



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TELEMÁTICA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniero
Telemático.

Proyecto de Investigación:

**“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA
AGRICULTURA SOSTENIBLE”**

Autor:

EDISON MICHAEL CÁCERES RIVAS

Director de Proyecto de Investigación:

ING. ÁNGEL IVÁN TORRES QUIJIJE, M. Sc

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **EDISON MICHAEL CÁCERES RIVAS**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

EDISON MICHAEL CÁCERES RIVAS

C.I: 0929415743



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije M. Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Edison Michael Cáceres Rivas**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“Optimización de un sistema de riego inteligente para la agricultura sostenible”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Ángel Iván Torres Quijije M. Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije M. Sc.**, mediante el presente cumpto en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado **“Optimización de un sistema de riego para la agricultura sostenible”**. Presentado por el estudiante **Edison Michael Cáceres Rivas**, egresado de la Carrera de **Telemática**, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 **CERTIFICADO DE ANÁLISIS**
original

ORIGINAL OPTIMIZACION DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE-4

4%
Textos sospechosos

0%
Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: ORIGINAL OPTIMIZACION DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE-4.pdf
ID del documento: 4705296C70877x18494e28e6a07f5a22595699
Tamaño del documento original: 2.14 MB

Depositante: ANGEL IVAN TORRES QUIJJE
Fecha de depósito: 13/5/2024
Tipo de carga: Interfaz
Fecha de fin de análisis: 13/5/2024

Número de palabras: 12.836
Número de caracteres: 85.638

Ubicación de las coincidencias en el documento




Ing. Ángel Iván Torres Quijije M. Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TELEMÁTICA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA
AGRICULTURA SOSTENIBLE”**

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero en Telemática

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Néstor Rafael Salinas Buestan, M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Fernando Intriago Rodríguez, M. Sc. Ing. Paola Maribel Benítez Navarrete, M. Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por todas las cosas buenas y malas que han ocurrido a lo largo de mi vida universitaria. También quiero agradecer a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida, y que, gracias a ellos, a mi esfuerzo y dedicación he logrado cumplir mis sueños.

Quiero agradecer de corazón a mis padres. Hoy, este logro es tanto suyo como mío, porque su motivación diaria ha sido el impulso que me ha llevado a culminar esta etapa. ¡Gracias por ser mi mayor inspiración y por estar siempre a mi lado!

También agradezco al Ing. Torres Quijije Ángel Iván, por la dedicación, tiempo y compartir sus conocimientos e ideas ganadas a lo largo de su vida profesional, y por todo el apoyo que ha brindado para que este trabajo concluya de la mejor manera.

Cáceres Rivas Edison Michael

DEDICATORIA

En la etapa que atravesó durante los cinco años de estudio en esta gran institución me llevo esos buenos recuerdos, arduo trabajo y perseverancia, que a pesar de las dificultades y al borde de dejar el estudio, seguí y he logrado cumplir unos de los logros que no pensé que obtendría, pero pude superar esa barrera.

Este logro lo dedico de corazón a mis padres, pilares inquebrantables de mi camino, cuyo apoyo incondicional ha sido mi fuerza motriz. A través de sus palabras alentadoras y su ejemplo de perseverancia, me han impulsado a seguir adelante y a nunca rendirme. Este sueño que hoy alcanzo es también suyo, pues su constante motivación ha sido mi combustible diario para culminar esta etapa de mi carrera.

Con igual gratitud, quiero dedicar este proyecto a Dios, cuya presencia ha sido mi guía constante a lo largo de este camino. Su sabiduría infalible y su apoyo incondicional me han dado la fuerza y la determinación necesarias para alcanzar esta meta. En momentos de incertidumbre, Su luz ha disipado mis dudas, y en momentos de logro, Su alegría ha sido mi mayor recompensa.

Quiero extender esta dedicatoria a una persona muy especial en mi vida Maylin Nicole Villanueva. Su presencia ha sido una fuente de fuerza y estímulo, su sabiduría y experiencia han sido una inspiración constante en mi camino. Agradezco profundamente su influencia positiva en mi vida y su contribución invaluable a este logro.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El texto presenta la importancia de la agricultura sostenible en medio de desafíos como la demanda creciente de alimentos, el cambio climático y la escasez de agua. Destaca el papel crucial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en promover la agricultura sostenible en Ecuador. Enfoca en los cultivos no perennes y la necesidad de una gestión eficiente del riego, especialmente en relación con la calidad del agua. Propone el desarrollo de un sistema de riego inteligente basado en IoT y una aplicación móvil para optimizar el uso del agua y controlar la calidad del agua en tiempo real. Destaca la ventaja de este sistema sobre los métodos manuales tradicionales, ofreciendo una gestión más precisa y sostenible de los recursos hídricos, lo que puede mejorar la eficiencia y la productividad agrícola.

Palabras Clave: Calidad del agua, Internet de las Cosas, Innovación, cultivos no perennes, riego inteligente.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The text highlights the importance of sustainable agriculture amidst challenges such as the growing demand for food, climate change, and water scarcity. It emphasizes the crucial role of the Technical State University of Quevedo in promoting sustainable agriculture in Ecuador. It focuses on non-perennial crops and the need for efficient irrigation management, particularly concerning water quality. It proposes the development of an IoT-based smart irrigation system and a mobile application to optimize water usage and monitor water quality in real-time. The advantage of this system over traditional manual methods is underscored, offering more precise and sustainable management of water resources, which can enhance agricultural efficiency and productivity.

Keywords:

Water quality, Internet of Things, Innovation, non-perennial crops, smart irrigation.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
1. CAPÍTULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Problema de investigación	5
1.1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.1.2. Diagnóstico.....	6
1.1.3. Formulación del problema	7
1.1.4. Sistematización del problema	7
1.2. Justificación	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. Objetivos General.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
2. CAPÍTULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco Conceptual.....	10

2.1.1.	<i>Sistema de Riego Inteligente.....</i>	10
2.1.2.	<i>Sistema de Riego por Goteo</i>	10
2.1.3.	<i>Sistema de Riego por Aspersión</i>	11
2.1.4.	<i>Internet de las cosas</i>	11
2.1.4.1.	<i>Internet de las Cosas en la Agricultura.</i>	11
2.1.4.2.	<i>Requisitos Fundamentales de Internet de las Cosas.</i>	12
2.1.4.3.	<i>Gestión del Agua en la Agricultura.....</i>	13
2.1.4.4.	<i>Eficiencia de Riego.....</i>	13
2.1.4.5.	<i>Arduino Uno.</i>	13
2.1.4.6.	<i>Sensor PH.....</i>	14
2.1.4.7.	<i>Sensor de flujo.....</i>	15
2.1.4.8.	<i>Sensor Total de sólidos disueltos.....</i>	16
2.1.4.9.	<i>Electroválvulas.....</i>	16
2.1.4.10.	<i>Sim 800.....</i>	17
2.1.4.11.	<i>Arduino IDE.....</i>	17
2.1.4.12.	<i>Android Studio.....</i>	18
2.1.4.13.	<i>Lenguaje Hypertext Preprocessor.....</i>	18
2.1.4.14.	<i>Base de datos.....</i>	18
2.2.	<i>Marco Referencial.....</i>	19
2.3.	<i>Marco legal</i>	20
2.3.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	20
2.3.2.	<i>Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.</i>	20
2.3.3.	<i>Ley de Gestión Ambiental.....</i>	20
2.3.4.	<i>Regulaciones específicas sobre agricultura</i>	21
3.	<i>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</i>	22
3.1.	<i>Localización.....</i>	23
3.2.	<i>Metodología</i>	23

3.3.	Fuentes de recopilación de Información	24
3.3.1.	<i>Primaria</i>	24
3.3.2.	<i>Secundaria</i>	24
3.4.	Diseño de la investigación	24
3.5.	Instrumentos de investigación.....	25
3.6.	Recursos de materiales.....	26
4.	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1.	Resultados.....	29
4.1.1.	<i>Parámetros de calidad de agua</i>	29
4.1.1.1.	<i>Exploración de la información</i>	29
4.1.1.2.	<i>Selección de los parámetros de calidad de agua.</i>	31
4.1.2.	<i>Diseño del sistema de control y automatización</i>	32
4.1.2.1.	<i>Sistema de riego inteligente.</i>	33
4.1.2.2.	<i>Aplicación móvil</i>	33
4.1.2.3.	<i>Interfaces de programación de riego.</i>	34
4.1.2.4.	<i>Datos de riegos realizados.</i>	35
4.1.2.5.	<i>Interfaces de calidad de agua.</i>	36
4.1.2.6.	<i>Registro de riego realizados.</i>	37
4.1.2.7.	<i>Capa Tecnológica</i>	38
4.1.3.	<i>Desarrollo del Prototipo</i>	39
4.1.3.1.	<i>Pruebas de componentes.</i>	39
4.1.4.	<i>Ejecución de Pruebas y Monitoreo Continua</i>	40
4.1.5.	<i>Evaluación y Comparación de Resultados</i>	41
4.2.	Discusión.....	43
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
5.1.	Conclusiones.....	47
5.2.	Recomendaciones	48

6. CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA.....	49
CAPITULO VII.....	57
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Sistema de riego por goteo</i>	10
Figura 2 <i>Sistema de riego por aspersión</i>	11
Figura 3 <i>Internet de las cosas en la Agricultura</i>	12
Figura 4 <i>Internet de las cosas</i>	12
Figura 5 <i>Esquema del flujo en el sistema de drenaje de riego</i>	13
Figura 6 <i>Arduino Uno</i>	14
Figura 7 <i>Sensor PH</i>	15
Figura 8 <i>Sensor flujo</i>	15
Figura 9 <i>Sensor TDS</i>	16
Figura 10 <i>Electroválvula</i>	17
Figura 11 <i>Sim 800</i>	17
Figura 12 <i>Localización</i>	23
Figura 13 <i>Lista de componentes</i>	27
Figura 14 <i>Sistema de riego inteligente</i>	33
Figura 15 <i>Interfaces de inicio</i>	34
Figura 16 <i>Interfaces de configuración de riego</i>	35
Figura 17 <i>Datos de riegos realizados</i>	36
Figura 18 <i>Interfaz de calidad de agua</i>	36
Figura 19 <i>Historial de riego</i>	37
Figura 20 <i>Capa tecnológica</i>	38
Figura 21 <i>Conexiones de sistema de riego</i>	39
Figura 22 <i>Probando conexiones de componentes</i>	40
Figura 23 <i>Sistema de riego inteligente</i>	40
Figura 24 <i>Riego tradicional</i>	41
Figura 25 <i>Sistema de riego inteligente</i>	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Recursos de hardware utilizados</i>	26
Tabla 2 <i>Recursos de software utilizados</i>	26
Tabla 3 <i>Selección de variables</i>	30
Tabla 4 <i>Parámetros</i>	32
Tabla 5 <i>Análisis Comparativo</i>	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Circuito del sistema de riego</i>	58
Anexo 2 <i>Tablas de la base de datos</i>	58
Anexo 3 <i>Procedimiento almacenados</i>	59
Anexo 4 <i>Pruebas de presión de agua.....</i>	59
Anexo 5 <i>Ubicación del sistema de riego inteligente.....</i>	60
Anexo 6 <i>Sistema de riego activado</i>	60
Anexo 7 <i>Riego de agua</i>	61

CÓDIGO DUBLÍN

Titulo:	OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE				
Autor:	Edison Michael Cáceres Rivas				
Palabras claves	Calidad del agua	Internet de las Cosas	Innovación	cultivos no perennes	riego inteligente
Fecha de publicación	Mayo 2024				
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo				
Resumen:	El texto presenta la importancia de la agricultura sostenible en medio de desafíos como la demanda creciente de alimentos, el cambio climático y la escasez de agua. Destaca el papel crucial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en promover la agricultura sostenible en Ecuador. Enfoca en los cultivos no perennes y la necesidad de una gestión eficiente del riego, especialmente en relación con la calidad del agua. Propone el desarrollo de un sistema de riego inteligente basado en IoT y una aplicación móvil para optimizar el uso del agua y controlar la calidad del agua en tiempo real. Destaca la ventaja de este sistema sobre los métodos manuales tradicionales, ofreciendo una gestión más precisa y sostenible de los recursos hídricos.				
Abstract:	The text highlights the importance of sustainable agriculture amidst challenges such as the growing demand for food, climate change, and water scarcity. It emphasizes the crucial role of the Technical State University of Quevedo in promoting sustainable agriculture in Ecuador. It focuses on non-perennial crops and the need for efficient irrigation management, particularly concerning water quality. It proposes the development of an IoT-based smart irrigation system and a mobile application to optimize water usage and monitor water quality in real-time. The advantage of this system over traditional manual methods is underscored, offering more precise and sustainable management of water resources.				
Descripción:	77 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:					

INTRODUCCIÓN

La agricultura, pilar fundamental de la economía y sustento de miles de millones de personas alrededor del mundo, enfrenta innumerables desafíos en la actualidad [1]. La creciente demanda de alimentos, el cambio climático y la escasez de recursos hídricos ponen en jaque a los sistemas tradicionales de producción agrícola [2]. En este escenario, la agricultura sostenible emerge como una solución viable para garantizar la seguridad alimentaria, proteger el medio ambiente y asegurar un equilibrio en el uso de los recursos naturales[3].

La agricultura en Ecuador desempeña un papel fundamental en la economía del país y en la vida de millones de ecuatorianos[4], [5]. Con una geografía diversa que abarca desde las fértiles tierras altas de la Sierra hasta las extensas llanuras costeras. La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el Campus La María, juega un papel destacado en el impulso de la agricultura de alimentos no perennes en Ecuador. Gracias a su compromiso con la investigación y la innovación, la universidad ha establecido programas académicos y proyectos de extensión que promueven el cultivo sostenible de alimentos no perennes. Los estudiantes y profesores de la universidad trabajan en estrecha colaboración con agricultores locales para desarrollar y aplicar prácticas agrícolas innovadoras que maximicen la productividad y la calidad de los cultivos.

Los cultivos no perennes, una parte esencial de la producción agrícola, demandan una atención especial en su gestión, especialmente en lo que concierne al riego, una práctica crítica para su éxito[6]. Además de los factores que inciden en la calidad del agua, el uso ineficiente del recurso hídrico no solo repercute directamente en la productividad de estos cultivos, sino que también agrava la problemática del agotamiento de los recursos hídricos.

La calidad del agua en los cultivos de alimentos desempeña un papel crítico en el desarrollo y rendimiento de las plantas[7]. El agua, al ser un elemento esencial para la vida vegetal, no solo actúa como vehículo para transportar nutrientes desde el suelo hasta las raíces, sino que también facilita una serie de procesos metabólicos vitales y participa activamente en la fotosíntesis, el motor principal del crecimiento de las plantas[8].

Sin embargo, cuando las plantas son expuestas a grandes cantidades de agua contaminada, que puede contener altos niveles de sales, metales pesados, contaminantes orgánicos o patógenos, por ello desencadenan una serie de impactos negativos[8]. Estos incluyen una

disminución en la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que puede llevar a una deficiencia nutricional y un crecimiento reducido. Además, el estrés hídrico resultante de un exceso de agua contaminada puede provocar daños en las raíces, predisponiendo a la planta a la pudrición y reduciendo tanto la calidad como la cantidad de los cultivos[9].

La optimización del uso del agua en la agricultura es importante para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agrícolas. El agua es un recurso limitado y cada vez más escaso, por lo que su uso eficiente se vuelve fundamental para enfrentar los desafíos del cambio climático y el crecimiento demográfico[10]. Al implementar prácticas de riego más eficientes, como el riego por goteo o la agricultura de precisión, puede reducir significativamente el desperdicio de agua y minimizar el impacto ambiental de la agricultura[11]. Sin embargo, es importante reconocer que el control minucioso del riego mediante estos mecanismos puede resultar en un aumento de la demanda de tiempo y recursos por parte de los agricultores, ya que implica una supervisión constante y ajustes precisos en el suministro de agua. Esto puede generar una carga adicional en términos de mano de obra y costos operativos, especialmente para los agricultores que no cuentan con acceso a tecnologías avanzadas o capacitación adecuada.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de riego inteligente que aproveche el Internet de las Cosas para proporcionar una respuesta autónoma y eficiente a las necesidades de agua de los cultivos no perennes. Mediante una aplicación móvil intuitiva, los agricultores pueden establecer parámetros específicos, como el tipo de cultivo y la cantidad de agua requerida por litro o por intervalo de riego programado. Esto permite que el sistema ajuste el riego de manera óptima en tiempo real, adaptándose a las condiciones cambiantes del entorno y maximizando la eficiencia hídrica.

Además de la funcionalidad básica de riego, el sistema también incluye un interfaz para verificar la calidad del agua, mantener un historial detallado de la cantidad de agua utilizada en cada riego y activar un filtro de agua en caso necesario. Esta capacidad de monitoreo y control integral brinda a los agricultores una visión completa de la gestión hídrica en sus cultivos, lo que les permite tomar decisiones informadas y optimizar el uso de los recursos hídricos.

En comparación con el sistema de riego manual tradicional, este sistema de riego inteligente ofrece una serie de ventajas significativas. En primer lugar, control de calidad del agua, automatizar el proceso de riego y ajustarlo en tiempo real según las necesidades de cada cultivo, reduce considerablemente el riesgo de sub o sobre riego, lo que propone mejorar la salud de las plantas y aumentar los rendimientos. Además, la capacidad de monitorear la calidad del agua y el uso preciso del recurso hídrico pueden conducir a una gestión más sostenible y responsable de los recursos naturales. En resumen, este sistema de riego inteligente representa un avance significativo hacia la agricultura de precisión y puede ofrecer beneficios tangibles en términos de eficiencia, productividad y conservación de recursos en comparación con los métodos manuales tradicionales.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La agricultura es una actividad esencial para el sustento humano, provee de alimentos a una población mundial en constante crecimiento[12], uno de los principales retos que enfrenta la agricultura contemporánea es aguas contaminadas y escasez de agua. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente el 70% del agua dulce destina a la agricultura[13]. Esta proporción tiende a incrementar en regiones donde el agua es escasa y los sistemas de riego no son eficientes.

El riego con agua contaminada en los cultivos agrícolas puede plantear una serie de problemas significativos que afectan tanto la salud de las plantas como la seguridad alimentaria[14]. La presencia de contaminantes en el agua, como metales pesados, productos químicos agrícolas, patógenos y materia orgánica en descomposición, puede tener efectos adversos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos[15]. Estos contaminantes pueden ser absorbidos por las plantas y acumularse en sus tejidos, lo que no solo afecta la calidad de los productos agrícolas, sino que también puede representar riesgos para la salud humana si se consumen[16]. Además, el exceso de agua contaminada puede contribuir a la degradación del suelo y contaminar los recursos hídricos circundantes, lo que agrava aún más el problema ambiental y agrícola. Por lo tanto, es primordial garantizar la calidad del agua utilizada en el riego para proteger la salud de las plantas, la seguridad alimentaria y el medio ambiente.

El exceso de agua en los cultivos agrícolas, derivado del dejar el riego abierto durante períodos prolongados, puede tener consecuencias devastadoras para la salud de las plantas y la productividad agrícola[17]. El exceso de riego conduce a la saturación del suelo, lo que reduce la disponibilidad de oxígeno para las raíces y puede provocar su asfixia, afectando la capacidad de absorción de nutrientes y agua de las plantas[18]. Además, el exceso de humedad en el suelo aumenta el riesgo de enfermedades radicales y fúngicas, así como de pudrición de las raíces. Esta situación no solo disminuye el rendimiento de los cultivos, sino que también puede provocar la pérdida total de las plantaciones y contribuir a la erosión del suelo y la degradación del terreno[19].

Cuando presentan estos problemas en un cultivo debido al riego con agua contaminada o al exceso de riego, los resultados desfavorables pueden ser diversos y significativos. En primer lugar, la calidad de los productos agrícolas se ve comprometida, ya que los contaminantes absorbidos por las plantas pueden afectar su sabor, textura y valor nutricional, lo que reduce su comercialización y aceptación en el mercado. Además, la contaminación del suelo y de los recursos hídricos circundantes puede tener efectos a largo plazo en el medio ambiente, comprometiendo la biodiversidad y la salud de los ecosistemas locales.

1.1.2. Diagnóstico

El consumo de alimentos regados con agua contaminada puede tener un impacto significativo en la productividad agrícola y económica, además de representar riesgos para la salud pública. La presencia de contaminantes en los alimentos puede provocar pérdidas de cosechas, dañar la reputación de los productores y afectar la confianza del consumidor en la seguridad alimentaria. Además, las enfermedades transmitidas por alimentos pueden resultar en ausentismo laboral y costos adicionales en atención médica. Por lo tanto, garantizar la calidad del agua utilizada en la agricultura y seguir prácticas adecuadas de higiene y seguridad alimentaria es esencial para proteger la productividad agrícola y económica, así como la salud pública.

El exceso de agua en los cultivos puede llevar a pérdidas significativas en la productividad agrícola debido a una serie de razones. El encharcamiento del suelo puede reducir la disponibilidad de oxígeno para las raíces, lo que a su vez inhibe la absorción de nutrientes esenciales y afecta el crecimiento de las plantas. Además, el exceso de humedad crea un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas, así como para la proliferación de plagas, lo que puede dañar aún más los cultivos. Esta situación conlleva a una disminución en los rendimientos, pérdida de calidad de los productos agrícolas e incluso la pérdida total de la cosecha en casos extremos. Por lo tanto, controlar adecuadamente el riego y evitar el exceso de agua en los cultivos es fundamental para mantener la productividad agrícola y reducir las pérdidas económicas asociadas.

1.1.3. Formulación del problema

El problema que plantea en esta investigación es:

- ¿Cuál es la optimización de un sistema de riego inteligente basado en internet de las cosas para la agricultura sostenible en cultivos no perennes?

1.1.4. Sistematización del problema

- ¿Qué parámetros son fundamentales en el aprovechamiento del agua para optimizar la producción en los cultivos no perennes?
- ¿Cómo gestionar de manera inteligente y en tiempo real los recursos hídricos en la agricultura sostenible?
- ¿Cuán eficaz es el sistema de riego autónomo que me permita controlar los recursos hídricos en los cultivos no perennes?

1.2. Justificación

La optimización de un sistema de riego inteligente basado en Internet de las Cosas (IoT) aplicado a la agricultura es fundamental en el contexto actual[19]. Este enfoque emergente promete revolucionar la gestión de los recursos hídricos en la agricultura, ofreciendo una serie de beneficios significativos.

El principal valor de este sistema de riego inteligente reside en su capacidad para mejorar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura. Al fusionar métodos tradicionales de riego con la tecnología IoT, permite una gestión más precisa y efectiva de la cantidad de agua proporcionada a los cultivos. Esto traduce en una regulación más precisa de la evapotranspiración de las plantas y una distribución del agua más acertada, lo que, a su vez, conduce a un uso más efectivo de los recursos hídricos.

El interés en este proyecto fundamenta en los amplios beneficios derivados de la convergencia entre la tecnología y la agricultura. La recolección de datos a través de una red de sensores y su subsiguiente transmisión a un servidor central mediante un protocolo específico posibilita una toma de decisiones informada y en tiempo real. Esta integración optimiza la gestión de los recursos hídricos al ofrecer información precisa sobre las condiciones de los cultivos y sus necesidades de riego, lo que conlleva a una mayor eficiencia y productividad en la actividad agrícola

Por último, la introducción del Internet de las Cosas (IoT) asegura llevar la agricultura a un nuevo nivel, convirtiéndola en algo común incluso para los consumidores más distantes. La implementación de sensores de humedad y sistemas de riego tiene el potencial de aumentar significativamente el rendimiento del agua en los cultivos no perennes, lo que resulta en una agricultura más sostenible y rentable.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

Implementar un sistema de riego inteligente basado en internet de las cosas para la agricultura sostenible en cultivos no perennes.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros relacionados con la calidad de agua en los cultivos no perennes para optimizar la producción.
- Desarrollar un sistema de telemetría en tiempo real que permita la gestión inteligente de los recursos hídricos de los cultivos no perennes basados en internet de las cosas.
- Analizar la efectividad del sistema de riego autónomo basado en internet de las cosas para el control de los recursos hídricos en la agricultura sostenible de los cultivos no perennes.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Sistema de Riego Inteligente

El control inteligente de un sistema de riego mediante asistente de voz desarrollando para ello contenidos que permite identificar los sistemas de riego ya que estos permiten controlar dispositivos explicando el funcionamiento electromecánico para luego diseñar la etapa de control para la operación del sistema de riego y su implementación[20]. Un perímetro de es la aplicación del para que una pueda ser cultivada y lograr el mantenimiento de las plantas. Es una alternativa útil para el riego por aspersión de aquellas instituciones que requieren de una red dotando de mantenimiento adecuado a sus áreas verdes en los diversos cultivos[20][21].

2.1.2. Sistema de Riego por Goteo

Un sistema de riego por goteo es una buena opción para regar los cultivos porque en comparación con el sistema de riego por aspiración, puede ahorrar agua. al convertirse en un sistema de presión no necesitas mucha presión para regar los cultivos de la misma forma mediante bombas de agua[22].

Figura 1 *Sistema de riego por goteo*



Nota: Sistema de riego por goteo usado en el proyecto. Por: INTAGRI 2022

La posibilidad de regar con frecuencia puede reducir significativamente el riesgo de estrés porque la humedad del suelo puede mantener en un nivel óptimo durante todo el año.

2.1.3. Sistema de Riego por Aspersión

Mediante este sistema riega toda la superficie uniforme que es ideal para la germinación de la planta, para ello necesita una presión de agua elevada mayor que la del sistema de goteo.

Figura 2 Sistema de riego por aspersión



Nota: La figura representa un sistema de riego por aspersión. Por: LAGUA 2022

2.1.4. Internet de las cosas

En la actualidad las industrias dando a diferentes avances tecnológicos y científicos en la era 3.0 de las industrias aplica y se si aplicando el sistema de auto electrónica que a ti misma en proceso disminuyendo recursos y ofreciendo ahora datos positivos que permiten procesar información técnica usando los procesos de Sara para ello es vital que las industrias se adapten a cambios para seguir permanencia en el tiempo[23], [24].

Actualmente el mundo cuenta cerca de 5 millones de cosas inteligentes conectadas a internet, estadísticamente en el mundo actual prevea que 50 millones de dispositivos estén conectados para el 2020 y viviendo en una red de trillones de nodos para ese entonces[23].

2.1.4.1. Internet de las Cosas en la Agricultura.

El internet de las cosas desempeña un papel fundamental en la agricultura inteligente. siendo este un concepto emergente, porque los sensores son capaces de proporcionar información sobre sus campos agrícolas y la agricultura inteligente utilizando la automatización[25].

El uso del internet de las cosas promociona un aumento en la producción de bajo costo al monitorear la eficiencia del suelo, la temperatura y la humedad. [26].

Figura 3 *Internet de las cosas en la Agricultura*



Nota: Representa la Agricultura mediante el internet de las cosas. Por: LAGUA2022

2.1.4.2. Requisitos Fundamentales de Internet de las Cosas.

- a) **Conectividad:** Necesita un estándar de conectividad que gane sobre los demás debido a la gran cantidad de cableado inalámbrico, así como aplicaciones propietarias utilizadas para conectar las cosas a internet[27].
- b) **Energía:** Los dispositivos conectados necesitan ser más eficientes energéticamente[27]. Una de ellas es la carga energética inalámbrica incorporada a la conectividad con la gestión de la carga.
- c) **Seguridad:** Con la cantidad de los datos que envían dentro del internet de las cosas la seguridad es un requisito indispensable[27].

Figura 4 *Internet de las cosas*



Nota: La figura muestra el modo de uso del Internet de las cosas. Por: SJM Computación

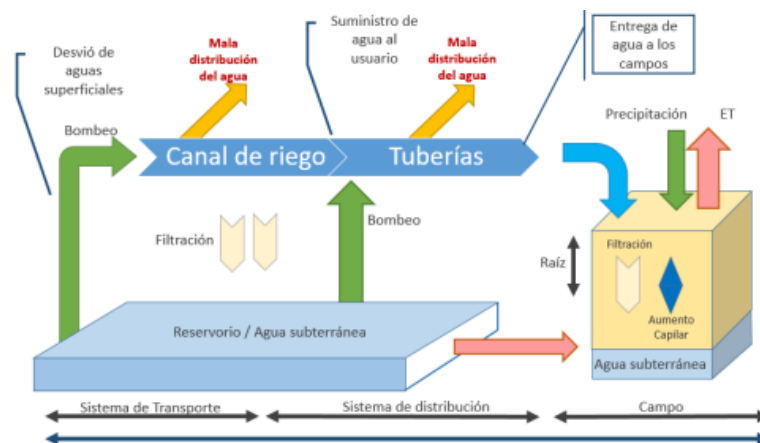
2.1.4.3. Gestión del Agua en la Agricultura.

La gestión del agua y el rendimiento de los cultivos pueden mejorar utilizando métodos más confiables estimación del riego de precisión combinado con métodos de riego. Cuando se identificó la necesidad de riego controlado, Ha habido varios beneficios estudios han ofrecido una gran cantidad de modelos y prototipos utilizando diferente tecnología de riego varios sistemas de sensores y control[28].

2.1.4.4. Eficiencia de Riego.

El término eficiencia de riego describe la disponibilidad y el rendimiento de un sistema de riego completo o de sus componentes. La eficiencia de riego define como la relación entre la cantidad de agua utilizada para satisfacer las necesidades de consumo del cultivo y la cantidad de agua requerida.

Figura 5 Esquema del flujo en el sistema de drenaje de riego



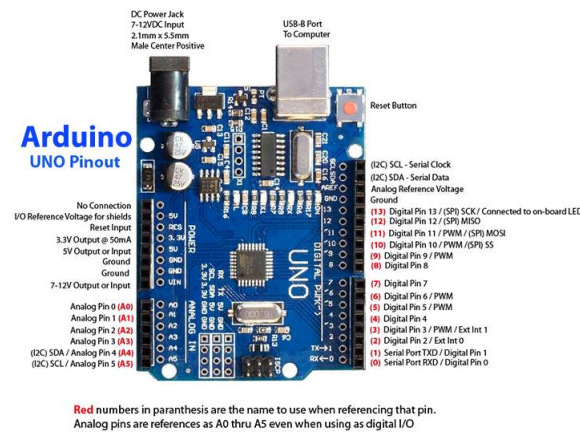
Nota: Representa el esquema de flujo de nuestro sistema. Tomado de: "BOS, KSELIK, ALLEN, & MOLDEN, 2009) WATER REQUIREMENT FOR IRRIGATION AND ENVIROMENT, BOS"

2.1.4.5. Arduino Uno.

Arduino Uno es una placa de microcontrolador de código abierto basada en el microchip ATmega328P. Es uno de los modelos más populares y utilizados de la familia Arduino, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

La placa de Arduino Uno se caracteriza por su facilidad de uso y su capacidad para ser programada mediante el software de Arduino (IDE), que permite escribir programas (conocidos como sketches) para controlar o comunicarse con una amplia gama de sensores, actuadores y otros componentes electrónicos[29].

Figura 6 *Arduino Uno*



Nota: La figura representa el Arduino Uno usado en el proyecto. Por: Megatrónica

2.1.4.6. *Sensor PH.*

Un sensor de pH es un dispositivo utilizado para medir la acidez o alcalinidad de una solución, indicando su pH (potencial de hidrógeno). El concepto detrás del sensor de pH se basa en medir la diferencia de potencial eléctrico que genera entre dos electrodos sumergidos en la solución a testear; esta diferencia de potencial se correlaciona con el pH de la solución[30].

El sensor típicamente consta de dos partes principales:

- **Electrodo de medición:** Este electrodo es sensible a la concentración de iones de hidrógeno en la solución. En muchos casos, está hecho de vidrio especial que, al entrar en contacto con la solución, produce un potencial eléctrico proporcional a la concentración de iones de hidrógeno presentes[31].
- **Electrodo de referencia:** Este electrodo mantiene un potencial constante independientemente de la solución en la que sumerge. Sirve como referencia para medir el potencial generado por el electrodo de medición[31].

Figura 7 *Sensor PH*



Nota: La figura representa el sensor de PH3 usado en el proyecto. Por: Megatrónica

2.1.4.7. Sensor de flujo.

Un sensor de flujo es un dispositivo diseñado para medir la cantidad de líquido, gas o vapor que pasa a través de él. Estos sensores son elementos primordiales en diversos sistemas de monitoreo y control, permitiendo la medición precisa del flujo de materiales en tuberías y conductos. La información que proporcionan es esencial para una amplia gama de aplicaciones industriales, comerciales y residenciales, incluyendo la gestión del agua, sistemas de calefacción y refrigeración, procesos químicos y en la industria alimentaria[32].

Figura 8 *Sensor flujo*

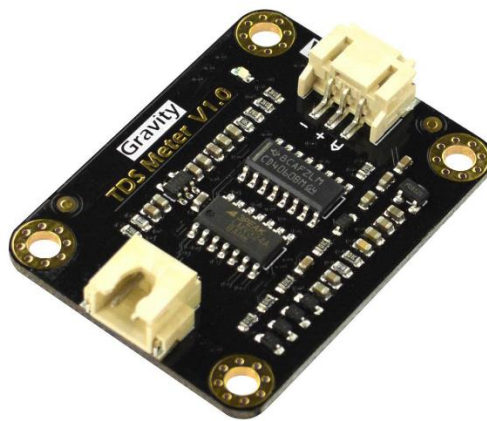


Nota: La figura representa el uso sensor de flujo YF-S202 Por: Megatrónica

2.1.4.8. *Sensor Total de sólidos disueltos.*

Un sensor de TDS (Total de Sólidos Disueltos, por sus siglas en inglés) es un dispositivo que utiliza para medir la concentración de sólidos disueltos en una solución, lo que incluye sales, minerales, metales, iones y otros compuestos químicos presentes en forma disuelta en el agua. Este tipo de sensor es útil en una variedad de aplicaciones, incluyendo la monitorización de la calidad del agua en sistemas de filtración, acuicultura, piscicultura, agricultura hidropónica, control de calidad en la industria de alimentos y bebidas, entre otros[33].

Figura 9 *Sensor TDS*



Nota: La figura representa el sensor TDS utilizado en el proyecto. Por: Megatrónica

2.1.4.9. *Electroválvulas.*

Las electroválvulas son dispositivos electromecánicos diseñados para controlar el flujo de líquidos, gases o vapores al abrir, cerrar o regular parcialmente el paso a través de un sistema de tuberías. Operan mediante la acción de un solenoide, que es una bobina electromagnética, la cual al ser energizada crea un campo magnético capaz de mover un émbolo o núcleo móvil dentro de la válvula[34].

Las electroválvulas son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones industriales y domésticas debido a su capacidad para ofrecer un control rápido, eficiente y automático. Pueden encontrar en sistemas de irrigación, en el control de procesos industriales, en sistemas de refrigeración y calefacción, en equipos médicos, y en vehículos automotores, entre otros[34].

Figura 10 *Electroválvula*



Nota: La figura representa la electroválvula usados en el proyecto. Por: Megatrónica

2.1.4.10. *Sim 800.*

El SIM800 es un módulo GSM/GPRS compacto que permite a dispositivos y aplicaciones comunicarse a través de la red de telefonía móvil. Ofrece capacidades de comunicación para la transmisión de voz, mensajes SMS y datos a través de redes 2G. Debido a su pequeña huella, bajo costo y amplias capacidades de comunicación, el SIM800 ha vuelto popular en el desarrollo de proyectos de Internet de las Cosas (IoT), sistemas de telemetría, seguimiento de vehículos, aplicaciones de seguridad, y otros sistemas automatizados que requieren capacidades de comunicación celular[35].

Figura 11 *Sim 800*



Nota: La figura representa el Sim 800 usado en el proyecto. Por: Tecmikro

2.1.4.11. *Arduino IDE.*

Arduino IDE (Integrated Development Environment) es un entorno de desarrollo integrado de código abierto utilizado para escribir, compilar y cargar programas en placas de desarrollo Arduino. Es una herramienta esencial para la programación y desarrollo de

proyectos basados en Arduino, ya que proporciona una interfaz intuitiva y todas las herramientas necesarias para crear y ejecutar programas en las placas Arduino[36].

2.1.4.12. *Android Studio.*

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de aplicaciones Android. Es desarrollado por Google y el popular software IntelliJ IDEA de JetBrains. Android Studio proporciona a los desarrolladores todas las herramientas necesarias para diseñar, desarrollar, depurar y distribuir aplicaciones para dispositivos Android[37].

- **Editor de código avanzado:** Android Studio cuenta con un editor de código robusto y altamente personalizable que admite resaltado de sintaxis, autocompletado de código, refactorización y otras características avanzadas que facilitan la escritura y edición de código.
- **Diseñador de interfaz gráfica:** Incluye un potente editor de diseño gráfico que permite a los desarrolladores crear interfaces de usuario para sus aplicaciones de forma visual. Los desarrolladores pueden arrastrar y soltar componentes de la interfaz de usuario, como botones, campos de texto y vistas, y previsualizar cómo verá la aplicación en diferentes dispositivos y orientaciones.

2.1.4.13. *Lenguaje Hypertext Preprocessor.*

PHP (Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de programación de uso general y de código abierto especialmente adecuado para el desarrollo de aplicaciones web dinámicas y sitios web interactivos. PHP se ejecuta en el servidor y genera contenido dinámico que puede enviar al cliente, generalmente en forma de HTML. Es uno de los lenguajes de programación más populares para el desarrollo web, y es ampliamente utilizado en combinación con HTML, CSS y JavaScript[38].

2.1.4.14. *Base de datos.*

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto y ampliamente utilizado. Es una de las opciones más populares para el almacenamiento y la gestión de datos en aplicaciones web y otros sistemas de software. MySQL utiliza el lenguaje de consulta estructurado (SQL) para interactuar con la base de datos y realizar operaciones como consultas, inserciones, actualizaciones y eliminaciones de datos[39].

2.2. Marco Referencial

Christian Sebastián Bautista Andocilla en el 2022 presentó la tesis “Desarrollo de un sistema de riego inteligente para un terreno multicultivo de la parroquia 11 de noviembre en Cotopaxi” en donde hacen referencia al sistema de riego inteligente el cual es controlado por algoritmo que toma como entrada la temperatura ambiental para la comprobación correcta del funcionamiento del sistema de riego en un entorno variable[40].

Nelson Joaquin Melo Paredes y Walter Abdon Valverde Macao en el 2017 presentaron la tesis “Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando internet de las cosas, para la automatización de un invernadero” en donde hacen referencia construcción de un prototipo de invernadero, almacenado, controlado monitoreado Presentando l aplicación de internet de las cosas para el control de cultivo como alternativa a la agricultura tradicional[41].

En [42], enfoca en la agricultura, la implementación de tecnologías de precisión, como el riego inteligente basado en IoT, es importante para países con grandes poblaciones y recursos limitados. Este artículo propone un dispositivo de gestión inteligente que utiliza eficientemente el agua disponible, contribuyendo a una mejor utilización de los recursos hídricos y ofreciendo oportunidades para expandir la agricultura en tierras áridas. El dispositivo automatiza el tiempo de riego, previene problemas de exceso o déficit de agua, optimiza el consumo y la distribución del agua, y gestiona las reservas hídricas utilizando sensores y nubes de código abierto.

Comparado con metodologías existentes, este sistema muestra un ahorro de energía del treinta por ciento y una mayor estabilidad de red. Además, es adaptable a diferentes métodos de riego como movimientos laterales, aspersión y goteo, lo que lo hace relevante para diversos entornos agrícolas, incluso en países en desarrollo con limitada conectividad móvil.

El [43] describe un cambio climático intensifica la competencia por el agua, un recurso ya escaso en todo el mundo, y el riego agrícola es uno de los mayores demandantes de este recurso. Para abordar este desafío, ha buscado la optimización del uso del agua de riego mediante el desarrollo de sistemas eficientes. En este contexto, se diseñó, construyó y probó un sistema de riego inteligente y automático que utiliza sensores para detectar la

humedad del suelo y determinar la cantidad exacta de agua necesaria en el momento preciso. Este sistema, compuesto por sensores, válvulas automáticas y una bomba, Sen donde comunica a través de un controlador Arduino, permitiendo la aplicación precisa del agua requerida en cada momento. A pesar de algunos contratiempos iniciales, como mal funcionamiento de sensores y fugas en las boquillas, el sistema probó exitosamente y se demostró su versatilidad, flexibilidad y eficacia en la optimización del riego agrícola.

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución establece principios generales relacionados con el uso sostenible de los recursos naturales, incluyendo el agua, y la protección del medio ambiente. No hay artículos específicos sobre el riego de agua y la agricultura, pero estos principios informan el desarrollo de legislación y políticas relacionadas[44].

2.3.2. Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.

La Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua en Ecuador, es una pieza legislativa de suma importancia que regula el uso y aprovechamiento del agua en el país. En ella se establecen disposiciones relacionadas con los permisos de extracción de agua, los derechos de agua y la conservación del recurso hídrico. Su propósito fundamental es asegurar una gestión sustentable del agua, garantizando su disponibilidad y un uso racional tanto para las actuales como para las futuras generaciones. Esta ley representa un pilar fundamental para la protección y adecuado manejo de uno de los recursos más vitales para el desarrollo y el bienestar de la sociedad ecuatoriana.[45]. Por ejemplo:

Artículo 1: Define el objeto y ámbito de aplicación de la ley.

Artículo 15: Establece los requisitos para la concesión de derechos de agua.

Artículo 27: Puede incluir disposiciones sobre el uso eficiente del agua y la promoción de tecnologías de riego sostenible.

2.3.3. Ley de Gestión Ambiental

Esta ley refiere a la protección del ambiente y la biodiversidad en Ecuador. Puede contener disposiciones relacionadas con la prevención de la contaminación del agua y la

promoción de prácticas agrícolas sostenibles[46]. Algunos artículos relevantes pueden incluir:

Artículo 1: Define el objeto y los principios de la gestión ambiental.

Artículo 40: Establece los mecanismos para la prevención y control de la contaminación ambiental, que pueden aplicarse al agua utilizada en la agricultura.

2.3.4. Regulaciones específicas sobre agricultura

Ecuador puede tener regulaciones adicionales específicas para la agricultura, que pueden incluir disposiciones relacionadas con la calidad de los cultivos y prácticas agrícolas sostenibles. Estas regulaciones pueden no estar contenidas en leyes específicas, sino en decretos u otras normativas emitidas por el gobierno[47].

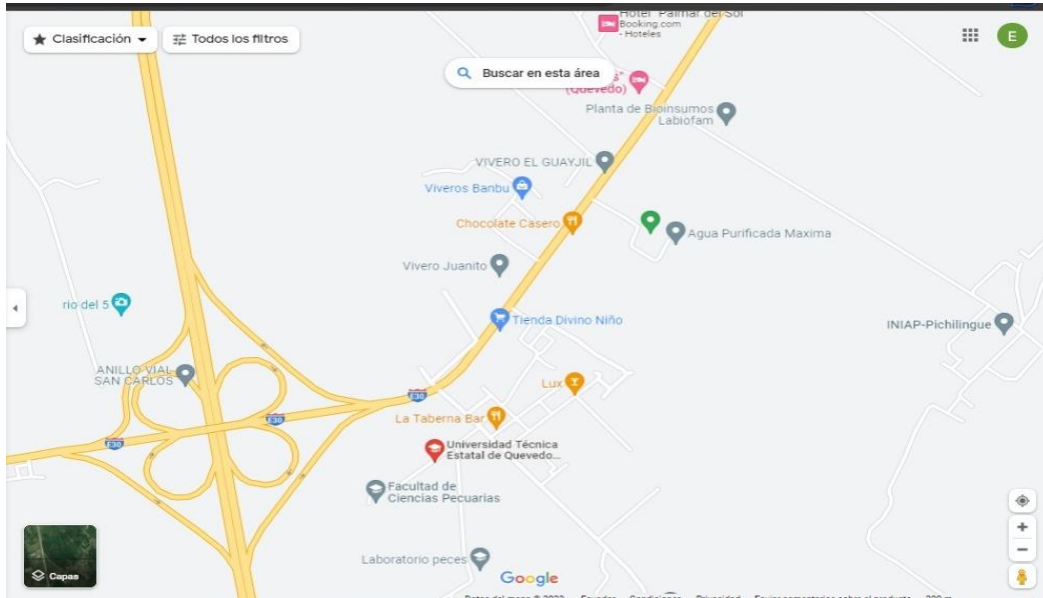
CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Localización

La investigación se realizó en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en la dirección “Campus La María km. 101.k vía en el cantón Quevedo, provincia de los Ríos.

Figura 12 Localización



Nota: Lugar de desarrollo del proyecto, Tomado de: *Google maps*.

3.2. Metodología

De acuerdo con el objetivo de este proyecto para la implementación del desarrollo y optimización del sistema de riego inteligente fue necesario la consulta de varias fuentes de información. Una vez obtenido toda la información como: ubicación, tipos de cultivos no perennes, cantidad de metros cuadrados, cantidad de plantas, cantidad de consumo de agua, tiempo de riego, etc. todos los parámetros necesarios para la respectiva implantación.

3.2.1. Metodología Analítica

La metodología analítica proporciona un enfoque estructurado para la optimización del sistema, asegurando que consideren tanto los aspectos técnicos como los objetivos de sostenibilidad en la agricultura. La recopilación de datos, la preparación de los mismos, análisis datos en tiempo real, toma de decisiones basadas en datos optimizando recursos mejorando continuamente el rendimiento del sistema, lo que llevó a una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos y una producción agrícola exitosa.

3.3. Fuentes de recopilación de Información

3.3.1. *Primaria*

Las entrevistas llevadas a cabo con individuos que emplean tecnología de sensores para gestionar el riego de cultivos ofrecen una visión detallada sobre varios aspectos cruciales. Estos entrevistados proporcionan orientación sobre la recolección de información, la selección de variables a considerar y el funcionamiento práctico del sistema. Además, comparten sus experiencias personales, los desafíos enfrentados, los resultados obtenidos y los beneficios percibidos al incorporar tecnologías avanzadas en la agricultura. Esta información valiosa no solo ilustra la aplicación práctica de la tecnología de sensores en la gestión hídrica agrícola, sino que también ofrece perspectivas sobre su alcance y potencial impacto en la eficiencia y productividad del sector.

3.3.2. *Secundaria*

La información bibliográfica fue recopilada a partir de libros, revistas y sitios web especializados que abarcan todos los aspectos técnicos de los dispositivos o componentes a utilizar, así como la correcta forma de funcionamiento, características, interconexión, medios de comunicación para garantizar el cumplimiento de la función propuesta. Al realizar la investigación se obtuvo el conocimiento necesario para manipular diferentes softwares de diseño, maquetar y construcción del sistema de riego y la aplicación móvil.

3.4. Diseño de la investigación

Con el fin de cumplir los objetivos planteados se llevó a cabo un plan metodológico dividido en diferentes fases cuya finalidad es demostrar la validez de un sistema de riego inteligente como método basado en internet de las cosas para la agricultura sostenible. Cada fase o etapa nos permitió estructurar y organizar el sistema de manera de secuencia, facilitando así el cumplimiento de cada objetivo planteado.

Fase 1: exploración de la información

Durante la fase inicial de exploración de la información para el proyecto, se realizó una exhaustiva recopilación de datos fundamentales relacionados con los requisitos necesarios.

Fase 2: Diseño del sistema de control y automatización

Seleccionar diferentes componentes del sistema, establecer comunicación teniendo en cuenta criterios técnicos y económicos. Definiendo un diagrama de flujo del sistema que describa su funcionamiento.

Fase 3: Implementación Prototipo

Implementar el sistema de riego, despliegue de los servicios web y base de datos en la nube, configuración del dispositivo y desarrollo de la aplicación de telemetría.

Fase 4: Ejecución de Pruebas

En esta fase, realizaron pruebas del funcionamiento del sistema de riego.

Fase 5: Evaluación y Comparación de Resultados

En esta fase final se realizaron comparaciones del sistema de riego anterior con el actual

3.5. Instrumentos de investigación

- ✓ **Hostinger:** Esta plataforma permite crear base de datos como MySQL, procedimientos almacenados, tablas, servicios web hechos en php para responder a las peticiones realizadas por el sistema de riego y la aplicación móvil.
- ✓ **Arduino IDE:** Es una herramienta de codificación que nos permite realizar programación simple y fácil de usar que permite a los usuarios escribir, compilar y cargar código en las placas Arduino, además de métodos, permite cargar código a la respectiva placa, gestionar librerías para implementar y realizar su funcionamiento como obtener los datos del componente PH, sensor THS, SIMN 800L, sensor de flujo de agua, entre otros.
- ✓ **Postman:** Es una herramienta digital que nos permite hacer pruebas de envíos de datos por medio de servicios web, en formato JSON y protocolos http.
- ✓ **Análisis de datos:** En esta etapa, se realizó la recopilación de datos utilizando el sistema de riego en modo de prueba, sin aplicar controles automatizados. El objetivo es obtener información manualmente para determinar la cantidad de agua que se riega de manera tradicional. Posteriormente, recopilarán nuevos datos aplicando los controles automatizados del sistema de riego.

3.6. Recursos de materiales

- ✓ **Recursos hardware:** Utilizaron laptops, teléfonos con sistema operativo Android

Tabla 1 *Recursos de hardware utilizados*

Cantidad	Equipo	Características
2	Laptop HP	• Procesador Intel Core i7 5500U 2.4 Ghz • 8 Gb - RAM • 1 TB - SSD • Sistema operativo: Windows 10
1	Dispositivo de almacenamiento (USB)	• 8 GB
1	Teléfono Xiaomi	• Android 9

ELABORADO: EDISON CÁCERES RIVAS

- **Recursos de software:** Utilizaron varios softwares para realizar y culminar cada fase del proyecto

Tabla 2 *Recursos de software utilizados*

Software	Descripción
PHP	Un entorno de desarrollo para realizar los servicios web.
Android Studio 2.1.16	IDE para el desarrollo de aplicaciones móviles, que nos proporciona un sistema intuitivo.
Arduino IDE	Entorno de desarrollo integrado de Arduino para la programación de los componentes IoT.
MySQL	Sistema gestor de base de datos (SGBD).
Sistemas Operativos	Windows 10.

ELABORADO: EDISON CÁCERES RIVAS

- ✓ **Sensores y placas:** Manejaron varios sensores para el control de calidad del agua, electroválvulas para pase de agua, Arduino y otros componentes que listan en la siguiente **Figura 13**.

Figura 13 *Lista de componentes*

Descripción	Cantidad	Precio	Total	Página
Sensor De Ph Tarjeta + Acondicionamiento Arduino	1	\$ 42,00	\$ 42,00	http://meatronica.sferaducta.com/tema-de-ph-tarjeta-acondicionamiento-arduino/
Válvula solenoide electroválvula 12vdc	2	\$ 9,90	\$ 19,80	http://meatronica.sferaducta.com/v%C3%A1lvula-solenoide-electrovalvula-12vdc/
MODULO SHIELD GSM SIM900	1	\$ 29,00	\$ 29,00	http://es.mikro.com/module/shield483-module-shield-gsm-sim900.html
SENSOR DE FLUJO DE AGUA 1/2" YF-S201	1	\$ 12,00	\$ 12,00	http://meatronica.sferaducta.com/tema-de-flujo-de-agua-1-2/
Sensor De Calidad De Agua Tds + Driver Arduino	1	\$ 31,90	\$ 31,90	http://meatronica.sferaducta.com/tema-de-calidad-de-agua-tds-driver-arduino/
UNO R3 + Cable Usb Atmega328p ARDUINO	1	\$ 15,00	\$ 15,00	http://meatronica.sferaducta.com/tarjeta-para-arduino-cable-usb-shield-dormantable/
Adaptador 5V 2A Fuente Cargador	1	\$ 4,90	\$ 4,90	http://meatronica.sferaducta.com/adaptador-5v-2a/
Adaptador 12V 2A Fuente Cargador	1	\$ 4,90	\$ 4,90	http://meatronica.sferaducta.com/adaptador-12v-2a/
40 Cables dupont hembra hembra 10 cm jumpers cable para proto	1	\$ 2,25	\$ 2,25	http://meatronica.sferaducta.com/40-cables-dupont-macho-hembra-10-cm-jumpers-cable-para-protob/
40 Cables dupont macho hembra 10 cm jumpers cable para proto	1	\$ 2,25	\$ 2,25	http://meatronica.sferaducta.com/40-cables-dupont-macho-hembra-10-cm-jumpers-cable-para-protob/
40 Cables dupont macho macho 10 cm jumpers cable para proto	1	\$ 2,25	\$ 2,25	http://meatronica.sferaducta.com/40-cables-dupont-macho-macho-10-cm-jumpers-cable-para-protob/
Módulo Rele 5v 2 Canales Con Led Indicadores optoacoplador	2	\$ 3,99	\$ 7,98	http://meatronica.sferaducta.com/module-rele-5v-2-canales-con-led-indicadores-optoacoplador/
		Total	\$ 174,23	

Nota: Listado del precio de los componentes. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. *Parámetros de calidad de agua*

4.1.1.1. *Exploración de la información.*

Los requisitos del proyecto comprenden aspectos tales como el tipo de cultivo a ser irrigado, la extensión del área de riego, el consumo estimado de agua, la calidad del agua disponible y los tipos de componentes requeridos para el sistema de riego. Cada uno de estos elementos contribuirá a determinar los requisitos específicos de riego para el cultivo en cuestión.

✓ ¿En qué lugar y como se obtuvo estos datos?

La obtención de los datos se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicada en la dirección “Campus La María, se obtuvieron los datos necesarios sobre el consumo diario de agua en el respectivo cultivo asignado.

✓ ¿Qué herramientas se utilizaron para obtener estos datos?

Para recolectar estos datos se realizó entrevistas a varias personas que están en constante mantenimientos a estos respectivos cultivos, en la cual tiene como objetivo de cuidar y vigilar el riego de agua manual al cultivo respectivo.

✓ ¿Qué parámetros utilizaron para verificar la calidad del agua?

Para determinar la calidad del agua, consideraron diversos parámetros que ofrecen información sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Entre los parámetros más importantes que se deben tener en cuenta para seleccionar aquellos a ser monitoreados mediante sensores que se encuentran en la siguiente tabla. Es esencial elegir cuidadosamente estos parámetros en función de los objetivos específicos del monitoreo y las características del entorno

Tabla 3 *Selección de variables*

Parámetro	Definición	Indicador	Sensor
PH	El pH indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua. Valores fuera del rango pueden afectar la vida acuática y la capacidad del agua para disolver ciertos minerales.	✓	Por medio de este podemos calificar la acidez del agua.
Oxígeno disuelto	La conductividad eléctrica está relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. Puede indicar la presencia de contaminantes como sales solubles o productos químicos.		
Temperatura	La temperatura del agua afecta la capacidad de disolución de gases, la tasa de crecimiento de organismos acuáticos y otros procesos biológicos y químicos.		
Turbidez	La turbidez se refiere a la claridad del agua y puede indicar la presencia de partículas suspendidas, sedimentos u otros materiales en suspensión.	✓	Por medio de este sensor, se evitarán ciertos elementos.
Contaminantes químicos	Esto incluye metales pesados, compuestos orgánicos, pesticidas y otros productos químicos que pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente.		
Microorganismos indicadores	La presencia de bacterias coliformes u otros microorganismos puede indicar contaminación fecal y representar un riesgo para la salud humana.	✓	Se realiza un filtro reduciendo estos microorganismos y bacterias.

FUENTE: FERTILIZACIÓN Y RIEGO, GUY SELA

ELABORADO: EDISON CÁCERES RIVAS

✓ ¿Cómo determinar la calidad del agua?

Para verificar la calidad del agua se usa un tipo de sensor TDS especializado para este tipo de actividad utilizado para medir la concentración de sólidos disueltos en una solución. Estos sólidos pueden incluir sales, minerales, metales, iones y otros compuestos químicos presentes en forma disueltos en el agua u otras soluciones líquidas. El sensor de TDS funciona midiendo la conductividad eléctrica de la solución, ya que los sólidos disueltos en el agua aumentan su conductividad. La medición se realiza típicamente en unidades de ppm (partes por millón) o mg/L (miligramos por litro), que representan la cantidad de sólidos disueltos presentes en la solución.

✓ ¿Cómo controla la cantidad de agua utilizada durante el riego, en términos de litros o volumen, dentro del sistema?

La cantidad de agua utilizada durante el riego se controla mediante un sistema integrado que permite ajustar el flujo de agua por litro o por hora a través de una aplicación móvil. Esta aplicación móvil, desarrollada específicamente para gestionar el sistema de riego, ofrece una interfaz intuitiva donde los usuarios podrán establecer la cantidad de agua deseada para el riego, ya sea en litros específicos por sesión de riego o en un flujo constante por hora. Una vez que alcanza la cantidad programada, el sistema cerrará automáticamente el paso de agua para evitar un exceso de riego.

4.1.1.2. Selección de los parámetros de calidad de agua.

Realizando la identificación de parámetros fundamentales relacionados con la calidad del agua en los cultivos no perennes que contribuyó a una producción agrícola óptima. Estos parámetros ayudaron a determinar la calidad del agua utilizada en el riego y su impacto en los cultivos.

Una vez realizado el análisis de los parámetros para verificar la calidad del agua mediante los sensores mencionados en la documentación, se determinó que los dos parámetros clave son el pH y la turbidez. El pH indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua, mientras que la turbidez refiere a la claridad del agua y puede indicar la presencia de partículas suspendidas [48]. Además, se utilizó un sensor TDS para medir la concentración de sólidos disueltos totales, que incluyen sales, minerales, metales, iones y otros compuestos presentes.

Tabla 4 *Parámetros*

Parámetro	Definición	Indicador	Sensor
PH, Alcalinidad	El pH indica el nivel de acidez o alcalinidad del agua. Valores fuera del rango adecuado pueden afectar la vida acuática y la capacidad del agua para disolver ciertos minerales.	✓	Por medio del sensor PH podemos calificar la acidez del agua.
Turbidez, Salinidad, Dureza	La turbidez se refiere a la claridad del agua y puede indicar la presencia de partículas suspendidas, sedimentos u otros materiales en suspensión. La lectura de TDS puede correlacionarse con la dureza del agua, siempre que los componentes de los TDS sean los iones de calcio y magnesio. El TDS puede proporcionar una estimación de la salinidad ya que la salinidad contribuye a la cantidad total de sólidos disueltos.	✓	Se obtiene por medio del sensor tds, que nos permite obtener varios datos.
Microorganismos indicadores	La presencia de bacterias coliformes u otros microorganismos puede indicar contaminación fecal y representar un riesgo para la salud humana.	✓	Se Obtiene por medio del sensor TDS.

FUENTE: FERTILIZACIÓN Y RIEGO, GUY SELA

ELABORADO: EDISON CÁCERES RIVAS

4.1.2. Diseño del sistema de control y automatización

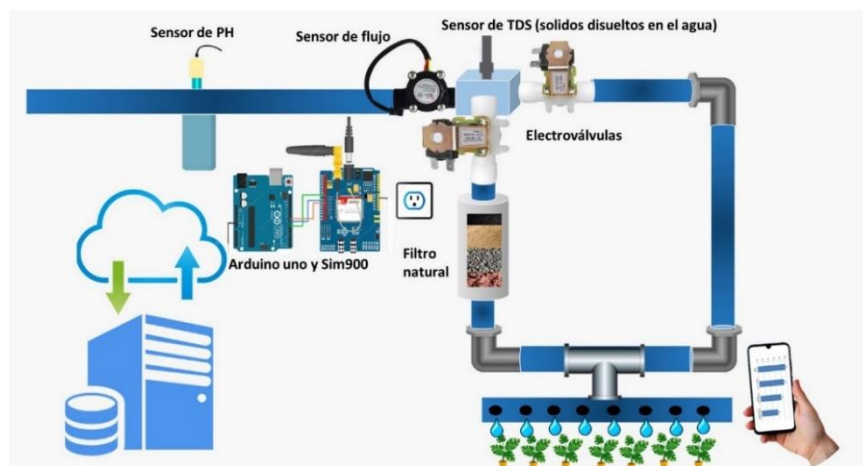
Por ello, procedió cabo la selección de los diferentes componentes del sistema como: sensores flujo, sensor tds, arduino, sim800, establecer comunicación teniendo en cuenta criterios técnicos y económicos. Definiendo un diagrama de flujo del sistema que describa su funcionamiento.

4.1.2.1. Sistema de riego inteligente.

El sistema de riego inteligente implementado integra una serie de tecnologías avanzadas para garantizar una gestión eficiente y precisa del agua. Sensores de flujo estratégicamente ubicados monitorean continuamente el flujo de agua a través del sistema, permitiendo un control preciso y en tiempo real del volumen de agua utilizada en cada área de cultivo. Además, ha incorporado un sistema de control de calidad del agua que analiza constantemente parámetros como el pH y la conductividad eléctrica para asegurar que el agua utilizada cumpla con los estándares necesarios para el óptimo desarrollo de los cultivos.

Los filtros instalados en el sistema garantizan la eliminación de impurezas y sedimentos, protegiendo tanto los componentes del sistema como la calidad del agua aplicada a los cultivos. Todo este sistema está conectado a una aplicación móvil intuitiva, que permite a los usuarios monitorear y controlar el riego de forma remota desde cualquier lugar, recibiendo notificaciones en tiempo real sobre el estado del sistema y ajustando los parámetros de riego según las necesidades específicas de los cultivos.

Figura 14 Sistema de riego inteligente



Nota: Representación del armado de los sensores. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

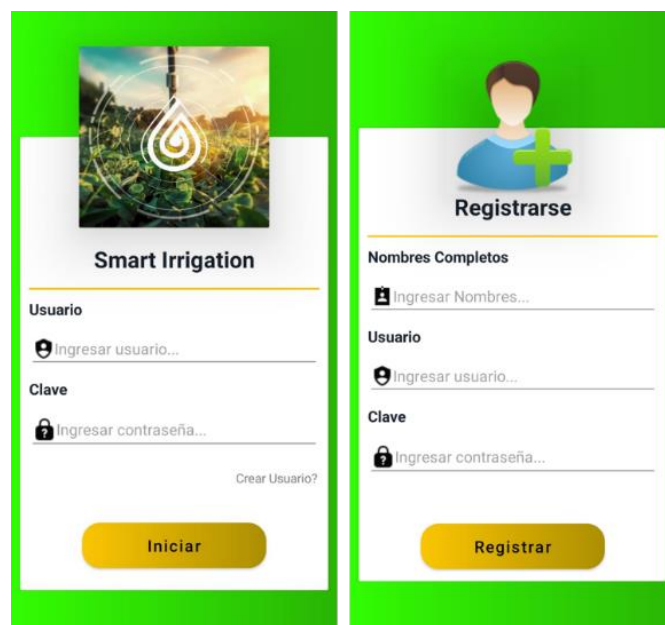
4.1.2.2. Aplicación móvil.

La aplicación móvil, desarrollada en Android Studio, ofrece un control completo y personalizado sobre el sistema de riego. Con una interfaz intuitiva y fácil de usar, los usuarios pueden establecer la cantidad de agua que desean regar por litro o por hora, brindando un control preciso sobre el flujo de agua en cada área de cultivo. Además, la aplicación cuenta

con un sistema de filtro de agua integrado que ayuda a detectar y filtrar la contaminación presente en el suministro de agua, garantizando la calidad del agua utilizada para el riego.

Mediante gráficos y estadísticas en tiempo real, los usuarios pueden monitorear el consumo de agua y la eficiencia del riego, permitiéndoles realizar ajustes en el flujo de agua según las necesidades específicas de sus cultivos. En resumen, nuestra aplicación proporciona una herramienta completa y efectiva para controlar y gestionar el riego de manera eficiente y sostenible.

Figura 15 *Interfaces de inicio*



Nota: Interfaz de sesión en la App creada en Android Studio. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

4.1.2.3. Interfaces de programación de riego.

La interfaz de programación de riego, como se ilustra en la Figura 16, despliega una serie de opciones para configurar el sistema de riego de manera eficiente y personalizada. Tras la selección del dispositivo deseado, el usuario puede especificar los días de la semana en los que se llevará a cabo el riego, teniendo la flexibilidad de elegir entre una programación diaria o semanal según sus necesidades específicas.

Además de estas opciones básicas, la interfaz también ofrece una característica destacada: la activación de un filtro natural para el riego. Esta función adicional permite integrar prácticas

sostenibles al proceso de riego, aprovechando recursos naturales para mejorar la calidad del agua utilizada en el sistema, lo que no solo promueve la eficiencia hídrica, sino también la conservación del medio ambiente.

Figura 16 Interfaces de configuración de riego

The figure displays two mobile application interfaces for configuring irrigation. Both screens feature a top navigation bar with icons for 'Inicio' (Home), 'Riego' (Irrigation), 'Dispositivo' (Device), and 'Reporte' (Report).

Left Screen (Registrar):

- Header: A cloud icon with three raindrops and the text 'Registrar'.
- Form: A dropdown menu labeled 'Dispositivo...' with 'tr' selected.
- Form: A section titled 'Seleccione los días de riego' with checkboxes for 'Todos', 'Lunes', 'Martes', and 'Miércoles'.
- Form: A section titled 'Sistema de filtro' with checkboxes for 'Seleccionar filtro' and 'No usar filtro'.

Right Screen (Configuración de riego):

- Form: A section titled 'Cantidad de riego por litros' with an 'Ingresar' input field showing '0' and '+'/'-' buttons.
- Form: A section titled 'Tiempo de riego por Hora' with two dropdown menus: 'Hora inicio...' (showing '08:00') and 'Hora final...' (showing '11:00').
- Form: A large yellow 'Registrar' button at the bottom.

Nota: Representación de la selección de forma de riego. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

4.1.2.4. Datos de riegos realizados.

En este punto, visualizan los datos almacenados que son enviados desde el sistema de riego una vez que se ha activado el riego. Estos datos almacenados incluyen el serial del dispositivo para su identificación única, la fecha en que realizó el riego, la indicación de si se activó el filtro, la cantidad de agua aplicada, los días de riego programados, así como los valores de pH y TDS (sólidos disueltos totales) obtenidos durante el riego.

Esta información permite un seguimiento detallado de cada riego realizado y facilita el análisis de la calidad del agua y el rendimiento del sistema de riego en general. Estos datos serán mostrados en la aplicación móvil en un gráfico de barras.

Figura 17 Datos de riegos realizados

Mostrando filas 0 - 2 (total de 3, La consulta tardó 0.0003 segundos.)

SELECT * FROM `riegohistorial`

☐ Perfilando [[Editar en línea](#)] [[Editar](#)] [[Explicar SQL](#)] [[Crear código PHP](#)] [[Actualizar](#)]

☐ Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: | Ordenar según la clave: Ninguna

Opciones extra

			idriego	serialhistorial	fecha	filtro	horainicio	cantidad	estado	idhorarioriego	ph	tds	horafin
☐	Editar	Copiar	Borrar	1	AAEECCB22	2024-04-30	1	13:00:00	2.00	2	1	6	180 00:00:00
☐	Editar	Copiar	Borrar	2	AAEECCB22	2024-04-29	1	09:00:00	2.00	2	2	6.2	181 00:00:00
☐	Editar	Copiar	Borrar	3	AAEECCB22	2024-04-28	1	13:00:00	2.00	2	1	6.2	180 00:00:00

Nota: Muestra el historial de los datos registrados. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas

4.1.2.5. Interfaces de calidad de agua.

Esta interfaz proporciona una verificación en tiempo real de la calidad del agua. Incluye un gráfico de barras que muestra los niveles de acidez, alcalinidad y las condiciones óptimas para su uso en el cultivo. Además, presenta un gráfico de sólidos disueltos en agua que permite verificar la calidad del agua de manera más completa.

Figura 18 Interfaz de calidad de agua



Nota: Datos estadísticos y niveles de calidad de agua. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas

4.1.2.6. Registro de riego realizados.

En la interfaz de registro de riego, facilita la visualización de los riegos previamente realizados. Aquí, se selecciona el dispositivo del cual se desea revisar el historial de riego. La interfaz muestra información detallada, incluyendo el nombre del dispositivo, la hora y fecha en que se llevó a cabo el riego, así como la calidad del agua que monitoreó durante el proceso.

Figura 19 *Historial de riego*



Nota: Indica el historial en base a los riegos realizados por el usuario. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

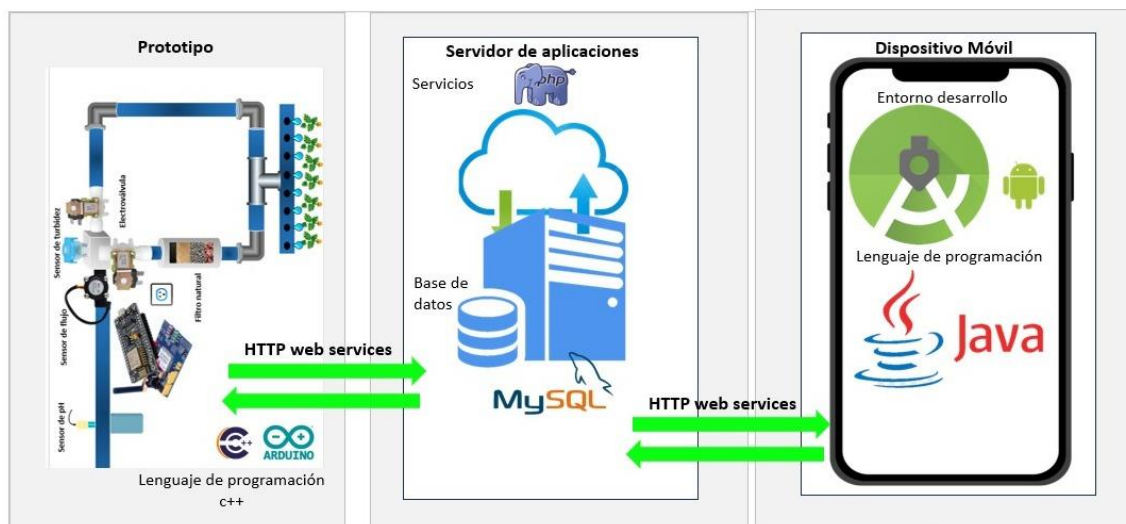
4.1.2.7. Capa Tecnológica.

La capa tecnológica del sistema consta de tres niveles interconectados que aseguran un funcionamiento eficiente y coordinado. En la primera capa, se encuentra el sistema de riego inteligente, dotado de sensores y actuadores que supervisan y controlan el riego de los cultivos. Este sistema se comunica con la segunda capa a través de protocolos HTTP hacia una API, que a su vez interactúa con una base de datos en MySQL. Esta base de datos almacena información vital sobre los parámetros de riego, históricos de datos y configuraciones del sistema.

Finalmente, en la tercera capa, se encuentra una aplicación móvil que actúa como interfaz de usuario, permitiendo a los usuarios controlar y monitorear el sistema de riego inteligente de manera remota. Esta aplicación proporciona una experiencia intuitiva y funcional, facilitando la gestión eficaz del riego de los cultivos desde cualquier lugar y en cualquier momento.

En conjunto, estas tres capas tecnológicas garantizan un sistema de riego inteligente, eficiente y fácil de usar, que optimiza el uso del agua y maximiza la productividad agrícola. Además de su funcionalidad principal, la aplicación móvil puede ofrecer herramientas de análisis de datos avanzadas, permitiendo a los usuarios generar informes personalizados sobre el rendimiento del sistema de riego y el estado de los cultivos

Figura 20 Capa tecnológica



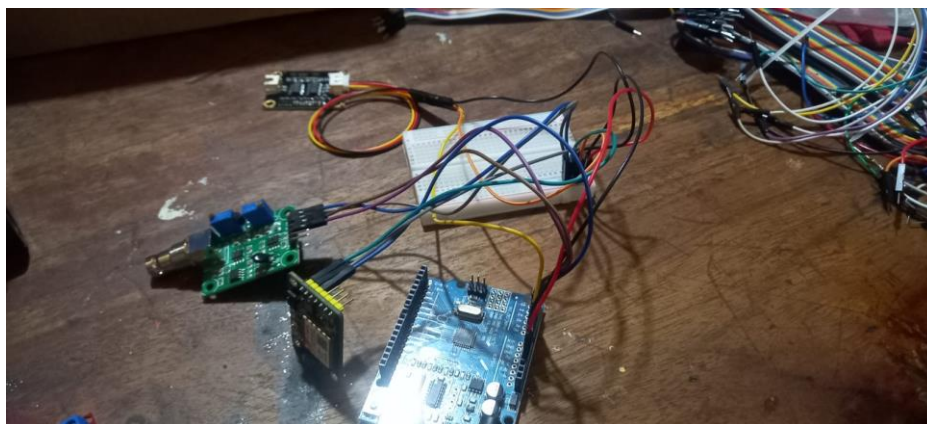
Nota: La figura representa el Sim 800 usado en el proyecto. Por: Megatrónica

4.1.3. Desarrollo del Prototipo

Para que el sistema de riego inteligente funcione correctamente, se procedió primero a realizar la conexión de los tubos de agua a la fuente principal. Posteriormente, configurar el módulo SIM800 para que esté constantemente verificando las configuraciones realizadas en la aplicación móvil a través de protocolos HTTP hacia los servicios web correspondientes.

Esta configuración permite una comunicación bidireccional entre la aplicación móvil y el sistema de riego, asegurando que cualquier ajuste realizado en la aplicación refleje inmediatamente en el sistema. De esta manera, se garantiza una gestión eficiente y precisa del riego de los cultivos, facilitando el control remoto y la monitorización continua del sistema desde cualquier lugar y en cualquier momento, también cuenta con una posibilidad de adaptarse a los tipos de plantas en el vivero.

Figura 21 *Conexiones de sistema de riego*

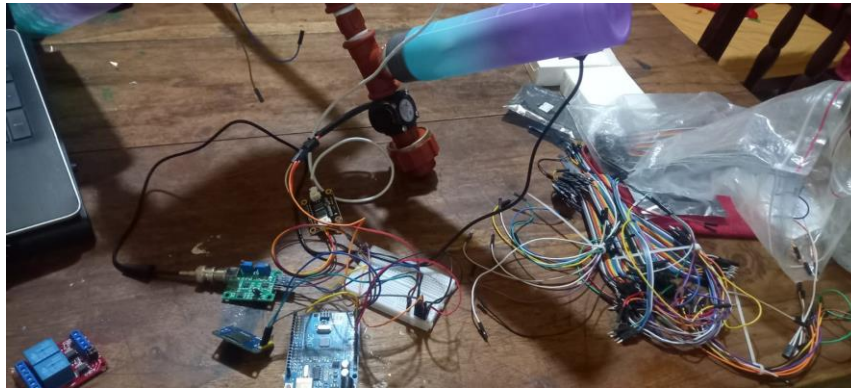


Nota: La figura representa la conexión realizada para el proyecto. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

4.1.3.1. Pruebas de componentes.

Al llevar a cabo las pruebas de conexión y obtención de datos de cada componente, se realiza un exhaustivo proceso de verificación en la placa Arduino. Este procedimiento implica asegurar la correcta comunicación entre la placa y cada uno de los componentes individuales. Se garantiza que los datos sean recopilados de manera precisa y confiable, lo que es fundamental para el funcionamiento óptimo del sistema en su conjunto y una reducción del desgaste del agua.

Figura 22 *Probando conexiones de componentes*



Nota: La figura muestra las pruebas realizadas con los componentes. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

4.1.4. Ejecución de Pruebas y Monitoreo Continua

En la implementación del sistema de Internet de las cosas (IoT) empezó por las pruebas para evaluar la eficacia del riego. Utilizando la información recopilada por los sensores de PH y TDS para determinar la calidad óptima del agua para el riego del cultivo. Además, monitoreó de manera detallada diversos aspectos del sistema, como la cantidad de agua utilizada, la calidad del agua, el control del flujo y la dirección del mismo, así como el funcionamiento del filtro de agua. Cada uno de estos elementos fue sometido a un riguroso control para asegurar su correcto desempeño y garantizar una gestión hídrica efectiva en el cultivo.

Figura 23 *Sistema de riego inteligente*



Nota: La figura representa el lugar y funcionamiento donde se encuentra alojado en prototipo. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Realizó un entorno de pruebas específico para evaluar el sistema, donde recopilaron los datos esenciales para su análisis correspondiente. Los resultados obtenidos mostraron datos satisfactorios; sin embargo, identificaron áreas de mejora. Realizaron modificaciones pertinentes para optimizar la funcionalidad y el flujo de agua en el sistema de riego, buscando garantizar un rendimiento óptimo y eficiente en la gestión hídrica de los cultivos.

4.1.5. Evaluación y Comparación de Resultados

Ejecutaron acabo un análisis del consumo de agua para riego en la extensión La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. En este análisis, para comparar los datos recolectados mediante métodos tradicionales de riego con aquellos obtenidos a través del nuevo sistema de riego inteligente. Este enfoque ha demostrado ser altamente efectivo para mejorar el crecimiento y la productividad de los cultivos. Durante este proceso, observó que el método tradicional de riego en el cultivo no perenne implicaba un consumo de 16 litros de agua por semana en el área asignada.

Figura 24 *Riego tradicional*

				fecha	hora	litros
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-03	13:06:45	4.30
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-04	10:14:57	4.80
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-06	10:23:48	3.20
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-08	12:37:56	3.30
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-09	11:05:12	3.10
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-10	11:08:56	4.30
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-11	09:58:47	4.40
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-12	12:33:47	3.20
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-16	10:33:23	3.90
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-18	13:24:18	5.00
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-24	09:32:03	4.10
☐	 Editar	 Copiar	 Borrar	2024-04-26	09:40:21	3.70

Nota: La figura representa los datos registrados en la base de datos. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Por otro lado, al implementar el sistema de riego inteligente y ajustar los parámetros de tiempo de riego, se logró una notable reducción en el consumo de agua para las plantas no perennes. Esta reducción tradujo en un consumo semanal de apenas 10 litros,

independientemente de si se estableció la programación por litros o por horas de riego. Este resultado resalta la eficiencia y el ahorro hídrico significativo que ofrece el sistema de riego inteligente en comparación con métodos de riego convencionales.

Figura 25 Sistema de riego inteligente

←T→			serialhistorial	fecha ▲ 1	filtro	cantidad	horainicio	horafin	ph	tds	
☐				AAEECCB22	2024-04-27	0	1.90	09:18:26	11:26:14	6.1	109
☐				AAEECCB22	2024-04-27	0	1.30	09:23:26	11:31:49	6.6	131
☐				AAEECCB22	2024-04-28	1	2.00	13:00:00	00:00:00	6.2	180
☐				AAEECCB22	2024-04-28	1	1.50	09:04:19	11:39:16	6.9	197
☐				AAEECCB22	2024-04-28	1	1.10	09:45:01	11:48:30	6.3	154
☐				AAEECCB22	2024-04-28	1	1.10	09:27:15	11:10:24	5.1	139
☐				AAEECCB22	2024-04-29	1	2.00	09:00:00	00:00:00	6.2	181
☐				AAEECCB22	2024-04-29	1	1.80	09:37:34	11:55:45	6.7	163
☐				AAEECCB22	2024-04-30	1	2.00	13:00:00	00:00:00	6	180
☐				AAEECCB22	2024-04-30	0	1.60	09:54:03	11:54:54	6.8	196
☐				AAEECCB22	2024-04-30	1	1.80	09:36:07	11:03:43	5.6	110
☐				AAEECCB22	2024-05-03	1	1.90	09:44:11	11:18:35	5.5	175
☐				AAEECCB22	2024-05-03	0	1.90	09:43:16	11:14:36	5.5	146
☐				AAEECCB22	2024-05-03	1	2.00	09:11:30	11:07:58	5.3	121

Nota: Se muestran los datos del consumo semanal. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas

Estos resultados evidencian una mejora en la eficiencia del riego, lo que sugiere que el sistema inteligente contribuye a la optimización de recursos y a la reducción de costos.

Tabla 5 Análisis Comparativo

	Sistema de riego Manual	Sistema de riego inteligente
Manejo de Riego	No hay un cronograma activo del Cierre del paso del agua	Cierre del paso de agua automático o manual por medio aplicación móvil
Control de riego de agua	No se controla el consumo de agua, debido al descuido humano.	Control de consumo de agua por medio del sensor de Flujo de agua.
Calidad del agua	No se aplica filtrado del agua	Sistema de filtrado natural del agua
Litros por semana	16 litros	10 litros

ELABORADO POR: EDISON CÁCERES RIVAS

4.2. Discusión

- El estudio [49] se ha centrado en la calidad del agua, especialmente en el pH como factor crucial para la salud de los cultivos. Se ha demostrado cómo las variaciones en el pH afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la capacidad de absorción de las plantas, proporcionando información valiosa para mantener un pH óptimo en el agua de riego y promover un crecimiento saludable de las plantas. Además, se han identificado otros parámetros como la alcalinidad, salinidad y dureza del agua, que también influyen en el rendimiento de los cultivos. Estos aspectos son monitoreados en tiempo real mediante una aplicación móvil, permitiendo ajustes necesarios para maximizar la producción agrícola.
- El sistema de riego mecánico [50] proporciona una solución automatizada para cultivos no perennes. Incluye rociadores, aspersores y sistemas de goteo para distribuir uniformemente el agua sobre el suelo. Una aplicación móvil monitorea la calidad del agua y permite programar el riego con precisión, evitando desperdicios y maximizando la eficiencia hídrica y la productividad del cultivo. Esta tecnología ofrece una alternativa más eficiente y sostenible para el riego, mejorando las prácticas de cultivo y aumentando la rentabilidad de los agricultores.
- Los métodos tradicionales de riego de agua han sido fundamentales en la agricultura durante siglos, adaptándose a diversas condiciones geográficas y culturales, conservando, por ejemplo, los sistemas de riego por goteo bajo la supervisión directa de los agricultores [50]. Sin embargo, el sistema inteligente de riego representa un avance significativo al integrar tecnología de vanguardia. Este sistema no solo reduce de manera sustancial el consumo de agua al programar con precisión la cantidad necesaria, sino que además elimina la necesidad de supervisión directa durante el riego, minimizando así el desperdicio de recursos hídricos. Además, la inclusión de un filtro en el sistema garantiza la pureza del agua utilizada en el riego, lo que resulta esencial para la producción de cultivos no perennes. En situaciones de contaminación del agua, este filtro actúa como una barrera protectora, asegurando que solo se suministre agua de la más alta calidad para el crecimiento de las plantas. El sistema no solo promueve la conservación del agua, sino que también respalda de manera activa y eficiente la producción sostenible y saludable de cultivos no perennes.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La identificación de parámetros relacionados con la calidad del agua en cultivos no perennes permite optimizar la producción agrícola. Los parámetros identificados son: pH, alcalinidad, turbidez, salinidad, dureza, microorganismos indicadores. Al comprender y monitorear estos parámetros, los agricultores pueden tomar medidas proactivas para garantizar un suministro de agua adecuado y de alta calidad para sus cultivos, lo que puede conducir a un rendimiento óptimo y a la producción de cultivos de buena calidad. En resumen, estos parámetros fueron cruciales para enfocar el diseño del sistema inteligente para maximizar la eficiencia y sostenibilidad de la producción agrícola en cultivos no perennes.

El desarrollo y la implementación de un sistema de telemetría en tiempo real para la gestión inteligente de los recursos hídricos en cultivos no perennes, basado en Internet de las Cosas (IoT), ha demostrado ser una herramienta invaluable para los agricultores y gestores de cultivos. Este sistema indica resultados positivos y ha contribuido significativamente a la optimización del uso del agua y al aumento de la eficiencia en la producción agrícola. La capacidad de proporcionar servicios en tiempo real se debe en gran medida al alojamiento en Hostinger, donde se encuentra la base de datos en MySQL y una API desarrollada en PHP están preparadas para responder a las solicitudes de manera rápida y eficiente. Esta infraestructura sólida y escalable garantiza una comunicación fluida entre el sistema de riego IoT, la base de datos y la interfaz de usuario permitiendo una gestión ágil y precisa.

Gracias a este sistema, los agricultores pueden monitorear en tiempo real la calidad del agua de riego y otros parámetros relevantes para la salud de los cultivos. La capacidad de recibir datos en tiempo real les permite tomar decisiones informadas y ajustar los patrones de riego de manera rápida y precisa según las necesidades específicas de cada cultivo y las condiciones climáticas cambiantes. La implementación de un sistema de riego autónomo basado en Internet de las Cosas (IoT) para el control de los recursos hídricos en la agricultura sostenible de los cultivos no perennes ha demostrado ser altamente efectiva en varios aspectos clave como la optimización del agua, mejora de la productividad, reducción de costo y aumento de la eficiencia operativa.

5.2. Recomendaciones

- Considerar el rango de investigación para obtener nueva información de las herramientas y dispositivos que se pueden adaptar al sistema de riego, para ampliar nuevas funcionalidades como: riego con fungicidas con activación automática por detección de plagas aplicando un modelo de reconocimiento de plaga, sensor NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) para medir los niveles de estos tres elementos en el suelo, notificando al usuario por medio de la aplicación que necesita fertilizantes.
- Utilizar fuentes confiables de datos climáticos, como estaciones meteorológicas locales, servicios meteorológicos nacionales o internacionales, y sensores meteorológicos conectados a Internet de las Cosas (IoT). Para optimizar el riego durante las temporadas de lluvias en la agricultura, aplicando modelo predictivo.
- Utilizar algoritmos avanzados para calcular la cantidad de agua necesaria para cada área específica de cultivo, teniendo en cuenta factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas y las necesidades hídricas de las plantas.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] A. Mironchenko and J. Kozłowski, “Optimal allocation strategies of perennial plants,” *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 3361–3366, 2013, doi: 10.1109/CDC.2013.6760397.
- [2] Z. Gao, D. Guo, D. Ryu, and A. W. Western, “Exploring key factors driving farm-level seasonal irrigation water usage with Bayesian hierarchical modelling,” *Agric Water Manag*, vol. 294, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.agwat.2024.108715.
- [3] R. Guo *et al.*, “Straw-derived biochar optimizes water consumption, shoot and root characteristics to improve water productivity of maize under reduced nitrogen,” *Agric Water Manag*, vol. 294, p. 108722, Apr. 2024, doi: 10.1016/J.AGWAT.2024.108722.
- [4] F. Basantes, J. P. A. Suárez, L. M. A. Illescas, and L. del R. V. Hernández, “Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Zona 1 del Ecuador,” *e-Agronegocios*, vol. 6, no. 2, pp. 103–120, Jul. 2020, doi: 10.18845/EA.V6I2.5103.
- [5] K. L. Ponce-Guevara *et al.*, “GreenFarm-DM: A tool for analyzing vegetable crops data from a greenhouse using data mining techniques (First trial),” *2017 IEEE 2nd Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2017*, vol. 2017-January, pp. 1–6, Jan. 2018, doi: 10.1109/ETCM.2017.8247519.
- [6] A. C. D. A. Ferreira, S. L. M. C. Titotto, and A. C. S. Akkari, “Agricultura urbana 5.0: Um estudo exploratório,” *2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2021 - Proceedings*, pp. 1441–1446, Aug. 2021, doi: 10.1109/INDUSCON51756.2021.9529771.
- [7] R. G. Vieira, A. M. Da Cunha, L. B. Ruiz, and A. P. De Camargo, “On the design of a long range WSN for precision irrigation,” *IEEE Sens J*, vol. 18, no. 2, pp. 773–780, Jan. 2018, doi: 10.1109/JSEN.2017.2776859.
- [8] C. Correa, D. Dujovne, and F. Bolano, “Design and Implementation of an Embedded Edge-Processing Water Quality Monitoring System for Underground Waters,” *IEEE Embed Syst Lett*, vol. 15, no. 2, pp. 81–84, Jun. 2023, doi: 10.1109/LES.2022.3184925.

- [9] F. Fuentes *et al.*, “Greenhouse Crop Monitoring with Low-Cost Sensors: Assessing Lettuce Production Through Air-Canopy Temperature Difference,” *2023 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, pp. 1–6, Dec. 2023, doi: 10.1109/CHILECON60335.2023.10418655.
- [10] H. Chen, Z. Wei, B. Zhang, and Z. Peng, “Irrigation Scheduling Optimization for Ecological Security Water and Eco-Environment Relationship,” *ICEIEC 2022 - Proceedings of 2022 IEEE 12th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication*, pp. 255–258, 2022, doi: 10.1109/ICEIEC54567.2022.9835044.
- [11] Y. F. Qiu and G. Meng, “The effect of water saving and production increment by drip irrigation schedules,” *Proceedings of the 2013 3rd International Conference on Intelligent System Design and Engineering Applications, ISDEA 2013*, pp. 1437–1441, 2013, doi: 10.1109/ISDEA.2012.343.
- [12] I. Mat, M. R. Mohd Kassim, A. N. Harun, and I. M. Yusoff, “Smart agriculture using internet of things,” *2018 IEEE Conference on Open Systems, ICOS 2018*, pp. 54–59, Jul. 2018, doi: 10.1109/ICOS.2018.8632817.
- [13] “FAO publications catalogue 2023,” *FAO publications catalogue 2023*, Oct. 2023, doi: 10.4060/CC7285EN.
- [14] A. Azizullah, M. N. K. Khattak, P. Richter, and D. P. Häder, “Water pollution in Pakistan and its impact on public health--a review,” *Environ Int*, vol. 37, no. 2, pp. 479–497, 2011, doi: 10.1016/J.ENVINT.2010.10.007.
- [15] S. Malavika, N. Tabassum, K. Saikeerthika, N. Anjum, and D. D. Geetha, “A Comparative Analysis of Different Filtration Methods used to Purify Water for Drinking Purpose,” *7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2023 - Proceedings*, pp. 1562–1565, 2023, doi: 10.1109/ICOEI56765.2023.10125729.
- [16] Y. Wu, “New page of agriculture: On the view of 5G generation and GPS,” *ICCC 2022 - IEEE 10th Jubilee International Conference on Computational Cybernetics and Cyber-Medical Systems, Proceedings*, pp. 105–110, 2022, doi: 10.1109/ICCC202255925.2022.9922891.

- [17] S. Ayyasamy, S. Eswaran, B. Manikandan, S. P. Mithun Solomon, and S. Nirmal Kumar, "IoT based Agri Soil Maintenance Through Micro-Nutrients and Protection of Crops from Excess Water," *Proceedings of the 4th International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2020*, pp. 404–409, Mar. 2020, doi: 10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-00076.
- [18] P. P. Rajendra, N. Nataraja, and G. B. Arjun Kumar, "IoT based Agriculture Flood Water Harvesting and Crop Assessment," *Proceedings - 5th IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology, RTEICT 2020*, pp. 368–372, Nov. 2020, doi: 10.1109/RTEICT49044.2020.9315714.
- [19] S. Gupta, V. Malhotra, and V. Vashisht, "Water irrigation and flood prevention using IOT," *Proceedings of the Confluence 2020 - 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science and Engineering*, pp. 260–265, Jan. 2020, doi: 10.1109/CONFLUENCE47617.2020.9057842.
- [20] M. B. Tephila, R. A. Sri, R. Abinaya, J. A. Lakshmi, and V. Divya, "Automated Smart Irrigation System using IoT with Sensor Parameter," *Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, ICEARS 2022*, pp. 543–549, 2022, doi: 10.1109/ICEARS53579.2022.9751993.
- [21] B. Y. S. S. Murthy, C. B. K. Reddy, S. Jilani, and M. Sindhwani, "Smart Irrigation System," *2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES)*, pp. 1–4, Jul. 2022, doi: 10.1109/STPES54845.2022.10006434.
- [22] S. S. Shonkora and A. O. Salau, "Modeling and Implementation of an Automatic Drip Irrigation System," *2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy, ICDABI 2020*, Oct. 2020, doi: 10.1109/ICDABI51230.2020.9325665.
- [23] M. B. Tephila, R. A. Sri, R. Abinaya, J. A. Lakshmi, and V. Divya, "Automated Smart Irrigation System using IoT with Sensor Parameter," *Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, ICEARS 2022*, pp. 543–549, 2022, doi: 10.1109/ICEARS53579.2022.9751993.

- [24] S. Setiowati, R. N. Wardhani, Hariyanto, A. Azzam, A. A. Rahmadhitya, and R. F. Adillah, "Sprinkler Irrigation System for Pakcoy Cultivation Based on Mamdani Fuzzy Logic and LoRa Communication," pp. 81–86, Dec. 2023, doi: 10.1109/IC2IE60547.2023.10330952.
- [25] B. Y. S. S. Murthy, C. B. K. Reddy, S. Jilani, and M. Sindhwani, "Smart Irrigation System," *2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES)*, pp. 1–4, Jul. 2022, doi: 10.1109/STPES54845.2022.10006434.
- [26] S. Maurya, K. Bhagwat, M. Shivhare, S. Tomar, and K. Markam, "Automatic Irrigation System," *1st IEEE International Conference on Innovations in High Speed Communication and Signal Processing, IHCSP 2023*, pp. 519–522, 2023, doi: 10.1109/IHCSP56702.2023.10127128.
- [27] A. Samuel and C. Sipes, "Making Internet of Things Real," *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 2, no. 1, pp. 10–12, Sep. 2019, doi: 10.1109/IOTM.2019.1907777.
- [28] H. H. Kadar, S. S. Sameon, and P. A. Rafee, "Sustainable Water Resource Management Using IOT Solution for Agriculture," *Proceedings - 9th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, ICCSCE 2019*, pp. 121–125, Nov. 2019, doi: 10.1109/ICCSCE47578.2019.9068592.
- [29] I. I. M. Abu Sulayman, S. H. A. Almalki, M. S. Soliman, and M. O. Dwairi, "Designing and implementation of home automation system based on remote sensing technique with arduino uno microcontroller," *2017 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition, GCCCE 2017*, Aug. 2018, doi: 10.1109/IEEEGCC.2017.8447984.
- [30] S. O. Yun *et al.*, "Flexible pH sensor and system fabricated using PET film," *Proceedings of IEEE Sensors*, vol. 2017-December, pp. 1–3, Dec. 2017, doi: 10.1109/ICSENS.2017.8233925.
- [31] M. Futagawa, K. Uemura, R. Oishi, S. Ota, and H. Hirano, "Fabrication of a Stripe-Gate Type pH Sensor for Inhibition of Drift in pH Measurement for Long-Term Soil Monitoring," *2019 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems and Eurosensors XXXIII, TRANSDUCERS 2019 and EUROSENSORS XXXIII*, pp. 1357–1360, Jun. 2019, doi: 10.1109/TRANSDUCERS.2019.8808728.

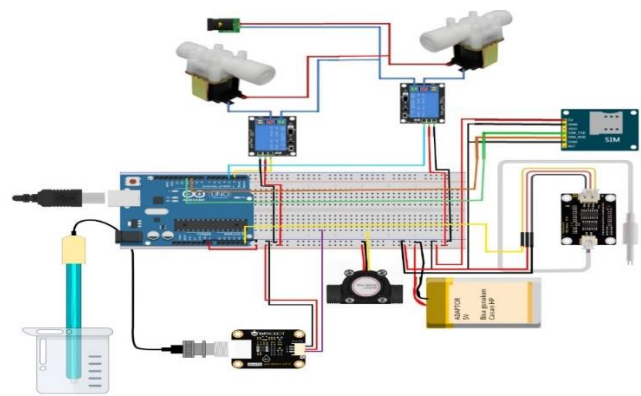
- [32] J. Branebjerg, O. S. Jensen, N. G. Laursen, O. Leistiko, and H. Soeberg, "A micromachined flow sensor for measuring small liquid flows," *Transducers '91*, pp. 41–44, 1991, doi: 10.1109/SENSOR.1991.148793.
- [33] A. A. F. Al Ayyubi, P. Y. Aisyah, A. M. Chafsah, and C. Nur Ramadhani, "Design And Build of A Total Dissolved Solid (Tds) Control System to Maintain Water Quality in Koi Fish Ponds," *2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, pp. 1–3, Nov. 2023, doi: 10.1109/ICAMIMIA60881.2023.10427848.
- [34] Q. Xu, G. Wei, and X. Li, "Characteristic analysis and control for high speed proportional solenoid valve," *Proceedings of the 2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2013*, pp. 1578–1582, 2013, doi: 10.1109/ICIEA.2013.6566620.
- [35] "SIM800L GSM Todo Lo que Necesitas saber de este Módulo." Accessed: Feb. 21, 2024. [Online]. Available: <https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/>
- [36] O. E. Amestica, P. E. Melin, C. R. Duran-Faundez, and G. R. Lagos, "An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications," *IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies, CHILECON 2019*, Nov. 2019, doi: 10.1109/CHILECON47746.2019.8986865.
- [37] M. Kamal, A. Abaid, S. Abid, and S. Shamil, "FACER-AS: An API Usage-based Code Recommendation Tool for Android Studio," *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution, ICSME 2021*, pp. 609–613, 2021, doi: 10.1109/ICSME52107.2021.00066.
- [38] P. (editor) Cowburn, "Manual de PHP," 2018, Accessed: Feb. 21, 2024. [Online]. Available: <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/2277>
- [39] M. Besta *et al.*, "Demystifying Graph Databases: Analysis and Taxonomy of Data Organization, System Designs, and Graph Queries," *ACM Comput Surv*, vol. 56, no. 2, Sep. 2023, doi: 10.1145/3604932.
- [40] C. De and I. Electrónica, "Desarrollo de un sistema de riego inteligente para un terreno multicultivo de la parroquia '11 de noviembre' en Cotopaxi," 2022, Accessed: Feb. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23344>

- [41] C. De Electrónica *et al.*, “Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet de las cosas, para la automatización de un invernadero,” 2017, Accessed: Feb. 21, 2024. [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4361>
- [42] M. B. Tephila, R. A. Sri, R. Abinaya, J. A. Lakshmi, and V. Divya, “Automated Smart Irrigation System using IoT with Sensor Parameter,” *Proceedings of the International Conference on Electronics and Renewable Systems, ICEARS 2022*, pp. 543–549, 2022, doi: 10.1109/ICEARS53579.2022.9751993.
- [43] E. Elgaali, J. Al Titi, A. Ismail, and O. Alhajri, “Smart Irrigation System Using Arduino,” *2023 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2023*, 2023, doi: 10.1109/ASET56582.2023.10180638.
- [44] A. D. E.-Q. T. C. del Ecuador. Registro and undefined 2008, “Constitución de la República del Ecuador,” *jprf.gob.ec*, vol. 449, no. 20, pp. 25–2021, 2008, Accessed: Mar. 02, 2024. [Online]. Available: <https://jprf.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/1.-Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador-2.pdf>
- [45] U. D. A.-Q.-E. R. Oficial. del Cantón and undefined 2014, “Ley Orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua,” *emapadaule.gob.ec*, Accessed: Mar. 02, 2024. [Online]. Available: https://www.emapadaule.gob.ec/web/transparencia/DIRECCIONES/ASESORIA_JURIDICA/LEYES/023_LORHUAA.pdf
- [46] L. A.-L. D. G. AMBIENTAL and undefined 2004, “LEY DE GESTION AMBIENTAL,” *internos.20bet-ph.com* LEYDEG AMBIENTALLEY DE GESTION AMBIENTAL, CODIFICACION, 2004•internos.20bet-ph.com, Accessed: Mar. 02, 2024. [Online]. Available: http://internos.20bet-ph.com/version1.0_Seguridad_salud/normas/LEGISLACION%20AMBIENTAL%20ECUATORIANA/LeyGestionAmbiental.pdf
- [47] W. Viera-Arroyo, ... C. T.-T.-J. of the S., and undefined 2020, “Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador,” *scielo.org.bo*, Accessed: Mar. 02, 2024. [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592020000200006&script=sci_arttext

- [48] “Descubre la calidad del agua de riego| Cropaia.” Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: <https://cropaia.com/es/blog/calidad-agua-de-riego/>
- [49] “Calidad del agua en la producción de Pinus cembroides Zucc. en vivero.” Accessed: May 07, 2024. [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952015000200008&script=sci_arttext
- [50] L. A. Gurovich, “Fundamentos y diseño de sistemas de riego,” p. 458, 1985, Accessed: May 08, 2024. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Fundamentos_y_dise%C3%B1o_de_sistemas_de_rie.html?hl=es&id=rfx9YVVKQnsC

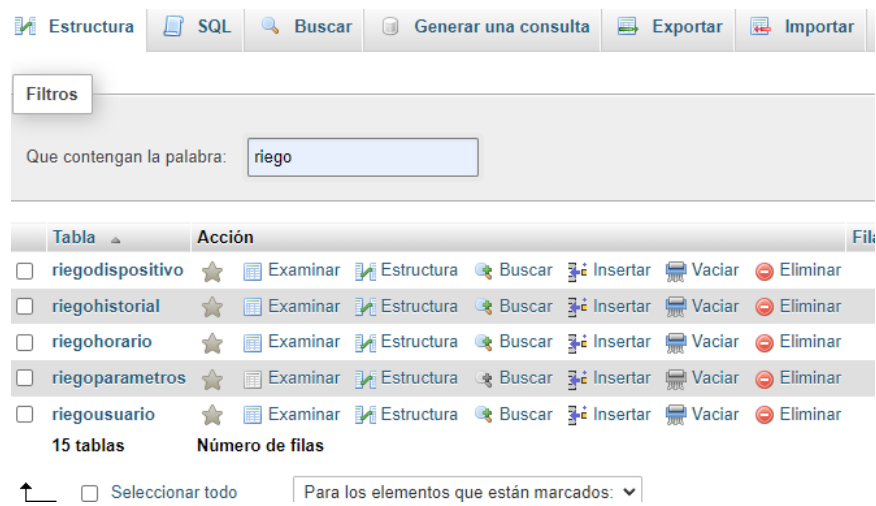
CAPITULO VII
ANEXOS

Anexo 1 *Circuito del sistema de riego*



Nota: La gráfica del sistema de riego inteligente proporciona una visión detallada de las conexiones y la obtención de datos de los componentes clave. Cada componente se ha integrado en el sistema con conexiones precisas a una placa Arduino, y se ha implementado la codificación correspondiente para garantizar su funcionamiento en paralelo y obtener datos de manera eficiente. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Anexo 2 *Tablas de la base de datos*



Nota: La base de datos, alojada en Hostinger, utiliza MySQL y contiene varias tablas esenciales para el sistema. Estas incluyen información sobre dispositivos y usuarios, así como registros de horarios de riego, parámetros del agua y historial de riego. Estas tablas son cruciales para el seguimiento y la gestión eficiente del sistema de riego, proporcionando datos fundamentales para la aplicación móvil y el control del riego. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Anexo 3 Procedimientos almacenados

☐ Seleccionar todo

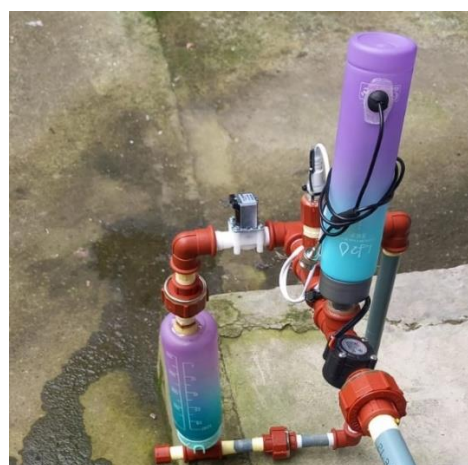
Exportar

Eliminar

Nombre	Tipo	Retorna				
☐ obtenerInformacionRiego	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_crearDispositivo	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_crearHistorial	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_crearUsuario	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_iniciarSesion	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_listarDispositivos	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_listarHistorial	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_modificarDispositivo	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_modificarHistorial	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_modificarUsuario	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_obtenerInfoUsuario	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar
☐ riego_registrarRiego	PROCEDURE		Editar		Ejecutar	Exportar Eliminar

Nota: Para atender las solicitudes tanto de la aplicación móvil como del sistema de riego, se han implementado varios procedimientos almacenados. Cada uno de estos procedimientos está diseñado para proporcionar los datos necesarios para su funcionalidad específica. Estos procedimientos constituyen una parte fundamental de la arquitectura del sistema, permitiendo una respuesta eficiente y rápida a las solicitudes entrantes, y garantizando un funcionamiento fluido tanto para la aplicación móvil como para el sistema de riego. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas

Anexo 4 Pruebas de presión de agua



Nota: La figura describe una prueba de presión de agua diseñada para detectar fugas en las tuberías y proceder a repararlas. Incluye un sensor de caudal para medir el flujo de agua, un sensor de pH protegido, un sensor de TDS para medir la concentración de sólidos disueltos. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas

Anexo 5 *Ubicación del sistema de riego inteligente*



Nota: En esta figura se detalla la instalación y las pruebas de funcionalidad llevadas a cabo en la ubicación de la Universidad La María. En este punto, se han añadido los componentes adicionales necesarios para la recolección y transmisión de información. Estos componentes están protegidos por una caja diseñada para evitar la filtración de agua y proteger los elementos del sistema contra daños. Esta disposición garantiza la integridad y la operatividad de los dispositivos incluso en entornos húmedos o lluviosos, asegurando así la eficacia continua de la monitorización del sistema de agua. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Anexo 6 *Sistema de riego activado*



Nota: La ilustración detalla minuciosamente el proceso de instalación y las pruebas de funcionalidad llevadas a cabo en la Universidad La María. En este contexto, se aplicó la programación por litro mediante la utilización de la aplicación móvil, lo que permitió un control detallado del riego y una evaluación exhaustiva de su eficacia en la gestión hídrica del entorno universitario. Autor: *Edison Michael Cáceres Rivas*

Anexo 7 Riego de agua



Nota: En esta ilustración se muestra cómo se realizó el riego por goteo por medio del sistema de riego inteligente. Autor: Edison Michael Cáceres Rivas