



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI

FACULTAD:

CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA:

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tema:

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO CON CONTROL Y
MONITOREO REMOTO MEDIANTE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE PARA EL
MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS DE LIMÓN EN LA FINCA “EL PASAJE”
DE LA PARROQUIA ALAJUELA DEL CANTÓN PORTOVIEJO**

AUTORES:

CASTRO MACIAS MICHAEL RUPERTO

PADILLA ESPINAR CARLOS JAMPIERRE

TUTOR:

ING. HENRY NEURIO MERO BRIONES, MG

PERÍODO ACADÉMICO:

2025-2026

Declaración expresa de autoría

Yo, Michael Ruperto Castro Macías, con cédula de identidad N.º 1316661287, y Carlos Jampierre Padilla Espinar, con cédula de identidad N.º 1317216040, declaramos que el presente trabajo de titulación "Automatización de un sistema de riego con control y monitoreo remoto mediante un autómata programable para el mejoramiento de los cultivos de limón en la finca "El Pasaje" de la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo" cumple con los requerimientos que la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías sugieren, cumpliéndose cada uno de los puntos expuestos y siendo meticulosos con la información presentada. A su vez, declaramos que el contenido investigativo percibe el desarrollo y diseño técnico elaborado bajo la supervisión del tutor académico designado. La argumentación, el sustento científico y los criterios vertidos son de nuestra exclusiva autoría y responsabilidad.



Michael Ruperto Castro Macías

C.I.: 1316661287

E-mail: 1316661287@live.uleam.edu.ec

Telf: 0997792316



Carlos Jampierre Padilla Espinar

C.I.: 1317216040

E-mail: 1317216040@live.uleam.edu.ec

Telf: 0984953043

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la Estudiante Castro Macías Michael Ruperto, legalmente matriculado/a en la carrera de Tecnologías de la Información, período académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE RIEGO CON CONTROL Y MONITOREO REMOTO MEDIANTE UN AUTOMATA PROGRAMABLE PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS DE LIMON EN LA FINCA "EL PASAJE" DE LA PARROQUIA ALAJUELA DEL CANTON PORTOVIEJO"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 04 de Febrero de 2026.

Lo certifico,



Ing., Henry Neurio Mero Briones, Mg.
Docente Tutor

DEDICATORIA

A Dios, por llevarme por un camino que al principio parecía incierto pero que fue ganando peso a medida en que iba caminando, por darme fortaleza y sabiduría para poder superar cada obstáculo.

A mi querida mamá Sara Matilde Macias Moreira, que siempre estuvo conmigo incondicionalmente en cada momento apoyándome en todo cada una de mis locuras y ocurrencias, gracias por todo lo que has hecho por mí, su cariño y comprensión me han permitido seguir adelante.

A mi querido papá Ruperto Heráclides Castro Zornoza quien estuvo sosteniendo día a día como pilar fundamental nuestro hogar aconsejándome para poder seguir adelante y ser un hombre de bien, así mismo por apoyarme en cada momento y corregirme en los apartados que estaba equivocado, todos sus consejos han sido un factor clave para poder ser quien soy hoy en día.

A mi amada Heidy Julieth Olalla Alcivar quien estuvo en cada momento de flaqueza, compartiendo su amor y cariño constante, apoyándome, aconsejándome y dándome aliento siempre sin importar la circunstancia. Gracias por siempre estar conmigo y por brindarme la fortaleza para superar cualquier obstáculo.

Michael Ruperto Castro Macias

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

DEDICATORIA

A mi padre, el Sr. Carlos Padilla Ponce, quién me apoyó y creyó en mí, gracias por demostrarme lo que es no rendirse a pensar de las circunstancias y avanzar con la frente en alto. Eres para mí un ejemplo de esfuerzo y dedicación, gracias por tu paciencia la cual ha sido uno de los motivos fundamentales para poder estar aquí presentando este proyecto, gracias por ser mi padre.

A mi madre, la Sra. Cinthya Espinar Echeverría, quién estuvo para mí y me ha apoyado, gracias por tratar de entenderme a pensar que yo sea alguien quién no exprese lo que siente, por tener ese sexto sentido de que algo está mal y estar al pendiente a cualquier cosa que necesite.

A mis abuelos el Sr. Carlos Espinar Lucas y la Sra. Emma Echeverría, por criarme, ser consejeros y guías, por enseñarme a valorar las cosas de la vida por más pequeña que sea.

A mis hermanos siendo mi motor principal, gracias por preocuparse y acompañarme incondicionalmente. Me han demostrado lo valioso que es tener a alguien con quien compartir y lo difícil que es estar lejos de los tuyos, los aprecio mucho y este momento no sería capaz sin ustedes a mi lado para darme el soporte emocional.

A mi mascota Zeus por ser el apoyo emocional cuando crucé una etapa difícil en mi vida, gracias por ser esa luz que me daba ánimos al llegar a casa.

Carlos Jampierre Padilla Espinar

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a Dios que me dio las fuerzas y sabiduría para poder llegar a una etapa final y tan conmemorativa en mi vida. Gracias a el he podido superar todos los obstáculos que se presentaron en mi camino.

A mis padres que siempre me apoyo en cada momento de flaqueza, siempre estuvieron incondicionalmente en esta etapa, ellos me dieron su voz de aliento desde le momento en el que escogí este reto que no fue fácil pero tampoco imposible, estoy muy agradecido con ellos por estar siempre conmigo dándome valor para proseguir.

A mi querida y amada Heidy Julieth Olalla Alcivar quiero darle un especial agradecimiento debido a que siempre estuvo para ayudarme incondicionalmente y darme motivación para continuar. Ella es uno de los pilares fundamentales de los cuales me permitió proseguir en este camino.

Al ing. Henry Neurio Mero Briones, quiero agradecerle por su apoyo sustancial en este proceso, dando paso y énfasis en su esfuerzo y dedicación para la realización de este proyecto.

Así mismo quisiera extender un agradecimiento a mis amigos y compañeros de estudio, quienes con su apoyo y consejos hicieron que este camino sea mucho más llevadero.

Michael Ruperto Castro Macias

AGRADECIMIENTO

A mis padres por ser el apoyo tanto económico como emocional durante todos mis estudios, permitiéndome lograr ser un Ingeniero de la Republica del Ecuador.

Quiero agradecer a la Universidad Laica Eloy de Manabí por darme un espacio donde poder adquirir los conocimientos y desarrollar las habilidades técnicas para poder aplicarlos en este proyecto de tesis.

Al Ing. Henry Neurio Mero Briones, gracias por brindarles su apoyo en el desarrollo de este proyecto y estar al pendiente de esta.

Gracias a Markus Persson por crear un espacio al cual poder acudir en momentos estrés, Minecraft significa para mí más que un juego, sino una terapia la cual me ayudó a relajarme y poder meditar las cosas. No solo fue un lugar de distracción sino de aprendizaje ya que me enseñó a aplicar conceptos de redes y servidores al tener que crearlo para jugar con amigos.

Un agradecimiento “Claire Cottril, George Kusunoki Miller, Laufey Lín Bing Jónsdóttir y José Madero”, por hacer que los viajes a la universidad, los tiempos de estudio y de programación más llevaderos con su música.

Carlos Jampierre Padilla Espinar

Capítulo I	12
1. Introducción	12
1.1. Presentación del tema	13
1.1.1. Ubicación y contextualización de la problemática	13
1.2. Planteamiento de problema	14
1.2.1. Problematización	14
1.2.2. Génesis del problema	14
1.2.3. Estado actual del problema	15
1.3. Objetivos	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. Justificación	17
1.5. Impactos esperados	17
1.5.1. Impacto tecnológico	18
1.5.2. Impacto Social	18
1.5.3. Impacto Ecológico	18
Capítulo II	19
2. Marco teórico de la investigación	19
2.1. Antecedentes Históricos	19
2.2. Definiciones conceptuales (Contexto teórico)	21
2.2.1. Sistema de Riego	21
2.2.2. Riego por aspersión	21
2.2.3. Automatización	21
2.2.4. Arquitectura IOT	22
2.2.5. Autómata programable PLC	22
2.2.6. Servidor Físico con Node-Red	23
2.2.7. Servidor en la nube	24
2.2.8. Microcontrolador esp32 wroom 32	25
2.2.9. MQTT	27
2.2.10. WebScket	27
2.2.11. Sensores	28
2.2.11.1. Sensor de humedad HD-38	28

2.2.12.	Bomba eléctrica Rong Long 2HP	29
2.2.13.	Guardamotor	29
2.2.14.	Limonos	30
2.3.	Conclusiones Relacionadas al Marco Teórico En Referencia al Tema Planteado.	30
Capítulo III		32
3.	METODOLOGÍA.....	32
3.1.	Diseño	32
3.2.	Población y Muestra	32
3.2.1.	Universo	32
3.2.2.	Criterios de Selección	32
3.3.	Instrumento	33
3.3.1.	Encuesta	33
3.4.	Procedimiento de la Recolección de Datos.....	33
3.4.1.	Coordinación con Dueños de Fincas de la Alajuela	33
3.4.2.	Recopilación de los Datos	33
3.5.	Análisis de los Datos	34
3.5.1.	Pregunta 1	34
3.5.2.	Pregunta 2	35
3.5.3.	Pregunta 3	36
3.5.4.	Pregunta 4	37
3.5.5.	Pregunta 5	38
3.5.6.	Pregunta 6	39
3.5.7.	Pregunta 7	40
3.5.8.	Pregunta 8	41
CAPITULO IV		43
4.	Marco Propositivo	43
4.1.	Introducción.....	43
4.2.	Descripción de la propuesta	43
4.3.	Determinación de Recursos	45
4.3.1.	Humanos.....	45
4.3.2.	Tecnológico	45

4.3.3.	Económicos	47
4.4.	Etapas operativas para el desarrollo de la propuesta	49
4.4.1.	Enfoques metodológicos empleados en el desarrollo de la propuesta	49
4.4.1.1.	Fase de inicio	50
4.4.1.2.	Fase de planificación y estimación	50
4.4.1.3.	Fase de implementación	51
4.4.1.4.	Fase de verificación	52
4.4.1.5.	Fase de despliegue	53
4.4.2.	Aplicación de la metodología	53
4.4.2.1.	Fase preliminar del proyecto	54
4.4.2.2.	Gestión de Identidad y Seguridad	54
4.4.2.3.	Monitoreo y Telemetría	61
4.4.2.4.	Control y Automatización	73
4.4.2.5.	RESILENCIA MOVIL	81
CAPITULO V		84
5.	Evaluación de Resultados	85
5.1.	Introducción	85
5.2.	Presentación de resultados	86
5.2.1.	Resultados según los objetivos planteados	86
Capitulo VI		93
6.	Conclusiones y Recomendaciones	93
6.1.	Conclusiones	93
6.2.	Recomendaciones	94

Capítulo I

1. Introducción

En el contexto de la transformación digital y el avance de las tecnologías aplicadas a diversos sectores ya sea presentados en los trabajos domésticos o empresariales, la infraestructura de red y los sistemas tecnológicos han revolucionado cada sitio en el que se han asentado. En el ámbito de la agricultura la tecnología se ubica como un pilar fundamental para la automatización de procesos; ya sea la alimentación de ganado, el cultivo de plantas y productos agrícolas. En la finca “El pasaje” mantiene un sistema de riego manual provocando gastos de energía física para poder realizar todas las acciones que conlleva mantener los cultivos con las cantidades suficientes de agua, así mismo la distribución de tareas se limita debido a esta situación. Este es un método tradicional, que utiliza la gran mayoría de agricultores en el País de Ecuador debido a una falta de actualizaciones sobre tecnología.

Como estudiantes de tecnologías de la información, identificamos la necesidad de poder implementar un sistema de riego automatizado para poder solventar y dar paso a que las personas encargadas de realizar las acciones de regar el cultivo puedan distribuir su tiempo de una manera más eficiente. Este sistema estará diseñado y se desarrollará mediante la utilización de un sistema autónoma programable (PLC), así mismo se utilizará un servidor con la distribución de Ubuntu 24.04 para la utilización de servicios de Node-RED para así poder conectar y enviar los datos que se obtengan del módulo PLC hacia nuestro servidor de Linux.

El objetivo de este trabajo de integración curricular es implementar un sistema de riego automatizado y monitorizado que permita solventar las necesidades de los agricultores, permitiendo de esta manera que se puedan distribuir sus actividades de manera mas eficiente fomentando un trabajo eficaz y efectivo.

1.1. Presentación del tema

SISTEMA DE RIEGO CON CONTROL Y MONITOREO REMOTO MEDIANTE UN AUTOMATA PROGRAMABLE PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS CULTIVOS DE LIMON EN LA FINCA “EL PASAJE” DE LA PARROQUIA ALAJUELA DEL CANTÓN PORTOVIEJO.

1.1.1. Ubicación y contextualización de la problemática

El espacio en el cual se va a realizar el trabajo de automatización de sistemas de riego será en la finca “El pasaje” localizada en la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo. Esta finca cuenta con un sistema de riego manual, provocando un proceso de lentitud al momento de proceder a hacer el riego de las plantas, generando un gran esfuerzo físico para la persona encargada de realizar estas acciones.

En la finca “El Pasaje” donde actualmente se realiza el cultivo de limón y cacao aún se recurre a métodos manuales para regar sus plantas, esto genera ciertos inconvenientes en el día a día. El clima en esta zona es incierto dificultando saber con exactitud cuándo y cuánto se debe regar; debido a esto al no tener un control claro sobre la humedad del suelo, es común que el agua no se administre de manera adecuada, afectando así el crecimiento y la producción de los cultivos.

Contar con un sistema de riego automatizado marcaría una gran diferencia que no solo ayudaría a distribuir el agua con una mejor disposición, sino que también permitiría ahorrar tiempo, esfuerzo y recursos. Esto significaría una forma de trabajo más cómoda para quienes están al frente de la producción, además, una mejora general en la eficiencia del proceso agrícola.

Ilustración 1. Zona donde se implementará el sistema de riego



Ilustración 1. Ubicación del sistema

Nota: Imagen del Alajuela

Fuente: Elaboración Propia de los Autores

1.2. Planteamiento de problema

1.2.1. Problematicación

¿Hasta qué punto es sustancial la implementación de un sistema automatizado de riego remoto mediante la utilización de un autómata programable para la finca “El pasaje” de la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo?

1.2.2. Génesis del problema

El problema se origina en la manera tradicional en que se ha manejado el riego dentro de la finca “El Pasaje”, ubicada en la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo. Desde sus inicios, el riego ha sido realizado de forma manual, sin contar con herramientas o sistemas que

permitan medir de forma exacta la necesidad de agua de los cultivos. Esta forma de trabajo no solo demanda bastante esfuerzo físico, sino que también conlleva un uso poco eficiente del recurso hídrico. Con el paso del tiempo, las condiciones climáticas irregulares y la falta de automatización han acentuado esta problemática, afectando la calidad y el rendimiento de las cosechas, especialmente en cultivos como el limón y el cacao.

1.2.3. Estado actual del problema

Actualmente la finca “El Pasaje” se continúa utilizando un sistema de riego completamente manual que implica que los trabajadores deban trasladarse constantemente por el terreno para abrir y cerrar válvulas o incluso las mover mangueras y bombas, demandando una inversión considerable de tiempo y esfuerzo físico. Esta forma de trabajo no solo es agotadora, sino que además impide cubrir eficientemente todas las áreas del cultivo, especialmente en temporadas de altas temperaturas donde el riego debe ser más frecuente.

Otro aspecto fundamental es la falta de control sobre la cantidad de agua utilizada, ya que no se cuenta con sensores ni sistemas que midan la humedad del suelo, el riego se realiza de manera simple realizado de manera mecánica y manual, provocando que se realice el riego con exceso o carencia del agua. Ambas situaciones afectan directamente el desarrollo del cultivo, generando pérdidas en la producción y, en consecuencia, un impacto negativo en la rentabilidad de la finca.

Así mismo, las lluvias irregulares y las olas de calor no siempre permiten seguir una rutina de riego estable y debido a esta inestabilidad, se vuelve aún más evidente la necesidad de contar con un sistema automatizado que se adapte a las condiciones del entorno. Sin una solución tecnológica que permita administrar el riego de forma precisa y programada, la finca seguirá enfrentando los mismos obstáculos que frenan su crecimiento y competitividad en el sector agrícola.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de riego automatizado mediante la utilización de un módulo PLC en la finca “El Pasaje” de la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las condiciones actuales del sistema de riego en la finca “El Pasaje” y los requerimientos técnicos necesarios para implementar un sistema automatizado.
- Diseñar la arquitectura para un sistema de riego automatizado, incluyendo una comunicación local mediante Node-RED y la integración de una VPS con la plataforma Microsoft Azure para control remoto.
- Programar el módulo PLC para el control de las salidas para el encendido de las bombas a partir de las entradas del sistema; tales como sensores, pulsadores o comandos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema automatizado manejando la eficiencia del riego, la respuesta del sistema y la estabilidad de la comunicación entre el servidor local y el servidor en la nube.
- Capacitar a los usuarios en la correcta operación del sistema de riego automatizado, asegurando el uso adecuado de sus componentes, el control mediante el PLC y la gestión del sistema desde la plataforma remota

1.4. Justificación

Cuya investigación se la realiza con el fin de mostrar una visión diferente de como la agricultura enfrenta desafíos progresivos relacionados con la validez en el uso del agua, la inestabilidad climática y la necesidad de mejorar la producción sin agrandar los costos. Por ende, se trata de mostrar que en la finca “El Pasaje”, en este caso el regadío se realiza manualmente, lo que implica un consumo excesivo de tiempo y esfuerzo físico, además de una distribución poco precisa del recurso hídrico, con este tipo de prácticas se limita el desarrollo de los cultivos afectando directamente a la calidad de la producción.

Cabe recalcar que, la automatización de riego mediante el uso de un PLC se plantea como una opción eficiente para optimizar este proceso, por ende, al integrar herramientas como Node-RED para la comunicación local y Microsoft Azure para el control remoto, se logra una infraestructura moderna que facilita una gestión más inteligente del riego. Así se obtiene que el productor puede supervisar y activar el sistema desde cualquier lugar, lo que mejora la eficiencia y permite responder con rapidez ante los cambios en las condiciones del entorno, en conjunto se considera que esta propuesta contribuye al desarrollo de una agricultura más tecnológica, así como sostenible.

Sin duda un sistema automatizado de riego permite aplicar el agua de forma precisa y en el momento más oportuno, según las necesidades específicas de cada cultivo, cuya información se traduce en un uso más racional del recurso hídrico y en una reducción considerable del desperdicio, lo que beneficia tanto al productor como al medio ambiente. Conjuntamente, esta optimización contribuye a disminuir los costos operativos y a prolongar la vida útil del suelo, evitando el exceso de humedad o los riegos inadecuados, en consecuencia, el impacto directo se refleja en una mayor productividad e incluso en sostenibilidad dentro de la finca.

1.5. Impactos esperados

1.5.1. Impacto tecnológico

En la finca "El Pasaje", estamos dando un salto importante hacia el futuro con un nuevo sistema de riego automatizado. En lugar de depender solo de la experiencia y el esfuerzo manual, ahora usamos un PLC (controlador lógico programable) para manejar el riego de manera inteligente. Esto significa que podemos saber en tiempo real qué tan húmeda está la tierra y ajustar el riego al instante, incluso desde el celular gracias a una conexión en la nube.

El objetivo no es solo mejorar la finca "El Pasaje", sino que esta experiencia sirva como ejemplo para que otros agricultores de la región también se animen cambiar su forma de regar los cultivos.

1.5.2. Impacto Social

Este sistema de riego cambia por completo el día a día de los trabajadores del campo, ya que no tienen que pasar horas bajo el sol moviendo mangueras. Con esta implementación el riego se realizaría solo, aliviando el cansancio físico y también permitiendo a los trabajadores enfocarse en otras tareas importantes.

1.5.3. Impacto Ecológico

Implementar esta tecnología aportará al uso eficiente del agua, reduciendo el desperdicio y el consumo innecesario de la misma. Ayudando a preservar la mayor cantidad de agua para momento de sequía.

Gracias a la optimización del riego en el campo nos ayudará a proteger el suelo de posibles erosiones en el suelo, las cuales representan costosas medidas para hacer que el suelo pueda ser fértil de nuevo.

Capítulo II

2. Marco teórico de la investigación

2.1. Antecedentes Históricos

2.1.1. Detalles previos sobre la automatización de riego

La automatización del riego surge como una necesidad para responder a los problemas de ineficiencia en el uso del agua y al desgaste que producen los métodos tradicionales basados en la supervisión manual. Antes, la decisión de cuándo y cuánto regar dependía casi exclusivamente de la experiencia del agricultor, lo que generaba desperdicio de recursos y rendimientos variables. Con el desarrollo de nuevas tecnologías, se ha hecho posible implementar sistemas que permiten aplicar el agua de manera precisa, oportuna y controlada, logrando un equilibrio entre productividad y sostenibilidad. De acuerdo con investigaciones como las realizadas por (Ángel, y todos los demás., 2012), la integración de sensores de humedad del suelo, sistemas de energía autónoma y comunicación remota mediante Internet o “GPRS” ha hecho que el riego automatizado sea una alternativa viable incluso en zonas rurales aisladas, ya que reduce la intervención manual y optimiza la distribución del recurso hídrico.

Un ejemplo de estos avances se observa en el desarrollo de invernaderos inteligentes, donde se utilizan sistemas automáticos capaces de regular factores como la humedad, la temperatura y el suministro de agua de manera precisa. Gracias a la incorporación de energías renovables, sensores y métodos de control, es posible mantener condiciones adecuadas para el crecimiento de los cultivos sin requerir una supervisión constante. Este tipo de iniciativas muestra cómo la automatización del riego contribuye no solo a disminuir el consumo de recursos, sino también a fortalecer prácticas agrícolas más sostenibles y accesibles para productores de diferentes escalas (Congreso et al., 2010)

2.1.2. Antecedentes de investigaciones relacionadas sobre el tema presentado

Dentro de las prestaciones para la automatización, existen diferentes procedimientos para poder realizarla de manera adecuada y pertinente ya que actualmente, mediante las tecnologías presentes, se puede utilizar diferentes aparatos que permitan alcanzar el objetivo de tener un sistema totalmente automatizado. Un factor clave para poder presentar la automatización del riego en el sector agrícola es la cantidad de consumo de agua, según Kumar & Magesh (2017) la implementación de microcontroladores reduce el consumo de agua y ahorran tiempo en la gestión operacional sobre las actividades que realizan los agricultores.

Mediante el uso de tecnologías pertinentes, es posible observar y responder de forma más precisa a lo que ocurre en los cultivos y en el ambiente fomentando así un de automatización que una interconexión sobre los acontecimientos que se presentan dentro del sector agrícola. Haga clic o pulse aquí para escribir texto.. Según Haga clic o pulse aquí para escribir texto.Haga clic o pulse aquí para escribir texto. la interconexión de dispositivos dentro del enfoque del Internet de las Cosas (IoT) impulsa el desarrollo y facilita la inclusión tecnológica en sectores donde la tecnología no ha sido prioritaria. Esto es importante en áreas como la agricultura, en donde muchas tareas se realizan de forma manual o tradicional.

En este sentido, el uso de un módulo PLC representa una alternativa eficiente y confiable para automatizar un sistema de riego. Como lo señala Herrera (2016), los módulos PLC permiten controlar y monitorear diversas variables en tiempo real, gracias a esta tecnología es posible automatizar procesos, reduciendo errores humanos y optimizando el uso de recursos como el agua.

2.2. Definiciones conceptuales (Contexto teórico)

2.2.1. Sistema de Riego

Un sistema de riego es un conjunto de dispositivos que permiten la automatización de un proceso manual favoreciendo el suministro de agua a los cultivos de manera controlada. Esto ayuda no solamente al desarrollo de las plantas, sino que también evita el desperdicio y asegura una distribución eficiente del líquido vital.

En este contexto, el uso de sensores de humedad se ha convertido en una herramienta fundamental, pues su adecuada calibración asegura que la información obtenida sobre la condición del suelo sea confiable, facilitando de esta manera que la programación del riego se ajuste de manera precisa a las características del terreno y a las demandas del cultivo, evitando excesos o deficiencias en la aplicación de agua (Juan D. González-Teruel et al., 2019)

2.2.2. Riego por aspersión

El riego por aspersión se presenta como una técnica adecuada para garantizar una distribución más uniforme del agua en los cultivos, favoreciendo un uso eficiente de este recurso y contribuyendo a mejorar el rendimiento agrícola. A diferencia de los métodos tradicionales, este sistema permite simular la lluvia y aprovechar mejor la humedad en el suelo, reduciendo pérdidas por escorrentía o infiltraciones excesivas. Además, se adapta a diferentes tipos de terrenos y cultivos, lo que lo convierte en una alternativa práctica y sostenible dentro de la producción agrícola moderna (Ortiz Aragón & Larios González, 2020)

2.2.3. Automatización

Existen distintos métodos para poder realizar la automatización del riego debido a las actualizaciones constantes de diversas tecnologías, según (Ascencios, 2020) la integración de microcontroladores en un sistema de riego, permiten la automatización de un proceso que tradicionalmente depende de una supervisión constante. Estos desarrollos han incorporado

componentes como reservorios, sistemas de bombeo, filtrado y electroválvulas, los cuales trabajan de forma coordinada para garantizar un suministro adecuado de agua al cultivo.

2.2.4. Arquitectura IOT

La arquitectura IoT es un sistema de elementos que organiza la manera en la que dispositivos se pueden comunicar y trabajar dentro de un proceso de automatización, esta estructura permite que varios componentes permitan intercambiar información de forma ordenada para cumplir con un conjunto de tareas determinadas. La tecnología IoT puede ser aplicada en distintos ámbitos, como la agricultura, la industria o el hogar, siendo que en el hogar se tiende a aplicar más este tipo de tecnologías ofreciendo soluciones prácticas y adaptables a las necesidades de cada entorno.

Actualmente existen distintos modelos y marcos de referencia para orientar a una implementación correcta de sistemas IoT pero todavía no existe un estándar único aceptado de manera universal debido a que cada proyecto puede ser realizado con varios modelos y dar un direccionamiento similar pero usando distintos métodos y tecnologías, es por ello que se tiene que analizar las opciones disponibles y escoger una que se adapte a los objetivos que se tenga en mente para poder garantizar la eficiencia y confiabilidad del sistema (Tonato Chuquimarca & Sinche Maita, 2022).

2.2.5. Autómata programable PLC

Un autómata programable PLC es un dispositivo electrónico diseñado para automatizar procesos mediante la supervisión y el control de distintas variables que caracteriza por recibir señales de entrada de sensores o dispositivos, procesarlas según una lógica programada y generar respuestas de salida hacia actuadores o sistemas de control. Gracias a estas funciones, los PLC se han consolidado como herramientas confiables y flexibles, ampliamente utilizadas en la industria y en otros sectores que requieren precisión, continuidad y eficiencia en sus procesos.

Dentro de esta categoría, el autómata programable PLC se destaca por ser un controlador compacto que facilita la realización de tareas de automatización en diferentes contextos. Su diseño permite integrar módulos de expansión y establecer comunicación mediante diversos protocolos, otorgándole flexibilidad para aplicaciones sencillas como el control de motores, bombas, sistemas de iluminación o pequeños procesos industriales. Además, su software de programación ofrece una interfaz intuitiva que permite configurar funciones sin necesidad de conocimientos avanzados, convirtiéndolo en una herramienta accesible para proyectos de automatización de bajo y mediano alcance. (Siemens S.A., 2025)

Ilustración 2. Autómata programable PLC

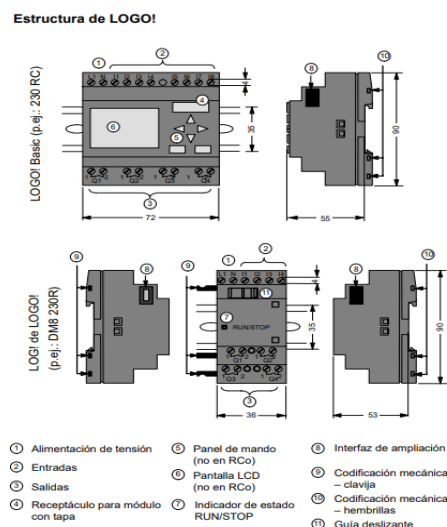


Ilustración 2. Autómata programable PLC

Nota: imagen sobre PLC

Fuente: (SIMENS, 2003).

2.2.6. Servidor Físico con Node-Red

Un servidor físico que se pueda manejar con el sistema operativo Ubuntu es una alternativa viable y flexible para la utilización de procesos locales debido a su implementación eficaz y precisa. Ubuntu es un sistema operativo de código abierto que permite a sus usuarios tener un manejo de seguridad enfocado a los requerimientos de las personas, además existen

herramientas que permiten una mayor facilidad de comprensión y ejecución dentro de estos entornos en Linux. (Canonical Ltd., 2025)

Node-Red es una herramienta en la cual su flujo está basado en nodos, es decir que facilita la integración de dispositivos y servicios dando paso a soluciones de automatización y monitoreo de manera intuitiva; es así como esta herramienta permite realizar trabajos para sistemas de control industrial permitiendo una conexión directa con el autómata programable debido a sus librerías.(Nick O’Leary & Dave Conway-Jones, 2025)

Ilustración 3. *Entorno grafico de Node-RED*

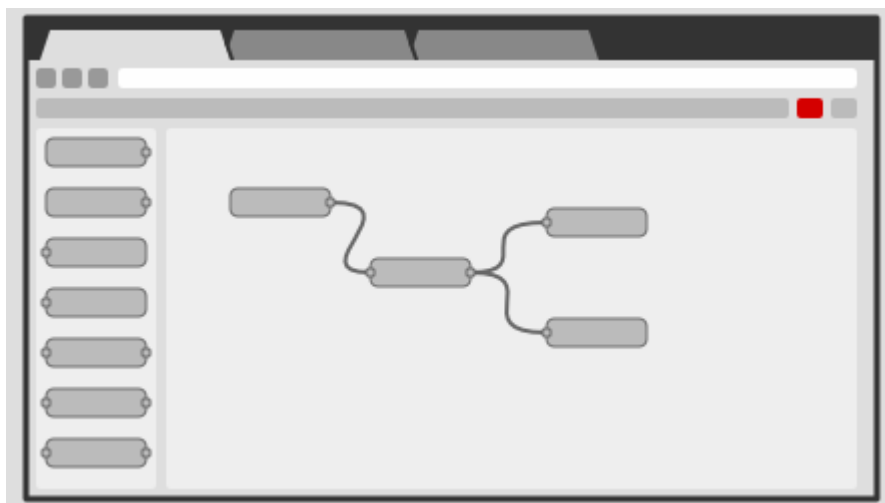


Ilustración 3. Node-RED

Nota: *imagen referencial sobre la herramienta node-red*

Fuente:(Nick O’Leary & Dave Conway-Jones, 2025).

2.2.7. Servidor en la nube

Un servidor en la nube es tomado en cuenta como un servicio en la nube debido que forma parte de una infraestructura que ofrece una amplia gama de prestaciones para el desarrollo. Los servicios de la nube se entienden como infraestructuras, plataformas o sistemas de software que son manejados o administrados por proveedores externos y ofrecidas a los usuarios mediante internet.(Red Hat, 2023)

Microsoft Azure es un servicio en la nube que permite adaptarse a las necesidades específicas de empresas modernas ofreciendo soluciones modernas para la gestión de actividades en la nube, sus herramientas facilitan el manejo y control de recursos informáticos sin la necesidad de realizar inversiones en infraestructuras físicas (Inforges, 2025). En este sentido gracias a los servicios que proporciona Azure se pueden realizar trabajos para la administración y gestión de servidores en la nube.

Ilustración 4. *Servicios que brinda Microsoft Azure*



Ilustración 4. Microsoft Azure

Nota: *En la presente imagen se puede observar algunos de los servicios que ofrece Microsoft Azure*

Fuente: (Inforges, 2025).

2.2.8. Microcontrolador esp32 wroom 32

El microcontrolador ESP32-WROOM-32 es un módulo integrado de alto rendimiento que combina capacidades de procesamiento con conectividad inalámbrica Wi-Fi y Bluetooth convirtiéndolo en una solución aceptable para el desarrollo de aplicaciones que engloban el internet de las cosas. El dispositivo está diseñado para poder operar con recursos limitados de energía, lo que permite la integración con sensores de bajo consumo tales como sensores de temperatura o sensores de humedad. (ESP-WROOM-32 ESP32S WIFI Bluetooth, 2020)

Características principales

- Microcontrolador ESP32-WROOM-32 de 32 bits con arquitectura de doble núcleo y coprocesador de bajo consumo, capaz de operar hasta 240 MHz.
- Conexión inalámbrica compuesta por medio de Wi-Fi 802.11 b/g/n y Bluetooth (BR/EDR y BLE), apropiada para aplicaciones IoT y transmisión con la nube.
- Diferentes interfaces aledañas como por ejemplo SPI, I2C, UART, ADC, DAC e inclusive sensores palpables, mismo que proporcionan la unión de sensores y actuadores.
- Afinidad con FreeRTOS y pila de red LwIP, otorgando aplicaciones con multifinalidad y comunicación TCP/IP.
- Cargos de seguridad compuestas, incluyendo cifrado, arranque seguro y soporte para ritos seguros.
- Bajo gasto energético, con formas de conservación de la energía que permiten su uso en sistemas altamente alimentados por una batería.

Ilustración 5. ESP32-WROOM-32

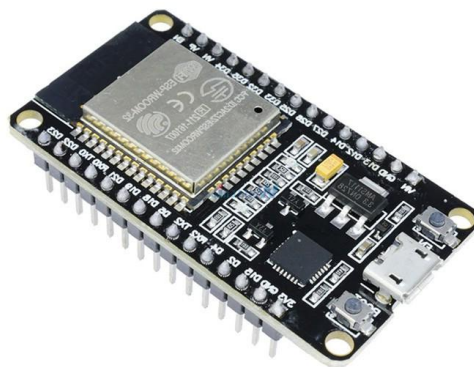


Ilustración 5. ESP32-WROOM-32

Nota: imagen sobre ESP32-WROOM-32

Fuente:(ESP-WROOM-32 ESP32S WIFI Bluetooth, 2020)

2.2.9. MQTT

MQTT es un protocolo cuyo funcionamiento se basa en la comunicación efectiva entre un equipo a otro. En la actualidad es muy utilizado para la intercomunicación entre equipos y dispositivos IoT, ya sean sensores, cámaras o cualquier dispositivo que se pueda conectar a internet que operen en redes con recursos escasos y limitados. MQTT permite la comunicación efectiva y funcional de dispositivos locales y también con ayuda de otras herramientas se puede enviar dicha información a la nube. (Amazon Web Services, 2026)

Ilustración 6. Protocolo de comunicación MQTT

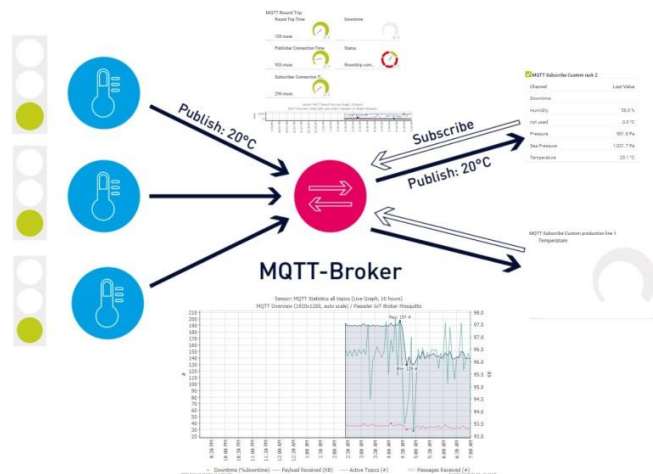


Ilustración 6. MQTT

Nota: En la presente imagen se puede observar el funcionamiento del protocolo MQTT

Fuente: (MQTT, n.d.)

2.2.10. WebScket

WebSocket es un protocolo de comunicación que permite establecer una conexión permanente y bidireccional entre un navegador web o una aplicación cliente y un servidor, facilitando el intercambio de datos en tiempo real. A diferencia de HTTP, que está orientado a comunicaciones breves y no soporta de forma nativa la transmisión continua y simultánea de información en ambos sentidos, WebSocket mantiene un canal abierto que permite enviar y recibir datos de manera asíncrona a través de una sola conexión. La conexión se inicia mediante el mecanismo estándar de solicitud y respuesta HTTP, lo que asegura su compatibilidad con

infraestructuras existentes como cortafuegos y servidores proxy. Una vez establecida, la comunicación se vuelve más eficiente al reducir la latencia y el consumo de recursos del sistema. Esta tecnología resulta especialmente adecuada para aplicaciones que requieren actualización constante de información, como sistemas de monitoreo, plataformas interactivas o servicios de transmisión en tiempo real, y además permite el uso de conexiones seguras mediante SSL/TLS, garantizando la protección de los datos intercambiados. (*WebSphere Application Server*, 2025)

2.2.11. Sensores

2.2.11.1. Sensor de humedad HD-38

Es importante señalar, que el módulo sensor de humedad del suelo HD-38 se trata de un equipo diseñado para medir el contenido de humedad en la tierra, siendo considerablemente manipulado en sistemas de riego automático, así como en aplicaciones de monitoreo. De igual manera, este sensor funciona mediante una sonda metálica resistente alimentándose con un voltaje que varía entre 3.3 V y 12 V., entonces el módulo incorpora una salida analógica que entrega una señal ajustada con el nivel de humedad hacia el suelo, también brinda una salida digital configurable por medio de un potenciómetro, lo que aporta su integración con microcontroladores siendo estos Arduino o ESP32 para la toma de decisiones mecanizadas, tales como la activación o desactivación del sistemas de riego. (*Módulo Con Sonda De Humedad De Suelo - Vimael S.A*, n.d.)

Ilustración 7. *Sensor de Humedad HD-38*



Ilustración 7. Sensor de Humedad HD-38

Nota: Imagen referencial del Sensor de Humedad HD-38

Fuente: (Módulo Con Sonda De Humedad De Suelo - Vimael S.A, n.d.)

2.2.12. Bomba eléctrica Rong Long 2HP

La bomba de agua agrícola de 2 HP modelo W4075H es un equipo diseñado para el suministro eficiente de agua en actividades agrícolas, destacándose por su potencia adecuada para trabajos de riego y abastecimiento. Funciona con voltaje de 110 o 220 voltios en sistema monofásico, lo que facilita su instalación en diferentes entornos. Su capacidad de succión de hasta 9 metros permite extraer agua desde pozos o reservorios, mientras que su entrada y salida de 2 pulgadas garantizan un caudal apropiado para el transporte del agua. Estas características hacen que sea una opción práctica y confiable para el manejo del agua en el sector agrícola. *(Bomba de Agua Agrícola 2HP W4075H, n.d.)*

2.2.13. Guardamotor

En los sistemas de riego automatizados es indispensable garantizar el funcionamiento seguro y continuo de los motores eléctricos que accionan bombas y otros dispositivos del sistema, por lo cual la implementación de un guardamotor pulsador resulta esencial. Este dispositivo, definido como un interruptor termomagnético diseñado específicamente para la protección de motores, permite controlar manualmente el encendido y apagado, al mismo tiempo que protege frente a sobrecargas y cortocircuitos producidos durante la operación o el arranque del motor. (Vinuesa, 2026)

Ilustración 8. *Guardamot*



Ilustración 8. Guardamotor

Nota: Imagen referencial de una electroválvula

Fuente: (Vinuela, 2026)

2.2.14. Limones

El limón es un fruto ovalado de color amarillo brillante cuando alcanza su madurez, con una corteza gruesa y resistente que protege una pulpa jugosa y de sabor ácido; esta característica lo hace muy apreciado en la cocina, donde se utiliza tanto en fresco como en jugo para dar un toque distintivo a sopas, ensaladas, postres y bebidas, además de ser parte fundamental de aderezos y condimentos. Su importancia no se limita al ámbito culinario, pues también es valorado en la industria alimentaria y farmacéutica como materia prima para elaborar distintos productos; su riqueza en vitaminas, especialmente la vitamina C (Interempresas Media, 2025).

Ilustración 9. Limones



Ilustración 9. Limones

Nota: Imagen referencial del fruto

Fuente: (Interempresas Media, 2025)

2.3. Conclusiones Relacionadas al Marco Teórico En Referencia al Tema Planteado.

De modo semejante, el uso de dispositivos como microcontroladores, autómatas programables y electroválvulas facilita la ejecución instintiva de tareas que antes requerían supervisión continua por parte del plantador, cabe recalcar que estas tecnologías proporcionan

opciones para computarizar procesos de encendido, apagado y regulación del riego de forma confiable, reduciendo errores de individuos, logrando optimizar el tiempo destinado a las labores agrícolas, Básicamente, de esta manera, se vigoriza la productividad e incluso se suministra la aceptación de recursos tecnológicos incluso en ambientes pastorales.

Por otra parte, la mezcla de plataformas de monitoreo, servidores locales o de servicios en la nube, junto con etiquetas de comunicación en tiempo real, beneficia en gran medida el control remoto, así como también a la visualización de la etapa en el método de riego. Por esta razón, permite una toma de decisiones más instruida u oportuna, adecuando el riego a las insuficiencias reales del cultivo y a las condiciones del entorno. A su vez, los puntos establecidos en el marco teórico respaldan la viabilidad y eficacia del plano e implementación de un sistema de riego automatizado que contribuye al fortalecimiento de la eficiencia productiva agrícola.

Capítulo III

3. METODOLOGÍA

3.1. Diseño

En el siguiente capítulo se dará a conocer la metodología realizada para el desarrollo de esta investigación. La finalidad de este capítulo es la de poder analizar y dar solución a un problema muy común en las fincas que no cuentan con un sistema de riego automatizado y remoto, lo cual presentan un desgaste tanto físico considerable y económico si es el caso de tener trabajadores a cargo de la finca.

Para realizar la investigación decidimos aplicar un enfoque cuantitativo, ya que buscamos medir a través de datos numéricos la percepción de los dueños de fincas el consumo de agua, el tiempo invertido en el riego manual, y los posibles beneficios que les representaría tener un sistema automatizado.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Universo

Dueños y administradores de fincas son el universo de la investigación, especialmente a quienes se dedican a cultivos como el limón. En la encuesta realizada se incluyen a personas ubicadas en la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo, también se incluyeron personas de cantones cercanos, de esta forma poder obtener una visión mejorada de las necesidades que se tiene de un sistema automatizado de riego.

3.2.2. Criterios de Selección

Los criterios de selección de la muestra son:

- Fincas donde el riego es manual
- Agricultores interesados en la innovación en el área
- Agricultores interesados en optimizar su tiempo

Disponibilidad de los dueños de finca para responder la encuesta.

3.3. Instrumento

3.3.1. Encuesta

Para obtener los datos, se creó un formulario estructurado en Google Forms compuesto por preguntas cerradas cuantitativas, la información que deseamos obtener es la siguiente:

- Tiempo y esfuerzo que representa realizar el riego manualmente
- Punto de vista de los agricultores respecto al uso de nuevas tecnologías en la agricultura
- Nivel de aceptación de tener un sistema automatizado de riego remoto
- Beneficios que podrían obtener al tener el sistema

Decidimos usar Google Forms ya que nos permite realizar una encuesta de forma virtual, facilitando tanto el acceso de la encuesta a los agricultores como a nosotros los resultados ya que se generan de forma automática los resultados en gráficos y hojas de cálculo para realizar el análisis de los datos

3.4. Procedimiento de la Recolección de Datos

3.4.1. Coordinación con Dueños de Fincas de la Alajuela

La primera etapa consistió en contactarnos con los propietarios de la finca “El Pasaje”, ubicada en la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo. Estos propietarios fueron el puente de comunicación para que otros dueños de fincas de la zona y cantones cercanos puedan realizar la encuesta, lo que nos permitió ampliar la cobertura de la misma.

3.4.2. Recopilación de los Datos

Pudimos recopilar 25 respuestas válidas por parte de dueños de fincas, aunque el tamaño de la muestra se puede considerar bajo en términos de estadísticas, debemos tomar en cuenta que no está destinado para personas en general sino a un perfil específico: agricultores

sin un sistema de riego automatizado que tengan entre sus cultivos limones o cacao. Por lo tanto, a pesar de tener un número reducido podemos dar la confianza de que los datos obtenidos serán de gran importancia para la investigación.

Las respuestas obtenidas fueron suficiente para identificar un patrón con respecto a a las necesidades de tener un sistema de automatizado remoto

3.5. Análisis de los Datos

A continuación, se mostraron los valores obtenidos, los gráficos obtenidos y su respectiva interpretación entorno a la percepción y las practicas actuales aplicadas en relación con el riego de cultivos

3.5.1. Pregunta 1

Ilustración 10. *Interpretación de la frecuencia del riego al cultivo*

¿Con qué frecuencia realiza actualmente el riego manual en su cultivo de limón/cacao?
25 respuestas

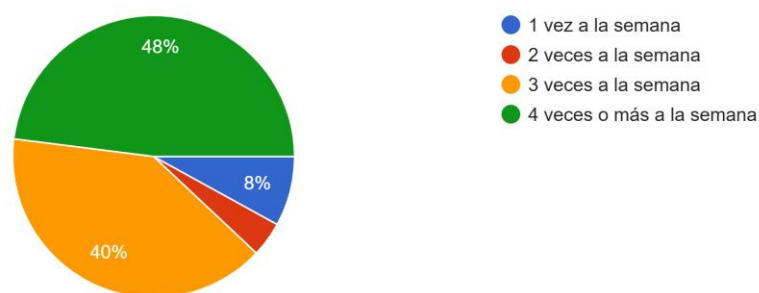


Ilustración 10. Frecuencia del riego al cultivo de limón/cacao

Nota: *Frecuencia del riego al cultivo de limón/cacao*

Fuente: *Elaboración propia*

A continuación, detallaré los valores obtenidos con respecto a la frecuencia de riego semanal en sus fincas:

- Representando el 48% siendo doce encuestados, indican que realizan el riego manual 4 o más veces a la semana, lo cual refleja una inversión alto de tiempo y esfuerzo.
- Representando el 40% siendo 10 encuestados, indican que realizan el riego manual 3 veces a la semana
- Representando el 8% siendo 2 encuestados, indican que realizan el riego manual una vez a la semana, pudiendo tratarse de agricultores en sectores con mayor humedad en el suelo
- Representando el 4% siendo 1 encuestados, indican que realizan el riego manual dos veces por semana.

Obteniendo un 88% de los agricultores quienes riegan sus cultivos entre 3 veces o más veces por semana, podemos confirmar que es una actividad casi cotidiana, la cual obviamente representa un desgaste de energía y tiempo. Esto nos indica que tener un sistema automatizado les permitiría utilizar ese tiempo y energía para realizar otras actividades.

3.5.2. Pregunta 2

Ilustración 11. *Interpretación de las horas que invierte semanalmente en el riego manual*

¿Cuántas horas en promedio invierte semanalmente en el riego manual de su finca?
25 respuestas

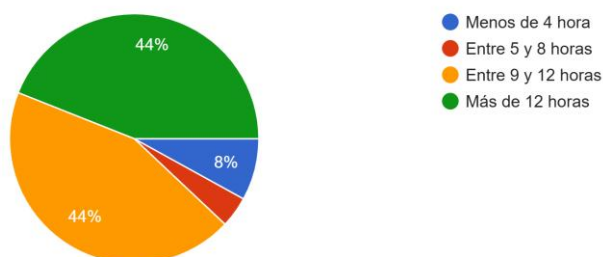


Ilustración 11. Tiempo invertido en el riego manual

Nota: *Imagen sobre el tiempo invertido en el riego manual*

Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto el tiempo invertido en la semana regando manualmente los cultivos, los resultados son los siguientes:

- Representando el 44% siendo once encuestados, indican que realizan el riego manual entre 9 y doce horas a la semana.
- Representando el 44% siendo once encuestados, indican que realizan el riego manual por más de doce horas a la semana.
- Representando el 8% siendo 2 encuestados, indican que realizan el riego manual en menos de 5 horas a la semana.
- Representando el 4% siendo 1 encuestados, indican que realizan el riego manual entre 5 y 8 horas a la semana.

Volviendo a obtener un 88% de agricultores que invierten más de 8 horas a la semana, dando a entender que es una actividad de un tiempo considerable el cuál podría ser aprovechado de otra forma ya que tener el sistema implicaría reducir drásticamente la carga de trabajo destinada solo a esa actividad.

3.5.3. Pregunta 3

Ilustración 12. *Interpretación del recurso hídrico desperdiciado*

En su experiencia, qué porcentaje de agua cree que se desperdicia en el riego manual?
25 respuestas

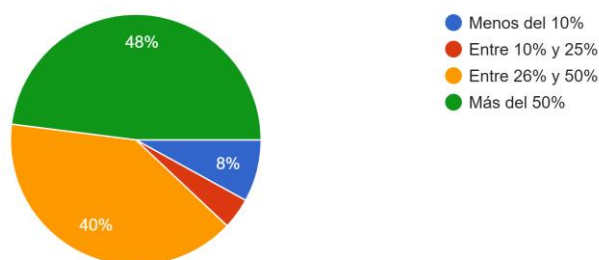


Ilustración 12. Porcentaje de desperdicio de agua

Nota: *Imagen sobre el porcentaje de agua desperdiciado que consideran las personas*

Fuente: *Elaboración propia*

Con respecto al mal uso del agua por parte de los agricultores:

- Representando el 48% siendo doce encuestados, consideran que desperdician un 50% del agua al realizar el riego.
- Representando el 40% siendo 10 encuestados, consideran que desperdician entre 26% y 50% del agua al realizar el riego.
- Representando el 8% siendo 2 encuestados, consideran que desperdician menos de 10% del agua al realizar el riego.
- Representando el 4% siendo un encuestado, consideran que desperdician entre 10% y 25% del agua al realizar el riego.

Obteniendo un 88% de los encuestados considerando que desperdician más del 25% del agua utilizada en el riego, reflejando que no existe un manejo eficiente de este recurso. Eso nos da la razón a poder crear un sistema que lo maneje de forma automatizada para poder ahorrar la mayor cantidad de agua, ya que es uno de los recursos más importantes al ser agricultor.

3.5.4. Pregunta 4

Ilustración 13. Interpretación de la dificultad de atender el riego por ausencia

¿Qué tan difícil considera atender el riego si se ausenta de la finca por una emergencia?
25 respuestas

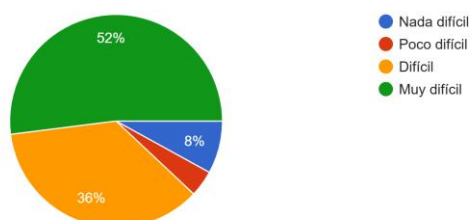


Ilustración 13. Dificultad por ausencia

Nota: Imagen sobre la dificultad de no atender el riego por ausencia

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos con respecto a la dificultad que representa atender el riego cuando sucede una emergencia son los siguientes, representando un 88% de los encuestados que el estar ausentes les es difícil poder atender sus cultivos en casos donde deban ausentarse, ese 12% son de agricultores que tienen familiares o trabajadores que puedan encargarse. Estos resultados son preocupantes ya que el no poder realizar el riego de dichos cultivos puede generar pérdidas de inversiones significativas o tener que depender de estar presencialmente en la finca para realizar dicha actividad.

Con eso podemos decir que el hecho de tener un sistema automatizado ya no solo nos daría más tiempo para actividades diarias, sino que podríamos salir por días de la finca sin la preocupación de tener que regar los cultivos y perder la inversión aplicada para los cultivos.

3.5.5. Pregunta 5

Ilustración 14. *Interpretación de la utilidad de poder controlar el riego a través del móvil*

Si pudiera controlar el riego de forma remota (desde su celular), ¿Qué tan útil lo considera para su finca?

25 respuestas

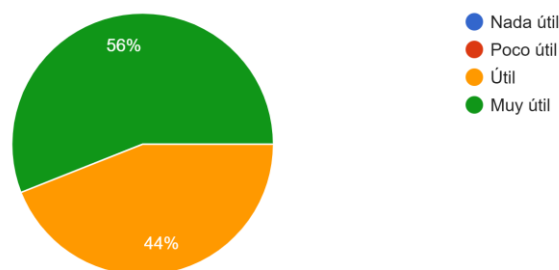


Ilustración 14. Utilidad del riego remoto

Nota: *Imagen sobre la utilidad que se plantea mediante el riego remoto*

Fuente: *Elaboración propia*

Esta pregunta está destinada para conocer si realmente los agricultores les gustaría tener un sistema que les permita realizar el riego automatizado, obteniendo un 100% de aceptación siendo que verían útil o muy útil tener dicho sistema, es importante saber que hasta los agricultores que tienen trabajadores quienes se hagan cargo del riego ven útil el sistema ya que podría representar menos manos de obra o que esa mano de obra pueda realizar otras actividades dentro de la finca.

3.5.6. Pregunta 6

Ilustración 15. Interpretación sobre la optimización del agua con un sistema automatizado

¿Cuál sería el impacto económico esperado si optimiza el uso del agua con un sistema automatizado?

25 respuestas

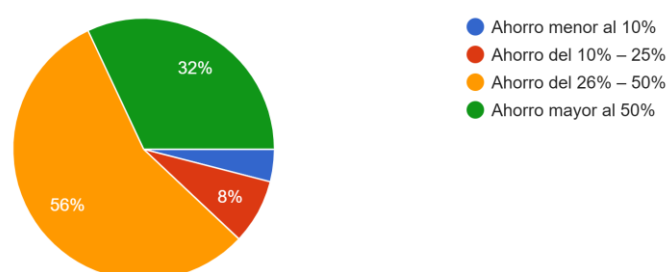


Ilustración 15. Optimización del agua con un sistema automatizado

Nota: Imagen sobre el impacto económico por el uso del agua con un sistema automatizado

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al impacto económico que puede representar el uso del sistema, queríamos saber cuánto pensaron que sería el ahorro en consumo de agua:

- Representando el 56% siendo catorce encuestados, consideran que ahorrarían entre un 26% y 50% en gastos por realizar el riego de los cultivos.
- Representando el 32% siendo 8 encuestados, consideran que ahorrarían un 50% en gastos por realizar el riego de los cultivos.

- Representando el 8% siendo 2 encuestados, consideran que ahorrarían entre un 26% y 50% en gastos por realizar el riego de los cultivos.
- Representando el 4% siendo un encuestado, considera que el ahorro sería menor al 10% por realizar el riego de los cultivos.

Estos resultados demuestran para los agricultores consideran que al realizar el riego manual se desperdicia mucha agua, y al tener un sistema encargado de gestionar el riego les puede dar la seguridad de tener un ahorro considerable de dinero.

3.5.7. Pregunta 7

Ilustración 16. Interpretación sobre el gasto mensual para mano de obra

Actualmente, cuánto gasta mensualmente en mano de obra destinada al riego?
25 respuestas

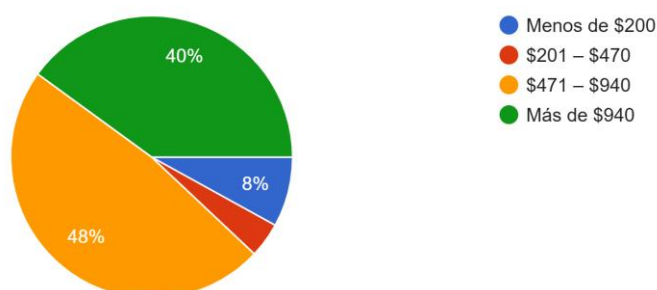


Ilustración 16. Gasto mensual destinado a la mano de obra para el riego

Nota: Imagen sobre el tiempo gasto mensual para mano de obra

Fuente: Elaboración propia

Los datos por gasto mensual destinado en mano de obra para el riego son considerables, teniendo en cuenta que mayoría gastan más de \$471 dólares mensuales, esta cifra nos generó curiosidad y lo que resulta es que las personas contratadas no solo se dedican al riego del cultivo, sino que muchos deben alimentar animales, recoger cosechas no existe una persona solo dedicada a esa actividad. Obtuvimos un pequeño porcentaje de personas que gastan menos de \$471 dólares e incluyo dos casos donde el gasto es inferior a \$200 dólares, consultamos cual

era el factor para gastar poco y tenía varias razones como el tamaño de la finca, los trabajadores eran familiares o estaban aprendiendo del rubro.

Estos datos nos podrían confirmar que tener el sistema de riego automatizado podría significar un ahorro en el gasto mensual de empleados de la finca o poder hacer que los trabajadores se dediquen a realizar otras actividades para poder terminar su día de trabajo antes de tiempo.

3.5.8. Pregunta 8

Ilustración 17. Interpretación sobre el posible aumento de productividad

Si el sistema de riego automatizado remoto mejora la producción de limones en un 20%-30%, estaría dispuesto a implementarlo en su finca?

25 respuestas

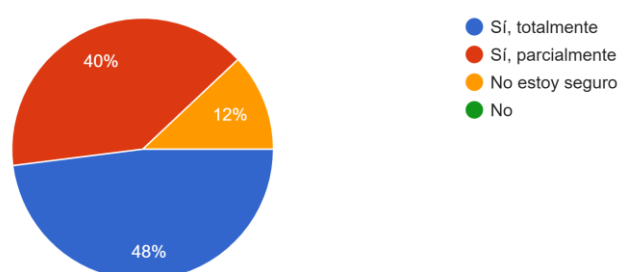


Ilustración 17. Interpretación sobre el posible aumento de productividad

Nota: Imagen sobre la aceptación de la implementación del sistema de riego automatizado

Fuente: Elaboración propia

Finalmente queríamos conocer el interés de los agricultores por tener un sistema automatizado de riego remoto si la mejora en producción y ahorro de recursos sea entre un 20% a 30%. Los valores obtenidos son muy alentadores, siendo que la mayoría estaría de acuerdo por optar un sistema de riego automatizado.

Preguntando personalmente por ese 12% que no estaría seguro por tener el sistema obtuvimos respuestas variadas, como que el sistema suena muy complicado, que ya tienen una edad y la tecnología no les gusta, que prefieren realizar sus actividades como siempre lo han

hecho, ese es uno de los desafíos más grandes de la innovación tecnológica el rechazo al cambio, tenemos la esperanza que este sistema sirva de ejemplo y les permita a las personas optar por un sistema que le ayude a mejorar su calidad de vida, optimice sus recursos y tiempo.

conclusión, este resultado valida la pertinencia de la propuesta tecnológica planteada en la investigación, ya que demuestra que los agricultores están predispuestos a adoptar un sistema de riego automatizado remoto siempre que represente mejoras productivas claras, consolidando así la viabilidad y el impacto esperado del proyecto.

CAPITULO IV

4. Marco Propositivo

4.1. Introducción

En el presente capítulo se expone una propuesta técnica orientada a mejorar el proceso de riego que actualmente se realiza de forma manual en la finca El Pasaje. La solución planteada busca modernizar este procedimiento mediante la incorporación de un sistema automatizado que permita un uso más eficiente del agua y una gestión más adecuada del riego, minimizando la dependencia de la intervención humana. La propuesta surge a partir del análisis de las necesidades identificadas a lo largo de la investigación y se enfoca en superar las limitaciones observadas, como el desperdicio del recurso hídrico, el esfuerzo físico requerido para la operación del sistema y la falta de control preciso sobre las condiciones del entorno, contribuyendo así a una práctica agrícola más eficiente y sostenible.

4.2. Descripción de la propuesta

El sistema de riego automatizado propuesto toma de referencia a los principios y tecnologías analizadas en el marco teórico integrando sensores, dispositivos de control y mecanismos de comunicación para lograr una gestión eficiente del riego en la finca “El Pasaje”. A partir de la medición en tiempo real de la humedad del suelo mediante los sensores, el sistema es capaz de poder activar o detener el riego en caso de tener valores de humedad excesivamente altos o bajos y enviar esta información a los dispositivos de control, los cuales obtienen los datos y determinan las acciones correspondientes. Este enfoque permite que el riego se realice únicamente cuando es necesario.

La automatización del sistema se apoya en el uso de un autómata programable y un microcontrolador, encargados de controlar la activación de la bomba y las electroválvulas, asegurando un suministro adecuado y oportuno de agua. Estos componentes trabajan de forma

conjunta para ejecutar las tareas de riego de manera confiable y continua, reduciendo la intervención manual y minimizando los errores asociados a los métodos tradicionales. De esta manera, se optimiza el tiempo del personal encargado y se mejora la eficiencia operativa del sistema.

Ilustración 18. *Arquitectura de la solución presentada.*

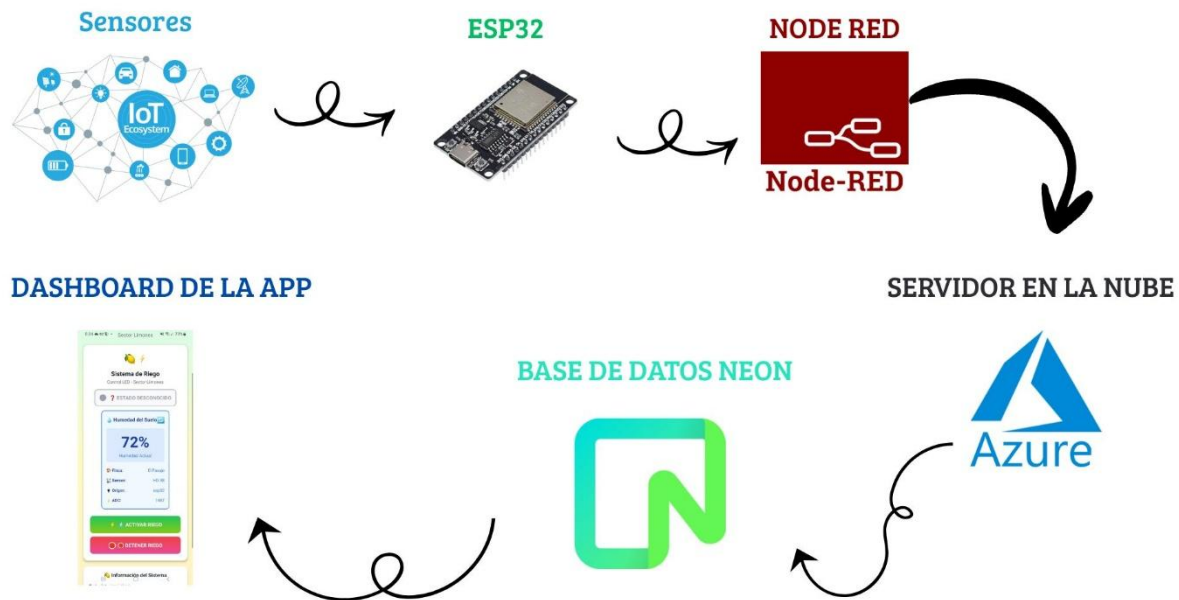


Ilustración 18. Arquitectura de la solución presentada

Nota: Imagen sobre el tipo de arquitectura que se presenta en este trabajo de integración curricular

Fuente: elaboración propia de los autores

La incorporación de una arquitectura basada en IoT permite el monitoreo y control remoto del sistema a través de una aplicación móvil que tiene debajo una comunicación entre servidores esenciales para su correcto funcionamiento. Mediante el uso de protocolos de comunicación, es posible visualizar en tiempo real el estado actual del riego y las condiciones del suelo gracias a los sensores de humedad.

4.3. Determinación de Recursos

4.3.1. Humanos

En esta etapa se conformó un equipo de trabajo para la realización de la planificación, implementación y control de las diferentes fases del trabajo, lo que garantiza una correcta organización de actividades y el cumplimiento de las actividades planteadas. La asignación de funciones específicas permitió optimizar tiempo necesario para poder desarrollar la propuesta del trabajo así como también permitió facilitar la toma de decisiones y asegurar el desarrollo ordenado de cada etapa, contribuyendo al avance eficiente.

Tabla 1: Recursos humanos y cargo

RECURSOS	CARGO
Castro Macias Michael Ruperto Padilla Espinar Carlos Jampierre	Autores sobre el trabajo de titulación sobre el tema, automatización de un sistema de riego con control y monitoreo remoto mediante un autómata programable para el mejoramiento de los cultivos de limón en la finca “el pasaje” de la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo
Ingeniero Mero Briones Henry Neurio	Guía de los autores.

Tabla 1. Recursos Humanos y cargo

Nota: tabla sobre los recursos humanos y el cargo que desempeñan

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

4.3.2. Tecnológico

En la siguiente tabla se van a presentar los recursos tecnológicos utilizados en la realización de este trabajo de integración curricular.

Tabla 2: Recursos tecnológicos y su funcionamiento

RECURSOS	FUNCION DEL RECURSO
Autómata programable (PLC)	Controlar y coordinar el funcionamiento del sistema de riego, procesando las señales de entrada y activando los dispositivos de salida según la lógica programada.
Microcontrolador ESP32-WROOM-32	Adquirir datos de los sensores y permitir la comunicación inalámbrica con la plataforma IoT para el monitoreo del sistema.
Sensor de humedad HD-38	Medir el nivel de humedad del suelo.
Bomba eléctrica de agua 2 HP	Proporcionar la presión necesaria para el suministro eficiente del agua
Protocolo MQTT	Facilitar la transmisión de datos entre los dispositivos locales
WebSocket	Permitir la comunicación en tiempo real entre el servidor en la nube, el servidor local y la aplicación móvil.
Servidor físico con Ubuntu y Node-RED	Gestionar el procesamiento local de datos, la integración de dispositivo
Servidor en la nube (Microsoft Azure)	Para alojar el backend con las rutas determinadas para su correcto funcionamiento
Aplicación móvil en React Native	Framework en donde se desarrollo el aplicativo móvil con las interfaces amigables para el usuario
Base de datos Neon (PostgreSQL)	Almacenar de forma segura los datos históricos de sensores, eventos del sistema y registros de operación.

Tabla 2. Recursos tecnológicos y su funcionamiento

Nota: tabla sobre los recursos tecnológicos y su descripción

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

4.3.3. Económicos

En la siguiente tabla se pueden observar los valores de cada producto que se tuvo que comprar para el desarrollo de este trabajo de integración curricular:

Tabla 3: Recursos económicos para el tablero

#	Descripción	Costo
1	LOGO PLC	181.56
2	LUZ PILOTO LED 22MM ROJA	1.05
3	LUZ PILOTO LED 22MM VERDE	0.99
4	PULSADOR ROJO PLASTICO	2.14
5	PULSADOR VERDE PLASTICO	2.17
6	SELECTOR 3P PLASTICO	1.96
7	RIEL OMEGA 1MT	1.21
8	CANAleta	4.59
9	RELAY 8 PINES * 4	15.79
10	BASE DEL RELAY * 4	4.17
11	TABLERO METALICO 40*40	35.01
12	BROCA CONICA ESCALONADA	12.90

13	TOTAL	263.54
-----------	--------------	---------------

Tabla 3. Recursos económicos para el tablero

Nota: tabla sobre los recursos económicos para la elaboración del tablero

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

En la tabla anterior se presentan los valores correspondientes a los materiales y componentes utilizados para la construcción del tablero eléctrico, esta información permite estimar el costo total de implementación del sistema. En el tablero eléctrico se instalará el PLC y los elementos de control necesarios, desde donde se podrá gestionar el sistema de riego de manera manual mediante un selector, garantizando una operación básica incluso en ausencia del control automatizado.

Tabla 4: Recursos económicos para la implementación del sistema de riego

#	Descripción	Costo
1	PIQUETA INUN * 650	156.00
2	MANGUERA 16MM * 2	126.00
3	MANGUERA 4-6MM * 3	75.00
4	BOMBA RONG LONG	344.00
5	ACOPLE RAPIDO ALU 2 D EPULGADAS	4.90
6	CODO HG 2 DE PULGADAS	7.39
7	NEPLO HG 2 DE PULGADAS X 3 DE PULGADAS	4.78
8	CABLE CONCENTRICO 2X10 METROS	70.43
9	TEE 50 MM PVC	5.40

10	VALVULA 50MM	36.79
11	CONECTOR INICIAL 16 MM	16.00
12	TAPON ANILLAR 16 MM	16.00
13	MANGUERA FLEX 2"	99.00
14	ADAPTADOR FELX M 2"	6.00
15	VALVULA ROSACADA 2"	19.13
16	PEGA PVC WELDON	16.52
17	TOTAL	1003.34

Tabla 4. Recursos económicos destinados para la implementación del sistema de riego

Nota: tabla sobre los recursos económicos para la implementación del sistema de riego

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

En la tabla presentada anteriormente se detallan los recursos económicos destinados para la implementación del sistema de riego.

4.4. Etapas operativas para el desarrollo de la propuesta

4.4.1. Enfoques metodológicos empleados en el desarrollo de la propuesta

Para el desarrollo del sistema de riego automatizado se adoptó la metodología de Programación Extrema (XP), debido a su enfoque flexible y orientado a la mejora continua del producto. Esta metodología permitió trabajar por incrementos funcionales, facilitando la adaptación a los cambios que surgieron durante la implementación del sistema, especialmente en la integración de sensores, dispositivos de control y herramientas de monitoreo. A diferencia de metodologías más rígidas, XP permitió priorizar el funcionamiento real del sistema y realizar ajustes progresivos conforme se evaluaban los resultados obtenidos en campo.

4.4.1.1. Fase de inicio

En la fase inicial se realizó un levantamiento general de información sobre el proceso de riego manual que se venía realizando en la finca El Pasaje, identificando las principales limitaciones relacionadas con el uso del agua y el esfuerzo requerido para su operación. A partir de este análisis se definieron las funcionalidades básicas que debía cumplir el sistema automatizado, como la medición de la humedad del suelo, el control de la bomba de agua y la activación de las electroválvulas. Estas necesidades fueron planteadas como requerimientos iniciales, los cuales sirvieron como base para el desarrollo progresivo del sistema.

4.4.1.2. Fase de planificación y estimación

Con los requisitos determinados se comenzó a desarrollar el sistema en pequeñas secciones dando como prioridad las funciones más importantes y complicadas para el correcto funcionamiento del riego automatizado. En esta etapa se determinó el tiempo y los recursos necesarios para integrar los sensores, el PLC, los dispositivos de control y las plataformas de monitoreo. La planificación se realizó de manera amigable, permitiendo reajustar actividades conforme se obtenían respuestas del comportamiento del sistema durante las primeras pruebas.

Materiales físicos y componentes electrónicos:

- ESP WROM 32: Para la comunicación local de los sensores y el envío de datos mediante MQTT hacia el servidor local.
- PC con Ubuntu server: Servidor físico utilizado para manejar la comunicación con la VPS.
- Sensor:
 - HD-38: Sensor higrómetro necesario para poder medir la humedad en la tierra.
- Bomba de agua eléctrica: Necesaria para la repartición efectiva del recurso hídrico.

Herramientas de desarrollo y software

- Node-RED: Es un Framework de desarrollo visual de para la automatización de actividades mediante el uso de flujos de trabajo.
- Librerías: Conjunto de librerías para poder elaborar el proyecto de una manera adecuada, incluyendo las necesarias para la comunicación del servidor físico y el PLC, así como también las requeridas para la programación del ESP32.

4.4.1.3. Fase de implementación

Durante la fase de implementación se llevó a cabo la integración paso a paso de los todos los componentes del tiene el sistema. Se calibraron los sensores para la captura de datos de la humedad del suelo y se programó el PLC para responder de acuerdo con las condiciones detectadas. Cada parte fue probada individualmente antes de ser integrado al sistema completo, lo que permitió identificar ciertos fallos y realizar correcciones sin que afecte al todo el sistema.

Montaje del hardware:

- En primer lugar, se procedió con la instalación de los sensores de humedad HD-38 dentro de la finca.
- Se procedió a configurar el microcontrolador ESP32 programado para que enviase los datos mediante MQTT hacia el servidor local.
- El tablero quedó instalado directamente en la finca con el fin de centralizar la comunicación y el control del sistema de riego.

Desarrollo de software:

- Gracias al uso del framework de Node-RED, se diseñó un flujo que permite la comunicación por websocket hacia una VPS en azure que funciona como nuestra backend, en ese flujo se definen las activaciones de las marcas.

- Se configuro una vps en azure conectada al servidor local mediante una vpn y poder realizar el consumo correcto de nuestro api que se está ejecutando directamente en nuestra vps.
- Como base de datos estamos utilizando una en neon que tiene de base a postgresql.

Configuración de la conectividad

- Se implementaron protocolos de comunicación basados en MQTT asegurando la comunicación efectiva entre el microcontrolador esq32 y el flujo de trabajo de node-red.
- La comunicación entre el servidor físico y el servidor en la nube se realiza mediante una conexión por VPN gracias a wireguard; así mismo, se trabaja con un protocolo de comunicación basado en WebSocket para poder determinar el estado que se envía para encender las marcas del PLC y el estado de las bombas.

Pruebas iniciales

- Se realizaron pruebas para poder verificar el correcto funcionamiento del envío de los datos del sensor, el encendido de las marcas del PLC y el estado de la bomba que se lee mediante la salida del PLC Q1.
- Dentro de las pruebas se verifico que el encendido se realice efectivamente cuando la humedad del suelo llegue a un punto específico.

4.4.1.4. Fase de verificación

En esta fase se realizaron pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del sistema de riego, se verificó la precisión de los datos obtenidos por los sensores, la respuesta del sistema ante diferentes niveles de humedad y el correcto funcionamiento de la bomba. Estas

pruebas permitieron evaluar el desempeño general del sistema para poder realizar ajustes en la programación y configuración de los dispositivos.

4.4.1.5. Fase de despliegue

E sistema fue puesto en funcionamiento en la finca cunado se verifico directamente su correcto funcionamiento, además se supervisó el comportamiento del sistema durante su operación, verificando que el riego se ejecutara si la humedad del suelo llegaba a un valor mínimo determinado. Gracias al enfoque incremental de la metodología XP, el sistema quedó preparado para futuras mejoras, permitiendo su adaptación a nuevas necesidades sin requerir cambios significativos.

4.4.2. Aplicación de la metodología

Tabla 5: *Equipo de proyecto*

Nombre de proyecto:	Automatización de un sistema de riego con control y monitoreo remoto mediante un autómata programable para el mejoramiento de los cultivos de limón en la finca “el pasaje” de la parroquia Alajuela del cantón Portoviejo
Roles	
Desarrolladores	Castro Macias Michael Ruperto Padilla Espinar Carlos Jampierre
Tutor del trabajo de titulación	Ingeniero Mero Briones Henry Neurio

Tabla 5. Equito de trabajo para el proyecto

Nota: *tabla sobre los recursos económicos para la implementación del sistema de riego*

Fuente: *Elaboración propia por los Autores.*

4.4.2.1. Fase preliminar del proyecto

4.4.2.2. Gestión de Identidad y Seguridad

El objetivo de esta época es podernos asegurar que el sistema restrinja el acceso a las funciones de control críticas del sistema.

Tabla 6. *Historia de Usuario 1*

ID: US-01		Autenticación de Usuario
Estimación: 3 pts	Prioridad: Alta	
Como	Usuario del Sistema.	
Quiero	Autenticarme con mi usuario y contraseña de forma segura.	
Para	Evitar accesos no autorizados y que puedan manipular el sistema de riego.	

Tabla 6. Historia de usuario 1

Nota: *tabla sobre la definición de la historia de usuario 1*

Fuente: *Elaboración propia por los Autores.*

Tabla 7. *Criterios de aceptación CA1*

Criterios de Aceptación		
Área encargada		Descripción
[x]	BackEnd	El endpoint “/login” valida el usuario y contraseña en la tabla “users”
[x]	BackEnd	Se deberá generar un JWT TOKEN el cual estará valido por 24 horas si el login fué exitoso.
[x]	Mobile	La pantalla de login deberá bloquear el acceso si los campos están vacíos o si las credenciales ingresadas son incorrectas.

[x] Mobile

Se deberá mostrar una alerta que le permita al usuario identificar si el inicio de sesión fué exitoso o no.

Tabla 7. Criterios de aceptación CA1

Nota: tabla sobre los criterios de aceptación CA1

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

Ilustración 19. Endpoint para la ruta de Login

```
@app.route("/login", methods=["POST"])
def login():
    auth = request.get_json()
    if not auth:
        return make_response("Credenciales requeridas", 401)

    conn = get_db_connection()
    cur = conn.cursor()
    cur.execute("SELECT * FROM users WHERE username=%s", (auth["username"],))
    user = cur.fetchone()
    cur.close()
    conn.close()

    if not user or not check_password_hash(user[2], auth["password"]):
        return make_response("Credenciales inválidas", 401)

    token = jwt.encode(
        {
            "user": auth["username"],
            "exp": datetime.datetime.utcnow() + datetime.timedelta(hours=24)
        },
        app.config["SECRET_KEY"],
        algorithm="HS256"
    )

    return jsonify({"token": token})
```

Ilustración 19. Endpoint del Login

Nota: Imagen sobre el endpoint de login

Fuente: elaboración propia de los autores

Ilustración 20. Prueba de la ruta de login con un usuario de prueba

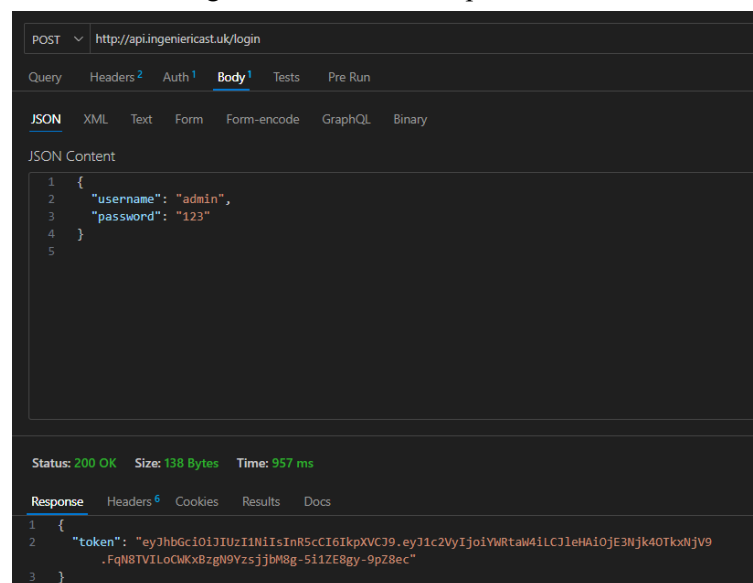


Ilustración 20. Prueba de la ruta Login

Nota: Imagen sobre el endpoint de login

Fuente: elaboración propia de los autores

Ilustración 21. Mensaje de error por conectividad de internet

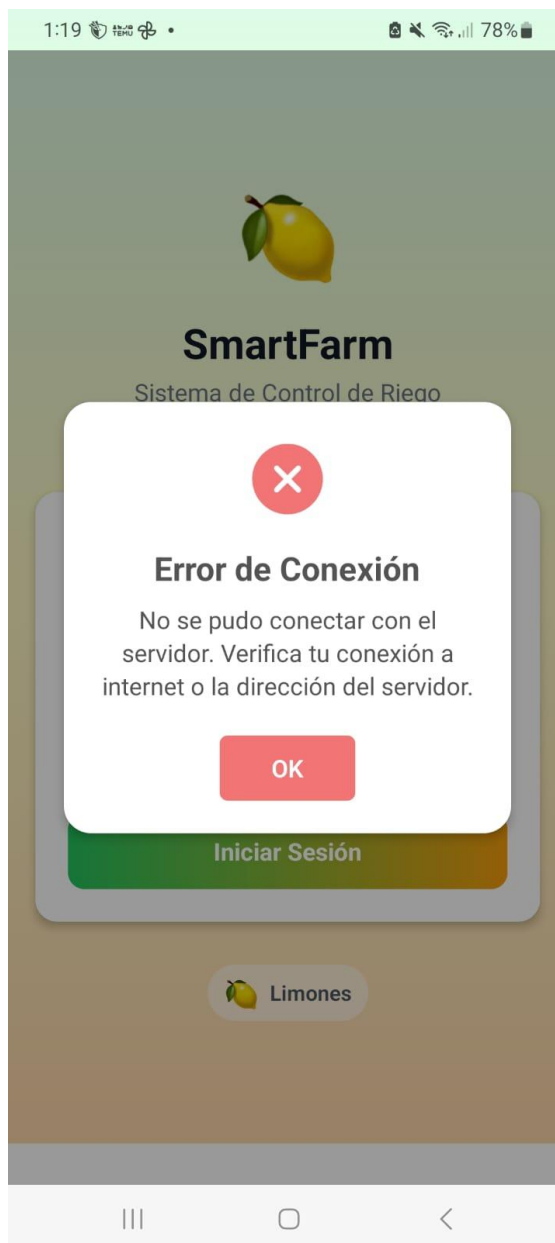


Ilustración 21. Error por falta de conectividad

Nota: Error de conexión por Internet

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 21 se muestra la alerta que recibe el usuario, al momento de querer iniciar sesión, pero no hay conexión con el servidor, ya sea porque no tiene conexión a internet o el servidor al que se realizan las consultas esté apagado o se haya caído por algún error.

Ilustración 22. Mensaje de error por la ubicación de credenciales incorrectas

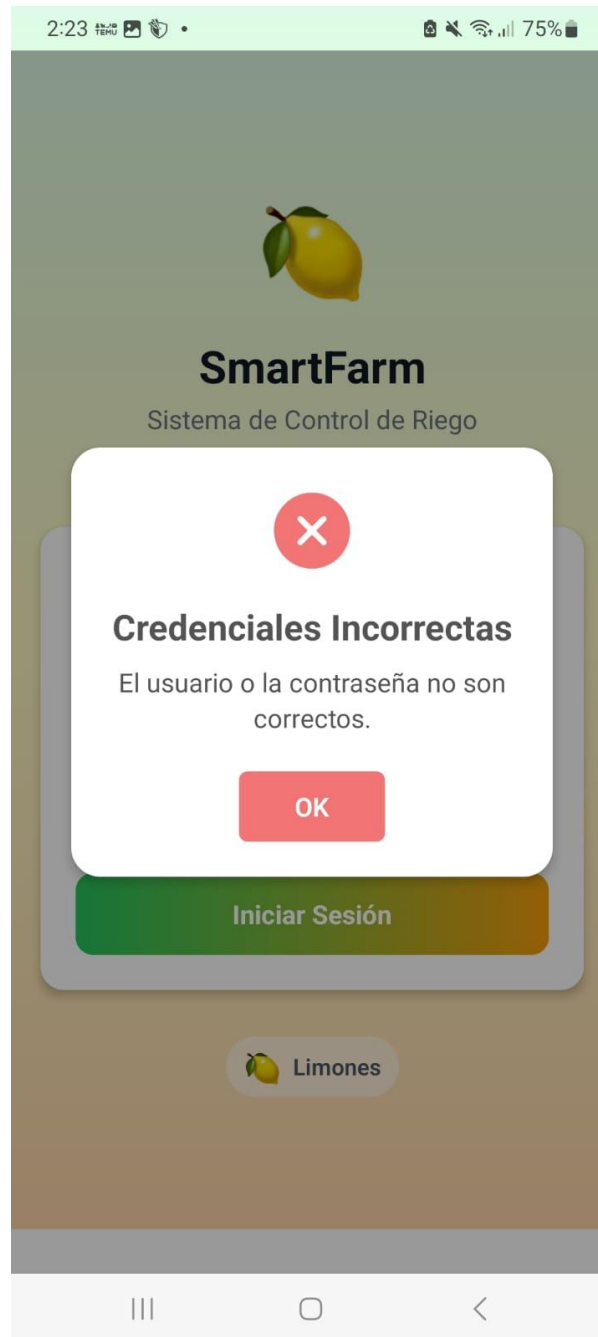


Ilustración 22. Error por credenciales incorrectas

Nota: Login fallido

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la imagen 22 se muestra la alerta que obtiene el usuario al momento de ingresar las credenciales equivocadas.

Ilustración 23. Inicio de sesión exitoso dentro de la aplicación móvil

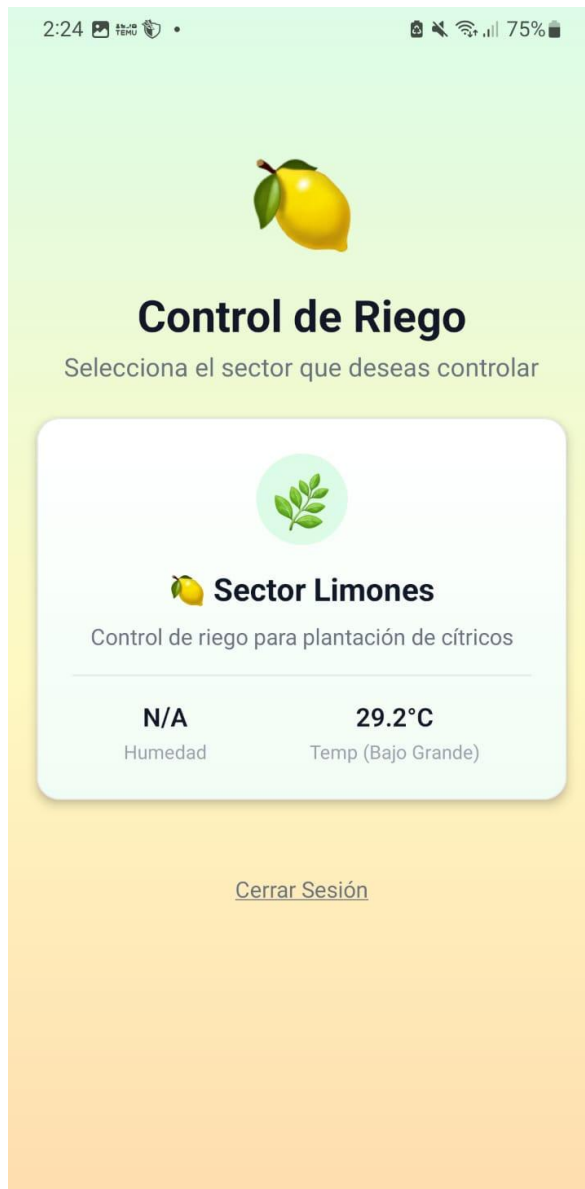


Ilustración 23. Inicio de sesión exitoso

Nota: Login exitoso

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 23 como estableció en US-03 si el usuario se le haría saber si inicio sesión correctamente entrando al menú principal para acceder al sistema.

Tabla 8. Historia de Usuario 2

ID: US-03		Persistencia de Sesión
Estimación: 2 pts	Prioridad: Media	
Como	Usuario	
Quiero	Mantener mi sesión iniciada sin importar si salgo de la aplicación y hago otras actividades en el celular.	
Para	Acceder al sistema de riego sin necesidad de logearme cada que abra la aplicación.	

Tabla 8. Historia de usuario 2

Nota: Tabla sobre la historia de usuario 2

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

Tabla 9. Criterios de aceptación CA2

Criterios de Aceptación	
Área encargada	Descripción
[x] Mobile	Se deberá guardar el token en “Expo Secure Store”.
[x] Mobile	Cuando el usuario abra la app se deberá verificar el token, en caso de no tenerlo guardado o haya expirado lo debe redigir al login, caso contrario lo redirige al menú principal.
[x] Mobile	La opción de Cerrar Sesión lo que hará es eliminar el token guardado y redirigir al login.

Tabla 9. Criterios de aceptación CA2

Nota: Tabla sobre los criterios de aceptación CA2

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

Si logra Iniciar sesión correctamente, lo que se hace es guardar el token gracias a “expo-secure-store”

Después, realizamos una función para saber si está autenticado o si su token ya ha expirado, caso contrario lo enviará al login para que el usuario no reciba alertas de errores porque no tiene permiso para realizar las peticiones al sistema, de esa forma nos aseguramos de que el usuario tenga una mejor experiencia al usar la app y no piense “Oh, esta aplicación está dañada”.

Pero, necesitamos un puente de comunicación entre la API y las screen por eso tenemos `authEvents.ts` si el servicio API detecta que el token ya no sirve activa el `emitlogout` para enviarlo al login.

4.4.2.3. Monitoreo y Telemetría

Tabla 10. Historia de usuario 3

ID: US-03	Dashboard de Sensores en Tiempo Real
Estimación: 8 pts	Prioridad: Alta
Como	Usuario
Quiero	Ver la humedad de mi finca al momento de abrir la aplicación
Para	Detectar si mi finca necesita ser regada

Tabla 10. Historia de usuario 3

Nota: Tabla sobre la historia de usuario 3

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

Tabla 11. Criterios de aceptación CA3

Criterios de Aceptación		
	Área encargada	Descripción
[x]	BackEnd	El servidor deberá emitir los eventos del sensor mediante vía websocket cuando lleguen los datos del ESP32
[x]	Mobile	El sistema se deberá conectar automáticamente al websocket al entra al Dashboard
[x]	Mobile	En el Dashboard se deberá mostrar el valor porcentual de la humedad
[x]	Mobile	Si no hay datos recientes, se debe mostrar un mensaje como “esperando datos” o “--%” para identificar que no se han obtenido datos.

Tabla 11. Criterios de aceptación CA3

Nota: Tabla sobre los criterios de aceptación CA3

Fuente: Elaboración propia por los Autores.

Ilustración 24. Lógica principal del código alojado en la vps

```
import threading
import time
import json
import os
import psycpg2
import jwt
import datetime
import requests
from flask import Flask, request, jsonify, make_response
from flask_cors import CORS
from werkzeug.security import check_password_hash
from functools import wraps
from dotenv import load_dotenv
from eventwebsocket import WebSocketServer, WebSocketApplication, Resource

# -----
# CONFIGURACIÓN INICIAL
# -----
load_dotenv()

app = Flask(__name__)
app.config["SECRET_KEY"] = os.getenv("SECRET_KEY")
DATABASE_URL = os.getenv("DATABASE_URL")

CORS(app, resources={r"/": {"origins": "*"}})

# ESTADOS GLOBALES
estado_pulsos = {1: "off", 2: "off", 3: "off", 4: "off"}

estado_bomba_actual = {
    "marca": None,
    "estado": None,
    "timestamp": None
}

ultimo_sensado = {
    "humedad_suelo": None,
    "adc": None,
    "sensor": None,
    "origen": None,
    "finca": None
}

MODE_RED_URL = "http://20.57.20.144:1880/pulse"
AUTO_DELAY = 1
REP_RATE = 41
```

Ilustración 24. Código del Backend

Fuente: Autoría propia de los autores

Ilustración 25. Definición de la base de datos y la autenticación por JWT

```
50 clients = set()
51
52 # -----
53 # BASE DE DATOS
54 # -----
55 def get_db_connection():
56     return psycpg2.connect(DATABASE_URL)
57
58 # -----
59 # JWT
60 # -----
61 def token_required(f):
62     @wraps(f)
63     def decorated(*args, **kwargs):
64         token = None
65
66         if "Authorization" in request.headers:
67             h = request.headers["Authorization"]
68             if h.startswith("Bearer "):
69                 token = h.split(" ")[1]
70
71         if not token:
72             return jsonify({"message": "Token faltante"}), 401
73
74         try:
75             jwt.decode(token, app.config["SECRET_KEY"], algorithms=["HS256"])
76         except Exception:
77             return jsonify({"message": "Token inválido"}), 401
78
79         return f(*args, **kwargs)
80
81     return decorated
82
83 # -----
84 # FUNCIONES AUXILIARES
85 # -----
86 def broadcast(message):
87     dead = []
88     for ws in clients:
89         try:
90             ws.send(json.dumps(message))
91         except Exception:
92             dead.append(ws)
93
94     for ws in dead:
95         clients.discard(ws)
```

Ilustración 25. Autenticación por JWT

Fuente: Autoría propia de los autores

Ilustración 26. Función de enviar pulso

```
97 def enviar_pulso(accion, pulse):
98     try:
99         requests.post(
100             NODE_RED_URL,
101             json={"accion": accion, "pulse": pulse},
102             timeout=3
103         )
104     except Exception:
105         pass
106
107 def apagar_pulso_despues(pulse, delay):
108     time.sleep(delay)
109     estado_pulsos[pulse] = "off"
110     enviar_pulso("off", pulse)
111     broadcast({"type": "pulsos", "data": estado_pulsos})
112
113 # -----
114 # FLASK ROUTES
115 # -----
116 @app.route("/login", methods=["POST"])
117 def login():
118     auth = request.get_json()
119     if not auth:
120         return make_response("Credenciales requeridas", 401)
121
122     conn = get_db_connection()
123     cur = conn.cursor()
124     cur.execute("SELECT * FROM users WHERE username=%s", (auth["username"],))
125     user = cur.fetchone()
126     cur.close()
127     conn.close()
128
129     if not user or not check_password_hash(user[2], auth["password"]):
130         return make_response("Credenciales inválidas", 401)
131
132     token = jwt.encode(
133         {
134             "user": auth["username"],
135             "exp": datetime.datetime.utcnow() + datetime.timedelta(hours=24)
136         },
137         app.config["SECRET_KEY"],
138         algorithm="HS256"
139     )
140
141     return jsonify({"token": token})
```

Ilustración 26. Envío de los pulsos

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 27. Apertura del websocket

```
143 @app.route("/api/pulse", methods=["POST"])
144 @token_required
145 def control_pulso():
146     data = request.get_json()
147     accion = data.get("accion")
148     pulse = data.get("pulse")
149
150     if accion not in ["on", "off"] or pulse not in estado_pulsos:
151         return jsonify({"error": "Datos inválidos"}), 400
152
153     estado_pulsos[pulse] = accion
154     broadcast({"type": "pulsos", "data": estado_pulsos})
155     enviar_pulso(accion, pulse)
156
157     if accion == "on":
158         threading.Thread(
159             target=apagar_pulso_despues,
160             args=(pulse, AUTO_DELAY),
161             daemon=True
162         ).start()
163
164     return jsonify({"estado": "ok"})
165
166 # -----
167 # WEBSOCKET
168 # -----
169 class PulsosWS(WebSocketApplication):
170     def on_open(self):
171         clients.add(self.ws)
172
173         self.ws.send(json.dumps({"type": "pulsos", "data": estado_pulsos}))
174         self.ws.send(json.dumps({"type": "estado_bomba", "data": estado_bomba_actual}))
175         self.ws.send(json.dumps({"type": "nuevo_sensor", "data": ultimo_sensado}))
176
177         print("🟢 WS cliente conectado")
178
179     def on_message(self, message):
180         global ultimo_sensado, estado_bomba_actual, estado_pulsos
181
182         if not message:
183             return
184
185         try:
186             data = json.loads(message)
187             msg_type = data.get("type")
188
```

Ilustración 27. Apertura del websocket

Fuente: Producción propia de los autores

Ilustración 28. Apartado para definir los datos del sensor

```
190 # ----- SENSOR -----
191 if msg_type == "update_sensor":
192     d = data.get("data", {})
193
194     try:
195         humedad = int(d.get("humedad_suelo"))
196     except Exception:
197         humedad = None
198
199     ultimo_sensado = {
200         "humedad_suelo": humedad,
201         "adc": d.get("adc"),
202         "sensor": d.get("sensor"),
203         "origen": d.get("origen"),
204         "finca": d.get("finca")
205     }
206
207     print("📡 WS + Sensor:", ultimo_sensado)
208
209     broadcast({
210         "type": "nuevo_sensor",
211         "data": ultimo_sensado
212     })
213
214     if humedad is not None and humedad < HUM_MIN:
215         estado_pulsos[4] = "on"
216         broadcast({"type": "pulses", "data": estado_pulsos})
217         enviar_pulso("on", 4)
218
219         threading.Thread(
220             target=apagar_pulso_despues,
221             args=(4, AUTO_DELAY),
222             daemon=True
223         ).start()
224
225 # ----- BOMBA -----
226 elif msg_type == "estado_bomba":
227     d = data.get("data", {})
228
229     estado_bomba_actual["marca"] = d.get("marca") or estado_bomba_actual["marca"]
230     estado_bomba_actual["estado"] = d.get("estado") or estado_bomba_actual["estado"]
231     estado_bomba_actual["timestamp"] = d.get("timestamp") or estado_bomba_actual["timestamp"]
232
233     broadcast({
234         "type": "estado_bomba",
235         "data": estado_bomba_actual
```

Ilustración 28. Datos del sensor por websocket

Fuente: Producción propia de los autores

Ilustración 29. Apartado final de websocket y el código del backend

```
237     print("WS + estado_bomba", estado_bomba_actual)
238
239     # ----- REQUEST -----
240     elif msg_type == "get_pulses":
241         self.ws.send(json.dumps({
242             "type": "pulses",
243             "data": estado_pulsos
244         }))
245
246     except Exception as e:
247         print("WS ERROR:", e)
248
249     def on_close(self, reason):
250         clients.discard(self.ws)
251         print("🔴 WS Cliente desconectado")
252
253     # ----- EJECUCIÓN (SOLO WireGuard) -----
254     if __name__ == "__main__":
255         server = WebSocketServer(
256             ("10.10.10.1", 5000), # 📡 SOLO IP DE WIREGUARD
257             Resource({
258                 "/ws": PulseWS,
259                 "/" : app
260             })
261         )
262
263         print("🔴 Backend Flask + WebSocket en 10.10.10.1:5000 (WireGuard)")
264         server.serve_forever()
```

Ilustración 29. Apartado final del websocket

Fuente: Autoría propia de los autores

Ilustración 30. Código del esp32

```
1  #include <Wifi.h>
2  #include <PubSubClient.h>
3
4  // =====
5  // WIFI
6  // =====
7  const char* WIFI_SSID = "LOGO_FINCA";
8  const char* WIFI_PASS = "hbmingenierias.2026";
9
10 // =====
11 // MQTT
12 // =====
13 const char* MQTT_BROKER = "192.168.100.24"; // IP del broker
14 const int MQTT_PORT = 1883;
15 const char* MQTT_TOPIC = "finca/elpasaje/sensores/hd38";
16 const char* MQTT_CLIENT_ID = "ESP32-HD38";
17
18 // =====
19 // SENSOR
20 // =====
21 #define PIN_SENSOR 34
22 #define SECO 4095
23 #define MOJADO 500
24
25 WiFiClient espClient;
26 PubSubClient mqttClient(espClient);
27
28 unsigned long lastSend = 0;
29
30 // =====
31 // WIFI
32 // =====
33 void conectarWifi() {
34     WiFi.mode(WIFI_STA);
35     WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
36
37     Serial.print("Conectando Wifi");
38     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
39         delay(500);
40         Serial.print(".");
41     }
42 }
```

Ilustración 30. Código del ESP32

Nota: sección del código del ESP32

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 31. Código del esp32

```
43     Serial.println("\nWifi conectado");
44     Serial.println(WiFi.localIP());
45 }
46
47 // =====
48 // MQTT
49 // =====
50 void conectarMQTT() {
51     while (!mqttClient.connected()) {
52         Serial.print("Conectando MQTT...");
53         if (mqttClient.connect(MQTT_CLIENT_ID)) {
54             Serial.println(" conectado");
55         } else {
56             Serial.print(" error, rc=");
57             Serial.print(mqttClient.state());
58             delay(3000);
59         }
60     }
61 }
62
63 // =====
64 // SENSOR
65 // =====
66 int leerHumedad(int &adcValue) {
67     adcValue = analogRead(PIN_SENSOR);
68
69     int humedad = (SECO - adcValue) * 100 / (SECO - MOJADO);
70     humedad = constrain(humedad, 0, 100);
71
72     return humedad;
73 }
74 ..
```

Ilustración 31. Código del ESP32

Nota: sección del código de ESP32

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 32. Código del esp32

```
75 // =====
76 // ENVIAR MQTT
77 // =====
78 void enviarDatosMQTT(int humedad, int adc) {
79
80     String json = "{";
81     json += "\"type\": \"update_sensor\", ";
82     json += "\"data\": {";
83     json += "\"humedad_suelo\": " + String(humedad) + ", ";
84     json += "\"adc\": " + String(adc) + ", ";
85     json += "\"sensor\": \"HD-38\", ";
86     json += "\"finca\": \"El Pasaje\", ";
87     json += "\"origen\": \"esp32\"";
88     json += "}";
89
90     mqttClient.publish(MQTT_TOPIC, json.c_str());
91     Serial.println(" MQTT enviado:");
92     Serial.println(json);
93 }
94
95 // =====
96 // SETUP
97 // =====
98 void setup() {
99     Serial.begin(115200);
100     delay(2000);
101
102     analogReadResolution(12);
103     analogSetAttenuation(ADC_11db);
104
105     conectarWiFi();
106
107     mqttClient.setServer(MQTT_BROKER, MQTT_PORT);
108 }
```

Ilustración 32. Fragmento del código del ESP32

Nota: sección del código de ESP32

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 33. Código del esp32

```
110 // =====
111 // LOOP
112 // =====
113 void loop() {
114
115     if (!mqttClient.connected()) {
116         conectarMQTT();
117     }
118     mqttClient.loop();
119
120     if (millis() - lastSend > 15000) {
121         lastSend = millis();
122
123         int adc;
124         int humedad = leerHumedad(adc);
125
126         if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
127             enviarDatosMQTT(humedad, adc);
128         }
129     }
130 }
```

Ilustración 33. Fragmento del código del ESP32

Nota: sección del código de ESP32

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 34. Flujo de node-red

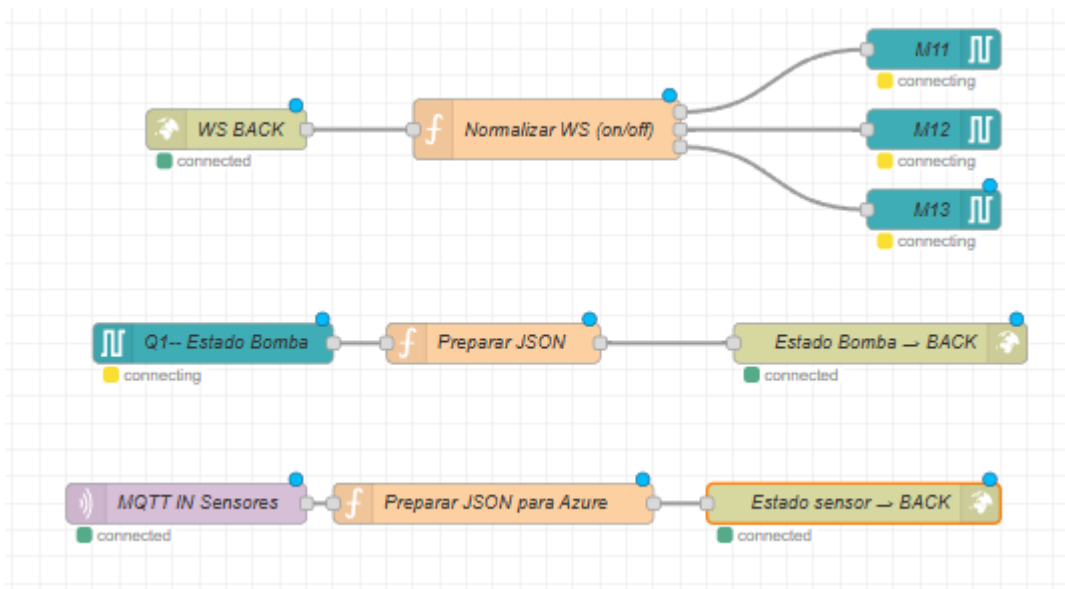


Ilustración 34. Flujo de node-red

Nota: sección del código de ESP32

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la ilustración anterior se presentó el flujo que se desarrolló con el framework de low-code de Node-RED en donde se puede visualizar los apartados de conexión por websocket, así mismo como las salidas a las marcas del PLC para poder encender la bomba. A continuación, se mostrará el código de la conexión al websocket de forma automática.

Lo primero que hacemos es construir la conexión al WebSocket y después dejamos definida la función de conexión a la misma, dejando los logs para tener conocimiento en caso de que haya ocurrido algo inesperado en la conexión.

Ya dejamos definida la función y la construcción, pero como sabemos si lo hace de forma automática, para eso al momento de hacer el login lo que se hace es llamar al servicio de Socket para realizar la conexión con el token generado.

Ilustración 35. Imagen de la app funcionando sin datos del sensor de humedad



Ilustración 35. APP funcionando sin el dato del sensor de humedad

Nota: Sin datos del Sensor

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la imagen anterior se demuestra que al no recibir los datos por parte del WebSocket, en el dashboard se muestra la humedad en "--%".

Tabla 12. Historia de usuario 4

ID: US-04	Visualización de Datos Climáticos
Estimación: 3 pts	Prioridad: Baja
Como	Usuario
Quiero	Conocer el la temperatura y el clima de la zona
Para	Complementar la información del sensor de humedad

Tabla 12. Historia de usuario 4

Nota: En la tabla anterior se muestra la historia de usuario 4

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 13. Criterios de aceptación CA4

Criterios de Aceptación		
	Área encargada	Descripción
[x]	Mobile	Consultar Api Externa (Open-Meteo) al ingresar al dashboard
[x]	Mobile	Mostrar la temperatura junto con los datos del sensor de humedad
[x]	Mobile	Mostrar el clima para tener conocimiento de si está despejado o lloviendo.

Tabla 13. Criterios de aceptación CA4

Nota: En la tabla anterior se muestran los criterios de aceptación CA4

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para obtener información sobre el clima y la temperatura, hemos optado por usar un API publica que nos proporciona dicha información, la API utilizada es la de OPEN-METEO de código abierto.

Ilustración 36. Imagen de la app funcionando con el dato del clima

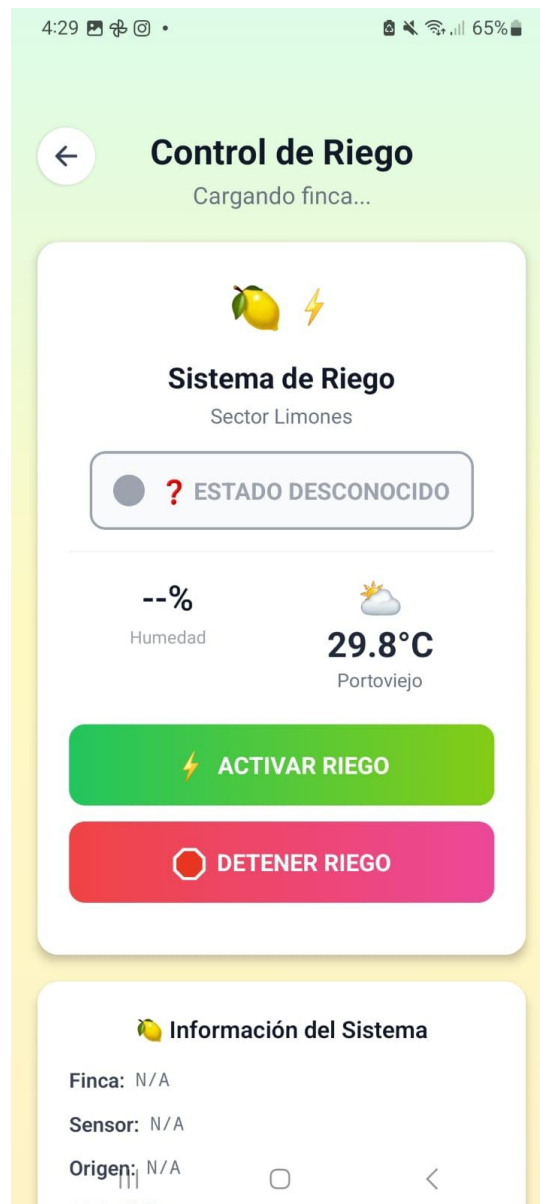


Ilustración 36. Datos del clima en la APP

Nota: Datos de clima

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 36, se muestra ya la temperatura del sector y el clima actual, gracias a OPEN-METEO, tal como se indica en la historia de usuario, al lado de la humedad.

Ilustración 37. Imagen de la app funcionando con el dato del clima

WMO Weather interpretation codes (WW)	
Code	Description
0	Clear sky
1, 2, 3	Mainly clear, partly cloudy, and overcast
45, 48	Fog and depositing rime fog
51, 53, 55	Drizzle: Light, moderate, and dense intensity
56, 57	Freezing Drizzle: Light and dense intensity
61, 63, 65	Rain: Slight, moderate and heavy intensity
66, 67	Freezing Rain: Light and heavy intensity
71, 73, 75	Snow fall: Slight, moderate, and heavy intensity
77	Snow grains
80, 81, 82	Rain showers: Slight, moderate, and violent
85, 86	Snow showers slight and heavy
95 *	Thunderstorm: Slight or moderate
96, 99 *	Thunderstorm with slight and heavy hail

Ilustración 37. Valores del clima

Nota: Valores del clima

Fuente: Documentación de Open-Meteo (Meteo, 2026)

En la Imagen 37 se muestran los códigos que nos proporciona Open-Meteo al realizar una petición, lo que debemos hacer es asignarle su descripción al español para el sistema.

Tabla 14. Historia de usuario 5

ID: US-05	Detalles Técnicos de Nodos
Estimación: 2 pts	Prioridad: Baja
Como	Tecnico de Mantenimiento
Quiero	Ver los detalles técnicos (ID Sensor, ADC, Origen)
Para	Identificar si el nodo fisico está reportando correctamente los datos al sistema

Tabla 14. Historia de usuario 5

Nota: Tabla que describe la historia de usuario 5

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 15. Criterios de aceptación CA5

Criterios de Aceptación	
Área encargada	Descripción
[x] Mobile	Panel donde se muestra la información de la Finca, Sensor, Valor de ADC en crudo y el valor transformado del ADC

Tabla 15. Criterios de aceptación CA5

Nota: Tabla que describe los criterios de aceptación CA5

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 38. Imagen de la app funcionando con los datos del sensor de humedad



Ilustración 38. Funcionamiento correcto de la app

Nota: Información del Sistema

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 38 se muestra el panel donde está la información obtenida directamente del websocket, para saber si se está haciendo el cálculo correcto de temperatura o en el caso de que se necesite la información del sensor, estará disponible el modelo por si necesita comprar uno nuevo o se quieran poner más sectores.

4.4.2.4. Control y Automatización

El objetivo de este tema es poder operar los actuadores de forma manual o automática.

Tabla 16. Historia de usuario 6

ID: US-06	Bombas
Estimación: 5 pts	Prioridad: Alta
Como	Usuario
Quiero	Tener botones para poder encender o apagar el riego manualmente.
Para	Intervenir en los regios cuando el usuario lo vea pertinente.

Tabla 16. Historia de usuario 6

Nota: Historia de usuario 6

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 17. Criterios de aceptación CA6

Criterios de Aceptación	
Área encargada	Descripción
[x] BackEnd	El endpoint recibe el comando para enviar la señal el Node-Red
[x] Mobile	Crear un botón de Activar el Riego que envía la petición

[x] Mobile

Botón Desactivar para detener el estado de la bomba de su estado actual.

Tabla 17. Criterios de aceptación CA6

Nota: Criterios de aceptación CA6

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 39. Imagen de la app funcionando con el botón de activar riego



Ilustración 39. Botón "Activar Riego"

Nota: Botón "Activar Riego"

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 39 se muestra el botón que nos permitirá Activar el Riego de la finca, activando la marca asignada al Node-Red. Con ello cumpliendo el segundo criterio de aceptación de US-06

Ilustración 40. Imagen de la app funcionando con el botón Detener Riego



Ilustración 40. Botón “Detener Riego”

Nota: Botón “Detener Riego”

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 40 se muestra el botón que nos permitirá Detener el Riego de la finca, activando la marca asignada al Node-Red. Con ello cumpliendo el segundo criterio de aceptación de US-06.

Ilustración 41. Imagen de la app funcionando con el botón Modo Automático



Ilustración 41. Botón “Modo Automático”

Nota: Botón “Modo Automático”

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 41 se muestra el botón que nos permitirá Activar el Riego Automático de la finca, activando la marca asignada al Node-Red. A continuación, se mostrará el código encargado de enviar las señales al Node-Red.

Tabla 18. Historia de usuario 7

ID: US-07	Feedback Visual de Estado
Estimación: 5 pts	Prioridad: Media
Como	Usuario
Quiero	Ver un indicador que me demuestre si la bomba realmente está encendida, apagada o si es que está en modo automático.
Para	Tener el conocimiento de si la acción realizada realmente se está ejecutando.

Tabla 18. Historia de usuario 7

Nota: Historia de usuario 7

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 19. Criterios de aceptación CA7

Criterios de Aceptación	
Área encargada	Descripción
[x] BackEnd	Broadcast de evento “estado_bomba” a todos los conectados al websocket
[x] Mobile	Led Virtual que cambia de color basado en el evento del websocket. Verde: Encendido Rojo: Detenido Naranja: Automático
[x] Mobile	Actualizar el estado de la bomba incluso si fué encendida de forma manual o automática, o desde una petición de prueba desde la BackEnd.

Tabla 19. Criterios de aceptación CA7

Nota: Criterios de aceptación CA7

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 42. Pulso de activación manual

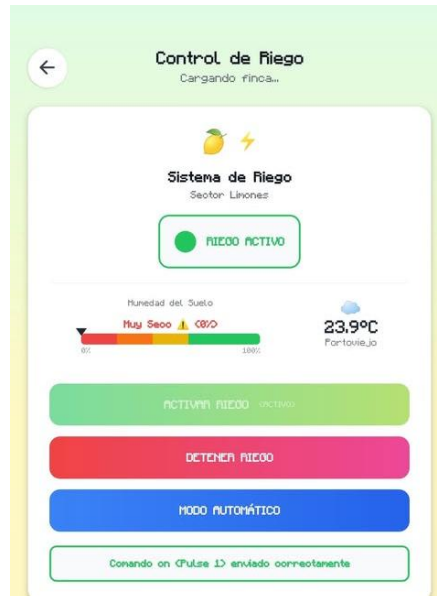


Ilustración 42. Cambio de evento Activar

Nota: Cambio de evento Activar

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 43. Pulso de detención manual

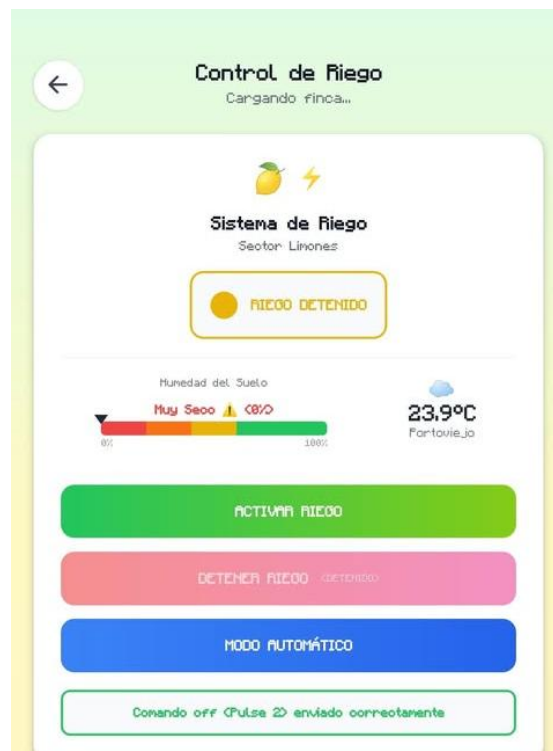


Ilustración 43. Cambio de evento Detener

Nota: Cambio de evento Detener

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 44. Pulso de modo automático



Ilustración 44. Cambio de evento Activar

Nota: Cambio de evento Activar

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 20. Historia de usuario 8

ID: US-08		Automatización por Umbral Crítico
Estimación: 8 pts	Prioridad: Media	
Como	Usuario	
Quiero	Que el sistema riegue por sí solo si la humedad de sensor está por un nivel inferior al 40%, si se activó el modo automático.	
Para	Poder salvar el cultivo en caso de descuidos o si el dueño de la finca debe salir por días y no puede dejar a alguien a cargo de esta.	

Tabla 20. Historia de usuario 8

Nota: Historia de usuario 8

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 21. Criterios de aceptación CA8

Criterios de Aceptación		
	Área encargada	Descripción
[x]	BackEnd	Lógica de monitoreo continuo del stream. Si la humedad es menor a 40% se activa el trigger del pulso de encendido de marca.
[x]	Mobile	El usuario desde la app puede ver que el estado cambia a activo sin necesidad de cambiar nada en el sistema al entrar al dashboard.

Tabla 21. Criterios de aceptación CA8

Nota: Criterios de aceptación CA8

Fuente: Elaboración propia de los autores

4.4.2.5. RESILENCIA MOVIL

Este tema está destinado a la experiencia del usuario, priorizando una aplicación tolerante a los fallos del sistema.

Tabla 22. Historia de usuario 9

ID: US-09	Desconexión
Estimación: 3 pts	Prioridad: Media
Como	Usuario
Quiero	Ser notificado si pierdo conexión con el servidor en las peticiones
Para	No intentar interactuar con la aplicación y enviar comandos que sé con antelación que fallarán.

Tabla 22. Historia de usuario 9

Nota: Historia de usuario 9

Fuente: Elaboración propia de los autores

Tabla 23. Criterios de aceptación CA9

Criterios de Aceptación		
Área encargada		Descripción
[x]	Mobile	Interceptores que detectarán fallos de red y muestran la alerta nativa
[x]	Mobile	Intentar reconectar el Websocket de automáticamente al ocurrir una interrupción.

Tabla 23. Criterios de aceptación CA9

Nota: Criterios de aceptación CA9

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 45. Error de peticiones en la app

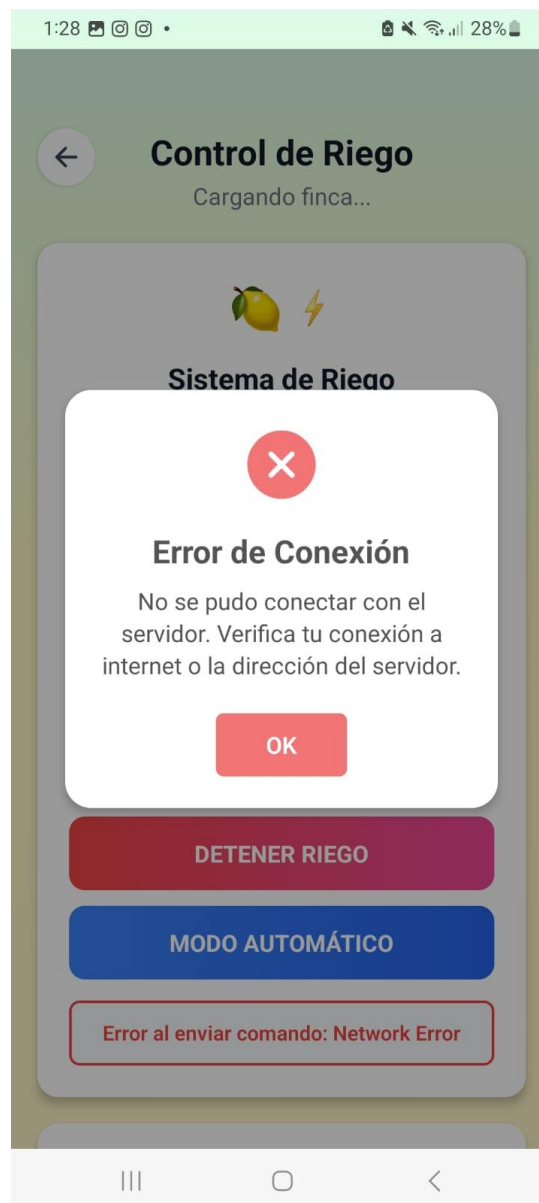


Ilustración 45. Error de Peticiones

Nota: Error de Peticiones

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 45 se muestra la alerta cuando falla la petición cuando se presiona un botón de control, ahora comparto el código donde se interceptan los errores.

Ilustración 46. Logs websocket desde la app movil

```
LOG X WebSocket: Desconectado failed to connect to api.ingeniericast.uk/20.57.20.144 (port 80) from /192.168.1.2 (port 43778) after 1000ms
LOG I Intentando reconectar...
LOG A WebSocket Error: {"bubbles": false, "cancelable": false, "composed": false, "defaultPrevented": false, "timestamp": 687799926.302687, "type": "error", "Symbol(composedPath)": [{"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": [NativeEventEmitter], "socketId": 20, "subscriptions": [Array], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": [Map], "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": [Map]]], "Symbol(currentTarget)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 20, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(eventPhase)": 2, "Symbol(inPassiveListenerFlag)": false, "Symbol(isTrusted)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(target)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 20, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(Event.dispatch)": true}
LOG X WebSocket: Desconectado failed to connect to api.ingeniericast.uk/20.57.20.144 (port 80) from /192.168.1.2 (port 43780) after 1000ms
LOG I Intentando reconectar...
LOG A WebSocket Error: {"bubbles": false, "cancelable": false, "composed": false, "defaultPrevented": false, "timestamp": 687804939.264534, "type": "error", "Symbol(composedPath)": [{"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": [NativeEventEmitter], "socketId": 21, "subscriptions": [Array], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": [Map], "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": [Map]]], "Symbol(currentTarget)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 21, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(eventPhase)": 2, "Symbol(inPassiveListenerFlag)": false, "Symbol(isTrusted)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(target)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 21, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(Event.dispatch)": true}
LOG X WebSocket: Desconectado failed to connect to api.ingeniericast.uk/20.57.20.144 (port 80) from /192.168.1.2 (port 43782) after 1000ms
LOG I Intentando reconectar...
LOG A WebSocket Error: {"bubbles": false, "cancelable": false, "composed": false, "defaultPrevented": false, "timestamp": 687809959.503842, "type": "error", "Symbol(composedPath)": [{"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": [NativeEventEmitter], "socketId": 22, "subscriptions": [Array], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": [Map], "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": [Map]]], "Symbol(currentTarget)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 22, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(eventPhase)": 2, "Symbol(inPassiveListenerFlag)": false, "Symbol(isTrusted)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(target)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": {}, "socketId": 22, "subscriptions": [[Object], [Object], [Object], [Object]], "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniericast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}], "Symbol(Event.dispatch)": true}
LOG X WebSocket: Desconectado failed to connect to api.ingeniericast.uk/20.57.20.144 (port 80) from /192.168.1.2 (port 43784) after 1000ms
LOG I Intentando reconectar...
```

Ilustración 46. Terminal Logs

Nota: Terminal Logs

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Imagen 46 se muestran los logs de la conexión al WebSocket y su reconexión al momento de detectar que no hubo una conexión exitosa con la aplicación, de esta forma cumplimos el criterio de aceptación de la US-09. A continuación mostraré el código que se encarga de la reconexión.

Si logra conectarse lo que hace la conexión exitosa es detener el intervalo de la reconexión



CAPITULO V

5. Evaluación de Resultados

5.1. Introducción

En el desarrollo de este capítulo se van a exponer los resultados alcanzados que se encuentran en concordancia con los objetivos establecidos al inicio de la investigación. La aplicación del sistema de riego automatizado mediante un módulo PLC en la finca “El Pasaje” permitió analizar de manera concreta el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación, partiendo de la situación inicial del riego y de los requerimientos técnicos identificados para su automatización. Este proceso facilitó la validación de las decisiones tomadas durante el diseño y la implementación del proyecto.

La estructura del sistema integró el control local mediante Node-RED con el acceso remoto a través de la plataforma Microsoft Azure, lo que hizo posible supervisar el funcionamiento del riego y gestionar sus operaciones en tiempo real. El desarrollo de la lógica de control en el PLC aseguró una correcta activación de las bombas a partir de las señales generadas por sensores, pulsadores y comandos remotos, manteniendo un desempeño estable durante su funcionamiento. Las pruebas realizadas reflejaron mejoras en la eficiencia del uso del agua, una respuesta adecuada ante distintos escenarios de operación y una comunicación constante entre el servidor local y el entorno en la nube. El proceso de capacitación dirigido a los usuarios contribuyó a una apropiada comprensión del sistema, favoreciendo su correcta operación, el manejo del PLC y el uso de la plataforma remota, aspectos que resultan claves para la continuidad y el aprovechamiento del sistema implementado.

5.2. Presentación de resultados

En este apartado se presentan las metas alcanzadas durante la creación e implementación del sistema de riego automatizado. Los resultados se muestran en correspondencia con los objetivos planteados en la fase inicial de la investigación, con el fin de evidenciar el cumplimiento de cada uno de ellos y exhibir una visión clara del desempeño y funcionalidad del sistema.

Entre los resultados obtenidos se presentan los datos obtenidos mediante las pruebas realizadas, el análisis del rendimiento y las observaciones claras sobre la implementación realizada. Juntamente con la presentación de estos resultados, se busca validar la efectividad de la solución propuesta y proveer las conclusiones y futuras mejoras.

5.2.1. Resultados según los objetivos planteados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en función de los objetivos específicos planteados para esta investigación, en el contexto del desarrollo y la implementación del sistema de riego automatizado en la finca “El pasaje”.

Analizar las condiciones actuales del sistema de riego en la finca “El Pasaje” y los requerimientos técnicos necesarios para implementar un sistema automatizado.

El realizar este análisis nos permitió conocer cuál era el proceso utilizado en la finca, el cual se realizaba mayormente de forma manual, dicho proceso tiene un control limitado ya que se debe abrir la llave de paso, verificar que sale el agua, llevar la manguera a los cultivos para regarlos y tener que regresar a cerrar la llave de paso, esto nos da evidencia que no solo se tiene que recorrer una distancia considerable, sino que al momento de regresar a cerrar la llave de paso se desperdicia el agua, tampoco se tiene un indicador que nos permita saber si la humedad del suelo es la indicada para realizar el riego o es innecesario.

Los resultados obtenidos demuestran que el análisis realizado fue adecuado para comprender el estado actual del sistema de riego y definir las necesidades técnicas del proyecto.

La información recopilada sirvió como base para el diseño del sistema automatizado, permitiendo establecer una solución acorde a las condiciones reales de la finca.

Ilustración 47. Log de la activación de la bomba



Ilustración 47. Fotos de las tuberías instaladas

Nota: Fotos de las tuberías instaladas

Fuente: Elaboración propia de los autores

Diseñar la arquitectura del sistema de riego automatizado, incluyendo la comunicación local mediante Node-RED y la integración con la plataforma Microsoft Azure para control remoto.

Resultado: La arquitectura propuesta para el sistema de riego fue diseñada para tener una estructura tanto clara como funcional para tener un control y poder monitorear la misma. Optamos por una comunicación local mediante Node-Red para la gestión de los datos y para el control de los componentes físicos de la finca, por otro lado, la integración con Microsoft Azure no ayudó con el acceso remoto a dicha información y el control del sistema en tiempo real.

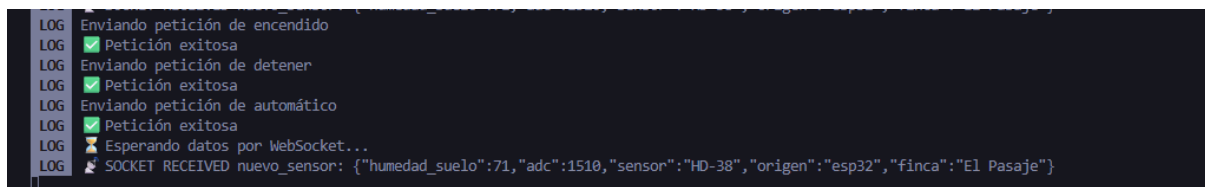
Evaluación: Obtuvimos resultados satisfactorios con los requerimientos planificados, se garantizó la comunicación estable entre los componentes del sistema. La integración entre ambos entornos (El local y el de la nube) nos permitió confirmar que se cumpla este objetivo, ya que logramos que el control remoto funcional y un monitoreo continuo del mismo.

Programar el módulo PLC para el control de las salidas para el encendido de las bombas a partir de las entradas del sistema; tales como sensores, pulsadores o comandos.

Resultado: La lógica aplicada a los módulos del PLC nos permitió tener el control necesario para el encendido y el apagado de las bombas de riego a partir de las señales recibidas de los sensores, pulsadores o comandos remotos. Con dicha lógica nos asegura que el funcionamiento automático y controlado del sistema dependiendo las condiciones planteadas de base.

Evaluación: El comportamiento observado durante la operación del sistema evidenció que la programación del PLC fue correcta y confiable. Las salidas respondieron de manera adecuada a las distintas entradas del sistema, cumpliendo con las condiciones de control definidas, lo que permitió considerar este objetivo como alcanzado.

Ilustración 48. Log de la activación de la bomba



```
LOG Enviando petición de encendido
LOG ✅ Petición exitosa
LOG Enviando petición de detener
LOG ✅ Petición exitosa
LOG Enviando petición de automático
LOG ✅ Petición exitosa
LOG ⌚ Esperando datos por WebSocket...
LOG 📡 SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":71,"adc":1510,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
```

Ilustración 48. Log de la activación de la bomba

Nota: Logs de activación

Fuente: Elaboración propia de los autores

Para la comprobación del resultado obtenido en la aplicación presionamos cada uno de los botones para comprobar que el cambio del estado haya sido exitoso, como se puede ver en la **Imagen 48**, se realizó de forma exitosa la ejecución de cada uno de los comandos al Node-Red.

Realizar pruebas de funcionamiento del sistema automatizado evaluando la eficiencia del riego, la respuesta del sistema y la estabilidad de la comunicación entre el servidor local y el servidor en la nube.

Terminada las pruebas recolectamos datos valiosos sobre el desempeño del sistema de riego automatizado. Evaluamos la eficiencia del uso del agua, la respuesta de este ante diferentes escenarios de operación y su estabilidad de comunicación entre el servidor local y la plataforma en la nube, dándonos a saber que los resultados son complemente favorables durante este periodo de pruebas

Evaluación: Los resultados obtenidos evidenciaron un funcionamiento estable del sistema y una comunicación confiable entre los distintos entornos. La respuesta del sistema fue adecuada ante las condiciones evaluadas, lo que permitió verificar la eficiencia del riego y confirmar el cumplimiento de este objetivo específico.

Ilustración 49. Pruebas del sensor



Ilustración 49. Pruebas del sensor

Nota: Ensamblaje del tablero

Fuente: Elaboración propia de los autores

Ilustración 50. Pruebas del sensor en el envío de datos

```
root@NodeRed-vm-copy: /opi x Windows PowerShell x + v
PS C:\Users\micha> wscat -c "ws://api.ingeniericast.uk/ws?token=eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.e
yJlc2VyIjoiaWRTaW4iLCJleHA1OjE3NjE3OTk5MjZ9.ks2K49WRDjiC2rAjwDD8F1TC0etMsi7WvdF749GTaj0"
Connected (press CTRL+C to quit)
< {"type": "pulses", "data": {"1": "off", "2": "off", "3": "off", "4": "off"}}
< {"type": "estado_bomba", "data": {"marca": null, "estado": null, "timestamp": null}}
< {"type": "nuevo_sensor", "data": {"humedad_suelo": null, "adc": null, "sensor": null, "origen": null,
  "finca": null}}
< {"type": "nuevo_sensor", "data": {"humedad_suelo": 69, "adc": 1614, "sensor": "HD-38", "origen": "es
p32", "finca": "El Pasaje"}}
< {"type": "nuevo_sensor", "data": {"humedad_suelo": 68, "adc": 1615, "sensor": "HD-38", "origen": "es
p32", "finca": "El Pasaje"}}
>
```

Ilustración 50. Pruebas del sensor en el envío de datos

Nota: Ensamblaje del tablero

Fuente: Elaboración propia de los autores

En las imágenes anteriores se muestran las pruebas que se realizaron al sensor para el envío correcto de los datos y su correcta recepción al Websocket.

Ilustración 51. Datos en la aplicación

```
LOG SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4095,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG Nuevo estado bomba: {"estado": "off", "marca": null, "timestamp": "2026-02-03T02:13:12.371Z"}
LOG SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4095,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4095,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG Nuevo estado bomba: {"estado": "on", "marca": null, "timestamp": "2026-02-03T02:13:51.702Z"}
LOG Nuevo estado bomba: {"estado": "off", "marca": null, "timestamp": "2026-02-03T02:13:57.131Z"}
LOG SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4095,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG ignore for controlPanel call
```

Ilustración 51. Datos en la aplicación

Nota: logs de datos recibidos en Reat Native

Fuente: Elaboración propia de los autores

Como se explicó en el capítulo anterior, lo que hace el aplicativo móvil es conectarse a dicho Websocket para recibir los datos pertinentes de los sensores y el estado de la bomba. En este caso lo que decimos optar para la demostración es mostrar mediante un log la conexión exitosa y los datos recibidos en la aplicación.

Ilustración 51. Log de la activación de la bomba

```
LOG [X] Websocket: Conectado
LOG [X] Cliente Socket conectado en hook
LOG [X] Nuevo estado bomba: {"estado": "off", "marca": null, "timestamp": "2026-02-03T02:13:57.131Z"}
LOG [X] SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4895,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG [X] Websocket Error: {"bubbles": false, "cancelable": false, "composed": false, "defaultPrevented": false, "timestamp": 781753233.941364, "type": "error", "Symbol(composedPath)": [{"
"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": [NativeEventEmitter], "socketId": 6, "subscriptions": [Array], "protocol": "", "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniercast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": [Map], "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": [Map]}, {"symbolId": 6, "subscriptions": [{"Object}, {"Object}, {"Object}], "protocol": "", "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniercast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}, "Symbol(eventPhase)": 2, "Symbol(isPassiveListenerFlag)": false, "Symbol(isTrusted)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(stopPropagationFlag)": false, "Symbol(target)": {"CLOSED": 3, "CLOSING": 2, "CONNECTING": 0, "OPEN": 1, "eventEmitter": [NativeEventEmitter], "socketId": 6, "subscriptions": [{"Object}, {"Object}, {"Object}], "protocol": "", "readyState": 3, "url": "ws://api.ingeniercast.uk/ws", "Symbol(bubblingListeners)": Map {"open" => [Map], "message" => [Map], "close" => [Map], "error" => [Map]}, "Symbol(eventHandlerAttributeMap)": Map {"open" => [Object], "message" => [Object], "close" => [Object], "error" => [Object]}, "Symbol(Event.dispatch)": true}
LOG [X] Websocket: Desconectado
LOG [X] Intentando reconectar...
LOG [X] Websocket: Conectado
LOG [X] Cliente Socket conectado en hook
LOG [X] Nuevo estado bomba: {"estado": null, "marca": null, "timestamp": null}
LOG [X] SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":null,"adc":null,"sensor":"HD-38","origen":null,"finca":null}
LOG [X] SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4895,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG [X] SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":12,"adc":3647,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
LOG [X] SOCKET RECEIVED nuevo_sensor: {"humedad_suelo":0,"adc":4895,"sensor":"HD-38","origen":"esp32","finca":"El Pasaje"}
```

Ilustración 52. Log de la activación de la bomba

Nota: Ensamblaje del tablero

Fuente: Elaboración propia de los autores

En el caso de existir un error como que el sensor no envié datos porque se cayó el sistema, lo que normalmente pasa es que nosotros como suscriptores seguimos conectados, pero ya no recibiremos actualización, por ello en el caso de pasar un minuto sin actualizaciones, hace una reconexión al Websocket para evitar conflictos.

Ilustración 53. Ensamble del tablero eléctrico



Ilustración 53. Ensamble del tablero eléctrico

Nota: Ensamblaje del tablero

Fuente: Elaboración propia de los autores

En la imagen anterior se puede observar el proceso de construcción del tablero eléctrico en la instalación de las bases de los relay.

Capacitar a los usuarios en la correcta operación del sistema de riego automatizado, asegurando el uso adecuado de sus componentes, el control mediante el PLC y la gestión del sistema desde la plataforma remota

Realizamos la capacitación a los dueños de la finca, esto no solo nos permitió compartir el conocimiento de la forma correcta de operar el sistema, sino que también adquiriendo la habilidad de poder operar el PLC. Los comentarios acerca de cómo les gustaría la aplicación fueron fundamentales para mejorar su experiencia y darles un producto totalmente acoplado a sus condiciones

Los usuarios nos demostraron una comprensión del sistema alta, evidenciando que el proceso de capacitación fue exitoso, los usuarios pudieron manejar de forma adecuada el sistema, reduciendo la necesidad de asistencia técnica constante, por ende, podemos dar por cumplido este objetivo de forma exitosa.

Capítulo VI

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

En este presente capítulo se presentan las conclusiones obtenidas a partir de la implementación del sistema de riego automatizado diseñado para optimizar el riego en las explanadas de la finca “El Pasaje”.

El análisis de las condiciones y controles que utilizaba la finca “El pasaje” permitió identificar aquellas limitaciones que radicaban en los procesos manuales para ejercer el riego correctamente, en especial en el control de los tiempos de riego y en el uso eficiente del recurso hídrico. En base a esta evaluación se establecieron los requerimientos técnicos necesarios para poder llevar a cabo la tarea de automatizar esos procesos manuales.

El diseño de la arquitectura del sistema integró de manera totalmente efectiva el control local mediante el uso de la herramienta Node-RED con una VPS instalada gracias a los recursos de Microsoft Azure permitiendo habilitar el monitoreo y control remoto del sistema de riego. La comunicación entre un servidor local y uno en la nube se realizó correctamente cumpliendo con todos los apartados esperados para que el proyecto se realice de manera adecuada.

La programación del autómata programable PLC permitió un manejo y control adecuado sobre las bombas de riego a partir de los pulsos que envía la aplicación móvil, así mismo como los pulsos del tablero eléctrico para el control manual en caso de alguna interferencia en la red.

Las pruebas de funcionamiento realizadas evidenciaron un desempeño estable y veloz al momento de enviar los pulsos desde una zona lejana a la finca, así mismo los datos presentados por el sensor de humedad se reflejaron correctamente en la aplicación. Por otro lado, se comprobó que la comunicación entre el servidor en la nube y el servidor local maneja

una estabilidad precisa gracias a la comunicación que se realizó utilizando una conexión VPN entre ambos servidores.

La capacitación brindada a los usuarios permitió una correcta comprensión del funcionamiento del sistema y de sus componentes, facilitando su operación autónoma mediante el autómata programable PLC y la aplicación móvil. Este aspecto resultó esencial para poder asegurar la integridad del sistema implementado ya que se reduce en cierta medida la dependencia de soporte técnico constante y favorece la correcta utilización a largo plazo.

6.2. Recomendaciones

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones basadas en la investigación realizada y los resultados que se obtuvieron durante el desarrollo, la implementación y la elaboración de las pruebas respectivas para el sistema de riego automatizado.

- Se recomienda considerar el uso de un módulo ESP para poder manejar el control de las bombas de riego, ya que representa una alternativa menos costosa en comparación con el módulo PLC facilitando la implementación del proyecto a una escala menor con limitaciones presupuestarias.
- Si se llegase a utilizar este trabajo de integración curricular se sugiere que se realicen mejoras en la interfaz de usuario de la aplicación de monitoreo y control, orientadas a una visualización más clara de la información y una interacción más intuitiva para así poder ofrecer una experiencia de usuario más llevadera.
- Se recomienda la incorporación e integración de un mayor número de sensores, así como la integración de módulos de video para poder controlar y visualizar el estado de las plantas.

Bibliografía

- Amazon Web Services. (2026). *¿Qué es el MQTT? - Explicación del protocolo MQTT - AWS*. <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>.
- Ángel, M., Gándara, P., Romero, E., José, V., & Medina, F. V. (2012). *Joaquín Gutiérrez Jagüey PROYECTO SAGARPA-CONACYT 126183*. <http://www.cibnor.gob.mx>
- Ascencios, D. (2020). CALIBRACIÓN, VALIDACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO SUBTERRÁNEO USANDO UN MICROCONTROLADOR ARDUINO. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1). <https://doi.org/10.18271/ria.2020.540>
- Bomba de agua agrícola 2HP W4075H*. (n.d.). <https://ronglong.com/ec/bombas-agua/w4075h-1-detail>.
- Canonical Ltd. (2025). *Canonical Ubuntu*.
- Congreso, V., Tecnológico, D., Rode, P. F. C., Gamarra, R. J. R., Espinosa, H. E. P., & Guizar, A. I. G. (2010). Invernadero Inteligente basado en un Enfoque Sustentable para la Agricultura Mexicana. *Control*, (May 2015).
- ESP-WROOM-32 ESP32S WIFI Bluetooth*. (2020). <https://novatronicec.com/index.php/product/esp32-placa-de-desarrollo-v1/>.
- Gómez, J. E., Marcillo, F. R., Triana, F. L., Gallo, V. T., Oviedo, B. W., & Hernández, V. L. (2017). IoT for ENVIRONMENTAL VARIABLES in URBAN AREAS. *Procedia Computer Science*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.296>
- Herrera, J. (Universidad T. del N. (2016). Diseño de un sistema de control hidropónico para la granja experimental yuyucocha e implementación de un módulo didáctico. <http://repositorio.utn.edu.ec>, 182.
- Inforges. (2025). *Microsoft Azure: La plataforma en la nube de Microsoft para empresas*.
- Interempresas Media, S. L. (2025). *Limón, Citrus limon / Rutaceae*.
- Juan D. González-Teruel, Roque Torres-Sánchez, Pedro J. Blaya-Ros, Ana B. Toledo-Moreo, Manuel Jiménez-Buendía, & Fulgencio Soto-Valles. (2019, January 25). *Design and Calibration of a Low-Cost SDI-12 Soil Moisture Sensor*. <https://doi.org/10.3390/s19030491>
- Kumar, A., & Magesh, S. (2017). Automated Irrigation System Based on Soil Moisture Using Arduino. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 116(21).
- Laverde Mena, J. A., & Laverde Mena, C. G. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>

- Módulo Con Sonda De Humedad De Suelo - Vimael S.A.* (n.d.).
<https://Www.Vimael.Com/Producto/modulo-Con-Sonda-de-Humedad-de-Suelo/>.
- MQTT.* (n.d.). <https://Www.Paessler.Com/Es/It-Explained/Mqtt>.
- Nick O’Leary, & Dave Conway-Jones. (2025). *Node-RED*.
- Ortiz Aragón, A. N., & Larios González, R. C. (2020). Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con sistema de riego por aspersión. *La Calera*, 20(35). <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10302>
- Red Hat. (2023, July 10). *Servicios de nube gerenciados*.
- Siemens S.A. (2025). *LOGO! – El controlador más compacto con conectividad a la nube*.
<https://www.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/controladores-simatic/logo.html>
- SIMENS. (2003). *LOGO!* (06 ed.).
- Vinueza, E. I. (2026). *Guardamotor Pulsador*.
<https://Www.Eivinueza.Com.Ec/Automatizacion-y-Control/Guardamotors/Guardamotors.Html>.
- WebSphere Application Server.* (2025).
<https://Www.Ibm.Com/Docs/Es/Was/9.0.5?Topic=applications-Websocket>.