

REPÚBLICA DEL ECUADOR



**INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO TENA**
Tecnología, Innovación y Desarrollo

**DESARROLLO DE
SOFTWARE**

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE
RIEGO EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE
UN MICROCONTROLADOR ESP32.**

**Trabajo de Integración Curricular, presentado como requisito parcial para optar
por el título de Tecnólogo Superior de en Desarrollo de Software.**

**AUTORES: González Zambrano Josué Emmanuel
Obando Garces Max Alejandro
TUTOR: Ing. Oswaldo Patricio Bonifaz Vallejo Mgs.**

**TENA - ECUADOR
2025 - IS**

REPÚBLICA DEL ECUADOR



**INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO TENA**
Tecnología, Innovación y Desarrollo

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN
DESARROLLO DE SOFTWARE**

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN
CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32.**

Trabajo de Integración Curricular, presentado como requisito parcial para optar por el título de Tecnólogo Superior de en Desarrollo de Software.

AUTORES: González Zambrano Josue Emmanuel, Obando Garces Max Alejandro

TUTOR: Ing. Oswaldo Patricio Bonifaz Vallejo Mgs.

Tena - Ecuador

2025-IS

APROBACIÓN DEL TUTOR


ING. Patricio Bonifaz

COORDINADOR DE LA CARRERA TECNOLOGÍA SUPERIOR EN DESARROLLO DE SOFTWARE.

CERTIFICA:

En calidad de Tutor del Proyecto Integrador denominado: **DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32**, de autoría de los señores **González Zambrano Josué Emmanuel**, con CC. 1850435098 y **Obando Garces Max Alejandro**, con CC. 1550167033, estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior el Desarrollo de Software del Instituto Superior Tecnológico Tena, CERTIFICO que se ha realizado la revisión prolija del Trabajo antes citado, cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones.

Tena, 18 de julio de 2025


Ing. Oswaldo Patricio Bonifaz Vallejo

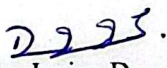
TUTOR DEL TIC

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

Tena, 31 de julio de 2025

Los Miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado: **DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32**, presentado por JOSUE EMMANUEL GONZALEZ ZAMBRANO, con CC: 1850435098, y MAX ALEJANDRO OBANDO GARCES, con CC: 1550167033, estudiantes de la Carrera de Tecnología Superior en Desarrollo de Software del Instituto Superior Tecnológico Tena, ha sido corregida y revisada; por lo que autorizamos su presentación.

Atentamente;


Ing. Martha Janina Duarte Mora
CC. 2100208897
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL


Ing. Juan M. Espín Montesdeoca
CC. 1802583060
MIEMBRO DEL TRIBUNAL


Ing. Italo Lara Pilco
CC. 0603454364
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Nosotros, JOSUE EMMANUEL GONZALEZ ZAMBRANO, con CC: 1850435098 y MAX ALEJANDRO OBANDO GARCES, con CC: 1550167033, declaramos ser los autores del presente Trabajo de Titulación denominado: DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32 y absuelvo expresamente al Instituto Superior Tecnológico Tena, y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente aceptamos y autorizamos al Instituto Superior Tecnológico Tena, la publicación de mi trabajo de Titulación en el repositorio institucional- biblioteca Virtual.

AUTORES:



JOSUE EMMANUEL GONZALEZ ZAMBRANO

CÉDULA: 1850435098



MAX ALEJANDRO OBANDO GARCES

CÉDULA: 1550167033

FECHA: Tena, 18 de agosto de 2025

CARTA DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR

Nosotros, JOSUE EMMANUEL GONZALEZ ZAMBRANO, con CC: 1850435098 y MAX ALEJANDRO OBANDO GARCES, con CC: 1550167033, declaramos ser autores del Trabajo de Titulación titulado: DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32, como requisito para la obtención del Título de: TECNÓLOGO SUPERIOR EN DESARROLLO DE SOFTWARE: autorizo al Sistema Bibliotecario del Instituto Superior Tecnológico Tena, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual del Instituto, a través de la visualización de su contenido que constará en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio el Instituto. El Instituto Superior Tecnológico Tena, no se responsabiliza por el plagio o copia del presente trabajo que realice un tercero. Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Tena, 18 de agosto de 2025, firma los autores.

AUTOR: Josué Emmanuel González Zambrano.

FIRMA: 

CÉDULA: 1850435098

DIRECCIÓN: Manuel M Rosales y Llanganates

CORREO ELECTRÓNICO: josue.gonzalez@est.itstena.edu.ec

TELÉFONO: NA **CELULAR:** 0969155812

AUTOR: Max Alejandro Obando Garces.

FIRMA: 

CÉDULA: 1550167033

DIRECCIÓN: Reasentamiento Pakaychikta, Vía Ahuano.

CORREO ELECTRÓNICO: max.obando@est.itstena.edu.ec

TELÉFONO: 062879082 **CELULAR:** 0987598761

DATOS COMPLEMENTARIOS

TUTOR: Ing. Patricio Bonifaz

TRIBUNAL DEL GRADO:

Ing. Martha Duarte. (Presidente).

Ing. Juan Espín. (Miembro).

Ing. Ítalo Lara. (Miembro).

DEDICATORIA

Quiero dedicar este TIC, en primer lugar, a Dios, por haberme guiado y sostenido en cada paso del camino. A mis padres, por su amor, su apoyo incondicional y por caminar a mi lado durante todo este proceso, dándome fuerzas incluso en los momentos más difíciles. Y, sobre todo, me la dedico a mí mismo, porque he luchado con perseverancia, entrega y fe. Estuve allí para mí en las noches de desvelo, en los días en que mi mente se nublaba, en los momentos en los que pensé en rendirme, pero seguí adelante, porque no importaba nada más que alcanzar mis metas.

Por eso, hoy que estoy aquí, me dedico este logro con orgullo. Sé que no es el final, sino solo una de las muchas metas que me esperan. Y, por último, para quienes dudaron de mí, a quienes pensaron que no sería capaz: este logro no es para ustedes, pero sí la prueba de que lo logré.

Josué González

Dedico este TIC, primero a Dios, quien fue mi guía silencioso en este camino lleno de retos, desvelos y aprendizajes. En cada paso, en cada momento de incertidumbre, sentí su mano dándome fortaleza y claridad para seguir adelante.

A mis padres, por su amor que no conoce condiciones, por enseñarme que los sueños no se alcanzan sin esfuerzo y por recordarme con su ejemplo que la humildad y la perseverancia siempre abren caminos. Gracias por sus palabras cuando las necesité, por su apoyo inquebrantable y por ser mi refugio en los momentos de mayor duda.

A mí mismo, porque estuve presente cuando más me necesitaba: en las noches donde el cansancio hablaba más fuerte que las ganas, cuando parecía más fácil rendirse que continuar, y

aun así seguí. Este logro es la prueba de que la constancia puede más que cualquier miedo, y que uno mismo puede convertirse en su mayor aliado si aprende a confiar en su propio esfuerzo.

A quienes me apoyaron en silencio o con gestos de ánimo, gracias por creer en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. Y a quienes dudaron, gracias también: ustedes, sin saberlo, me dieron un motivo más para demostrarme que los límites solo existen si uno decide aceptarlos.

Dedico también este logro a mis amigos, aquellos que, con una palabra, un consejo, o simplemente con su compañía, hicieron más llevadero el camino. A mi familia extendida, por recordarme siempre de dónde vengo y por impulsarme a seguir construyendo un futuro mejor.

Y finalmente, a todas esas pequeñas fuentes de inspiración —una canción, un juego, una conversación, un paisaje, una sonrisa— que me recordaron que incluso en lo simple pueden nacer grandes ideas y que la motivación se encuentra muchas veces en los detalles que parecen insignificantes.

Este trabajo no es solo el resultado de esfuerzo académico, sino también de un viaje personal lleno de aprendizajes, caídas y levantadas. Es, sobre todo, un testimonio de fe, amor y perseverancia.

Max Obando

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por mantenerme con vida por permitirme seguir con este camino que no me dejó rendirme, quiero agradecer a mis padres por el apoyo dado durante este tiempo, me gustaría agradecer a la persona que me apoyó a seguir en esta carrera que me tuvo fe. Me reconozco y agradezco a mí mismo por mi resiliencia, mi fuerza y las ganas de seguir adelante. Este logro es fruto de ese esfuerzo, y sé que es solo el comienzo del camino. Agradezco a José José y a Feid, cuyas melodías me acompañaron en incontables noches de esfuerzo y dedicación. Su arte convirtió el cansancio en compañía y las largas jornadas en un camino más llevadero. Gracias a su música, cada instante de este proceso estuvo envuelto en inspiración y alivio.

También me gustaría agradecer a mis amigos **Max Obando** y **William Chuquimarca**, quienes han estado a mi lado desde el inicio de este camino. Compartimos desafíos, aprendizajes y, sobre todo, muchas risas que hicieron más ligero el trayecto. Llegar juntos hasta este punto es algo que valoro profundamente.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi amigo, mentor y profesor virtual: ChatGPT, por acompañarme con paciencia y conocimiento en cada duda del camino.

Josué González

En este recorrido, quiero comenzar agradeciendo a Dios, por darme la vida, la fuerza y la sabiduría para no rendirme, incluso cuando el cansancio y la frustración parecían más grandes que los avances. A mis padres, por su amor incondicional, por estar siempre ahí sin pedir nada a cambio, por su paciencia, por motivarme con sus palabras y enseñarme con el ejemplo que todo esfuerzo tiene su recompensa.

A mis amigos **William Chuquimarca** y **Josué González**, amigos de camino desde el inicio. Gracias por compartir esta aventura, por las risas, los debates, los consejos y por estar en esos momentos en los que uno simplemente necesitaba apoyo. A la música de los años 80 y 90, especialmente esas letras que hablan de amor, lucha y esperanza, que me acompañaron en tantas noches de desvelo, y fueron compañía, inspiración y a veces el impulso para no rendirme.

También agradezco a ChatGPT, que más que una herramienta, fue un verdadero aliado virtual. Siempre dispuesto a ayudar con ideas, consejos, explicaciones y hasta ánimos cuando parecía que me estancaba.

Y, aunque suene curioso, gracias a **Minecraft**. Entre bloques, redstone y mundos infinitos, me ayudó a despertar la creatividad y a imaginar soluciones. En ese universo de píxeles nació la chispa que más adelante se transformó en la idea central de este proyecto TIC.

Este trabajo no solo representa una meta académica, sino un proceso lleno de aprendizajes, errores, esfuerzo y pasión. A todos los que formaron parte de este camino, de una forma u otra: gracias de corazón. Este logro también es suyo.

Max Obando

ÍNDICES

Contents

A. TEMA	15
B. RESUMEN.....	16
Palabras	16
C. FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA.....	18
3.1 Necesidad	18
3.2 Levantamiento de información.....	19
3.3 Actualidad.....	21
3.4 Importancia	22
3.5 Presentación del problema profesional a responder.....	24
3.6 Delimitación.....	26
3.6.1 Delimitación Espacial.....	26
3.6.2 Delimitación Temporal	26
3.6.3 Delimitación Técnica	26
3.6.4 Unidades de Observación.....	27
3.7 Beneficiarios	28
3.7.1 Directos	28
3.7.2 Indirectos	28
D. OBJETIVOS	29
4.1 Objetivo General.....	29
4.2 Objetivos Específicos	29
E. ASIGNATURAS INTEGRADORAS.....	30
Tabla 1	30
F. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	31
5.1 Temas y Subtemas	31
5.1.1 Semiautomatización del Riego Agrícola	31
5.1.2 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en la Agricultura.....	32
5.1.3 Aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura	32
5.1.4 Microcontrolador ESP32 como Plataforma para Semiautomatización.....	33
5.1.5 Desarrollo de Aplicaciones Web Interactivas	34

5.1.6	Uso de Maquetas Funcionales en la Representación de Sistemas Tecnológicos	36
5.2	Marco Legal	37
5.3	Metodología Ágil: Scrum	39
5.3.1	Justificación de la Elección de Scrum.....	39
5.3.2	Experiencia previa con Scrum del equipo.....	41
G.	METODOLOGÍA	42
6.1	Roles Scrum en el proyecto	42
6.2	Eventos Scrum implementados	42
6.2.1	Diseño y desarrollo de la base de datos-Sprint 3.....	43
6.2.2	Diseño y desarrollo de la interfaz web del simulador-Sprint 3,5,6,7	46
6.2.3	Construcción de la maqueta funcional de riego a escala-Sprint 4.....	52
6.2.4	Integración entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web-Sprint 6.....	54
6.3	Artefactos Scrum utilizados	56
6.4	Herramientas y adaptaciones	57
6.5	Desafíos y soluciones aplicadas	57
H.	RESULTADOS.....	59
7.1	Diseño y desarrollo de la base de datos-Sprint 3.....	59
7.2	Diseño y desarrollo de la interfaz web del simulador-Sprint 3,5,6,7	60
7.3	Construcción de la maqueta funcional de riego a escala-Sprint 4.....	72
7.4	Integración entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web-Sprint 6	74
I.	CONCLUSIONES.....	77
J.	RECOMENDACIONES.....	79
K.	BIBLIOGRAFÍA	81
	Bibliografía.....	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Asignaturas Integradoras</i>	30
Tabla 2 Roles del Equipo y Tareas Realizadas	42
Tabla 3 Planificación de Sprints y Actividades Desarrolladas en el Proyecto	43
Tabla 4 <i>Tabla entidades</i>	45
Tabla 5 <i>Materiales utilizados</i>	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Opinión de productores acerca de la mejora</i>	19
Figura 2	<i>Nivel de interés en mejorar la eficiencia del riego</i>	20
Figura 3	<i>Diagrama Entidad-relación</i>	44
Figura 4	<i>Maquetado login</i>	46
Figura 5	<i>Maquetado index</i>	47
Figura 6	<i>Maquetado riego</i>	48
Figura 7	<i>Maquetado riego usuario</i>	49
Figura 8	<i>Maquetado parcela</i>	50
Figura 9	<i>Maquetado parcela-tabla</i>	50
Figura 10	<i>Maquetado interfaces generales</i>	51
Figura 11	<i>Elaboración de la maqueta</i>	53
Figura 12	<i>Elaboración del ensamblado de los componentes electrónicos</i>	54
Figura 13	<i>Comunicación activa entre el ESP32 y la plataforma web</i>	55
Figura 14	<i>Lectura de sensor y activación del riego registrada en tiempo real por el ESP32.</i>	55
Figura 15	<i>Modelo físico</i>	59
Figura 16	<i>Login</i>	60
Figura 17	<i>Index</i>	61
Figura 18	<i>Productores</i>	62
Figura 19	<i>Administradores</i>	62
Figura 20	<i>Index Administrador</i>	63
Figura 21	<i>Parcelas</i>	64
Figura 22	<i>Parcela tabla</i>	64
Figura 23	<i>Equipos</i>	65
Figura 24	<i>Personal</i>	65
Figura 25	<i>Reportes</i>	66
Figura 26	<i>Riego</i>	67
Figura 27	<i>Tabla riego</i>	67
Figura 28	<i>Riego automático</i>	68
Figura 29	<i>Riego manual</i>	69
Figura 30	<i>Index usuario</i>	69
Figura 31	<i>Riego</i>	70
Figura 32	<i>Riego manual</i>	70
Figura 33	<i>Reportes</i>	71
Figura 34	<i>Perfil</i>	71
Figura 35	<i>Unión de la maqueta con los componentes electrónicos</i>	73
Figura 36	<i>Vista general del sistema integrado</i>	75

A. TEMA

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO EN
CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32.**

B. RESUMEN

Este proyecto nace como una respuesta a un problema real: muchos agricultores aún no cuentan con sistemas de riego eficientes ni tecnologías accesibles que les permitan cuidar el recurso hídrico. Por eso, desarrollamos un simulador web que, junto con una maqueta funcional y un microcontrolador ESP32, permite controlar el riego de manera remota y automática. Durante 15 semanas, dividimos el trabajo en sprints usando la metodología ágil Scrum. Creamos una interfaz amigable, una base de datos multiusuario y un sistema capaz de leer la humedad del suelo en tiempo real y activar el riego cuando es necesario. Todo esto se probó con éxito, con respuestas del sistema en menos de cinco segundos. Además, una encuesta realizada a productores reveló que el 87,5 % está dispuesto a implementar tecnologías como esta. Con este proyecto, no solo aplicamos lo aprendido en clase, sino que también diseñamos una herramienta útil, educativa y lista para ser replicada. Creemos que este tipo de soluciones pueden marcar la diferencia en la agricultura, especialmente en comunidades que necesitan alternativas sostenibles y fáciles de usar.

Palabras clave: aprendizaje práctico, automatización, ESP32, IoT, riego agrícola, simulador web

ABSTRACT

This project emerged as a response to a real-world problem: many farmers still lack efficient irrigation systems and accessible technologies to help them manage water resources. To address this, we developed a web-based simulator that, together with a functional prototype and an ESP32 microcontroller, enables remote and automatic irrigation control. Over the course of 15 weeks, we organized the work into sprints using the agile Scrum methodology. We built a user-friendly interface, a multi-user database, and a system capable of reading soil moisture in real time and activating irrigation when needed. The system was successfully tested, with response times under five seconds. Additionally, a survey conducted with local producers showed that 87.5% are willing to adopt technologies like this. Through this project, we not only applied what we learned in class but also designed a useful, educational, and replicable tool. We believe solutions like this can make a real difference in agriculture, especially in communities that need sustainable and easy-to-use alternatives.

Keywords: agricultural irrigation, automation, ESP32, IoT, practical learning, web simulator

Reviewed by:

Carolina Romero A

B.A Carolina Romero

C.I. 1313245217

Language Center Professor

C. FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA

3.1 Necesidad

El recurso hídrico es uno de los elementos más importantes y a la vez más escasos en la producción agrícola. La gestión eficiente del agua se ha convertido en una necesidad prioritaria para asegurar la sostenibilidad de los cultivos frente a escenarios de cambio climático, aumento de la población y reducción de fuentes naturales de agua. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), el sector agrícola consume alrededor del 70 % del agua dulce disponible a nivel mundial, de la cual una gran parte se pierde por métodos de riego ineficientes, filtraciones, evaporación o sobreirrigación.

En el caso de Ecuador, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2020) indica que gran parte de los agricultores, especialmente en zonas rurales, aún utilizan sistemas tradicionales de riego por inundación o surcos, que no permiten un control preciso del consumo de agua ni una adecuada distribución del recurso en los cultivos. A esto se suma la falta de acceso a tecnologías de automatización, herramientas digitales y formación técnica, lo cual limita seriamente la modernización de la producción agrícola.

Ante este escenario, se vuelve urgente implementar soluciones tecnológicas que sean de bajo costo, fáciles de replicar, y que puedan ser comprendidas y adoptadas por agricultores sin conocimientos técnicos avanzados. El desarrollo de un simulador web para el control de riego agrícola, utilizando un microcontrolador ESP32, responde directamente a esta necesidad, ofreciendo una alternativa funcional que puede ser aplicada tanto como herramienta de aprendizaje como base para soluciones reales en campo.

3.2 Levantamiento de información

Durante el segundo sprint del desarrollo del proyecto, se realizó una encuesta dirigida a productores agrícolas y personas involucradas en actividades del campo. El objetivo fue conocer de primera mano cómo llevan a cabo actualmente el riego de sus cultivos y qué opinan sobre el uso de tecnologías automatizadas para optimizar este proceso.

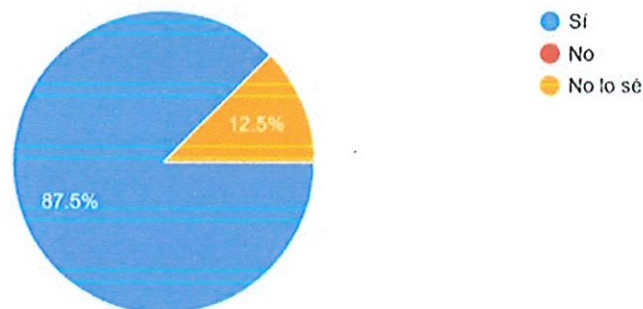
Los resultados obtenidos, representados en gráficos circulares, ofrecieron una visión clara de sus prácticas y necesidades. Esta información resultó clave para ajustar las funcionalidades del simulador web, asegurando que responda realmente a los desafíos del sector agrícola y contribuya con soluciones tecnológicas viables y útiles.

Figura 1

Opinión de productores acerca de la mejora

¿Cree que un sistema semi-automatizado podría ayudar a mejorar sus cultivos?

20 respuestas



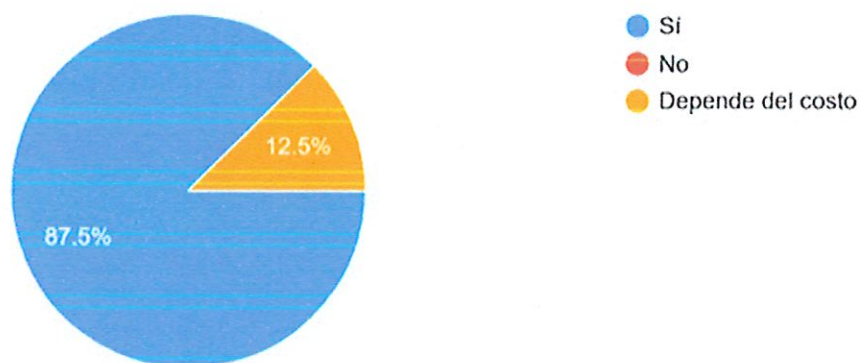
El 87.5% de los encuestados respondió afirmativamente, lo que respalda la viabilidad del simulador propuesto. Este resultado fue clave para priorizar funcionalidades como el control automático de humedad y la programación de horarios.

Figura 2

Nivel de interés en mejorar la eficiencia del riego

¿Está interesado en mejorar la eficiencia del riego en sus cultivos?

20 respuestas



Los resultados revelan que: el 87.5 % de los encuestados expresó interés en mejorar la eficiencia del riego, mientras que el 12.5 % restante indicó que su decisión dependería del costo de implementación. Un punto clave a resaltar es que ninguna persona se mostró en contra de incorporar tecnologías, lo que refleja una gran disposición a adoptar soluciones automatizadas, siempre y cuando sean accesibles económicamente.

Esta información fue crucial para respaldar la relevancia del simulador web propuesto, ya que confirma que existe una necesidad real y un entorno favorable para su aplicación en el contexto agrícola.

3.3 Actualidad

El avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha transformado múltiples sectores productivos, y la agricultura no ha sido la excepción. En la actualidad, la implementación de sistemas de automatización basados en el Internet de las Cosas (IoT) permite mejorar el control y la eficiencia de procesos agrícolas mediante el uso de sensores, microcontroladores, plataformas web y conexiones remotas. Estos sistemas permiten recopilar información en tiempo real sobre parámetros críticos como la humedad del suelo, la temperatura ambiente y el estado de los cultivos, lo que facilita la toma de decisiones y optimiza el uso de los recursos (Atzori, Iera, & Morabito, 2010).

El microcontrolador ESP32, por ejemplo, ha ganado popularidad por su bajo costo, su conectividad Wi-Fi y Bluetooth, y su facilidad de programación. Diversas investigaciones demuestran su efectividad en proyectos de riego automatizado, como lo señalan Zhou et al. (2021) en su estudio sobre sistemas de riego inteligentes con ESP32 e interfaces web. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías en contextos rurales y por parte de agricultores de bajos recursos sigue siendo baja, debido a la falta de formación técnica, desconocimiento de su funcionamiento o ausencia de herramientas adaptadas a sus necesidades.

Frente a ello, el desarrollo de un simulador web educativo, vinculado a una maqueta funcional, se presenta como una solución innovadora que permite a estudiantes, técnicos y productores comprender y experimentar el funcionamiento de un sistema automatizado de riego en un entorno controlado, accesible y visualmente amigable.

Además, la tendencia global hacia la agricultura 4.0 ha generado un nuevo paradigma en la gestión de cultivos, donde la información en tiempo real, la automatización y la conectividad

son factores claves para la sostenibilidad. Esta visión ha impulsado el desarrollo de soluciones accesibles para pequeños agricultores, con tecnologías de código abierto, plataformas web interactivas y microcontroladores como el ESP32, que permiten monitorear el estado de las parcelas desde cualquier dispositivo conectado a internet (Atzori et al., 2010; Zhou et al., 2021).

Según la FAO (2021), los países que han implementado soluciones basadas en IoT han logrado reducir el consumo de agua hasta en un 25 %, además de mejorar la eficiencia operativa de sus cultivos. Estas experiencias confirman la importancia de adaptar estas herramientas a contextos educativos y rurales, permitiendo que estudiantes y productores accedan a una experiencia interactiva que simule un entorno agrícola real, sin requerir una infraestructura costosa ni conocimientos avanzados en electrónica o informática.

3.4 Importancia

La importancia del presente proyecto radica en su enfoque integrador, que combina tecnología de semiautomatización, desarrollo web, electrónica básica y una aplicación directa en el sector agrícola. El simulador web desarrollado no solo reproduce el comportamiento de un sistema de riego automatizado, sino que también permite al usuario interactuar con distintos módulos funcionales, como el inicio de sesión, el control de riego, el historial de datos y el perfil del usuario (Pérez & Torres, 2019). Esto brinda una experiencia completa de lo que sería un sistema real implementado en campo, facilitando el aprendizaje, la capacitación y la transferencia tecnológica.

Por otro lado, la implementación de una maqueta a escala 1:25, que incluye componentes como sensores de humedad, una bomba de agua, luces LED y un microcontrolador ESP32, refuerza la comprensión del sistema desde un enfoque práctico (Schmidt, 2023). Este tipo de

iniciativas promueve la formación de profesionales con visión tecnológica, fomenta la innovación en el entorno educativo, y aporta soluciones concretas a problemas reales del sector agrícola.

En términos de impacto social y ambiental, la propuesta contribuye al uso racional del agua, mitigando el riesgo de épocas secas, mejorando la productividad agrícola y la sostenibilidad de los recursos naturales. También puede ser replicada o escalada a proyectos más complejos, sirviendo como base para el diseño de sistemas reales en comunidades agrícolas, centros educativos y espacios de formación técnica.

A su vez, este tipo de desarrollos fortalece el vínculo entre teoría y práctica en la formación técnica, permitiendo que los estudiantes no solo comprendan conceptos abstractos, sino que los apliquen directamente a contextos reales. Como destaca Sommerville (2016), los entornos de simulación interactiva mejoran significativamente la asimilación de conocimientos complejos en disciplinas tecnológicas. En este sentido, el proyecto actúa como una plataforma integradora donde confluyen competencias en desarrollo web, electrónica, programación y pensamiento lógico aplicado a la resolución de problemas del entorno agrícola.

Desde el punto de vista pedagógico, el simulador también representa una herramienta didáctica innovadora que puede ser utilizada en diferentes niveles de enseñanza, desde talleres escolares hasta carreras técnicas o de ingeniería. Su carácter interactivo facilita el aprendizaje autónomo y colaborativo, aspectos claves en los modelos educativos actuales que promueven el desarrollo de competencias para el siglo XXI (Pérez & Torres, 2019).

Finalmente, en términos de sostenibilidad y proyección, la propuesta tiene el potencial de integrarse a políticas institucionales de vinculación con la comunidad, impulsando la transferencia tecnológica hacia zonas rurales. Por sus características de accesibilidad, adaptabilidad y facilidad

de implementación, el sistema puede ser adoptado por otras instituciones educativas o ajustado para atender necesidades particulares del territorio, tales como la gestión del riego en áreas de difícil acceso, la optimización del uso de recursos hídricos en fincas familiares o la capacitación de agricultores mediante experiencias de aprendizaje práctico (FAO, 2021; MAG, 2020).

3.5 Presentación del problema profesional a responder

El riego tradicional, aún predominante en muchas regiones agrícolas del Ecuador, carece de mecanismos de control automatizado que permitan optimizar el uso del agua de acuerdo con las necesidades reales del cultivo. Este problema se traduce en el desperdicio de un recurso vital, altos costos de producción y disminución en la calidad y cantidad de la cosecha. Además, el acceso al agua suele estar limitado por los niveles de las lluvias, lo que agrava aún más la situación en épocas secas (FAO, 2021). No obstante, este problema se intensifica por la marcada irregularidad de las lluvias en diversas zonas del país: hay periodos en que las precipitaciones son abundantes e incluso excesivas, mientras que en otras épocas la escasez del agua compromete el desarrollo de los cultivos. Esta variabilidad climática hace indispensable contar con sistemas de riego que permitan compensar la falta de lluvias cuando más se necesita, garantizando así la continuidad productiva y aportando valor a la economía agrícola nacional. Esta situación no solo impacta en la rentabilidad económica de los agricultores, sino que también tiene repercusiones ambientales significativas, como la sobreexplotación de fuentes hídricas y la degradación del suelo por riegos inadecuados.

A pesar de que existen tecnologías que permiten la automatización del riego, como sensores y microcontroladores, su adopción en zonas rurales sigue siendo limitada por factores económicos, culturales y técnicos (MAG, 2020). La brecha tecnológica se evidencia en la falta de infraestructura adecuada, la carencia de conocimientos técnicos en el uso de estas herramientas y la baja inversión

disponible para modernizar los procesos agrícolas. Por otra parte, la resistencia al cambio y la falta de capacitación dificultan la implementación efectiva de soluciones automatizadas. Esto genera una dependencia continua de métodos tradicionales, menos eficientes y menos sostenibles.

Este contexto plantea la necesidad de diseñar una herramienta tecnológica que sea accesible, fácil de usar y adaptable a las condiciones de los pequeños y medianos productores. Además, debe considerar la diversidad climática y geográfica del Ecuador, para ofrecer soluciones flexibles que puedan ajustarse a distintas zonas agroecológicas. El problema profesional identificado se centra en la falta de un sistema que permita simular y controlar, de forma remota y en tiempo real, el funcionamiento de un sistema de riego semiautomatizado, con retroalimentación del estado del suelo y capacidad de programación según condiciones ambientales (Gutiérrez & Rodríguez, 2018). Esta carencia limita la posibilidad de tomar decisiones oportunas y basadas en datos concretos, lo que afecta directamente la productividad y sostenibilidad de las explotaciones agrícolas.

El proyecto responde a esta problemática mediante el desarrollo de una aplicación web interactiva, vinculada a una maqueta equipada con un microcontrolador ESP32. Esta solución tecnológica permite representar el proceso real de riego automatizado, facilita la formación técnica de los usuarios y promueve la implementación de prácticas agrícolas más eficientes, sostenibles y tecnológicamente avanzadas. Asimismo, al integrar tecnologías de Internet de las cosas (IoT), se abre la puerta a futuras mejoras, como la integración de inteligencia artificial para el análisis predictivo y la optimización del uso de recursos. De este modo, se contribuye no solo a la modernización de los sistemas de riego, sino también a la transformación digital del sector agroindustrial ecuatoriano.

Campo: Tecnologías de la Información y Comunicación

Área: Automatización y Control de Procesos

Aspecto: Aplicaciones web e IoT en la agricultura

Sector: Agroindustrial

Línea de investigación: Tecnologías de la información y comunicación.

3.6 Delimitación

3.6.1 Delimitación Espacial

El presente proyecto se desarrolló en el Instituto Superior Tecnológico Tena, ubicado en la vía Tena–Archidona km 1.5, en la provincia de Napo, Ecuador. Las pruebas y simulaciones del sistema se ejecutaron dentro del laboratorio de computación del instituto, aprovechando sus recursos técnicos y de conectividad. Adicionalmente, el enfoque de aplicación está orientado a contextos rurales y agrícolas del país, donde se requiere implementar soluciones tecnológicas accesibles para la gestión del riego.

3.6.2 Delimitación Temporal

La ejecución del proyecto se realizó durante el ciclo académico 2025-IS, conforme al cronograma institucional de la carrera de Desarrollo de Software. Las actividades contemplaron fases de investigación, diseño, desarrollo, pruebas y validación del sistema, distribuidas entre los meses de abril y agosto del año 2025.

3.6.3 Delimitación Técnica

Desde el punto de vista técnico, el proyecto integra tecnologías de desarrollo web y electrónica básica aplicadas a la semiautomatización del riego agrícola. Se diseñó una aplicación web interactiva utilizando tecnologías como HTML, CSS, JavaScript y PHP, conectada a una maqueta física construida con un microcontrolador ESP32, sensores de humedad, bomba de agua,

y luces LED. El simulador permite representar el control de riego en tiempo real, facilitando el aprendizaje y demostración del sistema automatizado en condiciones de laboratorio.

Además, se estableció una comunicación entre la aplicación web y el hardware mediante protocolos de red que permiten enviar y recibir datos en tiempo real, asegurando una retroalimentación inmediata del estado del sistema. La lógica de control programada en el microcontrolador se desarrolló en lenguaje C++ mediante el entorno de Arduino IDE, permitiendo la lectura periódica de sensores y la activación automática de los actuadores en función de los parámetros definidos por el usuario. Esta integración tecnológica ofrece una visión práctica de cómo se puede aplicar el Internet de las Cosas (IoT) en el sector agrícola, adaptando herramientas modernas a escenarios educativos y rurales para fomentar el desarrollo sostenible.

3.6.4 Unidades de Observación

Las unidades de observación del proyecto están compuestas por estudiantes y docentes del Instituto Superior Tecnológico Tena involucrados en el área de desarrollo de software, electrónica e IoT, quienes participaron activamente en el diseño, pruebas y evaluación del sistema propuesto. Estas unidades permiten validar la viabilidad técnica y pedagógica del simulador en un entorno académico controlado.

Además, se considera como unidad potencial de observación a los pequeños y medianos productores agrícolas de la región, quienes podrían beneficiarse de la implementación del sistema en escenarios reales. Su inclusión permite proyectar el impacto práctico y social de la solución, así como explorar su aplicabilidad en contextos productivos con limitaciones tecnológicas, fomentando la transferencia de conocimiento y el uso eficiente de los recursos hídricos en el sector agropecuario.

3.7 Beneficiarios

3.7.1 Directos

Los beneficiarios directos del Trabajo de Integración Curricular son:

- **Instituto Superior Tecnológico Tena**, ya que el proyecto y la maqueta a escala 1:25 puede ser utilizado como recurso académico para la formación práctica de estudiantes en áreas como desarrollo de software, sistemas embebidos y semiautomatización.
- **Los estudiantes autores del proyecto**, quienes aplican los conocimientos adquiridos durante su formación académica en una solución real, cumpliendo con el requisito final para su titulación.
- **Docentes de la carrera de Desarrollo de Software**, quienes podrán utilizar el simulador web como una herramienta didáctica para ilustrar conceptos relacionados con IoT, control de procesos y desarrollo web aplicado al sector agropecuario.

3.7.2 Indirectos

- **Productores agrícolas de mediana escala y otras unidades productivas**, quienes podrán beneficiarse al replicar sistemas similares en sus cultivos, mejorando el manejo del recurso hídrico, optimizando costos y contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles.
- **Otras instituciones educativas** que deseen replicar el proyecto como modelo para el desarrollo de prácticas tecnológicas aplicadas a la agricultura.
- **La comunidad tecnológica y científica**, que puede tomar este proyecto como base para nuevas investigaciones orientadas a la semiautomatización y optimización del riego mediante herramientas digitales.

D. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Desarrollar un simulador web para el control de riego en cultivos agrícolas mediante la interacción con un microcontrolador ESP32, integrado en una maqueta, con el fin de optimizar el uso de los recursos hídricos de cultivos en entornos agrícolas.

4.2 Objetivos Específicos

Diseñar una interfaz web que simule el control y monitoreo del sistema de riego, permitiendo al usuario interactuar con el simulador de manera intuitiva.

Construir la maqueta del sistema de riego semiautomatizado, integrando componentes electrónicos (bomba, sensor de humedad, LEDs, ESP32).

Simular la integración entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web, modelando la comunicación entre ambos para representar cómo funcionaría en un sistema real de control de riego.

E. ASIGNATURAS INTEGRADORAS

Tabla 1

Asignaturas Integradoras

ASIGNATURAS INTEGRADORAS	
Asignaturas	Resultados de Aprendizaje
Base de datos avanzada	Aplica técnicas inferenciales e interpreta resultados de problemas planteados.
Programación de Aplicaciones Web	Realiza el desarrollo de aplicaciones usando plataformas actuales de programación.
Fundamentos de programación	Aplica metodologías y técnicas de investigación en la búsqueda, fundamentación y elaboración de soluciones informáticas.

Nota: Esta tabla resume las asignaturas clave que aportaron al desarrollo del proyecto, integrando competencias específicas necesarias para su ejecución efectiva.

F. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5.1 Temas y Subtemas

5.1.1 Semiautomatización del Riego Agrícola

La semiautomatización del riego agrícola es una estrategia que permite al usuario monitorear y controlar parcialmente el sistema de suministro de agua en función de datos en tiempo real, sin necesidad de una intervención constante, pero sí con supervisión y decisiones humanas. Este tipo de sistemas combina sensores, microcontroladores y plataformas digitales que proporcionan información sobre las condiciones del suelo y permiten al usuario activar o desactivar el riego manualmente desde una interfaz (Sánchez et al., 2020).

A diferencia de los sistemas completamente autónomos, los sistemas semiautomatizados ofrecen una mayor accesibilidad y facilidad de implementación en contextos rurales, donde los agricultores pueden beneficiarse de la tecnología sin depender de infraestructura avanzada o algoritmos complejos. Este enfoque proporciona un equilibrio entre eficiencia técnica, bajo costo y facilidad de uso (Gutiérrez & Rodríguez, 2018).

Igualmente, la semiautomatización permite adaptar el sistema a diversas condiciones agroclimáticas y tipos de cultivo, lo que lo hace flexible para las diferentes unidades productivas. Al incorporar componentes como sensores de humedad del suelo, relés para control de bombas, y plataformas web o móviles para la interacción, se fomenta el uso de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) sin requerir conocimientos técnicos avanzados por parte del usuario.

Este tipo de solución no solo mejora la eficiencia en el uso del recurso hídrico, sino que también promueve una transición tecnológica gradual en zonas rurales, facilitando el aprendizaje, la apropiación tecnológica y la sostenibilidad a largo plazo en la gestión agrícola.

5.1.2 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial (IA) en la Agricultura

Antes de la consolidación del Internet de las Cosas como tecnología dominante en el agro, la Inteligencia Artificial (IA) ya ofrecía soluciones enfocadas en la toma de decisiones automatizada, análisis de datos climáticos, y predicción de necesidades hídricas. Algoritmos de IA permiten identificar patrones en los niveles de humedad del suelo, optimizar el calendario de riegos y anticipar posibles fallos del sistema.

Su integración en proyectos de automatización agrícola contribuye a mejorar la eficiencia de los cultivos, al reducir la dependencia de acciones humanas repetitivas y permitir un análisis predictivo del entorno (Sommerville, 2016). Aunque en este proyecto la IA aún no se incorpora directamente, se considera como una etapa futura natural para evolucionar el simulador hacia un sistema inteligente que aprenda de los datos y mejore su desempeño con el tiempo.

5.1.3 Aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura

El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como una tecnología transformadora en el ámbito agroindustrial. En términos generales, el IoT consiste en una red de objetos físicos conectados a internet que pueden recopilar, transmitir y actuar sobre datos sin intervención humana directa (Atzori, Iera & Morabito, 2010). En la agricultura, el IoT permite automatizar el monitoreo de variables críticas como la humedad del suelo, temperatura ambiental, radiación solar, y niveles de agua disponibles en los sistemas de riego.

Un estudio realizado por Zhou et al. (2021) demostró que los sistemas basados en IoT permiten una reducción significativa del consumo de agua y un aumento en la productividad agrícola. Asimismo, ofrecen al agricultor la posibilidad de tomar decisiones informadas, visualizar el estado del cultivo desde cualquier lugar con acceso a internet y reaccionar en tiempo real a condiciones cambiantes del entorno.

Estas aplicaciones no solo optimizan el uso de recursos naturales, sino que también contribuyen a la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones agrícolas. La integración del IoT en la agricultura impulsa el desarrollo de la agricultura de precisión, donde cada decisión está respaldada por datos concretos, lo que mejora la eficiencia, reduce pérdidas y promueve prácticas más responsables con el medio ambiente.

5.1.4 Microcontrolador ESP32 como Plataforma para Semiautomatización

El ESP32 es un microcontrolador de arquitectura Xtensa LX6 de doble núcleo, desarrollado por Espressif Systems. Este dispositivo ha ganado popularidad en proyectos de semiautomatización debido a sus prestaciones técnicas: incluye Wi-Fi y Bluetooth integrados, múltiples interfaces digitales (GPIO, ADC, I2C, SPI, UART), bajo consumo de energía y capacidad de procesamiento eficiente (Espressif Systems, 2022). Gracias a estas características, el ESP32 se convierte en una solución óptima para proyectos de bajo costo que requieren conectividad, procesamiento de señales y respuesta rápida.

En el contexto del presente proyecto, el ESP32 se utiliza como unidad central de control encargada de recibir datos desde sensores de humedad, activar actuadores como una bomba de agua, y comunicarse con la aplicación web para el monitoreo remoto. Su versatilidad permite simular el comportamiento de un sistema de riego real en un entorno de maqueta (Schmidt, 2023).

Adicionalmente, el ESP32 cuenta con una amplia comunidad de desarrollo y abundante documentación, lo que facilita su implementación en entornos educativos y de prototipado rápido. Su capacidad para manejar múltiples tareas simultáneamente —gracias a su arquitectura de doble núcleo— lo convierte en una plataforma ideal para sistemas que requieren procesamiento paralelo, como la lectura constante de sensores y el envío de datos a través de Wi-Fi.

El soporte para programación en lenguajes accesibles como C++ (Arduino IDE) y MicroPython también amplía su utilidad para estudiantes y desarrolladores con diferentes niveles de experiencia. Esto permite integrar fácilmente bibliotecas para la gestión de sensores, servicios web y protocolos de comunicación, reduciendo el tiempo de desarrollo y aumentando la confiabilidad del sistema.

En definitiva, la elección del ESP32 en este proyecto responde tanto a su eficiencia técnica como a su viabilidad económica y pedagógica, siendo un puente efectivo entre la teoría y la práctica en el desarrollo de soluciones tecnológicas para la agricultura inteligente.

5.1.5 Desarrollo de Aplicaciones Web Interactivas

El desarrollo de aplicaciones web es una disciplina del software que permite crear interfaces gráficas accesibles desde navegadores para la visualización, manipulación y análisis de datos en tiempo real. Tecnologías como HTML5, CSS3, JavaScript, PHP y frameworks de frontend/back-end permiten crear plataformas interactivas capaces de integrarse con sistemas físicos (De la Cruz & Villar, 2011). En proyectos de automatización, las aplicaciones web permiten representar digitalmente procesos del mundo físico, facilitando su monitoreo y control.

Desde un enfoque técnico, la aplicación web del presente proyecto actúa como una interfaz gráfica de usuario (Graphical User Interface, GUI), es decir, un entorno visual interactivo que

permite al usuario comunicarse con el sistema de manera intuitiva. Esta GUI está conectada al sistema físico de riego mediante el microcontrolador ESP32. Esta interacción se establece a través de protocolos de comunicación como HTTP y WebSocket, posibilitando el envío y recepción de comandos y datos en tiempo real (Sommerville, 2016).

Adicionalmente, la aplicación web integra funcionalidades que permiten la visualización gráfica de variables ambientales, tales como la humedad del suelo y el estado de los actuadores, facilitando la toma de decisiones basada en datos actualizados. Para la comunicación asíncrona con el servidor, se implementa el uso de la **API Fetch** de JavaScript, la cual permite enviar y recibir información sin necesidad de recargar toda la página.

Fetch es una interfaz moderna que proporciona un método más sencillo y potente para realizar solicitudes HTTP asíncronas, reemplazando a tecnologías más antiguas como XMLHttpRequest (Mozilla Developer Network, 2024). Esta técnica contribuye a una experiencia de usuario más fluida, moderna y eficiente, al actualizar solo los datos necesarios en la interfaz.

La arquitectura de la aplicación se diseñó siguiendo el patrón cliente-servidor, donde el cliente (navegador web) actúa como interfaz para el usuario, y el servidor procesa las solicitudes, gestiona la base de datos y se comunica con el microcontrolador. Esta separación facilita la escalabilidad del sistema y su posible extensión para futuras funcionalidades, como la integración de alertas por correo electrónico o aplicaciones móviles complementarias.

En suma, el desarrollo de esta aplicación web no solo busca proveer un control funcional del sistema de riego, sino también ofrecer una plataforma educativa que permita a los usuarios comprender y experimentar con tecnologías de IoT aplicadas al sector agrícola, promoviendo así la innovación y adopción tecnológica en comunidades rurales.

5.1.6 Uso de Maquetas Funcionales en la Representación de Sistemas Tecnológicos

La construcción de maquetas funcionales se ha convertido en una herramienta muy útil en el desarrollo de proyectos tecnológicos, ya que permite representar de forma tangible cómo funciona un sistema físico en un entorno controlado y a escala reducida (Pérez & Torres, 2019). En contextos educativos y de aprendizaje práctico, las maquetas no solo ayudan a validar el diseño, sino que también permiten observar el comportamiento de los componentes electrónicos y entender su lógica de funcionamiento, incluso para personas que no tienen conocimientos técnicos avanzados. En este proyecto, la creación de una maqueta a escala 1:25 fue clave para simular con precisión el proceso de riego semiautomatizado, visualizar cómo interactúan el microcontrolador ESP32, los sensores de humedad y la bomba de agua, y demostrar el papel de la interfaz web. Este recurso no solo sirvió para comprobar el sistema técnicamente, sino que también se convirtió en una herramienta educativa que facilita su comprensión y abre la posibilidad de replicarlo en escenarios reales.

La maqueta permitió replicar condiciones físicas reales en un entorno seguro y controlado, haciendo posible la observación de fallos, la prueba de configuraciones, y la verificación del flujo de datos entre el sistema físico y la plataforma web. A través de este modelo a escala, se logró representar el ciclo completo de lectura, procesamiento y respuesta dentro de un sistema de IoT aplicado a la agricultura, fortaleciendo así el vínculo entre la teoría y la práctica.

Además, el uso de materiales accesibles y reutilizables para la construcción de la maqueta demuestra que es posible implementar soluciones tecnológicas funcionales sin necesidad de grandes inversiones, lo que favorece la transferencia de conocimiento hacia comunidades rurales o centros educativos con recursos limitados. Por tanto, la maqueta no solo cumple un rol

demostrativo, sino también **pedagógico, replicable y escalable**, sirviendo como base para futuros desarrollos o adaptaciones orientadas a distintos tipos de cultivos o entornos agrícolas.

5.2 Marco Legal

El desarrollo de este proyecto se encuentra alineado con el marco normativo ecuatoriano e internacional que promueve el uso responsable de las tecnologías y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. A continuación, se detallan las principales normativas aplicables:

- **Ley Orgánica de Educación Superior (LOES)**

Establece la necesidad de vincular la formación académica con la investigación, innovación tecnológica y solución de problemas sociales. Esta ley respalda el desarrollo de proyectos integradores que apliquen conocimientos técnicos a contextos reales, como el caso del sistema automatizado de riego.

- **Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014)**

Regula el uso del recurso hídrico en el territorio nacional. Promueve la eficiencia, sostenibilidad y gestión adecuada del agua, en concordancia con el principio de soberanía hídrica. La implementación de sistemas automatizados de riego se alinea con esta ley, al contribuir a la reducción del desperdicio del recurso.

- **Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” (2021-2025)**

Este plan promueve el uso de la tecnología como herramienta para alcanzar el Buen Vivir. En el ámbito agrícola, incentiva la modernización de procesos mediante soluciones tecnológicas que incrementen la eficiencia productiva y preserven el ambiente.

- **Norma ISO 14001:2015 – Gestión ambiental**

Esta norma internacional promueve la mejora continua y la sostenibilidad ambiental en todos los procesos. Su aplicación en el proyecto respalda el uso racional del agua en la agricultura, uno de los objetivos clave del sistema desarrollado.

- **Norma ISO 50001:2018 – Gestión de la energía**

Establece lineamientos para una gestión eficiente de la energía en procesos productivos. En este caso, se relaciona con la optimización del consumo energético del sistema de riego semiautomatizado.

- **Norma ISO/IEC 25010:2011 – Modelo de calidad del producto software**

Define los atributos de calidad del software, entre ellos la *usabilidad*, *comprensibilidad* y *adecuación funcional*. Estas directrices fueron consideradas en el desarrollo de la interfaz web del simulador y en la reorganización visual de los resultados estadísticos, permitiendo una mejor experiencia para el usuario final.

- **Norma ISO/IEC 9241-210:2010 – Diseño centrado en el usuario**

Establece principios para crear sistemas adaptados a las necesidades, capacidades y contexto del usuario. Esta norma justifica el diseño de una interfaz intuitiva y la mejora en la presentación de resultados (como los gráficos), priorizando la claridad y accesibilidad del contenido para estudiantes, técnicos y agricultores.

5.3 Metodología Ágil: Scrum

Para la planificación, gestión y ejecución del proyecto de investigación y desarrollo titulado "Desarrollo de un simulador web para el control de riego en cultivos agrícolas mediante un microcontrolador ESP32", se adoptó el marco de trabajo **Scrum**. Esta decisión se fundamentó en su naturaleza intrínsecamente **iterativa, incremental y flexible**, características que lo hacen idóneo para entornos de desarrollo de *software* y *hardware* con requisitos emergentes y un alto grado de innovación, como es el caso de proyectos vinculados al Internet de las Cosas (IoT). La elección de Scrum permitió una gestión dinámica, adaptable y transparente del proyecto, facilitando la entrega continua de valor y la mitigación proactiva de riesgos (Schwaber & Sutherland, 2020).

Es fundamental aclarar que, a diferencia de metodologías tradicionales con fases secuenciales rígidas (como el modelo en cascada), **Scrum opera como un marco de trabajo empírico basado en ciclos repetitivos y continuos denominados Sprints**. En lugar de progresar de una fase a la siguiente, Scrum se enfoca en la **inspección y adaptación constantes** a través de sus eventos y artefactos, promoviendo la transparencia y el aprendizaje continuo a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (Rubin, 2012). Esta aproximación cíclica y auto-correctiva es lo que lo diferencia y lo hace particularmente efectivo para proyectos donde la incertidumbre es inherente y la adaptación es clave.

5.3.1 Justificación de la Elección de Scrum

Para el desarrollo del proyecto titulado "*Desarrollo de un simulador web para el control de riego en cultivos agrícolas mediante un microcontrolador ESP32*", se optó por aplicar la metodología ágil **Scrum**, debido a su flexibilidad, estructura iterativa y capacidad de adaptación a

cambios constantes, aspectos que fueron fundamentales dadas las características propias del sistema propuesto.

En primer lugar, se identificó que los requerimientos del proyecto no eran completamente estáticos. Al combinar áreas como desarrollo web, control electrónico y simulación agrícola, surgieron nuevas funcionalidades, ajustes de diseño e incluso reestructuraciones en la lógica del microcontrolador ESP32 conforme avanzaba la comprensión del problema. La metodología Scrum resultó ideal para afrontar esta evolución constante, ya que permite incorporar cambios de forma ágil durante cada iteración o Sprint, garantizando así que el producto final se alinee progresivamente con las necesidades reales detectadas a lo largo del proceso (Highsmith, 2009).

En segundo lugar, el uso de **Sprints**, es decir, ciclos cortos de trabajo con entregas funcionales, permitió dividir el proyecto en fases manejables. Cada Sprint concluía con una versión funcional del sistema, facilitando así revisiones frecuentes y la validación temprana de funcionalidades tanto del software como del hardware. Esta estrategia permitió detectar errores, ajustar funcionalidades y mejorar componentes de manera oportuna, optimizando el tiempo de desarrollo y asegurando una correcta integración entre la interfaz web y los módulos electrónicos.

Por otro lado, Scrum fomentó una comunicación fluida, transparencia y retroalimentación constante. Aunque el equipo de desarrollo estuvo conformado únicamente por **Josué González** y **Max Obando**, se establecieron sesiones de trabajo periódicas en las que se discutían avances, bloqueos y nuevas ideas, simulando los eventos típicos de Scrum como los *Daily Stand-ups*. Además, se contó con el acompañamiento del **Ing. Patricio Bonifaz**, quien cumplió el rol de tutor académico y, en ocasiones, el de usuario final o *stakeholder*. Su participación permitió validar la funcionalidad de la interfaz, proponer mejoras en la experiencia de usuario y afinar detalles

técnicos del simulador. Esta retroalimentación temprana y continua es una práctica clave dentro de la metodología ágil (Rubin, 2012), ya que permite mantener el enfoque del proyecto y ajustar el *Product Backlog* según las prioridades y necesidades emergentes.

5.3.2 Experiencia previa con Scrum del equipo

La elección de Scrum también se respaldó en la experiencia previa del equipo en la aplicación de esta metodología en proyectos similares. Antes del desarrollo del simulador de riego, los integrantes habían participado en la creación de aplicaciones web utilizando el marco Scrum. Entre estos proyectos se destacan plataformas orientadas a la gestión académica y sistemas de inventario para pequeñas y medianas empresas, donde la metodología permitió abordar de forma efectiva los cambios frecuentes en los requerimientos y facilitó entregas parciales funcionales.

Estas experiencias permitieron al equipo adquirir habilidades en la planificación por Sprints, la priorización de tareas, y la ejecución de revisiones frecuentes, lo que redujo la curva de aprendizaje y permitió una implementación más fluida del marco Scrum en el proyecto actual. La familiaridad con los roles (Product Owner, Scrum Master, Development Team), los eventos (Sprint Planning, Daily Scrum, Sprint Review y Sprint Retrospective), así como con los artefactos (Product Backlog, Sprint Backlog e Incremento), facilitó la organización interna y fortaleció la capacidad de adaptación frente a los desafíos técnicos y funcionales que surgieron a lo largo del desarrollo.

G. METODOLOGÍA

6.1 Roles Scrum en el proyecto

Debido a la naturaleza del proyecto como trabajo colaborativo entre dos estudiantes, se definieron los siguientes roles Scrum:

Tabla 2

Roles del Equipo y Tareas Realizadas

Rol	Responsable	Función
Product Owner	Josué González / Max Obando	Definieron las funcionalidades clave, priorizaron tareas y gestionaron el Product Backlog.
Scrum Master	Josue González	Facilitó el proceso Scrum, promovió la organización del trabajo y gestionó impedimentos.
Development Team	Josue González y Max Obando	Realizaron el desarrollo del simulador web, la creación de la maqueta funcional, integración con el hardware, documentación y pruebas.

Nota. Esta tabla describe los roles asignados a los integrantes del equipo, detallando las funciones específicas desempeñadas durante el desarrollo del simulador web bajo el enfoque Scrum.

6.2 Eventos Scrum implementados

El trabajo fue estructurado en Sprints variables, adaptados según la complejidad de cada fase, abarcando un total de **15 semanas**. La duración de cada Sprint fue definida de manera flexible, como se observa en la siguiente planificación:

Tabla 3**Planificación de Sprints y Actividades Desarrolladas en el Proyecto**

Sprint	Periodo estimado	Actividades principales
1	Abril (Semana 1)	Validación de la idea, adquisición de componentes electrónicos
2	Abril (Semana 2)	Análisis de tecnologías IoT y encuestas
3	Abril (Semana 3)	Diseño conceptual del circuito, interfases de la app y diseño de la base de datos
4	Abril (Semana 4) y Mayo (Semana 1)	Ensamblaje del sistema y programación inicial del ESP32
5	Mayo (Semana 2-4) y Junio (Semana 1)	Desarrollo de la interfaz web e integración básica con el hardware
6	Junio (Semana 3-4)	Implementación de Configuraciones para Diversos Tipos de Riego
7	Junio (Semana 4) y Julio (Semana 1)	Conexión entre el aplicativo web y la maqueta.
8	Julio (Semana 2)	Implementación del historial de riegos y control horario
9	Julio (Semana 3- 4)	Pruebas finales de funcionabilidad y eficiencia.

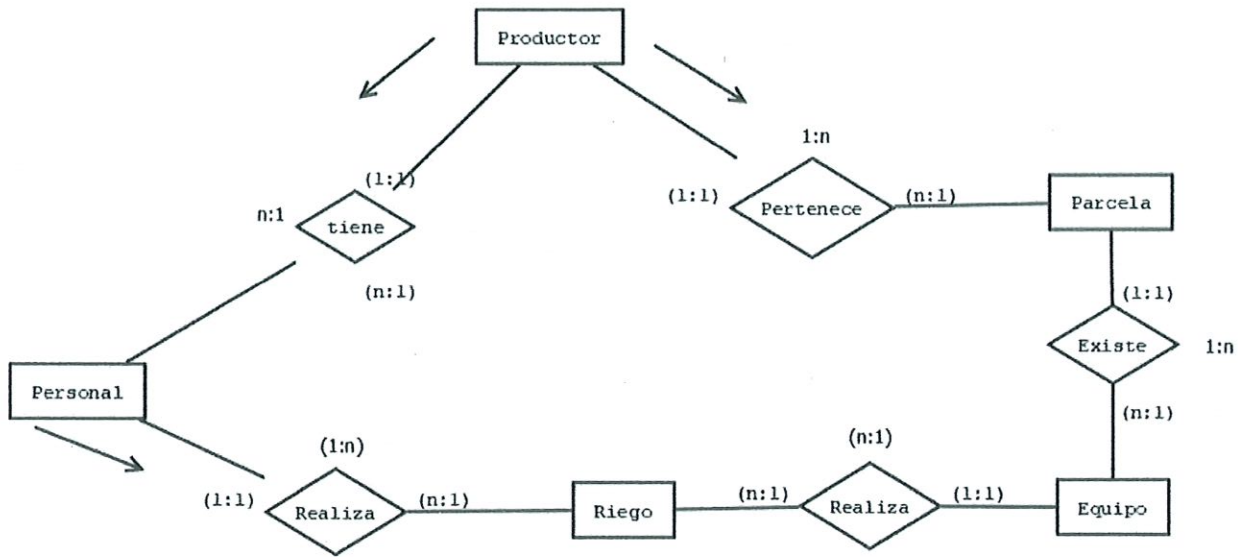
Nota. La tabla presenta la distribución de los sprints y las principales actividades realizadas en cada uno, durante el desarrollo del simulador web.

6.2.1 Diseño y desarrollo de la base de datos-Sprint 3

Para el diseño de los diagramas de flujo se utilizó la herramienta **DIA**, un software libre y multiplataforma especializado en diagramación técnica, que permite elaborar diagramas de flujo, de red, UML y otros (Bray, 2022). Esta herramienta facilitó la representación clara y estructurada de los procesos del sistema, contribuyendo a una mejor planificación y desarrollo del proyecto.

Figura 3

Diagrama Entidad-relación



Detalle: Diagrama Entidad-relación base de datos

La **Figura 3** ilustra el diagrama entidad relación se sugiere que para el entendimiento del mismo se lea desde productor la cabeza del sistema y se siga las líneas para una comprensión más clara de las cardinalidades en la tabla 3 del manual técnico tabla de entidades se muestran las entidades y su función específica en este manual se muestra de manera más profunda las entidades con sus atributos y su descripción.

Esta cuenta con 5 entidades, creadas para la gestión de productores (empresas o agricultores), parcelas, equipos, personal y riego con el fin de facilitar el monitoreo y control del mismo. La base de datos fue diseñada para que la aplicación sea multiempresa.

Tabla 4

Tabla entidades

Tabla	Descripción
Productor	Contiene la información del productor este puede ser de tipo empresa o unitario.
Personal	Contiene la información personal del usuario, la asignación de roles su usuario y contraseña.
Parcela	Contiene la información de las parcelas(terrenos,invernaderos,fincas) el tamaño el tipo de cultivo.
Equipo Riego	Contiene la información del equipo. Se trata de la tabla de reportes aquí se guardada los riegos el equipo y usuario que lo hizo.

Nota: Esta tabla resume las entidades principales que conforman la base de datos del sistema, estructuradas para permitir una gestión integral del riego agrícola, los usuarios y sus parcelas.

Para la creación y administración de la base de datos se utilizó **phpMyAdmin**, una herramienta escrita en PHP que permite gestionar MySQL de forma intuitiva a través de una interfaz web (phpMyAdmin, 2024).

A continuación, se muestra el script incompleto como ejemplo de la creación de la base de datos para mayor comprensión el script completo se encuentra en el manual técnico en sus anexos.

```
• CREATE DATABASE riegosem
• CREATE TABLE productor (
• idPro int AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
• tipPro varchar(30),
• nombre varchar (100),
• cuidad varchar(50)
• );
```

6.2.2 Diseño y desarrollo de la interfaz web del simulador-Sprint 3,5,6,7

Para el diseño y maquetado de las interfaces de la aplicación se utilizó **Excalidraw**, una herramienta colaborativa de dibujo en línea enfocada en la creación de diagramas y prototipos visuales (Excalidraw, 2024).

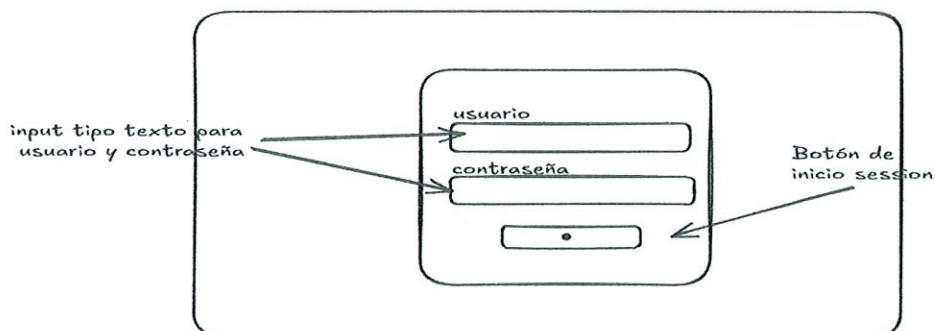
A continuación, se presenta el maquetado de las interfaces más relevantes del sistema:

Login.

- **Objetivo:** Permitir el acceso de los usuarios autorizados.
- **Componentes:** Campo usuario, contraseña, botón ingresar.
- **Diseño**

Figura 4

Maquetado login

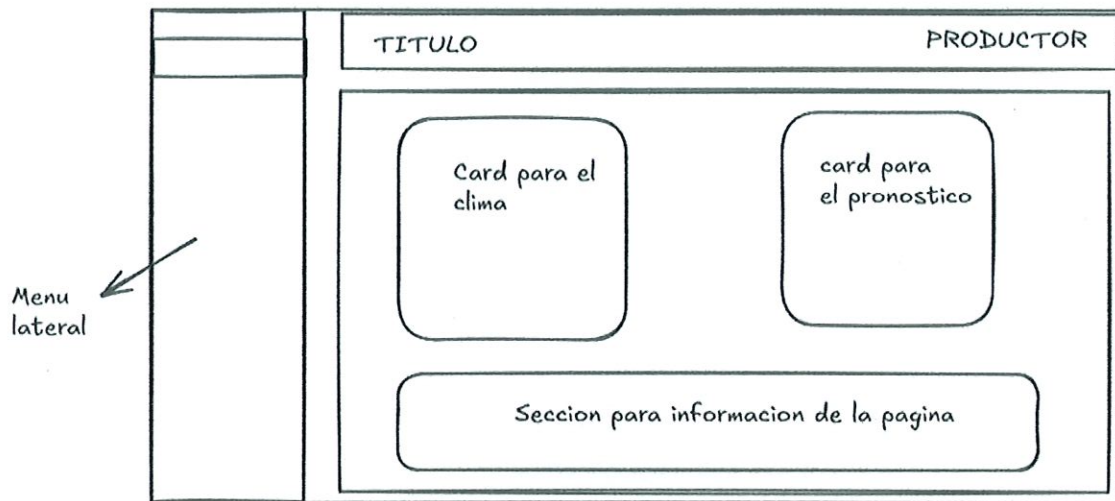


Index.

- **Objetivo:** Entrada para el usuario aquí se muestra información de la página, clima local y pronostico además del productor (empresa o agrícola independiente).
- **Componentes:** Menú, toolbar, página central con Cards para mostrar el clima y pronostico.
- **Diseño:**

Figura 5

Maquetado index

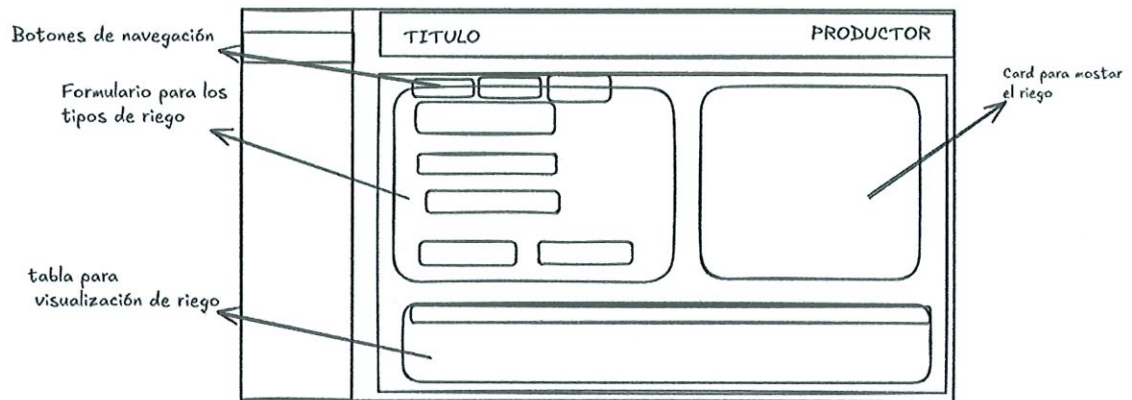


Riego-Administrador

- **Objetivo:** Controlar el riego manualmente, el riego programado y el límite de humedad para el riego también se podrá visualizar el riego de manera interactiva y se podrá observar el listado mediante tabla para editar o eliminar.
- **Componentes:** Menú, toolbar, página central con Cards para navegar entre los dos tipos de riego y configuración además del control de humedad cada uno con su respectivo formulario con sus propios inputs y botones además una tabla para ver el listado de riegos
- **Diseño:**

Figura 6

Maquetado riego

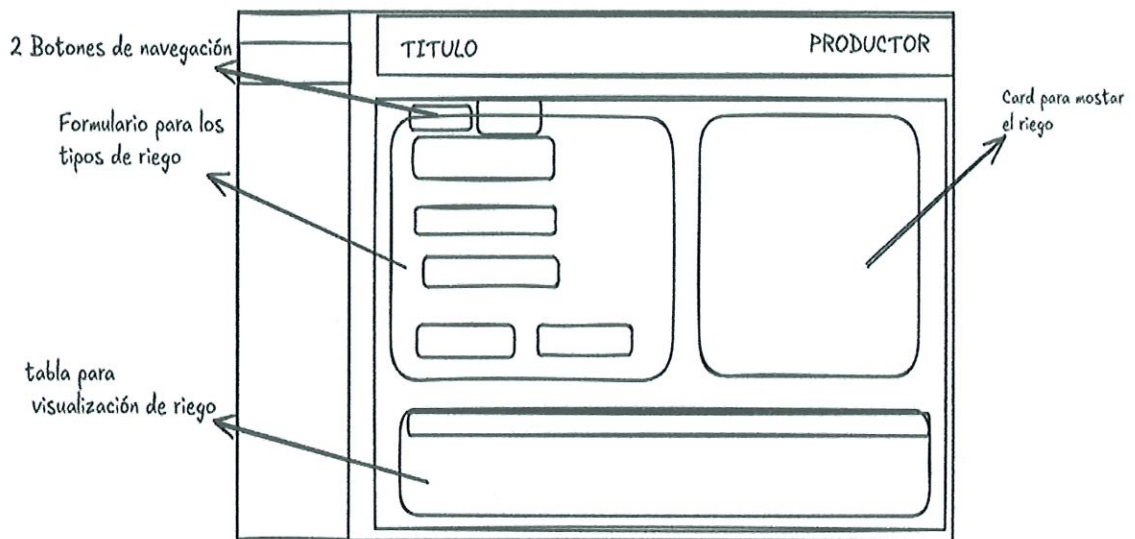


Riego-Usuario

- **Objetivo:** Aquí se controlará el riego manualmente y el riego programado también se podrá visualizar el riego de manera interactiva y se podrá observar el listado mediante tabla para editar o eliminar.
- **Componentes:** Menú, toolbar, página central con Cards para navegar entre los dos tipos de riego y configuración además del control de humedad cada uno con su respectivo formulario con sus propios inputs y botones además una tabla para ver el listado de riegos
- **Diseño:**

Figura 7

Maquetado riego usuario



Parcelas

- **Objetivo:** Agregar parcelas (terrenos, fincas) y poder editarlas o eliminar según convenga además de una tabla y cards para la visualización.
- **Componentes:** Menú, toolbar, página central dividida en dos de manera horizontal con un título, descripción y un botón para alternar. Un formulario y la otra con las cards de presentación, así como una tabla se alternarán.
- **Diseño:**

Figura 8

Maquetado parcela

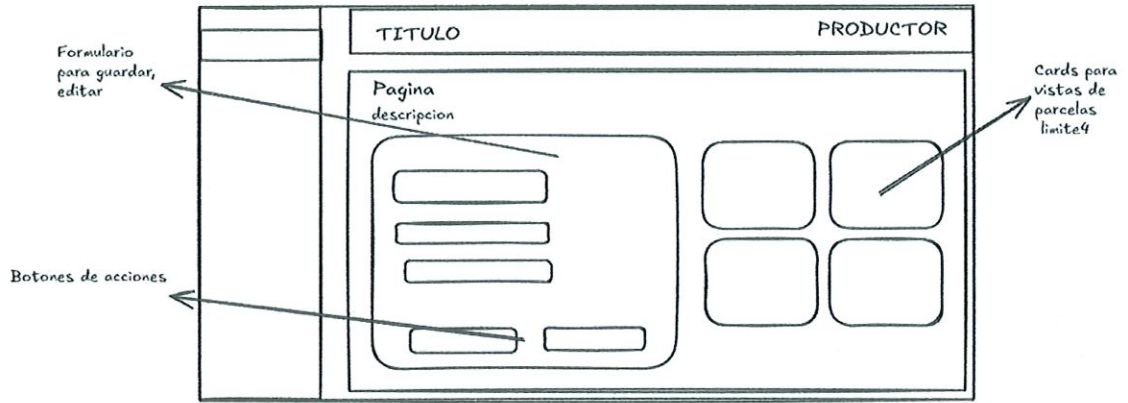
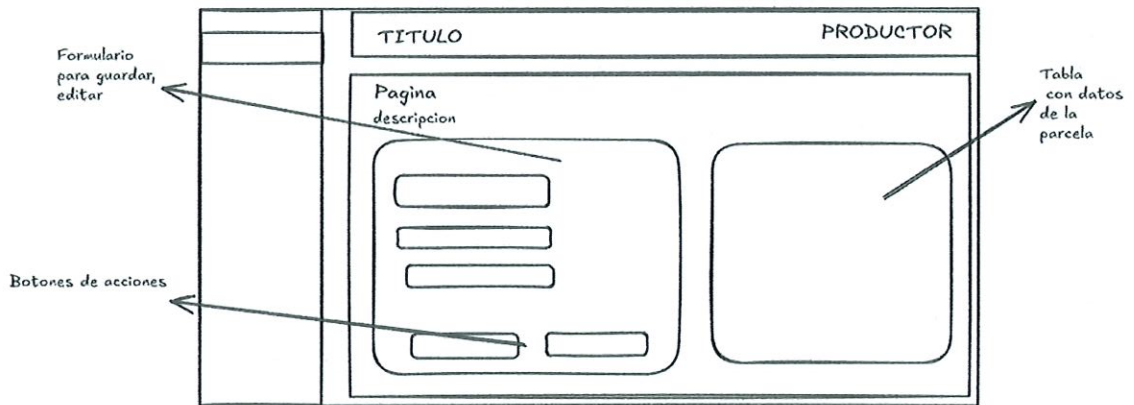


Figura 9

Maquetado parcela-tabla



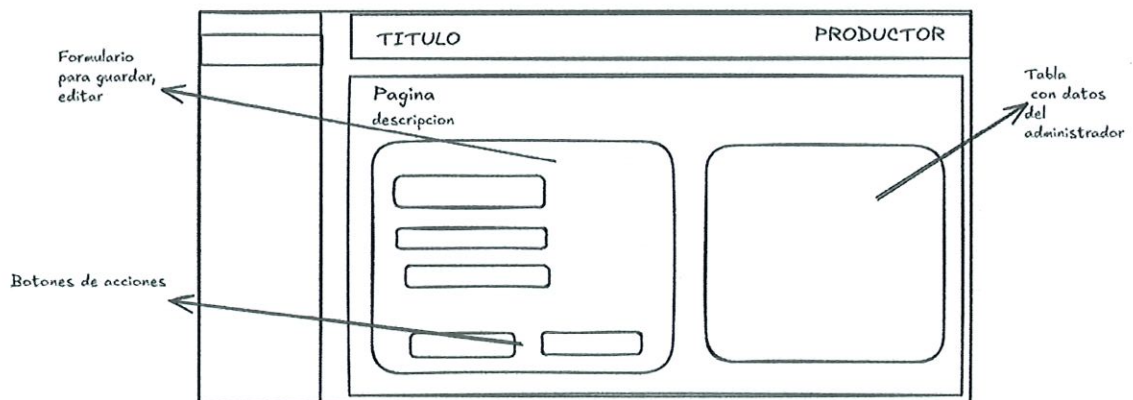
Administradores-Equipos-Productor

Dado que administradores equipos productores incluso usuarios se manejan de la misma manera, aunque con funcionalidades diferentes se simplificara para este punto.

- **Administradores:** Agregar administradores, superusuarios poder editarlos o eliminar según convenga además de una tabla para la visualización.
- **Equipos:** Agregar equipos, poder editarlos o eliminar según convenga además de una tabla para la visualización.
- **Productores:** Agregar productores(empresas-agricultores) poder editarlos o eliminar según convenga además de una tabla para la visualización.
- **Componentes:** Menú, toolbar, página central dividida en dos de manera horizontal con un título y una descripción. Un formulario y una tabla para la visualización.
- **Diseño:**

Figura 10

Maquetado interfaces generales



Para el diseño de interfaces se utilizaron los editores de texto *Visual Studio Code* y *Sublime Text*, sin una necesidad técnica específica, sino por preferencias personales de los desarrolladores,

dado que ambos ofrecen entornos ligeros, personalizables y ampliamente utilizados en el desarrollo de aplicaciones web (Moreno, 2021).

Se presenta el resultado final de las interfaces con fragmentos de código ya que este se encuentra de manera detallada en el informe técnico.

6.2.3 Construcción de la maqueta funcional de riego a escala-Sprink 4

Se busca crear una maqueta a escala 1:25 que represente una parcela agrícola, diseñada para demostrar el funcionamiento del sistema. La maqueta incorporara un microcontrolador ESP32, un sensor de humedad YL-69, una bomba de agua de 5V y luces LED que indican el estado del riego.

Materiales utilizados para la construcción de la maqueta:

Tabla 5

Materiales utilizados

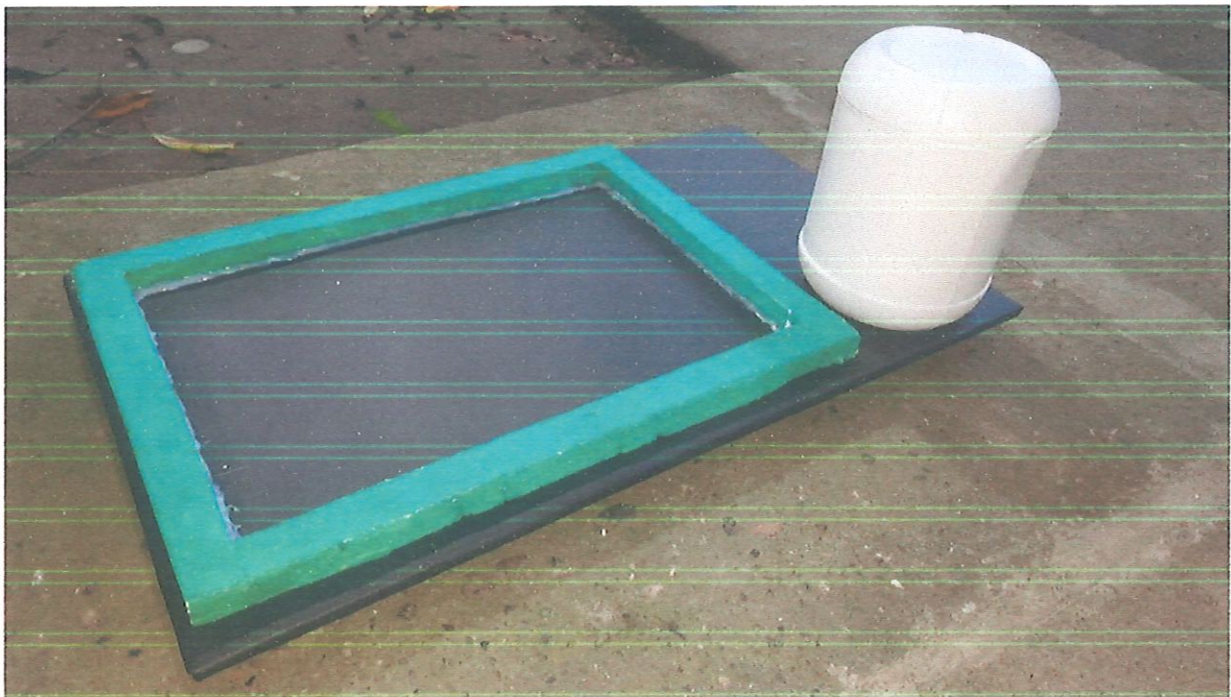
Categoría	Elemento	Descripción / Función
Base estructural	Tabla de MDF o madera	Soporte firme para toda la estructura de la maqueta.
Simulación del terreno	Espuma flex	Representación visual del suelo o terreno de cultivo.
Componentes electrónicos	Microcontrolador ESP32	Unidad principal de control, con capacidad de conexión Wi-Fi.
	Sensor de humedad del suelo YL-69	Detecta el nivel de humedad y envía la señal al microcontrolador.
	Bomba de agua de 5V	Actúa como el sistema de riego que se activa automáticamente.
	Protoboard	Base para realizar las conexiones sin necesidad de soldar.
	Cables Dupont (macho-macho y macho-hembra)	Permiten la conexión entre los diferentes componentes.
	LEDs indicadores (rojo y verde)	Muestran el estado de actividad del sistema de riego.
	Resistencias	Regulan el paso de corriente eléctrica en los LEDs.

Alimentación	Módulo de alimentación MB 102 (3V–5V)	Suministra energía eléctrica al circuito.
Otros	Recipiente para el agua	Simula un tanque desde donde la bomba extrae el agua.
	Tubo delgado	Canaliza el agua desde la bomba hacia el terreno simulado.
	Pistola de silicona o cinta doble faz	Fijan los componentes a la base para mantener estabilidad.

Nota: Los materiales seleccionados permitieron construir una maqueta funcional, segura y representativa del sistema real, utilizando componentes accesibles y adecuados para entornos educativos y de prueba.

Figura 11

Elaboración de la maqueta



En la imagen se observa la fase inicial del proyecto, donde se comenzó con el diseño y armado de la base de la maqueta que representa el terreno agrícola. En esta etapa se emplearon materiales reciclables, como envases y espuma, combinados con madera liviana, lo que permitió construir una estructura firme, pero a la vez fácil de transportar y manipular.

Se delimitó el espacio que simula la parcela de cultivo y se preparó el área donde se integrarían más adelante los componentes electrónicos, como la bomba de agua y el sistema de riego. Esta base cumple no solo una función estética, sino también práctica, ya que sostiene y organiza todos los elementos del sistema, facilitando tanto su funcionamiento como su presentación visual.

Figura 12

Elaboración del ensamblado de los componentes electrónicos



6.2.4 Integración entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web-Sprint 6

El ESP32 se programara para leer constantemente los datos del sensor de humedad YL-69 y enviar la información al servidor alojado en una red local. A su vez, quedara a la espera de comandos desde la página web, como encender o apagar la bomba de riego. Esta comunicación en tiempo real permitirá que el sistema reaccionara rápidamente tanto a las condiciones del suelo como a las órdenes del usuario desde el navegador.

Figura 13

Comunicación activa entre el ESP32 y la plataforma web

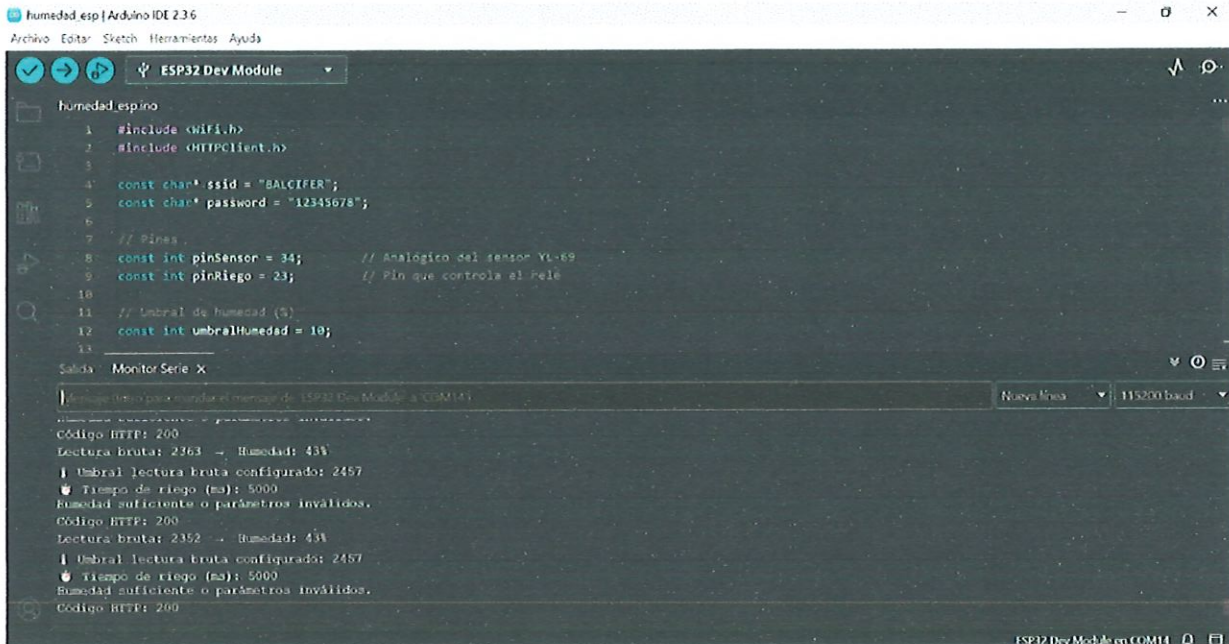


Figura 14

Lectura de sensor y activación del riego registrada en tiempo real por el ESP32.



Los eventos de Scrum se ejecutaron de la siguiente manera:

- **Sprint Planning:** Al inicio de cada fase semanal, se seleccionaban tareas desde un backlog inicial y se asignaban a los responsables según prioridad y disponibilidad.
- **Daily Scrum:** Las reuniones de seguimiento se realizaron en modalidad presencial y virtual entre los dos integrantes del equipo, permitiendo ajustar el trabajo día a día.
- **Sprint Review:** Al finalizar cada bloque de trabajo, se presentaban los avances funcionales y se recibía retroalimentación del tutor académico.
- **Sprint Retrospective:** Se reflexionó sobre los errores, tiempos mal estimados o dificultades técnicas para mejorar en los sprints siguientes.

6.3 Artefactos Scrum utilizados

Durante el desarrollo del proyecto, se utilizaron los artefactos esenciales de Scrum para garantizar la trazabilidad del trabajo:

- **Product Backlog:** Lista priorizada de tareas, inicialmente elaborada a partir de los requerimientos básicos del sistema y posteriormente ajustada según descubrimientos técnicos. Incluyó elementos como "Control desde interfaz web", "Historial de riego", "Conexión con ESP32", etc.
- **Sprint Backlog:** Subconjunto de tareas seleccionadas para cada sprint, detalladas y distribuidas entre los integrantes del equipo.

- **Incremento:** Cada sprint culminó con un producto parcial pero funcional: desde esquemas eléctricos, interfaz HTML básica, hasta un sistema de riego operativo controlado vía web. Estos incrementos fueron acumulativos y condujeron al producto final.

6.4 Herramientas y adaptaciones

El equipo no utilizó herramientas digitales especializadas como Trello o Jira. La organización se realizó manualmente a través de listas de tareas y documentos compartidos, y se complementó con reuniones periódicas presenciales o en línea.

Debido a la naturaleza académica del proyecto, se realizaron algunas adaptaciones al marco original de Scrum. Por ejemplo, los **Daily Scrums** fueron realizados como autoevaluaciones o breves intercambios entre los compañeros, y el rol del Product Owner fue compartido. A pesar de ello, se mantuvieron los principios clave de transparencia, inspección y adaptación.

6.5 Desafíos y soluciones aplicadas

Durante el desarrollo del proyecto se presentaron diversos desafíos, entre los que se destacan:

- **Falta de conocimientos en electrónica:** Al inicio del proyecto, los integrantes no contaban con una base sólida en electrónica aplicada, lo que dificultó el diseño y ensamblaje del sistema de riego. Este desafío fue superado mediante la investigación autodidacta, el uso de manuales técnicos y recursos educativos en línea.

- **Desconocimiento en programación de microcontroladores (Arduino/ESP32):**

La curva de aprendizaje para controlar dispositivos electrónicos mediante código fue significativa. Se resolvió mediante práctica intensiva y la consulta de ejemplos disponibles en la documentación oficial de Arduino y ESP32.

- **Implementación de tecnología en riegos:** La aplicación de tecnologías IoT en contextos agrícolas fue un campo novedoso para el equipo. Se abordó con análisis de casos similares y la adaptación de soluciones tecnológicas al entorno del proyecto.

Gracias al enfoque ágil y al aprendizaje progresivo, fue posible alcanzar los objetivos del proyecto, entregar un sistema funcional y desarrollar habilidades técnicas clave.

H. RESULTADOS

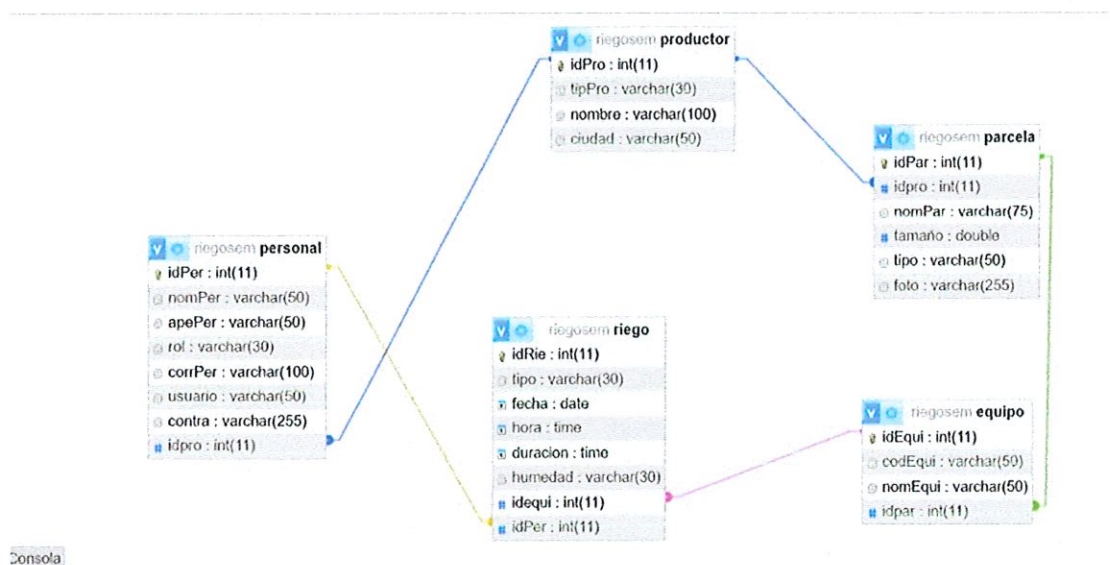
Esta sección presenta los principales logros obtenidos durante el desarrollo del proyecto, organizados en función de los objetivos específicos planteados. Los resultados confirman la viabilidad de la solución propuesta para mejorar el control del riego agrícola mediante un sistema semiautomatizado que combina hardware, software y una plataforma web interactiva. Se incluyen tanto los aspectos positivos como algunas limitaciones identificadas durante el proceso.

7.1 Diseño y desarrollo de la base de datos-Sprint 3

Se logro desarrollar una base de datos normalizada y funcional. Si se desea una mayor comprensión de las entidades o sus atributos, en el manual técnico se encuentra detallado el diccionario de datos que contine las entidades y atributos explicados.

Figura 15

Modelo físico



7.2 Diseño y desarrollo de la interfaz web del simulador-Sprint 3,5,6,7

Se logró desarrollar una aplicación web funcional y amigable, capaz de simular el monitoreo del sistema de riego. La interfaz permite al usuario:

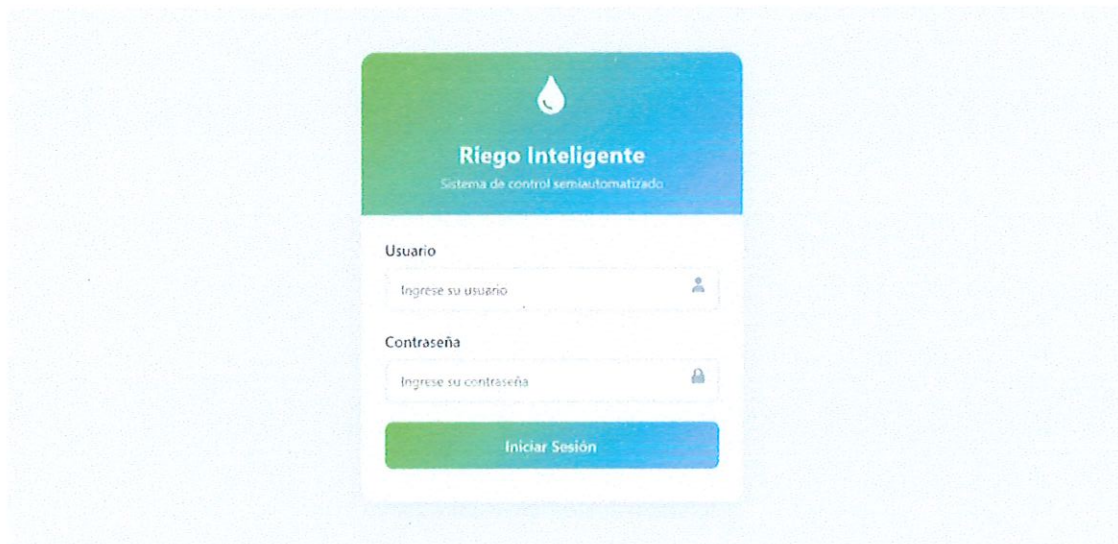
- Ver el nivel de humedad del suelo en tiempo real,
- Encender o apagar la bomba de agua desde el navegador de forma manual,
- Acceder a un historial con las fechas y horas en que se activó el riego,
- Iniciar sesión como tres tipos de usuario al sistema.
- Gestionar usuarios parcelas y equipos.

Se presenta el resultado final de las interfaces con fragmentos de código ya que este se encuentra de manera detallada en el informe técnico.

Login: Este es para todos los tipos de roles de aquí se redirigirá hacia los módulos según el rol establecido.

Figura 16

Login

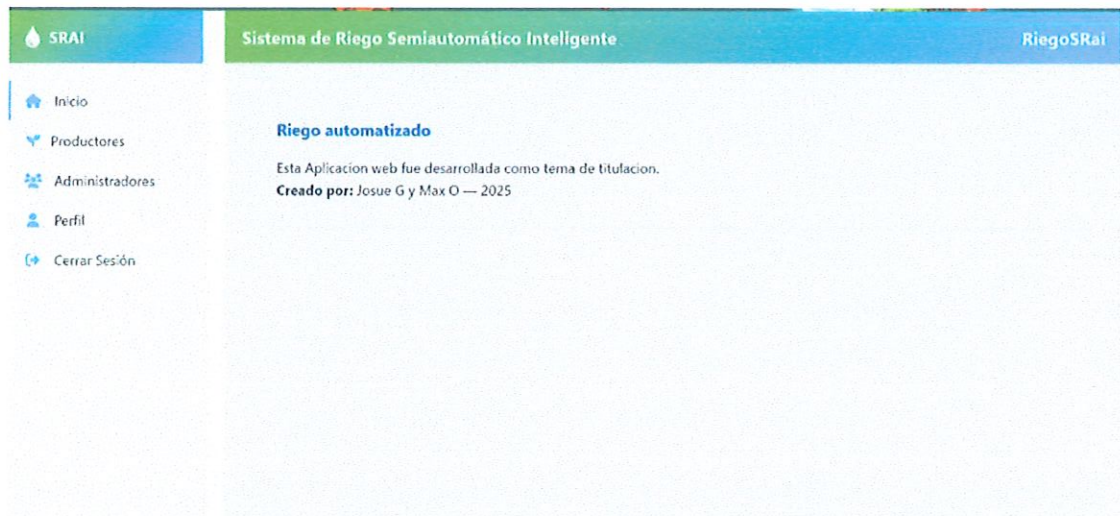


Index

Super administrador: El primer rol es el encargado de ingresar productores y el administrador de cada uno.

Figura 17

Index



Productores

Figura 18

Productores

SRAI Sistema de Riego Semiautomático Inteligente RiegoSRai

Productores
Aquí podrás guardar los productores, modificar y eliminarlos

ID
Este campo no es editable

Tipo de productor
Independiente

Nombre
Finca Pepe

Ciudad
Pelleo

Guardar **Limpiar**

ID	Tipo	Nombre	Ciudad	Acciones
1	Empresa	Quinta Obando	Ambato	Editar Eliminar
8	Empresa	Quinta Garces	Tena	Editar Eliminar
9	Independiente	Terreno Gonzalez	Tena	Editar Eliminar
11	Empresa	RiegoSRai	Tena	Editar Eliminar

Administradores

Figura 19

Administradores

SRAI Sistema de Riego Semiautomático Inteligente RiegoSRai

Administradores
Aquí podrás crear perfiles de los administradores y modificar todos sus usuarios

ID
Este campo no es editable

Nombre
Ingrese el nombre del usuario

Apellido
Ingrese el apellido del usuario

Correo electrónico
Ingrese el correo del usuario

Rol
Administrador

Productor
Quinta Obando

Guardar **Limpiar**

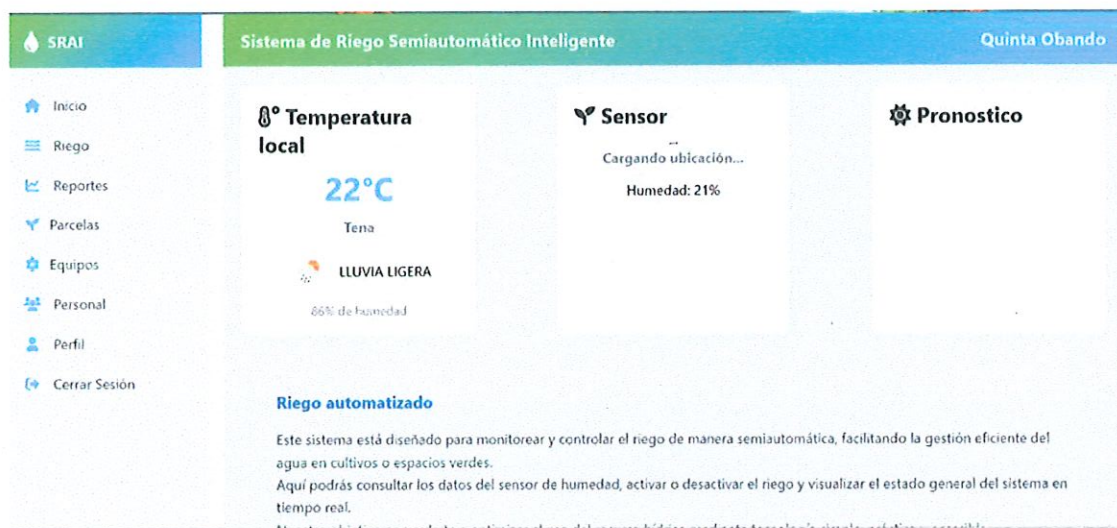
ID	Nombres	Rol	Usuario	Acciones
1	admin admin	Administrador	admin	Editar Eliminar
5	josuee gonzalez	Administrador	josueg	Editar Eliminar
9	Josue Zambrano	Administrador	josue1	Editar Eliminar
21	Lupita Sanches	Administrador	Lupita	Editar Eliminar

Index.

Administradores: El administrador es el encargado de ingresar personal las parcelas y equipos, así como también programar riegos hacer riegos manuales y controlar el umbral del riego además ver los reportes a continuación se mostrarán todas sus interfaces.

Figura 20

Index Administrador



Parcelas

Figura 21

Parcelas

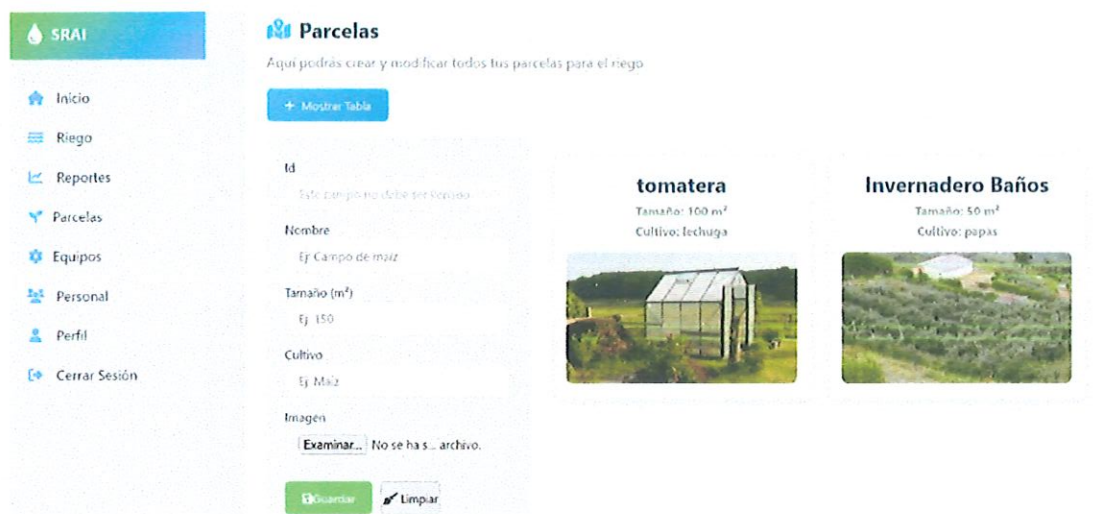
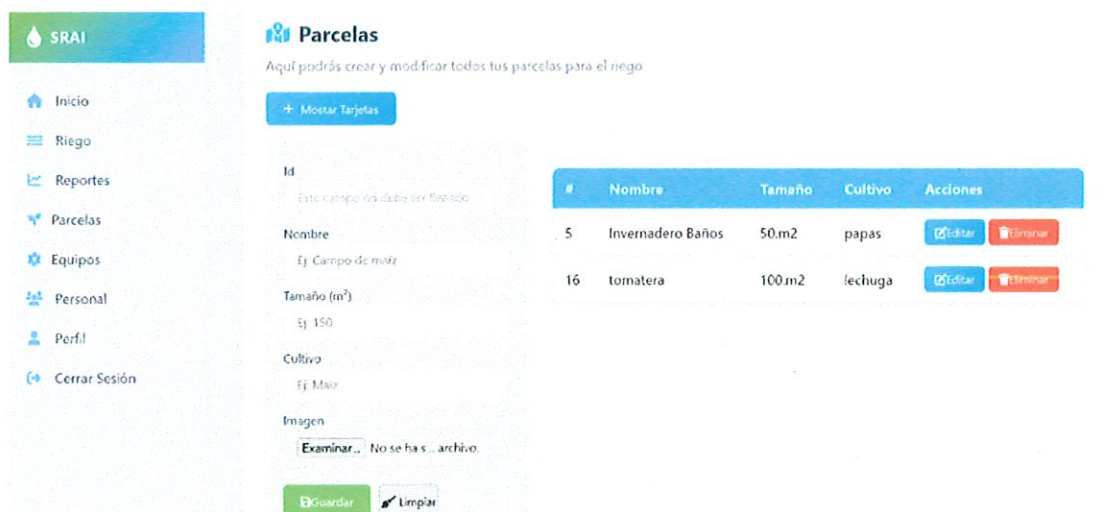


Figura 22

Parcela tabla



Equipos.

Figura 23

Equipos

The screenshot shows the 'Equipos' management page in the SRAI system. The page has a sidebar on the left with navigation options: Inicio, Riego, Reportes, Parcelas, Equipos, Personal, Perfil, and Cerrar Sesión. The main content area is titled 'Equipos' and includes a description: 'Aquí podrás guardar tus equipos, modificar y eliminarlos'. Below this is a form for creating or editing an equipment record, with fields for 'Id', '# de Serie', 'Nombre', and 'Parcela'. The 'Parcela' field is currently set to 'Invernadero Baños'. At the bottom of the form are 'Guardar' and 'Limpiar' buttons. To the right of the form is a table listing existing equipment records.

ID	Serie	Nombre	Parcela	Acciones
7	2	Regadora 2	Invernadero Baños	Editar Eliminar
8	1	Regadera1	tomatera	Editar Eliminar

Personal

Figura 24

Personal

The screenshot shows the 'Personal' management page in the SRAI system. The page has a sidebar on the left with navigation options: Inicio, Riego, Reportes, Parcelas, Equipos, Personal, Perfil, and Cerrar Sesión. The main content area is titled 'Personal' and includes a description: 'Aquí podrás crear perfiles del personal y modificar todos sus usuarios'. Below this is a form for creating or editing a user profile, with fields for 'Id', 'Nombre', 'Apellido', 'Correo electrónico', 'Rol', and 'Usuario'. The 'Rol' field is currently set to 'Administrador'. At the bottom of the form are 'Guardar' and 'Limpiar' buttons. To the right of the form is a table listing existing user profiles.

ID	Nombres	Rol	Usuario	Acciones
1	admin admin	Administrador	admin	Editar Eliminar
2	Maxx Obando	Usuario	Max	Editar Eliminar
11	Admin root	Usuario	admin81	Editar Eliminar
12	Emmanuel Gonzalez	Usuario	Emmanuel	Editar Eliminar
23	ejemplo ejemplo	Usuario	ejemplo	Editar Eliminar

Reportes

Figura 25

Reportes

ID	Tipo	Fecha	Hora	Duración	Humedad	Ubicación	Usuario
16	programado	2025-07-31	06:00:00	00:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
14	programado	2025-07-17	16:00:00	00:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
9	programado	2025-07-12	10:00:00	02:00:00	0%	tomatera	admin
13	programado	2025-07-11	14:00:00	05:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
8	programado	2025-07-11	10:00:00	02:00:00	0%	tomatera	admin
15	programado	2025-07-10	15:00:00	00:00:00	0%	Invernadero Baños	admin

Riego: riego pose tres tipos para este programado que nos permite colocar una fecha para el riego manual realiza un riego en ese momento y automático donde se define el umbral junto a la duración del mismo.

Figura 26

Riego

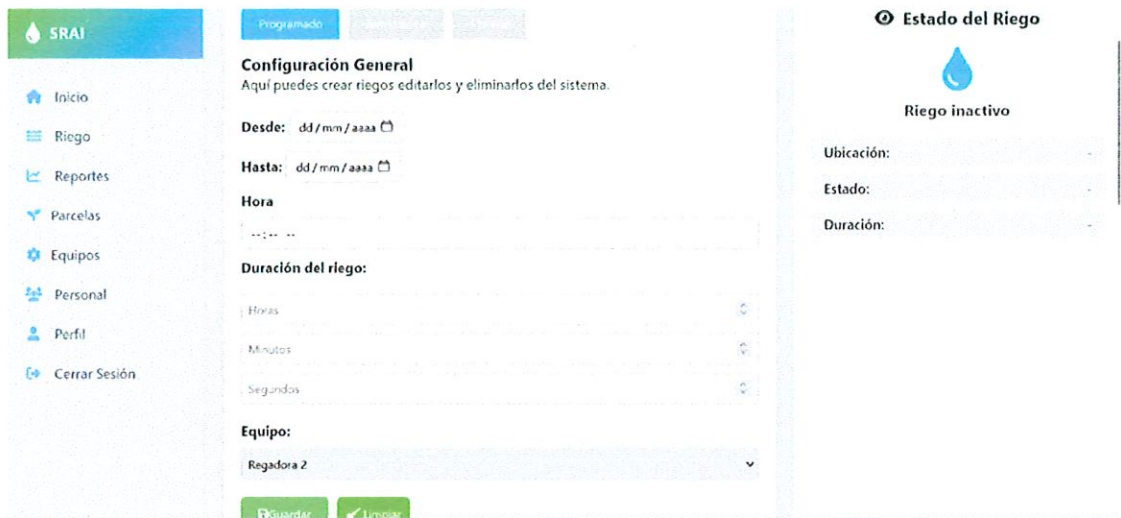


Figura 27

Tabla riego

ID	Tipo	Fecha	Hora	Duración	Ubicación	Usuario	Acciones
1	manual	2025-07-08	00:00:20	60:00:00	7	1	Editar Eliminar
2	manual	2025-07-08	00:00:20	60:00:00	8	1	Editar Eliminar
3	manual	2025-07-08	00:00:20	02:00:00	7	1	Editar Eliminar
4	manual	2025-07-08	00:00:21	123:00:00	9	21	Editar Eliminar
5	manual	2025-07-08	00:00:22	00:00:00	9	21	Editar Eliminar
6	programado	2025-07-09	10:00:00	02:00:00	8	1	Editar Eliminar
7	programado	2025-07-10	10:00:00	02:00:00	8	1	Editar Eliminar

Figura 28

Riego automático

Programado Automático Manual

Control de Riego Automático
Configura la humedad mínima y el tiempo que debe durar el riego cuando se active automáticamente.

Humedad mínima (%):

Duración del riego:

Horas

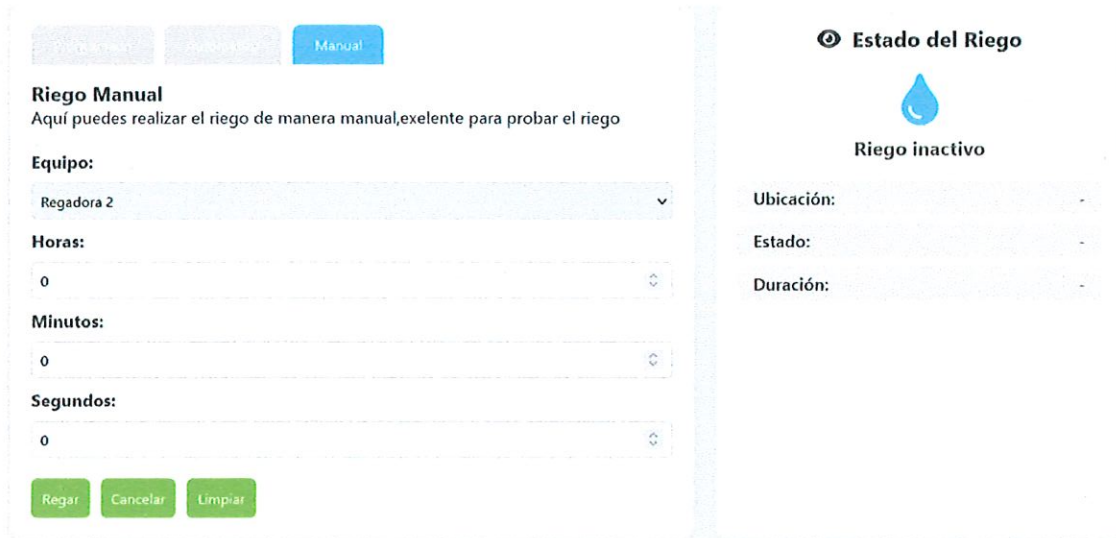
Minutos

Segundos

Guardar configuración

Figura 29

Riego manual



Interfaces Usuario

Figura 30

Index usuario

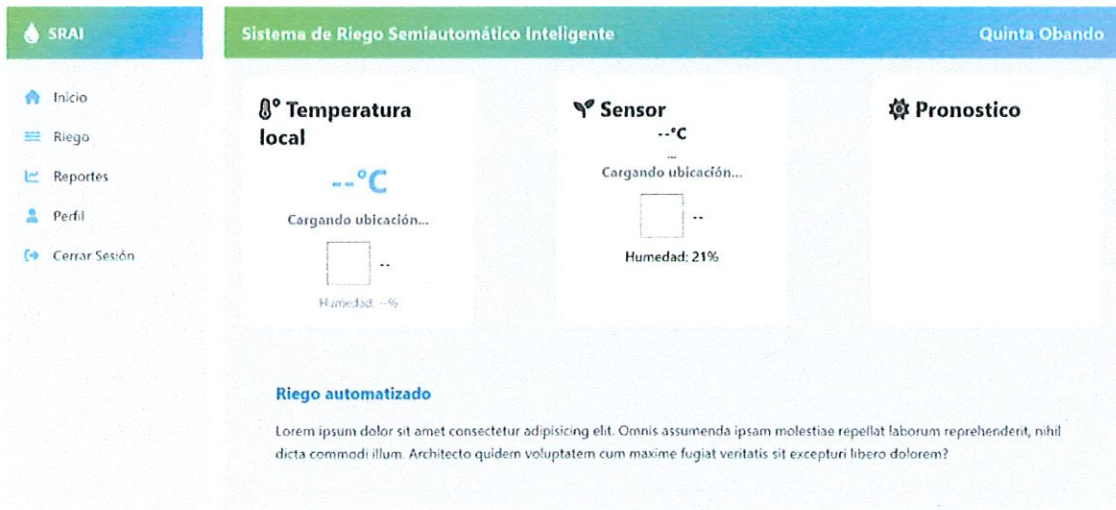


Figura 31

Riego

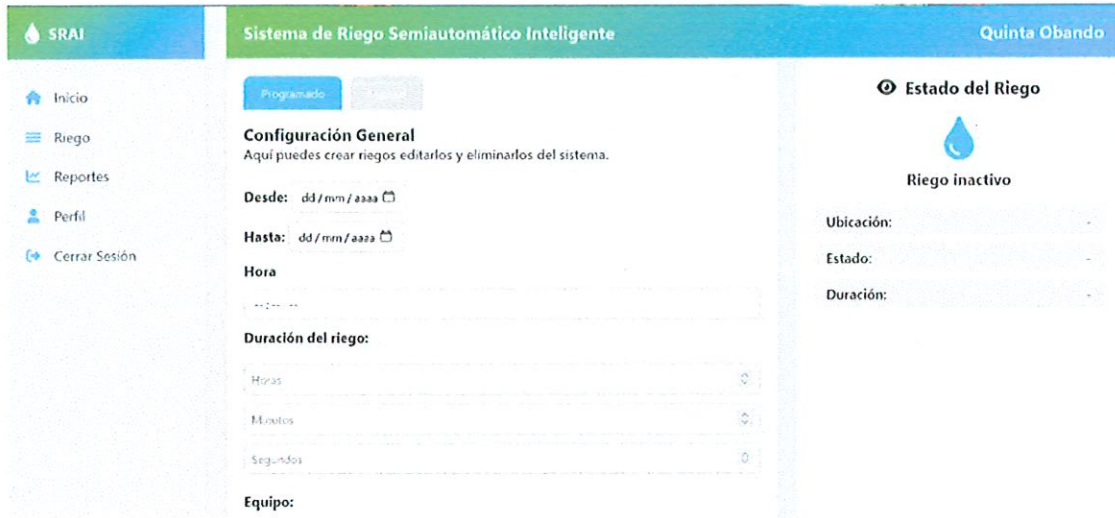


Figura 32

Riego manual

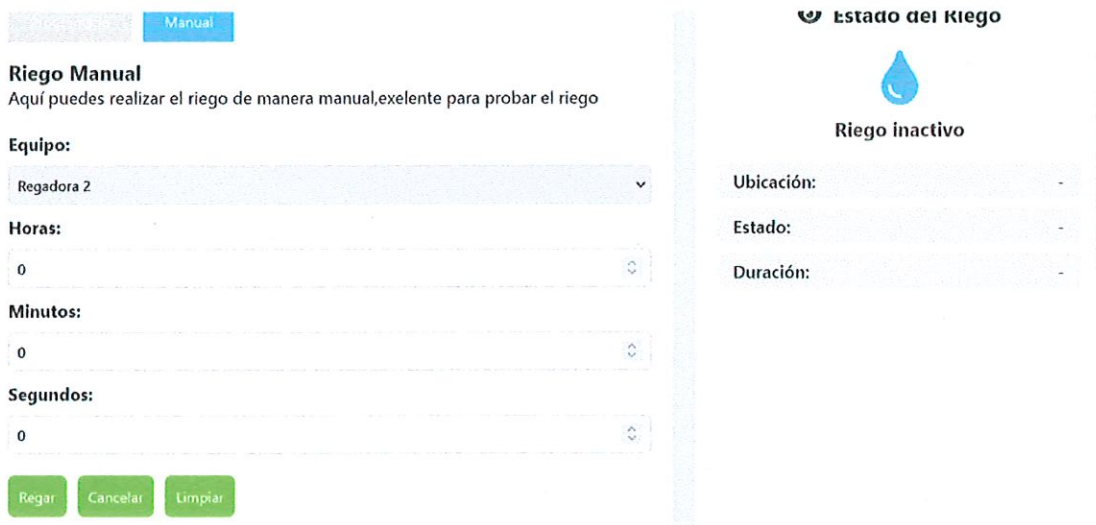


Figura 33

Reportes

SRAI Sistema de Riego Semiautomático Inteligente Quinta Obando

Reportes de Riego
Aquí puedes filtrar, buscar y exportar los registros del riego.

Buscar por tipo o ubicación... [Descargar PDF](#)

ID	Tipo	Fecha	Hora	Duración	Humedad	Ubicación	Usuario
16	programado	2025-07-31	06:00:00	00:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
14	programado	2025-07-17	16:00:00	00:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
9	programado	2025-07-12	10:00:00	02:00:00	0%	tomatera	admin
13	programado	2025-07-11	14:00:00	05:00:00	0%	Invernadero Baños	admin
8	programado	2025-07-11	10:00:00	02:00:00	0%	tomatera	admin

Perfil para todos los tipos de roles

Figura 34

Perfil

Información Personal

Nombre Completo
Juan Pérez

Correo Electrónico
juan.perez@example.com

Rol en el Sistema
Administrador

Usuario
Cargando usuario

Contraseña

[Editar Perfil](#) [Cambiar Contraseña](#)

Durante las pruebas realizadas, se comprobó que la página respondía correctamente y sin demoras visibles. Además, gracias al uso de Fetch, la información se actualiza automáticamente, lo que mejora la experiencia del usuario sin tener que recargar la página.

Aunque se cumplieron las funciones esenciales, se identificaron algunas oportunidades de mejora. Por ejemplo, no se incluyó una representación gráfica avanzada del historial de datos, lo que podría facilitar aún más el análisis. También, al estar configurada en un entorno local (XAMPP), la interfaz aún no está disponible en línea, lo cual será necesario si se desea escalar el sistema a más usuarios.

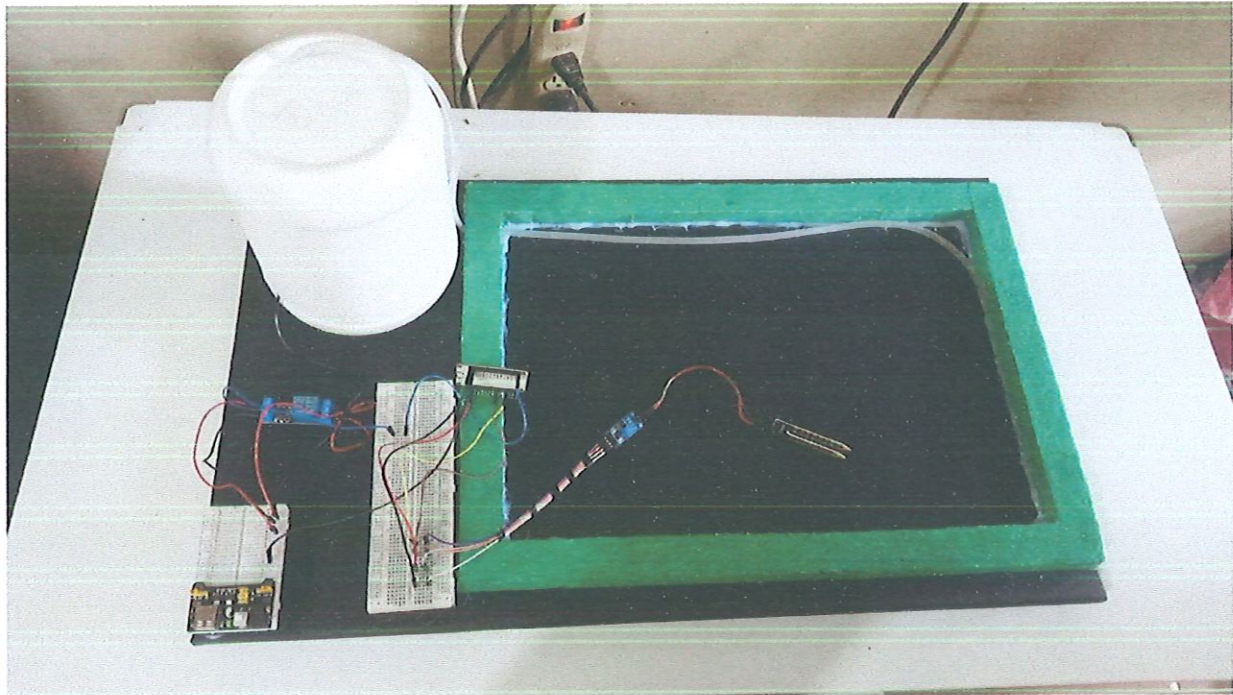
7.3 Construcción de la maqueta funcional de riego a escala-Sprink 4

Se ensambló con éxito una maqueta a escala 1:25 que representa una parcela agrícola, diseñada para demostrar el funcionamiento del sistema. La maqueta incorporó un microcontrolador ESP32, un sensor de humedad YL-69, una bomba de agua de 5V y luces LED que indican el estado del riego. Todo el montaje se realizó sobre una protoboard, lo que permitió organizar de forma práctica las conexiones y facilitar el proceso de pruebas y ajustes.

Gracias a este diseño, fue posible comprobar el funcionamiento del sistema en condiciones simuladas, reforzando el vínculo entre el desarrollo teórico y su aplicación práctica.

Figura 35

Unión de la maqueta con los componentes electrónicos



En esta imagen se observa la maqueta con la base estructural ya finalizada y los componentes electrónicos integrados. El microcontrolador ESP32, el sensor de humedad, la bomba de agua, los LEDs indicadores y el cableado fueron instalados cuidadosamente sobre la estructura que simula el terreno agrícola.

Cada elemento fue fijado en su lugar con silicona o cinta doble faz, garantizando estabilidad y organización. Esta etapa marcó la transición del prototipo de pruebas al montaje funcional, permitiendo que el sistema opere de manera autónoma y visualmente representativa dentro de la maqueta. El diseño modular facilita además su uso en presentaciones académicas y demostraciones prácticas.

La maqueta final representa fielmente el funcionamiento de un sistema de riego semiautomatizado. Todos los componentes electrónicos están integrados y organizados sobre la base estructural. La simulación del terreno, el depósito de agua, la bomba y el sistema de control automático trabajan de forma conjunta, permitiendo demostrar el principio de automatización agrícola.

Gracias a su diseño modular y educativo, la maqueta puede ser replicada fácilmente en contextos académicos y talleres prácticos.

7.4 Integración entre el microcontrolador ESP32 y la aplicación web-Sprint 6

Uno de los resultados más relevantes alcanzados durante el desarrollo del proyecto fue la integración funcional entre el microcontrolador ESP32 y la plataforma web, lo que permitió simular con éxito un sistema de riego semiautomatizado. Esta integración fue posible gracias al uso del protocolo HTTP, que facilitó la comunicación bidireccional entre el hardware físico y la interfaz en línea.

El ESP32 fue programado para leer constantemente los datos del sensor de humedad YL-69 y enviar la información al servidor alojado en una red local. A su vez, quedaba a la espera de comandos desde la página web, como encender o apagar la bomba de riego. Esta comunicación en tiempo real permitió que el sistema reaccionara rápidamente tanto a las condiciones del suelo como a las órdenes del usuario desde el navegador.

Figura 36

Vista general del sistema integrado



La **Figura 36** muestra la integración física completa del sistema, donde la maqueta con todos sus componentes electrónicos está conectada y funcionando junto al equipo de cómputo que ejecuta la plataforma web. Esta configuración permite el monitoreo y control en tiempo real del sistema de riego desde cualquier dispositivo conectado a la misma red local. La coordinación entre hardware y software evidenciada en esta imagen respalda la efectividad del diseño propuesto y su potencial para aplicaciones prácticas en ambientes agrícolas.

Aspectos detectados durante las pruebas

Aunque los resultados fueron positivos, se identificaron ciertos aspectos a mejorar:

Actualmente, la comunicación entre el ESP32 y el servidor web no está cifrada, lo que representa un riesgo de seguridad si se conecta el sistema a internet en un entorno abierto.

Las pruebas se realizaron exclusivamente en una red local con buena estabilidad. No se ha evaluado el rendimiento del sistema en zonas rurales o con baja conectividad, lo que limita momentáneamente su aplicabilidad en contextos reales de difícil acceso.

I. CONCLUSIONES

Los resultados de la encuesta muestran que los productores agrícolas están muy abiertos y dispuestos a adoptar tecnologías automatizadas para el riego. De hecho, un 87.5% de ellos expresó interés en mejorar la eficiencia mediante soluciones tecnológicas. Esto confirma que el simulador web desarrollado es una herramienta relevante y viable para apoyar al sector agrícola en el control y optimización del riego.

La interfaz del simulador web resultó ser fácil de usar y muy funcional. Cumple con las características más importantes que se esperaban, como el monitoreo en tiempo real, el control manual y programado del riego, así como la gestión de usuarios y parcelas. Además, al usar herramientas gratuitas y accesibles, el desarrollo fue más ágil y se logró un producto adaptable y que puede crecer con el tiempo.

El modelo entidad-relación y la estructura de la base de datos están diseñados para manejar múltiples empresas y diferentes roles de usuario. Esto incluye todo lo relacionado con el riego, las parcelas y los productores, asegurando una base sólida para almacenar y procesar la información de manera eficiente.

La maqueta funcional con el ESP32 y los sensores permitió comprobar que la conexión práctica del sistema funciona bien. Se validó que el ensamblaje y la programación inicial están correctamente vinculados para controlar físicamente el riego desde la plataforma web. Esto demuestra la efectividad del enfoque semiautomatizado pensado para la agricultura. En conjunto, el proyecto alcanzó los objetivos propuestos y sentó las bases para una solución escalable, útil y replicable en otros contextos. Se logró integrar desarrollo web, electrónica básica e IoT en un

sistema semiautomatizado de riego, que puede ser utilizado como herramienta educativa, prototipo funcional y base para futuras investigaciones en automatización agrícola.

Se creó un prototipo funcional que simula el sistema de riego automático, usando un microcontrolador ESP32 junto con sensores ambientales de temperatura y humedad, actuadores como una bomba de agua y LEDs, además de una interfaz local para control. Este prototipo permite recrear de manera realista cómo funcionaría el sistema en un ambiente controlado, lo que facilita probar y ajustar el comportamiento antes de implementarlo en campo.

J. RECOMENDACIONES

Se recomienda ajustar la calibración del sensor de humedad YL-69 tomando en cuenta los distintos tipos de sustratos y condiciones climáticas en los que se planea aplicar el sistema. Durante las pruebas se evidenció que factores como la humedad ambiental o el tipo de suelo influyen en la lectura del sensor, por lo que una calibración personalizada permitirá obtener mediciones más precisas y fiables, optimizando el uso del agua según las necesidades reales del cultivo.

Asimismo, se sugiere incorporar **un sensor de nivel de agua en el depósito**, con el fin de detectar automáticamente cuando el sistema se queda sin líquido disponible. Esta mejora evitará el funcionamiento en seco de la bomba, protegerá el sistema físico y permitirá generar alertas para recarga, mejorando la confiabilidad y seguridad del sistema.

Para futuras versiones, convendría reemplazar la bomba actual por un modelo con mayor presión y caudal. Esta mejora permitiría simular de manera más realista el funcionamiento del sistema en campo abierto, y facilitaría su aplicación práctica en parcelas de mayor tamaño, ampliando su alcance más allá del entorno educativo.

También se recomienda ampliar el monitoreo ambiental mediante la integración de sensores adicionales como temperatura, humedad relativa y radiación solar. La incorporación de estas variables permitiría analizar condiciones críticas para el cultivo y optimizar el riego desde un enfoque más completo, acercando el sistema a una solución de agricultura de precisión.

Para facilitar el funcionamiento del sistema en zonas rurales, se plantea integrar módulos de comunicación inalámbrica como **GSM** o **LoRa**, que no dependan de redes Wi-Fi locales. Esto permitiría extender el alcance del simulador a entornos reales con baja conectividad, así como implementar funcionalidades de alerta remota por mensajes o aplicaciones móviles.

Finalmente, se recomienda promover la implementación del sistema como herramienta didáctica en instituciones educativas, centros de capacitación técnica y espacios de formación comunitaria. El simulador web junto con la maqueta física representan una plataforma accesible y replicable, ideal para fomentar proyectos de innovación local, desarrollar competencias en IoT y automatización, y fortalecer la formación de estudiantes y agricultores en el uso de tecnologías para el desarrollo agrícola sostenible.

K. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>

Bray, T. (2022). DIA: Diagramming software. <https://dia-installer.de>

Espressif Systems. (2022). ESP32 technical reference manual. Espressif Systems. <https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents>

Excalidraw. (2024). Herramienta colaborativa de prototipado en línea. <https://excalidraw.com>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. FAO. <https://www.fao.org/publications>

Gutiérrez, J., & Rodríguez, P. (2018). Sistemas de riego automatizados en la agricultura de precisión. *Revista de Tecnología Agraria*, 12(2), 45–58.

Highsmith, J. (2009). *Agile project management: Creating innovative products*. Addison-Wesley.

Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG). (2020). Informe de gestión 2020. MAG. <https://www.agricultura.gob.ec>

Mozilla Developer Network (MDN). (2024). Fetch API. Mozilla. https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/Fetch_API

Moreno, R. (2021). Entornos de desarrollo de software: Visual Studio Code y Sublime Text. Editorial Alfaomega.

Pérez, J., & Torres, M. (2019). Uso de maquetas en el aprendizaje de sistemas tecnológicos. *Revista Educación y Tecnología*, 23(1), 56–68.

Rubin, K. S. (2012). *Essential Scrum: A practical guide to the most popular agile process*. Addison-Wesley.

Schmidt, F. (2023). *Prototipado electrónico con ESP32*. Editorial Marcombo.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum*. Scrum.org. <https://scrumguides.org>

Sánchez, D., López, R., & García, M. (2020). Automatización agrícola con IoT: Casos prácticos en cultivos de riego. *Revista de Innovación Tecnológica*, 15(3), 77–89.

Sommerville, I. (2016). *Software engineering (10th ed.)*. Pearson.

Zhou, X., Li, Y., Wang, H., & Chen, Z. (2021). Smart irrigation system based on ESP32 and IoT. *Journal of Agricultural Informatics*, 12(4), 101–115.

ANEXO 1

Modernización del Campo: Encuesta sobre Tecnología Agrícola

Recoger percepciones sobre el uso de tecnología para mejorar el riego en cultivos.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Coloque su nombre *

2. ¿Utiliza actualmente algún sistema de riego en su cultivo? *

Marca solo un óvalo.

Sí, automático

Sí, manual

No

3. ¿Conoce qué es un sistema de riego semi-automático controlado por sensores? *

Marca solo un óvalo.

Sí

No

Lo he escuchado, pero no lo entiendo bien

4. ¿Está interesado en mejorar la eficiencia del riego en sus cultivos? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Depende del costo

5. ¿Estaría dispuesto a usar una pagina web donde supervise y controle el riego de sus cultivos? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Tal vez

6. ¿Considera que la tecnología puede ayudar a reducir el uso innecesario de agua? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No lo sé

7. ¿Ha utilizado alguna vez tecnología como sensores de humedad o temperatura *
en su cultivo?

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Me gustaría aprender

8. ¿Cuánto tiempo dedica al riego diariamente y que cultivo riega? *

9. ¿Qué tan importante le parece llevar un historial del riego de su cultivo? *

Marca solo un óvalo.

- Muy importante
 Algo importante
 Poco importante
 Nada importante

10. ¿Cree que un sistema semi-automatizado podría ayudar a mejorar sus cultivos? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No lo sé

11. ¿Estaría dispuesto a capacitarse para usar nuevas tecnologías agrícolas como esta? *

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Tal vez

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

ANEXO 2

**ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRICOLA KICHWA DE LA
COMUNIDAD PAKAYCHICTA ASOPAYC**

Ahuano – Napo – Ecuador

CERTIFICADO

Yo, Andi Tanguila Fredi Ernesto, en representación de la ASOCIACIÓN DE PRODUCCIÓN AGRICOLA KICHWA DE LA COMUNIDAD PAKAYCHICTA “ASOPAYC”, con RUC N.º 1500686280001, certifico que los estudiantes Oando Garces Max Alejandro con CI: 1550167033 y González Zambrano Josué Emmanuel con CI: 1850435098, de la carrera de Tecnología Superior en Desarrollo de Software del Instituto Superior Tecnológico Tena, realizó un proceso de levantamiento de información en nuestra comunidad, ubicada en la Parroquia Ahuano del Cantón Tena de la Provincia de Napo, como parte del desarrollo de su Trabajo de Integración Curricular (TIC) titulado:

**DESARROLLO DE UN SIMULADOR WEB PARA EL CONTROL DE RIEGO
EN CULTIVOS AGRICOLAS MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR ESP32.**

El levantamiento de información se efectuó entre los días 15 de Abril de 2025 y 19 de Abril de 2025, con el propósito de recopilar datos relevantes para el diseño y desarrollo de un simulador web orientado a representar la gestión semiautomatizada del riego agrícola mediante una maqueta a escala.

Se expide el presente certificado para los fines pertinentes que los interesados consideren conveniente.

Tena, 19 de Abril de 2025.



Firma Representante Legal

ANDI TANGUILA FREDI ERNESTO

Presidente

Asociación de Producción Agrícola Kichwa de la Comunidad Pakaychicta “ASOPAYC”

RUC: 1500686280001

frediandi2025@yahoo.com / 062879082

