



TESIS DE SICCHA ARCE

4%
Textos sospechosos



3% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TESIS DE SICCHA ARCE.pdf
ID del documento: 372c7a4c3309b1bb3c4d4c61ee515d9906dc238f
Tamaño del documento original: 7,28 MB
Autores: []

Depositante: FIEE PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION
Fecha de depósito: 20/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 20/2/2025

Número de palabras: 27.426
Número de caracteres: 188.892

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|-------------|--|
| 1 | INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA.pdf INFORME FINAL DEL D... #27dbe3 El documento proviene de mi biblioteca de referencias | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (61 palabras) |
| 2 | Proyecto de tesis - final_jimmy Sanchez.pdf Proyecto de tesis - final_jimm... #15c4fe El documento proviene de mi biblioteca de referencias | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (49 palabras) |
| 3 | www.cenicana.org Riego por surcos - Cenicaña https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/ 3 fuentes similares | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (79 palabras) |
| 4 | TESIS DE SOTO - REYES - JAUREGUI.pdf TESIS DE SOTO - REYES - JAUREGUI #040369 El documento proviene de mi biblioteca de referencias | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (52 palabras) |
| 5 | Documento de otro usuario #aabb12 El documento proviene de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (52 palabras) |

Fuentes con similitudes fortuitas

| N° | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|--|-------------|-------------|--|
| 1 | PROYECTO DE MORCILLO VALDIVIA.pdf PROYECTO DE MORCILLO VALDIVIA #7f2b29 El documento proviene de mi biblioteca de referencias | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (28 palabras) |
| 2 | www.agroperu.pe Sector agrícola peruano tiene un enorme potencial en el uso efi... https://www.agroperu.pe/sector-agricola-peruano-tiene-un-enorme-potencial-en-el-uso-eficiente... | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (38 palabras) |
| 3 | repositorio.upt.edu.pe https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2489/Lara-Chugnas-Carlo.pdf?seq... | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (38 palabras) |
| 4 | PROYECTO_ISIDRO NUÑEZ JULIO WALTHER.pdf PROYECTO_ISIDRO NUÑ... #43ca12 El documento proviene de mi biblioteca de referencias | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (28 palabras) |
| 5 | www2.ual.es http://www2.ual.es/SNIH16/web/Web/1-10.pdf | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (31 palabras) |


Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388952>
- https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000226961_spa
- <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/03/25/en>
- https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/informe_dialogos_english_2
- <https://www.agroperu.pe/sector-agricola-peruano-tiene-un-enorme-potencial>

Puntos de interés

1

INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA.pdf | INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA

 El documento proviene de mi biblioteca de referencias

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

2

www.studocu.com | Tesis Francisco- Rojas - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y - Studocu


<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-del-callao/ingenieria-electronica/tesis-francisco-rojas/67329663>

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

“

3

Documento de otro usuario

 El documento proviene de otro grupo

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL RIEGO

DE CULTIVO DE QUINUA EN EL CASERÍO DE CAHUADÁN, DISTRITO DE

HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD 2024”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

ELECTRÓNICO

AUTOR

BACH. LUIS FRANCISCO SICCHA ARCE

ASESOR

DR. ING. ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

4

Proyecto de tesis - final_Jimmy Sanchez.pdf | Proyecto de tesis - final_Jimmy Sanchez

 El documento proviene de mi biblioteca de referencias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ



INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TÍTULO:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL RIEGO DE CULTIVO DE QUINUA EN EL CASERÍO DE CAHUADÁN, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD 2024”

AUTOR:

NOMBRES Y APELLIDOS : LUIS FRANCISCO SICCHA ARCE

CÓDIGO ORCID : 0009-0004-6371-9925

DNI : 73735818

ASESOR:

NOMBRES Y APELLIDOS : ABILIO BERNARDINO CUZCANO RIVAS

CÓDIGO ORCID : 0000-0002-9823-8740

DNI : 40947218

LUGAR DE EJECUCIÓN : CASERÍO DE CAHUADÁN

UNIDAD DE ANÁLISIS : FIEE – UNAC

TIPO DE INVESTIGACIÓN : TIPO APLICADA

ENFOQUE : ENFOQUE CUANTITATIVO

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN : DISEÑO NO EXPERIMENTAL

TEMA OCDE:

PRINCIPAL : INGENIERÍA, TECNOLOGÍA.

SECUNDARIA : INGENIERÍA ELÉCTRICA, INGENIERÍA

ELECTRÓNICA.

DISCIPLINA : SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN,

SISTEMAS DE CONTROL.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios, fuente inagotable de fortaleza y sabiduría. Su guía constante me ha dado la fuerza para perseverar y superar cada desafío en este arduo camino académico.

A mi padre, por inculcarme desde muy pequeño la pasión por la ciencia y el valor del estudio. A mi madre, por ser mi soporte emocional en cada una de mis etapas de crecimiento y a mi hermano por su constante motivación y acompañamiento.

v

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi padre y a mi madre, por su invaluable apoyo durante toda mi etapa universitaria.

A mi asesor, Dr. Ing. Abilio Bernardino Cuzcano Rivas, quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia supo guiarme durante todo el proceso de investigación y ha logrado en mí que pueda terminar la presente tesis con éxito.

A mis compañeros de profesión, por sus comentarios y sugerencias que

enriquecieron este trabajo.

A mi familia y amigos, por su constante

ánimo y comprensión.

vi

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| ÍNDICE FIGURAS..... | IX |
| ÍNDICE ABREVIATURAS | XII |
| RESUMEN | XIII |
| ABSTRACT | XIV |
| INTRODUCCIÓN | XV |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática | 17 |
| 1.2. Formulación del problema | 22 |
| 1.2.1. Problema general | 22 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 22 |
| 1.3. Objetivos..... | 22 |
| 1.3.1. Objetivo general | 22 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 22 |
| 1.4. Justificación | 23 |
| 1.4.1. Justificación teórica | 23 |
| 1.4.2. Justificación práctica | 23 |
| 1.4.3. Justificación tecnológica | 24 |
| 1.4.4. Justificación social | 24 |
| 1.5. Delimitantes de la investigación | 24 |
| 1.5.1. Delimitación teórica | 24 |
| 1.5.2. Delimitación temporal | 25 |
| 1.5.3. Delimitación espacial | 25 |
| II. MARCO TEÓRICO | 25 |
| 2.1. Antecedentes: Internacional y nacional | 25 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 25 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 30 |
| 2.2. Bases teóricas | 34 |

vii

| | |
|--|----|
| 2.2.1. Sistema de control automatizado | 34 |
| 2.2.2. Riego de cultivo de quinua | 40 |
| 2.3. Marco Conceptual | 47 |
| 2.4. Definición de términos básicos. | 50 |
| III. HIPÓTESIS Y VARIABLES | 55 |
| 3.1. Hipótesis | 55 |
| 3.1.1. Hipótesis general | 55 |
| 3.1.2. Hipótesis específicas | 55 |
| 3.2. Operacionalización de variable | 56 |
| IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO | 58 |
| 4.1. Diseño metodológico | 58 |
| 4.2. Método de investigación | 60 |
| 4.3. Población y muestra | 94 |



5 INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA.pdf | INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

| | |
|--|----|
| 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado | 94 |
|--|----|

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la



6 PROYECTO DE MORCILLO VALDIVIA.pdf | PROYECTO DE MORCILLO VALDIVIA

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

información.....

94

| | |
|--|----|
| 4.6. Análisis y procesamiento de datos | 95 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 4.7. Aspectos Éticos en Investigación | 98 |
|---|----|

| | |
|---------------------|----|
| V. RESULTADOS | 98 |
|---------------------|----|

| | |
|------------------------------------|----|
| 5.1. Resultados descriptivos | 98 |
|------------------------------------|----|

| | |
|-----------------------------------|-----|
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 107 |
|-----------------------------------|-----|



7 INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA.pdf | INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

| | |
|---|-----|
| 6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados. | 107 |
|---|-----|

6.2. Contratación de los resultados con otros estudios



8 PT CHAVEZ FERNANDEZ RAMOS.pdf | PT CHAVEZ FERNANDEZ RAMOS

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

similares. 109

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos

vigentes. ... 111

| | |
|-------------------------|-----|
| VII. CONCLUSIONES | 112 |
|-------------------------|-----|

| | |
|-----------------------------|-----|
| VIII. RECOMENDACIONES | 113 |
|-----------------------------|-----|

| | |
|--------------------------------------|-----|
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 114 |
|--------------------------------------|-----|

| | |
|-----------------|-----|
| X. ANEXOS | 125 |
|-----------------|-----|

viii

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variable | 56 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Tabla 2. Lista de exigencias y requerimientos..... | 61 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| Tabla 3. Cuadro comparativo de los sistemas de riego | 65 |
| Tabla 4. Cuadro de eficiencias de método de riego de alta frecuencia | 66 |
| Tabla 5. Comparativa de tuberías de exudación en Perú | 66 |
| Tabla 6. Especificaciones técnicas de tubería Poritex CT-12 malla marrón para instalación superficial | 68 |
| Tabla 7. Opciones de tuberías de cabecera | 70 |
| Tabla 8. Dimensiones comerciales de tuberías de PVC en Perú | 71 |
| Tabla 9. Comparativa de bombas centrífugas (electrobombas) para riego | 73 |
| Tabla 10. Opciones de capacidades de almacenamiento de tanques de agua disponibles en el mercado peruano | 76 |
| Tabla 11. Comparativa de electroválvulas de 220VAC para tubería de PVC de marcas reconocidas a nivel mundial | 77 |
| Tabla 12. Opciones comerciales de sensores de humedad del suelo | 78 |
| Tabla 13. Opciones comerciales sensores de nivel por presión hidrostática | 79 |
| Tabla 14. Opciones comerciales de boyas de nivel ON/OFF | 80 |
| Tabla 15. Opciones comerciales de sensores de caudal | 81 |
| Tabla 16. Opciones comerciales de sensores de presión | 82 |
| Tabla 17. Opciones comerciales de variadores de velocidad | 83 |
| Tabla 18. Cantidad de entradas y salidas para el controlador | 85 |
| Tabla 19. Comparativa de CPUs Siemens S7-1200..... | 86 |

ix

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Cultivo de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en el caserío de Cahuadán. | 18 |
| Figura 2. Caserío de Cahuadán, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad. .. | 20 |
| Figura 3. Planta Multigranos Cooperativa Agraria Ecológica Markahuamachuco, en el caserío de Cahuadán, provincia de Sánchez Carrión. | 21 |
| Figura 4. La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso. | 35 |
| Figura 5. Sistema de control de nivel de lazo abierto. | 37 |
| Figura 6. Diagrama de bloques del sistema de control de nivel de lazo abierto. | 37 |
| Figura 7. Sistema de control de nivel de lazo cerrado. | 38 |
| Figura 8. Diagrama de bloques del sistema de control de nivel de lazo cerrado. | 38 |
| Figura 9. Diagrama de bloques del sistema de riego automatizado. | 39 |
| Figura 10. Riego por gravedad. | 44 |
| Figura 11. Riego por melgas. | 44 |
| Figura 12. Riego de un olivar por medio de tablares. | 45 |
| Figura 13. Riego por aspersión. | 45 |
| Figura 14. Riego por microaspersión. | 46 |
| Figura 15. Riego por goteo. | 46 |

| | |
|---|-----|
| Figura 16. Riego por exudación. | 47 |
| Figura 17. Estructura general de un autómata programable. | 50 |
| x | |
| Figura 18. Modelo de caja negra (Black box) del sistema. | 64 |
| Figura 19. Portada de presentación del diseño. | 88 |
| Figura 20. Diagrama P&ID. | 89 |
| Figura 21. Diagrama de arquitectura de comunicaciones. | 90 |
| Figura 22. Esquema eléctrico de fuerza. | 91 |
| Figura 23. Esquema eléctrico de controladores. | 91 |
| Figura 24. Esquema eléctrico de sensores. | 92 |
| Figura 25. Esquema eléctrico de variador de frecuencia. | 92 |
| Figura 26. Esquema eléctrico de mando. | 93 |
| Figura 27. Diagrama de mecánico del tablero de control y automatización. | 93 |
| Figura 28. Jerarquía de la arquitectura de control de automatización en el riego de cultivo de quinua | 95 |
| Figura 29. Diagrama de flujo del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán. | 97 |
| Figura 30. Activación de electroválvulas VC-01 y VC-02. | 99 |
| Figura 31. Activación de electroválvula VC-01 y VC-03. | 99 |
| Figura 32. Activación de electroválvulas VC-01 y VC-04. | 100 |
| Figura 33. Activación de electroválvulas VC-01, VC-02 y VC-03. | 100 |
| Figura 34. Activación de electroválvulas VC-01, VC-02 y VC-04. | 101 |
| Figura 35. Activación de electroválvulas VC-01, VC-03 y VC-04. | 101 |
| Figura 36. Activación manual de todas las electroválvulas. | 102 |
| Figura 37. El sistema está en estado de falla porque el nivel del agua en el tanque ha alcanzado el 25% de su capacidad. | 102 |

xi

| | |
|---|-----|
| Figura 38. El sistema está en estado de falla porque el nivel del agua en el tanque es menor o igual al 25% de su capacidad. | 103 |
| Figura 39. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea menor a 15% VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 100% de su capacidad. | 104 |
| Figura 40. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea mayor o igual a 15% y menor o igual 20 % VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 70% de su capacidad. | 104 |
| Figura 41. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea mayor a 20% y menor a 27 % VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 50% de su capacidad. | 105 |
| Figura 42. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, medido por los tres sensores, supere el 27% VWC, la electrobomba se detendrá automáticamente. | |

| | |
|---|-----|
| | 105 |
| Figura 43. Cuando el nivel del agua en el tanque de almacenamiento es igual al 25% de su capacidad, el sistema entra en estado de falla. | 106 |
| Figura 44. Cuando el nivel del agua en el tanque de almacenamiento es menor o igual al 25% de su capacidad, el sistema entra en estado de falla. | 106 |

xii

ÍNDICE ABREVIATURAS

- AC: Alternating Current (Corriente Alterna).
- CAD: Computer Assisted Design (Diseño asistido por computadora).
- CPU: Central Processing Unit (Unidad Central de Procesamiento)
- DC: Direct Current (Corriente Continua).
- E/S: Entradas/Salidas
- FIT: Flow Indicating Transmitter (Transmisor Indicador de Flujo).
- HIT: Humidity Indicating Transmitter (Transmisor Indicador de Humedad)
- HMI: Human-Machine Interface (Interfaz Hombre-Máquina)
- IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas).
- LIT: Level Indicating Transmitter (Transmisor Indicador de Nivel).
- P&ID: Piping and Instrumentation Diagram (Diagrama de Tuberías e Instrumentación).
- PEAD: Polietileno de Alta Densidad
- PEBD: Polietileno de Baja Densidad
- PIT: Pressure Indicating Transmitter (Transmisor Indicador de Presión).
- PLC: Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable).
- VFD: Variable Frequency Drive (Variador de Frecuencia).

xiii

RESUMEN

La agricultura es la principal actividad económica consumidora de agua a nivel mundial; no obstante, enfrenta serios desafíos en su gestión y uso sostenible.

Por esta razón, este estudio tomó como punto de partida el análisis de dicha problemática, abordando el uso del agua para riego desde una perspectiva global, nacional y local, con un enfoque especial en el cultivo de quinua. En este contexto,



repositorio.unj.edu.pe | Repositorio UNJ: Diseño de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provinc...

<https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/662>

esta investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de control

automatizado para el riego del cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad, en el año 2024. Entonces, para alcanzar este propósito, primero se identificaron las exigencias y requerimientos de un sistema de riego automatizado que permita una gestión adecuada del agua en este cultivo. En segundo lugar, fue necesario abordar bases teóricas relacionadas a sistemas de control automatizados y métodos de riego de alta frecuencia con la finalidad de dimensionar y seleccionar herramientas que permitan controlar y automatizar procesos de riego. Posteriormente, se elaboraron los planos eléctricos, electrónicos, y mecánicos del gabinete de control y automatización, junto con el diagrama P&ID del sistema. En cuanto a la metodología, esta tesis se enmarca en una investigación del tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental. Como instrumento se utilizó un controlador lógico programable (PLC) de la marca Siemens, cuya simulación se realizó mediante el software TIA Portal v18 para el procesamiento de datos. Además, se diseñó un panel de control que facilitó la simulación, proporcionando información del sistema de riego y permitiendo una interacción intuitiva con el operador. En ese sentido, los resultados de la simulación confirmaron que el sistema diseñado cumple con los requisitos de riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, al lograr un control manual y automático de variables como la humedad del suelo, el nivel de agua, la presión y el caudal. En conclusión, el diseño propuesto cumple con las expectativas planteadas, confirmando el logro de los objetivos e hipótesis formulados. Palabras clave: Controlador lógico programable, sensor, actuador, riego de alta frecuencia, quinua.

xiv

ABSTRACT

Agriculture is the main economic activity that consumes water worldwide; however, it faces serious challenges in its management and sustainable use. For this reason, this study took as a starting point the analysis of this problem, addressing the use of water for irrigation from a global, national and local perspective, with a special focus on quinoa cultivation. In this context, the objective of this research was to design an automated control system for the irrigation of the quinoa crop in the hamlet of Cahuadán, district of Huamachuco, province of Sánchez Carrión, La Libertad, in the year 2024. So, to achieve this purpose, first, the demands and requirements of an automated irrigation system

were identified to allow adequate water management in this crop. Secondly, it was necessary to address theoretical bases related to automated control systems and high frequency irrigation methods in order to size and select tools to control and automate irrigation processes. Subsequently, the electrical, electronic, and mechanical drawings of the control and automation cabinet were prepared, together with the P&ID diagram of the system. Regarding the methodology, this thesis is framed in an applied type of research, with a quantitative approach and a non-experimental design. A Siemens programmable logic controller (PLC) was used as an instrument, whose simulation was performed using TIA Portal v18 software for data processing. In addition, a control panel was designed to facilitate the simulation, providing information on the irrigation system and allowing intuitive interaction with the operator. In that sense, the simulation results confirmed that the designed system meets the requirements of quinoa crop irrigation in the hamlet of Cahuadán, by achieving manual and automatic control of variables such as soil moisture, water level, pressure and flow rate. In conclusion, the proposed design meets the expectations raised, confirming the achievement of the objectives and hypotheses formulated.

Key words: Programmable logic controller, sensor, actuator, high frequency irrigation, quinoa.

xv

INTRODUCCIÓN

El riego es una práctica agrícola esencial que garantiza el suministro de agua a los cultivos, asegurando así su crecimiento y productividad. Tradicionalmente, esta tarea se ha realizado de manera manual, mediante sistemas básicos o sofisticados, lo que puede resultar en un uso ineficiente de este recurso hídrico. En un contexto global donde la escasez de agua es una preocupación creciente, la optimización del uso del agua en la agricultura se ha convertido en una prioridad. Entonces en ese mismo orden de ideas, la agricultura necesita una solución que permita el uso eficiente del riego, y es aquí donde la automatización del riego surge como una solución innovadora para enfrentar este desafío, pues esta tecnología al integrar herramientas avanzadas permite controlar y gestionar el suministro de agua de manera precisa y eficiente.

En este sentido se comprende que, la instalación de sistemas de automatización del riego es muy importante, pues este ayuda a ahorrar agua, minimiza los desperdicios y promueve la agricultura eficiente. Además, este tipo de sistemas no se utiliza solo para promover la sostenibilidad ambiental, sino que también aumenta el rendimiento del cultivo y su calidad lo que, a su vez, beneficia a los agricultores de manera económica. Sumado a ello, el riego automatizado permite a los agricultores ahorrar tiempo y llevar a cabo otras actividades que también resultan vitales en el proceso del cultivo.

En este contexto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua, el cual opera a través de un controlador que recibe la información de distintos sensores, entre los cuales destaca los sensores de humedad del suelo, pues estos monitorean en tiempo real Contenido Volumétrico de Agua (VWC), el cual es un parámetro vital en la gestión del riego y en la agricultura de precisión. En efecto, la información de VWC enviada por los sensores permite al controlador determinar cuándo y cuánto regar a través de la activación de electroválvulas (actuadores), las cuales darán paso al flujo de agua a través de las tuberías de cabera y tuberías exudantes, esto quiere decir que, el diseño propuesto considera como tipo de riego presurizado al método de riego por

xvi

exudación con la finalidad de minimizar las pérdidas de agua haciendo el uso más eficiente de la misma y en concordancia a los requerimientos necesarios para el cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, el cual está ubicado en distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión en el departamento La Libertad.

En cuanto al desarrollo del diseño este está conformado por tres etapas. En la primera etapa, se establece una lista de exigencias y requerimientos del sistema con el fin de establecer la estructura funcional la misma. En la segunda etapa, se procede con el dimensionamiento y la elección de los componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y de control, ello de acuerdo con las especificaciones del sistema. Posteriormente en la etapa tres se procede con el diseño de los planos de automatización e instrumentación, esto es, realizar el diagrama P&ID y esquematizar el diagrama de arquitectura de comunicaciones, para luego elaborar los planos eléctricos y mecánicos del tablero de control y automatización. Finalmente, se realiza la programación del controlador lógico programable (PLC) para que a través de simulación verifiquemos la operatividad del diseño y en base a ello corroborar y responder a nuestras hipótesis planteadas.

17



Proyecto de tesis - final_Jimmy Sanchez.pdf | Proyecto de tesis - final_Jimmy Sanchez

El documento proviene de mi biblioteca de referencias

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

- Panorama global del uso de agua en riego y su relación con la tecnología.

El riego es esencial para transformar la agricultura de subsistencia en una actividad comercial, reducir la pobreza y fomentar el crecimiento económico, ya que las tierras irrigadas suelen producir entre un 30% y un 100% más que las

tierras de secano adyacentes (1); sin embargo, la escasez de agua para riego es un problema creciente en la agricultura moderna, pues se estima que para 2050 la demanda de agua aumentará un 55% (2), generándose así un 25% de déficit de agua (3), con lo cual se podría ver afectado la producción de alimentos, por otra parte, la agricultura es la actividad económica responsable de más del 70% del uso de agua en América Latina y el Caribe (4) y en Perú, de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el sector agrario emplea



www.agroperu.pe | Sector agrícola peruano tiene un enorme potencial en el uso eficiente del agua

<https://www.agroperu.pe/sector-agricola-peruano-tiene-un-enorme-potencial-en-el-uso-eficiente-del-agua/>

aproximadamente el 80 % de los recursos hídricos disponibles, pero

presentando solo una eficiencia promedio nacional del 35 %

(5). Entonces, de

acuerdo con estos estudios y perspectivas en referencia al agua surge la necesidad de emplear sistemas de riego automatizados porque este tipo de tecnología puede reducir el consumo de agua entre un 25% a 30% en comparación con los métodos tradicionales (6) y si lo comparamos con métodos temporizados pueden reducir el desperdicio de agua entre un 20% a 40% (7), esto debido a que este tipo de sistemas integran una red de sensores que permiten monitorear parámetros como humedad y temperatura del suelo en tiempo real con mayor precisión y exactitud. Así mismo, cabe mencionar que las investigaciones más recientes para la conservación del agua se centran en optimizar la gestión del riego, basándose esencialmente en la medida del estado hídrico de la planta o en la medida directa de agua en el suelo (8), siendo esta última la más factible por su facilidad de medir y automatizar (9), resultando de esta manera viable para su aplicación a nivel parcela (10) o agricultura familiar.

18

• La quinua en el mundo como factor de crecimiento económico.

El estudio publicado por Santa María et al. (11) indica que, en 2015, Perú se consolidó como el principal exportador mundial de quinua, posición que mantiene hasta la actualidad gracias a la creciente importancia de este producto a nivel global. Además, el estudio reveló que la producción de quinua en el país ha experimentado un crecimiento constante, con un aumento anual promedio del 14%; sin embargo, en los últimos ocho años, las exportaciones han disminuido un 8%. Por su parte, Rosales (12) señala que esta situación ha afectado directamente a los productores, la mayoría de ellos pertenecientes a la agricultura familiar de la sierra, y advierte que podría agravarse debido a la expansión del cultivo de quinua en otros continentes. No obstante, McDonell (13) sugiere que para revertir esta tendencia es fundamental trabajar en la estandarización de la calidad e inocuidad de la producción, lo que incrementaría la competitividad en el mercado internacional. Entonces, en este contexto, resulta esencial promover la investigación y la asistencia técnica, por ejemplo, a

través de sistemas de riego tecnificados y automatizados con el fin de garantizar una producción de calidad y sostenible.

Figura 1. Cultivo de Quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.) en el caserío de Cahuadán.

Fuente: Elaboración propia [Fotografía].

19

• El rezago en la siembra y la escasez hídrica: limitantes para la producción de quinua en La Libertad.

El departamento de La Libertad, en el calendario de siembra de quinua se encuentra rezagado en comparación con otros departamentos productores a nivel nacional. Mientras la mayoría de las siembras se realiza entre agosto y noviembre, en La Libertad estas se concentran principalmente entre enero y febrero, lo que afecta la sincronización con las condiciones óptimas de mercado y clima (14). Este retraso en el calendario se ve agravado en primer lugar por las condiciones climatológicas de dicha región del norte del país y en segundo lugar por la falta de sistemas de riego tecnificados que permitan optimizar el uso del agua y garantizar un suministro adecuado durante todo el ciclo del cultivo.

Asimismo, el riego de cultivos en las zonas andinas de esta región depende en gran medida de prácticas manuales o sistemas básicos que no permiten un control eficiente de los recursos hídricos, generando como resultado lo siguiente:

- Ineficiencia en el uso del agua: La ausencia de tecnologías de automatización dificulta la dosificación precisa del agua, lo que incrementa el desperdicio y reduce la productividad del cultivo.

- Rendimientos variables: Sin un riego controlado, la quinua está más expuesta a periodos de estrés hídrico, especialmente en etapas críticas del crecimiento, lo que impacta negativamente en los rendimientos por hectárea.

- Competitividad limitada: La producción tardía y los bajos rendimientos colocan a los agricultores en desventaja frente a otras regiones productoras, afectando su acceso a mercados con mejores precios.

- Falta de innovación agrícola: La falta de implementación de tecnologías automatizadas refleja una brecha tecnológica que limita el desarrollo sostenible del sector agrícola en La Libertad.

20

• Riego y cultivo quinua en el caserío de Cahuadán, distrito Huamachuco.

En los últimos años en el distrito de Huamachuco se han ido implementado

mejoras en la producción de quinua a través de la mejora de semillas, usos de abonos orgánicos (15), conformación de cooperativas locales e incluso con la construcción de planta de procesamiento de quinua en el caserío de Cahuadán (16); sin embargo, los esfuerzos por mejorar las técnicas de riego son ínfimas, pues en la actualidad y realizando una visita in situ al caserío se pudo evidenciar que la técnica de riego más utilizada es por surcos, a pesar que la eficiencia promedio de este método alcanza solo el 50% (17), esto quiere decir que por cada 100 litros de agua que se aplica, solo 50 litros quedan disponibles para las plantas. Esta situación esta básicamente alineada a que primero los agricultores y campesinos desconocen de propuestas técnicas en agricultura (18) y segundo la falta de información y formación con respecto nuevas tecnologías para el mejoramiento de la eficiencia del uso del agua hacen que el método de riego por gravedad sea aún el más utilizado en el mencionado caserío.

Figura 2. Caserío de Cahuadán, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad.

Fuente: Elaboración propia [Fotografía].

21

Figura 3. Planta Multigranos Cooperativa Agraria Ecológica Markahuamachuco, en el caserío de Cahuadán, provincia de Sánchez Carrión.

Fuente: Elaboración propia [Fotografía].

En relación con la problemática planteada, se observa que en el caserío de Cahuadán existen deficiencias significativas en el uso del agua para el riego de cultivos de quinua. Estas deficiencias están asociadas a la utilización de métodos de riego tradicionales y a una gestión ineficiente del recurso hídrico, lo que resulta en un desaprovechamiento del agua y por ende una afectación a la productividad agrícola. Sin embargo, el propósito del riego consiste en suministrar agua a los cultivos de manera eficiente, garantizando su aplicación en el momento preciso y en la cantidad adecuada, sin comprometer la fertilidad del suelo, con el fin de asegurar un desarrollo óptimo de las plantas (19). En este contexto, se hace evidente la necesidad de diseñar un sistema de control automatizado que optimice la gestión del agua para riego y al mismo tiempo, mejore la competitividad del cultivo de quinua en La Libertad. Esta propuesta se sustenta en los beneficios comprobados que ofrecen los sistemas de riego automatizados, los cuales permiten reducir el consumo de agua en un 25-30 % en comparación con los métodos tradicionales (6). Por tal motivo, es importante

22

evaluar y proponer científicamente el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de este cultivo en el caserío de Cahuadán, lo que da origen al planteamiento del siguiente problema general.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

1.2.2. Problemas Específicos

PE1: ¿Cuáles son las herramientas tecnológicas en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

PE2: ¿Cuáles son los planos técnicos en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

PE3: ¿De qué manera se puede simular el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar las herramientas tecnológicas en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de

23

Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

OE2: Elaborar los planos técnicos en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

OE3: Realizar la simulación del diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Para desarrollar el presente trabajo de investigación y lograr los objetivos propuestos en primer lugar es necesario conocer de teorías y normativas de automatización, control e instrumentación, así mismo de conocimientos de programación de PLC y de diseño de circuitos eléctricos y electrónicos, de tal manera que el diseño propuesto a través del análisis de sus resultados permita aportar al conocimiento existente.

1.4.2. Justificación práctica

La agricultura es la actividad económica que utiliza más agua, representado alrededor del 70% de las extracciones de agua dulce en el mundo (20) y en Perú, de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el sector agrario emplea



12

www.agroperu.pe | Sector agrícola peruano tiene un enorme potencial en el uso eficiente del agua

<https://www.agroperu.pe/sector-agricola-peruano-tiene-un-enorme-potencial-en-el-uso-eficiente-del-agua/>

aproximadamente el 80 % de los recursos hídricos disponibles, pero

presentando solo una eficiencia promedio nacional del 35 % (5), esto en parte

por el desconocimiento de un uso adecuado del agua, debido a que aún los productores están arraigados a las creencias milenarias (21) y segundo los altos costos de implementación obstaculizan su adopción en la agricultura (7), es por ello que el presente trabajo de investigación busca proponer un diseño de riego automatizado accesible y de uso práctico para el agricultor o productor de quinua.

24

1.4.3. Justificación tecnológica

Esta investigación tiene justificación tecnológica dado que emplea herramientas avanzadas como AutoCAD, EPLAN y TIA Portal v18 para el diseño y simulación del sistema de riego automatizado, permitiendo un desarrollo detallado y estandarizado del proyecto. En segundo lugar, de acuerdo con la lista de exigencias y requerimientos del proyecto se evalúa las hojas técnicas de cada dispositivo con la finalidad de que el diseño elaborado proponga dispositivos tecnológicos que se puedan encontrar en el mercado peruano, de esta manera se facilita la identificación e integración de estos al sistema.

1.4.4. Justificación social

El informe "Food and Agriculture Organization of the United y asistencia 2017" presentado por



13

Documento de otro usuario

El documento proviene de otro grupo

[la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y](#)

la Agricultura -FAO (11), indica que para alimentar a una población mundial que se calcula ascienda a 10.000 millones en 2050, la producción agrícola deberá aumentar en casi un 50% en comparación con 2012, sin embargo, para lograr este crecimiento será necesario mejorar las técnicas de riego a través de la tecnología, entonces, es crucial promover un acompañamiento y asistencia técnica en los agricultores y productores de quinua tanto desde el sector público como del privado, con el fin de garantizar una producción de calidad y sostenible a través de un adecuado uso del agua. Por lo tanto, esta investigación tiene justificación social porque permitirá que los agricultores y productores de quinua puedan tener un acercamiento a este tipo de tecnologías e incluso hacer uso de misma.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitación teórica

La presente investigación se fundamenta en la teoría de sistemas de control automatizados aplicados a la agricultura de precisión, con un enfoque específico en el cultivo de quinua, por ende, en primer lugar, se abordarán conceptos y principios relacionados con la automatización, el control de riego y la eficiencia

25

en el uso del agua. Además, se considerarán estudios previos y modelos teóricos que han demostrado la efectividad de la automatización en la mejora de la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental. Por último, se analizarán las tecnologías avanzadas que permiten la implementación de sistemas de riego automatizados, destacando su impacto en la optimización del uso de recursos hídricos y en la reducción del desperdicio de agua. Este estudio se centrará en el diseño de un sistema de control automatizado que integra sensores, controladores, actuadores, con el objetivo de proporcionar una solución para el riego de cultivo de quinua.

1.5.2. Delimitación temporal

El presente estudio se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre julio y noviembre de 2024. Durante estos meses, se desarrolló el diseño de un sistema de control automatizado para el riego en el cultivo de quinua. Las actividades incluirán la investigación y selección de tecnologías adecuadas, el desarrollo de modelos teóricos elaboración de planos detallados y simulaciones.

1.5.3. Delimitación espacial

La investigación se desarrollará en un entorno académico, específicamente

 **hdl.handle.net** | Relación entre el clima laboral y el desempeño docente en la Facultad de Ingeniería eléctrica y electrónica de la Universidad Nacional del Callao, 2013
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/9596>

en

 **INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA.pdf** | INFORME FINAL DEL DOCENTE ADAN TEJADA
El documento proviene de mi biblioteca de referencias

la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional del

Callao,


ubicada en provincia constitucional del Callao, Perú y debido a

limitaciones presupuestarias, el estudio se centrará en el diseño aplicado del

sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua, utilizando

software especializado como AutoCAD y EPLAN para la elaboración de planos,

y TIA Portal para las simulaciones.

 **Proyecto de tesis - final Jimmy Sanchez.pdf** | Proyecto de tesis - final Jimmy Sanchez
El documento proviene de mi biblioteca de referencias

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes: Internacional y nacional

2.1.1. Antecedentes internacionales

• Villarreal (22) en su tesis de grado titulada, "Diseño de un sistema de control automático de la temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la

tecnología IoT," tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema automático de control para administrar el riego en viveros mediante el uso de sensores y controladores programables (Arduino) conectados a una red IoT. La metodología desarrollada incluyó la recolección de datos ambientales (temperatura, humedad y pH) en un vivero en Riobamba, Ecuador. La muestra consistió en sensores colocados estratégicamente en el vivero para monitorear condiciones en tiempo real y controlar el riego mediante electroválvulas en un sistema de nebulización. Los resultados mostraron una mejora en la eficiencia del riego y la calidad de las plantas al reducir el uso de agua. Concluye que el sistema es efectivo para optimizar recursos hídricos y se recomienda su aplicación en otros cultivos.

De lo expuesto por el autor, considero relevante el uso de sensores de humedad y electroválvulas como elementos clave en la automatización del riego. Por otro lado, la metodología que propone Villarreal, basada en el ajuste del sistema de riego según las necesidades del vivero, resulta útil para estructurar el diseño de mi sistema. Asimismo, el desarrollo teórico que fundamenta el sistema de control y la selección de instrumentos específicos me ofrece una guía valiosa para configurar un sistema adaptable al riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán.

• Gutiérrez et al. (23) en su artículo científico titulado "Diseño e implementación de un sistema de control automático de irrigación y fertilización para invernaderos bajo el paradigma de la Agricultura 4.0" y desarrollado en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, tuvo como objetivo general diseñar e implementar un sistema automático de control de irrigación y fertilización para invernaderos bajo el paradigma de Agricultura 4.0. La investigación se llevó a cabo en 12 bloques experimentales con diferentes concentraciones de soluciones nutritivas, utilizando sensores para medir conductividad eléctrica y humedad, así como una aplicación móvil para el monitoreo. Los principales resultados mostraron una eficiencia en el control de la conductividad eléctrica y un adecuado almacenamiento de datos en la

nube, permitiendo un monitoreo efectivo a través de la aplicación móvil; sin embargo, se concluyó que, aunque el sistema demostró ser efectivo para el control de variables agronómicas, es recomendable repetir experimentos para optimizar los resultados.

De lo expuesto por los autores, la integración de la Agricultura 4.0 y el uso de tecnologías digitales en la automatización del sistema de riego muestra

una metodología moderna que puede aplicarse en mi propio proyecto, facilitando un control más preciso del uso de recursos como el agua. Además, el uso de sensores avanzados para medir la humedad del suelo, temperatura, y conductividad eléctrica, que se monitorean en tiempo real, proporciona una base técnica sólida que puede ser replicada en mi diseño para el riego de quinua.

• Lescano y Vásquez (24), en su artículo científico titulado "Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo", tuvo como objetivo implementar un sistema de riego automatizado para prevenir la pérdida de producción en terrenos con pendientes pronunciadas y mejorar el suministro de agua en cultivos como aguacate y mandarina. La metodología combinó investigación aplicada y de campo, con encuestas a los agricultores para evaluar la viabilidad del sistema. Se utilizaron un microcontrolador Arduino Uno y sensores de humedad (FC-28), de lluvia (FC-37) y de luz (LM393), junto con un panel solar como fuente de energía alternativa. La muestra se extrajo de 100 agricultores, seleccionando a 8 para las encuestas, con un nivel de confianza entre 50 % y 95 % y un margen de error del 10 %. Los resultados mostraron que el 75 % de los agricultores apoyó la implementación, destacando la optimización del uso del agua y la reducción del consumo energético gracias al uso de energía solar. En conclusión, el sistema automatizado demostró ser eficaz y sostenible, funcionando de manera eficiente mediante la integración de sensores y energía alternativa para un riego en terrenos difíciles.

28

De lo expuesto por los autores, en primer lugar, destaco la lógica de funcionamiento del sistema. En segundo lugar, resalto el uso de sensores especializados (de humedad, lluvia y luz) integrados a un microcontrolador Arduino, junto con electroválvulas y micro aspersores para la activación automática del riego. Esto brinda un ejemplo práctico de selección y combinación de dispositivos tecnológicos que optimizan el control hídrico. Este enfoque me orienta en la elección y evaluación de sensores y actuadores disponibles en el mercado para el diseño de mi propio sistema automatizado.

• López (25) en su tesis de grado titulada "Sistema de control de riego automatizado para un uso eficiente del agua", tuvo como objetivo principal desarrollar una propuesta orientada a la automatización del sistema de control de riego en el Vivero Forestal Municipal de El Alto, Bolivia. La metodología aplicada combinó un diseño científico y el enfoque de la metodología Gemma, integrando técnicas de investigación documental, observación y entrevistas para obtener datos precisos y relevantes. La

muestra de estudio estuvo conformada por los trabajadores del vivero, quienes proporcionaron información clave sobre los procesos y prácticas actuales de riego. Los hallazgos demostraron que el diseño metodológico propuesto fue eficaz y tecnológicamente adecuado para registrar y controlar el riego, lo que permitió una gestión más eficiente del uso del agua. Las conclusiones subrayaron que la implementación del sistema automatizado optimizó significativamente el consumo de recursos hídricos y fue bien aceptada por la institución municipal, evidenciando su potencial para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de los procesos agrícolas.

De lo expuesto por el autor, considero relevante la metodología basada en la guía Gemma, dado que esta organiza de manera clara y estructurada las fases de automatización, supervisión e implementación. En este sentido, este enfoque práctico resulta invaluable para orientar el diseño de mi sistema de riego automatizado en el cultivo de quinua. Además, la conclusión del autor sobre la importancia de emplear tecnologías industriales tanto en

29

hardware como en software resalta la necesidad de incorporar herramientas avanzadas, lo que refuerza la visión de aplicar soluciones técnicas sólidas y efectivas en este proyecto.

• Pardo y Casa (26) en su tesis de grado titulada "Automatización de un



repositorio.utc.edu.ec | Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la U...
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6822/6/T-001522.pdf.txt>

sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero

#2 del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de



www.academia.edu | (PDF) Manejo automático de malla sombra y del riego en un invernadero con tomates Automatic handling of shade net and irrigation in greenho...
https://www.academia.edu/73396585/Manejo_automático_de_malla_sombra_y_del_riego_en_un_invernadero_con_tomates_Automatic_handling_of_shade_net_and_irrigation_in_greenhouse_with_tomatoes

Cotopaxi"

tuvieron como objetivo principal implementar un sistema automatizado de riego para controlar la humedad en los cultivos de un invernadero, con el propósito de optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas y el uso eficiente del agua. El diseño metodológico fue de tipo experimental, enfocado en la implementación y evaluación de un sistema automatizado de riego, utilizando métodos cuantitativos para medir la humedad y la eficiencia del riego. Los instrumentos empleados incluyeron sensores de humedad, electroválvulas, bombas centrífugas y un controlador lógico programable (PLC), acompañado de una interfaz hombre-máquina (HMI) para facilitar la operación manual y automática del sistema. La muestra de estudio consistió en los diferentes tipos de cultivos presentes en el invernadero. Los resultados mostraron que el sistema automatizado mejoró significativamente la eficiencia del uso del agua en un 50% y mantuvo los niveles óptimos de

humedad requeridos para los diferentes cultivos, alcanzando una presión de riego de 40 PSI, suficiente para los procesos de riego por nebulización. Las conclusiones indicaron que la automatización no solo permitió un control más preciso de la humedad, mejorando la calidad y cantidad de los cultivos, sino que también representó un avance tecnológico valioso para la formación académica de los estudiantes y el desarrollo del sector agrícola local, cumpliendo así con los objetivos propuestos de optimización del riego y ahorro de recursos hídricos.

De lo expuesto por los autores, es importante reconocer su aporte teórico y metodológico, ya que demuestran cómo la automatización permite mantener condiciones adecuadas de humedad para mejorar la producción agrícola. Además, el uso de sensores de humedad y electroválvulas para gestionar el

30

riego según las necesidades del cultivo proporciona un marco técnico aplicable al diseño de un sistema control automatizado para el riego de cultivo quinua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

• Rojas (27), en su tesis de grado titulada "Diseño de un sistema de potencia y control automatizado para riego en beneficio de los agricultores del distrito de Paramonga - 2021", tuvo como objetivo principal diseñar un sistema automatizado de riego en Paramonga que optimice el uso del agua y aumente la productividad agrícola. La metodología aplicada fue de tipo tecnológico y cuantitativo, con un diseño de campo y corte transversal. Se implementaron herramientas como sensores de humedad, un controlador lógico programable (PLC), software de programación y simuladores, probando la efectividad del sistema en un huerto específico. Los resultados indicaron que el sistema automatizado no solo reduce significativamente el desperdicio de agua, sino que también permite una distribución más precisa de los recursos hídricos y fertilizantes bajo condiciones climáticas variables. En conclusión, este enfoque de automatización promueve una gestión del agua más eficiente y sostenible, impulsando la productividad agrícola en la región.


De lo expuesto por la autora, se identifican varios aportes significativos para mi investigación. El enfoque metodológico basado en un sistema de control automatizado con PLC proporciona una base teórica sólida adaptable al cultivo de quinua. La consideración de factores como la humedad del suelo y la integración de sensores resulta esencial para un riego eficiente. Además, la estructura técnica con subsistemas (mecánico y de control) es aplicable, permitiendo mayor precisión en la gestión del riego. Por otro lado, el monitoreo mediante una interfaz gráfica enriquece significativamente el sistema, al proporcionar una visualización clara y en tiempo real de los

parámetros clave, lo que asegura una operatividad eficiente y una supervisión continua del proceso. Finalmente, la evaluación mediante


31

simuladores y los ajustes recomendados son útiles para perfeccionar mi diseño.

• Ordoñez y Cieza (28), en su tesis de grado titulada "Diseño de un sistema

 **repositorio.unj.edu.pe** | Repositorio UNJ: Diseño de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provi...
<https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/662>

de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero

 **alicia.concytec.gob.pe** | Descripción: Diseño de un sistema de riego automatizado por aspersión para viveros de café utilizando la tecnología arduino en la empresa Viv...
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/ULAD_01b8b342ca11ec2e3ab71b54b6ed2a18

de la municipalidad provincial de Jaén – Perú"

, tuvieron como objetivo

principal diseñar un sistema de control automatizado mediante tecnología

Arduino para optimizar el riego en el vivero de la Municipalidad Provincial de

Jaén, Perú. La metodología aplicada fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo y empleó un diseño no experimental utilizando herramientas tecnológicas como la placa Arduino Mega2560, sensores de humedad y luminosidad, electroválvulas, relés, nebulizadores y una bomba de agua. La muestra estuvo conformada por las áreas de cultivo del vivero distribuidas en seis sectores, donde se implementaron en total 434 aspersores y múltiples sensores para monitorear las variables ambientales. Los resultados mostraron una notable reducción en el consumo anual de agua, de 5,783.6 m³ a 1,560.6 m³, y una mejora en la eficiencia del riego, evidenciada por un Valor Actual Neto (VAN) de 5,976.95 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 23%. De este modo, se concluye que la automatización del sistema de riego no solo optimiza el uso del agua, sino que también reduce los costos operativos y aumenta la productividad, posicionándose como una solución sostenible para la gestión de recursos hídricos.

De lo expuesto por los autores, es fundamental destacar la evaluación técnica detallada del sistema de riego existente, en la cual se identificaron ineficiencias y se propusieron mejoras a través de un sistema de control automatizado. Esta evaluación resulta clave para mi proyecto, ya que resalta la importancia de analizar exhaustivamente las condiciones actuales del riego a fin de implementar soluciones que optimicen el uso del agua. Las conclusiones de su estudio demuestran que la automatización no solo incrementa la eficiencia del sistema, sino que también reduce significativamente el consumo de agua y los costos operativos. Estos resultados subrayan la necesidad de aplicar un enfoque técnico riguroso,

donde el control preciso de variables como la humedad y la distribución del agua es fundamental para mejorar la productividad de los cultivos.

• Guevara y Niño (29), en su tesis de grado titulada "Diseño conceptual de un sistema de control automatizado para el riego de cultivos en Chimbote", tuvieron como objetivo desarrollar un diseño conceptual de un sistema de riego automatizado que optimice el uso del agua y se adapte a diferentes tipos de suelo, cultivo y clima. La metodología fue de tipo descriptivo y tecnológico, empleando un diseño basado en simulaciones, en el que se integraron sensores de humedad, temperatura, caudal y nivel, junto con actuadores como electrobombas y electroválvulas, todos controlados mediante un sistema centralizado conformado por un controlador lógico programable (PLC). Los resultados demostraron que el sistema propuesto es flexible y eficiente, ajustando el riego a las condiciones cambiantes del entorno. En conclusión, este diseño conceptual promueve una gestión hídrica eficiente y adaptable, contribuyendo a la sostenibilidad y productividad en el sector agrícola.

De lo expuesto por los autores, resulta fundamental destacar la metodología integrada de VDI 2206 y Design Thinking, que proporciona un marco estructurado y adaptable para cada etapa del diseño de un sistema automatizado de riego. Este enfoque guía desde la conceptualización hasta la validación, asegurando un desarrollo efectivo y flexible. Además, el uso de simulaciones para verificar la funcionalidad y adaptabilidad del sistema representa una herramienta clave, ya que permite optimizar el riego según las condiciones específicas del cultivo, suelo y clima. Por último, la selección técnica de instrumentos como sensores de humedad, nivel, presión y caudal consolida una base sólida para el diseño de un sistema de control automatizado enfocado en el riego de cultivo de quinua.

• Lara (30), en su tesis de grado titulada "Diseño de un sistema automatizado



repositorio.upt.edu.pe | Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/23>

con el controlador lógico programable Simatic S7 1200 para mejorar el riego

tecnificado del cultivo de palto en el departamento de Moquegua, 2021", se

propuso como objetivo central diseñar un sistema de riego tecnificado por goteo para cultivos de palto en Moquegua mediante la automatización con el PLC SIEMENS S7-1200 y el software TIA Portal. Para lograrlo, empleó un diseño metodológico de tipo experimental y descriptivo, con una hectárea de terreno en Moquegua como muestra. Asimismo, utilizó instrumentos como


sensores y una interfaz HMI, que permiten visualizar en tiempo real el proceso de riego. Entre los resultados obtenidos, se destaca una mejora significativa en el control del riego gracias a la programación de apertura y cierre de electroválvulas, lo cual optimiza el uso del agua y permite una administración eficiente de los tiempos de riego. Finalmente, en sus conclusiones, se resalta que el sistema automatizado no solo racionaliza el uso de agua, sino que también aporta beneficios ambientales, subrayando la relevancia de la tecnificación para una agricultura sostenible.

De lo expuesto por el autor, es fundamental destacar que su aporte principal radica en el uso del Controlador Lógico Programable (PLC) SIMATIC S7 1200 para la automatización del sistema de riego, un componente crucial para mi investigación. En este sentido, este antecedente resalta la importancia de gestionar de manera automática las electroválvulas a través de un programa especializado, lo que no solo optimiza el riego, sino que también garantiza una aplicación eficiente y precisa del agua, contribuyendo significativamente a la mejora del uso de recursos hídricos.

• Ventura y Lima (31), en su tesis de grado titulada "Diseño

 **Documento de otro usuario**
El documento proviene de otro grupo

de un sistema

 **repositorio.continental.edu.pe**
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14202/1/IV_FIN_109_TE_Ventura_Lima_2024.pdf

automatizado de riego por aspersión con generación fotovoltaica para

optimizar el consumo del recurso hídrico en un terreno de cultivo de

aguaymanto en el CPM de

Mayobamba", el objetivo principal fue desarrollar

un sistema de riego automatizado que emplea energía fotovoltaica,

buscando mejorar el uso del agua en la región. El tipo de investigación es

 **repositorio.continental.edu.pe**
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14202/1/IV_FIN_109_TE_Ventura_Lima_2024.pdf

tecnológica, la metodología usada es la I+P+D3 (Investigación +

Planificación + Definición del producto, diseño y desarrollo), que comprendió

la obtención de datos meteorológicos y la realización de cálculos hidráulicos

y eléctricos. Para el diseño y simulación se utilizaron los softwares AutoCAD,

34

CROPWAT, S7-PLCSIM V17 y TIA Portal. La muestra fue una parcela de

cultivo en Mayobamba, y los instrumentos incluyeron sensores y un PLC

para el control de riego. Los resultados de las simulaciones indicaron que el

horario óptimo para el riego es de 5:00 p.m. a 2:00 a.m., optimizando el uso

de la bomba durante las horas de mayor radiación solar. En conclusión, el

sistema diseñado permite un uso eficiente del recurso hídrico y contribuye a

la sostenibilidad agrícola en la región.

De lo expuesto por los autores, es fundamental destacar que su aporte radica en la metodología propuesta, que se basa en cálculos hidráulicos y el dimensionamiento del sistema eléctrico. Esto será una referencia valiosa para estructurar los componentes técnicos en mi diseño. Además, el uso de software especializado como TIA Portal representa un punto de partida clave para la simulación y control de los dispositivos en un sistema automatizado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de control automatizado

Según Ogata (32), en su libro *Modern Control Engineering*, un sistema de control se define como un conjunto de componentes interconectados que regulan el comportamiento de otras variables o sistemas. En particular, un sistema de control automatizado se distingue por su capacidad para monitorear y ajustar automáticamente las variables de salida, asegurando que se mantengan dentro de ciertos parámetros deseados. Este proceso se lleva a cabo mediante el uso de señales de retroalimentación, que permiten comparar el valor medido con una referencia establecida.

Por su parte Nise (33), en *Control Systems Engineering*, describe un sistema de control como un mecanismo que regula el comportamiento de otro sistema o proceso, garantizando que opere dentro de un rango deseado según una señal de referencia. Además, los sistemas de control automatizados se caracterizan por su capacidad para realizar ajustes automáticos basados en las diferencias entre las variables medidas y los valores de referencia. Esta funcionalidad es

35

crucial para mantener la estabilidad y el rendimiento del sistema de manera efectiva.

De la misma manera Noguera (34), indica un sistema de control automático se compone de técnicas y herramientas que tienen como objetivo mantener una determinada condición física o una cantidad medible en un valor predeterminado.

Para lograr esto, el sistema mide constantemente la variable a controlar y la compara con un valor de referencia; así, mediante una acción correctiva, ajusta el valor de la variable en función de la diferencia encontrada.

En resumen, según Ogata (32), Nise (33) y Noguera (34), un sistema de control automatizado es una red de componentes interconectados que regula de manera autónoma el comportamiento de un proceso y que, a través de un bucle de retroalimentación, el sistema compara continuamente las variables medidas con un valor de referencia preestablecido, ajustando automáticamente las variables de control para minimizar las desviaciones y asegurar el cumplimiento de los requisitos del sistema. Esta regulación continua garantiza tanto la estabilidad como el óptimo funcionamiento del proceso.

Figura 4. La salida del sistema se debe a la interacción de la entrada con el proceso.

Fuente. Ricardo Hernández en "Introducción a los sistemas de control".

a. Componentes de los sistemas de control automático

• Sensor

Un sensor es un dispositivo que percibe un estímulo de entrada, el cual puede ser cualquier cantidad, propiedad o condición del entorno físico (como temperatura, presión o humedad), y genera una señal digital medible en

36

respuesta (como voltaje o corriente), que puede ser transmitida electrónicamente a través de una red para su lectura o procesamiento adicional (35).

• Controlador

Un controlador interpreta los datos de los sensores y toma decisiones para mantener las variables del sistema en los valores deseados (32). Un ejemplo común de controlador es un autómata programable, también denominado PLC (Controlador Lógico Programable), el cual es un dispositivo electrónico capaz de gestionar los circuitos de automatismos industriales de forma programada (36).

• Actuador

Los actuadores son dispositivos que reciben señales de un controlador y generan una acción (mecánica, eléctrica, hidráulica, neumática, etc.), que modifica las condiciones del sistema. Son esenciales en la automatización para realizar tareas físicas en el proceso de control (37).

• Elementos de Retroalimentación

La retroalimentación permite que un sistema ajuste sus entradas en respuesta a cambios en su salida. Esto ayuda a estabilizar el sistema y mantener las variables controladas (33).

• Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario es el medio a través del cual los operadores pueden interactuar con el sistema, monitorear datos y realizar ajustes necesarios (38).

Por ejemplo, en el presente trabajo, esta interfaz está representada por un HMI de la marca Siemens.

b. Tipos de sistema de control automático

Según Hernández (39), "Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo abierto (o no automáticos) y sistemas de lazo cerrado (retroalimentados o automáticos)".

37

• Sistema de control de lazo abierto: En este tipo de sistema, la acción de control se realiza sin considerar la respuesta de la salida. El sistema opera en función de la configuración establecida, sin realizar ajustes sobre la salida para alcanzar una meta específica. Esto significa que no se usa una retroalimentación para corregir o ajustar el proceso. Ejemplos de estos sistemas son algunos electrodomésticos como tostadores de pan o lavadoras

que operan según un tiempo predeterminado, sin evaluar si el resultado final cumple con un estándar específico.

Figura 5. Sistema de control de nivel de lazo abierto.



Fuente: Antonio Creus en "Instrumentación Industrial".

Figura 6. Diagrama de bloques del sistema de control de nivel de lazo abierto.



Fuente: Antonio Creus en "Instrumentación Industrial".

38

• Sistema de control de lazo cerrado: A diferencia de los sistemas de lazo abierto, los sistemas de lazo cerrado incluyen un proceso de retroalimentación que permite ajustar la acción de control de acuerdo con la salida observada. Esto implica que la salida real se compara constantemente con una referencia establecida, aplicando ajustes si es necesario para reducir la diferencia entre ambos valores. Este tipo de sistema se emplea en aplicaciones que requieren mayor precisión, como el control de temperatura en refrigeradores o termostatos en calefactores.

Figura 7. Sistema de control de nivel de lazo cerrado.



Fuente: Antonio Creus en "Instrumentación Industrial".

Figura 8. Diagrama de bloques del sistema de control de nivel de lazo cerrado.



Fuente: Antonio Creus en "Instrumentación Industrial".

39

c. Propuesta y descripción del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua.

Para el diseño del sistema fue necesario hacer uso de un controlador para monitorear los sensores y accionar los periféricos externos mediante actuadores.

Para ello estamos haciendo uso de un controlador lógico programable (PLC)

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacto, DC/DC/Relé, el cual nos ayuda con el procesamiento de información de nuestro sistema control. A continuación, se observa el diagrama de bloques del sistema.

Figura 9. Diagrama de bloques del sistema de riego automatizado.

Fuente: Elaboración propia.

• Descripción del funcionamiento del sistema.

El sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua comienza su funcionamiento al conectarse a una fuente de alimentación monofásica de 220 VCA, la cual suministra energía a través de una fuente conmutada AC/DC de 24 VDC. Esta fuente secundaria permite energizar al controlador y a los distintos instrumentos de mando y medición necesarios para la operación. El encendido del sistema se realiza girando el selector rotativo de llave a la posición de inicio, lo cual activa un LED indicador que señala visualmente que el sistema se encuentra en estado operativo y listo para ejecutar las funciones de control.

40

Una vez activado, el controlador lógico programable (PLC) empieza a realizar lecturas de datos de los sensores instalados en el sistema. En primer lugar, el PLC recopila la información del sensor de humedad en el suelo, cuyo valor es procesado según la lógica programada en el controlador para determinar si el terreno necesita riego. Si se detecta que la humedad del suelo está por debajo del valor deseado, el sistema procede a verificar la disponibilidad de agua en el tanque de almacenamiento. Esta validación se lleva a cabo mediante un sensor de presión hidrostática y boyas de nivel que confirman si existe suficiente agua para el proceso de riego.

Confirmada la disponibilidad de agua, el sistema inicia la distribución de está abriendo la electroválvula principal, seguida de la activación de las electroválvulas secundarias correspondientes, las cuales controlan el flujo de agua hacia las áreas de cultivo. Durante esta etapa, un sensor de caudal monitorea el flujo de agua, proporcionando datos en tiempo real al sistema. Paralelamente, un variador de frecuencia ajusta la velocidad de la electrobomba para asegurar que la presión del agua se mantenga dentro de los rangos necesarios para el riego. Esta presión es supervisada por un transmisor de presión ubicado en las tuberías de PVC, que actúan como líneas de cabecera y distribución, permitiendo que el riego se realice por exudación y asegurando una distribución uniforme del agua en el cultivo.

Finalmente, para completar el proceso, el sistema cuenta con una interfaz de supervisión HMI que permite al usuario visualizar y monitorear en tiempo real cada fase del riego, así como el estado operativo de todos los dispositivos involucrados. Esta interfaz ofrece un control visual de la humedad del suelo, nivel de agua en el tanque, y del funcionamiento de cada componente, facilitando el seguimiento del riego en el cultivo de quinua.

2.2.2. Riego de cultivo de quinua

Según Matus (40) en su informe sobre el riego de la quinua, este proceso se refiere a la aplicación controlada de agua para satisfacer las necesidades hídricas de la quinua durante su desarrollo, especialmente en períodos secos o

41

en ausencia de precipitaciones, con el objetivo de optimizar su crecimiento y rendimiento y además es fundamental determinar los momentos óptimos de aplicación del agua, tanto en cantidad como en frecuencia, para maximizar la producción de este cultivo de alto valor comercial.

De la misma manera Calla (41) indica que el riego de cultivo de quinua se refiere a la práctica de suministrar agua a las plantas de quinua para asegurar su crecimiento y desarrollo óptimo, especialmente en condiciones de secano donde la disponibilidad de agua es limitada. Además, esta técnica es crucial para maximizar la producción y calidad del grano, adaptándose a las necesidades específicas de las variedades cultivadas y a las condiciones agroclimáticas del área.

Por otro lado, el proyecto FONTAGRO sobre el manejo sostenible del riego y la fertilización en quinua destaca que el riego no solo debe enfocarse en la cantidad de agua aplicada, sino también en la integración de herramientas tecnológicas que permitan un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos (42).

Por lo tanto, de acuerdo con los autores citados podemos resumir que, el riego del cultivo de quinua es un proceso esencial para asegurar un suministro adecuado y constante de agua. Por consiguiente, este riego debe ser gestionado de manera eficiente y adaptarse a las condiciones locales, utilizando tecnologías avanzadas para maximizar el rendimiento del cultivo y hacer un uso responsable de los recursos hídricos disponibles.

a. Generalidades de la quinua

Según el informe de Sierra y Selva Exportadora (43) la quinua puede crecer desde el nivel del mar hasta el altiplano, siendo su altitud óptima entre 2,800 y 3,500 metros sobre el nivel del mar. Además, este cultivo requiere de suelos francos o franco-arenosos, semi profundos, con buen drenaje y con alto contenido de materia orgánica. Por otro lado, es importante indicar que este cultivo usa eficientemente el agua, ya que, tolera la falta de agua, así como los excesos de esta y normalmente necesita lluvias de 300 a 400 mm. Finalmente,



la tecnología usada en su cultivo es bastante variable, desde aquella tradicional

42

hasta aquella moderna altamente tecnificada. Dependiendo de la interacción de

estos factores de clima, suelo y tecnología los rendimientos varían de 1 a 7

t/ha

(44).

b. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de quinua

• Altitud

Según Gómez (44), la quinua puede ser cultivada desde la costa (0 a 500 m.s.n.m.), pasando por la yunga (500 a 2,500 m.s.n.m.), la sierra media o valles interandinos (2,500 a 3,500 m.s.n.m.), hasta la sierra alta o altiplano (3,500 a 4,000 m.s.n.m.). Por otro lado, Izquierdo et al. (45) señala que el mejor desarrollo del cultivo se obtiene entre los 2,800 y 3,900 m.s.n.m. en la zona andina.

• Temperatura

La quinua se adapta a diversos climas gracias a su variabilidad genética, con temperaturas óptimas de crecimiento entre 15 y 25°C, dependiendo de la variedad (44).

• Humedad-Precipitación

La quinua se cultiva en un rango de precipitación que varía entre 300 y 1000 mm, siendo el rango óptimo entre 500 y 800 mm. En los periodos críticos, dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada, se considera adecuada una precipitación de 60 a 100 mm para un buen establecimiento del cultivo. Respecto a la humedad relativa, el desarrollo del cultivo es favorable con niveles del 40 % en el altiplano y hasta el 100 % en la costa, especialmente durante los meses de mayor desarrollo, como enero y febrero (44).

Finalmente, la cantidad de agua necesaria para el crecimiento óptimo de la quinua, medida en contenido volumétrico de agua (VWC), depende de las condiciones específicas del suelo y el clima. En este sentido, estudios han demostrado que la quinua puede desarrollarse adecuadamente con un VWC que oscila entre el 24% y el 28,5% (46).

43

• Suelos

La quinua puede crecer en una amplia variedad de suelos, siendo los óptimos aquellos con buen drenaje, francos y semi profundos, con alto contenido de materia orgánica. Se deben evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación para prevenir la podredumbre radicular. Las variedades de quinua pueden crecer en suelos con pH desde 4.5 hasta 9.0 (44).

• Temporada

En Perú, la siembra de quinua se lleva a cabo entre el 15 de septiembre y el 15 de noviembre, con la cosecha ocurriendo entre siete y diez meses después. En algunos casos, la siembra puede extenderse hasta diciembre (44); sin embargo, en el departamento de La Libertad, el inicio de la siembra puede prolongarse hasta los meses de enero o febrero (14), dependiendo de las lluvias y las condiciones climáticas de la región.

c. Métodos de riego

Según el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y

Conservación de Suelos (47), el riego se define como el método artificial de proporcionar agua directamente a la zona radicular de las plantas cultivadas, con el propósito de maximizar su uso eficiente. Para llevar a cabo esta práctica, se han desarrollado diversos métodos de riego, los cuales se clasifican en riego por superficie y riego presurizado o localizado.

❖ Riego por superficie

o Riego por surcos

El riego por surcos es



www.cenicana.org | Riego por surcos – Cenicaña
<https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/>

también denominado riego por gravedad en el cual el agua

se coloca en la cabecera de los surcos y por gravedad avanza hasta el extremo

más bajo permitiendo; durante este tiempo, la infiltración de una lámina de agua

de mayor valor se presenta generalmente en la cabecera del campo. Con este

método el agua se aplica únicamente durante la fase de avance, cortando el

suministro un poco antes de que el frente de avance llegue al final del surco (48).

44

Figura 10. Riego por gravedad.

Fuente: Pagina web Cenicaña.

o Riego por tablas o melgas

Una melga es una franja de terreno limitada por dos bordos paralelos que permiten la circulación controlada del agua de riego, ajustando su dirección, caudal y duración. Sin embargo, este método requiere mano de obra y tiempo para su construcción y mantenimiento, y no es adecuado para terrenos con pendientes pronunciadas (49).

Figura 11. Riego por melgas.

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina.

45

o Riego por tablares

Este sistema de riego divide el terreno en compartimentos cerrados, o tablares, separados por diques o caballones, donde el agua se estanca e infiltra en el suelo y un terreno nivelado favorece una distribución uniforme, pero su principal desventaja es la filtración profunda, ya que, al no tener desagüe superficial, el exceso de agua puede filtrarse más allá de la zona de raíces, reduciendo la eficiencia y desperdiciando recursos hídricos (50).

Figura 12. Riego de un olivar por medio de tablares.

Fuente: Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca (Riego de superficie).

❖ Riego presurizado

o Riego por aspersión

Este sistema simula la lluvia al pulverizar el agua en gotas finas a través de aspersores, que distribuyen el agua uniformemente sobre el área de cultivo. Es ideal para una amplia variedad de cultivos y terrenos, permitiendo un control uniforme y eficiente de la humedad en el suelo (51).

Figura 13. Riego por aspersión.

Fuente: página web encolombia.com

46

o Riego por microaspersión

Este sistema es similar al riego por aspersión, pero con un alcance más limitado, pues la microaspersión distribuye el agua en pequeñas gotas cerca de las raíces de las plantas. Este método es eficiente para áreas con cultivos de hortalizas y frutales, donde es necesario un control preciso de la cantidad de agua aplicada (52).

Figura 14. Riego por microaspersión.

Fuente: Página web moto aspersión de Nayarit SA.

o Riego por goteo

Este sistema aplica el agua en forma de gotas directamente sobre la base de las plantas, lo cual permite que el agua se infiltre de manera gradual y constante. Es eficiente en términos de ahorro de agua y adecuado para zonas áridas o con escasez de recursos hídricos, proporcionando la cantidad de agua necesaria para el crecimiento óptimo de los cultivos (53).

Figura 15. Riego por goteo.

Fuente: Pagina web NETAFIM.

47

o Riego por Exudación

En este sistema, el agua es transportada a través de mangueras porosas que permiten la exudación constante a lo largo de las raíces de las plantas. Este método asegura una distribución homogénea y eficiente del agua en el área radicular, minimizando las pérdidas por evaporación y filtración, y es ideal para cultivos con requerimientos específicos de humedad en el suelo (54).

Figura 16. Riego por exudación.

Fuente: Página web PRISMAB.

2.3. Marco Conceptual

a. Diseño en ingeniería

Según Pahl y Beitz (55), el diseño en ingeniería se considera un proceso sistemático destinado a la concepción, planificación y organización de sistemas o componentes que cumplan con ciertos requisitos de funcionalidad, seguridad y operación. Para lograr esto, se aplican principios técnicos y científicos que permiten evaluar distintas alternativas y gestionar riesgos inherentes, aunque el éxito del diseño puede estar condicionado por limitaciones técnicas, ambientales y de recursos.

Por otro lado, Dieter y Schmidt (56), describen el diseño en ingeniería como una secuencia de planificación estructurada, cuyo propósito es desarrollar soluciones prácticas y técnicas que resuelvan problemas específicos. Aunque este proceso sigue un marco metódico, no siempre garantiza resultados definitivos, pues existen incertidumbres relacionadas con el entorno de aplicación y con la variabilidad en los requisitos de diseño.

48

En general, de acuerdo con los autores citados se deduce que, el diseño en ingeniería es un proceso metódico y estructurado orientado a concebir y planificar sistemas o componentes que cumplan con ciertos requisitos funcionales, de seguridad y operatividad. Por lo que, este proceso implica tanto la evaluación de alternativas como la gestión de riesgos, abordando la resolución de problemas específicos a través de principios científicos y técnicos. Sin embargo, es importante reconocer que el diseño no garantiza siempre un resultado exitoso debido a las posibles limitaciones técnicas, ambientales y a la variabilidad de los requisitos.

b. Diseñar en el campo eléctrico y de automatización

El diseño en el ámbito de la electricidad y la automatización consiste en la planificación y desarrollo de sistemas eléctricos y automatizados que cumplen con requisitos específicos de funcionalidad, seguridad y eficiencia. Según las normativas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), este proceso implica la creación de especificaciones técnicas detalladas, diagramas y configuraciones que aseguran la interacción adecuada de los componentes eléctricos y de automatización. Además, es fundamental que el diseño cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento, como los establecidos en la serie IEC 61508, los cuales buscan minimizar los riesgos asociados y garantizar la confiabilidad operativa del sistema (57).

c. Automatismo

En el ámbito de la ingeniería y la industria, la automatización se define como el uso de tecnología para controlar y monitorear procesos de producción sin la intervención humana directa (58). Además, los automatismos se utilizan en

distintos sectores, como la fabricación, el transporte y la gestión de instalaciones, donde los sistemas automáticos ejecutan operaciones mediante tecnología integrada, sensores y controles electrónicos para tareas como el control de maquinaria, la gestión de energía, y el mantenimiento de la calidad de los productos (59). Finalmente, estos sistemas pueden clasificarse en dos categorías: cableados y programables. La clasificación depende de si su

49

funcionamiento se determina mediante conexiones físicas entre componentes o a través de programación (36).

d. Sistema de riego automatizado

Según Ponce y Laverde (60) “un sistema de riego se denomina al conjunto de elementos físicos que hacen posible que un área determinada pueda ser cultivada con la aplicación de agua necesaria para las plantas”.

En cuanto a un sistema de riego automatizado puede decir que es un conjunto de dispositivos y tecnologías que permiten el suministro de agua a los cultivos de manera automática, sin la necesidad de intervención manual constante (61).

Además, estos sistemas utilizan componentes como válvulas, programadores, sensores y tuberías para responder a condiciones climáticas y requisitos específicos de las plantas, adaptándose a diferentes tipos de terreno (62).

e. Autómata programable



www.aicad.es | Autómata Programable: ¿Para Qué Sirve? Y ¿Cómo Funciona? | Aicad
<https://www.aicad.es/automata-programable>

Un autómata programable, también conocido como PLC (Programmable Logic

Controller), es un dispositivo electrónico utilizado en la automatización industrial

para controlar procesos secuenciales en tiempo real. Estos dispositivos están diseñados para operar en condiciones adversas y son capaces de recibir información de sensores, procesarla según un programa preestablecido y emitir órdenes a través de sus salidas (63).

- Estructura del autómata programable

De acuerdo con Martín y García (36), un autómata programable funciona a través de un sistema electrónico que utiliza un microprocesador. Este microprocesador se encarga de procesar las señales externas de entrada y salida mediante interfaces específicas. Además, para garantizar un funcionamiento continuo y óptimo del sistema, es necesaria una fuente de tensión. Los programas, por su parte, se almacenan en diferentes tipos de memoria que posee el PLC y son gestionados desde un dispositivo de programación externo.

50

2.4. Definición de términos básicos.

- Riego

El riego es el proceso de aplicar agua de manera controlada a las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas y promover su crecimiento. Por ende, este procedimiento es esencial en la agricultura y la jardinería, especialmente en áreas donde las precipitaciones naturales son insuficientes para mantener los cultivos saludables (64).

- Sistema de riego

Un sistema de riego se compone de varios elementos, entre los que se encuentran la fuente de agua, la red de distribución, los componentes de control y los dispositivos de emisión. Estos elementos trabajan en conjunto para regar diferentes tipos de cultivos o paisajes (62).

51

- Riego tecnificado.

El riego tecnificado optimiza el uso del agua en la agricultura mediante sistemas como el riego por goteo, aspersión y exudación, que dosifican el recurso de forma precisa según las necesidades de las plantas y el suelo. Esto reduce el desperdicio de agua, favorece el crecimiento de los cultivos y es clave para una producción agrícola sostenible y rentable, especialmente en áreas con escasez hídrica (65).

•



repositorio.continental.edu.pe

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6402/2/IV_FIN_113_TI_Quispe_Herhuay_2019.pdf

Germinación

Para que se efectúe la germinación, se requiere que las semillas de quinua se

encuentren en condiciones apropiadas de temperatura, nivel de oxígeno y un

apropiado porcentaje de humedad. Entonces, la semilla germinará rápidamente

si cumple con las condiciones planteadas. Por lo tanto, la cantidad de agua



repositorio.continental.edu.pe

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6402/2/IV_FIN_113_TI_Quispe_Herhuay_2019.pdf

requerida es fundamental para dar inicio al proceso de germinación, en caso

contrario, no se logrará un buen resultado (44).

- Saturación

La saturación del suelo se produce cuando todos los poros del suelo están

completamente llenos de agua, lo que elimina la presencia de aire en ellos. En

esta situación, las plantas pueden morir por asfixia debido a la falta de oxígeno.

Por esta razón, es crucial regar en cantidades adecuadas y utilizar canales de

drenaje durante la temporada de lluvias. Estos canales ayudan a controlar la

cantidad de agua que se acumula, evitando así la saturación y el riesgo de

marchitez de las plantas (66).

• WWC

Las siglas WWC significan Volumetric Water Content (Contenido Volumétrico de Agua) y es una medida que indica la cantidad de agua presente en el suelo en relación con su volumen total, expresada generalmente como un porcentaje (67).

Además, es crucial para la gestión del riego y la agricultura de precisión, ya que permite a los agricultores determinar cuándo y cuánto regar sus cultivos para optimizar el uso del agua y mejorar el rendimiento de las plantas (68).



52

• PLC

Un PLC (Controlador Lógico Programable, por sus siglas en inglés:

Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico especializado para el control automatizado de procesos industriales. Programado para ejecutar secuencias lógicas, puede gestionar sistemas y dispositivos en entornos exigentes, soportando vibraciones, humedad y temperaturas extremas. Su capacidad de manejar entradas y salidas tanto analógicas como digitales lo hace esencial en la automatización industrial (69).

• VFD

Un VDF (Variador de frecuencia, por sus siglas en inglés: Variable Frequency Drive) es un dispositivo electrónico que ajusta la velocidad y el par de motores eléctricos al controlar la frecuencia y el voltaje de la energía suministrada. Entonces, esta capacidad le permite optimizar el rendimiento energético en aplicaciones industriales, adecuando la velocidad del motor a las necesidades del proceso (70).

• HMI

Un HMI (Interfaz Hombre-Máquina, por sus siglas en inglés: Human-Machine Interface), es un dispositivo que permite la interacción entre un operador humano y una máquina, sistema o proceso. Los HMIs son utilizados en diversas industrias para monitorear y controlar equipos y procesos industriales. Estos dispositivos pueden ser pantallas táctiles, paneles de control, computadoras o cualquier otro dispositivo que permita al operador visualizar datos, enviar comandos y recibir retroalimentación del sistema (71).

• Electrobomba

Una electrobomba es un equipo electromecánico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica para mover líquidos o fluidos, generalmente agua. Así mismo, funciona mediante un motor eléctrico que impulsa un sistema de bombeo, generando la presión y caudal necesarios para mover el fluido a través de tuberías o sistemas de distribución. Por lo tanto, las electrobombas son

ampliamente utilizadas en aplicaciones de suministro de agua, sistemas de irrigación, y procesos industriales (72).

- Transmisor

Un transmisor es un dispositivo que detecta una variable de proceso (como presión, temperatura, flujo, entre otras) y la convierte en una señal que puede enviarse a distancia hacia un equipo receptor, el cual puede ser un indicador, registrador o controlador. Por lo tanto, estos dispositivos permiten la monitorización y control remoto de procesos industriales, empleando distintos tipos de señales de transmisión como neumáticas,



electrónicas, digitales,

hidráulicas y telemétricas (73).

- Full Scale o Valor final (FS)

El Full Scale (FS) es el valor más alto de la magnitud a medir a la hora de realizar un ajuste de un instrumento para la medición (74). No obstante, también es importante mencionar que cuando se indica la precisión de un sensor como un porcentaje del "FS", significa que el error máximo permitido es un porcentaje del valor máximo que el sensor puede medir en su rango completo. Es decir, si un sensor tiene un rango de 0 a 10 bares y una precisión de $\pm 0.5\%$ FS, el error máximo sería: $0.5\% \times 10 \text{ bares} = 0.05 \text{ bares}$, entonces esto significa que la lectura del sensor puede variar hasta ± 0.05 bares respecto al valor real en cualquier punto de su rango.

- Normativa ISA 5.1

La normativa ISA 5.1 es un estándar internacional desarrollado por la Sociedad Internacional de Automatización (ISA) titulado "Instrumentation and Control Symbols and Identification" (Símbolos e identificación de instrumentación y control). Este documento establece las reglas y directrices para la creación de diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID, por sus siglas en inglés) y otros diagramas relacionados con sistemas de control e instrumentación (75).

54

- Normativa IEC 61082-1

La normativa IEC 61082-1 es un estándar internacional desarrollado por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) titulado "Preparation of Documents Used in Electrotechnology – Part 1: Rules" (Preparación de documentos utilizados en electrotecnología – Parte 1: Reglas). Este estándar establece las reglas generales para la preparación de documentación técnica en el ámbito de la electrotecnología, que incluye sistemas eléctricos, electrónicos y de automatización (76).

- AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado

por la empresa Autodesk y es ampliamente utilizado por arquitectos, ingenieros y diseñadores para crear dibujos en 2D y modelos en 3D, con el objetivo de diseñar y documentar proyectos de manera precisa y eficiente (77). Dentro de este marco, AutoCAD facilita la creación de planos detallados, como los diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) y los diagramas de arquitectura de comunicaciones. Además, este software también permite diseñar planos mecánicos de tableros de control y automatización los cuales detallan la disposición de componentes eléctricos y electrónicos dentro de un tablero de control, incluyendo controladores lógicos programables (PLC), interruptores, relés y otros dispositivos.

- EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8 es un software de diseño eléctrico que se utiliza para planificar, diseñar y documentar proyectos de ingeniería eléctrica. Este sistema de ingeniería es consistente, integrado y rápido, pues soporta una amplia variedad de métodos de ingeniería, desde la creación manual hasta enfoques estandarizados y basados



www.eplan.es | EPLAN Electric P8: Soluciones Avanzadas de Diseño Eléctrico
<https://www.eplan.es/soluciones/eplan-electric-p8/>

en plantillas. Los datos del proyecto, una vez

introducidos en el esquema, se convierten en la base para la finalización

automatizada de la documentación de la máquina y del sistema de planta (78).

55

- TIA Portal

El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) de Siemens es un software de programación y configuración que integra una amplia gama de componentes de automatización industrial en una única plataforma. Este software permite la programación de PLCs, HMIs, variadores de frecuencia y otros dispositivos de automatización, facilitando la gestión y optimización de distintos procesos industriales de manera eficiente y centralizada (79).

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema de control automatizado permite una base técnica que facilite su simulación en un entorno virtual para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

3.1.2. Hipótesis específicas

HE1: Las herramientas tecnológicas seleccionadas permiten diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

HE2: Los planos técnicos desarrollados en AutoCAD y EPLAN proporcionan una representación del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

HE3: La simulación del sistema de control automatizado en TIA Portal permite verificar que el diseño cumple con los requisitos para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

56

3.2. Operacionalización de variable

Tabla 1. Operacionalización de variable

VARIABLES
DEFINICIÓN

CONCEPTUAL
DEFINICIÓN

OPERACIONAL
DIMENSIONES INDICADORES ÍNDICES/ÍTEMES MÉTODO TÉCNICA

SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO

Un sistema de control automatizado es un conjunto de técnicas y herramientas que permiten monitorear y ajustar en tiempo real variables físicas, comparando su valor medido con un valor de referencia y aplicando correcciones para mantener el proceso dentro de los límites deseados (36).

Establecer la secuencia para la implementación de un sistema que utiliza sensores, controladores y actuadores para monitorear y ajustar las condiciones del riego en el cultivo de quinua, considerando un procedimiento que está establecido en la metodología de diseño, así como en los respectivos planos para su ejecución.

herramientas tecnológicas

Tipo de sensores

Sensor de humedad, presión, flujo,

nivel.

Investigación
documental

Análisis
técnico

Dispositivo de
Control

Controlador Lógico Programable
(PLC)

Software de
diseño

AutoCAD,



EPLAN Electric P8.

Actuadores
Válvulas, variador de frecuencia,
electrobomba.

Planos
técnicos

Diagrama P&ID

Identificación de instrumentos de
control y medición.
Conexiones y rutas de tuberías y
líneas de proceso.
Representación de válvulas y otros
elementos mecánicos. Investigación

documental
Análisis
técnico

Diagrama de
arquitectura de
comunicaciones

Dispositivos y protocolos de
comunicación.
Integración de sensores y actuadores.
Controladores y módulos de interfaz
de comunicación

57

Diagrama
eléctrico
multipolar

Distribución de fases y conexiones de
potencia.
Protecciones eléctricas (fusibles,
interruptores, disyuntores).
Identificación de componentes
eléctricos principales.

Diagrama
Mecánico

Ubicación y distribución de
dispositivos en el tablero.
Dimensiones y especificaciones de
montaje.
Sistemas de ventilación y disipación
de calor.

Simulación
Pruebas de
simulación en
TIA Portal v18

Verificación Simulación

Pruebas
de
simulación

Riego de
cultivo de
quinua

El riego de cultivo
de quinua se
refiere a la
práctica de
suministrar agua
a las plantas de
quinua para
asegurar su
crecimiento y
desarrollo óptimo,
especialmente en
condiciones de
secano donde la
disponibilidad de
agua es limitada
(30).

El riego de cultivo de
quinua consiste en
distribuir una cantidad
específica de agua en
intervalos y
volúmenes
determinados. Puede
ser gestionado
manualmente o
mediante sistemas
automatizados,
ajustándose a
factores como tipo de
suelo, etapa de la
planta y clima (29).

Uso del Agua

Humedad del
suelo

Contenido Volumétrico de Agua
(VWC) entre el 24% y el 28.5%

Investigación
documental

Análisis
de
contenido

Frecuencia de
riego

Número de riegos por semana
Investigación
documental

Tamaño de
parcela

Área de cultivo
de quinua

$\leq 2500\text{m}^2$
Investigación
documental

58

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

a) Tipo de investigación: Aplicada

Para Hernández-Sampieri et al. (80), la investigación aplicada se centra en la

búsqueda de conocimientos con el objetivo de resolver problemas prácticos específicos y a diferencia de la investigación básica, que amplía el conocimiento general, la aplicada utiliza teorías y metodologías conocidas para desarrollar soluciones efectivas en contextos específicos.

¿Por qué esta investigación es de tipo aplicada?

Esta investigación es de tipo aplicada porque su propósito principal es desarrollar un diseño práctico y específico para un sistema de control automatizado de riego.

No busca ampliar el conocimiento teórico sobre sistemas de riego, sino ofrecer una solución adaptable a las necesidades de riego en el caserío de Cahuadán.

b) Nivel de investigación: Descriptivo

Para Tamayo y Tamayo (81), la investigación descriptiva se caracteriza por analizar y detallar las características de un fenómeno, grupo o situación en particular, sin buscar establecer relaciones causales. Su enfoque se orienta hacia la recolección de datos que permitan describir el objeto de estudio en detalle.

¿Por qué esta investigación es de nivel descriptivo?

Esta investigación es de nivel descriptivo porque pretende detallar y caracterizar los componentes y aspectos técnicos del diseño del sistema de riego automatizado. Su objetivo es proporcionar una descripción completa y estructurada del sistema, que sirva como base para su posible implementación.

59

c) Diseño de investigación: No experimental

Según Arias (82), el diseño de investigación no experimental se refiere a aquellos estudios en los que las variables no son manipuladas directamente por el investigador; en su lugar, se observan en su contexto natural tal y como existen.

¿Por qué esta investigación es no experimental?

Esta investigación es no experimental porque no se realizará una intervención directa de las variables en el campo ni se implementará el sistema de control automatizado de riego. En lugar de ello, el presente trabajo se centra en el diseño y la simulación del sistema, lo cual permite validar su funcionamiento teórico sin necesidad de llevar a cabo pruebas prácticas en un entorno real. Por lo tanto, este enfoque se alinea con la metodología no experimental, que observa y analiza fenómenos en su contexto natural sin manipular variables independientes. Además, la simulación computacional utilizada permite evaluar el desempeño del sistema propuesto e identificar mejoras antes de una posible implementación práctica.

d) Enfoque de investigación: Cuantitativo

Según Hernández Sampieri et al. (80), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la recopilación y análisis de datos numéricos, que permiten describir y analizar fenómenos a través de la medición o la estadística. Generalmente, el enfoque

cuantitativo busca datos objetivos y medibles.

¿Por qué esta investigación adopta un enfoque cuantitativo?

El presente trabajo de investigación está diseñado bajo un enfoque cuantitativo ya que los datos que se recopilarán son del tipo numérico y provienen de los sensores del sistema diseñando, además de realizan cálculos numéricos para determinar las características y cualidades de los instrumentos utilizados.

60

4.2. Método de investigación

El método de investigación aplicado en este trabajo es el método hipotético-deductivo, el cual, según Bunge (83), “es un proceso que consiste en formular hipótesis con base en principios generales para luego someterlas a verificación o falsificación mediante la observación y el análisis empírico”. Este enfoque permite partir de un conocimiento amplio y sistemático para llegar a conclusiones específicas mediante la deducción lógica y la validación de los datos. En el caso de este estudio, este método resulta adecuado, ya que facilita el desarrollo de un diseño específico a partir de conceptos y teorías establecidas en automatización e instrumentación industrial.

En este contexto, el presente trabajo de investigación aplica el método hipotético-deductivo debido a su enfoque en el diseño teórico de un sistema de control automatizado. Partiendo de conocimientos generales en sistemas de riego, automatización y control, se establece un marco teórico amplio que servirá para fundamentar el diseño de un sistema automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, sin llegar a la implementación práctica del sistema. Esta metodología facilita la estructuración del diseño al permitir deducir y prever los componentes técnicos necesarios como los diagramas P&ID, de arquitectura de comunicaciones, eléctrico multipolar y mecánico de acuerdo con principios y estándares técnicos en el campo de la automatización.

En resumen, este método permite organizar el proceso de diseño mediante la formulación y análisis de hipótesis, adaptando el conocimiento general de control y automatización a los requisitos específicos, de un sistema de control automático para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, y optimizando así el uso de recursos teóricos para lograr un diseño funcional, completo y aplicable a un futuro contexto de implementación.

Finalmente, para la elaboración del diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, se ejecuta las siguientes etapas:

61

En esta etapa se establecerá una lista de exigencias y requerimientos del sistema, para luego plantear la estructura funcional del mismo.

a. Lista de exigencias y requerimientos

El punto de partida para desarrollar conceptos de solución es definir claramente las exigencias y requerimientos, ya que estos establecen los parámetros para seleccionar el concepto adecuado. Es crucial priorizar ciertas características o funciones en el diseño del sistema.

En la tabla 2 se detalla una lista de exigencias, requerimientos y deseos que deben considerarse al diseñar o elegir el concepto de solución del sistema, incluyendo tanto aspectos funcionales como estructurales y otros.

Tabla 2. Lista de exigencias y requerimientos.

“

 **Documento de otro usuario**
El documento proviene de otro grupo

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL RIEGO DE

CULTIVO DE QUINUA EN EL CASERÍO DE CAHUADÁN, DISTRITO DE HUAMACHUCO, PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD 2024”

EXIGENCIAS Y

REQUERIMIENTOS

N° CARACTERÍSTICAS DESCRIPCIÓN E/R

Generales 1 Función del sistema Riego automatizado

aplicando un método de riego de alta frecuencia.

E

2 Versatilidad Adaptabilidad a

diferentes condiciones

de suelo, cultivo y clima.

E

3 Simplicidad Facilidad de instalación

y mantenimiento.

R

4 Conformidad Cumplimiento con

normativas ambientales

y de seguridad.

E

62

5 Resistencia Al seleccionar

dispositivos como

sensores y actuadores,

se considera que

cuenten con protección

contra la intemperie.

R

6 Energía Eléctrica Alimentación de 220V

AC y de 24 VDC.

E

7 Señales Integración de señales

discretas, analógicas y

protocolos de

comunicación.

R

8 Diseño Elaborar el diseño

detallado del sistema y

sus elementos.

E

9 Tamaño del terreno Consideración del

tamaño promedio de

terrenos para el cultivo

de quinua en el caserío

de Cahuadán: 1500m²

(Largo: 50 - Ancho: 30)

E

Mecánico - Eléctrico 10 Función del sistema Distribución del agua

según el requerimiento

de cultivo de quinua.

E

11 Durabilidad Tuberías y conexiones

resistentes a la

corrosión y presión.

R

12 Precisión Válvulas de control de

flujo precisas.

R

63

13 Seguridad Protección contra

sobrecargas y

cortocircuitos.

E

Electrónicos 14 Exactitud Sensores de humedad

del suelo y clima de alta

precisión

R

15 Confiabilidad Actuadores confiables

para el control de

válvulas y bombas

R

16 Conectividad Opción a integración de diferentes protocolos de comunicación.

R

17 Estabilidad Fuente de alimentación estable y segura.

E

Procesamiento de Información por PLC

18 Capacidad PLC con capacidad de procesamiento suficiente para manejar múltiples entradas y salidas.

R

19 Flexibilidad Programación flexible para ajustes de riego según condiciones específicas.

R

20 Usabilidad Interfaz de usuario intuitiva para la configuración y monitoreo.

R

Fuente: Elaboración propia.

64

b. Estructura funcional del sistema

La estructura funcional del sistema se lleva a cabo para mejorar la comprensión del sistema que se desea diseñar. Para ello, se hace una abstracción del sistema utilizando el enfoque de caja negra, común en sistemas de control y automatización (32). De esta manera, este método permite identificar y diferenciar claramente los tipos de señales de entrada y salida, facilitando una mejor comprensión del proceso.

Figura 18. Modelo de caja negra (Black box) del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

La funcionalidad del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua inicia evaluando el estado de la humedad del suelo (input). Luego, a través de la lógica de control, se determina la demanda, frecuencia y duración del riego. Sin embargo, para un mejor desempeño del sistema, se deben considerar las características específicas de la planta y del suelo para verificar si el cultivo necesita riego, entonces, si la lógica de control indica que el cultivo requiere riego, se verifica la disponibilidad del recurso hídrico en el tanque de almacenamiento y si hay agua disponible, el sistema aplicará la presión necesaria en las tuberías para realizar el riego mediante el método de exudación.

Etapa N°02: Selección de elementos del sistema

En esta etapa se procede con el dimensionamiento y la elección de los componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos y de control, de acuerdo con

65

las especificaciones del sistema. Luego, se realiza el diseño de los planos de automatización e instrumentación, que incluirá el diagrama P&ID, el diagrama de arquitectura de comunicaciones y los planos eléctricos y mecánicos del tablero de control y automatización.

◆ Elección del método de riego, dimensionamiento y elección de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos.

a. Selección del método de riego

Tabla 3. Cuadro comparativo de los sistemas de riego

Métodos de riego

Característica Exudación Goteo Microaspersión Aspersión

Aplicación Lineal Puntual Lluvia localizada Lluvia

Presión (bar) 0.4 - 1 - 3 2 3 - 5

Dificultad de

instalación

Ninguna Poca Media Media

Filtración Simple Complicada Normal Reducida

Evaporación Baja Media Alta Alta

Fertiirrigación Sí Si Posible No aconsejable

Mantenimiento Bajo Alto Medio Medio

Consumo energía Bajo Poco Bajo Medio Alto

Fuente: Visa Reg & Ventas Internacionales S.A.

A partir de la tabla 3, el método de riego que mejor se adapta a cumplir con el listado de exigencias de la tabla 2, es el riego por exudación, pues al ser un método del tipo localizado, de alta frecuencia y lineal ofrece un alto grado de eficiencia en su aplicación y además su facilidad de instalación y su operación a presión baja hacen que sea el método elegido para el presente trabajo.

66

Tabla 4. Cuadro de eficiencias de método de riego de alta frecuencia

| Método de riego | Eficiencia conducción | Eficiencia agronómica | total |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | Aplicación | Almacenamiento | Distribución |
| Aspersión | 1.00 | 0.90 | 1.00 0.80 72.0 |
| Goteo | 1.00 | 0.95 | 1.00 0.90 85.5 |
| Exudación | 1.00 | 1 | 1.00 0.98 98.0 |

Fuente: UDEC, Chile y Fundamentos del riego PRONAMACHCS

A partir de la tabla 4, se selecciona el uso del método de riego por exudación, ya que ofrece una alta eficiencia respecto a los otros métodos de alta frecuencia.

Además, Porras (54), en su trabajo de investigación, señala que la demanda de agua, la eficiencia en el uso del

 **repositorio.lamolina.edu.pe**
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/20.500.12996/1841/6/F06-P6-T.pdf>

agua, el desarrollo del cultivo y el análisis

financiero Beneficio/Costo

mostraron resultados positivos en la producción de

quinua utilizando el sistema de riego por exudación, en comparación con el riego por goteo.

b. Selección de elementos mecánicos y eléctricos

• Selección de tuberías de riego

En la tabla 5, se comparan las características de tres tipos de tubería que permiten el método de riego por exudación. Entonces, a partir de esta comparación, se selecciona la tubería más adecuada según la lista de exigencias y requerimientos del sistema.

Tabla 5. Comparativa de tuberías de exudación en Perú

Especificación

| Técnica |
|---------------------------|
| Netafim |
| Poritex CT-12 (VISA |
| REG) |
| Tuboplast |
| Presión de trabajo |
| (bar) |
| 0.5-1.5 0.2 - 1 0.4 - 1.5 |

67

Presión de

estallido (bar)
10 15 10

Filtración (micras) 120 130 - 150 110 - 130

Diámetro (mm) 16 16 16

Material Polietileno Textil poroso Polietileno

Tamaño

(micrones)
80 100 70

Peso (g/m) 45 50 60

Tipo de trabajo Superficial Superficial/enterrado Superficial

Largo (m) 100 25 - 100 20 - 80

Resistencia a

rotura (Kg/cm²)
120 150 130

Vida útil (años) 7-10 10+ 5-7

Fuente: Elaboración propia.

Tras evaluar las especificaciones técnicas y los requerimientos de riego del sistema, la tubería Poritex CT-12 (marrón) se selecciona como la mejor opción debido a su rendimiento superior en varios aspectos clave. Su diseño de material textil poroso de alta calidad facilita una distribución uniforme del agua, optimizando el riego y promoviendo un uso eficiente del recurso hídrico. Además, destaca en durabilidad, con una vida útil superior a 10 años, y una alta resistencia a la rotura de hasta 150 Kg/cm², lo que la convierte en una opción altamente confiable para sistemas de riego a largo plazo. Su estructura 100% porosa minimiza el riesgo de obstrucción por depósitos de cal, garantizando un flujo constante de agua. A diferencia de otras opciones, su capacidad de soportar un amplio rango de presiones (0.2 - 1 bar) permite su uso eficiente con diferentes configuraciones de bombas, aumentando su versatilidad y adaptabilidad al sistema.

68

▪ Determinación del número de líneas Poritex por sector de riego

Tabla 6. Especificaciones técnicas de tubería Poritex CT-12 malla marrón para instalación superficial

Longitud de líneas (m) 10 20 30 40 50

Presión entrada (atm) 0.2 a 0.6 0.2 a 0.5 0.2 a 0.4 0.2 a 0.3 0.2

Caudal (l/h/m) 7 a 14 6 a 12 5 a 10 4 a 8 3 a 6

Número máximo de líneas

Diámetro de

la cabecera

de

alimentación

90mm 400 200 135 100 80

75mm 300 150 100 75 60

63mm 200 100 65 50 40

50mm 150 75 50 38 30

40mm 100 50 35 25 20

32mm 50 25 17 12 10

25mm 25 13 8 6

Fuente: Poritex - Riego Localizado Superficial.

Nota: Es necesario mencionar que, de acuerdo con el fabricante Poritex, los sectores de color gris en la tabla 6 no son aconsejables. Esto quiere decir que, son recomendables los sectores de riego de menor número de líneas.

De acuerdo con la tabla 6, se establece el número máximo de líneas de riego que puede soportar el sistema. Para ello, se toma en cuenta la lista de exigencias y recomendaciones de la tabla 2, considerando el largo del terreno, de 50 m, como la longitud de cada línea de riego o de la tubería de exudación que se empleará, y el ancho del terreno, de 30 m, en función del número de líneas a instalar. La cantidad de líneas depende del distanciamiento entre surcos del cultivo de quinua, el cual, según la Estación Experimental Agraria Santa Ana – Huancayo (84), varía en función de la cobertura y precocidad de la planta. En este sentido, se recomienda un espacio entre surcos de 60 a 80 cm.



69

- Cálculo del número de líneas de tubería

$N^{\circ} \text{ de líneas de tubería} = \frac{\text{ancho}}{\text{separación}}$

Separación entre surcos de cultivo de quinua

$N^{\circ} \text{ de líneas de tubería} = \frac{30m}{0,8m}$

$= 37,5 \cong 37$

Según el cálculo realizado, la cantidad de surcos sería de aproximadamente 37, lo cual se aproxima a 40. Entonces, de acuerdo con la tabla 6, para una longitud de línea de 50 metros, se recomienda una presión de entrada de 0.2 atm con un caudal entre 3 y 6 l/h/m. Asimismo, para esta cantidad de líneas, el diámetro de la tubería de cabecera debe ser de 63 mm (2 in) para garantizar un máximo de 40 líneas. Por lo tanto, estos parámetros determinados son esenciales para seleccionar y definir los dispositivos complementarios. Finalmente, la ficha técnica incluye la fórmula para calcular el caudal necesario en la tubería de cabecera.

- Cálculo del caudal necesario a la entrada del sector de riego o cabecera (P1)

$Q_{p1} (l/h) = Q \cdot L \cdot N^{\circ} \text{ líneas}$

Donde:

o Q (l/h/m) es el caudal de riego por metro de PORITEX.

o L (m) es la longitud de las líneas de PORITEX.

o N° líneas es el número de líneas de PORITEX que se desea instalar en el

sector de riego.

• Selección de la tubería de cabecera de alimentación.

Para la selección de la tubería de cabecera de alimentación, es fundamental considerar los parámetros obtenidos de la tabla 6, pues en esta se establece que la tubería de cabecera debe tener un diámetro aproximado de 63 mm (2 pulgadas). Por otro lado, Demin (85) y VISA REG (86) indican que las tuberías de cabecera deben ser del tipo PVC o polietileno. Por ende, a continuación, se muestran las características y propiedades de ambas.

70

Tabla 7. Opciones de tuberías de cabecera

Especificaciones
Técnicas

Tubería de PVC Tubería de Polietileno

Material Policloruro de vinilo (PVC) Polietileno (PE)

Diámetro Nominal
(DN)

20 - 315 mm 16 - 160 mm

Resistencia a
Presión

Alta resistencia (clases
Alta resistencia (clases de
presión 4-16 kg/cm²),
mayor rigidez y resistencia
a picos de presión.
Nota: 1 kgf/cm² = 14.22 psi

Moderada, soporta
menores presiones
nominales; recomendada
para aplicaciones de baja
presión

Temperatura
Máxima de
Trabajo

Hasta 60°C (uso extendido
a exteriores)

Hasta 40°C (PEBD); hasta
60°C (PEAD).

Durabilidad y Vida
Útil

Hasta 50 años con
mantenimiento adecuado

Vida útil limitada frente a la
exposición UV, con mayor
deterioro por fatiga y picos
de presión, 20 - 30 años
promedio

Instalación Requiere uniones
encoladas o con junta
hermética; requiere un
poco más de esfuerzo en
maniobras

Muy flexible, fácil de
instalar en zonas
irregulares o de
pendientes, no requiere
adhesivos

Resistencia UV y
Químicos

Buena resistencia UV y
baja susceptibilidad a
daños químicos; ideal para
instalaciones expuestas

Alta flexibilidad, pero
sensible a la exposición UV
sin protección; no siempre
es la mejor opción para
instalaciones expuestas

Costo Generalmente menor
costo de instalación para
tramos largos.

Precio variable; costo
puede aumentar según las
características requeridas
como protección UV.

Fuente: Pavco, Werken, Tuboplast.

Considerando el cuadro comparativo (ver tabla 7), la tubería de PVC es una
opción sólida para sistemas de riego agrícola debido a su alta resistencia a la
presión, mayor rigidez, y durabilidad. Las características como la resistencia al
impacto y a los rayos UV le permiten soportar mejor las condiciones de
exposición directa al sol y variaciones de temperatura sin comprometer su

71

estructura. La durabilidad extendida (hasta 50 años o más) y los menores costos
de mantenimiento hacen que el PVC sea una elección económica y práctica para
áreas agrícolas donde las condiciones de trabajo pueden ser más exigentes.

Una vez determinado el tipo de tubería a usar, el siguiente paso es establecer el
diámetro de la tubería de PVC de la cabecera. Para ello, se debe considerar el
diámetro especificado en la tabla 6, que es de 63 mm. A continuación, se
presentan las tuberías de PVC comerciales disponibles en el país.

Tabla 8. Dimensiones comerciales de tuberías de PVC en Perú

| Diámetro Exterior (mm) | Diámetro Exterior (Pulgadas) | Espesor | Diámetro interior (mm) | Longitud Clase de presión | Acople |
|------------------------------|------------------------------------|---------|------------------------------|---------------------------------|--|
| 33 | 1.31 | 2.0 | 29 | 5m | C-8: 8 kg/cm ² (bar). |
| | | | | | Simple Presión (SP) |

42 1 ¼" 1.80 38.00 5m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Simple

Presión

(SP)

48 1 ½" 1.80 43.40 5m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Simple

Presión

(SP)

63 2" 2.



3 58.4 6m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Flexible

(UF)

75 2 ½" 2.8 69.4 6m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Flexible

(UF)

90 3" 3.3 83.4 6m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Flexible

(UF)

110 4" 4.0 102.0 6m

C-8: 8

kg/cm²

(bar).

Flexible

(UF)

Fuente: Tuboplast y Tubos PVC AYG.

72

Por lo tanto, a partir de la tabla 8, podemos confirmar que el diámetro solicitado en la tabla 6, que es de 63 mm (2 pulgadas), está disponible en el mercado peruano. De esta manera, se establece que el sistema debe considerar en su diseño tuberías de PVC de 63 mm de diámetro nominal en su cabecera de distribución. Por otra parte, para la selección de la electrobomba, es fundamental considerar el caudal mínimo y máximo a transmitir en las tuberías, así como la presión que se debe ejercer y mantener en las tuberías de cabecera. El cálculo de estos parámetros se realiza a continuación.

o Cálculo del caudal máximo soportado por el sistema.

Q_{p1}

$(l/h) = Q \cdot L \cdot N^{\circ} \text{líneas}$

Q_{p1}

$$(l/h) = 6 \times 50 \times 40 \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 12000 \text{ l/h}$$

o Cálculo del caudal máximo emitido por la electrobomba para el sistema.

$$Q_{pm\acute{a}x} \\ (l/min) = 12000$$

l

h
 x

$1h$

$$60min \\ \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 200 \text{ l/min}$$

o Cálculo del caudal operativo del sistema.

$$Q_{wm\acute{a}x} \\ (l/h) = 3 \times 50 \times 37 \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 5550 \text{ l/h}$$

$$Q_{wm\acute{a}x} \\ (l/h) = 6 \times 50 \times 37 \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 11100 \text{ l/h}$$

o Cálculo del caudal de la electrobomba en operación del sistema.



$$Q_{pm\acute{a}n} \\ (l/min) = 5550$$

l

h
 x

$1h$

$$60min \\ \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 92. \\ 5 \text{ l/min}$$

$$Q_{pm\acute{a}x} \\ (l/min) = 11100$$

l

h
 x

$1h$

$$60min \\ \rightarrow Q_{p1}$$

$$(l/h) = 185 \text{ l/min}$$

A partir de los cálculos obtenidos, los parámetros a considerar para la selección

de la electrobomba son: un caudal de 200 l/min en condiciones máximas del

sistema y una presión no menor a 0.2 atm en las tuberías de cabecera, ya que

esta es la presión mínima requerida para el funcionamiento de las tuberías

secundarias (ver tabla 6). Además, la electrobomba debe tener una alimentación

riego, como se indica en la tabla 2.

Tabla 9. Comparativa de bombas centrífugas (electrobombas) para riego

Especificación
técnica

Grundfos Pedrollo Wilo

Modelo CM3-2 CP 100 MHIL 304-1

Potencia (HP) 1 HP 1 HP 1 HP

Fase

Trifásica 220 VAC,



60 Hz
Trifásica 220 VAC,

60 Hz
Trifásica 220 VAC,

60 Hz

Diámetro de salida
2 pulgadas (63

mm)
2 pulgadas (63

mm)
2 pulgadas (63

mm)

Caudal (l/min) 90 – 180 l/min 100 – 200 l/min 90 – 200 l/min

Presión mínima
(bar)

0.2 bar 0.3 bar 0.2 bar

Presión máxima
(bar)

2 bar 1.5 bar 2 bar

Material del
Cuerpo

Acero inoxidable Hierro fundido Acero inoxidable

Temperatura
Máxima de Fluido

90 °C 60 °C 80 °C

Aplicaciones
Comunes

Abastecimiento de
agua, sistemas de

riego

Sistemas de riego,
presión constante

Abastecimiento de
agua, riego

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, de acuerdo con la tabla 9, y la evaluación de las especificaciones

técnicas de cada una de las bombas centrífugas, se ha seleccionado a la

electrobomba Wilo MHIL 304-1, pues esta se presenta como la mejor opción

para el sistema de riego por exudación debido a su rango de operación y material

de construcción. Es decir, esta bomba cumple con los requisitos de potencia de

1 HP, trifásica a 220 VAC, 60 Hz, y ofrece un caudal ideal de 90 a 200 l/min, adecuado para asegurar un flujo constante y controlado en el sistema de exudación. Además, su presión de salida, que alcanza hasta 2 bar, es perfecta para mantener la presión mínima de 0.2 bar necesaria, evitando así daños en el sistema y permitiendo una distribución uniforme del agua. Finalmente, el cuerpo de acero inoxidable de la Wilo MHIL 304-1 garantiza una mayor durabilidad y resistencia frente a las condiciones ambientales, haciendo que esta bomba sea una inversión sólida y confiable para sistemas de riego por exudación.

• Dimensionamiento del tanque de almacenamiento del agua

- Volumen de agua diario viene dado por:



$Volumen\ diario = ETC \times \text{Área del cultivo}$

Donde:

ETC: evapotranspiración del cultivo de quinua

En la investigación realizada por Porras (54), podemos observar que el valor promedio de la evapotranspiración del cultivo (ETC) de quinua mediante riego por exudación puede variar. Es decir, el ETC presenta un valor máximo de 3.96 mm/día y un mínimo de 0.80 mm/día, dependiendo de las fases fenológicas de la quinua. Sin embargo, una vez concluido el estudio, se determinó que el



hdl.handle.net | Sistema de riego tecnificado por goteo para cultivo de quinua, financiado por Fondo Contravalor Perú-Francia; en el distrito Tauripampa, provincia Yau...
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/5741>

volumen total de agua aplicada bajo el sistema de riego por exudación es de

1,571.6 m³/ha durante toda la etapa de desarrollo de la quinua, la cual estuvo comprendida en periodo de 117 días. Entonces a partir de estos datos obtenidos de dicha investigación podemos determinar el volumen de agua diario que necesitaríamos en nuestro cultivo.



$Volumen\ diariomín = 0.80\ mm/día \times 1500m^2$

$Volumen\ diariomín = 1200\ L/día$

$Volumen\ diariomáx = 3.$

$96\ mm/día \times 1500m^2$

$Volumen\ diariomáx = 5940\ L/día$

Como podemos observar la partir de los resultados de las ecuaciones anteriores se puede elegir un tanque de agua que se encuentre en dicho intervalo, sin embargo, para una mayor precisión en la elección de nuestro tanque de almacenamiento de agua, tomamos como dato principal el volumen total de agua

determinado en dicho estudio, entonces a partir de ello tenemos lo siguiente:



Datos base:

✓ *Volumen total de agua* = 1571.60 m³

✓ *Área de terreno* = 10,000.0 m²

✓ *Periodo* = 117 días

A continuación,
determinamos el volumen de agua diario en litros (L)

✓ x1 *volumen total de agua para un área de 1500 m²*

✓ x2 *volumen de agua diario*

x1

1,500.00

=

1571.60

10,000.00

x1 = 235.



74 m³(H₂O)

x2

1

=

235.74

117

x2 = 2.

015 m³

x2 = 2,015.00 L/día

Por lo tanto, concluimos que, para cubrir con la demanda de agua del cultivo de quinua necesitamos un tanque de almacenamiento de aproximadamente dos mil litros. Además, este volumen de agua determinado se encuentra en el intervalo de 1200 L/día a 5940 L/día, el cual establecimos en líneas precedentes y por ende podemos decir que el cálculo realizado es correcto. Ahora bien, siguiendo con el mismo orden de ideas, es importante observar y verificar capacidades comerciales de tanques de almacenamiento de agua y de los cuales elegiremos aquel que tenga las características más cercanas al cálculo realizado.

76

Tabla 10. Opciones de capacidades de almacenamiento de tanques de agua

disponibles en el mercado peruano

Capacidad (L) Diámetro (m) Altura (m)

600 0.97 1.12

750 1.13 1.05

1100 1.10 1.43

1500 1.20 1.55

2500 1.55 1.65

Fuente: Tanque de agua (Rotoplas, S.A.)

Por lo tanto, para el diseño del presente proyecto se selecciona el tanque de almacenamiento de 2500 (L).

c. Selección de elementos electrónicos

Esta sección se enfoca en la selección de dispositivos que proporcionarán la información necesaria para la lógica de control, así como en aquellos que ejercerán control y monitoreo sobre los sensores y actuadores del sistema.

• Selección de electroválvulas

Para la elección de las electroválvulas, es fundamental considerar el diámetro de la tubería, el tipo de alimentación y la aplicación a utilizar. Por lo tanto, se debe seleccionar una electroválvula con un diámetro de 63 mm (equivalente a 2 pulgadas) para la tubería principal, una alimentación de 220 VAC, y la capacidad de soportar un caudal de 200 l/min y una presión mínima de 0.2 bar. Además, debe ser del tipo solenoide normalmente abierta y estar diseñada para soportar las propiedades del agua. A continuación, una tabla con tres tipos de electroválvulas de 220VAC que podemos encontrar en el mercado.

77

Tabla 11. Comparativa de electroválvulas de 220VAC para tubería de PVC de marcas reconocidas a nivel mundial

| Característica | Hunter PGV-201 | Rain Bird DVF- | Toro P220 |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Marca | Hunter | Rain Bird | Toro |
| Modelo | PGV-201 | DVF-200 | P220 |
| Diámetro | 2 pulgadas (63 mm) | 2 pulgadas (63 mm) | 2 pulgadas (63 mm) |
| Voltaje | 220 VAC | 220 VAC | 220 VAC |
| Caudal | 190 - 210 l/min | 180 - 210 l/min | 200 l/min |
| Presión mínima | 0.2 bar | 0.2 bar | 0.2 bar |
| Presión máxima | 10 bar | 10 bar | 10 bar |
| Material del cuerpo | PVC reforzado | PVC reforzado | PVC reforzado |
| Resistencia a químicos | Alta resistencia | Alta resistencia | Alta resistencia |

Temperatura
máxima de
trabajo
66°C 66°C 60°C
Uso
recomendado
Sistemas de
riego agrícola y
paisajismo
Riego agrícola y
paisajismo
Riego agrícola y
aplicaciones
comerciales
Características
adicionales
Filtro de
autolimpieza
Diseño de bajo
caudal y bajo
consumo
Opción de
solenoides
resistente a
químicos

Fuente: Elaboración propia.

78

• Selección del sensor de humedad de suelo

Tabla 12. Opciones comerciales de sensores de humedad del suelo

Característica ECH20 EC-5 ECH20 10HS ECH20 MAS-1

Volumen de influencia 0.2 litros 1 litro 0.3 litros

Precisión $\pm 3\%$ VWC $\pm 2\%$ VWC $\pm 1\%$ VWC

Intervalo de contenido

volumétrico de agua

(VWC)

0—100% 0—57% 0—100%

Señal de salida

Voltaje

analógico (0.25

- 1.25V)

Voltaje

analógico (0.3-

1.25V)

Corriente

analógica (4 -

20 mA)

Alimentación 2.5 - 3.6 VDC 3 - 15 VDC 5 - 12 VDC

Longitud de Cable 5-40m 5-40m Hasta 75m

Fuente: Elaboración propia.

Para el presente proyecto y partir de la tabla 12, se recomienda utilizar el sensor

de humedad del suelo 4-20mA ECH20 MAS-1, ya que, este sensor cuenta con

una salida estándar de 4-20mA, que es compatible con la mayoría de PLCs y

controladores de riego, facilitando así su integración en el sistema.

▪ Selección del sensor de nivel

Para la selección del sensor de nivel, se debe considerar la altura de operación,

que depende directamente de la altura del tanque de almacenamiento, el cual en

nuestro sistema es de 1.65 m. Además, el sensor debe permitir evidenciar el

nivel del agua en cualquier punto. Por ello, en el diseño se consideran sensores

79

de nivel de presión hidrostática. A continuación, se presenta una tabla con tres

tipos de estos sensores, disponibles en el mercado y de alta confiabilidad.

Tabla 13. Opciones comerciales sensores de nivel por presión hidrostática

Característica Keller PA-20
Supmea SUP-

P300
WIKA LS-10

Rango de medida 0 a 3 mH₂O 0 a 3 mH₂O 0 a 3 mH₂O

Tipo de señal de

salida
4-20 mA o 0-10 V 4-20 mA o 0-10 V 4-20 mA

Precisión ±0.1 % FS ±0.5 % FS ±0.25 % FS

Material de

construcción

Acero inoxidable

316L

Acero inoxidable

316L

Acero inoxidable

316L

Protección IP IP68 IP68 IP68

Temperatura de

operación
-10°C a 80°C -10°C a 70°C -10°C a 80°C

Aplicaciones

típicas

Agricultura,

aguas residuales

Tanques, pozos y

ríos

Aplicaciones

industriales y

ambientales

Costo

aproximado

Medio Bajo Medio-alto

Fuente: Elaboración propia.

• Selección de boyas de nivel ON/OFF

Por otro lado, por razones de seguridad y confiabilidad del sistema, es importante

considerar el uso de boyas de nivel en el tanque de almacenamiento de agua. A

continuación, se presentan las boyas que podemos utilizar en nuestro diseño.

80

Tabla 14. Opciones comerciales de boyas de nivel ON/OFF

Característica
Key Instruments

FLT-431
Madison M8000

SJE Rhombus

Sensor Float

Tipo de

operación
ON/OFF ON/OFF ON/OFF

Material de

construcción

Polipropileno o

acero inoxidable

Polipropileno,

PVC o acero

inoxidable

Polipropileno

Rango de

temperatura
-20°C a 80°C -20°C a 125°C 0°C a 60°C

Tipo de montaje
Vertical y

horizontal

Vertical y

horizontal

Sumergible con

cable

Protección IP IP68 IP68 IP68

Densidad mínima

del líquido

0.6 g/cm³ 0.7 g/cm³ 0.85 g/cm³

Longitud del

cable

Hasta 5 m Hasta 10 m Hasta 15 m

Aplicaciones

típicas

Tanques,

depósitos de

agua, aceites

Sistemas de

almacenamiento

de líquidos

Alcantarillado,

tanques de agua

Costo

aproximado

Medio Medio-alto Bajo a medio

Fuente: Elaboración propia.

• Selección del sensor de caudal

Para seleccionar el sensor de caudal, se debe considerar la cantidad de caudal

que va a medir dentro de la tubería principal. En este caso, el caudal en

condiciones máximas de operación sería de 12000 l/h. Además, el sensor debe

81

tener características adecuadas para ser instalado en tuberías de PVC de 63mm

(2 pulgadas). A continuación, se presentan las opciones disponibles.

Tabla 15. Opciones comerciales de sensores de caudal

Característica

Siemens

SITRANS F M

MAG 5100W

Endress+Hauser

Proline Prowirl D

200

KROHNE

OPTIFLUX 2100

Tipo de

sensor

Electromagnético Vortex Electromagnético

Rango de

caudal

máximo

Hasta 20,000 l/h Hasta 12,000 l/h Hasta 12,000 l/h

Material de

construcción

Revestimiento en

goma para PVC

Acero inoxidable,

adecuado para

PVC

Revestimiento en

goma compatible

con PVC

Diámetro de

tubería

Desde DN15

hasta DN300

Desde DN15

hasta DN100

Desde DN15 hasta

DN300

Precisión

±0.4 % del valor

medido

±1 % del valor

medido

±0.5 % del valor

medido

Rango de

temperatura

0°C a 60°C -20°C a 100°C -10°C a 70°C

Señal de

salida

4-20 mA, Pulsos 4-20 mA, HART 4-20 mA, Pulsos

Protección IP IP68 IP67 IP68

Aplicaciones

típicas

Agua potable,

aguas residuales

Sistemas

industriales, agua

y vapor

Plantas de

tratamiento de

agua

Costo

aproximado

Medio Medio-alto Medio

Fuente: Elaboración propia.

82

Nota: Para una instalación en tuberías de PVC con un caudal máximo de operación de 12000 l/h, los sensores Siemens SITRANS F M MAG 5100W y KROHNE OPTIFLUX 2100 destacan como las mejores opciones, pues, ambos sensores de acuerdo a sus características técnicas son del tipo electromagnéticos, lo que les proporciona una mayor precisión y estabilidad en la medición de flujo en aplicaciones de agua, y además son altamente compatibles con tuberías de PVC debido a su revestimiento de goma, que protege contra la corrosión y el desgaste (87).

• Selección del sensor de presión

Para determinar el sensor de presión, se debe considerar la presión total requerida en las tuberías de cabecera, la cual depende del acumulado generado por el número de líneas del sistema y la presión necesaria en cada una de ellas. De esta manera, la presión total de trabajo (PT) se obtiene multiplicando la cantidad de líneas por la presión de 0.2 atm (Pu) en cada una de ellas, como se muestra a continuación.

$$PT = (N^{\circ} \text{ de líneas}) \times Pu$$

$$PT_{\text{mín}} = 37 \times 0.2 \text{ atm} \rightarrow PT_{\text{mín}} = 7.4 \text{ atm} \cong 7.5 \text{ bar}$$

$$PT_{\text{máx}} = 40 \times 0.2 \text{ atm} \rightarrow PT_{\text{máx}} = 8 \text{ atm} \cong 8.106 \text{ bar}$$

Tabla 16. Opciones comerciales de sensores de presión

Característica WIKA A-10

Honeywell

Sensing and

Control PX3

Danfoss MBS

3000

Rango de presión 0 a 10 bares 0 a 10 bares 0 a 10 bares

Material del

diafragma

Acero inoxidable

tipo 316L

Acero inoxidable

tipo 316L

Acero inoxidable

tipo 316L

Compatibilidad

con PVC

Instalación

mediante

Instalación

mediante

Instalación

mediante

83

adaptador

compatible

adaptador

compatible

adaptador

compatible

Tipo de salida 4-20 mA

4-20 mA o 0.5-

4.5 V

4-20 mA

Precisión

±0.25 % FS (Full

Scale)

±1 % FS (Full

Scale)

±0.5 % FS (Full

Scale)

Protección IP IP67 IP67 IP67

Rango de

temperatura de

operación

-20°C a 80°C -20°C a 85°C -40°C a 85°C

Aplicaciones

típicas

Hidráulica,

sistemas de agua

Sistemas de

agua, HVAC,

compresores

Agua, sistemas

de presión en

tanques

Costo

aproximado

Medio Medio-bajo Medio

Fuente: Elaboración propia.

• Selección del variador de velocidad

La selección del variador de velocidad se realiza en función de las características

técnicas de la bomba centrífuga seleccionada. En este caso, se trata de una bomba monofásica de 220 VAC con una potencia de 1 HP, equivalente a 0.746 kW. A continuación, se presentan las alternativas de variadores disponibles:

Tabla 17. Opciones comerciales de variadores de velocidad

Características

a

Siemens

(SINAMICS

V20)

ABB

(ACS150/

ACS310)

Danfoss (VLT

Micro Drive FC

51)

Schneider

(Altivar 12)

Tensión de

entrada

Monofásica

220-240 VAC

Monofásica

220-240

VAC

Monofásica 220-

240 VAC

Monofásica

220-240 VAC

84

Potencia de

salida

Hasta 1.5 kW

Hasta 2.2

kW

Hasta 1.1 kW Hasta 1.5 kW

Funciones

de control

Control V/f,

regulación de

carga

Control V/f,

modo de

ahorro de
energía
Control V/f, modo
de ahorro
energético
Control V/f,
modo de par
constante
Protección
térmica
Protección
integrada
contra
sobrecarga y
cortocircuito
Protección
térmica y
sobrecorrient
e
Protección
térmica,
sobrecalentamien
to
Protección
térmica,
protección de
cortocircuito
Interfaz de
usuario
Panel de
control básico y
opcional con
display
Teclado
integrado
con LCD
Teclado numérico
con LED
Teclado con
display sencillo
Conectividad
d
Modbus RTU

opcional

Modbus RTU

estándar

Modbus RTU

integrado

Modbus RTU

estándar

Funciones

adicionales

Arranque/parad

a rápida,

función de

ahorro

energético

Función de

rampa

suave,

autotuning

Control de par

ajustable,

start/stop suave

Función de

arranque/parad

a rápida,

autoajuste

Tamaño y

dimensiones

Compacto, fácil

montaje en

panel

Compacto,

montaje en

riel DIN

Compacto, diseño

de ahorro de

espacio

Compacto,

montaje en riel

DIN

Aplicación

típica

Pequeñas

bombas,

ventiladores

Pequeñas

bombas,

sistemas

HVAC

Pequeñas

bombas,

ventilación y

HVAC

Pequeñas

bombas y

aplicaciones

de baja

potencia

Fuente: Elaboración propia.

85

• Selección del hardware de control

Para la selección del controlador lógico programable (PLC), es fundamental considerar la cantidad de entradas y salidas, así como las condiciones establecidas en la lista de exigencias y requerimientos. Por lo tanto, la cantidad de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, dependerá del tipo de sensor o actuador seleccionado. A continuación, se indica la cantidad de dispositivos a considerar en el diseño.

Tabla 18. Cantidad de entradas y salidas para el controlador

Dispositivos de E/S Elementos Digital Analógico

ENTRADAS

Pulsadores y sensores 4 -

Emergencia y Falla 2 -

Sensor de humedad del suelo - 3

Sensor de nivel - 1

Sensor de caudal - 1

Sensor de presión - 1

Elementos de climatización 2 -

Total 8 6

SALIDAS

Electroválvulas 4 -

Arranque VFD 1 -

Reset VFD 1 -

Leds 3 -

Total 9 -

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Comparativa de CPUs Siemens S7-1200

CPU
Puertos
Profinet
E/S integradas Expansión
Digitales Análogas
Módulos
de señal
Módulos de
comunicación

1211C 1

6

entradas

& 4

salidas

2

entradas

0 3

1212C 1

8

entradas

& 6

salidas

2

entradas

2 3

1214C 1

14

entradas

& 10

salidas

2

entradas

8 3

1215C 2

14

entradas

& 10

salidas

2

entradas

& 2

salidas

8 3

1217C 2

14

entradas

& 10

salidas

2

entradas

& 2

salidas

8 3

Fuente: Elaboración propia (Basado en el catálogo de productos Siemens).

Basándose en la tabla 19, se ha seleccionado el CPU 1214C DC/DC/RLY, que pertenece a la gama media, principalmente porque cumple con los requerimientos establecidos al contar con un número adecuado de entradas y

87

salidas, tal como se detalla en la tabla precedente. Además, ofrece un equilibrio óptimo entre capacidad y costo, lo que lo hace una opción atractiva. Además, su puerto Ethernet facilita la integración de una pantalla HMI, lo cual es esencial para un control y monitoreo más intuitivo. Entonces, estas características hacen del CPU 1214C una opción versátil y adecuada para aplicaciones que no requieren la complejidad de los modelos de gama alta. Por último, es importante destacar que los PLC de la serie S7-1200, incluido el 1214C, permiten la incorporación de módulos de expansión tanto para entradas como para salidas, proporcionando así flexibilidad y adaptabilidad a las necesidades del proyecto.

Etapa N°03: Diseño del sistema

Esta etapa comprende la elaboración de los planos técnicos del sistema los cuales están conformados por cuatro tipos de diagramas. A continuación, la descripción y desarrollo de cada uno ellos.

a. Descripción

• Diagrama P&ID

Para la elaboración de este diagrama se utiliza la normativa ANSI/ISA-5.1-2024, la cual nos permite la identificación de los instrumentos de control y medición como lo son los sensores, actuadores y PLC, así como la representación de válvulas y otros elementos mecánicos. Por último, este diagrama también permite observar e identificar las conexiones de rutas de tuberías y líneas de proceso.

- Diagrama de arquitectura de comunicaciones

Este diagrama nos permite identificar cómo están integrados los sensores, actuadores, controladores, módulos de interfaz de comunicación y módulos de visualización (HMI) junto a los tipos de señal y los protocolos de comunicación del sistema.

88

- Diagrama eléctrico multipolar

En primer lugar, este diagrama permite identificar cómo están distribuidas las fases, las conexiones de potencia y las protecciones eléctricas (fusibles, interruptores, disyuntores). En segundo lugar, este diagrama también permite la identificación de componentes eléctricos principales como los variadores de frecuencia. Finalmente, para la elaboración de este tipo de diagramas se utiliza la norma IEC 1082-1 pues esta define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos eléctricos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos.

- Diagrama Mecánico del tablero de control y automatización

Este diagrama permite la ubicación y distribución de dispositivos en el tablero, en segundo lugar, no proporciona las dimensiones y especificaciones de montaje y finalmente nos muestra la ubicación de los elementos de climatización como los son los sistemas de ventilación y disipación de calor.

b. Desarrollo

Figura 19. Portada de presentación del diseño.

Fuente. Elaboración propia.

89

- Diagrama P&ID

Figura 20. Diagrama P&ID.

Fuente. Elaboración propia.

90

- Diagrama de arquitectura de comunicaciones

Figura 21. Diagrama de arquitectura de comunicaciones.

Fuente. Elaboración propia.

- Diagramas eléctricos multipolares

Figura 22. Esquema eléctrico de fuerza.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 23. Esquema eléctrico de controladores.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 24. Esquema eléctrico de sensores.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 25. Esquema eléctrico de variador de frecuencia.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 26. Esquema eléctrico de mando.

Fuente. Elaboración propia.

- Diagrama mecánico del tablero de control y automatización.

Figura 27. Diagrama de mecánico del tablero de control y automatización.

Fuente. Elaboración propia.

4.3. Población y muestra

a. Población

Para la evaluación directa del diseño de este proyecto de investigación primero se ha delimitado a una parcela ubicada en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

b. Muestra

Para los efectos de la investigación se acepta como muestra única a una sección de dicha parcela cuya área es de 1500m² y para la cual se ha realizado el presente diseño de sistema de control automatizado.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

Esta investigación se llevó a cabo desde la Facultad de Ingeniería Eléctrica y

Electrónica de la Universidad Nacional del Callao y se estudia y propone el diseño de acuerdo con las necesidades de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión en el departamento de La Libertad.

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para la presente investigación se emplean como técnicas el análisis de contenido, el análisis técnico y las pruebas de simulación. Como instrumento principal, se utiliza un controlador lógico programable (PLC) Siemens, simulado a través de TIA Portal v18, para el procesamiento de datos. Este PLC recibe la información de distintos sensores, permitiendo analizar, comparar y decidir si deben activarse las válvulas de cabecera o de distribución. De esta manera, este dispositivo se encarga de monitorear el funcionamiento integral del sistema. En este sentido, la plataforma TIA Portal v18 facilita la simulación de diversos procesos automatizados, como es el caso del presente proyecto de tesis.

95

4.6. Análisis y procesamiento de datos

La recolección de datos y simulación del proceso se realiza mediante pruebas de funcionamiento del sistema de control automatizado, esto a través de la plataforma TIA Portal v18, en la que se programa el PLC Siemens S7-1200 con su propio HMI KTP-700 en las que se configura y varía las distintas variables que conforman el proceso. En segundo lugar, el sistema de automatización se ha diseñado para permitir tanto el control manual como el automatizado del riego. Esto porque, el control manual puede ser necesario en caso de que se produzca un fallo en el hardware o simplemente para proporcionar una anulación manual al sistema de control automatizado. Es decir, el sistema de automatización diseñando impone una jerarquía en su arquitectura de control. Esta jerarquía se muestra en la figura 28. En la cual podemos apreciar que los controles manuales físicos del sistema riego tienen la máxima prioridad; eso quiere decir que, si un usuario activa el control manual, la automatización ya no puede controlar el riego. Sin embargo, si el usuario vuelve a poner el sistema en controles automáticos, la lógica de automatización puede reanudar el control, tal como se puede evidenciar en el diagrama de flujo creado para el presente proyecto (ver figura 29).

Figura 28. Jerarquía de la arquitectura de control de automatización en el riego de cultivo de quinua

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detalla la lógica de funcionamiento del sistema.

i. Inicio del sistema

o Conexión a fuente monofásica de 220 VCA.

96

o Conversión a 24 VDC para alimentación de controlador e instrumentos.

o Condición: Selector en posición de inicio.

• Sí: Activar LED indicador y pasar a la fase de lecturas.

• No: Mantener en espera.

ii. Elección del tipo de control

o Condición: Control manual

• Sí: Proceso de control mediante interruptores físicos y panel HMI.

• No: Proceso de control automático y continuamos con la siguiente secuencia.

iii. Lectura de humedad en el suelo

o El PLC lee el valor del sensor de humedad.

o Condición: ¿Nivel de humedad adecuado?

• Sí: Mantener en estado de espera y seguir monitoreando.

• No: Continuar a la verificación de disponibilidad de agua.

iv. Verificación de disponibilidad de agua

o Leer sensor de presión hidrostática y boyas de nivel en la cisterna.

o Condición: ¿Suficiente agua disponible?

• Sí: Continuar a la apertura de electroválvulas.

• No: Emitir alerta y suspender operación.

v. Apertura de electroválvulas y control de riego

o Activar la electroválvula principal.

o Activar electroválvulas secundarias para distribución.

o Iniciar variador de frecuencia para ajustar velocidad de electrobomba.

o Condición: Monitoreo en tiempo real:

• Sensor de caudal para flujo de agua.

• Transmisor de presión para presión en tuberías.

o Condición: ¿Riego en niveles adecuados de caudal y presión?

• Sí: Mantener riego hasta alcanzar nivel de humedad adecuado.

• No: Ajustar bomba mediante variador de frecuencia.

vi. Supervisión y visualización HMI

o Monitoreo de humedad del suelo, nivel de agua, caudal, presión y estado de componentes.

97

o Condición: ¿Intervención manual requerida?

• Sí: Ajuste manual del setpoint de humedad del suelo en la HMI.

• No: Continuar ciclo de monitoreo.

vii. Finalizar ciclo

o Revisar si el nivel de humedad del suelo ha alcanzado el umbral adecuado.

o Si se cumple, detener electroválvulas y variador de frecuencia.

o Mantener en modo de monitoreo continuo para reiniciar cuando sea

necesario.

Por lo tanto, a partir de la lógica de funcionamiento de nuestro sistema obtenemos el siguiente diagrama de flujo, el cual utilizamos para representar el proceso o flujo de trabajo de nuestro sistema.

Figura 29. Diagrama de flujo del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán.

Fuente: Elaboración propia

98

4.7. Aspectos Éticos en Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación en primer lugar se realizaron las coordinaciones y reuniones tanto por comunicación telefónica como in situ con las autoridades y agricultores del caserío Cahuadán, en el distrito Huamachuco, con la finalidad de entender la problemática en referencia al riego de cultivo de quinua y en segundo lugar se dio a conocer que esta investigación tiene una finalidad académica.

Conocimiento del área de estudio (áreas de terreno de sembrío) y técnicas de agricultura empleada por de sus habitantes, tal como lo corroboran las fotografías adjuntas en el primer ítem las cuales son de fuente propia.

Por último, de acuerdo con las directivas de la Universidad Nacional del Callao, se citan las fuentes bibliográficas consultadas de tal manera que respetamos y valoramos el trabajo propuesto por otros autores y como consecuencia evitamos el plagio. Además, también es importante mencionar que esta investigación en la elaboración de los planos de instrumentación y electricidad procura cumplir con las normativas ISA 5.1 y la IEC 1082-1 respectivamente.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

a. Control manual

Este tipo de control permite al agricultor u operario poder activar las válvulas y electrobomba desde el panel de control (HMI). Como podemos apreciar en las siguientes imágenes la persona responsable puede activar individualmente cada electroválvula, también lo puede hacer en grupos de dos o en conjunto, entonces, esto le permite un control por sector lo cual le da la posibilidad de usar el agua de acuerdo con su criterio técnico o por algún motivo que solo se necesite regar una de las partes; sin embargo, el operario solo podrá realizar dicho proceso siempre y cuando el nivel de agua en el tanque sea mayor al 25% de su capacidad de almacenamiento, esto debido a que hay que proteger a la electrobomba contra la cavitación, sobrecalentamiento y desgaste prematuro.

99

Figura 30. Activación de electroválvulas VC-01 y VC-02.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Activación de electroválvula VC-01 y VC-03.

Fuente: Elaboración propia.

100

Figura 32. Activación de electroválvulas VC-01 y VC-04.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Activación de electroválvulas VC-01, VC-02 y VC-03.

Fuente: Elaboración propia.

101

Figura 34. Activación de electroválvulas VC-01, VC-02 y VC-04.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Activación de electroválvulas VC-01, VC-03 y VC-04.

Fuente: Elaboración propia.

102

Figura 36. Activación manual de todas las electroválvulas.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 37. El sistema está en estado de falla porque el nivel del agua en el tanque ha alcanzado el 25% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

103

Figura 38. El sistema está en estado de falla porque el nivel del agua en el tanque es menor o igual al 25% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

b. Control automático

En este tipo de control, el sistema de riego opera de manera completamente autónoma, ajustando la capacidad de la electrobomba según el promedio de humedad del suelo (PHS) y el nivel de agua disponible en el tanque. Por lo tanto, cuando el PHS es inferior al 15% (VWC), la electrobomba funciona al 100% de

su capacidad, para satisfacer rápidamente la demanda hídrica. Por otro lado, si el PHS se encuentra en un rango del 15% al 20% (VWC), su operación se reduce al 60% de su capacidad, lo que permite un consumo más eficiente de energía eléctrica. Asimismo, para valores de PHS entre el 20% al 27% (VWC), la electrobomba disminuye su funcionamiento al 30%, asegurando una administración racional de los recursos. Finalmente, cuando el PHS supera el 27% (VWC), el sistema entra en estado de standby, deteniendo por completo la operación de la electrobomba. Sin embargo, es importante señalar que este proceso se realiza únicamente si el tanque cuenta con un nivel de agua superior al 25% de su capacidad total, lo cual protege a la electrobomba de posibles averías. Finalmente, las imágenes siguientes muestran este sistema en detalle.

104

Figura 39. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea menor a 15% VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 100% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea mayor o igual a 15% y menor o igual 20 % VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 70% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

105

Figura 41. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, obtenido de los tres sensores, sea mayor a 20% y menor a 27 % VWC, se activará automáticamente la electrobomba al 50% de su capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Cuando el valor promedio de humedad del suelo, medido por los tres sensores, supere el 27% VWC, la electrobomba se detendrá automáticamente.

Fuente: Elaboración propia.

106

Figura 43. Cuando el nivel del agua en el tanque de almacenamiento es igual al 25% de su capacidad, el sistema entra en estado de falla.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Cuando el nivel del agua en el tanque de almacenamiento es menor o igual al 25%

de su capacidad, el sistema entra en estado de falla.

Fuente: Elaboración propia.

107



VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

• Contratación de la hipótesis general:

Se comprueba la hipótesis "El diseño de un sistema de control automatizado permite una base técnica que facilite su simulación en un entorno virtual para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024"; en base a los resultados obtenidos en la simulación la cual parte de una base técnica que está conformada por planos elaborados en AutoCAD y EPLAN, los cuales permiten primeramente identificar los dispositivos de entrada (sensores) y salida (actuadores), segundo permiten distinguir el tipo de señal eléctrica que utilizan estos dispositivos para comunicarse con la unidad de control (PLC), de esta manera se observa si se trata de una señal analógica de tensión (0-10V) o de corriente (4-20mA) o si se trata de una señal discreta (digital), entonces a partir de la identificación del tipo de señal se obtiene una lista de entradas y salidas (E/S) la cual facilita la simulación en un entorno virtual como lo es el software TIA Portal en su versión 18.

• Contratación de la hipótesis específica 1:

Se comprueba la hipótesis "Las herramientas tecnológicas seleccionadas permiten diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024", debido a que se logró diseñar el sistema de control automatizado con las herramientas tecnológicas seleccionadas, esto debido a que en primer lugar se estableció una lista de exigencias y requerimientos del sistema y en segundo lugar porque se realizó el dimensionamiento de los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos del mismo.

108

• Contratación de la hipótesis específica 2:

Se comprueba la hipótesis "Los planos técnicos desarrollados en AutoCAD y EPLAN proporcionan una representación del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024", mediante los resultados obtenidos (consultar las figuras del número 19 al 27), pues el plano

P&ID se representa la instrumentación, tuberías y el flujo del proceso de riego.

Segundo, el plano de arquitectura proporciona una visión global del sistema al representar la comunicación entre los distintos componentes del sistema como lo son PLC, sensores, actuadores, válvulas y demás. De igual forma el plano eléctrico explica cómo realizar y representar las conexiones eléctricas entre dispositivos, protecciones y controladores. Finalmente, el plano mecánico representa al tablero de control y automatización detallando sus dimensiones y la disposición de sus elementos.

• Contratación de la hipótesis específica 3:

Se comprueba la hipótesis "La simulación del sistema de control automatizado en TIA Portal permite verificar que el diseño cumple con los requisitos para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024", mediante los resultados obtenidos (consultar las figuras del número 30 al 44), en las cuales podemos evidenciar cómo la simulación del sistema en el software TIA Portal v18 nos permite realizar un control manual y automático del riego en base a los requerimientos o requisitos del cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán.

109

6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares.

• En la investigación realizada por Rojas (27) en el 2021, el objetivo general fue diseñar un sistema automatizado de potencia y control para riego, beneficiando a los agricultores del distrito de Paramonga en el departamento de Lima. El diseño propuesto se estructuró en cuatro fases: identificación de parámetros y necesidades del terreno, desarrollo del sistema mediante simulaciones con PLC, diseño de la interfaz gráfica de monitoreo, y evaluación del sistema propuesto. Los resultados de acuerdo con la simulación realizada demostraron que el sistema optimiza el uso del agua al integrar sensores que monitorean variables críticas como la humedad del suelo, lluvia y nivel de agua. Además, permite la supervisión remota y local, mejorando significativamente la eficiencia del riego y reduciendo el desperdicio de recursos. Como conclusión, el desarrollo del diseño proporciona una solución viable para incrementar la productividad agrícola en dicho distrito, ya que a través del uso eficiente del agua y la automatización tecnológica se fomenta un avance socioeconómico sostenible. De manera similar la presente investigación aborda la problemática del caserío de Cahuadán en relación con la gestión del agua para riego; sin embargo, es más selectiva al identificar qué tipo de cultivo se va a regar, mientras que Rojas no considera dicho aspecto, el cual considero vital, pues si somos más específicos en el producto o

configuración del sistema podemos determinar el tipo de instrumentos o equipamiento a utilizar. En segundo lugar, rescato que la investigación de Rojas considere un funcionamiento manual y automático del sistema ya que esto le permite ser redundante y con ello se asegura que pueda seguir funcionando incluso si uno de los modos falla. Sin embargo, existe una limitación en el diseño de Rojas, pues en él no se adjuntan planos eléctricos y tampoco planos P&ID del sistema, los cuales son de suma importancia en el desarrollo de un proyecto, pues estos nos permiten identificar a través de su simbología y normativa los dispositivos que se van a utilizar en campo, permiten evidenciar cómo van a ser energizados, permiten identificar cuál va a ser su ubicación y rol en sistema, entre otros.

110

Por lo tanto, analizando dicha situación, se determinó considerar este tipo de planos, con el fin de documentar el diseño del sistema, facilitando así la comprensión y el análisis de su funcionamiento.

- En la investigación realizada por Guevara y Niño (29) en el 2022, se planteó como objetivo general desarrollar un diseño conceptual de un sistema de control automatizado que optimice el uso del recurso hídrico, adaptándose a diferentes tipos de suelo, cultivo y clima. Entonces, para lograr ello, el diseño siguió cinco etapas: diagnóstico del problema y definición de hipótesis; identificación de requerimientos y evaluación de posibles soluciones; selección de materiales, sensores y actuadores; desarrollo conceptual basado en metodologías VDI 2206 y Design Thinking, incluyendo diagramas eléctricos y P&ID; y finalmente, simulación y pruebas para validar la flexibilidad y eficacia del sistema. En esta última etapa, es conveniente señalar que se realizaron dos simulaciones. En la primera simulación, se configuro el sistema de riego en función al cultivo de papa y en la segunda en función al cultivo de remolacha. Los resultados de la simulación confirmaron que el sistema cumple con los cálculos óptimos de demanda, frecuencia y tiempo de riego, demostrando flexibilidad ante cambios de condiciones. Como conclusión el diseño propuesto por los autores logro responder a las necesidades de optimización hídrica y adaptabilidad, verificando los objetivos e hipótesis planteados. De manera análoga en el presente trabajo investigación se realizó la simulación del sistema el cual parte del diseño realizado, pues en referencia al trabajo de Guevara y Niño si bien se realizó la pruebas de riego en dos tipos de cultivo diferente es conveniente mencionar que sus diseño se realizó en base al cultivo de papa, tanto desde la parte mecánica, eléctrica y electrónica y allí podemos encontrar una limitante ya que para el diseño mecánico es fundamental

saber el distanciamiento entre surcos (cada cultivo tiene una separación recomendada) ya que ello nos determina el número de líneas de tubería a usar y por lo tanto también la instrumentación requerida. Es por ello, que en esta investigación se logró identificar bibliografía confiable en relación

111

manejo de cultivo de quinua, con la cual generamos nuestra lista de exigencias y requerimientos que nos permitió determinar la instrumentación adecuada y por ende un diseño confiable que se pudo verificar a través de simulación. En cuanto a los resultados obtenidos podemos decir que en primer lugar nuestro diseño si considero un control manual y automático del sistema, en segundo lugar, se tiene un mejor monitoreo y control del nivel de agua pues al considerar un sensor de nivel analógico permite que podamos obtener una medición continua de esta variable, en tercer lugar, al sectorizar el área de cultivo en tres partes nos permitió tener un mejor control de la variable humedad del suelo. Finalmente, el uso de válvulas solenoides auxiliares permite que el agricultor pueda regar el cultivo de acuerdo con su criterio técnico.

6.3. Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes.

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el presente informe final de investigación, de acuerdo con el Código de Ética de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Resolución de consejo universitario N° 260-2019-CU).

112

VII. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024; a partir de las investigaciones previas y la problemática planteada.

- Se determino las herramientas tecnológicas en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de

Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024; teniendo en cuenta que, las especificaciones técnicas de los elementos seleccionados cumplan con las exigencias planteadas en el dimensionamiento mecánico, eléctrico y electrónico. Por otro lado, también se realizó el diagrama de flujo del funcionamiento del sistema con el fin de entender su operación en control manual y automático.

- Se logró elaborar los planos técnicos en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024. De esta manera documentamos y representamos al sistema a partir de su diagrama P&ID, diagrama de arquitectura, diagrama eléctrico multipolar y diagrama mecánico del tablero de control y automatización.

- Por último, se realizaron simulaciones y pruebas de funcionamiento del sistema de control automatizado, esto a través del software TIA Portal v18, en el que se programa el PLC Siemens S7-1200 y su propia interfaz de usuario la HMI KTP-700, y en el que se configura y varía las distintas variables que conforman el proceso. De esta manera se logró verificar que el sistema diseñado es flexible y adaptable a las exigencias para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

113

VIII. RECOMENDACIONES

- Para mejorar el desempeño del sistema de riego, es fundamental considerar la instalación de filtros de agua en las líneas de entrada y salida del tanque de almacenamiento, pues estos filtros retienen tierra y sedimentos, evitando la obstrucción de tuberías y componentes mecánicos del sistema. De esta manera, se garantiza un flujo de agua libre de contaminantes que podrían perjudicar la salud de las plantas y la calidad del suelo. Sin embargo, si solo puede instalar un filtro, la entrada del tanque es el lugar más crítico para hacerlo.

- En cuanto a los elementos eléctricos y electrónicos han sido determinados primero a partir de un dimensionamiento y segundo de acuerdo con su disponibilidad en el mercado peruano, entonces se sugiere utilizar dispositivos de características similares. Por otro lado, es conveniente mencionar que si el cultivo de quinua se va a desarrollar en localidades con altitud superior a 1000 metros sobre el nivel del mar es conveniente considerar un factor de derateo para el equipamiento eléctrico y

electrónico, este factor lo podemos encontrar en las fichas técnicas de los dispositivos seleccionados o en los manuales del fabricante.

• Se recomienda realizar la implementación del sistema de control automatizado propuesto de esta manera se podrá comprobar la efectividad del sistema en tiempo real.

114

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KONCAGÜL, Engin, CONNOR, Richard y ABETE, Valentina . Informe



35

dx.doi.org | Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos
<http://dx.doi.org/10.18356/b77e17d-es>

Mundial



36

hdl.handle.net | Análisis documental de los informes de sostenibilidad presentados por las Naciones Unidas frente a los retos del desarrollo sostenible.
<http://hdl.handle.net/20.500.12993/1648>

de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos

2024: agua para la prosperidad y la paz; datos, cifras y planes de acción. [En línea] 2024. [Citado el: 9 de julio de 2024.]

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388952>.

2. KONCAGÜL, Engin, CONNOR, Richard y TRAN, Michael. Informe de las



37

hdl.handle.net | Análisis documental de los informes de sostenibilidad presentados por las Naciones Unidas frente a los retos del desarrollo sostenible.
<http://hdl.handle.net/20.500.12993/1648>

Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2014:

agua y energía, datos y estadísticas. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de julio de 2024.] https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000226961_spa.

3. Portal Frutícola. PortalFruticola.com. [En línea] 25 de Marzo de 2022. [Citado el: 12 de Junio de 2024.] <https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/03/25/en-peru-del-80-del-agua-que-usa-el-sector-agricola-el-30-se-distribuye-bien/>.

4. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) . Regional Water Dialogues for Latin America and the Caribbean: Towards the United Nations Water Conference. [En línea] 01-03 de febrero de 2023. [Citado el: 08 de agosto de 2024.]

https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/informe_dialogos_english_2_may23_ns_0.pdf.

5. AGRO PERU COMUNICACIONES SRL. Sector agrícola peruano tiene un enorme potencial en el uso eficiente del agua. AgroPerú Informa. [En línea] 19 de marzo de 2022. [Citado el: 04 de agosto de 2024.]

<https://www.agroperu.pe/sector-agricola-peruano-tiene-un-enorme-potencial-en-el-uso-eficiente-del-agua/>. 2955-8190.

6. EcoPositivo. Automatización en Sistemas de Riego: Eficiencia y Ahorro de Agua. ecopositivo.com. [En línea] [Citado el: 04 de agosto de 2024.]

<https://ecopositivo.com/automatizacion-en-sistemas-de-riego-eficiencia-y-ahorro-de-agua/>.

115

7. VIERA, Lenín y GUILCASO, Christian. Utilización de sensores IoT para la automatización de sistemas de riego. [En línea] 2023. [Citado el: 5 de agosto de 2024.] <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3691>.

ISSN-2477-8818.

8.

 **www2.ual.es**
<http://www2.ual.es/SNIH16/web/Web/1-10.pdf>

Irrigation Management of Greenhouse Tomato and Cucumber Using

Tensiometer: Effects on Yield, Quality and Water Use.

BUTTARO, Donato , y

otros. Bari : s.n., 2015, Vol. 4, págs. 440-444. ISSN 2210-7843.

9. Sensors for Improved Efficiency of Irrigation in Greenhouse and Nursery

Production. VAN LERSEL, Marc, CHAPPELL, Matthew y LEA-COX, John. s.l. :

HortTechnology, diciembre de 2013.

10. CONTRERAS, Juan et al.

 **www2.ual.es**
<http://www2.ual.es/SNIH16/web/Web/1-10.pdf>

Automatización del riego empleando sensores de

humedad del suelo en cultivos hortícolas en invernadero: aspectos

medioambientales. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de julio de 2024.]

<https://www2.ual.es/SNIH16/web/Web/1-10.pdf>.

11. Dinámica de la producción y exportación de quinua (*Chenopodium quinoa*) en

Perú. SANTA MARÍA, Alberto, y otros. 22, s.l. : Revista Alfa, 2024, Vol. 8, págs.

84-94. ISSN: 2664-0902. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.250>.

12. ROSALES, Selene. Países productores de quinua van en aumento: lo que

deberá hacer el Perú para diferenciarse. Lima : Diario Gestión - Empresa Editora

El Comercio S.A., 2021. [https://gestion.pe/economia/paises-productores-de-](https://gestion.pe/economia/paises-productores-de-quinua-van-en-aumento-lo-debera-hacer-el-peru-para-diferenciarse-noticia/)

[quinua-van-en-aumento-lo-debera-hacer-el-peru-para-diferenciarse-noticia/](https://gestion.pe/economia/paises-productores-de-quinua-van-en-aumento-lo-debera-hacer-el-peru-para-diferenciarse-noticia/).

13. Rendering quality technical: modern quinoa, modern farmers, and the moral

politics of quality standards. MCDONELL, Emma. 1, s.l. : Agric Hum Values,

2023, Vol. 40, págs. 305-315. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10358-7>.

14. BECERRA, Juan, y otros. Pronóstico de producción de quinua al 2023.

Jesús María, Lima : Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego - MIDAGRI, 2023.

15. RPP. La Libertad: Cultivos de quinua busca mejorar nutrición en

Huamachuco. 24 de Abril de 2012.

16. Gobierno Regional La Libertad. Plataforma del Estado Peruano. gob.pe.

[En línea] 5 de enero de 2021. [Citado el: 6 de agosto de 2024.]

<https://www.gob.pe/institucion/regionalalibertad/noticias/342105-inician-trabajos-de-planta-de-procesamiento-de-granos-andinos-de-huamachuco>.

17. FUENTES, Néstor, y otros. Uso Eficiente del Agua en la Agricultura con Fines de Conservación. Lima : Autoridad Nacional del Agua, 2018.

18. Implementación de sensores en los sistemas de riego automatizado
Implementation of sensors in automated irrigation systems. VILLEGAS, Yenier y SEPÚLVEDA, Yulian. diciembre de 2019.

19. TAKAEZU, Diego.



repositorio.uch.edu.pe

https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/20.500.12872/809/4/Rojas_HJ_tesis_Ingenieria_Electronica_Telecomunicaciones_2023.pdf

Diseño para la implementación de un sistema de riego

tecnificado en el campamento Villa Cujone, Southern Peru Copper Corporation,

Moquegua, Perú. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La

Molina. [En línea] 2017. [Citado el: 09 de agosto de 2024.]

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2687>.

20. TRAN, Michael , KONCAGÚL, Engin y CONNOR, Richard . Informe de las



hdl.handle.net

| Análisis documental de los informes de sostenibilidad presentados por las Naciones Unidas frente a los retos del desarrollo sostenible.

<http://hdl.handle.net/20.500.12993/1648>

Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016:

El agua y el empleo: cifras y datos. División de Ciencias del Agua, UNESCO.

Colombella : s.n., 2016.

21. The Quinoa at the time of COVID-19: New coordination between Andean producers. BAZILE, Didier , y otros. 14 de julio de 2021, Cahiers Agricultures.

22. VILLAREAL, Andrés . Diseño de un sistema de control automático de la temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la tecnología IoT. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba - Ecuador : 2021.

23.



dx.doi.org

| Diseño e implementación de un sistema de control automático de irrigación y fertilización para invernaderos bajo el paradigma de la Agricultura 4.0

<http://dx.doi.org/10.59741/agraria.v19i5e1.6>

Diseño e implementación de un sistema de control automático de irrigación

y fertilización para invernaderos bajo el paradigma de la Agricultura



www.revistaagraria.com

<https://www.revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/6>

4.0.

GUTIÉRREZ, Hugo , y otros. SE1, México : Agraria, junio de 2022, Vol. 19.

ISSN 0186-8063. <https://doi.org/10.59741/agraria.v19i5e1.6>.

24. Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo.

LESCANO, Andrea y VÁSCONEZ, Diego. 4, Ecuador : Revista Científica

25. LOPEZ, Guido. Sistema de control de riego automatizado para un uso

eficiente del agua. Universidad Pública de El Alto, Bolivia : 2020.

26. PARDO , Franklin y CASA , Juan . Automatización de un sistema de riego



44

repositorio.utc.edu.ec | Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la U...
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6822/6/T-001522.pdf.txt>

para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro

Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi.



45

repositorio.utc.edu.ec | Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del Centro Experimental Salache en la U...
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/0f7544e6-ec9-4ebb-9e03-11a1a802190e>

Universidad

Técnica de Cotopaxi; Facultad de Ciencias de la Ingeniería y A
plicadas.,

Ecuador : 2020.

27. ROJAS, Helen.



46

repositorio.uch.edu.pe | https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/20.500.12872/809/4/Rojas_HJ_tesis_Ingenieria_Electronica_Telecomunicaciones_2023.pdf

Diseño de un sistema de potencia y control automatizado

para riego en beneficio de los agricultores del distrito de
Paramonga - 2021.

Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima : 2023.

28. ORDOÑEZ, Yorvin y CIEZA, Yoni. Diseño de un sistema de control



47

repositorio.unj.edu.pe | Repositorio UNJ: Diseño de un sistema de control automatizado mediante tecnología Arduino para el riego del vivero de la Municipalidad Provi...
<https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/662>

automatizado mediante tecnología arduino para el riego del vivero de la



48

repositorio.unj.edu.pe | https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/662/1/T_Ordoñez_Huaman-Cieza_Quispe_IME_2024.pdf

Municipalidad Provincial De Jaén

- Perú. Universidad Nacional de Jaén, Jaén :

2024.

29. GUEVARA, Jeisson y NIÑO, Jennifer. Diseño conceptual de un sistema de

control automatizado para el riego de cultivos en Chimbote. Universidad

Tecnológica del Perú, Lima - Perú : 2022.

30. LARA, Carlo.



49

repositorio.upt.edu.pe | Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica
<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/23>

Diseño de un sistema automatizado con el controlador lógico

programable Simatic S7 1200 para mejorar el riego tecnificado del cultivo de



50

repositorio.upt.edu.pe | <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/2489/Lara-Chugnas-Carlo.pdf?sequence=1>

palto en el departamento de Moquegua

2021. Universidad Privada de Tacna,

Tacna : 2022.

31. VENTURA, Ronald y LIMA, Franklin. Diseño de un sistema automatizado

de riego por aspersión con generación fotovoltaica para optimizar el consumo

del recurso hídrico en un terreno de cultivo de aguaymanto en el CPM de

Mayobamba-2022. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electricista,

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica, Universidad Continental,

Huancayo : 2024.

32. OGATA, Katsuhiko . Ingeniería de control moderna. Madrid : Pearson

Educación S.A, 2010. ISBN: 978-84-8322-660-5.

33. NISE, Norman. Control Systems Engineering, 8th Edition. California State

Polytechnic University, Pomona : Wiley, 2019. ISBN 9781119493037.

34. NOGUERA, Bulmaro. Ingeniería Química Reviews (IQR). Introducción a los

sistemas de control automático. [En línea] 4 de diciembre de 2020. [Citado el: 16

de agosto de 2024.]

[https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/sistemas-de-control-](https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/sistemas-de-control-automatgico-introduccion.html)

[automatgico-introduccion.html](https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/sistemas-de-control-automatgico-introduccion.html).

35. Significance of sensors for industry 4.0: Roles, capabilities, and applications.

JAVAID, Mohd, y otros. 100110, India : Sensors International, 2021, Vol. 2.

ISSN 2666-3511.

36. MARTÍN, Carlos y GARCÍA, María. Automatismos Industriales. Madrid :

Editex S.A., 2009. 978-84-9771-610-9.

37. BOLTON, William. Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical

and Electrical Engineering, Sixth Edition. United Kingdom : Pearson Education,

2015. ISBN: 978-1292076683.

38. SHNEIDERMAN, Ben , y otros. Designing the User Interface: Strategies for

Effective Human-Computer Interaction 6th Edition. Edinburgh : Pearson

Education, 2018. ISBN: 978-0134380384.

39. HERNÁNDEZ, Ricardo.



repositorio.unac.edu.pe

https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6718/IF_GUTIERREZ_FIEE_2022.pdf?sequence=1

Introducción a los sistemas de control: Conceptos,

aplicaciones y simulación con MATLAB.

México : Prentice Hall, 2010. ISBN: 978-

607-442-842-1.

40. MATUS, Iván. Biblioteca Digital Instituto de Investigaciones Agropecuarias

(INIA). El cultivo de la quínoa en Chile. [En línea] 2015. [Citado el: 14 de agosto

de 2024.] <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6727>. ISSN 0717-4829.

41. CALLA, Jael. Agrobanco. Manual Técnico - Manejo del cultivo de quínoa.

[En línea] 2012. [Citado el: 14 de agosto de 2024.]

<https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-c-quinua.pdf>.

42. SANDAÑA, Patricio. FONTAGRO. Manejo sostenible del riego y la

fertilización en quínoa. [En línea] Secretaría Técnica-Administrativa (STA) de

FONTAGRO, 29 de octubre de 2021. [Citado el: 14 de agosto de 2024.]

<https://www.fontagro.org/new/proyectos/manejoquinua/es>. RG-T4373.

43. Sierra y Selva Exportadora. Análisis de Mercado - Quínoa 2015 - 2020. [En

[línea] 10 de diciembre de 2020. [Citado el: 15 de agosto de 2024.]

<https://www.gob.pe/institucion/sse/informes-publicaciones/1420442-analisis-de-mercado-quinua-2015-2020>.

44. GÓMEZ, Luz y AGUILAR, Enrique. Guía de cultivo de la quinua. Segunda edición. Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016.

45. Quinoa (*Chenopodium quinoa will*) ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. IZQUIERDO, José , y otros. Santiago - Chile : FAO - Agronomía del Cultivo de la Quinoa, 2001.

46. Different Drought-Tolerant Mechanisms in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Djulis (*Chenopodium formosanum* Koidz.) Based on Physiological Analysis. PIN-HUA, Lin y YUN-YANG, Chao. 11, Taiwan : Plants, 2021, Vol. 10. 2279. <https://doi.org/10.3390/plants10112279>.

47. Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS). Manejo y Conservación del Suelo – Fundamentos y Prácticas. Lima : PRONAMACHCS, 2024.

48. CENICANÑA. www.cenicana.org. [En línea] 6 de Abril de 2015. [Citado el: 24 de Mayo de 2022.] <https://www.cenicana.org/riego-por-surcos/>.

49. HUERTAS, Elsa. Universidad Nacional Agraria La Molina. Gaceta Molinera. [En línea] Vice rectorado de Investigación - UNALM, 22 de octubre de 2012. [Citado el: 15 de agosto de 2024.]

120

http://www.lamolina.edu.pe/gaceta/avances_cientificos/anteriores/2012/octubre/044.htm.

50. GÓMEZ, Rafael, y otros. Manual de riego para Agricultores: módulo 2. Riego por superficie. Sevilla : Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 2010. ISBN 84-8474-025-0.

51.

52

Documento de otro usuario

El documento proviene de otro grupo

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la

53

hdl.handle.net | Análisis documental de los informes de sostenibilidad presentados por las Naciones Unidas frente a los retos del desarrollo sostenible.

<http://hdl.handle.net/20.500.12993/1648>

Agricultura

54

hdl.handle.net | Aportes y perspectivas del mejoramiento genético de yuca para el fortalecimiento de su red de valor

<http://hdl.handle.net/20.500.12924/39658>

(FAO). Tecnologías para el uso sostenible del agua: una

contribución a la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático.

Tegucigalpa, M.D.C, Honduras : s.n., 2013. E-ISBN 978-92-5-307931-5.

<https://www.fao.org/home/en/>.

52. Novedades Agrícolas, S.A. Novagric. Riego por Microaspersión en invernaderos. [En línea] [Citado el: 16 de agosto de 2024.]

<https://novagric.com/sistemas-de-riego/riego-por-microaspersion/>.

53. NETAFIM. Riego por goteo revolucionando la agricultura. [En línea] [Citado

el: 24 de mayo de 2022.] <https://www.netafim.com/es-pe/drip-irrigation/>.

54. PORRAS, Zenaida. Evaluación



hdl.handle.net | Sistema de riego tecnificado por goteo para cultivo de quinua, financiado por Fondo Contravalor Perú-Francia; en el distrito Tauripampa, provincia Yau...

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/5741>

del sistema de riego por goteo y exudación

en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el INIA -La Molina.

Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima [en línea] : 2015.

[https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a5499049-36ff-](https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a5499049-36ff-4c14-b047-fbcfe7aa2132/content)

[4c14-b047-fbcfe7aa2132/content](https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a5499049-36ff-4c14-b047-fbcfe7aa2132/content).

55. PAHL , Gerhard , y otros. Engineering Design: A Systematic Approach, 3rd

edition. London : Springer-Verlag, 2007. ISBNs: 978-1-84628-319-2.

56. DIETER, George y SCHMIDT, Linda. Engineering Design 6th Edición. New

York : McGraw-Hill Education, 2021. ISBN 978-1260113297.

57. International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 61508. Functional

safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems ,

Edition 2.0. Ginebra, Suiza. : International Electrotechnical Commission (IEC),

2010. ISBN 978-2-88910-524-3.

121

58. FOGG, Eric . MachineMetrics. Industrial Automation: How it Works, Types,

and Benefits. [En línea] Industrial Automation, 25 de noviembre de 2020. [Citado

el: 4 de octubre de 2024.] [https://www.machinemetrics.com/blog/industrial-](https://www.machinemetrics.com/blog/industrial-automation)

[automation](https://www.machinemetrics.com/blog/industrial-automation).

59. International Society of Automation (ISA). What is Automation?

Automation encompasses many vital elements, systems, and job functions. [En

línea] ISA and the Automation Community. [Citado el: 5 de octubre de 2024.]

<https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation>.

60. PONCE, Dionisio y LAVERDE, Jeannette. Sistema automatizado de riego

por aspersión para el jardín unicado



repositorio.uch.edu.pe
https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/20.500.12872/809/4/Rojas_HJ_tesis_Ingenieria_Electronica_Telecomunicaciones_2023.pdf

en la parte lateral del bloque de aulas #2 de

Uniandes Quevedo. 2016.

61. Rotoplas S.A. de C.V. Riego. ¿Qué es un sistema de riego automatizado?

[En línea] Rotoplas S.A., 21 de julio de 2022. [Citado el: 06 de octubre de 2024.]

<https://riego.com/blog/que-es-un-sistema-de-riego-actualizado/>.

62. Rain Bird Corporation. Riego más inteligente con el riego automático. ¿Qué

es un sistema de riego automático? [En línea] octubre de 2021. [Citado el: 6 de

octubre de 2024.]

[https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2022-03/spanish-](https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2022-03/spanish-mx-why-automated-brochure-2021-en-spa-mx_web.pdf)

[mx-why-automated-brochure-2021-en-spa-mx_web.pdf](https://www.rainbird.com/sites/default/files/media/documents/2022-03/spanish-mx-why-automated-brochure-2021-en-spa-mx_web.pdf).

63. GARCÍA, Ignacio. Elecproy. Todo sobre los autómatas programables o

PLCs. [En línea] 13 de junio de 2024. [Citado el: 05 de octubre de 2024.]

<https://elecproy.com/es/plcs-definicion-partes-ventajas/>.

64. MARTÍNEZ, Francisco. Introducción al Riego. s.l. : Universidad Politécnica de Valencia, 2014. Introducción al Riego.

65. HUAYLLA, Luis . Sistemas de riego tecnificado. Instituto de Capacitación del Oriente (ICO), Vallegrande - Bolivia : 2019.

122

66. PRISMAB. Blog: Agricultura Inteligente. Calidad del suelo. Parte 5: Agua del suelo. [En línea] 9 de mayo de 2022. [Citado el: 07 de octubre de 2024.]

<https://prismab.com/blog/calidad-del-suelo-parte-5-agua-del-suelo/>.

67. Universidad de Minnesota. Sensores de humedad del suelo para programación de riego. [En línea] Universidad de Minnesota, 2019. [Citado el: 18 de setiembre de 2024.] <https://es.extension.umn.edu/riego/sensores-de-humedad-del-suelo-programaci%C3%B3n-de-riego#sources-1871060>.

68. EOS Data Analytics, Inc. Humedad Del Suelo: Cómo Medir Y Controlar Su Nivel. [En línea] EOS Data Analytics, Inc., 19 de diciembre de 2023. [Citado el: 18 de setiembre de 2024.] <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/#:~:text=El%20c%C3%A1lculo%20de%20la%20humedad,y%20el%20contenido%20volum%C3%A9trico%20actual..>

69. HUGH, Jack. Automating Manufacturing Systems with PLCs. s.l. : Michigan: Bookboon, , 2009. ISBN: 9780557344253.

70. BOSE, Bimal. Modern Power Electronics and AC Drives. s.l. : Prentice Hall, 2001. ISBN: 978-0130167439.

71. COPA-DATA. ¿Qué es una HMI? [En línea] Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH. [Citado el: 15 de setiembre de 2024.] <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/que-significa-hmi-interfaz-humano-maquina-copa-data/>.

72. KARASSIK, Igor , y otros. Pump Handbook, 4th Edition. s.l. : McGraw-Hill, 2008. ISBN: 9780071460446.

73. JOHNSON, Curtis . Process Control Instrumentation Technology 8th Ed. s.l. : Pearson Education Limited, 2006. ISBN: 978-1-292-02601-5.

74. BD | SENSORS pressure measurement. Términos técnicos habituales en la tecnología de medición de presión. [En línea] BD | SENSORS GmbH. Alle Rechte vorbehalten. [Citado el: 16 de setiembre de 2024.] <https://www.bdsensors.de/es/tecnologia/terminos-tecnicos#>.

123

75. International Society of Automation (ISA). ANSI/ISA-5.1, Instrumentation and Control Symbols and Identification. USA : ISA, 2024. ISBN:9781643312507.

76. International Electrotechnical Commission (IEC). IEC 61082-1. Preparation of documents used in electrotechnology - Part 1: Rules. [En línea] 2014. [Citado el: 16 de setiembre de 2024.]

<https://webstore.iec.ch/en/publication/4469>. ISBN 978-2-8322-1872-3 .

77. Autodesk Inc. Software y aplicaciones de dibujo CAD. ¿Qué es un dibujo CAD? [En línea] 2024. [Citado el: 20 de setiembre de 2024.]

<https://www.autodesk.com/latam/solutions/cad-drawing-apps-and-software>.

78. EPLAN. EPLAN Electric P8. EPLAN Electric P8 for Your Areas of Application. [En línea] 2024. [Citado el: 20 de setiembre de 2024.] <https://www.eplan-software.com/solutions/eplan-electric-p8/>.

79. Siemens. TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). [En línea] 2024. [Citado el: 20 de setiembre de 2024.]

<https://www.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/software-industrial/tia-portal.html>.

80. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6ª ed. México : McGraw-Hill / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-

0.

81. TAMAYO Y TAMAYO, Mario. El proceso de la investigación científica 5ª ed. México : Limusa, 2004. ISBN: 978-6070501388.

82. ARIAS, José. Diseño y metodología de la investigación. Arequipa : Enfoques Consulting EIRL, 2021. ISBN: 978-612-48444-2-3.

https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf.


83. BUNGE, Mario. La ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires : Ediciones Siglo Veinte, 1972.

124

84. Estación Experimental Agraria Santa Ana - Huancayo. Manejo del cultivo de la quinua. s.l. : Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, 2012.

<https://hdl.handle.net/20.500.12955/190>.

85.

 repository.ucatolica.edu.co
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/e5de333a-59e1-4d13-b34e-c5c76580c4ca/content>

DEMÍN, Pablo. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de

riego : métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones.

- 1a. ed. San

Fernando del Valle de Catamarca : Instituto Nacional de Tecnología

Agropecuaria (INTA), 2014. ISBN 978-987-521-512-2.

86. Ventas Internacionales S.A. VISA REG. Sistema de riego por exudación.

[En línea] 2016. [Citado el: 10 de setiembre de 2024.]

<https://ventasinternacionales.com/wp-content/uploads/2018/09/FOLDER-VISA-REG-ES.pdf>.

87. KROHNE Group. OPTIFLUX 2100. Caudalímetro electromagnético para todas las aplicaciones estándar con agua. [En línea] [Citado el: 20 de octubre de 2024.] <https://krohne.com/es/productos/medida-de-caudal/caudalimetros/caudalimetros-electromagneticos/optiflux-2100#>.

X. ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

“



Documento de otro usuario

El documento proviene de otro grupo

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA EL RIEGO DE CULTIVO DE QUINUA EN EL CASERÍO DE CAHUADÁN, DISTRITO DE HUAMACHUCO,

PROVINCIA DE SÁNCHEZ CARRIÓN, LA LIBERTAD 2024”

Problemas Objetivos Hipótesis Variables Indicadores Método Técnicas

Problema General Objetivo General Hipótesis General Variable

Independiente

Para la variable

independiente

• Investigación

documental

• Dimensionamiento

de equipamiento.

• Simulación en

software de

programación de

PLCs.

Análisis técnico y

Simulación: manejo de

herramientas digitales

de diseño como

AutoCAD 2D, EPLAN

Electric y programación

de controladores

lógico-programables

Siemens s7-1200

¿Cómo diseñar un sistema

de control automatizado

para el riego de cultivo de

quinua en el caserío de

Cahuadán, distrito de

Huamachuco, provincia de

Sánchez Carrión, La

Libertad 2024?

Diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

El diseño de un sistema de control automatizado permite una base técnica que facilite su simulación en un entorno virtual para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

Sistema de control automatizado

- Herramientas tecnológicas
- Planos técnicos
- Simulación

Problemas Específicos Objetivos Específicos Hipótesis Específicas Variable

dependiente

Para la variable

dependiente

- Investigación

documental
Análisis de contenido

PE1: ¿Cuáles son las herramientas tecnológicas en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de

OE1: Determinar las herramientas tecnológicas en el diseño de un sistema

de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

HE1: Las herramientas tecnológicas seleccionadas permiten diseñar un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

Riego de cultivo de quinua

- Uso del Agua
- Tamaño de parcela

126

Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

PE2: ¿Cuáles son los planos técnicos en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

PE3: ¿De qué manera se puede simular el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024?

Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

OE2: Elaborar los planos

técnicos en el diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

OE3: Realizar la simulación del diseño de un sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

HE2: Los planos técnicos desarrollados en AutoCAD y EPLAN proporcionan una representación del sistema de control automatizado para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

HE3: La simulación del sistema de control automatizado en TIA Portal permite verificar que el diseño cumple con los requisitos para el riego de cultivo de quinua en el caserío de Cahuadán, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, La Libertad 2024.

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°02: Leyenda y características del tablero de control y automatización

LEYENDA

- 1 Panel HMI de 7" de pantalla activa.
- 2 Placa metálica de acero inoxidable 304. Dimensiones: 100x40 mm
- 3 Luminaria LED 24 VDC
- 4 PLC - Módulo Ethernet.
- 5 PLC - CPU.
- 6 PLC - DI - Módulo de 8 Entradas Discretas.
- 7 PLC - AI - Módulo de 4 Entradas Analógicas.
- 8 PLC - AO - Módulo de 4 Entradas Analógicas.
- 9 XB-1: 8 borneras tipo push in de un piso de 4 mm² para climatización 220 VAC.
- 10 BTC: 4 borneras tipo push in de un PISO DE 6 mm² para tierra.
- 11 Interruptor de puerta.
- 12 Tomacorriente
- 13 Termostato
- 14 Higrostató
- 15 Switch ethernet administrable
- 16 XC-1: 16 borneras tipo push in de dos pisos de 2.5 mm² para DI
- 17 XC-2: 16 borneras tipo push in de dos pisos de 2.5 mm² para DO
- 18 XC-3: 16 borneras tipo push in de dos pisos de 2.5 mm² para AI
- 19 XC-4: 16 borneras tipo push in de dos pisos DE 2.5 mm² para AO
- 20 Relés de estado sólido (YC), tipo borne - 6 unidades
- 21 Resistencia calefactora
- 22 Tope final/separadora
- 23 Ventilador con filtro y rejilla de ventilación
- 24 Variador de frecuencia de 0.75KW
- 25 Interruptores termomagnéticos bipolares
- 26 Contactor de 9A/AC3, bobina 220VAC, 1NA+1NC
- 27 Riel din perforado 35 X 15 mm
- 28 Canaleta de 40 X 80 mm
- 29 Pilotos luminosos LED

CARACTERÍSTICAS

Tablero de poliéster para ser adosado en pared con accesorios de acero inoxidable 316 de medidas 1000x800x300mm y cuenta con los siguiente dispositivos: PLC, módulos de control (entradas discretas, salidas discretas, entradas analógicas y salidas analógicas), pantalla HMI, variador de frecuencia, contactor, réles auxiliares, switch administrable, dispositivos del sistema de climatización (termostato, higrostató, ventilador y resistencia calefactora), dispositivos eléctricos (tomacorriente de 220 VAC, interruptores termomagnéticos de alimentación monofásica 220vac y fuente de alimentación de 24VDC), luminaria tipo LED, pilotos luminosos LED, interruptor de apertura de puerta, borneras, riel din y canaletas.

First letters (1) Succeeding letters (13)



integrated.cc

http://integrated.cc/cse/Instrumentation_Symbols_and_Identification.pdf

Column 1 Column 2 Column 3 Column 4 Column 5

Measured/initiating
variable

Variable modifier
(10)

Readout/ passive
function

Output/active
function

Function modifier

A Analysis (2)(3)(4)

Alarm

B

Bumer, Combustion
(2)

User's Choice (5) User's Choice (5) User's Choice (5)

C User's Choice (3a)(5) Control(21a)(21e) Clase (25b)

D User's Choice (3a)(5) Difference,Differential Deviation (26)

E Voltage (2)

Sensor, Primary
Element

F Flow,Flow Rate (2) Ratio

G User's Choice

Glass,
Gauge,Viewing
Device (14)

H Hand (2)

High (25a)(
26a)(27)

I Current (2) Indicate (15)

J Power (2) Sean (16)

K Time,Schedule (2)

Time Rate of Change
(11)

Control Station (22)

L Level(2) Light (17) Low (25b)(26)(27)

M User's Choice (3a)(5)

Middle,Intennediate
(25c)(26)(27)

N User's Choice (5) User's Choice (5) User's Choice (5) User's Choice (5)

O User's Choice (5) Orifice, Restriction Open (25a)

P Pressure (2)

Point (Test
Connection)

Q Quantity (2) Integrate, Totalize Integrate,Totalize

R Radiation (2) Record (18) Run

S Speed, Frequency (2) Safety (12) Switch (21b) Stop

T Temperature (2) Transmit

U Multivariable (2)(6) Multifunction (19) Multifunction (19)

V

Vibration, Mechanical
Analysis (2)(4)(7)

Valve, Damper, Louver
(21c)(21e)

W Weight, Force (2) Well, Probe

X

On/Off or Unclassified
(8) X-axis
Accessory Devices
(20),
Unclassified (8)

Unclassified (8) Unclassified (8)

Y

Event, State, Presence
(2)(9)

Y-axis

Auxiliary Devices
(21d)(23)(24)

Z

Position, Dimension
(2)

Z-axis, Safety

Instrumented System
(28)

Driver,

Actuator, Unclassified
final control element

Fuente: Norma ANSI/ISA - S5.1 - 2024

129

Anexo N°04: Símbolos y significados de P&ID

• Símbolos P&ID de los tanques o recipientes

• Símbolos P&ID de bombas

130

• Símbolos P&ID de válvulas

• Símbolos P&ID de los motores

131

• Símbolos P&ID de instrumentos

• Símbolos P&ID de instrumentos

132

Anexo N°05: Ficha técnica de Tubería de Exudación Poritex

133

Anexo N°06: Ficha técnica de Controlador Lógico Programable (PLC) Siemens.

134

135

136

Anexo N°07: Simulación

• Ejecución de función principal

137

- Bloques de programa

138

139

- Diseño de panel de control (HMI)