



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE CONTROL Y AUTOMATISMO

TEMA:

**Diseño de un Sistema de Control y Monitoreo para el riego de
cultivos de arroz en Daule mediante bombas eléctricas.**

AUTOR:

Caicedo Alvarado Francisco Roberto

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc

Guayaquil, Ecuador

05 de Septiembre del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE CONTROL Y AUTOMATISMO**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Caicedo Alvarado Francisco Roberto**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**.

TUTOR

f. _____

Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, Ph.d

Guayaquil, a los 05 del mes septiembre del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE CONTROL Y AUTOMATISMO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Caicedo Alvarado, Francisco Roberto**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño de un Sistema de Control y Monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule mediante bombas eléctricas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 05 del mes de septiembre del 2024

EL AUTOR

f. _____

Caicedo Alvarado, Francisco Roberto



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**(FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE CONTROL Y AUTOMATISMO**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Caicedo Alvarado, Francisco Roberto**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de un Sistema de Control y Monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule mediante bombas eléctricas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 05 del mes de septiembre del 2024

EL AUTOR:

f. _____

Caicedo Alvarado, Francisco Roberto

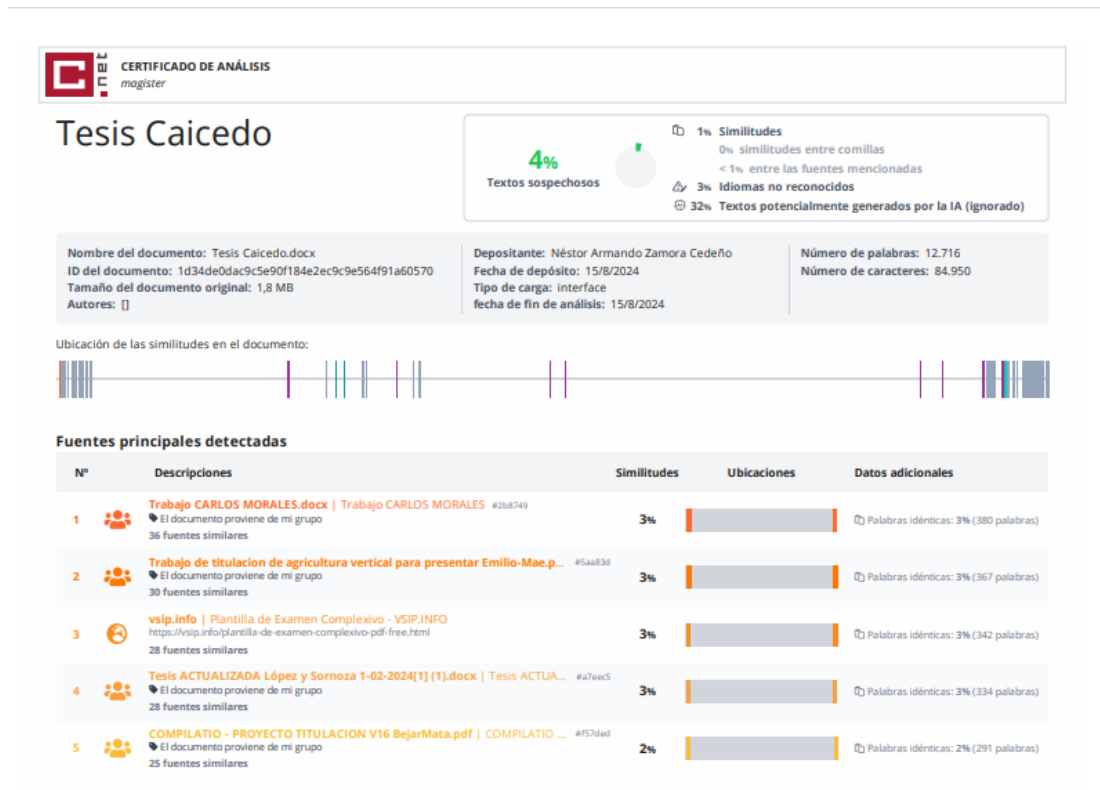


UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
INFORME SOFTWARE ANTIPLAGIO

COMPILATIO



Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO denominado: **“Diseño de un sistema de control y monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule mediante bombas eléctricas.”**, del estudiante Caicedo Alvarado, Francisco Roberto se encuentra al 4% de coincidencias.

Atentamente,

Ing. Néstor Zamora, M.Sc.

DOCENTE-TUTOR



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DE CONTROL Y AUTOMATISMO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. BOHÓRQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, Ph.D
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. UBILLA GONZALEZ, RICARDO XAVIER, M.Sc
COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

ING. WASHINGTON ADOLFO MEDINA MOREIRA, M.Sc
OPONENTE

ÍNDICE

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1.1 Introducción.....	2
1.2. Definición del problema	3
1.2.1. Problemas específicos a resolver.....	4
1.3. Justificación del problema	5
1.4. Objetivos del proyecto	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Hipótesis	7
1.6. Metodología de investigación	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Sistemas de Riego Automatizado	8
2.1.1. Tipos de Sistemas de Riego	8
2.1.2. Ventajas del Riego Automatizado.....	10
2.2. Sensores Utilizados en el Proyecto.....	12
2.2.1. Sensor de Humedad y Temperatura DHT22	12
2.2.2. Sensor de Flujo de Agua YF-S201	15
2.2.3. Comparación con otros sensores de flujo	19
2.4. Bombas Eléctricas en Sistemas de Riego.....	21
2.6. Descripción del software TIA Portal.....	25
2.7. Desarrollo del Sistema Web	25
2.8. Principios de diseño responsivo.	27
2.9. Base de Datos MySQL.....	27
2.10. Fundamentos de la automatización con PLC (Controlador Lógico Programable).....	27

2.10.1.	Historia y evolución.....	27
2.10.2.	Principios básicos de los PLC.....	28
2.10.3.	Ventajas de los PLC en la automatización industrial.....	30
2.10.4.	Características de los PLC en la Automatización Industrial	32
3.1.	Consideraciones generales	33
3.2.	Filosofía de control del sistema de automatización	33
3.3.	Modelado del Sistema Automatizado	34
3.4.	Componentes de diseño	34
3.5.	Desarrollo del Proyecto.....	35
3.5.1.1.	Fase de Análisis	37
3.5.1.2.	Fase de diseño	41
3.5.1.3.	Fase de verificación	46
3.5.1.4.	Fase de prueba.....	52
3.6.	Beneficiarios del proyecto.....	59
4.1.	Conclusiones.....	60
4.2.	Recomendaciones	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sensor DHT22.....	13
Figura 2 Características Técnica del sensor DHT22.....	14
Figura 3 Configuración PLC en Tía Portal.	28
Figura 4 Fase de la Metodología de Prototipado.	36
Figura 5 Conexión de los sensores para el envío de parámetros.....	42
Figura 6 Modelo entidad-relación.....	44
Figura 7 Página principal del Sistema Web	45
Figura 8 Pantalla Principal de Tía Portal.....	45
Figura 9 Conexión a la base de datos.....	46
Figura 10 Código de envío de parámetros a la base de datos	47
Figura 11 Recepción de parámetros obtenidos por medio de PHP	48
Figura 12 Código de configuración de TIA PORTAL – PLC.....	49
Figura 13 Configuración de Tía Portal - Corriente y Nivel de agua.	50
Figura 14 Configuración de Variables en PLC	51
Figura 15 Programación de Horarios en PLC Tía Portal.	52
Figura 16 Configuración de las variables obtenidas por medio de los Sensores.	52
Figura 17 Consola del Arduino IDE.....	53
Figura 18 Página de visualización de datos.....	54
Figura 19 Visualización del PLC en Tía Portal.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipo de riego automatizado.....	9
Tabla 2 Ventajas del Riego Automatizado	11
Tabla 3 Características Técnicas del DHT22	15
Tabla 4 Comparación de Sensores de Temperatura y Humedad.....	15
Tabla 5 Funcionamiento del sensor YF-S201.	16
Tabla 6 Características Técnicas del sensor ACS712.	20
Tabla 7 Comparativas de sensores de corriente.	20
Tabla 8 Ventajas y características del Framework Slim	26
Tabla 9 Ventajas de PLC.	30
Tabla 10 Objetivo de la fase de Análisis de la metodología Prototipado.	37
Tabla 11 Sensores para la recolección de datos.	38
Tabla 12 Requerimientos Funcionales de Sistema Web.....	39
Tabla 13 Requerimientos no Funcionales.....	40
Tabla 14 Planificación de recursos.	40

RESUMEN

El trabajo presentado se enfoca en diseñar un sistema de control y monitoreo para el riego por bombeo eléctrico en cultivos de arroz en Daule, Ecuador. El objetivo principal es desarrollar una solución tecnológica que mejore la eficiencia y sostenibilidad de la producción de arroz, optimizando el uso de agua y energía, recursos críticos en la agricultura. El sistema propuesto integra sensores de humedad del suelo, medidores de temperatura ambiente y dispositivos de medición de energía eléctrica. Estos componentes están conectados a una plataforma de control centralizada que permite la recopilación continua de datos en tiempo real. Esta recopilación es esencial para comprender mejor las condiciones del suelo y el ambiente, facilitando decisiones informadas sobre la gestión del riego. Además, el sistema permite el control activo de los parámetros de riego, permitiendo a los usuarios ajustar y optimizar el uso del agua y la energía según las necesidades específicas de los cultivos en diferentes etapas de crecimiento. Esta capacidad de ajuste dinámico es clave para minimizar el desperdicio de recursos y maximizar la productividad agrícola. Se realizarán pruebas basadas en simulación para evaluar la efectividad del sistema en términos de ahorro de recursos y aumento de productividad. Los resultados proporcionarán una base sólida para la implementación y escalabilidad de esta tecnología en otras regiones agrícolas con necesidades similares. En última instancia, este trabajo busca contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, beneficiando a los agricultores al mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de sus operaciones, y teniendo un impacto positivo en el medio ambiente al reducir el consumo de recursos naturales.

Palabras Claves: Riego automatizado, eficiencia hídrica, sensor de humedad, energía eléctrica, agricultura sostenible, control centralizado, optimización de recursos, productividad agrícola.

ABSTRACT

The presented work focuses on designing a control and monitoring system for electric pumping irrigation in rice crops in Daule, Ecuador. The main objective is to develop a technological solution that improves the efficiency and sustainability of rice production, optimizing the use of water and energy, critical resources in agriculture. The proposed system integrates soil moisture sensors, ambient temperature meters, and electrical energy measurement devices. These components are connected to a centralized control platform that allows continuous data collection in real time. This collection is essential to better understand soil and environmental conditions, facilitating informed decisions about irrigation management. In addition, the system allows active control of irrigation parameters, allowing users to adjust and optimize water and energy use according to the specific needs of crops at different growth stages. This dynamic adjustment capability is key to minimizing resource waste and maximizing agricultural productivity. Simulation-based tests will be performed to evaluate the effectiveness of the system in terms of resource savings and productivity increases. The results will provide a solid foundation for the implementation and scalability of this technology in other agricultural regions with similar needs.

Keywords: Automated irrigation, water efficiency, humidity sensor, electric energy, sustainable agriculture, centralized control, resource optimization, agricultural productivity.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1 Introducción

Para maximizar la eficiencia hidrodinámica y aumentar la productividad agrícola, es imprescindible un sistema de control y seguimiento del riego de los arroceros de Daule mediante bombas eléctricas. Este tipo de sistemas automatizados permiten un control preciso y en tiempo real sobre las condiciones del riego, lo cual es necesario para el cultivo del espárrago, que requiere un manejo cuidadoso del agua.

Los sistemas de gestión de datos climáticos basados en IoT han demostrado ser exitosos en maximizar el uso del agua a escala global. Enfocándose en la productividad agraria y disminuyendo el desperdicio agua, estos sistemas facilitan la adaptación de los programas de riego a las condiciones climáticas y del suelo. Al ajustar el riego en tiempo real en función de la humedad del suelo y las predicciones meteorológicas, los controladores inteligentes de riego han demostrado una capacidad significativa para conservar el agua en los Estados Unidos (Li et al., 2019).

En algunas regiones, en agricultura sostenible, se ha implementado un enfoque integrado para mejorar la gestión de los recursos hídricos y atenuar los efectos del cambio climático. La mejora del riego por tecnologías de goteo y aspersores, como los sistemas de control automatizados y los sensores de humedad, ha demostrado ser esencial para aumentar el rendimiento de los cultivos y reducir la contaminación. Tanto que incrementan la eficacia del riego, estos sistemas posibilitan la aplicación específica de pesticidas y fertilizantes, reduciendo su impacto sobre el medio ambiente.

En Ecuador, durante los últimos años, la creación y aplicación de sistemas de riego automatizados ha sido prioridad, sobre todo en la mejora de la eficiencia agraria y la gestión de recursos hídricos.

El diseño de un sistema de riego automatizado mediante Arduino es uno de los proyectos destacados en este campo, para cultivar fresas en la parroquia de Huachi Grande. Basado en las necesidades reales de las plantas, este sistema utiliza sensores para monitorear parámetros ambientales como el contenido de humedad del suelo y la temperatura, lo que permite un riego preciso y eficiente. El proyecto mostró un gran nivel de interés por parte de los agricultores locales, lo que demuestra su potencial para una adopción más amplia (Gavilanes, 2022).

Mejorando la sostenibilidad y eficacia en el uso del agua, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha estado impulsando la adopción de tecnologías de riego tecnificado en nivel institucional. Estos esfuerzos están en consonancia con las metas nacionales de preservación y uso racional de los recursos naturales, que también ayudan a mejorar la seguridad alimentaria y mitigar el cambio climático.

Según Abad et al. (2023), muchas aplicaciones agrícolas han demostrado la efectividad de la implementación de sistemas de control y monitoreo basados en tecnologías de Internet de las Cosas y PLC (Controller Logical Programmable). Por ejemplo, estos sistemas permiten recopilar datos en tiempo real sobre la temperatura, el flujo de agua y la humedad del suelo, facilitando tomar decisiones informadas y optimizar el uso de recursos hídricos.

Los usos de estas tecnologías en la agricultura son cada vez más comunes por las ventajas en ahorro de agua, aumento de la productividad y sostenibilidad ambiental. La modernización de los sistemas de riego con el uso de bombas eléctricas controladas de forma autónoma puede suponer avances en la competitividad y sostenibilidad del sector arrocero.

1.2. Definición del problema

Arreaga (2020), manifiesta que una de las prácticas agronómicas más cruciales para la producción de cultivos de arroz es el riego eficiente. Los

desafíos que presentan los métodos tradicionales de riego incluyen el uso ineficiente de recursos hídricos y energéticos, la falta de precisión en el suministro de agua y la incapacidad de adaptarse a las condiciones climáticas y del suelo en tiempo real. Estos problemas no solo afectan la productividad de los cultivos, sino que también aumentan los costos operativos y contribuyen a la degradación ambiental.

Como la agricultura considera la sostenibilidad y la eficiencia como prioridades, es crucial desarrollar sistemas que optimicen el uso del agua y la energía en el cultivo de riego. Es una solución factible y necesaria el uso de bombas eléctricas para construir un sistema automatizado de gestión y seguimiento del riego de los cultivos de arroz. El dispositivo podría ser capaz de:

- **Optimizar el uso del agua:** es posible mejorar la eficiencia del riego y disminuir el desperdicio de agua al utilizarla según las necesidades de los cultivos y las condiciones del suelo.
- **Reducción del consumo de energía:** al utilizar bombas eléctricas controladas automáticamente, se puede minimizar el consumo de energía, lo que se traduce en una disminución de los costos operativos.
- **Monitoreo en tiempo real:** la capacidad de monitorear continuamente las condiciones del suelo y el clima permite realizar ajustes rápidos en el riego, asegurando que los cultivos reciban la cantidad ideal de agua en todo momento.
- **Ganar Productividad:** al brindar condiciones ideales para el cultivo, un riego más preciso y eficiente puede incrementar la producción de arroz.

1.2.1. Problemas específicos a resolver

- **Ineficiencia en el uso del agua y la energía:** los métodos de riego tradicionales no permiten un control preciso, lo que resulta en un uso excesivo o insuficiente de los recursos energéticos.
- **Falta de adaptabilidad a las condiciones cambiantes:** las técnicas de riego convencionales no pueden adaptarse automáticamente a los

cambios en las condiciones climáticas y del suelo, lo que puede conducir a un riego inadecuado.

- **Restricciones a la supervisión y gestión:** la falta de sistemas de monitoreo en tiempo real dificulta la toma de decisiones oportunas e informadas, lo que impacta en la salud de los cultivos y la eficiencia del riego.
- **Altos costes operativos:** el mal uso de recursos y la necesidad constante de intervención manual (Gavilánez, Barzola, Falconi, & Loqui, 2021).

1.3. Justificación del problema

Una buena parte de la población global depende del alimento básico, lo que hace que el cultivo de arroz se convierta en una de las actividades agrarias más importantes en muchas partes del planeta. El riego debe ser eficiente para aumentar la producción y asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos. Desafortunadamente, los métodos tradicionales de riego pueden conducir a la ineficiencia, lo que disminuye la productividad y hace que se desperdicie agua.

Tal como están las cosas, el riego en Daule tiene desafíos significativos por el uso ineficiente de la energía y el agua, lo que lleva al agotamiento de recursos y a altos costos operativos. Estas prácticas podrían transformarse mediante la implementación de un sistema automatizado de control y monitoreo que proporcione datos precisos en tiempo real sobre la humectilidad del suelo y las condiciones ambientales. Los agricultores lograrán tomar decisiones informadas y optimizar el uso del agua y la energía, eso que mejorará la productividad y disminuirá el desperdicio.

Además, este sistema tiene el potencial de mejorar significativamente la sostenibilidad ambiental. La reducción del uso excesivo de agua y energía también alivia la presión sobre la disponibilidad de recursos naturales y fomenta prácticas agrícolas más sostenibles. La capacidad de ajustar dinámicamente los parámetros del riego también puede adaptarse a las

condiciones climáticas cambiantes, lo cual es importante en un entorno de cambio climático.

Desde una perspectiva económica, un sistema de aparejo automatizado puede reducir los costos operativos a largo plazo, aumentando la rentabilidad de los agricultores. Las inversiones tecnológicas iniciales se compensan con ahorros en recursos y aumentos en la productividad.

Finalmente, el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles a nivel mundial podría ser facilitado por el éxito de este sistema en Daule, esto que lo podría emplear como modelo para otras áreas agrarias con necesidades similares y promover la adopción de tecnologías avanzadas en la agricultura.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control y monitoreo para el riego por bombeo eléctrico en los cultivos de arroz en Daule que optimice el uso de agua y energía, mejore la productividad y promueva prácticas agrícolas sostenibles.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir los sistemas actuales de riego utilizados en los cultivos de arroz en Daule, identificando sus limitaciones.
- Diseñar un prototipo del sistema control y monitoreo que regule el bombeo eléctrico de agua para el riego de cultivos de arroz en Daule, considerando variables como la humedad del suelo, la temperatura ambiente y la demanda hídrica de los cultivos.
- Elaborar un código de control basado en PLC que optimice el uso de recursos hídricos mediante la programación de horarios y caudales de riego adecuados para diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz.
- Simular el comportamiento del sistema desarrollado en condiciones variables de cultivo y ambiente, utilizando software TIA PORTAL, para evaluar su eficacia y robustez ante escenarios realistas y extremos.

1.5. Hipótesis

- La implementación de un sistema de control y monitoreo automatizado que integre la monitorización de la corriente eléctrica, el nivel del agua, la temperatura, la humedad y el caudal del agua reducirá significativamente el consumo de agua en los cultivos de arroz en comparación con los métodos de riego tradicionales, optimizando el rendimiento del sistema y promoviendo una gestión más sostenible de los recursos agrícolas.

1.6. Metodología de investigación

La metodología de investigación utilizada en el presente proyecto es descriptiva, ya que se centra en la obtención de parámetros mediante sensores de temperatura, humedad, corriente y nivel del agua, con el envío de datos a través de un módulo de transferencia inalámbrica. Esta metodología se considera analítica porque implica la recolección sistemática y el análisis detallado de datos para entender las variables. La transferencia de datos se enmarca dentro de los estándares IEEE, específicamente el IEEE 1451, que trata sobre la interoperabilidad de sensores y actuadores inteligentes, y el IEEE 802.15.4, adecuado para la comunicación inalámbrica de baja tasa de datos, lo que garantiza la integridad y precisión de los datos transmitidos.

Se utiliza una metodología empírica porque se basa en la observación y medición directa de los parámetros ambientales, permitiendo la validación de hipótesis mediante datos concretos y precisos. Además, este enfoque es preexperimental debido a la falta de control completo sobre las variables externas y a que se trata de una exploración inicial del fenómeno, antes de realizar estudios más rigurosos y controlados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de Riego Automatizado

Se trata de un sistema de riego por goteo que suministra agua de forma automática a las plantas y suele utilizar aspersion o goteo. Existen sistemas automatizados de riego que combinan tanto la aspersion como el goteo, lo que permite combinar las ventajas de ambas técnicas (Maher Electrónica, 2019).

Los sistemas automáticos de gestión de grietas se han convertido en poderosos aliados para cultivos y granjas. Adicionalmente, la tecnología se enfrenada en un proceso constante de progreso y novedades para un uso más eficiente, debido a los últimos avances e innovaciones (Cortes & Vargas, 2021).

La automatización en los sistemas de riego representa un avance significativo en la gestión agrícola moderna. La incorporación de tecnologías avanzadas no solo optimiza el uso del agua, sino que también mejora la eficiencia y productividad de las cosechas (agForest, 2023).

Aunque la implementación de sistemas de riego automatizados implica ciertos costos y desafíos, los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia hídrica, ahorro de costos y mejora de la productividad agrícola son innegables. La adopción de estas tecnologías representa un paso importante hacia una agricultura más sostenible y eficiente.

2.1.1. Tipos de Sistemas de Riego

A continuación, en la Tabla 1 se detallarán los tipos de sistemas de riego, con sus ventajas y desventajas en base a la implementación en la agricultura:

Tabla 1*Tipo de riego automatizado*

Tipo de riego	Definición	Ventajas	Desventajas
Riego por Gravedad	Es uno de los métodos más antiguos y comunes de irrigación. En un sistema automatizado, el agua se distribuye sobre la superficie del suelo y se deja fluir hacia las plantas utilizando la pendiente del terreno.	<ul style="list-style-type: none">- Bajo costo de instalación y mantenimiento.- Fácil de implementar en terrenos con pendiente natural.- No requiere equipos tecnológicos complejos.	<ul style="list-style-type: none">- Ineficiencia en el uso del agua debido a la evaporación y la infiltración profunda.- Riesgo de erosión del suelo.- Difícil de controlar y distribuir.
Riego por aspersión	El riego por aspersión utiliza una red de tuberías y rociadores para distribuir el agua de manera uniforme, imitando la lluvia natural. Este sistema puede ser estacionario o portátil, y se adapta a diferentes tipos de cultivos y terrenos.	<ul style="list-style-type: none">- Distribución uniforme del agua.- Adaptable a terrenos irregulares.- Reducción de los daños del suelo.	<ul style="list-style-type: none">- Pérdidas de agua debido a la evaporación y el viento.- Mayor costo de instalación y operación.

Riego por goteo	El riego por goteo es un sistema de alta eficiencia que suministra agua directamente a la zona radicular de las plantas a través de una red de tuberías, mangueras y emisores. Este método es ideal para cultivos de alta densidad y valor.	Alta eficiencia en el uso del agua, con mínima pérdida por evaporación y escorrentía. Permite una aplicación precisa de fertilizantes junto con el agua de riego. Reduce el crecimiento de malezas al limitar la humedad a la zona radicular	Alto costo de instalación y mantenimiento. Requiere una filtración adecuada del agua para evitar la obstrucción de los emisores. Necesidad de monitoreo y mantenimiento regular.
------------------------	---	--	--

Nota: Se visualiza los tipos de sistema de riego automatizado. Elaboración propia, la fuente corresponde a (Valverde et al., 2022).

Cada tipo de sistema riego tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del adecuado depende de una serie de factores, como el tipo de cultivo, las condiciones del suelo, la disponibilidad de agua y los recursos financieros disponibles. La mejora de la productividad agrícola y la promoción de la sostenibilidad en el uso de los recursos hidrocarburíferos requieren la adopción de un sistema riego eficiente.

2.1.2. Ventajas del Riego Automatizado

La automatización en los sistemas de riego ha revolucionado la forma en que se gestionan los recursos hídricos en la agricultura. Utilizando tecnologías avanzadas, estos sistemas permiten un control preciso y eficiente del agua, adaptándose a las necesidades específicas de cada cultivo y condición climática (Quispe, 2018). La automatización no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también tiene un impacto significativo en la

sostenibilidad ambiental y la productividad agrícola. En la Tabla 2 que se encuentra a continuación, se detallan las principales ventajas del riego automatizado:

Tabla 2

Ventajas del Riego Automatizado

Ventajas del riego automatizado	Definición
Eficiencia en el uso del agua.	Los sistemas de riego automatizado permiten una distribución precisa del agua, minimizando las pérdidas por evaporación y escorrentía.
Ahorro de tiempo y mano de obra.	La automatización del riego reduce significativamente la necesidad de supervisión y trabajo manual. Los agricultores pueden programar los sistemas para regar automáticamente, lo que les permite enfocarse en otras tareas importantes en la gestión de sus cultivos.
Mejora en la productividad.	Al proporcionar agua de manera uniforme y adecuada a las plantas, los sistemas automatizados contribuyen a un crecimiento más saludable y consistente. Esto se traduce en un aumento en la calidad y cantidad de la producción agrícola.
Adaptabilidad y personalización.	Los sensores y controles avanzados permiten adaptarse a cambios en el clima y otros factores ambientales, asegurando un riego óptimo en todo momento.
Mejora en la salud del suelo.	Al evitar el exceso de riego y la acumulación de agua, se reduce el riesgo de enfermedades en las plantas y la compactación del suelo.
Aplicación eficiente de	Muchos sistemas de riego automatizado permiten la incorporación de fertilizantes y otros nutrientes en el agua de riego. Esto asegura una distribución uniforme

fertilizantes y nutrientes.	y precisa de estos insumos, mejorando la eficiencia en su uso y promoviendo un crecimiento óptimo de los cultivos.
Monitoreo y control remoto.	Con la integración de tecnologías IoT, se puede monitorear y controlar a distancia mediante dispositivos móviles o computadoras. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas y realizar ajustes en tiempo real, incluso cuando no están físicamente presentes en el campo.
Sostenibilidad ambiental.	Al reducir el consumo de agua y minimizar el impacto negativo en el suelo y los ecosistemas circundantes, los sistemas de riego automatizado contribuyen a prácticas agrícolas más sostenibles.

Nota: Se muestra las ventajas del riego automatizado. Elaboración propia, la fuente corresponde a (Lozano & Rubio, 2023).

La implementación de sistemas de riego automatizado ofrece numerosas ventajas que van desde el ahorro de recursos y la mejora en la productividad, hasta la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes. Estas ventajas hacen que la automatización sea una inversión valiosa para los agricultores que buscan optimizar sus operaciones y maximizar sus rendimientos (Lozano & Rubio, 2023).

2.2. Sensores Utilizados en el Proyecto

En el presente proyecto de desarrollo, se han empleado varios sensores para monitorear diferentes variables y asegurar el correcto funcionamiento del sistema. A continuación, se describen los sensores utilizados:

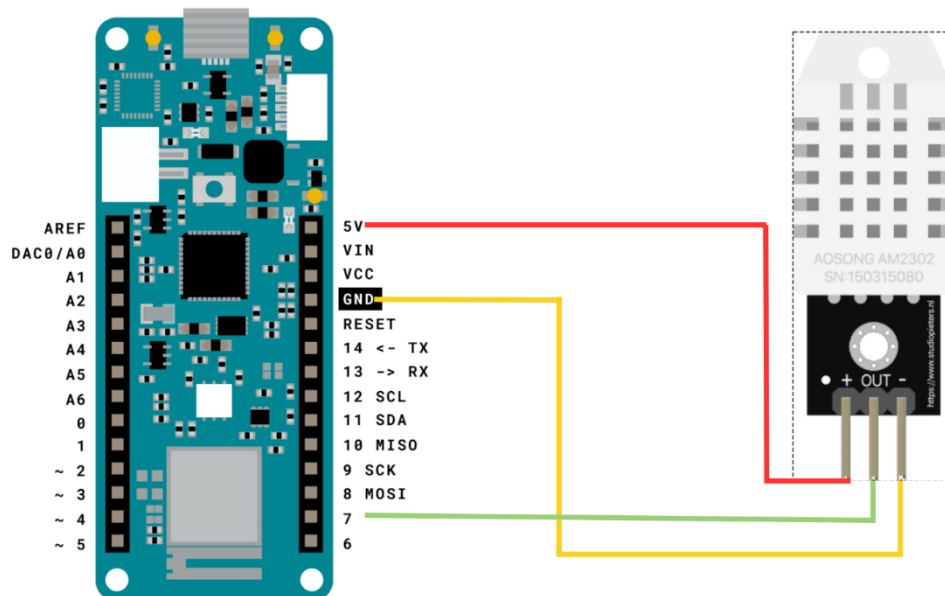
2.2.1. Sensor de Humedad y Temperatura DHT22

El DHT22 también conocido como AM2302, es un sensor digital que permite la medición simultánea de la temperatura y la humedad ambiente.

Como se puede observar en la Figura 1, se utiliza una resistencia para medir la temperatura, mientras que un sensor capacitivo se utiliza para medir la humedad. Tiene pequeñas dimensiones y tres pines: Vcc, Output y Gnd, que representan alimentación de sensores, transmisión de datos y toma de suelo, respectivamente (Rhoton, 2020).

Figura 1

Sensor DHT22



Nota: Se muestra el sensor DHT22 y su respectiva conexión. Fuente: (Project Hub, 2024).

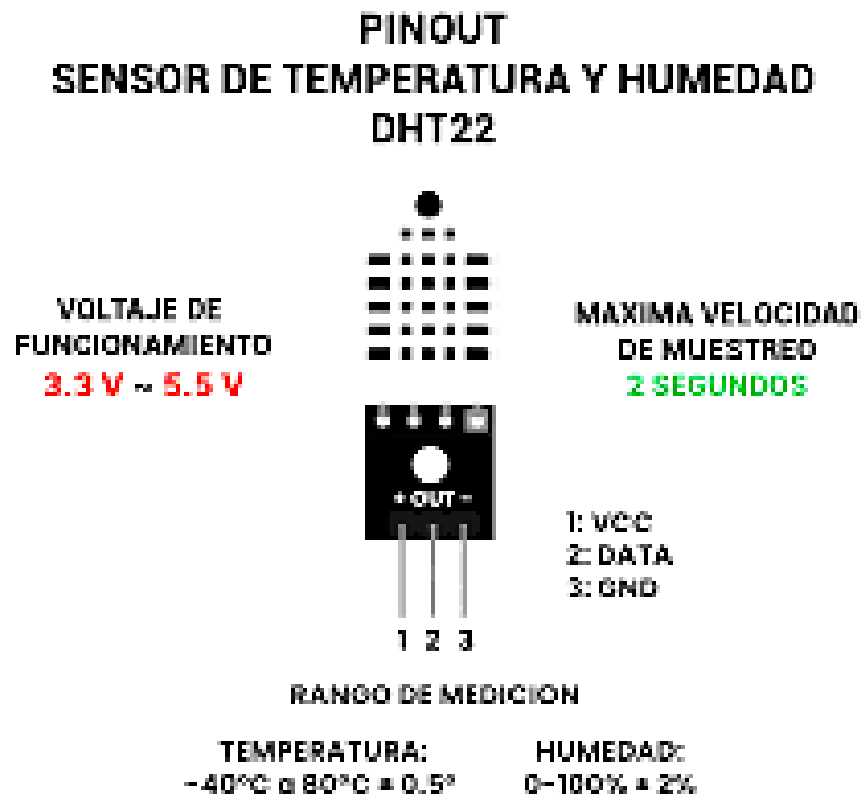
2.2.1.1. Características técnicas.

El sensor puede medir temperatura dentro del rango de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y humedad dentro del rango de 0% a 100%. La resolución de ambos parámetros satisface los requisitos para las pruebas de concepto. Incluso después de tener en cuenta la precisión y el histograma que muestran las lecturas de humedad, el DHT22 es un sensor adecuado para registrar mediciones ambientales en el prototipo del proyecto (Rhoton, 2020).

En la Figura 2 se muestran las características técnicas de sensor DHT22.

Figura 2

Características Técnica del sensor DHT22.



Nota: Se muestra las características principales del Sensor DHT22. Fuente: (Quintanar & Quintanar, 2018).

Otra cosa a tener en cuenta es que la frecuencia máxima de muestreo del DHT22 es de 0,5 Hz. Esto implica que los datos tendrán dos segundos de anomalía. Esto no supone un problema, porque se necesitan minutos o incluso horas para alterar notablemente la temperatura y la humedad en los campos de cultivo en lugar de cambiar repentinamente de un segundo a otro. Como se muestra en la Tabla 3 que está a continuación, se mencionan las características técnicas del DHT22.

Tabla 3*Características Técnicas del DHT22*

Parámetro	Humedad (%HR)	Temperatura (°C)
Rango de medida	0 a 100	-40 a 80
Precisión	De $\pm 2,0$ a $\pm 5,0$	$\pm 0,5$
Resolución	0,1	0,1
Histéresis	$\pm 0,3$	-

Nota: Se especifica las características técnicas que mantiene un sensor DHT22. Fuente: (Gutiérrez, 2023).

2.2.1.2. Comparación con otros sensores de humedad y temperatura.

En el ámbito de la monitorización ambiental, existen diversos sensores de humedad y temperatura disponibles en el mercado, cada uno con sus propias características, ventajas y desventajas (Balbontín et al., 2011). A continuación, en la Tabla 4, se presenta una comparación entre el sensor DHT22 y otros sensores populares en este campo, como el THERM200, VH400 y SHT10.

Tabla 4*Comparación de Sensores de Temperatura y Humedad.*

	DHT22	THERM200	VH400	SHT10
Rango de medición	de -40 a 80	-40 a 85	-40 a 85	-10 a 80
Tensión de operación	3.3V a 6V DC	de 0 a 3 V	3.0V a 20V DC	2.4V a 5.5V

Nota: Comparativa de Sensores de temperatura y humedad. Fuente: (Fernández, 2018).

2.2.2. Sensor de Flujo de Agua YF-S201

El caudal de agua en tuberías de ½" de diámetro puede ser medido con el sensor YF-S201. El sensor está compuesto por un magnetómetro de efecto Hall y un rotor. Este sensor tiene tres cables: rojo (con una fuente de

alimentación de 5 a 24 VCC), negro (para tierra) y amarillo (para la salida de efecto HALL) (Achiri, 2020).

2.2.2.1. Principios de funcionamiento del sensor YF-S201.

La turbina está vinculada a un imán que activa un sensor de efecto Hall, que emite un pulso eléctrico que puede ser leído por la entrada digital de un Arduino o PLC, cuando el flujo de agua ingresa al sensor (Lopera & Roman, 2019). Observar la Tabla 5 que habla sobre el funcionamiento del censo YF-S2021 y como el sensor de efecto Hall está aislado del agua, permanece seco y seguro siempre. Puedes calcular el número de pulsos por unidad de tiempo (segundo o minuto) y multiplicar el valor del volumen/pulso por el número de pulsos para determinar el caudal, ya que el volumen de agua para cada pulso es fijo y de un valor conocido (promedio) (Inga Ccencho & Sullca Perez, 2023).

Tabla 5

Funcionamiento del sensor YF-S201.

Modelo	YF-S201
Voltaje de operación	5V - 18V DC
Consumo de corriente	15mA (5V)
Capacidad de carga	10mA (5 VDC)
Salida	Onda cuadrada pulsante
Rango de Flujo	1-30L/min
Volumen promedio por pulso	2.25MI
Pulsos por litro	450 34
Factor de conversion	7.5
Rosca externa	1/2" NPS
Presión de trabajo máx	1.75MPa (17 bar)

Temperatura de funcionamiento	-25°C a 80°C
--------------------------------------	--------------

Material	Plástico color negro
-----------------	----------------------

Nota: Se describen las características principales del modelo YF-S201. Fuente: (Muñoz et al., 2019).

2.2.2.2. Importancia en la medición del caudal de agua.

La medición precisa del caudal de agua es crucial en una variedad de aplicaciones industriales, agrícolas y domésticas. El sensor de flujo de agua YF-S201 es esencial para realizar esta tarea de manera eficiente y confiable (Lanza et al., 2012). A continuación, se detalla la importancia de medir el caudal de agua con este sensor y sus aplicaciones principales.

1. Gestión Eficiente del Recurso Hídrico

El agua es un recurso vital y su gestión eficiente es fundamental para la sostenibilidad ambiental. La medición precisa del caudal de agua permite:

- **Optimización del uso del agua:** Conocer el caudal en tiempo real ayuda a evitar el desperdicio de agua, permitiendo un uso más racional y eficiente del recurso (Lerma, 2022).
- **Detección de fugas:** Las desviaciones inesperadas en el caudal pueden indicar la presencia de fugas en el sistema de distribución, permitiendo una intervención rápida para minimizar pérdidas (Lerma, 2022).
- **Planificación y control:** La información precisa sobre el caudal facilita la planificación de la distribución del agua y el control de su consumo en diferentes aplicaciones (Correa et al., 2020).

2. Aplicaciones Industriales

En el ámbito industrial, la medición del caudal de agua es esencial para:

- **Procesos de fabricación:** Muchas industrias utilizan agua en sus procesos de producción. La medición precisa del caudal asegura que se suministre la cantidad adecuada de agua en cada etapa del proceso (Jimenez, 2023).
- **Sistemas de enfriamiento:** En sistemas de enfriamiento por agua, la medición del caudal es crucial para mantener las condiciones óptimas de operación y evitar el sobrecalentamiento de equipos (Jimenez, 2023).
- **Tratamiento de aguas:** En plantas de tratamiento de aguas, la medición del caudal es vital para controlar los procesos de purificación y asegurar la calidad del agua tratada (Jimenez, 2023).

3. Aplicaciones Agrícolas

En la agricultura, el sensor de flujo de agua YF-S201 juega un papel crucial en:

- **Riego de cultivos:** La medición precisa del caudal permite un riego eficiente, asegurando que los cultivos reciban la cantidad adecuada de agua para su crecimiento, sin desperdiciar el recurso (Muñoz & Bustos, 2021).
- **Sistemas de irrigación automatizados:** En sistemas de riego automatizados, la información del caudal es utilizada para ajustar los tiempos y la cantidad de agua suministrada, optimizando el uso del agua y mejorando la productividad agrícola (Muñoz & Bustos, 2021).

4. Aplicaciones Domésticas

En el hogar, el sensor de flujo de agua YF-S201 es útil para:

- **Monitoreo del consumo de agua:** Los usuarios pueden tener un control preciso sobre su consumo de agua, ayudándoles a identificar áreas donde pueden reducir su uso y ahorrar en costos (Fornés, 2021).

- **Detección de fugas:** Al igual que en aplicaciones industriales, en el hogar, la detección temprana de fugas puede prevenir daños mayores y reducir el desperdicio de agua (Fornés, 2021).
- **Automatización de sistemas:** En sistemas domésticos de recolección de agua de lluvia o en sistemas de filtración, la medición del caudal asegura que el sistema funcione correctamente y de manera eficiente (Fornés, 2021).

El sensor de flujo de agua YF-S201 es una herramienta esencial para la medición precisa del caudal de agua en diversas aplicaciones. Su capacidad para proporcionar datos en tiempo real sobre el flujo de agua permite una gestión más eficiente del recurso, mejora la sostenibilidad ambiental y optimiza procesos industriales, agrícolas y domésticos. La implementación de este sensor no solo contribuye a la conservación del agua, sino que también mejora la eficiencia operativa y reduce costos a largo plazo (León & Macancela, 2024).

2.2.3. Comparación con otros sensores de flujo

2.2.3.1. Sensor de Corriente ACS712.

El ACS712 es un sensor de corriente que proporciona una solución financieramente viable para medir corriente. Utiliza un sensor de efecto Hall interno para determinar el campo magnético generado por la corriente circulante del circuito. Este sensor tiene una salida de voltaje proporcional a la corriente, y están disponibles varias variaciones, como el ACS712-05A, 18 ACS712-20A y ACS712-30A, que son adecuados para medir corrientes de 5, 20 y 30 amperios (Barahona & Vera, 2024).

2.2.3.2. Funcionamiento y características.

El ACS712 suele estar ubicado en módulos, lo que simplifica su conexión. Además de tener un terminal para conectar a la línea deseada, estos módulos también cuentan con tres pines: dos de alimentación y uno de

salida analógica. Esta configuración facilita la integración en muchas aplicaciones (Cachaguay, 2023).

Se muestra en la Tabla 6 las características técnicas del sensor ACS712.

Tabla 6

Características Técnicas del sensor ACS712.

Modelo	Rango	Sensibilidad
ACS712ELCTR-05B-T	-5 a 5 A	185 mV/A
ACS712ELCTR-20A-T	-20 a 20 A	100 mV/A
ACS712ELCTR-30A-T	-30 a 30 A	66 mv/A

Nota: Se especifica las características técnicas del sensor ACS712. La elaboración es propia y la fuente corresponde a (Cevallos & Rubio, 2021).

2.2.3.3. Comparación con otros sensores de corriente.

En la Tabla 7 se puede observar las comparativas de sensores de corriente, el sensor de corriente ACS712 es popular por su capacidad de medir corrientes de manera precisa y su facilidad de uso. A continuación, presento un cuadro comparativo del ACS712 respecto a otros sensores de corriente comunes, considerando características clave como el rango de medición, precisión, tipo de salida y voltaje de alimentación:

Tabla 7

Comparativas de sensores de corriente.

Características	ACS712	INA219	SCT-013	Allegro ACS758
Rango de medición	-5A a +5A, -20A a +20A, -30A a +30A	0 a 3.2A	0 a 100A (dependiendo del modelo)	-50A a +50A, 100A a +100A, 150A a +150A

Precisión	$\pm 1.5\%$ (a $\pm 1\%$ 25°C)	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
Tipo de salida	Analógica	Digital (I2C)	Analógica	Analógica
Voltaje de alimentación	5V	3.0V a 5.5V	No requiere alimentación (salida en voltaje)	3.0V a 5.0V
Temperatura de operación	-40°C a +85°C	-40°C a +85°C	-25°C a +85°C	-40°C a +125°C
Protección contra sobrecarga	Sí, limitada	No	Sí, por diseño (transformador)	Sí, limitada
Tamaño	Compacto	Compacto	Mayor (por diseño de transformador)	Compacto
Frecuencia de respuesta	80kHz	12-bit ADC, 1ms de tiempo de conversión	50Hz	120kHz
Costo	Bajo	Medio	Bajo	Alto

Nota: Se visualiza las comparativas del sensor a utilizar en el presente proyecto con otros sensores. Fuente: (Alarcón, 2022).

2.4. Bombas Eléctricas en Sistemas de Riego

Las bombas eléctricas son componentes cruciales en los sistemas de riego, ya que facilitan el transporte y distribución del agua desde la fuente de suministro hasta los puntos de aplicación en los cultivos (Pérez, 2024). A continuación, se presenta una descripción detallada de las bombas eléctricas en sistemas de riego, su importancia, tipos y consideraciones para su selección e implementación.

- **Importancia de las Bombas Eléctricas en Sistemas de Riego**

- 1- **Eficiencia en la Distribución de Agua:** Las bombas eléctricas permiten un flujo constante y controlado de agua, asegurando que los cultivos reciban la cantidad necesaria de agua en el momento adecuado. Esto es esencial para el crecimiento y la productividad de los cultivos (Pérez, 2024).
- 2- **Automatización y Control:** Integradas con sistemas de control automatizado, las bombas eléctricas pueden ser programadas para funcionar en horarios específicos, optimizando el uso del agua y reduciendo el trabajo manual (Pérez, 2024).
- 3- **Adaptabilidad:** Estas bombas son adecuadas para una amplia variedad de fuentes de agua, incluyendo pozos, ríos, lagos y tanques de almacenamiento, lo que las hace versátiles para diferentes configuraciones de riego (Pérez, 2024).
- 4- **Consistencia y Fiabilidad:** Las bombas eléctricas proporcionan un rendimiento consistente y fiable, con menos interrupciones en comparación con las bombas manuales o de combustible (Pérez, 2024).

- **Tipos de Bombas Eléctricas para Riego**

- 1- **Bombas Centrífugas**

- **Funcionamiento:** Utilizan un impulsor rotativo para mover el agua.
 - **Aplicaciones:** Adecuadas para mover grandes volúmenes de agua a baja presión, típicamente usadas en riego por inundación y aspersión (Bermeo & Silva, 2022).
 - **Ventajas:** Eficiencia energética y facilidad de mantenimiento.

- 2- **Bombas de Diafragma**

- **Funcionamiento:** Utilizan un diafragma que se mueve hacia adelante y hacia atrás para crear un flujo de agua.
 - **Aplicaciones:** Ideales para aplicaciones que requieren alta presión, como el riego por goteo.
 - **Ventajas:** Capacidad para manejar aguas con sólidos en suspensión y resistencia a la obstrucción.

- 3- **Bombas Sumergibles**

- **Funcionamiento:** Se instalan dentro de la fuente de agua, sumergidas bajo el nivel del agua.
 - **Aplicaciones:** Usadas principalmente en pozos profundos y cisternas.
 - **Ventajas:** Silenciosas y eficaces en la extracción de agua desde grandes profundidades.

- 4- **Bombas de Tornillo**

- **Funcionamiento:** Utilizan un tornillo helicoidal para mover el agua.

- **Aplicaciones:** Adecuadas para aplicaciones donde se requiere un flujo constante a alta presión.
- **Ventajas:** Pueden manejar líquidos viscosos y con sólidos en suspensión.

2.5. Consideraciones para la Selección e Implementación

- **Capacidad de Bombeo:** Determinar la capacidad de bombeo necesaria, medida en litros por minuto (LPM) o galones por minuto (GPM), basada en el tamaño del área a regar y la demanda de agua de los cultivos (Guarachi, 2021).
- **Altura Manométrica:** Evaluar la altura total desde la fuente de agua hasta el punto más alto de riego, conocida como altura manométrica, para seleccionar una bomba con la potencia adecuada (Guarachi, 2021).
- **Fuente de Energía:** Asegurar una fuente de energía eléctrica estable y considerar el consumo de energía de la bomba para la eficiencia operativa y los costos (Guarachi, 2021).
- **Calidad del Agua:** Analizar la calidad del agua, incluyendo la presencia de sólidos y la química del agua, para seleccionar una bomba que sea resistente a la corrosión y adecuada para las condiciones del agua (Guarachi, 2021).
- **Automatización y Control:** Integrar la bomba con sistemas de control automatizados, sensores y válvulas para optimizar el riego y reducir el consumo de agua (Guarachi, 2021).
- **Mantenimiento y Soporte Técnico:** Seleccionar una bomba que sea fácil de mantener y que cuente con soporte técnico adecuado y disponibilidad de repuestos (Guarachi, 2021).

2.5.1. Tipos de bombas eléctricas.

Las bombas eléctricas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo sistemas de riego, suministro de agua potable, drenaje y procesos industriales (Guerrero et al., 2022). A continuación, se describen los tipos más comunes de bombas eléctricas, sus características y aplicaciones típicas.

- **Bombas centrífugas.** Las bombas centrífugas utilizan un impulsor rotativo para mover el agua o el fluido. Al girar, el impulsor genera una fuerza centrífuga que empuja el agua hacia el exterior, creando un flujo continuo (Paytan, 2023).
- **Bombas sumergibles.** Estas bombas están diseñadas para ser colocadas bajo el agua. Son herméticas y están protegidas contra la corrosión (Paytan, 2023).
- **Bombas de diafragmas.** Utilizan un diafragma que se mueve hacia adelante y hacia atrás para crear un flujo de agua. Son ideales para aplicaciones que requieren manejo de líquidos con sólidos (Paytan, 2023).

2.6. Descripción del software TIA Portal.

Tía Portal nos permite utilizar e integrar procesos productivos dentro de una misma interfaz, lo que facilita el aprendizaje, así como la conexión y control de uno o más procesos industriales. Tía Portal permite trabajar con varios controladores, junto con configuraciones de paneles tipo HMI y otras características (Clavitea & Vilca, 2022).

2.7. Desarrollo del Sistema Web

2.7.1. Framework Slim

Slim Framework es un micro Framework que facilita la creación rápida de aplicaciones Webs y APIs en línea mínima pero funcionales. El núcleo de un Slim es un despachador que recibe una solicitud HTTP, invoca una solicitud

de devolución y devuelve una respuesta HTTP. Slim es un micro rápido con facilidad de leer y entender, desarrolla aplicaciones que necesitan consumir, reutilizar o publicar datos, es decir permite realizar de forma rápida y sencilla servicios web como Rest (Suárez, 2017).

2.7.1.1. Ventajas y características del Framework Slim.

Slim es un micro Framework para PHP que facilita la creación de aplicaciones web y APIs RESTful de manera rápida y eficiente. Aunque es ligero en comparación con otros Frameworks más grandes como Laravel o Symfony, Slim ofrece una serie de características y ventajas que lo hacen una opción popular entre los desarrolladores (Reyes, 2022). A continuación, en la Tabla 8 se describen las principales ventajas y características del framework Slim.

Tabla 8

Ventajas y características del Framework Slim

Ventajas	Características
Permite un rápido desarrollo, ya que en su mayoría los framework cuentan con herramientas en línea lo cual permite generar códigos y optimizar el tiempo de desarrollo.	No es necesario manipular sesiones o URL, el marco está diseñado de forma automatizada.
Brinda aplicaciones seguras, ya que cuentan con múltiples desarrolladores que permiten solucionar o corregir errores inmediatamente.	Integración para el acceso de datos, herramientas e interfaces.
Son de fácil mantenimiento por contar con estructuras de programación intuitiva, facilitando la realización de tareas como leer, mantener y desarrollar.	Proporcionan un grupo de controladores para la administración de eventos, permitiendo adaptabilidad a las necesidades de los proyectos.

Nota: Se muestran las ventajas y características del Framework Slim. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

2.8. Principios de diseño responsivo.

2.8.1. Beneficios de Bootstrap5 en el desarrollo web.

Bootstrap5 es un framework desarrollado por librerías de software libre, el cual en el desarrollo de páginas webs adaptables, brinda a los desarrolladores de software beneficios tales como exponer contenido de páginas web en distintos dispositivos móviles o de escritorio con un solo código, al ser una multiplataforma con un sinnúmero de bibliotecas permite realizar diseños profesionales y adaptables para la presentación de páginas web.

Entre otros beneficios, el Bootstrap puede mejorar notoriamente las proporciones de los CSS de interfaces de usuarios, ayudando así a tener una experiencia agradable y por el incremento de las interacciones de esta desde cualquier sitio.

2.9. Base de Datos MySQL

Es un sistema de base de datos gratuito con código de fuente abierta, adaptable para usuarios novatos y más simple que otros sistemas; es un SGBDR muy conocido y ampliamente utilizado en servidores de internet.

Un factor que contribuye a su éxito es su facilidad de implementación, mientras que otro es su naturaleza original de código abierto, se elaboró para manejar grandes bases de datos y se ha utilizado en entornos de producciones muy exigentes durante años.

2.10. Fundamentos de la automatización con PLC (Controlador Lógico Programable).

2.10.1. Historia y evolución

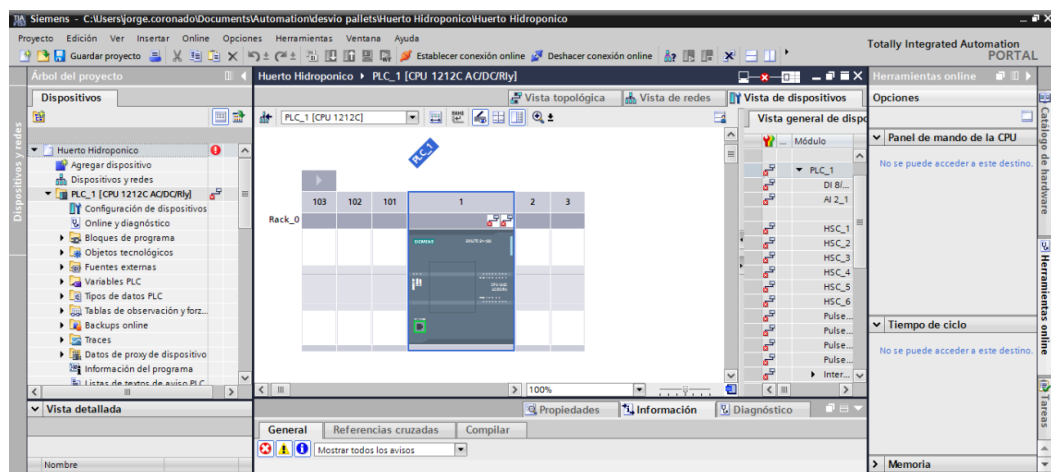
Los PLCs fueron introducidos por primera vez en la industria automotriz durante la década de 1960. El objetivo inicial era reemplazar los sistemas de control basados en relés que eran difíciles de reconfigurar y mantenían elevados costos de mantenimiento. A medida que la tecnología avanzaba, los PLCs evolucionaron para incluir capacidades de comunicación, integración

con sistemas de supervisión (SCADA) y una mayor capacidad de procesamiento. Hoy en día, los PLCs son fundamentales en una amplia gama de aplicaciones industriales, desde la manufactura hasta la automatización de edificios (Suarez, 2024).

2.10.2. Principios básicos de los PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés) es un dispositivo electrónico digital que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones internas. Estas instrucciones permiten la ejecución de funciones específicas como la lógica, la secuencia, el temporizado, el conteo y la aritmética, entre otras. Los PLCs están diseñados para realizar tareas de control en entornos industriales, sustituyendo a los relés electromecánicos tradicionales y ofreciendo mayor flexibilidad, eficiencia y confiabilidad (Belmonte, 2020). A continuación, en la Figura 3, se visualiza la correcta configuración de PLC en Tía Portal.

Figura 3
Configuración PLC en Tía Portal.



Nota: Se visualiza la configuración de PLC en Tía Portal. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Un PLC se compone de varios componentes esenciales: la Unidad Central de Procesamiento (CPU), la memoria, y los módulos de entrada y salida (I/O). La CPU es el cerebro del PLC, ejecutando el programa de control almacenado en la memoria y procesando datos de entrada para generar salidas. La memoria del PLC puede ser volátil (RAM) o no volátil (ROM,

EEPROM), almacenando tanto el programa de usuario como los datos operativos. Los módulos de I/O permiten al PLC interactuar con el entorno externo, recibiendo señales de sensores y actuadores, y enviando comandos a dispositivos controlados (Belmonte, 2020).

El funcionamiento de un PLC se basa en un ciclo continuo conocido como ciclo de escaneo. Durante cada ciclo, el PLC realiza tres operaciones principales: lectura de entradas, ejecución del programa de control y actualización de salidas. Primero, el PLC lee el estado de todas las entradas y las almacena en una imagen de entrada. Luego, ejecuta el programa de control utilizando esta imagen de entrada para determinar las acciones necesarias. Finalmente, actualiza las salidas según los resultados del programa. Este ciclo se repite continuamente, garantizando un control en tiempo real de los procesos industriales (Orbe, 2023).

Los PLCs pueden ser programados utilizando varios lenguajes estándar definidos por la norma IEC 61131-3. Entre los más comunes se encuentran el Diagrama de Escalera (Ladder Diagram, LD), el Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram, FBD), el Lenguaje de Texto Estructurado (Structured Text, ST), y la Lista de Instrucciones (Instruction List, IL). Cada lenguaje tiene sus propias ventajas y se elige según la naturaleza de la aplicación y las preferencias del programador. El Diagrama de Escalera, por ejemplo, es popular por su similitud con los esquemas de relés tradicionales, facilitando la transición de los técnicos acostumbrados a estos sistemas (Gallego, 2020).

Los PLCs se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales debido a su robustez, flexibilidad y capacidad de adaptación. Pueden controlar procesos de manufactura, sistemas de transporte, plantas de tratamiento de agua, y sistemas de automatización de edificios, entre otros. Su capacidad para manejar múltiples entradas y salidas, así como para comunicarse con otros dispositivos y sistemas, los hace ideales para entornos complejos y dinámicos donde la precisión y la confiabilidad son cruciales (Gallego, 2020).

2.10.3. Ventajas de los PLC en la automatización industrial

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) son esenciales en la automatización industrial debido a su capacidad para controlar y supervisar procesos complejos con alta precisión y fiabilidad. En este análisis, se especificarán las ventajas, desventajas y características de los PLCs, destacando su flexibilidad, robustez y capacidad de integración, así como los desafíos y limitaciones que presentan en términos de costo y complejidad. Además, se explorarán las características clave que definen su funcionamiento y su impacto en la eficiencia y seguridad de los sistemas automatizados. A continuación, en la Tabla 9, se especificarán las ventajas, desventajas y características de PLC:

Tabla 9

Ventajas de PLC.

Ventajas	Descripción
Flexible y programable	Los PLCs son altamente flexibles y programables, lo que permite modificar fácilmente los programas de control para adaptarse a nuevos requisitos o cambios en el proceso. Esta flexibilidad reduce el tiempo y el costo asociados con las modificaciones del sistema.
Fiable y robusto	Los PLCs están diseñados para operar en entornos industriales hostiles, soportando vibraciones, temperaturas extremas, humedad y ruido eléctrico. Su robustez garantiza una operación continua y fiable, minimizando el tiempo de inactividad.
Fácil diagnóstico y mantenimiento	Los PLCs proporcionan herramientas integradas para el diagnóstico y la solución de problemas. Las funciones de autodiagnóstico, registros de fallos y visualización en tiempo real facilitan la identificación y resolución de problemas, lo que reduce el tiempo de mantenimiento.

Integración con otros sistemas	Los PLCs pueden integrarse fácilmente con otros sistemas de automatización y control, como SCADA, MES y ERP. Esta capacidad de integración permite una gestión y supervisión centralizada, mejorando la eficiencia operativa.
Escalabilidad	Los sistemas basados en PLC pueden expandirse o reducirse fácilmente según las necesidades del proceso. La modularidad de los PLCs permite agregar o quitar módulos de entrada y salida sin necesidad de rediseñar todo el sistema de control.

Nota: Se visualizan las ventajas de PLC. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

- **Costo Inicial:** El costo inicial de los PLCs y sus módulos asociados puede ser elevado, especialmente en sistemas complejos con múltiples entradas y salidas. Esto puede ser una barrera para pequeñas empresas o aplicaciones con presupuestos limitados.
- **Complejidad en la Programación:** La programación de PLCs requiere conocimientos especializados en lenguajes específicos como Ladder Logic, FBD, STL y SCL. La curva de aprendizaje puede ser empinada para técnicos e ingenieros sin experiencia previa en programación de PLCs.
- **Dependencia de Proveedores:** Los PLCs a menudo están vinculados a un ecosistema específico de proveedores, lo que puede limitar la flexibilidad en la selección de componentes y aumentar la dependencia de un solo proveedor para soporte y actualizaciones.
- **Capacidad Limitada de Procesamiento:** Aunque los PLCs son potentes para tareas de control, su capacidad de procesamiento puede ser limitada en comparación con sistemas basados en PC. Esto puede ser una desventaja en aplicaciones que requieren un procesamiento intensivo de datos o algoritmos complejos.
- **Actualizaciones y Compatibilidad:** Las actualizaciones de hardware y software pueden ser necesarias para mantener la compatibilidad con nuevas tecnologías y protocolos. Esto puede implicar costos adicionales y posibles interrupciones en el sistema.

2.10.4. Características de los PLC en la Automatización Industrial

- **Modularidad.** Los PLCs están diseñados de manera modular, lo que permite una fácil expansión mediante la adición de módulos de entrada y salida, módulos de comunicación y otros componentes. Esta modularidad facilita la personalización del sistema para aplicaciones específicas.
- **Programabilidad.** Los PLCs pueden ser programados usando varios lenguajes estándar según IEC 61131-3, como Ladder Diagram (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST), y Instruction List (IL). Esta versatilidad en la programación permite abordar una amplia variedad de aplicaciones de control.
- **Capacidad de Comunicación.** Los PLCs soportan una variedad de protocolos de comunicación industrial como Profinet, Profibus, Modbus, Ethernet/IP, y DeviceNet. Esta capacidad de comunicación permite la integración de los PLCs con otros dispositivos y sistemas dentro de una red de automatización.
- **Funciones de Control Avanzadas.** Los PLCs incorporan funciones avanzadas de control, como PID, control de movimiento, temporizadores y contadores. Estas funciones permiten un control preciso y eficiente de procesos industriales complejos.
- **Interfaz de Usuario y Diagnóstico.** Los PLCs suelen incluir interfaces de usuario (HMI) para la visualización y control del proceso. Además, ofrecen herramientas de diagnóstico y monitoreo en tiempo real que facilitan la gestión y el mantenimiento del sistema.
- **Resistencia al Entorno.** Los PLCs están diseñados para operar en condiciones ambientales adversas, soportando altas temperaturas, vibraciones, humedad y ruido electromagnético. Esta resistencia es esencial para su uso en entornos industriales exigentes.
- **Seguridad.** Los PLCs incluyen características de seguridad integradas, como paradas de emergencia y control de accesos, que

son fundamentales para proteger tanto a los operadores como a los equipos en aplicaciones industriales.

CAPÍTULO III:

DEFINICIÓN DEL SISTEMA

3.1. Consideraciones generales

Una secuencia de aspectos generales es necesaria para garantizar la eficacia y efectividad del sistema de control y monitoreo empleado en el riego de arroz cultivos en Daule mediante bombas eléctricas. En primer lugar, es esencial comprender los requisitos únicos para el cultivo de arroz, como los niveles ideales de temperatura y humedad, datos de corriente y variables de nivel de agua. La implementación de un sistema automatizado debe tener en cuenta aspectos como la topografía del terreno, la infraestructura previa y la disponibilidad de energía. Además, es esencial utilizar los sensores y actuadores adecuados para garantizar mediciones precisas y un control eficaz del riego. Para permitir la transmisión continua de datos entre los sensores y el sistema de control central, la comunicación inalámbrica debe ser fuerte y fiable.

3.2. Filosofía de control del sistema de automatización

La tecnología avanzada está integrada en la filosofía de control del sistema de automatización para mejorar el riego de los cultivos de arroz. El objetivo principal es mantener las condiciones ideales de crecimiento para el arroz con un sistema riego preciso y eficiente. Sensores que constantemente monitorean la temperatura, humedad, nivel de agua y corriente eléctrica serán empleados para lograr la automatización. Según las exigencias del cultivo, el controlador central procesará la información recopilada por estos sensores y activará las bombas eléctricas. Este enfoque permitirá una respuesta rápida a los cambios en las condiciones ambientales y garantizará que solo se lleve a cabo el riego necesario, ahorrando agua y energía.

3.3. Modelado del Sistema Automatizado

La idea de crear un prototipo inalámbrico con sensores de temperatura, humedad, nivel de agua y corriente es basado en el diseño de un sistema de control y monitoreo para el riego de cultivos de arroz in Daule mediante bombas eléctricas. Este sistema automatizado será desarrollado y perfeccionado mediante la metodología de prototipado. El modelo del sistema automatizado considera los siguientes elementos y sus interacciones:

- Sensor de temperatura y humedad.
- Sensor de corriente.
- Sensor de caudal de agua.
- Sensor de envío de datos.

3.4. Componentes del diseño

Sensor DHT22: El DHT22 es un sensor digital de temperatura y humedad que se destaca por su precisión y rango de medición. Para el riego de cultivos de arroz, controlar la humedad y la temperatura es fundamental, ya que estos factores afectan directamente la eficiencia del riego y el desarrollo de las plantas. El DHT22 puede medir rangos de temperatura desde -40°C a 80°C con una precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y de humedad desde el 0% al 100% con una precisión de $\pm 2-5\%$. Su bajo consumo de energía y la capacidad de proporcionar datos precisos lo hacen ideal para monitorear las condiciones ambientales del cultivo.

Sensor ACS712: El ACS712 es un sensor de corriente basado en el efecto Hall que permite medir la corriente eléctrica consumida por la bomba utilizada en el sistema de riego. La razón de su elección radica en la necesidad de monitorear el consumo energético del sistema, lo que ayuda a optimizar el uso de la bomba y prever posibles fallos eléctricos o sobrecargas. El ACS712 ofrece una medición precisa de corriente alterna y directa, con rangos de 5A,

20A, o 30A, dependiendo del modelo seleccionado, lo que es adecuado para la mayoría de las bombas eléctricas utilizadas en sistemas de riego.

Sensor YFS201: El YFS201 es un sensor de flujo de agua que mide la cantidad de agua que pasa por la tubería, lo que es crucial para asegurar que se esté suministrando el volumen adecuado al campo de arroz. La razón para seleccionar este sensor es su capacidad para medir con precisión el flujo en litros por minuto, permitiendo un control en tiempo real del riego. El YFS201 tiene un diseño robusto y es relativamente fácil de integrar en sistemas de control, siendo además resistente al contacto constante con el agua, lo que lo hace ideal para un ambiente agrícola.

Módulo de transferencia inalámbrica ESP32D: El ESP32D es un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento con capacidades de conectividad WiFi y Bluetooth, ideal para sistemas de control remotos y aplicaciones IoT (Internet of Things). Su elección está motivada por su capacidad de realizar la comunicación inalámbrica entre los sensores y un servidor central, permitiendo el monitoreo y control del sistema de riego de manera remota. Además, el ESP32D cuenta con múltiples pines de entrada/salida que permiten conectar varios sensores y actuadores, así como una potente capacidad de procesamiento para manejar la lógica del sistema. Su bajo consumo de energía también es beneficioso para aplicaciones en exteriores donde se busca minimizar el uso energético.

3.5. Desarrollo del Proyecto

Una estrategia esencial en el desarrollo de sistemas de control y monitoreo es la metodología de Prototipado, especialmente en el campo de la agricultura precisa. Desarrollar, validar y mejorar las soluciones tecnológicas de forma eficiente requiere una aproximación iterativa para diseñar un sistema

eficiente para el riego de cultivos de arroz in Daule mediante bombas eléctricas.

A continuación, se detallan las ventajas que ofrece la metodología del Prototipado:

- La Validación Campo permite verificar ideas y conceptos iniciales a través del desarrollo de prototipos funcionales, garantizando la viabilidad y efectividad de las soluciones propuestas en el mundo real.
- Retroalimentación Continua: Asiste en el ajuste y mejoramiento del sistema según las necesidades particulares, permitiendo a los usuarios (agricultores) y partes interesadas la obtención de retroalimentación del proceso de desarrollo.
- Disminución de gastos y riesgos: La identificación y resolución temprana de problemas reduce los gastos y riesgos asociados con la realización de cambios significativos en etapas posteriores del desarrollo.
- Mejora Continua y Adaptabilidad: es necesaria para abarcar a medida que se progresa en el desarrollo del sistema, mejorando a través de futuras tecnologías.

La metodología de Prototipado para el diseño de un sistema de control y monitoreo de riego implica un ciclo iterativo que incluye las siguientes etapas, esto se presente en la Figura 4:

Figura 4

Fase de la Metodología de Prototipado.



Nota: Se estructura las fases representadas de la metodología Prototipado. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

3.5.1.1. Fase de Análisis

Durante la fase de análisis de requisitos se identifican y documentan las necesidades y especificaciones técnicas que debe cumplir el sistema de control y seguimiento del riego de cultivos de arroz en Daule. Este análisis es esencial para garantizar que el prototipo desarrollado cumpla con las expectativas de los usuarios y opera de manera eficiente en el entorno agrario.

La propuesta busca automatizar y optimizar el riego de cultivos de arroz mediante el uso de tecnología avanzada, ya que incluye sensores, un módulo de transferencia inalámbrica y un sistema online para monitoreo en tiempo real. En concreto, se mencionan los siguientes puntos en la Tabla 10:

Tabla 10

Objetivo de la fase de Análisis de la metodología Prototipado.

Objetivo	Descripción
Automatización de Riego	Controlar las bombas eléctricas de riego de manera automática según los datos recogidos por los sensores.
Monitoreo en Tiempo Real	Desarrollo de un sistema web para la visualización en tiempo real de los datos de temperatura, humedad y corriente.
Integración de Sensores	Utilización de sensores DHT22, ACS712 y YFS201 para recolectar datos ambientales y de consumo eléctrico.
Conectividad Inalámbrica	Adaptación de un módulo ESP-32D para la transferencia inalámbrica de datos.
Configuración de PLC	Uso TIA Portal para configurar un PLC que permita la visualización y gestión avanzada de los datos.

Nota: Se muestra los objetivos a desarrollar en la metodología del Prototipado. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

3.5.1.1.1. Requerimientos Funcionales

Los recursos funcionales y funcionales necesarios para el desarrollo del prototipo se describen a continuación, además de la planificación de recursos fundamentales para su implementación exitosa.

1.1. Sensores y recolección de datos

En la Tabla 11 se describe los sensores y módulos de transferencias inalámbricas a utilizar en el presente proyecto:

Tabla 11

Sensores para la recolección de datos.

Sensores	Uso	Descripción
DHT22	Sensor de temperatura y humedad.	Debe ser capaz de medir y enviar datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%).
ACS712	Sensor de corriente.	Debe medir el consumo de corriente (A) de las bombas eléctricas.
YFS201	Sensor de flujo de agua.	Debe medir el caudal de agua (L/min) utilizado en el riego.
ESP-32D	Módulo de transferencia inalámbrica.	Debe permitir la comunicación de los datos de los sensores al sistema web.

Nota: Se muestra los sensores a utilizar para la recolección de datos. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

1.2. Sistema Web

En la Tabla 12 se describe los requerimientos funcionales del presente proyecto:

Tabla 12

Requerimientos Funcionales de Sistema Web.

Requisitos	Análisis
Interfaz de Usuario	Se proporcionará una vista principal donde se muestren los datos de temperatura, humedad, corriente y flujo de agua en tiempo real.
Panel de Control	Permitirá a los usuarios gestionar las bombas de riego y ajustar parámetros del sistema.
Notificaciones vía Email	Envío de alertas vía correo electrónico a los usuarios en caso de detectar valores anómalos en los datos de los sensores.

Nota: Se muestra los requerimientos funcionales del Sistema Web. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Además, requerimientos funcionales adicionales como la integración del PLC, explicado a continuación:

1.3. Integración con PLC

- **Configuración con TIA Portal:** Establecer una conexión con un PLC configurado mediante TIA Portal para la visualización y control avanzado de los datos.
- **Interfaz de Visualización:** Proveer una interfaz para visualizar los datos del PLC en el sistema web.

3.5.1.1.2. Requerimientos no Funcionales

En la Tabla 13 se describe los requerimientos no funcionales del presente proyecto:

Tabla 13*Requerimientos no Funcionales.*

Requisitos no funcionales	Descripción
Fiabilidad	El sistema debe ser altamente fiable, con una tasa mínima de fallos en la recolección y transmisión de datos.
Escalabilidad	Debe ser capaz de escalarse para incluir más sensores y bombas eléctricas en el futuro.
Seguridad	Implementar medidas de seguridad para proteger los datos de los sensores y evitar accesos no autorizados al sistema web.
Usabilidad	La interfaz web debe ser intuitiva y fácil de usar, permitiendo a los agricultores acceder y gestionar el sistema sin complicaciones técnicas.
Mantenimiento	El sistema debe ser fácil de mantener y actualizar, permitiendo la sustitución o mejora de componentes sin necesidad de rediseñar todo el sistema.

Nota: Se muestra los requerimientos no funcionales del proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

1.1. Planificación de Recursos

En la Tabla 14 se especifica los recursos de hardware, software, lenguaje de programación y Framework a utilizar en el presente proyecto:

Tabla 14*Planificación de recursos.*

Recursos	Descripción
Hardware	Sensores DHT22, ACS712, YFS201, módulo ESP-32D.
Software	Tía Portal, Hostinger, Visual Studio Code, DBeaver, Arduino IDE.

Lenguaje de Programación	PHP, JavaScript, C++
Framework	Slim

Nota: Se muestra la planificación de recursos del presente proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

La actual asignación de recursos y la explicación garantizarán que el sistema de control y seguimiento se desarrolle de manera eficiente, cumpliendo los objetivos propuestos y ofreciendo una solución práctica al declive de los cultivos de arroz en Daule.

3.5.1.2. Fase de diseño

Estableciendo cómo se materializarán los requerimientos funcionales y no funcionales identificados in la fase de análisis, la etapa de diseño es crucial en el desarrollo del sistema de control y monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule. Esta etapa se enfoca en el diseño de interfaces, la integración de componentes, la selección de tecnologías y la arquitectura del sistema.

3.5.1.2.1. Diseño de la Arquitectura del Sistema

En la Figura 5 se muestra la conexión de los sensores para el envío de parámetros. En el mismo modo como el envío de los parámetros y la configuración de PLC en Tía Portal, el diseño de la arquitectura se especifica la estructura y los componentes clave del prototipo electrónico para la consultación de data:

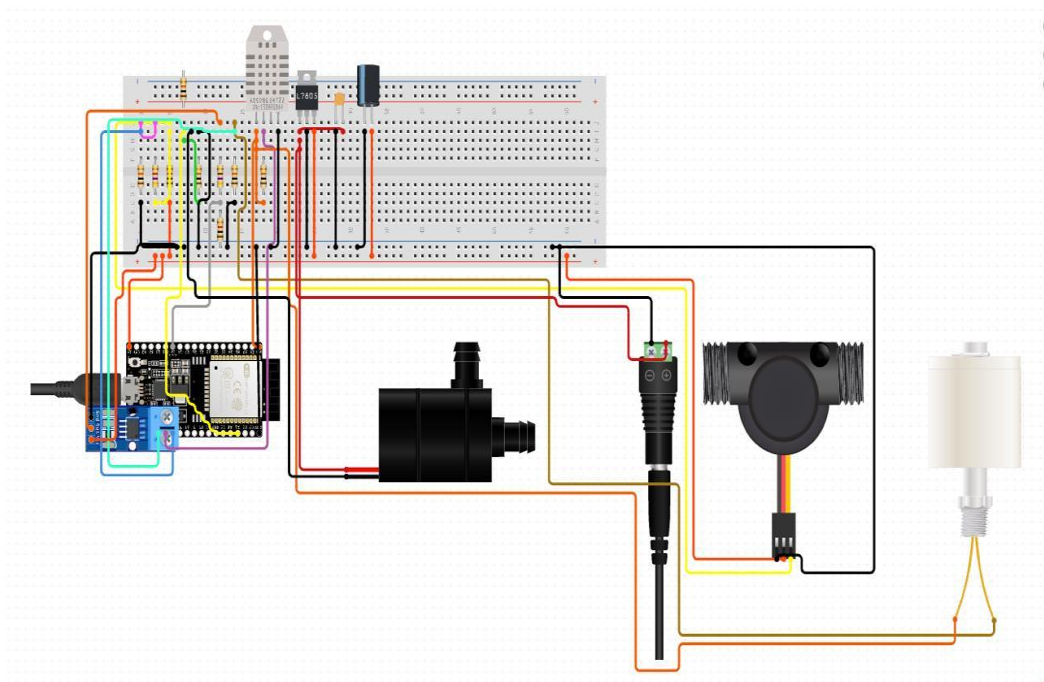
- **Sensores:** Se diseñó los esquemas de conexión para los sensores DHT22, ACS712, y YFS201, asegurando que los datos recogidos sean precisos y estén sincronizados.
- **Módulo ESP-32D:** Se estableció cómo el módulo gestionará la comunicación inalámbrica entre los sensores y la plataforma web,

incluyendo la frecuencia de transmisión de datos y los protocolos de seguridad para proteger la información transmitida.

- **Integración con PLC y TIA Portal:** Se planificó la integración del sistema con el PLC, diseñando la comunicación entre el TIA Portal y el módulo ESP-32D para el control y la visualización avanzada de los datos.

Figura 5

Conexión de los sensores para el envío de parámetros



Nota: Se muestra el diseño del prototipo del presente proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

La estructura de la base de datos necesaria para almacenar y gestionar los datos obtenidos por los sensores utilizados en el sistema se estableció mediante el desarrollo de un modelo entidad-relación. Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, el modelo entidad-relación consta de varias tablas que interactúan entre sí:

- **Tabla sensores_daule_usuarios:** Esta tabla almacena la información de los usuarios que tienen acceso al sistema. Incluye campos como id_usuario, nombres, apellidos, cedula, fecha_nacimiento, email, password, clave_descifrada, estado, created_at, updated_at y id_rol, que define el rol del usuario dentro del sistema.

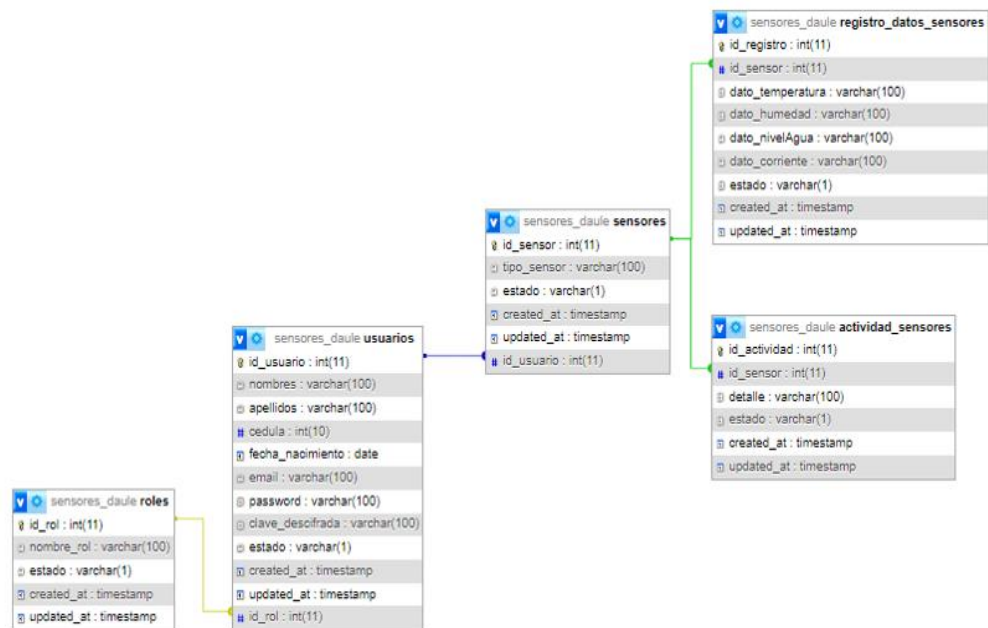
- **Tabla sensores_daule_roles:** Define los diferentes roles que pueden tener los usuarios en el sistema, con campos como id_rol, nombre_rol, estado, created_at y updated_at. Esta tabla se relaciona con la tabla de usuarios a través del campo id_rol.
- **Tabla sensores_daule sensores:** Almacena la información de los sensores utilizados en el sistema, incluyendo id_sensor, tipo_sensor, estado, created_at, updated_at y id_usuario, que vincula cada sensor con un usuario específico.
- **Tabla sensores_daule_registro_datos sensores:** Registra los datos obtenidos por los sensores. Los campos incluyen id_registro, id_sensor, dato_temperatura, dato_humedad, dato_nivelAgua, dato_corriente, estado, created_at y updated_at. Esta tabla se relaciona con la tabla de sensores a través del campo id_sensor.
- **Tabla sensores_daule_actividad sensores:** Monitorea la actividad y el estado de los sensores, con campos como id_actividad, id_sensor, detalle, estado, created_at y updated_at. Esta tabla también se relaciona con la tabla de sensores mediante el campo id_sensor.

Este modelo de relación entidad-entidad ofrece una estructura sólida para el almacenamiento y la gestión de los datos necesarios para la gestión y supervisión del sistema de gestión de riesgos. Permite la recopilación de parámetros críticos como la temperatura, la humedad, el nivel de agua y la corriente, que son esenciales para el mantenimiento óptimo de los cultivos de arroz de Daule y el funcionamiento eficiente de las bombas eléctricas. La organización y accesibilidad de la información garantizada por este diseño facilita la toma de decisiones y el análisis del rendimiento del sistema.

A continuación, en la Figura 6 se presenta el modelo entidad-relación de la base de datos:

Figura 6

Modelo entidad-relación

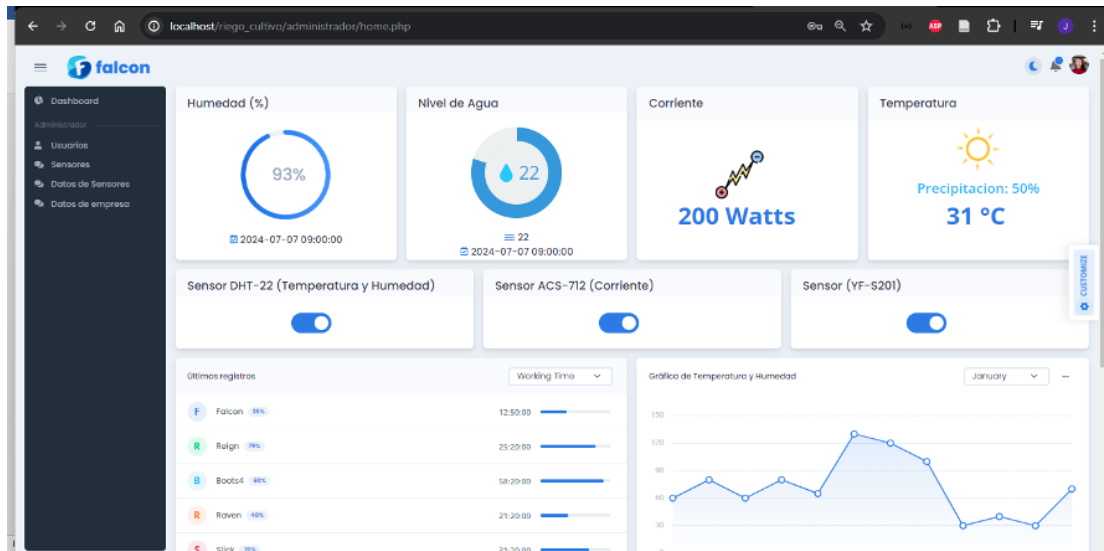


Nota: Se muestra el modelo entidad-relación del presente proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Además, se incluye el desarrollo de una interfaz de usuario efectiva y funcional. Basándonos en la imagen proporcionada de la interfaz de usuario, podemos observar varios componentes clave y su integración con los datos de los sensores. En la Figura 7 se muestra la interfaz web donde se muestra los datos de temperatura, humedad, datos de corriente y nivel del agua:

Figura 7

Página principal del Sistema Web

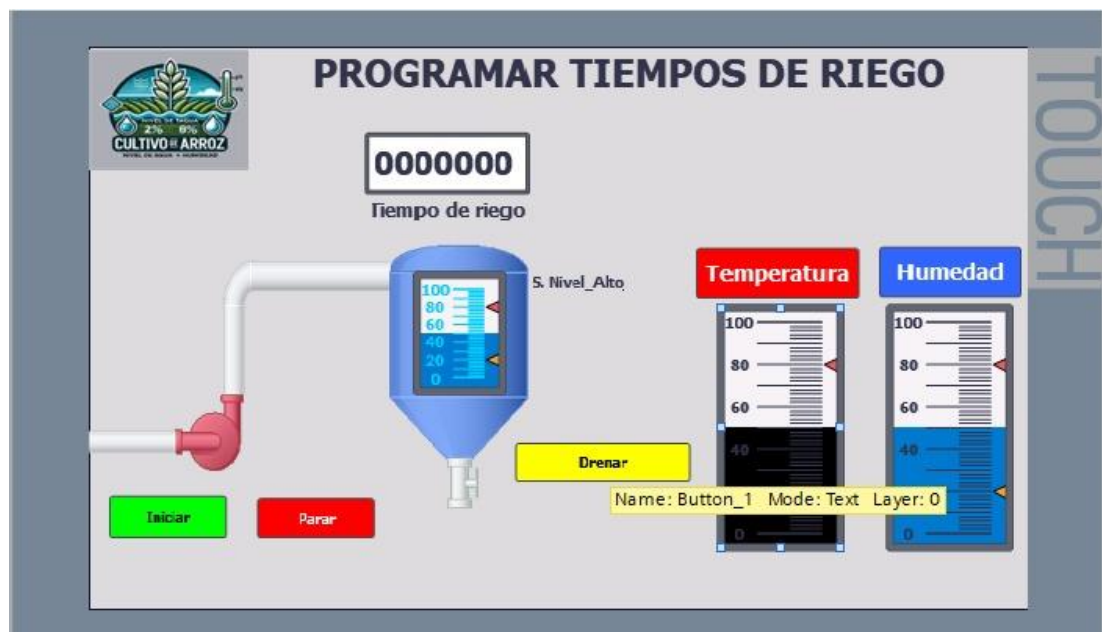


Nota: Se muestra la página principal del Sistema Web del presente proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Por último, en la Figura 8 se visualiza la configuración principal de Tía Portal y su estructura de diseño:

Figura 8

Pantalla Principal de Tía Portal



Nota: Se muestra la página principal de Tía Portal del presente proyecto. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

3.5.1.3. Fase de verificación

La fase de verificación se centra en revisar y validar que cada componente del sistema, tanto hardware como software, cumple con las especificaciones y requisitos definidos en la fase de diseño. Durante esta fase se realizan las siguientes actividades:

3.5.1.3.1. Conexión a la base de datos

En la Figura 9 se muestra la conexión a la base de datos y el manejo de parámetros obtenidos mediante la adquisición electrónica:

Figura 9

Conexión a la base de datos.

```
define("DB_USERNAME", "u338788027_sensores");  
define("DB_PASSWORD", "Sensores2024.");  
define("DB_HOST", "193.203.175.33");  
define("DB_NAME", "u338788027_sensores");
```

Nota: Se muestra la conexión de la base de datos. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

- **DB_USERNAME:** Esta constante define el nombre de usuario que se utiliza para autenticar la conexión a la base de datos. En este caso, el nombre de usuario es "u338788027_sensores". Este usuario debe tener los permisos necesarios para acceder y manipular los datos dentro de la base de datos especificada.
- **DB_PASSWORD:** Aquí se especifica la contraseña correspondiente al nombre de usuario utilizado para la conexión. La contraseña es "Sensores2024.". Es crucial que esta información se mantenga segura para evitar accesos no autorizados a la base de datos.
- **DB_HOST:** Esta constante define la dirección del servidor donde se encuentra alojada la base de datos. En este caso, la dirección IP del host es "193.203.175.33". Es importante que esta dirección sea correcta y accesible desde la red donde se ejecuta el código que intenta establecer la conexión.

- **DB_NAME:** Finalmente, esta constante define el nombre de la base de datos a la cual se desea conectar. En este ejemplo, el nombre de la base de datos es "u338788027_sensores". Este nombre debe coincidir exactamente con el nombre de la base de datos configurada en el servidor.

Estas constantes son utilizadas en el código para construir la cadena de conexión necesaria para interactuar con la base de datos. Al utilizar estos valores, el sistema puede autenticar correctamente al usuario, localizar el servidor y acceder a la base de datos especificada para realizar las operaciones requeridas, como consultas, inserciones, actualizaciones y eliminaciones de datos.

3.5.1.3.2. Envío de parámetros desde Arduino IDE al sistema Web

Para el envío de parámetros desde el software Arduino IDE a la base de datos y posteriormente que se visualice en el Sistema Web:

En la Figura 10 que se muestra a continuación se visualiza el código de envío de parámetros a la base de datos.

Figura 10

Código de envío de parámetros a la base de datos

```

if(WiFi.status()== WL_CONNECTED){
  HTTPClient http;

  String serverPath = serverName + "?temperatura="+ t +"&humedad="+ h +"&nivelAgua="+ nivel +"&corriente="+ corriente +"&sensacionTermica="+ htc;

  http.begin(serverPath.c_str());
  int httpResponseCode = http.GET();
  |
  if (httpResponseCode>0) {
    Serial.print("HTTP Response code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
    String payload = http.getString();
    Serial.println(payload);
  }
  else {
    Serial.print("Error code: ");
    Serial.println(httpResponseCode);
  }
  http.end();
}
delay(500);

```

Nota: Se muestra los envíos de parámetros desde Arduino IDE al Sistema Web. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

El código de la Figura 10 es para leer datos de múltiples sensores conectados en un microcontrolador ESP32D y enviar esos datos a un servidor web a intervalos regulares. Los datos enviados incluyen temperatura, humedad, nivel de agua, corriente y sentido termométrico. Estos se utilizan en aplicaciones de monitoreo y control remoto para sistemas de riego automatizados.

3.5.1.3.3. Función para recibir los parámetros desde Arduino IDE con PHP.

El objetivo principal del código de la Figura 11 es recibir datos de sensores a través de una solicitud HTTP GET, procesar los datos y almacenarlos en una base de datos. Después de eso, envía al cliente una respuesta con formato JSON que permite ser monitoreado desde el Sistema Web.

Figura 11

Recepción de parámetros obtenidos por medio de PHP

```
$app->get('/sensoresCultivo/crearDatosSensores', function ($request, $response) {  
  
    $response = array();  
    $temperatura = $request->getQueryParams()['temperatura'];  
    $humedad = $request->getQueryParams()['humedad'];  
    $nivelAgua = $request->getQueryParams()['nivelAgua'];  
    $corriente = $request->getQueryParams()['corriente'];  
    $sensacionTermica = $request->getQueryParams()['sensacionTermica'];  
    $caudal = $request->getQueryParams()['caudal'];  
  
    $db = new DbHandler();  
  
    $resultado = $db->createDataSensores($humedad, $temperatura, $nivelAgua, $corriente, $sensacionTermica, $caudal);  
    if ($resultado == RECORD_CREATED_SUCCESSFULLY) {  
        $response["error"] = false;  
        $response["msg"] = "Datos Creados Correctamente.";  
    } else {  
        $response["error"] = true;  
        $response["msg"] = "Error al crear la información.";  
    }  
    echo json_encode($response);  
});
```

Nota: Se muestra la recepción de parámetros obtenidos por medio de PHP. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Se basó en el monitoreo y control donde los datos del sensor que se envían desde el Arduino IDE a un servidor, son almacenados y procesados posteriormente.

3.5.1.3.4. Configuración TÍA PORTAL PLC.

El propósito del código presentado en la Figura 12 y 13 se configura el PLC para leer datos del dispositivo a través del protocolo Modbus TCP. En este caso, el dispositivo proporciona tipos de datos: temperatura y humedad, y otros como corriente, nivel de agua y sensación térmica.

Figura 12

Código de configuración de TIA PORTAL – PLC

```
CALL "MB_CLIENT", DB100
  REQ := M0.0
  CONNECT := "ModbusTCP_Connection_1"
  MODE := 0
  ADDR := 0
  LEN := 1
  DATA_PTR := DB100.Temp

CALL "MB_CLIENT", DB100
  REQ := M0.1
  CONNECT := "ModbusTCP_Connection_1"
  MODE := 0
  ADDR := 1
  LEN := 1
  DATA_PTR := DB100.Humidity
```

Nota: Se muestra el código de configuración de TIA PORTAL - PLC. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Figura 13

Configuración de Tía Portal - Corriente y Nivel de agua.

```
CALL "MB_CLIENT", DB100
  REQ := M0.2
  CONNECT := "ModbusTCP_Connection_1"
  MODE := 0
  ADDR := 2
  LEN := 1
  DATA_PTR := DB100.Current

CALL "MB_CLIENT", DB100
  REQ := M0.3
  CONNECT := "ModbusTCP_Connection_1"
  MODE := 0
  ADDR := 3
  LEN := 1
  DATA_PTR := DB100.WaterLevel
```

Nota: Se muestra el código de configuración de TIA PORTAL - PLC. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

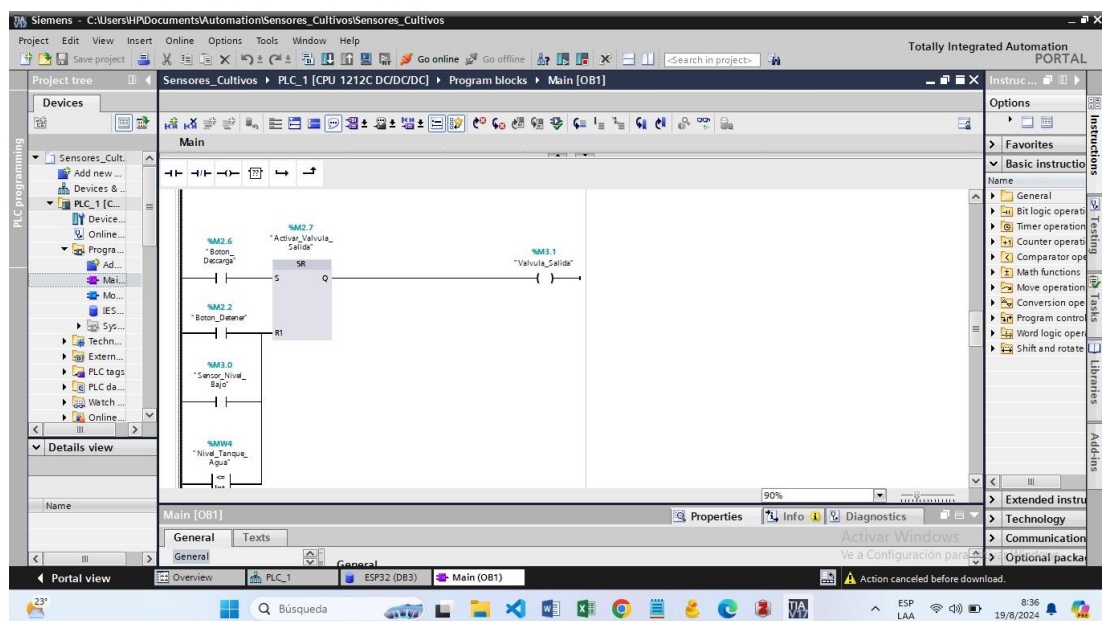
A continuación, se detallan la explicación de dos variables:

- **Lectura de la temperatura:** La primera llamada a MB_CLIENT configura el PLC para leer la temperatura del dispositivo y almacenar este valor en DB100.Temp cuando la memoria M0.0 está en alto.
- **Lectura de la humedad:** La segunda llamada a MB_CLIENT configura el PLC para leer la humedad del dispositivo y almacenar este valor en DB100.Humidity cuando la memoria M0.1 está en alto.
- **Lectura de corriente:** La tercera llamada a MB_CLIENTE configura el PLC para leer la corriente del dispositivo y almacenar este valor en DB100.Current cuando la memoria M0.2 está en alto.
- **Lectura de nivel de agua:** La cuarta llamada a MB_CLIENT configura el PLC para leer el nivel de agua del dispositivo y almacenar este valor en DB100.WaterLevel cuando la memoria M0.3 está en alto.

Este prototipo que se desarrolló para la recolección de datos provenientes de sensores que miden parámetros críticos como temperatura, humedad, corriente y nivel de agua. La información capturada por estos

sensores se visualiza en un PLC a través del software TIA Portal, con una configuración previamente realizada utilizando Arduino IDE. El sistema, ya implementado, permite el monitoreo y control eficientes de estos parámetros, proporcionando una interfaz que facilita la gestión automatizada del riego en cultivos. Este desarrollo optimiza el proceso de toma de decisiones en tiempo real, mejorando la eficiencia del sistema de riego. En la Figura 14 se muestra la configuración de variables en PLC:

Figura 14
Configuración de Variables en PLC



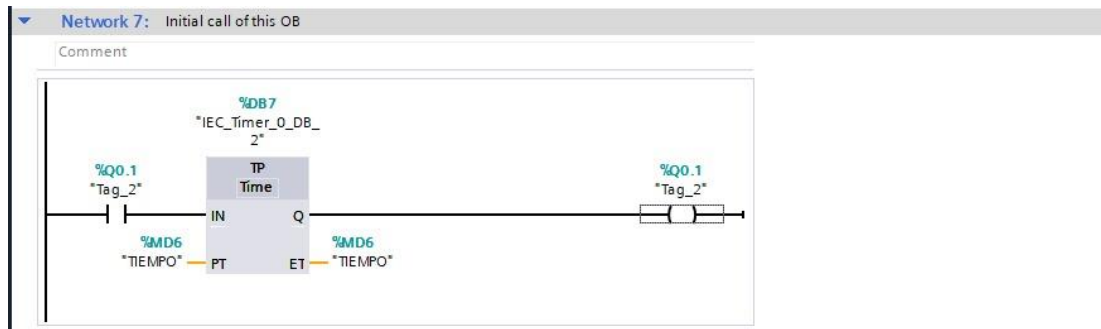
Nota: Se muestra la recepción de parámetros obtenidos por medio de los sensores. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Estos datos son utilizados para el monitoreo y control del sistema de riego, donde se muestra información ambiental para su respectiva operación.

A continuación, en la Figura 15, se muestra la configuración de horarios en PLC.

Figura 15

Programación de Horarios en PLC Tía Portal.

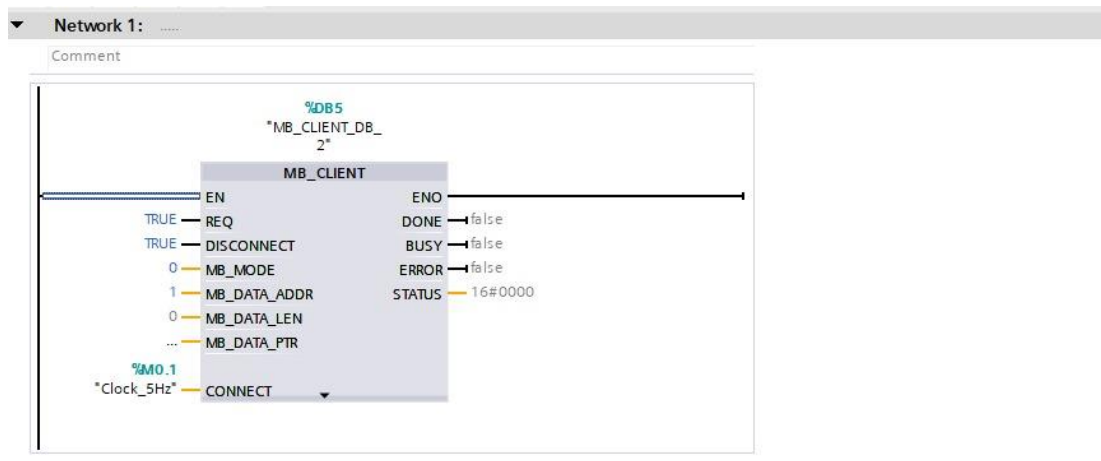


Nota: Se muestra la configuración de horarios en PLC. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Se puede observar en la Figura 16 la configuración de variables obtenidas por medio de PLC Tía Portal.

Figura 16

Configuración de las variables obtenidas por medio de los Sensores.



Nota: Se muestra la configuración de variables obtenidas por medio de PLC Tía Portal. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

3.5.1.4. Fase de prueba

En la presente fase se desarrollará una serie de actividades para validar y ajustar la funcionalidad del prototipo durante la fase de pruebas de diseño de un sistema de control y monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule mediante bombas eléctricas. En esta fase se recogerán datos mediante sensores de temperatura, humedad, corriente, nivel de agua y caudal,

integrados en un sistema web y configurados en un PLC a través del Portal TIA. A continuación, se describen los puntos clave que componen esta fase:

3.5.1.4.1. Configuración de Sensores para obtención de parámetros.

Durante la fase de prueba del sistema de monitoreo y control de riego, se procedió a la instalación y configuración de diversos sensores junto con un módulo de transferencia inalámbrica. En la (Figura 11) muestra claramente la disposición de los sensores, incluyendo el DHT22 para medir la temperatura y humedad, el sensor ACS712 para detectar la corriente eléctrica, y el YFS201 para medir el caudal de agua. Además, se presenta el módulo ESP-32D, encargado de la transmisión inalámbrica de los datos recolectados.

3.5.1.4.2. Console del Arduino IDE.

A continuación, en la Figura 17 se visualiza la consola del software Arduino IDE donde se realiza el envío de parámetros al sistema:

Figura 17

Consola del Arduino IDE



```
COM3
Connecting to WiFi..
Connecting to WiFi..
Connecting to WiFi..
Connecting to WiFi..
Connecting to WiFi..
Connected to the WiFi network
HTTP Response code: 200
{"error":false,"msg":"Datos Creados Correctamente."}
HTTP Response code: 200
{"error":false,"msg":"Datos Creados Correctamente."}
HTTP Response code: 200
{"error":false,"msg":"Datos Creados Correctamente."}
HTTP Response code: 200
{"error":false,"msg":"Datos Creados Correctamente."}
HTTP Response code: 200
{"error":false,"msg":"Datos Creados Correctamente."}
Autoscroll [x] Mostrar marca temporal [x] Nueva línea [v] 115200 baudio [v] Limpiar salida [b]
```

Nota: Se muestra la consola del Arduino IDE. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Los resultados de la prueba son consistentes, el sistema logra conectarse a la red WiFi de manera fiable y envía los datos de los sensores al servidor sin errores. La respuesta del servidor confirma que los datos se han creado

correctamente en la base de datos, lo cual es importante para el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo y control de riego.

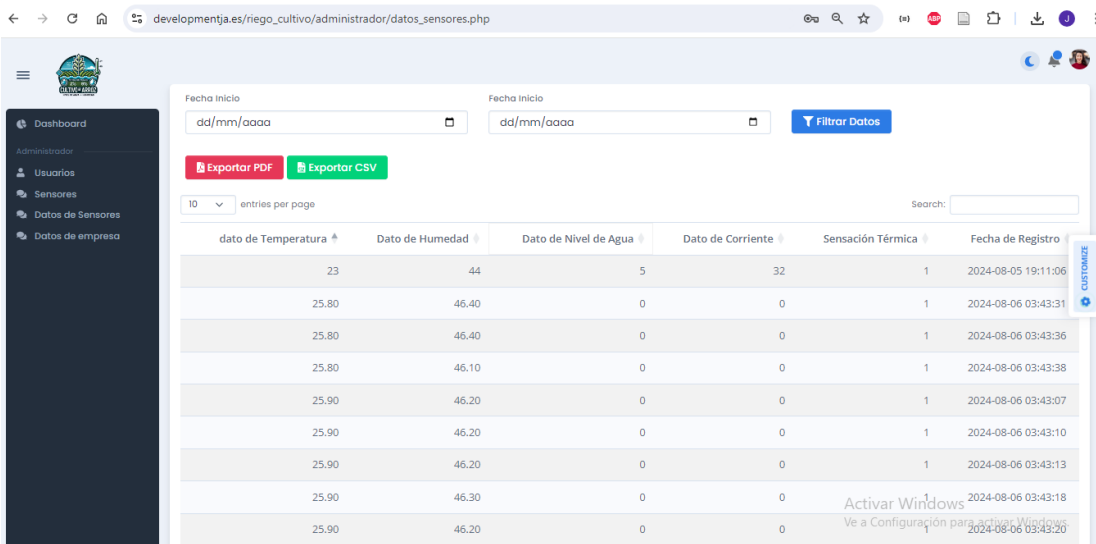
Esta fase de prueba válida la funcionalidad del sistema, asegurando que tanto la recolección de datos como su transmisión y almacenamiento operan conforme a lo esperado. Los mensajes de éxito repetidos demuestran la estabilidad y eficiencia del sistema en su conjunto, sentando una base sólida para su implementación en un entorno de producción.

3.5.1.4.3. Visualización del Sistema Web.

A continuación, en la Figura 18 se visualiza todos los datos recolectados mediante el prototipo de adquisición electrónica:

Figura 18

Página de visualización de datos



dato de Temperatura	Dato de Humedad	Dato de Nivel de Agua	Dato de Corriente	Sensación Térmica	Fecha de Registro
23	44	5	32	1	2024-08-05 19:11:06
25.80	46.40	0	0	1	2024-08-06 03:43:31
25.80	46.40	0	0	1	2024-08-06 03:43:36
25.80	46.10	0	0	1	2024-08-06 03:43:38
25.90	46.20	0	0	1	2024-08-06 03:43:07
25.90	46.20	0	0	1	2024-08-06 03:43:10
25.90	46.20	0	0	1	2024-08-06 03:43:13
25.90	46.30	0	0	1	2024-08-06 03:43:18
25.90	46.20	0	0	1	2024-08-06 03:43:20

Nota: Se muestra la página de visualización de datos. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

La interfaz desarrollada en PHP es esencial para el monitoreo y análisis de los datos de sensores en tiempo real. Permite a los administradores y operadores del sistema:

- **Monitoreo en Tiempo Real:** Visualizar los datos actuales y recientes de los sensores, permitiendo respuestas rápidas a cualquier cambio en las condiciones del cultivo.

- **Análisis de Tendencias:** Exportar y analizar datos históricos para identificar tendencias y patrones, lo cual es esencial para la toma de decisiones informadas sobre el riego y el manejo del cultivo.
- **Gestión de Información:** Manejar eficientemente grandes volúmenes de datos y acceder rápidamente a la información relevante mediante la búsqueda y los filtros.

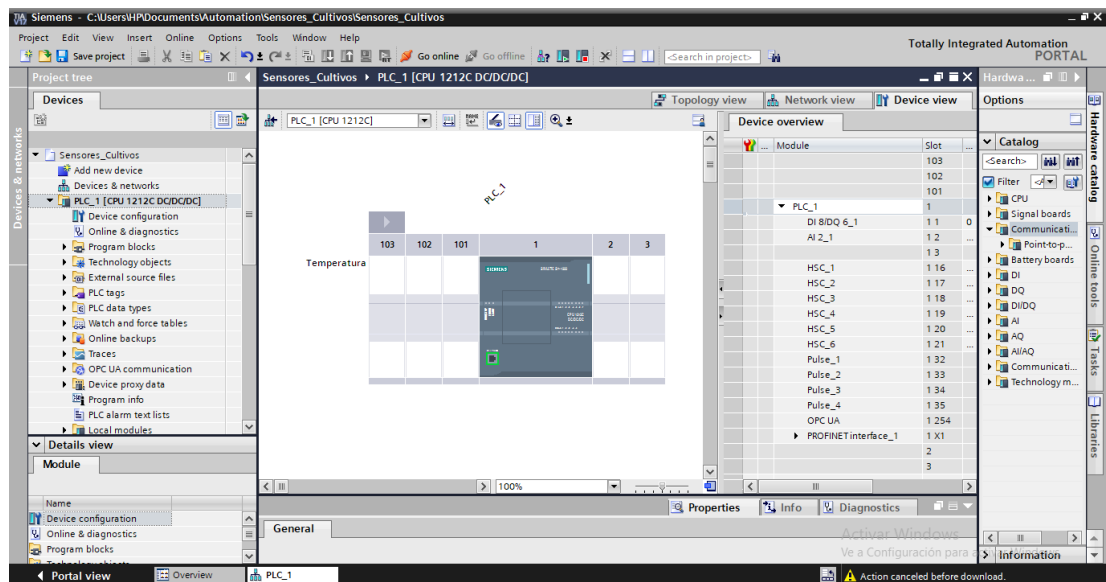
Administrar los datos de los sensores proporciona una herramienta robusta y flexible para la gestión efectiva del sistema de riego, asegurando que los datos críticos estén siempre disponibles y sean fácilmente accesibles para la toma de decisiones y la optimización del cultivo.

3.5.1.4.4. Visualización de Tía PORTAL.

A continuación, en la Figura 19 se visualiza Tía Portal con la configuración correspondiente a los datos enviado desde el Arduino IDE:

Figura 19

Visualización del PLC en Tía Portal



Nota: Se muestra la página de visualización del PLC en Tía Portal. Elaborado por: Caicedo Alvarado Francisco.

Durante la fase de prueba, se realizaron las siguientes actividades para asegurar el correcto funcionamiento del sistema:

- **Verificación de Conexiones:**
 - Se verificaron todas las conexiones físicas y la configuración de hardware para asegurar que los sensores y actuadores estaban correctamente conectados al PLC.
- **Configuración y Calibración de Sensores:**
 - Se configuraron y calibraron los sensores para asegurar que las lecturas fueran precisas y representativas de las condiciones reales del campo.
- **Pruebas de Comunicación:**
 - Se realizaron pruebas para asegurar que el PLC podía comunicarse correctamente con otros dispositivos y sistemas de supervisión.
- **Simulación y Validación:**
 - Se simuló el funcionamiento del sistema bajo diferentes condiciones para validar que el control de riego respondía adecuadamente a los cambios en los parámetros medidos.

La configuración en TIA Portal y las pruebas realizadas garantizan que el sistema de monitoreo y control de riego operará de manera eficiente, asegurando un uso óptimo de los recursos hídricos y mejorando la productividad del cultivo de arroz.

3.5.1.4.5. Cálculos de Parámetros Clave en Sistemas de Riego Automatizado

- **Cálculo del Flujo de Agua (Caudal)**

Este cálculo te permite dimensionar correctamente la cantidad de agua que necesita tu sistema de riego.

Fórmula del Caudal:

$$Q=A \times V$$

Donde:

Q es el caudal de agua (en litros por segundo, L/s).

A es el área de la sección transversal de la tubería (en metros cuadrados, m²).

V es la velocidad del agua en la tubería (en metros por segundo, m/s).

Ejemplo:

Si utilizas una tubería de 50 mm de diámetro (0.05 m) y una velocidad promedio de agua de 1.5 m/s:

Cálculo del área de la tubería:

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \pi \times \left(\frac{0.05}{2}\right)^2 = 0.00196 \text{ m}^2$$

Cálculo del caudal:

$$Q = A \times V = 0.00196 \text{ m}^2 \times 1.5 \text{ m/s} = 0.00294 \text{ m}^3/\text{s} = 2.94 \text{ L/s}$$

Esto significa que el sistema suministra **2.94 litros por segundo** a través de la tubería.

Cálculo del Volumen Total de Agua:

Si el sistema está en funcionamiento durante una hora:

$$V_{total} = Q \times 3600 = 2.94 \text{ L/s} \times 3600 \text{ s} = 10,584 \text{ L}$$

Por lo tanto, el sistema suministraría **10,584 litros de agua por hora**.

- **Cálculo de Consumo Eléctrico de la Bomba**

El cálculo de la energía consumida por la bomba eléctrica es crucial para justificar la eficiencia energética del sistema.

Fórmula para el Consumo de Energía:

$$E = P \times t$$

Donde:

E es la energía consumida (en kilovatios-hora, kWh).

P es la potencia de la bomba (en kilovatios, kW).

t es el tiempo de operación de la bomba (en horas).

Ejemplo:

Supongamos que la bomba tiene una potencia de 1.5 kW y opera durante 5 horas al día:

$$E = 1.5 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 7.5 \text{ kWh/día}$$

Esto significa que la bomba consumirá **7.5 kWh** por día de operación.

Costo de la Energía:

Si el costo de la energía eléctrica es de **\$0.12/kWh**:

$$\text{Costo diario} = 7.5 \text{ kWh} \times 0.12 \frac{\$}{\text{kWh}} = 0.90\$$$

El costo diario de operar la bomba sería de **\$0.90**.

- **Cálculo del Volumen de Riego Necesario**

Este cálculo determina cuánta agua se necesita para regar el cultivo de arroz según el área de la parcela y la profundidad de riego.

2. Fórmula del Volumen de Riego:

$$V_{\text{riego}} = A_{\text{parcela}} \times d$$

Donde:

Vriego es el volumen de agua necesario para el riego (en metros cúbicos, m³).

Aparcela es el área de la parcela (en metros cuadrados, m²).

d es la profundidad del agua que se desea aplicar (en metros, m).

Ejemplo:

Si tienes un campo de arroz de **5000 m²** y deseas aplicar **0.05 m** de agua:

$$V_{\text{riego}} = 5000 \text{ m}^2 \times 0.05 \text{ m} = 250 \text{ m}^3$$

Convertimos a litros:

$$V_{\text{riego}} = 250 \text{ m}^3 \times 1000 = 250,000 \text{ L}$$

Esto significa que necesitarás **250,000 litros de agua** para regar la parcela.

- **Cálculo del Tiempo de Operación de la Bomba**

Este cálculo te permitirá saber cuánto tiempo debe operar la bomba para suministrar la cantidad de agua necesaria.

3. Fórmula del Tiempo de Operación:

$$t = \frac{V_{\text{riego}}}{Q}$$

Donde:

T es el tiempo de operación (en segundos o minutos).

Vriego es el volumen de agua necesario para el riego (en litros).

Q es el caudal de la bomba (en litros por segundo, L/s).

Ejemplo:

Si el caudal de la bomba es de **2.94 L/s** y necesitas suministrar **250,000 litros**:

$$t = \frac{250,000L}{2.94 \text{ l/s}}$$

Por lo tanto, la bomba deberá operar **23.6 horas** para completar el riego de la parcela.

- **Cálculo del Ahorro de Agua con Sensores de Humedad**

La implementación de sensores de humedad puede reducir significativamente el uso de agua al evitar el riego innecesario.

4. Ahorro Estimado:

Si el sistema con sensores de humedad reduce el riego en un **30%** al detectar que el suelo ya está suficientemente húmedo:

$$V_{\text{ahorro}} = V_{\text{riego}} \times \text{porcentaje de ahorro}$$

Con el volumen de riego de **250,000 litros**:

$$V_{\text{ahorro}} = 250,000 \text{ L} \times 0.30 = 75,000 \text{ L}$$

Esto significa que se ahorrarían **75,000 litros de agua** en cada ciclo de riego.

3.6. Beneficiarios del proyecto

Los principales beneficiarios directos del proyecto son los agricultores. Los mejores recursos agrícolas serán posibilitados por la automatización y monitoreo del riego, eso que mejorará la eficacia y reducirá los gastos operativos. Los cultivadores ajustarán los tiempos y cantidades de riego, usando información adecuada sobre la humedad del suelo, el nivel de agua y las condiciones climáticas, evitando el desperdicio de agua y el riego insuficiente, lo que podría afectar negativamente el rendimiento de los cultivos. Los agricultores pueden mantener las operaciones sin tener que estar físicamente presentes en el campo por la capacidad de monitorear y controlar el sistema de riego remotamente, que da mayor comodidad y flexibilidad.

CAPÍTULO IV:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los usos ineficientes de agua y energía resultan de los métodos tradicionales, que frecuentemente dependen de riego por inundación. Estas prácticas no solo desperdician recursos valiosos, sino que también corren el riesgo de causar problemas como la salinización del suelo y la propagación de enfermedades entre las plantas. Una vez identificadas estas deficiencias, fue posible justificar la necesidad de un sistema más sofisticado y eficaz que aborde estas cuestiones con éxito.

- El diseño del sistema de control y monitoreo prototipo fue un éxito. Se integraron los sensores DHT22, ACS712 e YFS201 para medir el contenido de humedad del suelo, la temperatura del aire y el flujo de agua, respectivamente. Estos sensores ofrecen datos en tiempo real, lo que posibilita un ajuste preciso del riego según las exigencias actuales del cultivo. Este enfoque basado en datos garantiza que el riego se haga eficazmente, maximizando el uso de recursos y mejorando las condiciones de crecimiento de los cultivos.

- Es posible programar horarios y caudales de riego específicos para las diferentes etapas fenológicas del cultivo de arroz con el código de control basado en PLC. Esta programación inteligente garantiza que los cultivos reciban la cantidad adecuada de agua en etapas críticas de desarrollo, maximizando el uso eficiente de los recursos hídricos. Con este código, no solo se puede aumentar la eficiencia del riego, sino también disminuir su impacto ambiental y los costes asociados al gestionar los recursos hídricos de forma más sostenible.

- La robustez y eficiencia del sistema se demostraron mediante las simulaciones realizadas con el software TIA Portal. Diversas situaciones se experimentaron, como humedad y temperatura extremas, además de cambios antiguos en la demanda hídrica de los cultivos. Los resultados de las simulaciones garantizaron la fiabilidad del sistema en un entorno real al reconocerse y mantener un rendimiento óptimo bajo varias condiciones. Para garantizar la sostenibilidad y la productividad a largo plazo de los cultivos de arroz Daule, esta adaptabilidad es esencial.

4.2. Recomendaciones

Es esencial alentar a los agricultores a recibir capacitación continua sobre cómo usar y mantener el nuevo sistema. Esta capacitación no solo debe cubrir el funcionamiento técnico del sistema, sino que también debe cubrir la interpretación de los datos de los sensores.

- Recognizar cómo emplear esta información para tomar decisiones informadas sobre el riego permitirá a los agricultores aumentar la productividad de sus cultivos al maximizar la eficiencia del agua y la energía.
- Establecer un programa de mantenimiento regular para garantizar que el sistema funcione de la manera más eficiente posible. Esto incluye la realización de calibraciones periódicas de los sensores, la actualización del software y la revisión del hardware. Un mantenimiento adecuado garantiza que el sistema siga proporcionando datos precisos y fiables, al tiempo que evita fallos imprevistos. Para facilitar la resolución de problemas y el seguimiento, también se recomienda mantener un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento.
- Expandir esta tecnología a otros tipos de campos agrícolas y regiones. Modificar el sistema para cumplir con variadas exigencias y climáticas

podría ofrecer beneficios notables a una mayor cantidad de cultivadores. Es necesario que esta expansión acompañe estudios de viabilidad y adaptaciones particulares para cada nuevo ambiente agrícola.

- Implementar sistemas de alerta y monitoreo remoto es sugerido para mejorar más la eficiencia y capacidad de respuesta del sistema. Estas alertas permiten una acción rápida y preventiva, que puede notificar a los agricultores cualquier cambio significativo en el clima o las condiciones del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achiri Ccora, M. J. (2020). Implementación de un sistema electrónico para conocer la correlación entre el Costo de alquiler y el consumo de agua en una habitación. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4204>
- agForest. (2023, noviembre 22). *Agricultura inteligente: Cómo funciona y ventajas* - agforest. <https://agforest.ai/sostenibilidad/agricultura-inteligente>
- Alarcón Pupiales, J. C. (2022). *Implementación de un sistema de monitoreo remoto de variables eléctricas para un motor trifásico de inducción en el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de Electricidad* [bachelorThesis]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12027>
- Balbontín-Nesvara, C., Calera-Belmonte, A., González-Piqueras, J., Campos-Rodríguez, I., López-González, M. L., & Torres-Prieto, E. (2011). Comparación de los sistemas covarianza y relación de Bowen en la evapotranspiración de un viñedo bajo clima semi-árido. *Agrociencia*, 45(1), 87-103.
- Barahona Ramírez, A. R., & Vera Reyes, M. I. (2024). *Implementación SCADA para la prevención de fallas de un sistema de energía renovable aislado* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27288>
- Belmonte, L. P. (2020). *Programación de controladores avanzados SIMATIC S7 1500 con TIA Portal, AWL/KOP y SCL*. Marcombo.
- Bermeo Herrera, E., & Silva Acuña, A. (2022). Diseño de un Sistema de Bombeo Fotovoltaico para Riego Agrícola en el Centro Poblado Puerto Tamborapa, Distrito Chirinos—San Ignacio. *Universidad Nacional de Jaén*. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/407>
- Cachaguay Chiluisa, J. L. (2023). *Diseño y simulación de un equipo didáctico para estudiar el funcionamiento real de una bomba de calor para la*

producción de agua caliente sanitaria: Simulación de la estructura física de un equipo didáctico de bomba de calor para la producción de agua caliente sanitaria y selección del equipo y sensores de monitoreo. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25012>

Cevallos García, B. L., & Rubio Echeverría, S. W. (2021). *Desarrollo de una red IoT con tecnología LoRa para gestión de invernaderos* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20297>

Clavitea Pari, V. H., & Vilca Luna, M. (2022). Aplicación de estaciones virtuales en 3D con FACTORY I/O y TIA Portal para la simulación de la automatización industrial en tiempo real. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/2614>

Correa Calle, W. B., Zaruma Pinguil, F., & Medina Cabrera, J. L. (2020). Gestión Comunitaria de los recursos hídricos. Un estudio desde el ámbito organizativo, administrativo y de comunicación. *Journal of business and entrepreneurial studies*, 4(1). <https://www.redalyc.org/journal/5736/573667940011/html/>

Cortes-Cadavid, V., & Vargas-García, M. F. (2021). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Maria Poussepin*. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/bb8b9843-c256-43d7-bacf-3dda6b5ebc59>

Electrónica, M. (2019, noviembre 18). Sistema de Riego Automático: Qué es y Cómo Funciona. *Maher Electrónica*. <https://www.maherelectronica.com/sistema-riego-automatico/>

Fernández, A. M. (2018). *Comparación entre dos tipos de sensores de humedad de suelo para la programación del riego. Aplicación en un cultivo de caqui Rojo Brillante en la comarca de la Ribera Baja de la Comunidad Valenciana*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/101253>

Fornés Azcoiti, J. M. (2021). *Relatoría del Curso online titulado "La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los*

recursos hídricos: Aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo (2ª edición)".
<https://doi.org/10.13039/501100004892>

Gallego García, P. (2020). *Programación domótica de una vivienda mediante PLC* [Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/149120>

Guarachi Cochi, I. T. (2021). *Estudio de factibilidad para la implementación de un nuevo sistema de completación con Bombeo Electrosumergible* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/35872>

Guerrero, R. J. A., Lozano, C. J. V., Bone, J. M. F., González, K. K. C., & Torres, F. A. C. (2022). Diseño del sistema de generación eléctrica mediante paneles fotovoltaicos para potenciar el funcionamiento de una bomba de succión de agua. *Revista Social Fronteriza*, 2(6), Article 6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7259680>

Gutiérrez Acal, C. (2023). *Materiales pétreos empleados en monumentos. Estudio de características físicas y alterabilidad por factores ambientales*. <https://idus.us.es/handle/11441/145809>

Inga Ccencho, H. E., & Sullca Perez, N. O. R. (2023). *Prototipo de automatización en la distribución de agua para riego de usuarios en las comunidades del distrito de Daniel Hernández – 2022*. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5870>

Jimenez Herrera, J. F. (2023). Aplicación de plan de gestión ambiental para mejorar la reutilización del agua residual generada por una empresa Siderúrgica, Pisco, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/146089>

Lanza Espino, G. de la, Carbajal Pérez, J. L., Salinas Rodríguez, S. A., & Barrios Ordóñez, J. E. (2012). Medición del caudal ecológico del río Acaponeta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo. *Investigaciones geográficas*, 78, 62-74.

- León Lazo, R. I., & Macancela Sumba, J. G. (2024). *Construcción de un medidor de agua inteligente mediante Arduino para reducir las pérdidas en la distribución de agua*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/94539eb1-9644-437a-9aef-e00acf619889>
- Lerma Lasso, J. L. (2022). *Gestión eficiente del recurso hídrico en predios ganaderos del trópico alto nariñense*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.
- Li, H., Issaka, Z., Jiang, Y., Tang, P., & Chen, C. (2019). Overview of emerging technologies in sprinkler irrigation to optimize crop production. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.25165/ijabe.v12i3.4310>
- Lopera Álvarez, J. C., & Roman Agudelo, J. A. (2019). *Automatización de planta de tercer orden para el control del nivel de agua en tanque mediante sistemas embebidos y el software LabView*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/15106>
- Lozano, W. A. C., & Rubio, J. C. G. (2023). SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y MONITOREO PARA CULTIVOS CÍTRICOS BAJO EL CONCEPTO IOT. *Innovagro*, 02., Article 02. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/INNOVAGRO/article/view/6155>
- Muñoz Marcillo, J. L., & Bustos Cara, R. (2021). Gestión integrada de recursos hídricos y gobernanza: Subcuenca del río Vinces, provincia Los Ríos-Ecuador. *Revista de ciencias sociales*, 27(Extra 3), 471-497.
- Muñoz, Y. Y., Castrillón, O. D., Castillo, L. F., López, C., Muñoz, Y. Y., Castrillón, O. D., Castillo, L. F., & López, C. (2019). Análisis de la Escena en la Cocina por Medio de Sensores IoT Diseñados Basados en el Microcontrolador Node MCU ESP8266 y Conectados al Servidor ThingSpeak. *Información tecnológica*, 30(5), 173-190. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500173>
- Orbe Cisneros, E. A. (2023). *Diseño e implementación de una fábrica virtual en 3D controlada por HMI y tablero de control para entrenamiento de*

- operadores*. [masterThesis, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Israel]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/3883>
- Paytan Huaman, D. (2023). Diseño de un sistema de bombeo para reducir los costos en el consumo de energía eléctrica en la empresa Hydroelectro SAC Lima 2023. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8397>
- Pérez Chocad, V. H. (2024). *Implementación de un sistema de riego automatizado utilizando la Metodología STEAM en la Unidad Educativa San Juan*. [bachelorThesis, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13023>
- Project Hub. (2024). *Temperature Monitoring with Arduino IoT Cloud using DHT22*. Arduino Project Hub. <https://projecthub.arduino.cc/attari/temperature-monitoring-with-arduino-iot-cloud-using-dht22-cd8e34>
- Quintanar Olguin, J., & Quintanar Sandoval, A. G. (2018). DISPOSITIVO DE BAJO COSTO PARA MONITOREO Y REGISTRO DE DATOS PARA UN SECADOR SOLAR. *Pistas Educativas*, 39(129), Article 129. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/1586>
- Quispe Tapara, H. (2018). Diseño de un sistema de riego automatizado por aspersión para viveros de café utilizando la tecnología arduino en la empresa Viveros Ortíz – Pasco; 2018. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/3029>
- Reyes Pérez, L. E. (2022). *API REST para la gestión de los datos y servicios brindados desde el Monitor de sitios Web* [bachelorThesis, Universidad de las Ciencias Informáticas. Facultad 1]. <https://repositorio.uci.cu/jspui/handle/123456789/10580>
- Rhoton Meléndez, S. A. (2020). *Monitorización de cultivos mediante nanosatélites con capacidad de comunicación bidireccional* [Master

thesis, Universitat Politècnica de Catalunya].
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/327078>

Suárez Betancourt, A. A. (2017). *Aplicación móvil para la gestión de eventos sísmicos y prevención en Venezuela* [Thesis].
<http://saber.ucv.ve/handle/10872/15033>

Suarez Bonilla, F. (2024). *Propuesta metodológica para la implementación de sistemas de control automatizados con la plataforma TIA portal*.
<https://hdl.handle.net/20.500.12371/20906>

Valverde Granja, A., Vargas Galván, G. A., García Arboleda, M., Díaz Figueroa, J. E., Valverde Granja, A., Vargas Galván, G. A., García Arboleda, M., & Díaz Figueroa, J. E. (2022). Impacto de la implementation del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 14(2), 90-107.
<https://doi.org/10.22335/rict.v14i2.1571>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Caicedo Alvarado, Francisco Roberto**, con C.C: # 0928673425 autor/a del trabajo de titulación: **Diseño de un Sistema de Control y Monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule Mediante bombas eléctricas** previo a la obtención del título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **05 de septiembre de 2024**

f. _____

Nombre: **Caicedo Alvarado, Francisco Roberto**

C.C: **0928673425**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Diseño de un Sistema de Control y Monitoreo para el riego de cultivos de arroz en Daule Mediante bombas eléctricas		
AUTOR(ES)	Francisco Roberto, Caicedo Alvarado		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Zamora Cedeño, Néstor Armando, M.Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad De Educación Técnica Para El Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	05 de septiembre de 2024	No. DE PÁGINAS:	68
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agricultura, Automatización y Sistemas de Riego		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Riego automatizado, eficiencia hídrica, sensor de humedad, energía eléctrica, agricultura sostenible, control centralizado, optimización de recursos, productividad agrícola.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El trabajo presentado se enfoca en diseñar un sistema de control y monitoreo para el riego por bombeo eléctrico en cultivos de arroz en Daule, Ecuador. El objetivo principal es desarrollar una solución tecnológica que mejore la eficiencia y sostenibilidad de la producción de arroz, optimizando el uso de agua y energía, recursos críticos en la agricultura. El sistema propuesto integra sensores de humedad del suelo, medidores de temperatura ambiente y dispositivos de medición de energía eléctrica. Estos componentes están conectados a una plataforma de control centralizada que permite la recopilación continua de datos en tiempo real. Esta recopilación es esencial para comprender mejor las condiciones del suelo y el ambiente, facilitando decisiones informadas sobre la gestión del riego. Además, el sistema permite el control activo de los parámetros de riego, permitiendo a los usuarios ajustar y optimizar el uso del agua y la energía según las necesidades específicas de los cultivos en diferentes etapas de crecimiento. Esta capacidad de ajuste dinámico es clave para minimizar el desperdicio de recursos y maximizar la productividad agrícola. Se realizarán pruebas basadas en simulación para evaluar la efectividad del sistema en términos de ahorro de recursos y aumento de productividad. Los resultados proporcionarán una base sólida para la implementación y escalabilidad de esta tecnología en otras regiones agrícolas con necesidades similares. En última instancia, este trabajo busca contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles y eficientes, beneficiando a los agricultores al mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de sus operaciones, y teniendo un impacto positivo en el medio ambiente al reducir el consumo de recursos naturales.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593985737575	E-mail: francisco_caicedo1997@hotmail.com francisco.caicedo01@cu.ucsq.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Ing. Ubilla González, Ricardo Xavier, M.Sc		
	Teléfono: +59399528515		
	E-mail: ricardo.ubilla@cu.ucsq.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			