta de goteo	45
Ilustración 10 Riego por goteo	46
Ilustración 11 Riego de lechuga y tomate	47
Ilustración 12 Ubicacion de los sensores de humedad y temperatura en el tablón	48
Ilustración 13 Sistema de riego activado	49
Ilustración 14 Conexión de circuito con sensores y actuadores	50
Ilustración 15 Tablón de plantación de locotes	51
Ilustración 16 Caja contenedora del circuito	52
Ilustración 17 Vista general de la Plataforma ThingSpeak	53
Ilustración 18 Medicon de las humedades de los tablonés	54
Ilustración 19 Medición de la temperatura del suelo y ambiente	55



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa del modulo Esp 32 con otros modulos	18
Tabla 2 Caracteristicas del sensor de humedad FC-28	19
Tabla 3 Caracteristicas del sensor de temperatura DS18B20	21
Tabla 4 Caracteristicas del sensor ambiental DHT 11	23
Tabla 5 Caracteristicas del sensor de caudal YF-S201	25
Tabla 6 Ventajas y desventajas de la Plataforma ThingSpeak respecto a otros	30
Tabla 7 Componentes electrónicos y de control	36
Tabla 8 Materiales eléctricos e hidráulicos	36

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la automatización de procesos agrícolas se ha convertido en una herramienta fundamental para mejorar la productividad y optimizar los recursos [1]. En el caso de las huertas educativas, como la del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, la aplicación de la tecnología representa una oportunidad para fomentar el aprendizaje práctico y el cuidado responsable del medio ambiente.

Este proyecto busca aplicar los conocimientos de electrónica, control y programación en el diseño de un sistema de riego automatizado que permita mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento de cultivos hortícolas como tomate, locote y lechuga. A través del uso de sensores, actuadores y una interfaz web, se logró crear un sistema capaz de monitorear las variables del entorno y realizar el riego de manera automática y eficiente.

Además de su función técnica, el proyecto tiene un enfoque educativo y sustentable, ya que promueve el uso racional del agua y demuestra cómo la ingeniería puede contribuir directamente a mejorar la producción agrícola a pequeña escala. De esta manera, la automatización se convierte en una herramienta accesible y práctica, aplicable no solo en la institución educativa, sino también en otras huertas o sistemas de cultivo similares [2].

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

1.1- OBJETIVOS

1.1.1- Objetivos Generales

Implementar un sistema de riego automatizado, controlado remotamente desde la web, en la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, departamento de Cordillera.

1.1.2-Objetivos Específicos

- Determinar la necesidad hídrica de las plantas hortícolas.
- Identificar las variables que serán controladas en el sistema de riego a ser diseñado.
- Definir los tipos de sensores y actuadores para el sistema de control a implementar.
- Seleccionar, programar y configurar el controlador que mejor se adapte al proyecto.
- Seleccionar el tipo de riego que mejor se adapte al sistema.
- Diseñar una interfaz hombre-máquina (HMI) para los usuarios del sistema.
- Realizar simulaciones para probar el sistema de riego diseñado, haciendo los ajustes requeridos.
- Elaborar el presupuesto del sistema diseñado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia de los sistemas de riegos en huertas.

Los sistemas de riego desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento y productividad de las huertas, ya que permiten una distribución controlada y eficiente del agua. A diferencia del riego manual, estos sistemas aseguran que las plantas reciban la cantidad necesaria de humedad en el momento adecuado, lo cual es clave para su desarrollo saludable. Además, optimizan el uso del recurso hídrico, reduciendo desperdicios y favoreciendo prácticas sostenibles [1]. En zonas con escasa o irregular disponibilidad de agua, contar con un sistema de riego adecuado puede marcar la diferencia entre una producción constante y el deterioro de los cultivos. También contribuyen a ahorrar tiempo y esfuerzo en el manejo diario de la huerta, permitiendo al productor enfocarse en otras tareas esenciales [3].

2.2 Sistema de riego por goteo

El riego por goteo es una de las técnicas más eficientes y sostenibles para el manejo del agua en huertas y cultivos en general. Su funcionamiento se basa en la aplicación lenta y localizada del agua directamente en la zona radicular de las plantas, a través de pequeños emisores o goteros distribuidos a lo largo de una red de tuberías. Esta forma de irrigación permite suministrar la cantidad justa de agua que cada planta necesita, reduciendo considerablemente las pérdidas por evaporación o escurrimiento [4].

Una de las principales ventajas del sistema de riego por goteo es su capacidad para optimizar el uso del agua, lo cual es especialmente valioso en regiones con acceso limitado a este recurso. Además, al mantener el follaje seco, se minimiza la aparición de enfermedades fúngicas y se mejora la sanidad de los cultivos [5].

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Desde el punto de vista operativo, aunque la instalación inicial puede requerir una inversión mayor en comparación con otros métodos, como el riego por aspersión o por surcos, el ahorro en agua, fertilizantes y mano de obra a largo plazo compensa ampliamente ese costo [6]. Además, el sistema puede automatizarse fácilmente, facilitando su uso tanto en explotaciones agrícolas de gran escala como en pequeñas huertas familiares.

Un sistema de riego por goteo está compuesto por varios elementos que trabajan de manera conjunta para transportar el agua desde la fuente hasta cada planta, de forma controlada y eficiente [1]. A continuación, se describen los componentes principales:

- Fuente de agua: Es el punto de origen del riego, que puede ser un tanque elevado, un reservorio, un pozo o una red pública de abastecimiento. La presión y calidad del agua en esta etapa son fundamentales para el buen funcionamiento del sistema.
- Filtro: Se encarga de eliminar partículas sólidas o sedimentos presentes en el agua. Su función es proteger los goteros y tuberías, evitando obstrucciones que podrían afectar la uniformidad del riego.
- Regulador de presión: Controla la presión del agua que circula por el sistema, manteniéndola dentro de un rango adecuado para que los goteros funcionen correctamente. Esto es especialmente importante si se trabaja con una fuente que tiene presión variable.
- Válvulas: Permiten abrir o cerrar el paso del agua en distintas secciones del sistema. Pueden ser manuales o automáticas, y facilitan el mantenimiento y la sectorización del riego.
- Tubería principal: Es la línea que distribuye el agua desde la fuente hacia las distintas áreas de cultivo. Generalmente es de mayor diámetro que las tuberías secundarias.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- Tuberías secundarias o laterales: Son las líneas que derivan del tubo principal y se extienden entre los surcos o hileras de plantas. En ellas se conectan los goteros o emisores.
- Goteros o emisores: Son los dispositivos que liberan el agua gota a gota directamente en la base de cada planta. Existen diferentes tipos según el caudal deseado y la presión del sistema.
- Accesorios de conexión: Incluyen codos, tees, tapones, uniones y adaptadores, que permiten ensamblar y dar forma a toda la red de tuberías de manera funcional y ordenada.
- Sistema de control (opcional): En instalaciones más avanzadas se utilizan temporizadores o controladores automáticos que programan los tiempos y la duración del riego sin intervención manual.

2.3 Plantaciones de locote, tomate y lechuga en tablonos y la importancia del sistema de riego

El cultivo de locote, tomate y lechuga en huertas es una práctica común y de gran valor económico y alimenticio, tanto a nivel familiar como comercial. Para organizar estos cultivos de manera eficiente, es frecuente utilizar tablonos, que son franjas de terreno ligeramente elevadas y delimitadas, diseñadas para facilitar la siembra, el manejo del suelo y el control del riego [7].

El uso de tablonos permite un mejor drenaje, evita encharcamientos alrededor de las raíces y facilita el acceso para labores de mantenimiento, como la poda, fertilización y cosecha [8]. Además, al mantener un espacio definido para cada hilera de plantas, se optimiza el aprovechamiento del terreno y se mejora la distribución del agua.

En este tipo de cultivo, el sistema de riego juega un papel fundamental. Tanto el tomate como el locote son plantas que requieren un suministro constante y equilibrado de agua para desarrollarse de forma saludable.

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

El riego por goteo es especialmente útil en estos casos, ya que permite aplicar el agua de manera directa en la base de cada planta, reduciendo el desperdicio y evitando la proliferación de enfermedades asociadas al exceso de humedad en las hojas. Además, este sistema facilita la aplicación de fertilizantes disueltos en el agua (fertirrigación), mejorando la absorción de nutrientes y reduciendo el uso de productos químicos [9].

2.4 Uso del IoT en los sistemas de riego

La agricultura moderna enfrenta múltiples desafíos relacionados con el uso eficiente del agua, la variabilidad climática y la necesidad de producir más con menos recursos. En este contexto, el Internet de las Cosas (IoT) se ha convertido en una herramienta clave para transformar la forma en que se gestiona el riego en campos, huertas y sistemas de producción agrícola de diversa escala [6].

El IoT aplicado al riego consiste en la interconexión de dispositivos inteligentes como sensores, controladores, válvulas y plataformas de datos que permiten automatizar, monitorear y optimizar el uso del agua de forma precisa y remota. Gracias a esta tecnología, es posible tomar decisiones en tiempo real basadas en información confiable del entorno, lo que mejora la eficiencia del sistema y reduce significativamente el desperdicio de recursos [4].

2.5 Modulo Wi-fi Esp32

El ESP32 es un microcontrolador altamente integrado, desarrollado por la empresa Espressif Systems, que se ha convertido en una de las plataformas más populares para proyectos de electrónica, domótica e Internet de las Cosas (IoT). Se destaca por ofrecer potencia de procesamiento, múltiples interfaces de comunicación y conectividad inalámbrica Wi-Fi y Bluetooth, todo en un solo chip de bajo costo y bajo consumo energético [6].

Características principales del ESP32

1. Procesador dual-core

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- o Incluye un procesador dual-core Xtensa® 32-bit LX6, que puede operar hasta a 240 MHz, lo que lo hace ideal para tareas que requieren capacidad de cómputo media-alta.

2. Memoria

- o Generalmente cuenta con 520 KB de SRAM interna y soporte para memoria flash externa, dependiendo del modelo de placa (ESP32-WROOM-32, por ejemplo).

3. Conectividad integrada

- o Wi-Fi 802.11 b/g/n: permite conectarse a redes inalámbricas, actuar como cliente o como punto de acceso.
- o Bluetooth 4.2 BR/EDR y BLE (Bluetooth Low Energy): ideal para conectar dispositivos de corto alcance con bajo consumo.

4. Entradas/Salidas (I/O)

- o Dispone de hasta 34 pines GPIO, muchos de ellos configurables para múltiples funciones.
- o Admite PWM, ADC (12 bits), DAC (8 bits), SPI, I2C, UART, CAN, entre otros protocolos.
- o Soporta interrupciones externas, entradas táctiles capacitivas, sensores Hall y más.

5. Bajo consumo energético

6. Compatibilidad con entornos de desarrollo

- o Puede programarse en múltiples entornos: Arduino IDE (muy popular y accesible), MicroPython, Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF), PlatformIO

7. Seguridad

2.6 Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas, conocido como IoT por sus siglas en inglés, hace referencia a la conexión de objetos físicos a internet para que puedan enviar, recibir y procesar datos sin intervención humana directa [4].

Estos objetos, que van desde sensores simples hasta dispositivos inteligentes más complejos, tienen la capacidad de comunicarse entre sí y con sistemas centralizados. En el ámbito de la automatización, el IoT permite monitorear procesos en tiempo real, tomar decisiones basadas en datos y optimizar el uso de recursos [10].

Su aplicación se ha expandido rápidamente en sectores como la salud, la agricultura, la industria y los servicios públicos, ofreciendo soluciones más ágiles, eficientes y adaptables a las necesidades actuales [11].

1.6-1 Aplicaciones del IoT en Sistemas de riego.

La aplicación del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) en la agricultura moderna ha permitido un salto cualitativo en la forma de gestionar los recursos hídricos. El IoT se refiere a la interconexión de dispositivos físicos mediante Internet, permitiendo que los sensores, actuadores y plataformas de gestión intercambien datos en tiempo real.

En el ámbito agrícola, la integración de IoT en sistemas de riego tiene múltiples aplicaciones:

- Monitoreo en tiempo real
- Automatización de riego

Ejemplo: las electroválvulas se abren únicamente cuando la humedad desciende por debajo del umbral establecido [9].

- Ahorro y eficiencia hídrica

Ejemplo: al cuantificar el caudal de agua con sensores como el YF-S201, es posible ajustar la duración del riego para evitar excesos.

- Alertas y notificaciones

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Los sistemas IoT pueden configurarse para enviar mensajes al productor en caso de situaciones anómalas:

- Falta de agua en el tanque.
- Fallo de una electroválvula.
- Niveles extremos de temperatura o humedad.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción del trabajo

Este proyecto está basado en una investigación aplicada y mixta, con el objetivo del diseño e implementación de un sistema de riego automatizado, controlado remotamente desde la web, para la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga.

3.1-1 Investigación de campo

Se adoptó este enfoque para recolectar datos e información directamente en el Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Departamento de Cordillera. A través de la observación directa y entrevistas con el Ingeniero Agrónomo encargado de la Huerta, se obtuvo una comprensión detallada del funcionamiento actual y de las deficiencias del sistema. Esta información proporcionó una base sólida para la propuesta de automatización.

3.1-2 Investigación aplicada

El proyecto presenta un enfoque eminentemente práctico, orientado en el desarrollo de una solución tecnológica que mejore la eficiencia del riego en la huerta escolar. Se aplicaron conocimientos de automatización, control, electrónica y programación para el diseño e implementación del sistema.

Se buscó resolver una necesidad real del colegio, optimizando el uso del agua y facilitando el cuidado de los cultivos.

3.1-3 Investigación mixta

Se combinaron métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión completa del proyecto.

Enfoque Cualitativo:

- Se realizaron entrevistas y observaciones con los responsables de la huerta, estudiantes y personal del colegio para comprender sus necesidades, expectativas y experiencias relacionadas con el riego.

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- Se analizaron el contexto de la huerta, incluyendo el tipo de cultivos, las condiciones climáticas y los recursos disponibles.

Enfoque Cuantitativo:

- Se recopilaron datos técnicos sobre las necesidades hídricas de los cultivos, las características del suelo, la disponibilidad de agua y las variables ambientales (temperatura, humedad, etc.).
- Se realizaron mediciones con sensores para obtener datos precisos sobre la humedad del suelo, la temperatura y otros parámetros relevantes.
- Se realizaron pruebas y simulaciones del sistema para obtener datos cuantificables del funcionamiento del sistema.

3.2 Relevamiento de datos

3.2-1 Entrevista

Se llevó a cabo una entrevista con la Ingeniera Agrónoma responsable de la huerta del Colegio Nacional Lidia Alvarenga, con el objetivo de recopilar información sobre la situación actual del sistema de riego. Durante esta reunión, se discutieron los métodos utilizados para el suministro de agua, los horarios en que se realizan los riegos, así como las limitaciones del procedimiento actual, que depende exclusivamente de la intervención manual de los alumnos.

3.2-2 Observación directa

Se realizó una observación directa del sistema de riego en la huerta (Ilustración 2), donde se evidenció que el riego se lleva a cabo de manera manual mediante mangueras con picos, activadas sin ningún sistema de automatización. Asimismo, se verificó la ausencia de dispositivos de medición o control de humedad del suelo, lo que dificulta establecer con precisión la necesidad real de agua de los cultivos. Esta información resulta clave para identificar las variables críticas como humedad, temperatura y caudal—que deben ser monitoreadas y reguladas para el diseño de un sistema automatizado eficiente..

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

3.2-2.1 Descripción Operativa del sistema de suministro de agua en el Colegio.

El sistema actual de riego de la huerta del Colegio Nacional Lidia Alvarenga funciona de manera manual, siendo los alumnos los encargados de abrir y cerrar el paso de agua hacia las mangueras. No existe un sistema de control automático que regule el suministro de acuerdo con la humedad del suelo o las condiciones ambientales..

3.2-2.2 Captación y Almacenamiento Inicial

El agua destinada a la huerta proviene de un tanque de almacenamiento (Ilustración 23), desde el cual se distribuye hacia las mangueras. Actualmente, el llenado del tanque y la apertura de las válvulas son realizados de manera manual, lo que genera una fuerte dependencia de la disponibilidad de los alumnos o de personal encargado.

3.2-3.3 Distribución de agua

El agua almacenada se distribuye a los cultivos a través de tuberías y mangueras. El proceso no cuenta con electroválvulas ni sensores de control, por lo que la duración del riego se define únicamente por criterio humano. Esta práctica puede ocasionar un exceso de riego o, en ocasiones, una falta de agua en los cultivos, afectando la eficiencia del sistema y el desarrollo de las plantas..

3.2-3.4 Limitaciones y Riesgos

El sistema actual presenta diversas limitaciones:

- **Dependencia del riego manual** por parte de los alumnos, lo que genera irregularidad en los horarios y cantidades de agua aplicadas.
- **Ausencia de sensores** de humedad y caudal, que impide conocer el estado real del suelo y el consumo de agua.
- **Riesgo de desperdicio de agua**, debido a la falta de control automático en el tiempo y cantidad de riego.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- **Falta de notificaciones o alertas**, lo que impide una supervisión adecuada cuando se presentan fallas o cuando el tanque se encuentra en niveles bajos.

3.2-3.5 Análisis y recomendaciones basada en la entrevista

De acuerdo con la información obtenida en la entrevista y la observación directa, se determinó que la implementación de un sistema de riego automatizado con IoT es la solución más adecuada para optimizar el uso del agua en la huerta.

Las principales recomendaciones son:

- Incorporación de electroválvulas controladas por un módulo ESP32, que permitan activar y desactivar el flujo de agua de manera automática.
- Implementación de sensores de humedad FC-28 en el suelo para monitorear en tiempo real el nivel de humedad y activar el riego únicamente cuando sea necesario.
- Uso de sensores DS18B20 para medir la temperatura del suelo y DHT11 para obtener la temperatura y humedad ambiental, lo que permitirá ajustar el riego en función de las condiciones climáticas.
- Integración de un caudalímetro YF-S201 para medir la cantidad de agua utilizada, evitando desperdicios y mejorando la eficiencia del sistema.
- Colocación de un sensor de nivel tipo final de carrera en el tanque, que indique el nivel bajo de agua y evite la activación de las bombas o válvulas cuando no exista suficiente suministro.
- Conexión a la plataforma ThingSpeak, donde se podrá visualizar el estado del sistema en tiempo real y generar históricos de datos para análisis.
- Implementación de un bot en Telegram que envíe notificaciones automáticas al responsable cuando el riego inicie o finalice, así como alertas en caso de alcanzar los umbrales definidos de humedad o niveles bajos de agua.

Este conjunto de soluciones permitirá superar las dificultades del sistema manual actual, asegurando un riego más eficiente, preciso y sostenible para los

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

cultivos de tomate, locote, lechuga y piña en la huerta del Colegio Nacional Lidia Alvarenga.

3.3 Selección del sistema de control y los dispositivos electrónicos.

Para la implementación del sistema de riego automático en la huerta institucional se seleccionaron materiales en función de su disponibilidad en el mercado local, costo accesible, bajo consumo energético y confiabilidad operativa.

3.3-1 Unidad de control

ESP32: Se optó por este microcontrolador debido a su capacidad de procesamiento de doble núcleo, conectividad WiFi integrada y posibilidad de trabajar con múltiples periféricos. A diferencia de otros controladores como el Arduino Uno, el ESP32 permite transmitir datos a plataformas en la nube en tiempo real, lo cual resulta esencial para el monitoreo remoto mediante ThingSpeak [11].

Tabla 1 Comparativa del modulo Esp 32 con otros modulos

Característica	ESP32	ESP8266 (NodeMCU)	Arduino Uno	Raspberry Pi Pico W
Procesador	Dual-core Xtensa LX6 (240 MHz)	Single-core Xtensa LX106 (80/160 MHz)	ATmega328P (16 MHz)	ARM Cortex-M0+ (133 MHz)

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Memoria RAM	520 KB SRAM	160 KB SRAM	2 KB SRAM	264 KB SRAM
Almacenamiento Flash	4 MB – 16 MB	4 MB (típico)	32 KB	2 MB Flash
Conectividad wifi	WiFi 802.11 b/g/n (2.4 GHz)	WiFi 802.11 b/g/n (2.4 GHz)	No posee	WiFi 802.11 b/g/n (2.4 GHz)
Consumo energético	Bajo consumo, modos deep sleep ($\approx 10 \mu A$)	Bajo consumo, pero menos optimizado que ESP32	Consumo medio-alto (Arduino módulo externo) +	Muy bajo consumo (optimizado para IoT)

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Facilidad de programación	IDE Arduino, MicroPython, Espressif IDF	IDE Arduino, Lua, MicroPython	IDE Arduino (requiere librerías extra para WiFi)	MicroPython, C/C++ (SDK oficial)
Costo aproximado	6 – 10 USD	4 – 7 USD	25 – 35 USD (Arduino + Shield)	6 – 8 USD

3.3-2 Sensores de monitoreo

4.3-2.5. **Sensores de humedad FC-28:** empleados para medir el contenido de agua en el suelo. Se colocaron en sectores representativos de la huerta para evaluar la humedad en diferentes tipos de cultivo. Estos sensores funcionan por conductividad eléctrica y permiten establecer un umbral de riego [12].

Tabla 2 Características del sensor de humedad FC-28

Característica	FC-28 (resistivo)	Sensor capacitivo (genérico)	Sensor TDR/FDR (avanzado)
-----------------------	--------------------------	-------------------------------------	----------------------------------

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Principio de medición	Resistencia entre dos electrodos	Capacitancia según dieléctrico del suelo	Tiempo de propagación de señales o reflexión electromagnética
Precisión	Baja-moderada, sensible a tipo de suelo; requiere calibración individual	Alta, menos afectada por salinidad o composición del suelo	Muy alta, ideal para investigación de precisión
Durabilidad	Media; electrodos se corroen con el tiempo	Alta; revestidos en plástico, rango de vida mayor	Muy alta; sin partes expuestas ni corrosivas
Costo	Muy económico	Moderado	Alto; tecnología especializada
Facilidad de uso	Muy fácil: salida analógica/digital, calibración básica	Fácil, pero puede requerir calibración específica del suelo	Requiere configuración técnica avanzada
Consumo energético	Bajo ($\approx 15-35$ mA)	Bajo, similar al resistivo	Variable, puede ser mayor debido a procesamiento
Necesidad de calibración	Alta; cambia con tipo de suelo	Baja; más estable en distintas condiciones del suelo	Baixa, pero implementación más compleja

Justificación de la elección del sensor FC-28

- **Económico y accesible:** El FC-28 es muy barato y fácil de conseguir localmente, lo cual facilita el montaje y reemplazo sin afectar significativamente el presupuesto.
- **Sencillez técnica:** Su salida analógica y digital es fácil de integrar al ESP32, con calibración simple mediante un potenciómetro, ideal para proyectos escolares o de tesis.
- **Compatibilidad directa** con el hardware utilizado: Funciona tanto a 3.3 V como 5 V, y se comunica de forma directa con el microcontrolador sin componentes adicionales.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- **Adecuado para prototipos y pruebas prácticas:** Aunque requiere calibración según el tipo de suelo, esto se puede corregir fácilmente durante las pruebas en el Colegio Nacional Lidia Alvarenga.
- **Tiempo de respuesta rápido** (< 1 s) y consumo bajo, permite muestreo frecuente sin mayor consumo.

4.3-2.5. **Sensor de temperatura de suelo DS18B20:** encapsulado en acero inoxidable y resistente al agua. Su precisión permite conocer la temperatura de la zona radicular, lo que es relevante para cultivos como el tomate y la piña, que presentan sensibilidad a variaciones extremas [3].

Tabla 3 Características del sensor de temperatura DS18B20

Característica	DS18B20 (digital)	DHT11/DHT22 (digital combinado)	LM35 (analógico)
Principio de medición	Termómetro digital con protocolo 1-Wire	Termómetro digital + sensor de humedad capacitivo (DHT22 más preciso que DHT11)	Sensor analógico basado en variación de voltaje lineal
Precisión	±0.5 °C en rango -10 a +85 °C, hasta 12 bits de resolución	DHT11: ±2 °C, resolución baja DHT22: ±0.5 °C, resolución media	±0.5 °C en rango 0–100 °C, pero sin resolución digital
Rango de operación	-55 °C a +125 °C ([datasheet Maxim Integrated])	DHT11: 0–50 °C DHT22: -40 °C a +80 °C	-55 °C a +150 °C
Durabilidad	Alta, encapsulado en acero inoxidable sumergible disponible	Moderada, sensibles a humedad excesiva	Alta, pero requiere protección contra agua y corrosión

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Costo	Moderado (un poco más caro que LM35 o DHT11)	Muy económico (DHT11), intermedio (DHT22)	Muy económico
Facilidad de uso	Interfaz digital 1-Wire: múltiples sensores en una sola línea de datos	Interfaz digital propia, requiere librerías específicas	Salida analógica lineal, fácil de leer pero menos robusta
Consumo energético	Muy bajo (1 mA en funcionamiento, <1 μ A en standby)	Bajo (\approx 2.5 mA)	Bajo (\approx 60 μ A típico, 1 mA máx.)
Resolución de lectura	9–12 bits (configurable, hasta 0.0625 °C por paso)	DHT11: resolución de 1 °C DHT22: 0.1 °C	Depende de ADC del microcontrolador
Aplicaciones típicas	Sistemas de monitoreo en suelos, refrigeración, IoT, laboratorios	Estaciones meteorológicas simples, monitoreo ambiental	Electrónica básica, proyectos educativos

Justificación de la elección del sensor DS18B20

- **Alta precisión y resolución configurable:** El DS18B20 permite lecturas con resolución de hasta 0.0625 °C, lo cual lo hace ideal para detectar pequeños cambios de temperatura en el suelo de la huerta. Esto es fundamental para cultivos sensibles como tomates, locotes y lechugas, que requieren control preciso de temperatura en sus raíces.
- **Rango de operación amplio:** A diferencia del DHT11 o el DHT22, que están pensados más para el aire ambiente, el DS18B20 puede medir en un rango muy amplio (–55 °C a +125 °C), lo que garantiza estabilidad incluso en condiciones extremas.
- **Durabilidad en campo agrícola:** El encapsulado en acero inoxidable impermeable permite colocar el sensor directamente en la tierra, soportando humedad, riego y contacto con fertilizantes, sin riesgo de daño inmediato, lo cual lo diferencia del LM35 y los DHT, que son más frágiles.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- **Interfaz digital robusta (1-Wire):** Con un solo pin de datos se pueden conectar varios sensores DS18B20 al ESP32, reduciendo cableado y facilitando la expansión del sistema para medir en distintos puntos de la huerta del colegio.
- **Compatibilidad directa con el ESP32 y IoT:** El sensor se integra fácilmente con el ESP32 y plataformas como ThingSpeak, permitiendo que los datos se envíen en tiempo real a la nube y se sincronicen con el bot de Telegram, aportando alertas precisas sobre el estado térmico del suelo.
- **Relación costo–beneficio:** Aunque es más caro que el LM35 o el DHT11, su durabilidad, precisión y versatilidad justifican plenamente su elección en un sistema que busca minimizar el mantenimiento y los errores de medición.

4.3-2.5. **Sensor ambiental DHT11:** utilizado para registrar la humedad relativa y la temperatura ambiente. Estos parámetros permiten relacionar el microclima de la huerta con el comportamiento del suelo y el consumo de agua [4].

Tabla 4 Características del sensor ambiental DHT 11

Característica	DHT11	DHT22 (AM2302)	BME280 (Bosch)
Variables medidas	Temperatura (0–50 °C) Humedad (20–90 %)	Temperatura (–40 a +80 °C) Humedad (0–100 %)	Temperatura (–40 a +85 °C) Humedad (0–100 %) Presión atmosférica
Precisión temperatura	±2 °C	±0.5 °C	±0.5 °C
Precisión humedad	±5 % RH	±2–3 % RH	±3 % RH
Resolución de lectura	Temperatura: 1 °C Humedad: 1 %	Temperatura: 0.1 °C Humedad: 0.1 %	Alta: hasta 0.01 °C y 0.008 % RH
Tiempo de muestreo	1 Hz (1 lectura/segundo)	0.5 Hz (1 lectura cada 2 segundos)	Hasta 10 Hz
Durabilidad	Moderada, sensible a la exposición	Mejor que el DHT11, pero aún sensible en	Muy alta, diseñado para aplicaciones

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

	prolongada a la humedad	ambientes extremos	industriales y ambientales
Consumo energético	Muy bajo (<2.5 mA en funcionamiento)	Bajo (<2.5 mA en funcionamiento)	Bajo, pero mayor que DHT11/DHT22 (~3.6 mA típico)
Interfaz de comunicación	Digital, protocolo propio (1 pin de datos)	Digital, protocolo propio (1 pin de datos)	Digital: I2C o SPI
Costo	Muy económico	Intermedio	Más elevado
Aplicaciones típicas	Proyectos educativos, prototipos, IoT básicos	Estaciones meteorológicas, control ambiental más preciso	Agricultura de precisión, estaciones climáticas completas

Justificación de la elección del DHT11

- **Simplicidad y economía:** El DHT11 es un sensor muy económico y fácil de usar, ideal para proyectos académicos como el sistema de riego automático en el Colegio Nacional Lidia Alvarenga, donde se busca un balance entre bajo costo y funcionalidad.
- **Medición combinada de temperatura y humedad ambiente:** A diferencia del DS18B20, que solo mide temperatura, el DHT11 permite conocer simultáneamente la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente, lo que aporta información complementaria al control de humedad del suelo (medida con el FC-28).
- **Suficiente precisión para la aplicación:** Aunque no es tan preciso como el DHT22 o el BME280, el nivel de exactitud del DHT11 es suficiente para cultivos de huerta escolar (tomates, lechugas, locotes y piñas), donde la variación de ± 2 °C y ± 5 % RH no representa un riesgo significativo para la productividad.
- **Bajo consumo energético:** El sensor puede funcionar de manera continua con un consumo inferior a 2.5 mA, lo que lo hace apropiado para proyectos que podrían en el futuro alimentarse con baterías o paneles solares.
- **Facilidad de integración con el ESP32:** El DHT11 utiliza un único pin de datos, simplificando el cableado y facilitando la integración con el módulo

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

ESP32, la plataforma ThingSpeak y el bot de Telegram, permitiendo así monitorear el microclima de la huerta en tiempo real.

4.3-2.5. **Sensor de caudal YF-S201:** incorporado para calcular el volumen de agua suministrado a las plantas durante cada ciclo de riego. Esta información es útil para evaluar la eficiencia hídrica del sistema [13].

Tabla 5 Características del sensor de caudal YF-S201

Característica	YF-S201 (sensor de efecto Hall)	YF-S401 (versión de mayor capacidad)	FS300A / G3/4 (sensor industrial más robusto)
Principio de medición	Sensor de efecto Hall con hélice plástica	Igual, pero diseñado para mayor flujo	Sensor de efecto Hall con mayor robustez y cuerpo metálico
Rango de caudal	1 – 30 L/min	1 – 60 L/min	1 – 100 L/min
Precisión	±10 %	±5–8 %	±3–5 %
Presión máxima soportada	1.75 MPa	2.0 Mpa	Hasta 2.0 MPa
Material del cuerpo	Plástico (nylon reforzado, grado alimenticio)	Plástico reforzado	Metal o plástico reforzado
Salida de señal	Digital (pulsos de frecuencia proporcional al caudal)	Digital (pulsos de frecuencia proporcional al caudal)	Digital (pulsos de frecuencia proporcional al caudal)
Voltaje de operación	5 – 18 V (ideal 5 V con microcontroladores)	5 – 18 V	5 – 24 V

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Costo	Muy económico	Medio	Más elevado
Durabilidad	Moderada, adecuado para proyectos académicos y prototipos	Alta, para sistemas de mayor escala	Muy alta, para uso industrial continuo
Aplicaciones típicas	Riego automático, dispensadores de agua, IoT educativos	Sistemas de riego de mayor caudal, control de agua potable	Agricultura de precisión e industrias de proceso

Justificación de la elección del YF-S201

- **Adecuado al rango de caudal en la huerta escolar:** El caudalímetro YF-S201 tiene un rango de 1 a 30 L/min, perfectamente alineado con las necesidades de un sistema de riego con cintas de goteo en cultivos como tomates, lechugas, locotes y piñas. No es necesario un sensor de mayor capacidad, lo que evita costos adicionales.
- **Compatibilidad con microcontroladores e IoT:** Genera una señal digital de pulsos fácil de interpretar con el ESP32, lo que permite integrar los datos en la plataforma ThingSpeak y generar reportes de consumo en tiempo real.
- **Relación costo–beneficio:** El YF-S201 es uno de los caudalímetros más económicos del mercado, lo que lo convierte en la opción más viable para un proyecto académico aplicado, como el desarrollado en el Colegio Nacional Lidia Alvarenga, donde se busca reducir costos sin comprometer la funcionalidad.
- **Simplicidad en la instalación y mantenimiento:** Al estar fabricado en plástico reforzado de grado alimenticio, es resistente a la corrosión y puede

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

instalarse directamente en la tubería del sistema de riego sin requerir mantenimiento frecuente.

- **Monitoreo y control del consumo de agua:** Su incorporación permite medir cuánta agua realmente se distribuye en la huerta, ayudando a la optimización del recurso hídrico y contribuyendo a una gestión responsable, aspecto clave en un entorno educativo donde los estudiantes participan activamente en el riego.
- **Escalabilidad:** Aunque se eligió el YF-S201 por su bajo costo y facilidad de uso, en un futuro puede sustituirse por sensores de mayor capacidad (YF-S401 o FS300A) sin modificar la estructura básica del sistema, manteniendo la escalabilidad del proyecto.

4.3-2.5. **Interruptor de nivel tipo final de carrera:** instalado en el tanque de almacenamiento para detectar situaciones de bajo nivel de agua. Su función es proteger al sistema y alertar al usuario en caso de que la bomba o las válvulas trabajen en seco [4].

Justificación del uso del sensor tipo final de carrera como indicador de nivel bajo de agua

- **Simplicidad de funcionamiento:** El sensor funciona de manera binaria: se activa cuando el flotador o un mecanismo mecánico alcanza el punto de nivel mínimo en el tanque. Esta lógica directa permite al sistema identificar rápidamente si hay agua suficiente para iniciar el riego o si debe detenerse.
- **Bajo costo y accesibilidad:** A diferencia de sensores de nivel más sofisticados (ultrasónicos, capacitivos o de presión), el final de carrera es muy económico y ampliamente disponible, lo que lo convierte en una opción viable para un proyecto escolar sin comprometer el presupuesto.
- **Compatibilidad con el ESP32:** Al entregar una señal digital simple (0/1), se conecta fácilmente al ESP32 sin necesidad de circuitos de conversión o

procesamiento adicional, facilitando la integración con el resto del sistema de riego automático.

3.3-3 Actuadores y red de riego

- **Electroválvulas de 12 V/24 V:** utilizadas para abrir o cerrar el flujo de agua hacia las cintas de goteo. Cada electroválvula está controlada mediante un módulo de relé, lo que garantiza aislamiento entre el circuito de potencia y el de control (Ilustración 4).
- **Cintas de goteo:** distribuidas a lo largo de los cultivos de tomate, locote, lechuga y piña. Su elección se justifica por la eficiencia en la entrega de agua directamente en la raíz, reduciendo pérdidas por evaporación y escorrentía.

3.3-4 Plataforma IoT e interfaz de usuario

- **ThingSpeak:** Plataforma empleada para visualizar las mediciones en tiempo real y almacenar los datos históricos. Permite generar gráficos de humedad, temperatura y caudal, facilitando un análisis posterior del rendimiento del sistema.
- **Bot de Telegram:** Configurado para enviar mensajes de alerta al usuario cuando el riego se activa o cuando se alcanzan los umbrales de humedad. También notifica el nivel bajo del tanque de agua [12].

3.3-5 Herramientas de software

- **Arduino IDE:** utilizado para la programación del ESP32. Se emplearon librerías específicas para cada sensor y para la comunicación HTTP con ThingSpeak.
- **Lenguaje C/C++:** aplicado en el desarrollo del firmware, incluyendo rutinas de adquisición de datos, control de relés y envío de información.

3.4 Elección del software de control

Para la implementación del sistema de riego automático en la huerta del Colegio Nacional Lidia Alvarenga, se optó por utilizar un software de control basado en la programación del módulo ESP32 mediante el entorno Arduino IDE, junto con la plataforma en la nube ThingSpeak para la gestión de datos y la visualización en tiempo real.

El firmware cargado en el ESP32 se encarga de leer la información proveniente de los sensores de humedad FC-28, de temperatura de suelo DS18B20, de humedad y temperatura ambiente DHT11, del caudalímetro YF-S201 y del sensor de nivel tipo final de carrera. Con base en estas lecturas, el microcontrolador aplica la lógica de control que determina cuándo activar o desactivar las electroválvulas conectadas mediante relés.

La plataforma ThingSpeak se utiliza como herramienta de almacenamiento y visualización de datos en la nube, permitiendo observar el comportamiento de los parámetros de la huerta en tiempo real mediante gráficos interactivos y series históricas. Asimismo, el sistema cuenta con un bot en Telegram para el envío de notificaciones, lo que garantiza que la Ingeniera Agrónoma responsable y los alumnos puedan recibir alertas oportunas sobre el inicio o fin del riego, niveles bajos de agua en el tanque o valores críticos de humedad en el suelo.

La elección de ThingSpeak responde a su facilidad de uso, su integración nativa con MATLAB para análisis de datos y su bajo costo, lo que lo convierte en una opción ideal para un proyecto académico y de impacto comunitario. No obstante, existen otras plataformas IoT que ofrecen funcionalidades similares con distintos niveles de complejidad y escalabilidad. A continuación en la tabla 1 se puede observar las ventajas y desventajas que presentan algunas de las más utilizadas.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Tabla 6 Ventajas y desventajas de la Plataforma ThingSpeak respecto a otros

Plataforma	Ventajas	Desventajas
ThingSpeak	<ul style="list-style-type: none"> - Gratuita en su versión básica. - Integración con MATLAB para análisis avanzado. - Fácil de usar y configurar. - Ideal para proyectos académicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Límite de envíos cada 15 segundos en versión gratuita. - Interfaz de usuario menos atractiva que otras plataformas. - Escalabilidad limitada para sistemas grandes.
Blynk	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz móvil muy intuitiva. - Widgets visuales para dashboards. - Soporte para múltiples microcontroladores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere suscripción para funciones avanzadas. - Menor capacidad para análisis de datos históricos.
Node-RED	<ul style="list-style-type: none"> - Gran flexibilidad para integrar hardware, APIs y servicios. - Interfaz visual de programación por bloques. - Compatible con MQTT, HTTP y otros protocolos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere instalación en servidor local o en la nube. - Mayor curva de aprendizaje que ThingSpeak.
Ubidots	<ul style="list-style-type: none"> - Plataforma orientada a IoT industrial y educativo. - Dashboards personalizables. - Buen soporte para gráficos y reportes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Versión gratuita con limitaciones de dispositivos y datos. - Requiere conexión estable a Internet.

3.5 Diseño del esquema eléctrico

Se optó por el software Fritzing para el diseño del diagrama del sistema de riego automatizado con IoT debido a varias razones técnicas y prácticas:

1. Visualización clara del circuito: Fritzing permite representar gráficamente la conexión entre el ESP32, los sensores (como humedad del suelo, caudalímetro, temperatura) y los actuadores (bombas, válvulas, relés), facilitando la comprensión global del sistema.
2. Interfaz intuitiva: A diferencia de otros programas de diseño electrónico más complejos, Fritzing ofrece un entorno amigable y sencillo, ideal para documentar proyectos de prototipado en electrónica aplicada a IoT.
3. Documentación del proyecto: El esquema generado en Fritzing es útil no solo para el desarrollo, sino también como parte de la documentación técnica del proyecto, permitiendo que cualquier otra persona pueda replicar o dar mantenimiento al sistema.
4. Disponibilidad de componentes: Aunque no siempre se encuentran todos los sensores o módulos específicos, Fritzing permite el uso de componentes genéricos que representan de manera adecuada la función de cada elemento, manteniendo la coherencia del diagrama.
5. Compatibilidad educativa: Este software es ampliamente utilizado en ámbitos académicos y de investigación, lo cual respalda la elección como herramienta válida para representar proyectos universitarios en el área de electrónica e IoT.
6. Transición hacia PCB: Además de los diagramas de conexión, Fritzing permite generar diseños de placas PCB, lo que brinda la posibilidad de escalar el prototipo hacia una versión más robusta del sistema [14].

El diagrama (Ilustración 24 del anexo) describe el diseño y la distribución de conexiones eléctricas y electrónicas del sistema de riego automatizado con IoT,

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

implementado con un microcontrolador ESP32, sensores de humedad y temperatura, un caudalímetro y electroválvulas controladas mediante módulos relé.

El diagrama del sistema fue elaborado en el software Fritzing, seleccionado por su facilidad de uso, su capacidad para documentar proyectos electrónicos y la posibilidad de representar esquemáticamente tanto la parte de sensado como la de actuación del sistema.

El sistema está compuesto por tres subsistemas principales:

1. **Subsistema de sensado** → Encargado de recolectar información ambiental y del suelo.
 - **Sensor DS18B20 (temperatura del suelo):** Conectado al **GPIO15** del ESP32, incluye resistencia **pull-up de 4,7 kΩ** entre DATA y VCC.
 - **Sensor DHT11 (humedad y temperatura ambiente):** Señal conectada al **GPIO4**.
 - **Sensor YF-S201 (caudalímetro):** Salida de pulsos conectada al **GPIO18**.
 - **Sensores FC-28 (humedad del suelo):** Sensor 1 → **GPIO34** y Sensor 2 → **GPIO35**.

2. **Subsistema de control:** Gestionado por el **ESP32**, que procesa la información de los sensores y ejecuta decisiones según la lógica programada.
 - Microcontrolador ESP32: Coordina la lectura de sensores, ejecuta la lógica de decisión y envía señales de activación a los módulos relé.
 - Final de carrera (sensor de nivel bajo en tanque): Conectado al **GPIO27**.

Funciona como interruptor de seguridad, deteniendo el riego si no hay agua disponible.

3. **Subsistema de actuación** → Activación de las electroválvulas mediante relés, regulando el flujo de agua en el sistema de riego.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- **Módulos relé (x2):** Relé 1 → Controlado por el **GPIO25**.

Relé 2 → Controlado por el **GPIO26**.

- **Electroválvulas 12V (x2):** Conectadas a la salida de los relés. Solo se activan cuando el ESP32 habilita el relé correspondiente.

3.6 Validación del Sistema (Pruebas y simulaciones)

La validación del sistema se realizó mediante la programación del ESP32 en el entorno Arduino IDE, integrando la plataforma ThingSpeak para el almacenamiento y visualización de datos en la nube (vease Ilustración 17), y un bot de Telegram para el envío de mensajes de inicio y alertas en tiempo real.

El código desarrollado refleja de manera directa las conexiones del circuito esquematizado en Fritzing:

- **Lectura de sensores:**

Los pines analógicos GPIO34 y GPIO35 reciben los valores de los sensores de humedad del suelo (FC-28), permitiendo determinar el nivel de humedad en dos zonas distintas de riego.

El sensor DHT11 conectado al GPIO4 mide la humedad y temperatura ambiente.

El sensor DS18B20, conectado al GPIO15 mediante protocolo OneWire, mide la temperatura del suelo.

El caudalímetro YF-S201, conectado al GPIO18 con interrupciones, calcula el flujo de agua.

Un interruptor de nivel bajo en el tanque (final de carrera), conectado al GPIO27, asegura la protección del sistema ante la falta de agua.

- **Control de actuadores:**

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

El microcontrolador compara las lecturas de humedad con los umbrales predefinidos. Si el valor es inferior a 67% para la electroválvula 1 y 83% para la electroválvula 2, se habilitan las electroválvulas correspondientes.

Las electroválvulas se activan a través de los módulos relé conectados a los pines GPIO25 y GPIO26, que permiten el paso de corriente desde la fuente de 12 V hacia las válvulas, de acuerdo con la lógica de control.

- Comunicación con la nube (ThingSpeak):

Los datos recolectados (humedad, temperatura, caudal y estado del tanque) son enviados periódicamente al canal configurado en ThingSpeak. Esto permite su visualización gráfica, almacenamiento y posterior análisis (vease Ilustración 19 al 20).

- Alertas y mensajería (Telegram):

El bot de Telegram (vease Ilustración 22 y 23) envía notificaciones de inicio del sistema, alertas cuando se detecta humedad excesiva, y advertencias críticas en caso de nivel bajo de agua en el tanque.

Esto garantiza que el usuario pueda supervisar y reaccionar ante condiciones anómalas en tiempo real, incluso de manera remota.

Con estas pruebas, se confirmó que el sistema responde de manera adecuada: los sensores proporcionan valores confiables, el ESP32 procesa la información y controla las electroválvulas según las condiciones programadas, y la comunicación con ThingSpeak y Telegram funciona de manera estable, validando así el correcto funcionamiento del diseño tanto a nivel de hardware como de software.

3.7 Presupuesto

Tabla 7 Componentes electrónicos y de control

Ítem	Cantidad	Precio unit. (Gs.)	Subtotal (Gs.)
ESP32	1	185.000	185.000

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Sensor DHT11	1	35.000	35.000
Sensor de humedad FC-28	2	100.000	200.000
Sensor DS18B20	1	55.000	55.000
Sensor caudalímetro YF-S201	1	55.000	55.000
Sensor final de carrera	1	30.000	30.000
Fuente 5V	2	30.000	60.000
Módulo relé	1	45.000	45.000
Placa PCB	1	30.000	30.000
Pin header	1 set	24.000	24.000
Repetidora WiFi TP-Link	1	160.000	160.000
Estaño para soldar	1	40.000	40.000
Flux para soldar	1	35.000	35.000
Subtotal grupo 1			954.000

Tabla 8 Materiales eléctricos e hidráulicos

Ítem	Cantidad	Precio unit. (Gs.)	Subtotal (Gs.)
Electroválvula 12V	2	120.000	240.000
Caja de distribución externa 15×15×70	1	19.000	19.000
Cable cordón polarizado 0,5 mm	45 m	2.200	99.000
Cable de 1 mm	15 m	2.500	37.500
Cable multifilar 1,5 mm	40 m	2.600	104.000
Toma corriente doble	1	5.000	5.000
Cinta aisladora	1	4.000	4.000
Cinta teflón	1	3.500	3.500
Unión simple ½" (4)	4	4.000	16.000
Unión ¾" a ½" (2)	2	6.000	12.000
Unión 1" a ¾" a 1" (2)	2	5.000	10.000
Picos para riego regulable (4)	4	6.500	26.000
Grampas para cables (caja)	1 caja	13.500	13.500
Cinta de goteo (rollo 500 m)	1 rollo	385.000	385.000
Subtotal grupo 2			974.500

Subtotal grupo 1 (Gs)	954.000
Subtotal grupo 2 (Gs)	974.500

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025**

Mano de obra (Gs)	2.800.000
Total	4.728.500

Materiales: Incluye todos los componentes necesarios para el sistema de riego automático, como el microcontrolador ESP32, sensores de humedad y temperatura, electroválvulas, fuente de alimentación y cinta de goteo, cuya selección responde a la funcionalidad y eficiencia del sistema.

Mano de obra: Considerando el tiempo y la especialización necesarios para el montaje, cableado, programación y pruebas del sistema, justificando así el costo estimado de 2.800.000 Gs.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El sistema automatizado de riego fue implementado utilizando un microcontrolador ESP32 como controlador central, junto con diversos sensores y módulos electrónicos que permiten un monitoreo y control eficiente del riego de dos tablones de cultivo. Cada tablón es regado de manera independiente mediante dos electroválvulas controladas por un módulo relé, asegurando que el riego se realice según las necesidades específicas de cada área.

Monitoreo y control de sensores:

- Sensor de humedad FC-28: Mide la humedad del suelo en cada tablón y activa o desactiva las electroválvulas según los niveles establecidos.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- Sensor de temperatura del suelo DS18B20: Permite ajustar decisiones de riego considerando la temperatura del sustrato, optimizando la eficiencia hídrica.
- DHT11: Monitorea temperatura y humedad ambiental, aportando información complementaria para el análisis del entorno.
- Final de carrera: Detecta el nivel bajo de agua en el tanque, generando alertas que evitan el funcionamiento en seco y posibles daños al sistema.
- Caudalímetro YF-S201: Mide el caudal de agua durante el riego, garantizando que cada tablón reciba la cantidad adecuada de agua.

Integración y visualización de datos:

Todas las mediciones se envían a ThingSpeak, permitiendo la visualización en tiempo real de humedad, temperatura y caudal. Además, un bot de Telegram notifica:

- Inicio del riego en cada tablón.
- Alertas de nivel bajo de agua.
- Detención del riego cuando la humedad supera el umbral definido.

Durante las pruebas se observó que las electroválvulas se activan automáticamente y con precisión según los datos de los sensores. Cada tablón opera de manera independiente, lo que asegura que el riego se adapte a las necesidades específicas de cada área. El uso de sensores, ThingSpeak y Telegram reduce significativamente el desperdicio de agua y permite la supervisión remota del sistema.

CAPÍTULO V

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

1. El sistema automatizado de riego logra un control preciso del riego para cada tablón, activando las electroválvulas únicamente cuando es necesario, lo que optimiza el uso del agua.
2. La integración de sensores de humedad, temperatura, caudal y nivel de agua, junto con la plataforma ThingSpeak y el bot de Telegram, permite un monitoreo remoto en tiempo real, aumentando la eficiencia y seguridad del sistema.
3. La independencia de operación de cada tablón garantiza que cada área reciba la cantidad de agua requerida según sus necesidades específicas.
4. El sistema demostró fiabilidad y respuesta rápida ante condiciones críticas, como niveles bajos de agua, evitando daños al equipo y al cultivo.

Recomendaciones:

1. Realizar calibraciones periódicas de los sensores de humedad para mantener la precisión del sistema.
2. Optimizar la disposición de la cinta de goteo para asegurar una distribución uniforme del agua en cada tablón.
3. Mantener una conexión estable a Internet para garantizar la comunicación continua con ThingSpeak y Telegram.
4. Considerar la incorporación de funcionalidades adicionales, como control remoto desde una aplicación móvil, alertas personalizadas o integración con sistemas de predicción climática para mejorar la eficiencia del riego

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Aplicación móvil y diseño para la gestión de un sistema de riego inteligente,» *TFM UOC*, 2024.
- [2] «Research and Development of an IoT Smart Irrigation,» *MDPI*, 2025.
- [3] «Smart Irrigation Based on Soil Moisture Sensors with ESP32,» *MDPI*, 2025.
- [4] «IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Advances,» *Survey*, 2020.
- [5] «Diseño e implementación de un sistema de riego inteligente y monitoreo activado por IoT,» *Tesis Universidad Internacional SEK*, 2022.
- [6] «Arduino-ESP32 based Smart Irrigation System,» *Applied Project*, 2025.

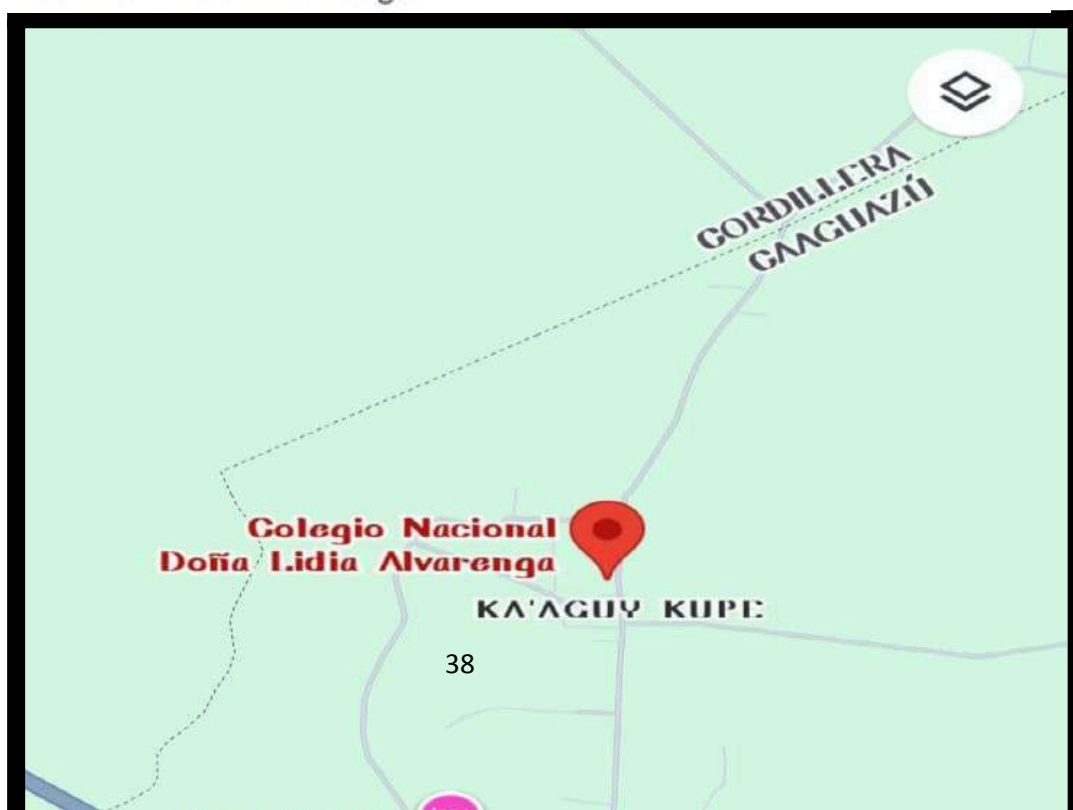
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

- [7] «Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes,» *Scielo Ecuador*, 2023.
- [8] «Implementación de un sistema automatizado para la gestión del riego,» *Revista Regional*, 2025.
- [9] «Democratizing IoT for Smart Irrigation: A Cost-Effective DIY Approach,» *Algorithms (MDPI)*, 2025.
- [10] P. Sharma, «AI-Based Water Usage Monitoring and Reduction in Hospital Operations,» 2025.
- [11] «Sistema de riego automatizado con adquisición de datos,» *UNAD Repositorio*, 2025.
- [12] «ESP32 Soil Moisture Sensors — DIY Automatic Watering,» *Tutorial*, 2023.
- [13] «An overview of smart irrigation systems using IoT,» *Review*, 2022.
- [14] «Intelligent and automatic irrigation system based on fuzzy logic,» *Scientific Reports*, 2025.
- [15] «A solar-powered, IoT-controlled water management system,» *Applied Project*, 2025.
- [16] «ESP32 with soil moisture sensors,» *ResearchGate Project*, 2023.
- [17] «Evaluation of IoT based smart drip irrigation and ETc,» *Comparative Study*, 2023.
- [18] «IoT Sensing for Advanced Irrigation Management,» *Review*, 2025.
- [19] «IoT-Enabled Smart Drip Irrigation System Using ESP32,» *MDPI*, 2023.

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

7. ANEXOS

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 1 Ubicación del Colegio Nacional Lidia Alvarenga*



**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 2 Vista general de la huerta
previo a la implementacion*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 3 Caudalimetro YF-S201*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 4 Electroválvula instalada*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 5 Modulo relé para control de electroválvulas*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 6 Instalación de cañerías*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 7 Instalación de electroválvulas*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 8 Colocación de cinta de goteo para riego*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 9 Distribución de la cinta de goteo*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 10 Riego por goteo*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 11 Riego de lechuga y tomate*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 12 Ubicacion de los sensores de humedad y temperatura en el tablón*



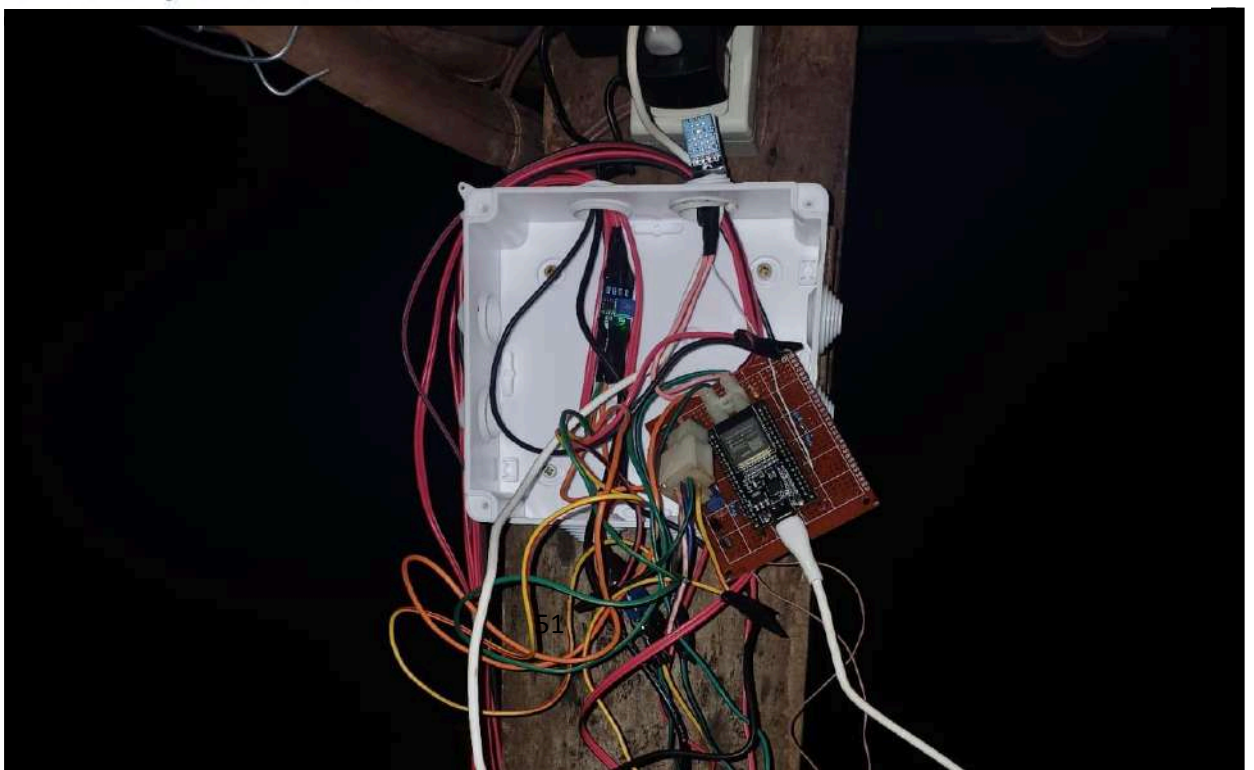
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 13 Sistema de riego activado*



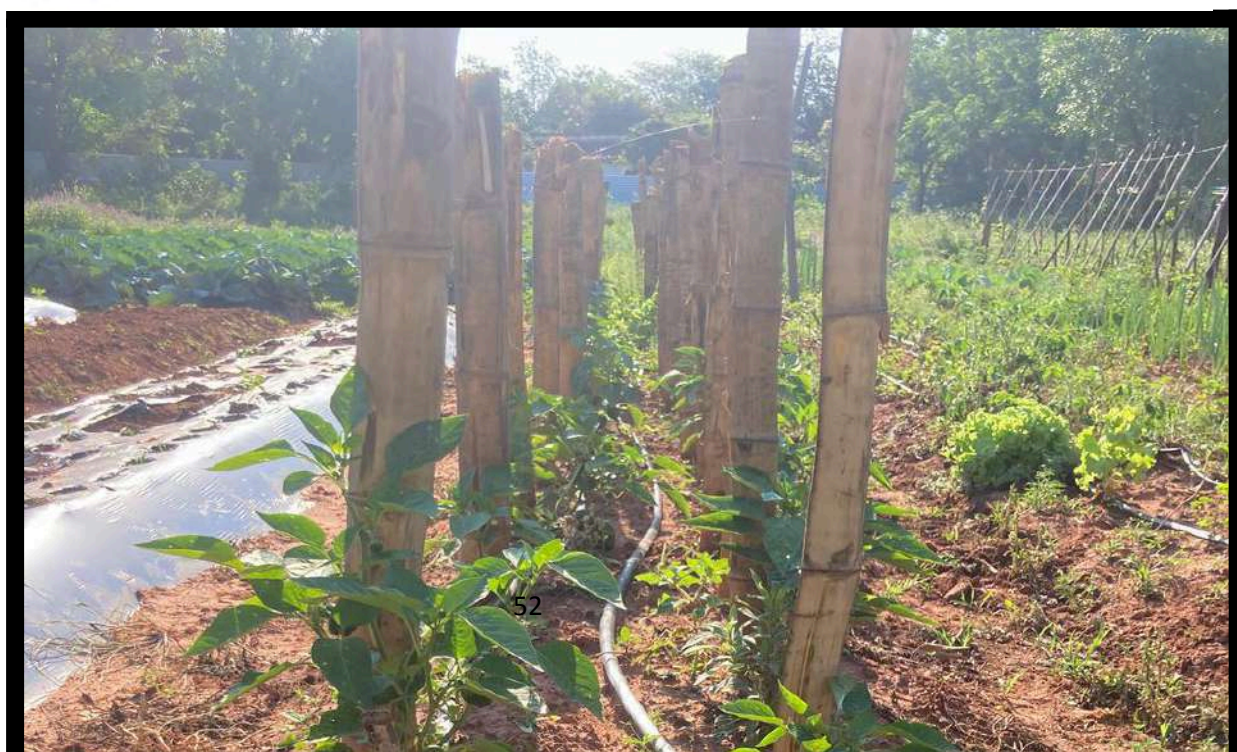
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 14 Conexión de circuito con sensores y actuadores*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 15 Tablón de plantación de locotes*



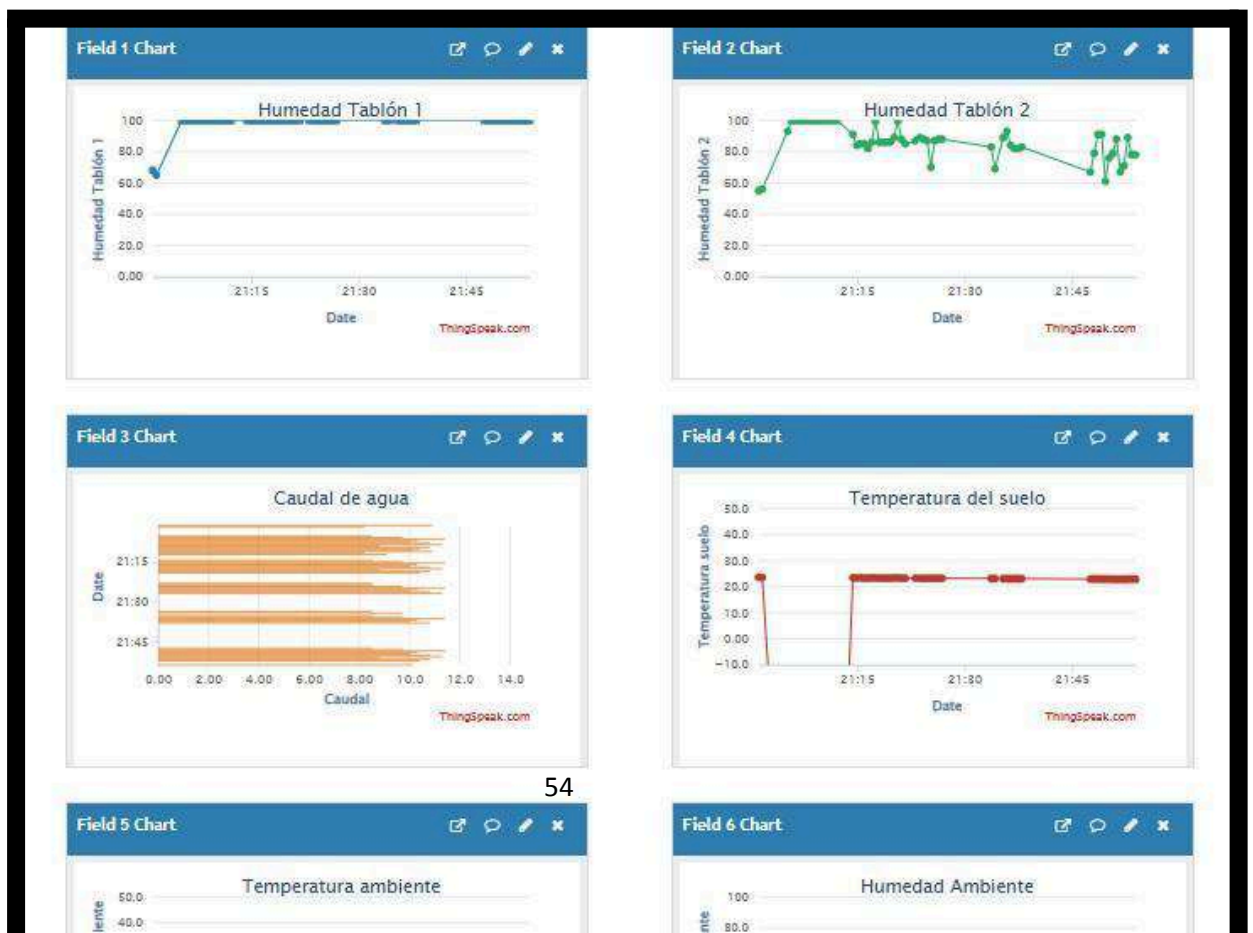
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 16 Caja contenedora del circuito*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 17 Vista general de la Plataforma ThingSpeak*



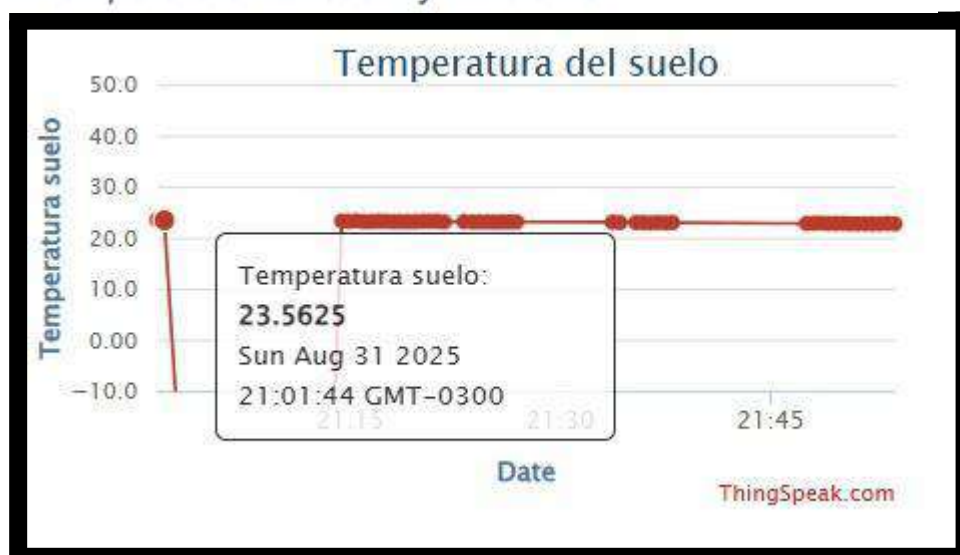
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 18 Medicion de las humedades de los tablones*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

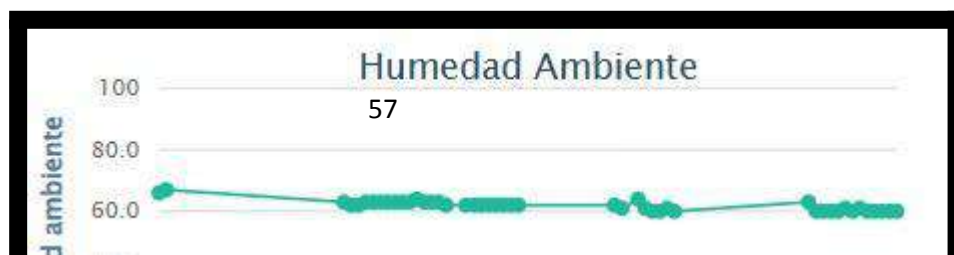
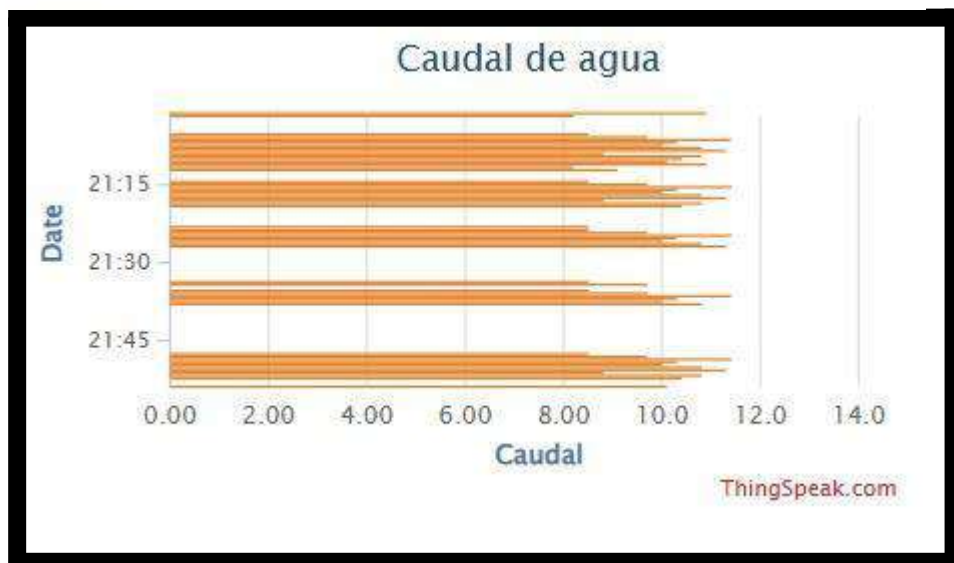
*Ilustración SEQ Ilustración * ARABIC 19 Medición de la temperatura del suelo y ambiente*



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025



Ilustración 20 Medición de caudal de agua y humedad del ambiente



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 21 Elaboración de Bot en Telegram



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 22 Notificaciones en Telegram



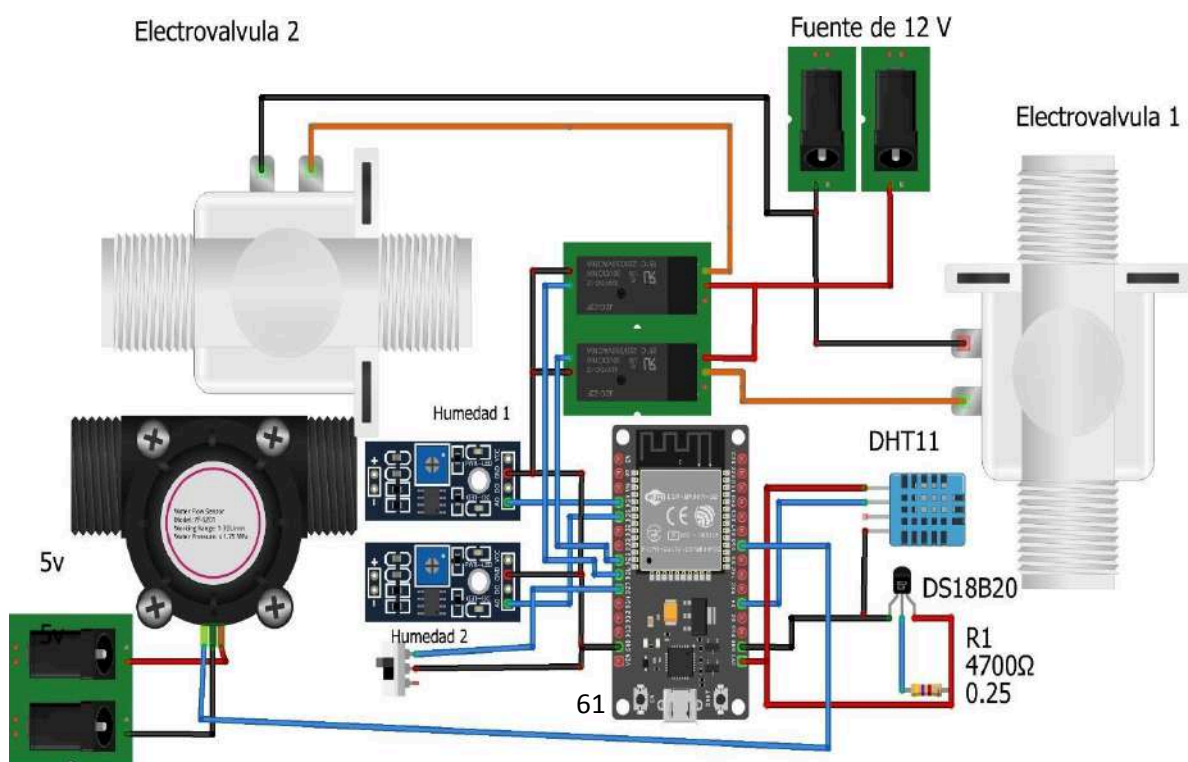
Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Coordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 23 Tanque con la colocación de la boya electrica



Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 24 Diagrama del circuito de control general



**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Coordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 25 Definición de pines y variables

```
26 // Telegram Bot
27 #define BOT_TOKEN "8235468391:AAH-fhq2lnX2NcYC8x-xE2N7q04V1J4Tths"
28 #define CHAT_ID "1335881520"
29 WiFiClientSecure secureClient;
30 UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, secureClient);
31
32 // Pines
33 #define DHTPIN 4
34 #define DHTTYPE DHT11
35 #define CAUDALIMETRO_PIN 18
36 #define FC28_1_PIN 34
37 #define FC28_2_PIN 35
38 #define INTERRUPTOR_PIN 27
39 #define ONE_WIRE_BUS 15
40 #define TANQUE_PIN 32
41 #define ELECTROVALVULA_1_PIN 25
42 #define ELECTROVALVULA_2_PIN 26
43
44 // Umbrales
45 const float HUMEDAD_UMBRAL_1 = 67.0;
46 const float HUMEDAD_UMBRAL_2 = 83.0;
47
```

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 26 Configuración de pines y conexión Wifi

```
65 // Configurar pines
66 pinMode(INTERRUPTOR_PIN, INPUT_PULLUP);
67 pinMode(TANQUE_PIN, INPUT_PULLUP);
68 pinMode(ELECTROVALVULA_1_PIN, OUTPUT);
69 pinMode(ELECTROVALVULA_2_PIN, OUTPUT);
70 digitalWrite(ELECTROVALVULA_1_PIN, HIGH);
71 digitalWrite(ELECTROVALVULA_2_PIN, HIGH);
72
73 // Iniciar sensores
74 sensors.begin();
75 dht.begin();
76 pinMode(CAUDALIMETRO_PIN, INPUT_PULLUP);
77 attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(CAUDALIMETRO_PIN), contarPulsos, FALLING);
78
79 // Conectar WiFi
80 WiFi.begin(ssid, password);
81 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
82     delay(500);
83     Serial.print(".");
84 }
85 Serial.println("\nConectado a WiFi");
86
87 // Configurar HTTPS para Telegram
88 secureClient.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT);
89 ThingSpeak.begin(secureClient);
```

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 27 Lectura de Sensores

```
136 void controlarElectrovalvulas(float h1, float h2) {
137     digitalWrite(ELECTROVALVULA_1_PIN, (h1 >= HUMEDAD_UMBRAL_1) ? HIGH : LOW);
138     digitalWrite(ELECTROVALVULA_2_PIN, (h2 >= HUMEDAD_UMBRAL_2) ? HIGH : LOW);
139 }
140
141 void apagarElectrovalvulas() {
142     digitalWrite(ELECTROVALVULA_1_PIN, HIGH);
143     digitalWrite(ELECTROVALVULA_2_PIN, HIGH);
144 }
145
146 void leerYEnviarDatos() {
147     float humedadTablon1 = map(analogRead(FC28_1_PIN), 0, 4095, 100, 0);
148     float humedadTablon2 = map(analogRead(FC28_2_PIN), 0, 4095, 100, 0);
149     float caudal = leerCaudalimetro();
150
151     sensors.requestTemperatures();
152     float tempSuelo = sensors.getTempCByIndex(0);
153     float humedadAmbiente = dht.readHumidity();
154     float tempAmbiente = dht.readTemperature();
155     isNivelBajo = (digitalRead(TANQUE_PIN) == LOW);
156
157     // Control y alertas
158     controlarElectrovalvulas(humedadTablon1, humedadTablon2);
159     gestionarAlertasTelegram(humedadTablon1, humedadTablon2, isNivelBajo);
160 }
```

Implementación de un sistema de riego automatizado controlado remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia Alvarenga, Itacurubí, Cordillera
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025

Ilustración 28 Envío de datos a ThingSpeak

```
161 // Enviar a ThingSpeak
162 ThingSpeak.setField(1, humedadTablon1);
163 ThingSpeak.setField(2, humedadTablon2);
164 ThingSpeak.setField(3, caudal);
165 ThingSpeak.setField(4, tempSuelo);
166 ThingSpeak.setField(5, tempAmbiente);
167 ThingSpeak.setField(6, humedadAmbiente);
168 ThingSpeak.setField(7, isNivelBajo ? 1 : 0);
169
170 int codigoRespuesta = ThingSpeak.writeFields(channelID, writeAPIKey);
171 if (codigoRespuesta != 200) {
172     Serial.println("Error al enviar a ThingSpeak. Código: " + String(codigoRespuesta));
173 }
174
175 // Debug Serial
176 Serial.println("\n--- Datos Recolectados ---");
177 Serial.println("Humedad Tablón 1: " + String(humedadTablon1) + "%");
178 Serial.println("Humedad Tablón 2: " + String(humedadTablon2) + "%");
179 Serial.println("Caudal: " + String(caudal) + " mL/s");
180 Serial.println("Temperatura suelo: " + String(tempSuelo) + "°C");
181 Serial.println("Temperatura ambiente: " + String(tempAmbiente) + "°C");
182 Serial.println("Humedad ambiente: " + String(humedadAmbiente) + "%");
183 Serial.println("Nivel bajo del tanque: " + String(isNivelBajo ? "SI" : "NO"));
184 }
```

**Implementación de un sistema de riego automatizado controlado
remotamente desde la vía web de la huerta del Colegio Nacional Doña Lidia
Alvarenga, Itacurubí, Cordillera**
Pascual Antonio Pereira Santacruz - 2025
