



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,
SISTEMAS Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



TESIS

**Propuesta de un sistema automatizado para la distribución del
agua en canal de riego tipo secundario de la comisión de
usuarios del subsector hidráulico Monsefú**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

Esqueche Ramos, Jose Francisco

Torres Campos, Homero

AUTORES

Mg. Ing. Arteaga Lora, Roberto Carlos

ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL,
SISTEMAS Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

**Propuesta de un sistema automatizado para la distribución del
agua en canal de riego tipo secundario de la comisión de
usuarios del subsector hidráulico Monsefú**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

Miembros del jurado

Msc. Ing. Loyaga Orbegozo, Gavino Marcelo

Presidente

Ing. César Guzmán Valle

Dr. Ing. Juan Elias Villegas Cubas

Secretario

Vocal

LAMBAYEQUE – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TESIS

**Propuesta de un sistema automatizado para la distribución del
agua en canal de riego tipo secundario de la comisión de
usuarios del subsector hidráulico Monsefú**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Sistemas

Esqueche Ramos, Jose Francisco

Autor

Torres Campos, Homero

Autor

Mg. Ing. Arteaga Lora, Roberto Carlos

Asesor

LAMBAYEQUE – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con todo cariño y amor a mis padres; Dilmer y Esilda, por su apoyo constante y por llenar mi vida con sus valiosos consejos y valores.

A mis hermanos, por ser personas dignas a seguir.

A mi esposa Luz, mis hijos David y Daniela, por ser la razón de ser de mi vida, motor y motivo que me impulsa a seguir adelante.

¡Gracias a Ustedes!

Homero Torres Campos

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor para mi esposa Patricia, mis hijos José, Gabriela y Jesús.

A mis hermanos Percy, Clara, Cleotilde y Henyer que más que hermanos son verdaderos amigos.

A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Jose Francisco Esqueche Ramos

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy.

Agradezco infinitamente a mi familia, por ser las personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente.

Homero Torres Campos

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios porque nos dio el don de la perseverancia para alcanzar nuestras metas.

Agradecer a mis padres Francisco y Amelia, por sus consejos, apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

Jose Francisco Esqueche Ramos

RESUMEN

La presente tesis, se realizó en la comisión de regantes del sub - sector de riego de Monsefú, específicamente en el tramo Calazán, que cuenta con un sistema de riego manual, para un total de 16 predios agrícolas, distribuidos en 30.56 hectáreas. La propuesta ayudará a los dueños de los predios del sub sector de riego de Monsefú, tramo Calazán, a contar con la cantidad de agua necesaria para el riego de sus terrenos y a la comisión de regantes, a tener un sistema de control automatizado del agua de regadío. El planteamiento consiste, en utilizar en cada lote una compuerta tipo plana de 0.5 m x 0.5 m, con un actuador AUMA en la compuerta y mediante un cable de comunicación Profibus DP en una arquitectura tipo bus, unirla a las 15 compuertas restantes; esta red de 16 puntos (uno por cada lote), se interconecta mediante un radioenlace de 3.79 kilómetros, que va desde la estación de comunicación a la sala de control en la ciudad de Monsefú. En el centro de operación y monitoreo de la comisión de regantes del sub-sector de riego de Monsefú (sala de control), se tendrá un control de la apertura y cierre de las tomas de los terrenos del sector Calazán, según el volumen de agua requerido por el usuario del lote, el software utilizado para el monitoreo en la sala de control fue LabVIEW, producto de la empresa National Instrument, el cual permite una interfaz hombre – máquina muy amigable, y facilita la operación del sistema automatizado propuesto.

Palabras clave: sistema automatizado, sensores, actuadores, monitoreo, sala de control.

Abstract

This thesis was carried out in the irrigation commission of the irrigation sub-sector of Monsefú, specifically in the Calazán section, which has a manual irrigation system, for a total of 16 agricultural properties, distributed in 30.56 hectares. The proposal will help the owners of the properties of the Monsefú irrigation subsector, Calazán section, to have the necessary amount of water to irrigate their land and the irrigation commission, to have an automated water control system irrigation. The approach consists of using a 0.5 m x 0.5 m flat-type gate in each batch, with an AUMA actuator on the gate and by means of a Profibus DP communication cable in a bus-type architecture, joining it to the remaining 15 gates; This network of 16 points (one for each lot) is interconnected by a 3.79 kilometer radio link, which goes from the communication station to the control room in the city of Monsefú. In the operation and monitoring center of the irrigation commission of the irrigation sub-sector of Monsefú (control room), there will be a control of the opening and closing of the intakes of the lands of the Calazán sector, according to the volume of water Required by the batch user, the software used for monitoring in the control room was LabVIEW, a product of the National Instrument company, which allows a very friendly human-machine interface, and facilitates the operation of the proposed automated system.

Keywords: automated system, sensors, actuators, monitoring, control room.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>Dedicatoria</i>	3
<i>Agradecimiento</i>	6
<i>Resumen</i>	8
<i>Abstract</i>	9
<i>Introducción</i>	16
<i>Capítulo I: El problema de la investigación</i>	17
1.1 Descripción de la situación problemática	17
1.2 Formulación de la pregunta de investigación.....	18
1.3 Objetivos de la investigación.....	18
1.3.1 Objetivo general	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Justificación e importancia	18
<i>Capítulo II: Marco teórico</i>	20
2.1. Antecedentes.....	20
2.2. Base teórica.....	28
2.2.1. Automatización.....	28
2.2.2. Objetivos de la automatización.....	28
2.2.3. Tipos de automatización	28
2.2.4. Pirámide de automatización.....	29
2.3. Automatización de Riego.....	30
2.4. Sistemas de control automático	31
2.4.1 Sistema de control de lazo abierto.....	31
2.4.2 Sistema de control de lazo cerrado	32
2.5. Red profibus	33
2.6. Sensores.....	34
2.7. Actuadores	34
2.7.1 Tipos de actuadores	35
2.7.2 Actuadores de compuertas de tomas laterales AUMA.....	36
2.8. Controladores lógico programables	39
2.8.1 Elementos de un PLC.....	39
2.9. Sistemas SCADA.....	41
2.9.1 Arquitectura de un sistema SCADA	41

2.10.	El Riego	42
2.10.1	Objetivos del riego	42
2.10.2	Tipos de riego	42
2.11.	Compuertas de riego	43
2.11.1	Tipos de compuertas	43
2.12.	Toma lateral.....	45
2.13.	Monitoreo con videowall.....	45
Capítulo III: Metodología de la investigación.....		47
3.1	Tipo de investigación	47
3.2	Operacionalización de variables.....	47
3.3	Diseño de contrastación de la hipótesis	48
3.4	Población y muestra de estudio	48
3.4.1	Población.....	48
3.4.2	Muestra.....	48
3.5	Técnica e instrumentos de recopilación de datos	49
Capítulo IV: Resultados y Discusión		51
4.1	Implementación del sistema automatizado de control.....	51
4.1.1	Análisis de la situación actual	51
4.2	Diseño del sistema automatizado.....	57
4.2.1	Tomas laterales.....	59
4.2.2	Actuadores de compuertas deslizantes	61
4.2.3	Control de compuertas deslizantes	64
4.3	Simulación del sistema automatizado de control	88
4.4	Funcionamiento del sistema automatizado.....	89
4.4.1	Solicitud de volumen de agua	89
4.4.2	Activación de compuertas laterales de lotes.....	90
4.5	Plan de mantenimiento	91
4.5.1	Mantenimiento de la red Profibus (Frecuencia: mensual).....	91
4.5.2	Mantenimiento de radioenlace (Frecuencia: trimestral).....	91
4.5.3	Mantenimiento de sistema SCADA y Videowall (Frecuencia: mensual)	91
4.5.4	Mantenimiento de tableros de comunicación (Frecuencia: mensual)	92
4.5.5	Mantenimiento de Actuadores AUMA (Frecuencia: mensual).....	92
4.6	Cronograma de actividades del proyecto.....	93
4.7	Presupuesto del sistema automatizado.....	94

<i>Conclusiones</i>	97
<i>Recomendaciones</i>	98
<i>Referencias</i>	99
<i>Anexos</i>	103
<i>Anexo 1: Encuesta de tesis</i>	103
<i>Anexo 2: Ubiquiti: NanoBeam M</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Anexo 3: Auma: Solutions for a world in motion</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

Índice de Figuras

Figura 1.	<i>Pirámide de automatización de procesos.....</i>	<i>30</i>
Figura 2.	<i>Sistema de Control de Lazo Abierto</i>	<i>32</i>
Figura 3.	<i>Sistema de control de lazo cerrado.....</i>	<i>32</i>
Figura 4.	<i>Perfil de red profibus</i>	<i>33</i>
Figura 5.	<i>Sensores industriales.....</i>	<i>34</i>
Figura 6.	<i>Clasificación de los actuadores</i>	<i>36</i>
Figura 7.	<i>Vista de actuador AUMA</i>	<i>37</i>
Figura 8.	<i>Comunicación Modbus entre actuadores AUMA.....</i>	<i>38</i>
Figura 9.	<i>Esquema básico de un PLC</i>	<i>39</i>
Figura 10.	<i>Arquitectura básica de sistema SCADA</i>	<i>42</i>
Figura 11.	<i>Compuerta deslizante en toma lateral</i>	<i>45</i>
Figura 12.	<i>Videowall en sala de control.....</i>	<i>46</i>
Figura 13.	<i>Toma de inicio de canal Calazán</i>	<i>51</i>
Figura 14.	<i>Vista de tomas laterales de canal Calazán</i>	<i>53</i>
Figura 15.	<i>Diseño de sistema automatizado</i>	<i>58</i>
Figura 16.	<i>Vista de lotes y ubicación de tomas laterales en canal Calazán.....</i>	<i>60</i>
Figura 17.	<i>Controlador AC 01.2 de AUMA.....</i>	<i>61</i>
Figura 18.	<i>Actuador SAR 07.2 de AUMA</i>	<i>62</i>
Figura 19.	<i>Actuador AUMA para compuertas del canal</i>	<i>63</i>
Figura 20.	<i>Actuador AUMA operando con compuerta deslizante</i>	<i>63</i>
Figura 21.	<i>Esquema de comunicación Profibus entre actuadores AUMA y PLC.....</i>	<i>64</i>
Figura 22.	<i>Cable de comunicación Profibus.....</i>	<i>66</i>
Figura 23.	<i>Conector de cable de comunicación Profibus</i>	<i>66</i>
Figura 24.	<i>Sección de corte de zanja para tubería de 3"</i>	<i>67</i>
Figura 25.	<i>CPU 315-2DP de estación de comunicación</i>	<i>68</i>
Figura 26.	<i>Simatic Net CP 343-1 de estación de comunicación.....</i>	<i>69</i>
Figura 27.	<i>Switch Scalance X005 de estación de comunicación</i>	<i>70</i>
Figura 28.	<i>Fuente Sitop PSU8200 de estación de comunicación</i>	<i>70</i>
Figura 29.	<i>Modelo de tablero de comunicación</i>	<i>71</i>
Figura 30.	<i>Modelo de cerco perimétrico</i>	<i>72</i>
Figura 31.	<i>Vista de radioenlace sala de control – antena de campo</i>	<i>73</i>

Figura 32.	<i>Antena Ubiquiti NBE-300 de sala de control.....</i>	<i>74</i>
Figura 33.	<i>Modelo de torre de antena Ubiquiti.....</i>	<i>75</i>
Figura 34.	<i>Ubicación y enlace de antenas con software Radio Mobile</i>	<i>76</i>
Figura 35.	<i>Cálculo de enlace entre antenas con software Radio Mobile.....</i>	<i>77</i>
Figura 36.	<i>Switch Scalance X005 de sala de control</i>	<i>79</i>
Figura 37.	<i>CPU 315-2DP de sala de control.....</i>	<i>80</i>
Figura 38.	<i>Simatic Net CP 343-1 de sala de control</i>	<i>81</i>
Figura 39.	<i>Fuente SITOP PSU8200 de sala de control</i>	<i>82</i>
Figura 40.	<i>Modelo de videowall 2x2 de sala de control.....</i>	<i>83</i>
Figura 41.	<i>Modelo de conexión de videowall 2x2</i>	<i>83</i>
Figura 42.	<i>Servidor HP ProLiant DL380e Gen8</i>	<i>84</i>
Figura 43.	<i>Sistema automatizado de control</i>	<i>85</i>
Figura 44.	<i>Programa gráfico de proyecto en LabVIEW.....</i>	<i>86</i>
Figura 45.	<i>Workstation HP para sistema SCADA.....</i>	<i>87</i>
Figura 46.	<i>Cálculo del tiempo de riego por usuario</i>	<i>89</i>
Figura 47.	<i>Cronograma de actividades del proyecto</i>	<i>93</i>

Índice de Tablas

Tabla 1.	<i>Variables de la investigación.....</i>	<i>47</i>
Tabla 2.	<i>Matriz de operacionalización de variables.....</i>	<i>47</i>
Tabla 3.	<i>Distribución de población.....</i>	<i>48</i>
Tabla 4.	<i>Alfa de Cronbach del instrumento</i>	<i>49</i>
Tabla 5.	<i>Resumen de procesamiento de casos de SPSS</i>	<i>49</i>
Tabla 6.	<i>Área de lotes del tramo Calazán.....</i>	<i>54</i>
Tabla 7.	<i>Resultado pregunta 1</i>	<i>54</i>
Tabla 8.	<i>Resultado pregunta 2</i>	<i>55</i>
Tabla 9.	<i>Resultado pregunta 3</i>	<i>55</i>
Tabla 10.	<i>Resultado pregunta 4.....</i>	<i>55</i>
Tabla 11.	<i>Resultado pregunta 5.....</i>	<i>56</i>
Tabla 12.	<i>Resultado pregunta 6.....</i>	<i>56</i>
Tabla 13.	<i>Resultado pregunta 7.....</i>	<i>56</i>
Tabla 14.	<i>Coordenadas UTM de tomas laterales del canal Calazán</i>	<i>59</i>
Tabla 15.	<i>Distancia entre actuadores de tomas laterales.....</i>	<i>65</i>
Tabla 16.	<i>Características principales de CPU 315-2DP – Siemens.....</i>	<i>67</i>
Tabla 17.	<i>Coordenadas UTM de ubicación de antenas</i>	<i>74</i>
Tabla 18.	<i>Costo total por equipos</i>	<i>94</i>
Tabla 19.	<i>Costo total por materiales</i>	<i>94</i>
Tabla 20.	<i>Costo total por personal</i>	<i>95</i>
Tabla 21.	<i>Otros costos</i>	<i>95</i>
Tabla 22.	<i>Costo directo.....</i>	<i>96</i>
Tabla 23.	<i>Costo total del proyecto</i>	<i>96</i>

Introducción

Cada vez es más necesario la optimización de los recursos naturales, en especial, si se trata del agua. La automatización ayuda a realizar este tipo de proyectos, los cuales, mediante equipamiento adecuado, permitirá el control del recurso agua.

El presente proyecto se basó en la necesidad de controlar compuertas de tomas laterales desde una sala de control, en la cual el operador mediante una HMI (interfaz humano máquina), entregará la dotación de agua a un grupo de lotes, de acuerdo a la programación realizada por la Comisión de Regantes de Monsefú.

La presente investigación se estructura en los siguientes capítulos:

En el capítulo I, denominado El Problema de Investigación, se detalla la situación problemática, los objetivos, su justificación e importancia. El capítulo II, denominado Marco Teórico, se describe la automatización, automatización del riego, red Profibus, sensores, actuadores, PLC, sistemas SCADA, el riego, compuertas y tomas laterales. El capítulo III, denominado Metodología de la Investigación, se describe tipo de investigación, operacionalización de variables, diseño de la investigación, población y muestra. El capítulo IV, denominado Resultados y Discusión, se desarrolla la propuesta de sistema planteado, mostrando el equipamiento necesario, los costos y cronograma del proyecto. En las conclusiones, se muestran las conclusiones llegadas con el desarrollo de la presente tesis. En las recomendaciones, se presentan pautas para futuros trabajos de investigación. Adicionalmente, se listan las referencias bibliográficas y anexos del presente trabajo de investigación.

Capítulo I: El problema de la investigación

1.1 Descripción de la situación problemática

La Comisión de Regantes del Sub – sector de Riego de Monsefú, es una asociación civil de derecho privado que agrupa a todos los usuarios del agua de regadío del Sub-Sector de Monsefú, anexada a la junta de usuarios Chancay-Lambayeque, con dirección legal en la calle Simón Bolívar N° 312 - Monsefú; inició sus actividades el 05 de setiembre del 1996. Actualmente, está conformada por 3038 usuarios, los cuales cuentan con un área bajo riego de 6321.19 Ha, distribuidos en 3906 predios.

Hoy en día el manejo y la administración del recurso hídrico es de vital importancia, ya que se debe tener un control confiable y adecuado. En la actualidad los usuarios y la comisión de regantes de Monsefú, viven en una problemática en la distribución del agua para el riego de sus parcelas.

La comisión de regantes de Monsefú brinda una ineficiente distribución del recurso hídrico y no controla los volúmenes correspondientes en el despacho del agua para el riego de sus parcelas de los usuarios de dicha comisión.

Por otro lado, los usuarios de la comisión de regantes compran una cierta cantidad de volumen de agua por horas para su parcela; pero no llegan a regar todo su terreno, como consecuencia de que la cantidad que compraron no les llegó con el volumen correspondiente, por lo que la comisión de regantes tiene la obligación de reintegrarles es decir volver a dar agua en un nuevo turno, esto genera una descoordinación en el reparto en las demás ramas de parcelas, por lo que ocasiona pérdidas económicas en la recaudación de la tarifa de agua, en los cultivos, maltrato a los terrenos y a la vez el descontento de los demás usuarios y un descontrol en los horarios fijados para los usuarios.

Por ello, con la presente tesis se propone un sistema de automatizado, que permita el control de los volúmenes de agua que se utilizan, para el riego de las parcelas del tramo Calazán en el distrito de Monsefú.

1.2 Formulación de la pregunta de investigación

¿De qué manera la propuesta a la comisión de regantes, de un sistema automatizado, mejora el despacho del agua para riego de parcelas, en el tramo Calazán del distrito de Monsefú?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Proponer un sistema automatizado, de despacho de agua para riego de parcelas, en el tramo Calazán de la comisión de regantes del Sub – sector de riego de Monsefú.

1.3.2 Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico situacional del proceso manual de despacho de agua para riego de parcelas, realizado por la junta de regantes del sub - sector de riego de Monsefú.

Diseñar el sistema automatizado, de despacho de agua para riego de parcelas, en el tramo Calazán del distrito de Monsefú.

Realizar la simulación del sistema automatizado, para despacho de agua en el tramo Calazán del distrito de Monsefú, utilizando el software Labview.

Determinar el presupuesto del sistema automatizado, de despacho de agua para riego de parcelas, en el tramo Calazán del distrito de Monsefú.

1.4 Justificación e importancia

Con el presente trabajo, se plantea un sistema automatizado para la distribución de agua del tramo Calazán de la comisión de regantes del sub-sector de riego de Monsefú, el cual permitirá una entrega de volumen de agua, de acuerdo a lo solicitado por el dueño de la parcela, haciendo una distribución coherente con lo planificado por la Comisión de Regantes

del Sub – sector de Riego de Monsefú, evitando pérdidas por entrega de agua, la cual va en perjuicio de la Comisión de Regantes y los usuarios del tramo Calazán.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes

Se han revisado investigaciones existentes y a continuación se describirán cada una de ellas como antecedentes. Así mismo, estas investigaciones se tomarán en cuenta en la realización del presente proyecto de tesis.

Antecedente N° 01

TÍTULO	“Desarrollo de un sistema de control automático de riego por compuertas para la junta de regantes de Guarango Pampa – Utcubamba – Amazonas”.
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN Lambayeque - Perú
FECHA	2014
AUTOR(ES)	Yelvin Ignacio Leyva.
RESUMEN	La ejecución de la presente investigación tiene como objetivo realizar un sistema que pueda controlar compuertas manuales mediante un sistema de control por ARDUINO, que será necesario para el riego de cultivos de arroz de Guarango Pampa- Amazonas. Esto se ha debido a la demora en los turnos de riego a razón de que no hay un control de las compuertas de riego, en ese sentido el tiempo que demanda un regadío es en promedio 25 minutos por turno, asimismo existen 63 compuertas manuales distribuidas por todos los terrenos de cultivo y todas estas compuertas son controladas por una sola persona a cual se le conoce con el nombre de corredor. Las compuertas se utilizan para el sistema de riego y son muy importantes ya que gracias a su simplicidad permiten el control, la conducción y el manejo del agua de manera controlada para el riego de sus parcelas, por tal motivo se planteó el siguiente problema ¿Qué herramienta tecnológica permitirá el control de las compuertas de regadío de la zona agraria de Guarango Pampa – Utcubamba Amazonas?,

	<p>debido a este problema es que se formuló la siguiente hipótesis: “El desarrollo de un sistema informático podrá permitir el control automático de riego por compuertas de la zona agraria de Guarango Pampa – Utcubamba”, de esta hipótesis se logró{ obtener las siguientes variables; Variable independiente: Sistema informático y la variable dependiente: Control automático de riego por compuertas. Esto nos conlleva a realizar una investigación de tipo cuasi-experimental / tecnológica para lo cual, se ha obtenido una muestra de 38 agricultores de una población de 83 agricultores, teniendo como técnica base la recolección de datos las encuestas y las entrevistas. Las conclusiones obtenidas:</p> <p>El tiempo del sistema es al 100%, esto quiere decir que responde muy velozmente a la orden y en menos de un minuto.</p> <p>Se desarrollaron las pruebas del prototipo in situ, corroborando el funcionamiento a través de órdenes del mismo sistema hacia el ARDUINO.</p> <p>Comparado con lo que se le paga al corredor diariamente es de S/. 40.00 a S/. 80.00 nuevos soles, con el sistema de control automático de riego por compuertas, sale más a cuenta realizar este proyecto.</p>
ANÁLISIS DE RELACIÓN CON LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	<p>En el análisis, el sistema planteado en la presente investigación es similar a lo planteado en nuestra tesis, esto debido a que para la dosificación del recurso hídrico, se tiene una serie de compuertas distribuidas en cierta zona geográfica.</p>

Antecedente N° 02

TÍTULO	“Automatización y control a distancia de los reservorios San Diego”
UNIVERSIDAD	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Lima - Perú
FECHA	2006
AUTOR(ES)	Juan Carlos Hernández Espinoza
RESUMEN	<p>El proyecto se implementó en el embalse de San Diego, a 14 km de la bocatoma perteneciente a la planta hidroeléctrica del Cañón del Pato. Este depósito de reservorio está operado manualmente, y el operador es el responsable del accionar de las compuertas y de tomar nota del valor de la medición del sensor de nivel y posición, se calcula manualmente el ingreso y el flujo del estanque reservado y el flujo de la salida. El operador se desplaza tanto de día como en la noche desde la bocatoma hasta los reservorios. Se ha automatizado para mantener este problema y ejecutar la operación de forma remota. Este proyecto ocurre para cumplir con los siguientes propósitos:</p> <p>La automatización de reservorios de San Diego, adquirieron mediciones precisas a través de la instalación de controladores lógicos programables (PLC), niveles digitales y sensores de posición, y realizan operaciones seguras(lecturas exactas) utilizando enclavamientos apropiados.</p> <p>Obtener la información real en el centro de control de Lima para que se pueda utilizar por las jefaturas , y así se optimice el uso de reservorios regulados y mejore la gestión de los recursos hídricos.</p> <p>Establecer un sistema SCADA y evitar tener un operador, se puede realizar la operación remota del reservorio de San Diego desde la sala control de la planta hidroeléctrica Cañón del Pato.</p> <p>Las conclusiones obtenidas de este proyecto de investigación son las siguientes.</p> <p>El viaje del operador ha disminuido significativamente; de esta</p>

	<p>manera el costo del combustible es bajo.</p> <p>Se ha demostrado que este sistema es muy confiable y robusto, esto se debe a que el PLC es para fines industriales y está diseñado para estos entornos.</p> <p>Se han implementado computadoras adicionales para que el operador cree un informe y en realidad pueda mostrar información. Este proyecto ha ayudado a desarrollar las habilidades especializadas de los operadores.</p> <p>El sistema SCADA, debería estar en la red corporativa de la central así todas las personas autorizadas podrían ver información sobre los depósitos en tiempo real, por lo que existía la posibilidad de que pudieran tomar las decisiones apropiadas y eventualmente transmitirlas.</p>
ANÁLISIS DE RELACIÓN CON LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	<p>El sistema planteado en la presente tesis, se asemeja a nuestra tesis en el uso de PLC y el monitoreo mediante un sistema SCADA de la distribución del recurso hídrico. Asimismo se ha tomado como referencia tanto el planteamiento de la situación problemática y los resultados.</p>

Antecedente N° 03

TÍTULO	“Propuesta de automatización de las compuertas del canal de riego del ramal de la parroquia Limones del cantón Zapotillo”
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Loja – Ecuador
FECHA	2016
AUTOR(ES)	Edison Javier Rivera Vidal.
RESUMEN	<p>Este proyecto de tesis tiene como objetivo principal automatizar las compuertas del canal de riego del ramal de Limones del Cantón Zapotillo. El uso de canales de riego es una gran ventaja para la distribución del agua a varias parcelas de riego, pero a su vez presenta el problema de la pérdida de agua en la ruta, este problema puede reducirse relativamente utilizando el sistema de automatización en el riego.</p> <p>Este sistema automático permite un mayor control de las operaciones del sistema y el uso de recursos hídricos, reduciendo las pérdidas y responde rápidamente a la demanda del usuario. Este proyecto se lleva a cabo en etapas, lo que permite completar cada propósito. Las conclusiones obtenidas son:</p> <p>El rediseño de las compuertas se lleva a cabo utilizando un mecanismo de engranaje, activado por un motor-reductor de un potencia de 500W, necesaria para abrirse y cerrarse con control automático o manual.</p> <p>Se desarrolló la propuesta de automatización, determinando las variables involucradas en el proceso a controlar y se realizó la selección de PLC S7 1200, se diseñó el sistema SCADA para el control del canal de riego, además de la comunicación mediante enlaces de radio.</p>

	Se llevó a cabo un presupuesto temporal que permite la implementación de sistemas automáticos en la sucursal 3DC-1C con una inversión de \$. 34329.37 donde se incluye el costo del equipo y la fuerza laboral para la instalación.
ANÁLISIS DE RELACIÓN CON LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	En el análisis, el sistema planteado en la presente tesis, se relaciona con nuestra investigación en el uso de control de compuertas por motor-reductor y el uso de radio enlaces para la comunicación del equipamiento.

Antecedente N° 04

TÍTULO	“Diseño y montaje de un prototipo para el control automatizado del sistema de riego por canales en el Área de Yamburara (Vilcabamba) haciendo uso de hardware y software Open Source”.
UNIVERSIDAD	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA Loja - Ecuador
FECHA	2015
AUTOR(ES)	Pablo Geovanny Ortega Kirby.
RESUMEN	<p>El sistema de riego en el que el prototipo de automatización se ha manejado manualmente, este es un sistema que se controla en función de un determinado horario para el uso del flujo de agua por parte de los usuarios en ciertos intervalos de tiempo, en canales que proporcionan este servicio.</p> <p>El canal tiene siete subsecciones de acuerdo con el flujo hacia las huertas; cada una de las entradas tiene un período de uso de flujo fijo, por esta razón, un sistema que está controlado por un período de tiempo que debe ser incluido por el administrador de riego. Se puede determinar el horario apropiado, porque el administrador también tiene una opción de control manual a través de la interfaz que proporciona una compuerta en tiempo real según lo dispuesto por el administrador.</p> <p>El desarrollo de este proyecto de investigación explica la construcción física y lógica del sistema de automatización web, que a través del algoritmo proporciona un sistema de opciones de control automático que funciona en base de sensores y efectores que han sido bendecidos con la placa de Arduino PLC desde el prototipo.</p> <p>Por tales razones, se han logrado las siguientes conclusiones: Es posible reunir los requisitos necesarios a través de entrevistas realizadas, y se puede lograr el diseño total de este</p>

	<p>proyecto.</p> <p>A través del análisis de casos del éxito de la automatización, el código abierto de hardware y software se ha basado en el desarrollo de proyectos, porque este análisis sirve para resaltar las ventajas de la tecnología que se ha utilizado.</p> <p>El uso de la metodología XP proporciona un desarrollo de sistema cada vez más rápido, basado en su diseño de manera teórica con el uso de un diagrama que permite capturar el funcionamiento del sistema y su buen desarrollo.</p> <p>La implementación del sistema de automatización ante el sistema de riego actual por canales; será factible con costos bajos.</p>
ANÁLISIS DE RELACIÓN CON LA PRESENTE INVESTIGACIÓN	<p>En el análisis, el sistema planteado en la presente tesis, se relaciona en que la aplicación planteada respecto a la cantidad de área a regar es a parcelas pequeñas, es decir separadas a cortas distancias. Estas parcelas son regadas por el mismo canal. También el control es por tiempos de apertura de compuertas.</p>

2.2. Base teórica

2.2.1. Automatización

El concepto se utiliza en la industria, refiriéndose al sistema donde las máquinas desarrollan ciertos procesos o realizan tareas sin la intervención del ser humano. Se dice que, haciendo uso de la automatización, nos permite ahorrar tiempo y en ocasiones dinero (Definicion.de, 2020).

2.2.2. Objetivos de la automatización

Podemos mencionar los siguientes:

- Búsqueda de costos más bajos en la mano de obra, en material y en energía.
- Mejoría de las condiciones de trabajo, evitando trabajos peligrosos.
- Mejorar la calidad y la uniformidad del producto final.
- Minimizar tiempos de producción y esfuerzos.
- Reducción de costos de manufactura, realizando mejor control de la producción, mejorando la productividad.
- Mejora de la seguridad del personal del proceso (Production tools, 2023).

2.2.3. Tipos de automatización

Podemos mencionar tres tipos de automatización:

2.2.3.1 Automatización fija.

Asociada al uso de sistemas lógicos tenemos los siguientes: los sistemas relevadores y compuertas lógicas, los dos sistemas introdujeron elementos de programación como los controladores lógico programables. Es usado para volúmenes de producción muy altos. El costo del diseño y fabricación es demasiado alto.

2.2.3.2 Automatización programable.

Se utiliza cuando la cantidad verdadera es inferior al total de la producción. Tal producción se adapta o es relativa según los requerimientos del producto.

2.2.3.3 Automatización flexible.

La utilizan para rangos de producción medio. Son flexibles y se caracterizan por la automatización fija y de la automatización programada. Constituida por varias estaciones de trabajo todas interconectadas, con sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, el control se realiza en conjunto por una computadora (Gestiopolis, 2020)

2.2.4. Pirámide de automatización

Nos indica los cinco niveles tecnológicos que se encuentran en un entorno industrial. Las tecnologías están relacionadas, dentro de cada nivel, así como entre niveles diferentes a través de estándares de comunicaciones industriales (SMC International Training, 2020). En la pirámide encontramos los siguientes niveles:

2.2.4.1 Nivel de campo.

Es la base de la pirámide, dentro de este nivel se incluyen dispositivos físicos industriales como son actuadores y sensores.

2.2.4.2 Nivel de control.

Es el segundo nivel, aquí se incluyen los dispositivos como Controladores Lógicos Programables, Controladores PID, etc.

2.2.4.3 Nivel de supervisión.

En el nivel tercero, se encuentra la supervisión, control y adquisición de datos, también considerado como sistema SCADA por sus siglas en inglés.

2.2.4.4 Nivel de planificación.

Es el cuarto nivel de la pirámide, aquí encontramos los sistemas de ejecución de la producción – MES.

2.2.4.5 Nivel de gestión.

Es el quinto y último nivel de la pirámide, la forman los sistemas de gestión integral de la empresa – ERP.

Figura 1.

Pirámide de automatización de procesos



Fuente: SMC International Training

2.3. Automatización de Riego

Existen herramientas de automatización en los sistemas de riego, que permiten optimizar el uso del agua, es necesario controlar algunas variables que intervienen en los sistemas de riego, al hacerlo se tiene un mayor control de las actividades agrícolas.

Tomando en cuenta las funciones asumidas, los sistemas de riego tienen diferentes niveles de automatización. El nivel mínimo de automatización se logrará con la apertura y el cierre

de la compuerta utilizada en la distribución del agua; se alcanza el nivel máximo con el control total; el nivel de flujo y la demanda de recursos hídricos. Al hablar sobre el control y la adquisición de datos, se refiere a un sistema de automatización de riego avanzado, ya que se le permite proporcionar información entre los factores operativos. También hay aquellos que indican el estado operativo de la red de riego y la red de comunicación en sí. Se llama SCADA y es una unidad a cargo de supervisión y control en el sistema. Aquí se realiza lo siguiente: recibe pedidos de unidades de programación y gestión. Para la persona a cargo del control del sistema, operaremos la operación de telecontrol y devolveremos la información o eventos de desarrollo para eventos o eventos que se han producido, como el consumo de agua y la falla de la red.

2.4. Sistemas de control automático

El propósito de este sistema es tener el control de una variable para llegar al punto máximo llamado "set-point". Cualquier sistema de control solo puede llegar a un punto de regulación generando fuerzas opuestas llamadas perturbadoras, que tiene una o varias variables llamadas manipuladas. La otra variable controlada estará en estado estacionario mientras se encuentre estable. Este valor estacionario va a ser alcanzado por cualquier sistema de control ya sea un sistema de control clásico o un sistema de control moderno (Carranza Noriega, 2001). Se encuentran dos tipos de sistemas: el sistema de control de lazo abierto y el sistema de control de lazo cerrado.

2.4.1 Sistema de control de lazo abierto

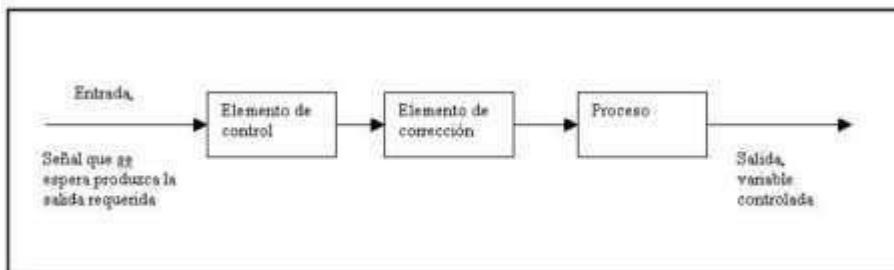
Es un sistema que no tiene efecto porque existe un mecanismo que se propaga dentro de un sistema, es por eso que debe tener una información detallada en referencia a la operación fija del sistema.

El mencionado sistema depende de un estándar de medición que tiene un operador, que tiene por función ser controlador.

Ante cualquier circunstancia este sistema no cumple con lo requerido, ya que es imposible de ver el resultado final del sistema de control. Si es que existe la relación entre la entrada y la salida se aplicará este tipo de sistema de control.

Figura 2.

Sistema de Control de Lazo Abierto



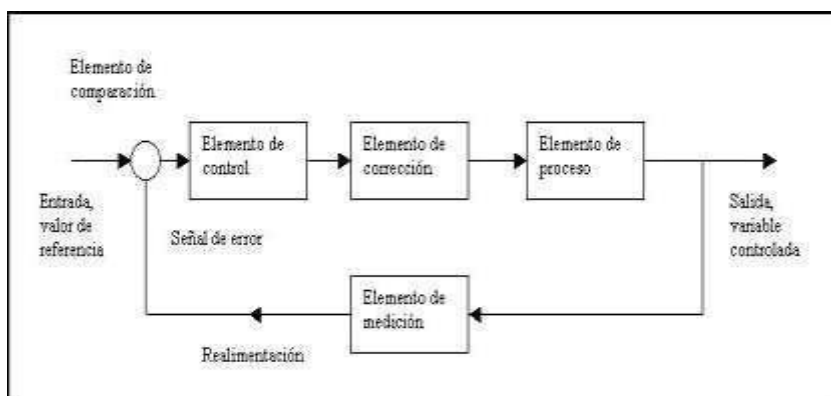
Fuente: Salvetti

2.4.2 Sistema de control de lazo cerrado

Este tipo de sistema ante cualquier circunstancia va a reducir la diferencia entre el valor real y el valor deseado. Así mismo este sistema no se realiza de forma manual sino automática.

Figura 3.

Sistema de control de lazo cerrado



Fuente: Salvetti

2.5. Red profibus

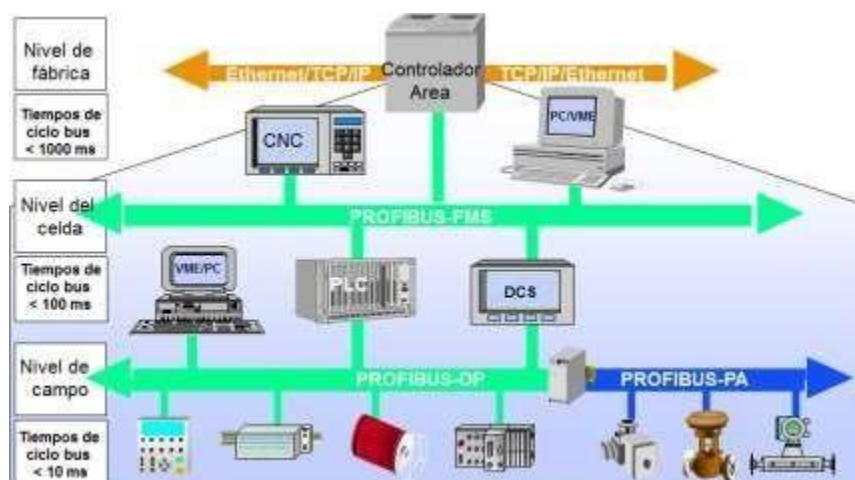
Esta arquitectura de comunicaciones fue creada en 1987 por las empresas Bosch, Klöckner Möller y Siemens, unos años después se incorporaron ABB, AEG y otras. Se normaliza con la DIN 19245 en 1989, confirmada como norma europea EN 50170 en 1996, también en las normas internacionales IEC 61158, e IEC 61784 en 1999. El 2002 se actualizó con la versión PROFINet - PROFIBUS para Ethernet. La aceptación mundial de PROFIBUS es un hecho en la actualidad. PROFIBUS cuenta con varios perfiles de comunicación, según el requerimiento del proceso industrial. El perfil inicial fue FMS (Fieldbus Message Specification), luego el perfil PA (Process Automation) y finalmente el perfil PA (Decentralised Periphery) (Peña et al., 2003).

Para los actuadores o sensores, es el sistema de comunicación de datos perfecto, las señales de datos binarias de los equipos se transmiten por el bus de datos de manera sencilla y a bajo coste, usando una fuente de alimentación de 24Vdc para alimentación de sensores y actuadores.

Otra característica importante de PROFIBUS es que la transmisión de datos es en ciclos, de forma muy eficiente y rápida.

Figura 4.

Perfil de red profibus



Fuente: SAIA-Burgess Electronics

2.6. Sensores

Son dispositivos que tienen la función de captar diferentes acciones y estímulos para ello emplean las magnitudes físicas como las vectoriales fuerzas, desplazamiento, el movimiento, aceleración e intensidad lumínica y algunas magnitudes escalares como la temperatura, la torsión, al igual que las magnitudes derivadas como la presión, torsión, etc.

Este dispositivo convierte la forma de energía en otra energía. En sus áreas donde se aplica podemos mencionar la industria automotriz, industria de manufactura, industria aeroespacial, robótica, medicina, etc. (Wikipedia enciclopedia libre, 2021).

Figura 5.

Sensores industriales



Fuente: Tradeindia

2.7. Actuadores

Es el dispositivo que realiza la transformación de energía hidráulica, neumática o eléctrica para activar un proceso, con la finalidad de producir un efecto o cambio sobre un proceso automatizado. El actuador recibe la orden o señal de un regulador o controlador y con ello genera la orden para la activación de un elemento final de control, como puede ser una válvula. Estos actuadores tienen influencia directa en la salida del automatismo,

modificando su magnitud según lo que indiquen las instrucciones de la unidad de control. Los tipos de actuadores pueden ser: eléctricos, hidráulicos y neumáticos (Wikipedia enciclopedia libre, 2021).

2.7.1 Tipos de actuadores

2.7.1.1 Actuadores neumáticos

Convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. Esencialmente son semejantes a los actuadores hidráulicos, pero el rango de compresión es menor en los neumáticos. Hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y estructura, motivado a que los elementos de suministro de energía (aire) son diferentes de los empleados en los cilindros hidráulicos.

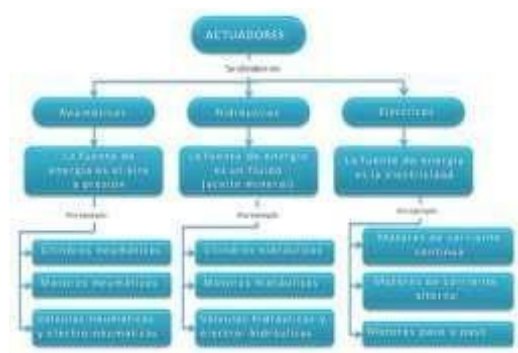
2.7.1.2 Actuadores hidráulicos

Son los de mayor antigüedad, se clasifican según funcionamiento, operan en base de fluidos a presión. Se encuentran tres grupos: motor hidráulico, cilindro hidráulico y motor hidráulico de oscilación.

2.7.1.3 Actuadores eléctricos

Son estructuras que tienen forma simple a diferencia de los estructuras hidráulicas y neumáticos que requieren de electricidad para ello es necesario la utilización de cables eléctricos y así generar la electricidad de manera fácil, donde se superan las diversas restricciones entre la energía y el actuador.

Figura 6. Clasificación de los actuadores



Fuente: Fabregat

2.7.2 Actuadores de compuertas de tomas laterales AUMA

Estas estructuras incorporan un tipo una combinación de dispositivo que genera energía y reductor, elaborada con fines de controlar mediante válvulas el acceso de fluidos que son transportados para el funcionamiento de la compuerta. El volante que es parte del conjunto de actividades para el equipamiento puede operar de forma manual la válvula. Un dispositivo remoto se encarga de evaluar datos y se encarga de conectar y desconectar el actuador. Estos dos dispositivos están integrados además del circuito que permite la interconexión eléctrica y el sistema de automatización. El actuador cuando alcanza una posición terminal o intermedia se desconecta y genera el sistema de automatización. El modo de funcionamiento básico de todos los actuadores AUMA es el mismo. Dicho control está incorporado por una interfaz eléctrica que se encuentra integrado al sistema de automatización (AUMA, 2020).

Figura 7.

Vista de actuador AUMA



Fuente: Eathisa

AUMA, es un producto que emplea un sistema que fue elaborado de acuerdo a determinadas normas ISO 5210, con un componente multivuelta, fijado por un determinado rango SA/SAR, los cuales producen torques de salida que oscilan entre 10 nm y 100 nm.

Las características del actuador AUMA son:

- Actuador AUMA-MATIC con base actuador AUMA NORM con alimentación 220 Volts a 60 Hz.
- Motor jaula de ardilla monofásico de servicio S4-S5 25 % – 1200 partidas/hora.
- Limitadores de carrera (2 de apertura y 2 de cierre).
- Dos limitadores de par (1 apertura y 1 de cierre).
- Termoswitch de protección en el motor.
- Seguridad según IP 68.
- Volante para intervención de emergencia.
- Indicador mecánico de posición.
- Controles programables AUMA-MATIC incorporados sobre el actuador.
- Contactores de inversión de marcha incorporados.
- Fuente de alimentación a 24 Volt DC incorporada.

- Panel de lógica programable incorporada.
- Calefactor anticondensación.
- Selectores para control LOCAL-OFF-REMOTE y botoneras para ABRIR-STOP-CERRAR en control local.

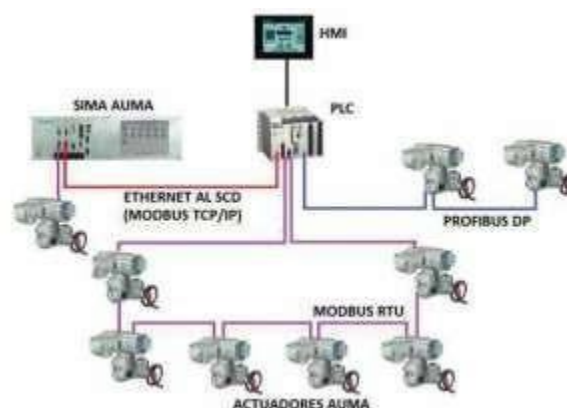
En la Tarjeta PROFIBUS la conexión es posible con AUMAMATIC y también con otros dispositivos en un sistema Process Field Bus, según la norma DIN 19245. Modbus es un protocolo de bus de campo comparativamente sencillo, pero muy polifacético. Ofrece una gran variedad de servicios necesarios para la automatización de instalaciones (p. ej., intercambio de informaciones digitales sencillas, valores analógicos, parámetros de dispositivos o datos de diagnosis).

Tenemos algunas características de comunicación con actuador AUMA:

- Tráfico de datos rápido (hasta 115,2 kbit/s - aprox. 20 ms/actuador).
- Longitud de cable hasta aprox. 10 km (sin repetidor, hasta 1 200 m).
- Pueden conectarse hasta 247 dispositivos.
- Topología lineal redundante opcional.
- Transmisión de datos mediante cable de fibra óptica opcional.
- Protección contra la sobretensión de hasta 4 kV opcional.

Figura 8.

Comunicación Modbus entre actuadores AUMA



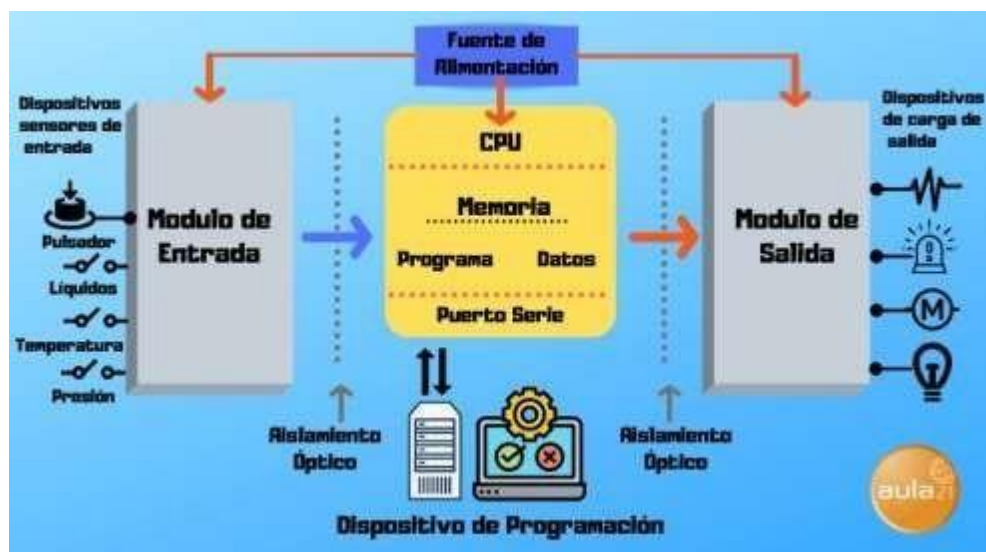
Fuente: Defas, R. y Guzmán, A.

2.8. Controladores lógico programables

El PLC está conformada por dos componentes hardware y software como si fuera una computadora, con la fabricación de este producto cumple la función de adaptación de control de los procesos industriales. En su estructura podemos encontrar los compactos, los semi-modulares y los modulares.

Las partes que encontramos dentro de un PCL son las siguientes: el CPU, la unidad de almacenamiento (memoria), el suministro de energía, y la comunicación de entrada y salida (Carranza Noriega, 2001).

Figura 9. Esquema básico de un PLC



Fuente: SICMA21

2.8.1 Elementos de un PLC

2.8.1.1 Unidad central de proceso-CPU

Es el elemento más importante del PLC, conformado por uno o muchos microprocesadores para la administración del mismo, cuya función principal es la comunicación con los otros elementos del sistema.

2.8.1.2 La memoria

En el control lógico programable (PLC) se encuentra dos tipos de memoria: memoria de operación del sistema y la memoria del usuario. La primera basada en una memoria ROM (Read Only Memory), donde se almacena datos del sistema por parte del fabricante, llegando a controlar las diversas funciones del software del sistema para programar el PLC por el usuario. Y la segunda, está dividida en dos bloques con determinadas funciones. Algunas de las partes cumplen doble función como almacenar estados de entrada y salida que constituyen las tablas de imágenes de I/O. El estado de una entrada es almacenado como "1" ó "0" en un bit específico dentro de una dirección de memoria.

2.8.1.3 Suministro de energía

El suministro de energía alimenta a la fuente de poder el cual distribuye la energía a los demás componentes del PLC. La entrada de alimentación de energía varía de acuerdo a la tensión eléctrica del país que varía entre 115 a 230 VAC. En ese sentido la fuente de poder recibe corriente alterna de entrada para luego distribuir al resto de elementos en forma de corriente continua.

2.8.1.4 Interface de entrada

Esta interfaz tiene dos funciones principales: recibir la señal del proceso y dar seguridad al CPU. La interfaz de entrada convierte la entrada analógica a digital, una vez convertida es procesada por el CPU.

2.8.1.5 Interface de salida

La interfaz de salida va conectada con los actuadores, a su vez la salida puede estar relacionado a voltajes de Continua a Alterna, cuyos resultados finales son señales analógicas o digitales, en el ámbito comercial encontraremos módulos en sus formas de 8, 16 y 32 salidas.

2.9. Sistemas SCADA

El sistema SCADA es un software que permite el ingreso de datos desde cualquier dispositivo, así como también a la utilización de todas las herramientas que permitan el control de un proceso en marcha. SCADA es un sistema de mucha utilidad en el control del monitoreo o supervisión del proceso que realizan los niveles de control o PLC y los otros niveles (Rodríguez Penin, 2013).

Entre los objetivos de los SCADA se tiene a los siguientes:

- Funcionalidad completa de manejo y visualización con uso de sistema operativo Windows, utilizando cualquier computador personal.
- Arquitectura abierta con aplicaciones estándar y de usuario, permitiendo crear soluciones de mando y supervisión optimizadas.
- Sencillez de instalación, sin altas exigencias de hardware, con facilidad de uso e interfaces amigables con el usuario.
- Capacidad de integración con las herramientas ofimáticas y de producción.
- Configuración sencilla y escalable, que se adapten a las necesidades cambiantes de la empresa.
- Independencia del sector y la tecnología.
- Función de mando y supervisión integrada.
- Comunicaciones flexibles.

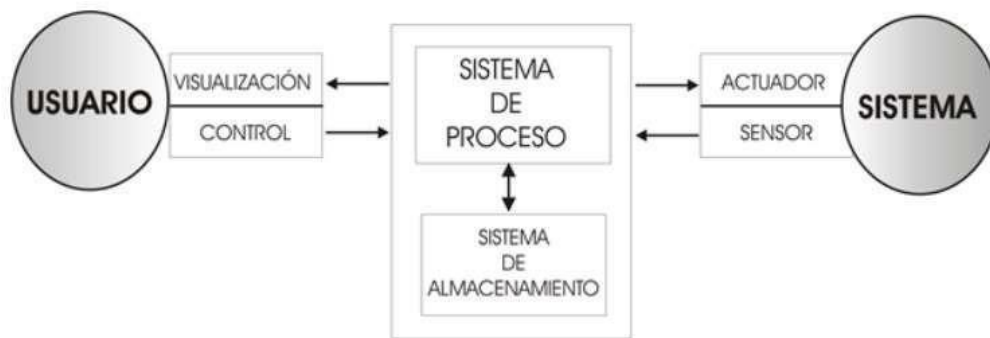
2.9.1 *Arquitectura de un sistema SCADA*

En los sistemas SCADA existen tres bloques principales:

- Primero: software de adquisición de datos y control (SCADA).
- Segundo: sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Tercero: sistema de interconexión (comunicaciones).

Figura 10.

Arquitectura básica de sistema SCADA



Fuente: Uninotas

2.10. El Riego

Definido como la aplicación artificial de agua al terreno, cuyo objetivo es proporcionar a las especies vegetales la humedad que necesitan para lograr su desarrollo. En sentido más amplio, se define como la aplicación de agua al terreno (Cisneros Almazán, 2003).

2.10.1 Objetivos del riego

- Proporcionar la humedad que necesitan los cultivos para desarrollarse.
- Asegurar cosechas, previniendo sequías de corta duración.
- Mejorar las condiciones ambientales para el desarrollo vegetal, lográndolo mediante la refrigeración del suelo y la atmósfera.
- Disolver sales del suelo.
- Evitar la formación de drenajes naturales.

2.10.2 Tipos de riego

Se refiere a la forma de cómo se aplica riego al suelo, con el objetivo de lograr el desarrollo de los cultivos. Estos pueden ser:

2.10.2.1 Riego superficial

La distribución del agua es por la superficie del campo por gravedad, se realiza mediante surcos, melgas, cuadros, terrazas, etc.

2.10.2.2 Riego por aspersión

La distribución del agua es en forma de lluvia artificial, para ello es necesario de equipo especial de rociado.

2.10.2.3 Riego por goteo

La forma en que se distribuye el agua es por medio de gotas, aplicadas directamente a la zona radicular de cada planta.

2.10.2.4 Riego subterráneo

Esto se consigue mediante la colocación de humidificadores bajo la planta, a unos 40 - 45 cm. Otra forma de regar es mediante el control de niveles freáticos.

2.11. Compuertas de riego

Es un canal que utiliza la gravedad reteniendo el caudal de un río, consta de un orificio entre su borde inferior y los sistemas hidráulicos, sirve para la regulación del caudal del agua y las emergencias que pueden suscitarse. Hay diferentes tipos y clasificaciones teniendo en cuenta su forma, función y su movimiento. Son las formas del orificio las que van a dar origen al tipo de compuerta. Dentro de las aplicaciones citaremos control de flujo de aguas, control de inundaciones, proyectos de irrigación, crear reservas de agua, sistemas de drenaje, aprovechamientos de los diversos suelos y plantas de tratamiento (Estudiantes de la Universidad de la Costa, 2020).

2.11.1 Tipos de compuertas

2.11.1.1 Compuertas planas deslizantes

Este tipo de compuertas trabajan deslizándose por unos rieles fijos. Son accionadas por diversos tipos de actuadores. Están constituidos por diferentes tipos de materiales de

acuerdo al uso que se le va a dar, en su mayoría están hechas de acero, hierro y madera. El grosor de la construcción y el material que se usa para su construcción dependerá de la presión del trabajo y el diseño de los sellos.

2.11.1.2 Compuertas planas de rodillos

Su uso para este tipo de compuertas está diseñado para el control de grandes cantidades de volúmenes de agua, donde es de fácil acceso y muy económico. Construidas con rodillos de guías fijas y a su vez presentan pedazos de caucho para evitar filtraciones de agua en los rodillos. Diseñadas para resistir fuertes presiones de trabajo. Están construidas de forma transversal hueca y de esta manera disminuye la corrosión y filtración.

2.11.1.3 Compuertas radiales

Este tipo de compuertas están construidas de acero o de la combinación de acero y madera. Están diseñadas mediante brazos de tipo radiales y un segmento cilíndrico. Para la manipulación de esta se necesita una pequeña cantidad de movimiento ya sea para elevar o bajar dicha compuerta por lo que es muy fácil su manipulación ya sea de forma manual o utilizando actuadores.

2.11.1.4 Compuertas mariposa

Se utilizan para el control del flujo de agua, mediante una gran variedad de aberturas, este control del flujo es posible en ambas direcciones, pero mayormente sólo las utilizan para controlar el flujo en una dirección. Generalmente, se instalan en lugares de baja “cabeza” de presión (menor a 6 metros). Las secciones transversales son normalmente cuadradas o rectangulares; Se recomiendan en casos de poco espacio disponible. Estas compuertas son utilizadas como reguladoras de flujo.

2.11.1.5 Compuertas cilíndricas

Las compuertas cilíndricas son accionadas por cables o máquinas de tipo hidráulica, estas compuertas consisten o están diseñadas en cilindros sólidos generalmente de acero. Su

modelo consta en que ambos extremos son abiertos y funcionan por el equilibrio de la presión de agua de tanto la superficie interior como exterior. Para su funcionamiento el equivalente al peso de la compuerta cilíndrica será el peso movido, ya que existe un equivalente a la presión del agua.

2.12. Toma lateral

Es un canal de regadío de captación superficial, mayormente la utilizan cuando se trata de captación del agua de un río. Una toma lateral es como una bifurcación. La toma lateral es la estructura de captación de varias estructuras que acompañan a la toma (Ingeniería Civil, 2020).

Figura 11.

Compuerta deslizable en toma lateral



Fuente: Elaboración propia

2.13. Monitoreo con videowall

Un videowall está conformado por una agrupación de monitores, que mediante su unión hace posible una superficie de emisión de gran formato; dicho de otra forma, es como tener una pantalla grande. El usuario puede personalizar el tamaño de la pantalla, incluyendo una cantidad de monitores que considere necesario. (DINECOM, 2020).

Los elementos que conforman un videowall son monitores profesionales y el controlador y procesador. Existen monitores de alto rendimiento, ya que en ellos se puede observar gráficos, imágenes y videos; y están pueden trabajar las 24 horas, los 7 días de la semana. Estos monitores, permiten diferentes formatos tanto en la entrada como la salida de audio y video.

El controlador y procesador es el elemento cuya función es tomar la señal de entrada, luego la divide, ajusta a la resolución y por último entrega la información a cada pantalla que conforma el videowall. Un elemento importante es el contenido audiovisual, que debe ser de alta calidad, con suficiente atractivo y una adecuada resolución, y de esta manera alcanzar el impacto deseado en los visualizadores. Asimismo, se debe considerar al sistema de sonido, ya que será posible tener una interesante experiencia.

Figura 12.

Videowall en sala de control



Fuente: Boraltec

Capítulo III: Metodología de la investigación

3.1 Tipo de investigación

De acuerdo al tipo de investigación, es no experimental, del tipo descriptiva y propositiva. Analiza el estado actual de los procesos de distribución de agua en el tramo Calazán del distrito de Monsefú.

3.2 Operacionalización de variables

Tabla 2.

Variables de la investigación

Tipo de variable	Denominación
Independiente	Sistema automatizado de control
Dependiente	Despacho de agua para riego de parcelas

Fuente: Elaboración propia

La tabla siguiente muestra la operacionalización de variables que se va a utilizar en la investigación:

Tabla 3.

Matriz de operacionalización de variables

Pregunta de investigación	Variable	Dimensión	Indicador	Instrumento
¿De qué manera la propuesta a la comisión de regantes, de un sistema automatizado, mejora el despacho del agua para riego de parcelas, en el tramo Calazán del distrito de Monsefú?	Despacho del agua para riego de parcelas	Control	Se cumple horario de riego	Sensores y actuadores
		Tiempo	Tiempo del riego	
		Dinero	El costo del riego	
		Volumen	El volumen del riego	
	Sistema automatizado de control	Sistema	Tecnología	PLC SCADA
		Eficacia	Número de reclamos	Base de datos

* El instrumento cuestionario, se diseñó con escala de Likert, donde: 5 “Totalmente de acuerdo”, 4 “De acuerdo”, 3 “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, 2 “En desacuerdo”, 1 “Totalmente en desacuerdo”

Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño de contrastación de la hipótesis

El diseño de contrastación es del tipo descriptivo.

El diseño es el siguiente:

$$GE: X \rightarrow Y$$

Donde:

X: Sistema automatizado de control

Y: Despacho de agua para riego de parcelas

r: Impacto del sistema de automatizado de control en el despacho de agua para riego de parcelas

3.4 Población y muestra de estudio

3.4.1 Población:

La población de la investigación se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4.

Distribución de población

Población	Cantidad de personas
Personal directivo de la comisión de regantes	4
Propietarios de los predios del tramo Calazán	16
TOTAL	20

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Muestra:

Como la población es conocida y finita, la muestra es igual a la población.

3.5 Técnica e instrumentos de recopilación de datos

Se utilizó la encuesta como técnica principal; el cuestionario utilizado, tuvo un total de 7 preguntas, con opciones de respuesta en la escala de Likert, que fue diseñada de acuerdo con los indicadores que se detallan en la operacionalización de variables de la presente investigación. Este cuestionario se aplicó a una muestra de 20 personas. Para mayor detalle, el cuestionario se presenta en el Anexo 1.

El tratamiento de los datos, fue realizado con el aplicativo SPSS v 22. Asimismo, se determinó el nivel de confiabilidad del instrumento (cuestionario) utilizando el estadístico alfa de Cronbach. Se debe de tener en cuenta que cuanto más cercano sea el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia de los ítems analizados.

Del procesamiento de los datos se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5.

Alfa de Cronbach del instrumento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,862	7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.

Resumen de procesamiento de casos de SPSS

Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	20	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	20	100,0

Fuente: Elaboración propia

Como criterio general (George & Mallery, 2003) sugieren los siguientes valores a tener en cuenta del Alfa de Cronbach: mayor a 0.9 es excelente, mayor a 0.8 es bueno, mayor a 0.7 es aceptable, mayor a 0.6 es cuestionable, mayor a 0.5 es pobre, menor a 0.5 es

inaceptable. En este caso se ha alcanzado 0.862, confirmándose que la encuesta aplicada es buena.

Capítulo IV: Resultados y Discusión

4.1 Implementación del sistema automatizado de control

4.1.1 Análisis de la situación actual

El sistema de riego agrícola que brinda la Comisión de Regantes del sub-sector de riego de Monsefú, distribuye agua a toda la zona del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo. El recurso hídrico es tomado del río Chancay y distribuido a lo largo de los 15,041 metros de canal principal de esta comisión. En la progresiva 11+993 del canal principal, se encuentra la toma de derivación del tramo Calazán, el cual con una longitud de canal de 1040 metros, presenta una capacidad de caudal de 200 l/s; abastece a 16 lotes agrícolas distribuidos en 30.56 hectáreas. Esta toma de origen del canal Calazán, la encontramos en las coordenadas UTM (Zona 17): Este: 627860 – Norte: 9242145.

Figura 13.

Toma de inicio de canal Calazán



Fuente: Elaboración propia

El reparto del recurso hídrico se realiza de manera manual, a cada uno de los 16 lotes agrícolas que abastece este canal. El repartidor, de acuerdo a lo solicitado por cada usuario de lote, apertura la toma de lote de manera manual y después de su dotación de agua, debe

cerrar la compuerta. La distribución de los 16 lotes se encuentra en una zona del distrito de Monsefú, la carretera divide 6 lotes hacia la zona norte y 10 lotes hacia la zona sur de la carretera. Esto se puede observar en la figura siguiente:

Figura 14.

Vista de tomas laterales de canal Calazán



Fuente: Elaboración propia

Los 16 lotes del tramo Calazán están distribuidos en una superficie de 30.56 hectáreas, el detalle de las áreas se dan en el cuadro siguiente (áreas en hectáreas).

Tabla 7.

Área de lotes del tramo Calazán

Item	Nombre de Lote	Área (hectáreas)
1	Lote 1	1.61
2	Lote 2	1.88
3	Lote 3	4.37
4	Lote 4	2.60
5	Lote 5	3.39
6	Lote 6	1.51
7	Lote 7	0.71
8	Lote 8	3.19
9	Lote 9	0.57
10	Lote 10	1.11
11	Lote 11	0.55
12	Lote 12	1.55
13	Lote 13	0.85
14	Lote 14	3.29
15	Lote 15	2.43
16	Lote 16	0.95
Total		30.56

Fuente: Elaboración propia

Resultados de la encuesta

Los resultados de la encuesta aplicada a la muestra de 20 personas, son:

A la pregunta 1: ¿La junta de regantes de Monsefú controla el proceso de riego, para su parcela de forma deficiente?

Tabla 8.

Resultado pregunta 1

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	10
De acuerdo	10

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 2: ¿La junta de regantes de Monsefú no brinda el volumen de agua completo por el cual pagó?

Tabla 9.

Resultado pregunta 2

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	06
De acuerdo	14

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 3: ¿La cantidad de agua proporcionada no alcanza para regar la totalidad de su parcela?

Tabla 10.

Resultado pregunta 3

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	20

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 4: ¿Con el equipamiento actual de la Comisión de Regantes, no se brinda un buen servicio para su parcela?

Tabla 11.

Resultado pregunta 4

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	01
De acuerdo	19

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 5: ¿Cree usted que mediante la automatización del despacho de agua, sería la solución para la ineficiente distribución que existe actualmente en la comisión de regantes?

Tabla 12.

Resultado pregunta 5

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	18
De acuerdo	02

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 6: ¿Con la automatización del riego, se cobrará un precio justo por el agua que llega a su parcela?

Tabla 13.

Resultado pregunta 6

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	18
De acuerdo	02

Fuente: Elaboración propia

A la pregunta 7: ¿Con la automatización del riego, se evitará las pérdidas de agua?

Tabla 14.

Resultado pregunta 7

Alternativa marcada	Resultado obtenido
Totalmente de acuerdo	12
De acuerdo	08

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos, reafirman la definición de la problemática en torno al despacho de agua para riego de parcelas, a cargo de la comisión de regantes del Sub – sector

de riego de Monsefú, existe un consenso en este sentido de parte de ambos actores: los dueños de las parcelas y los directivos de la comisión de regantes.

4.2 Diseño del sistema automatizado

El área total a automatizar está dividida en 16 lotes, por la cual se necesitarán 16 tomas laterales, cada una con su compuerta y su equipamiento respectivo para ser controlado desde la central. Cercano a la carretera Monsefú – Chiclayo (por el lote 5) se ubicará una estación de comunicación, la cual permitirá mediante un radioenlace comunicarse con la sala de control que estará ubicada en la calle Simón Bolívar N° 312 – Monsefú. Desde esta sala, personal de la comisión de regantes de Monsefú, realizará telecontrol del sistema automatizado, aperturando las compuertas planas de manera remota, permitiendo así dar la dotación de agua de acuerdo al requerimiento del cultivo.

Figura 15.

Diseño de sistema automatizado



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Tomas laterales

En el proyecto se emplearán 16 tomas laterales, las cuales contarán con su estructura de alojamiento de concreto y también, con compuertas deslizantes planas metálicas de 0.50 m x 0.50 m, cuyas ubicaciones se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla 15.

Coordenadas UTM de tomas laterales del canal Calazán

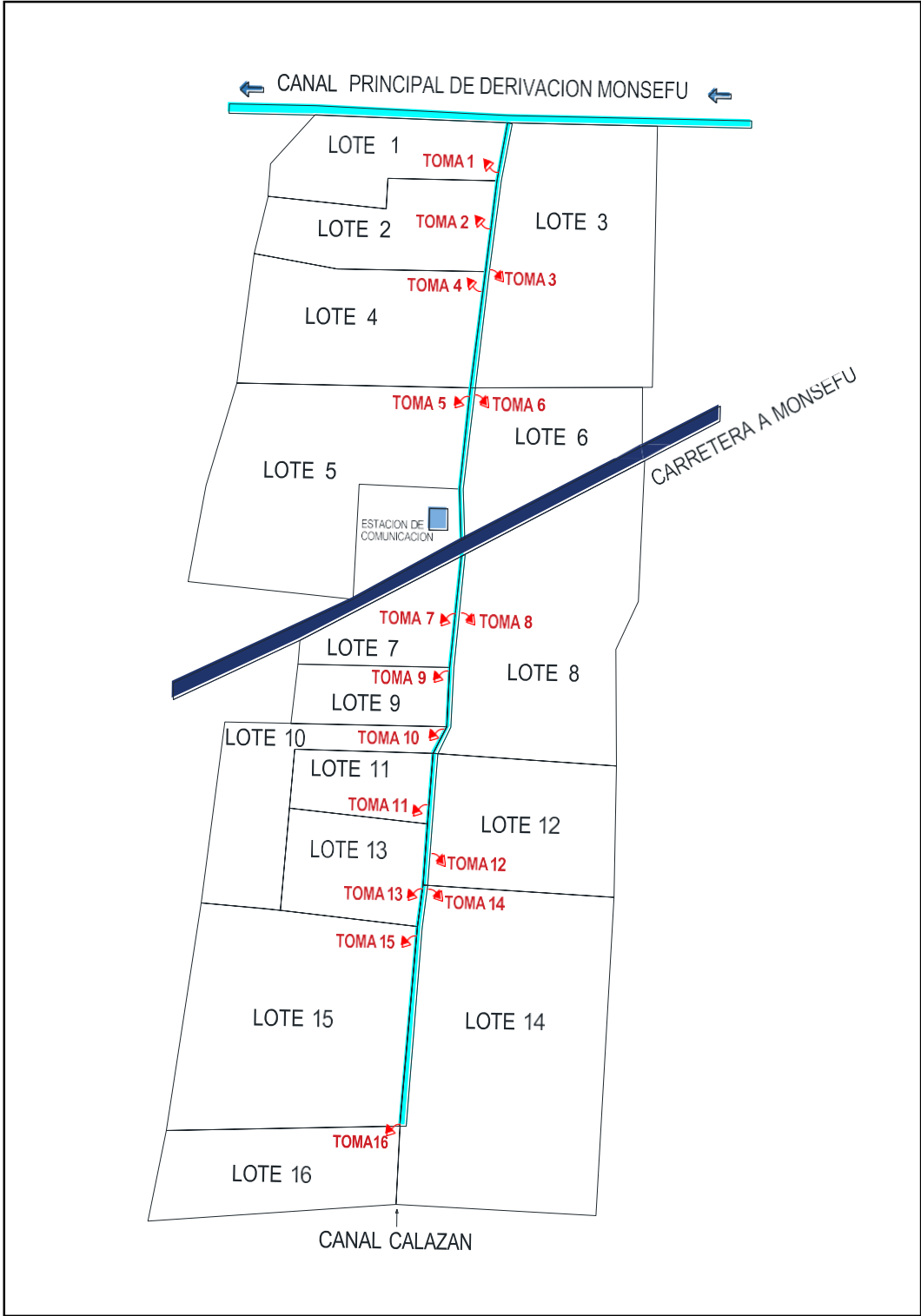
Nombre	N° Toma	Coordenada UTM	
		Este	Sur
Lote 1	1	627853	9242106
Lote 2	2	627848	9242047
Lote 3	3	627841	9241981
Lote 4	4	627840	9241967
Lote 5	5	627827	9241876
Lote 6	6	627830	9241874
Lote 7	7	627807	9241660
Lote 8	8	627802	9241660
Lote 9	9	627797	9241622
Lote 10	10	627791	9241582
Lote 11	11	627781	9241511
Lote 12	12	627784	9241488
Lote 13	13	627778	9241466
Lote 14	14	627779	9241464
Lote 15	15	627777	9241429
Lote 16	16	627762	9241304

Fuente: Elaboración propia

La siguiente figura, permite apreciar el canal principal de derivación, la distribución de los 16 lotes en el tramo del canal Calazán, la distribución de las 16 tomas. Para mayor detalle, se muestra la figura siguiente:

Figura 16.

Vista de lotes y ubicación de tomas laterales en canal Calazán



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Actuadores de compuertas deslizantes

Para el presente proyecto se utilizarán actuadores eléctricos de la marca AUMA, en la cual tiene la particularidad de tener en un mismo equipo actuador eléctrico, reductor mecánico, protección eléctrica, unidad eléctrica y módulo de comunicación.

El Controlador de actuador será el modelo AUMA AC 01.2 (AUMATIC), fue el que se utilizó en este proyecto, el cual se basa en un microprocesador de avanzada funcionalidad, comunicación por bus de campo, pantalla de configuración, diagnosis, etc.

El AC tiene una interfaz paralela de configuración libre y con interfaces con el sistema de bus de campo que son comunes de encontrar en la automatización de procesos. En el caso de las funciones de diagnóstico, aquí se considera al protocolo de eventos con sello de tiempo, el registro continuado de temperaturas, la adopción de curvas características de par y vibraciones en el actuador o el recuento de arrancadas y tiempos de funcionamiento del motor.

Figura 17.

Controlador AC 01.2 de AUMA



Fuente: ELECTRIC ACTUATORS

El actuador AUMA, cumple con el siguiente trabajo: el dispositivo eléctrico (motor) mueve el reductor. Este mecanismo se transmite a la compuerta mediante una interfaz

mecánica estandarizada, esta pieza indispensable en el actuador registra el camino recorrido y monitoriza el par transmitido. Esta unidad de control indica al motor el alcance de una posición final de la compuerta o de un valor límite de par previamente fijado.

Es normal que el control del motor, esté integrado al actuador, que desconecta al actuador. Para el intercambio de órdenes de maniobra y señales entre el sistema de automatizado y el control del motor, este último, incorpora una interfaz eléctrica especialmente ajustada para el sistema automatizado en cuestión.

Figura 18.

Actuador SAR 07.2 de AUMA



Fuente: Indiamart

Juntando los módulos del controlador AC 01.2 de AUMA y el actuador SAR 07.2 de AUMA, podemos formar el actuador para controlar la compuerta deslizante. Por lo tanto, para nuestro proyecto, utilizaremos 16 actuadores para las 16 compuertas de nuestro proyecto, como se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 19.

Actuador AUMA para compuertas del canal



Fuente: Valve magazine

Una vista de la forma de montaje entre la compuerta y el actuador AUMA seleccionado, lo mostramos en la figura siguiente:

Figura 20.

Actuador AUMA operando con compuerta deslizante



Fuente: Elaboración propia

Los actuadores para compuertas deslizantes AUMA, necesitan una alimentación de voltaje de 220 voltios de corriente alterna, a una frecuencia de 60 hertz, la cual será

proporcionada por la red de energía de Electronorte S.A. Cada actuador consume 0.37 Kw y el controlador 0.13 Kw aproximadamente. Lo que hace un consumo de 0.5 Kw o 500 watts de potencia de consumo.

4.2.3 Control de compuertas deslizantes

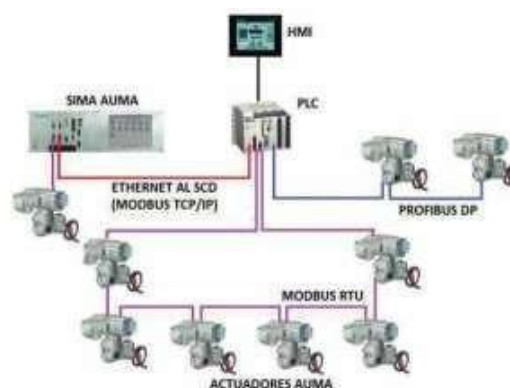
Las compuertas serán controladas desde un Video Wall instalado en la Sala de Control, la cual, mediante un radioenlace, comunica los comandos al PLC de campo, y este PLC transmite los comandos a las compuertas deslizantes de cada uno de los 16 lotes. Para el control de compuertas deslizantes, describimos a continuación los elementos necesarios:

4.2.3.1 Red profibus DP para control de actuadores

Profibus DP es un protocolo de bus de campo, que sirve cuando se quiere automatizar máquinas, instalaciones y centrales eléctricas. Debido a su robusta y sencilla física de transferencia de datos (RS-485) y las diferentes fases de desarrollo DP-V0 (intercambio de datos cíclico determinista y rápido), DP-V1 (acceso acíclico a parámetros de dispositivos y a datos de diagnosis), así como DP-V2 (otras funciones como sello de tiempo o redundancia).

Figura 21.

Esquema de comunicación Profibus entre actuadores AUMA y PLC



Fuente: Defas, R. y Guzmán, A.

Este esquema de comunicación nos permite tráfico de datos de alta velocidad (hasta 1.5Mbps), conectar hasta 126 dispositivos actuadores AUMA con una longitud de cable

hasta 10 km. Asimismo, este esquema de comunicación soportó una distancia máxima de 1200 metros sin la utilización de repetidor de señal.

Para nuestro proyecto, conectaremos el PLC y los 16 actuadores AUMA de los lotes según el detalle de separación del siguiente cuadro:

Tabla 16.

Distancia entre actuadores de tomas laterales

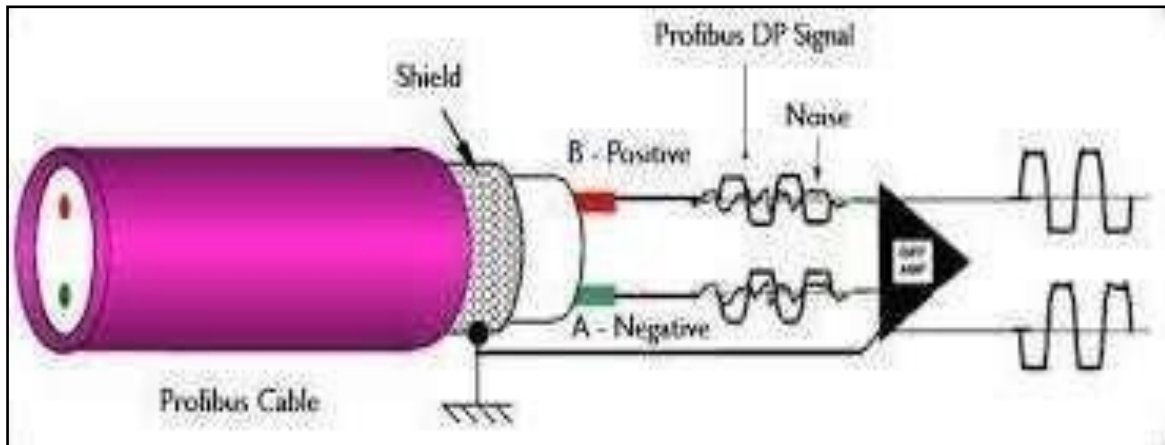
Tomas	Distancia (metros)
Toma 1 - Toma 2	58.00
Toma 2 - Toma 3	66.00
Toma 3 - Toma 4	14.00
Toma 4 - Toma 5	93.00
Toma 5 - Toma 6	5.00
Toma 6 - PLC Campo	160.00
PLC Campo - Toma 7	102.00
Toma 7 - Toma 8	6.00
Toma 8 - Toma 9	40.00
Toma 9 - Toma 10	41.00
Toma 10 - Toma 11	72.00
Toma 11 - Toma 12	23.00
Toma 12 - Toma 13	23.00
Toma 13 - Toma 14	3.00
Toma 14 - Toma 15	35.00
Toma 15 - Toma 16	124.00
Total (metros)	865.00
10% para conexión	86.50
Distancia total entre tomas	951.50

Fuente: Elaboración propia

Para la comunicación utilizando Profibus, se utilizarán 951.50 metros de conexión de cable Profibus, con una distancia máxima de 160 metros (entre Toma 6 y PLC de Campo) y una distancia mínima de 3 metros (entre toma 13 y toma 14). Este cableado Profibus permitirá comunicar cada uno de los actuadores AUMA con el PLC.

Figura 22.

Cable de comunicación Profibus



Fuente: Smar Technology Company

Para la conexión del cable con los Actuadores AUMA y PLC, se debe utilizar conectores Profibus, el cual se muestra en la figura siguiente.

Figura 23.

Conector de cable de comunicación Profibus



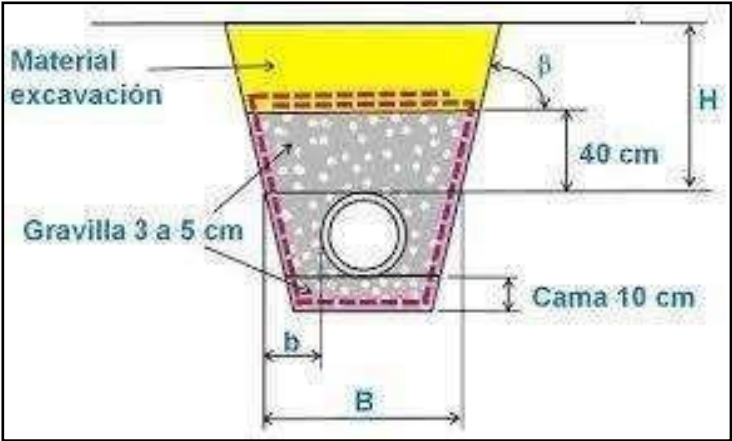
Fuente: Direct industry

Para conectar una toma con otra, se debe colocar tubería de plástico de 3 pulgadas enterrada a lo largo del canal Calazán, para lo cual se debe tener en cuenta la colocación de gravilla para protección de la tubería.

Cuando la distancia del cableado es mayor a 50 metros, se van a construir cajas de paso a la distancia intermedia.

Figura 24.

Sección de corte de zanja para tubería de 3”



Fuente: Sou dure plastique

4.2.3.2 Estación de comunicación

En esta estación, encontraremos el tablero de control, el cual tiene alojado todo el equipamiento para la comunicación.

4.2.3.2.1 PLC modelo S7-300

Es el controlador principal, de la marca Siemens, el cual es de la gama de controladores modulares. El modelo del procesador es el CPU 315-2DP, el cual es controlador estándar, para aplicaciones de rango medio y presenta interfaces integradas para PROFINET/Ethernet y para PROFIBUS DP. Algunas características técnicas para destacar las mencionamos a continuación:

Tabla 17.

Características principales de CPU 315-2DP – Siemens

Característica CPU	Dato
Memoria principal	256 Kbyte
Tiempo de procesamiento	0.45 uSeg.
Temporizadores	256
Contadores	256
Canales digitales	1024

Fuente: Elaboración propia

Figura 25.

CPU 315-2DP de estación de comunicación



Fuente: Conrad

4.2.3.2.2 Simatic Net CP 343-1

Para la comunicación Ethernet, se utiliza este módulo, que permite unir Industrial Ethernet a SIMATIC S7-300. Posibilita la comunicación con otros dispositivos Ethernet. También, funciona como un PROFINET-IO Controller o un IO-Device, responsable de conectar módulos de entrada y salida descentralizados. El CP 343-1 estándar ofrece una comunicación eficiente con S5, S7, con servidores OPC o con la PG. Es posible configurar la comunicación mediante TCP/IP, lo que permite ampliar la conectividad con diferentes sistemas.

Figura 26.

Simatic Net CP 343-1 de estación de comunicación



Fuente: Conrad

4.2.3.2.3 Switch industrial Ethernet Scalance X005

Es un switch no administrable tiene cinco puertos RJ45 de 10/100 Mbits/s. Representa una económica solución, cuando se quiere tener topologías en estrella o en línea pequeñas, donde se requiere al switch en islas de instalaciones o máquinas. El SCALANCE X005, cuenta con una caja metálica robusta (IP30), que hace posible el ahorro de espacio en su instalación al armario eléctrico, en perfiles DIN, en perfiles soporte S7-300 o directamente en la pared.

Figura 27.

Switch Scalance X005 de estación de comunicación



Fuente: Indiamart

4.2.3.2.4 Fuente Sitop PSU8200

Para la alimentación de energía del procesador es el CPU 315-2DP, el módulo de comunicación Ethernet CP 343-1, el switch Scalance X005, se necesita de una fuente de energía de 24 Voltios de corriente continua. La fuente Sitop PSU8200, nos proporciona un voltaje de 24 voltios, con un amperaje máximo de 10 amperios. Esta fuente trabaja con un voltaje de alimentación de 220 voltios de corriente alterna monofásica.

Figura 28.

Fuente Sitop PSU8200 de estación de comunicación



Fuente: RS online

4.2.3.2.5 Tablero de comunicación

Todos los elementos descritos anteriormente (procesador es el CPU 315-2DP, módulo de comunicación Ethernet CP 343-1, el switch Scalance X005, fuente SITOP PSU8200), van en forma ordenada dentro del tablero de comunicación, el cual presenta un grado de protección IP65. Este tablero contará con llaves termomagnéticas y borneras de conexión, con un cableado colocado dentro de canaletas para un mejor ordenamiento.

Figura 29.

Modelo de tablero de comunicación



Fuente: Indiamart

4.2.3.2.6 Cerco perimétrico

El cerco perimétrico, será construido para salvaguardar el equipamiento de comunicaciones y la torre de comunicación. Será formada por una malla metálica de 6 metros por lado, haciendo un perímetro de 24 metros. La altura del cerco será de 2.5 m.

La pared será una malla metálica de fierro galvanizado, de forma romboidal, de luz de malla de 50 mm. Presenta postes metálicos como soporte, anclados en dados de concreto empotrados al piso. En la parte superior, tiene concertina de seguridad en todo el perímetro, para evitar la intrusión de personas ajenas a la operación. El acceso será por una puerta del mismo material del cerco perimétrico.

Figura 30.

Modelo de cerco perimétrico



Fuente: Material shandling

4.2.3.3 Radioenlace sala de control – antena de campo

Para el presente proyecto, se usará un solo radio enlace, la cual tiene como finalidad enlazar la Estación de comunicación (situada en campo, en la zona de las tomas laterales) con la sala de control (ubicada en la comisión de regantes del subsector de riego de Monsefú - calle Simón Bolívar N° 312). Con la ayuda del Google Earth Pro, es posible tener una vista satelital del radioenlace:

Figura 31.

Vista de radioenlace sala de control – antena de campo



Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas UTM de ubicación de las dos torres de antena las detallamos en la siguiente tabla:

Tabla 18.

Coordenadas UTM de ubicación de antenas

Antena	Coordenada UTM	
	Este	Sur
Sala de Control	624731	9239478
Estación de comunicación	627787	9241730

Fuente: Elaboración propia

Las dos torres metálicas con sus respectivas antenas están a una distancia de separación de 3.79 Kilómetros. A continuación, se describe cada torre con antena:

4.2.3.3.1 Antena y torre de sala de control

La antena de Sala de Control será de la marca Ubiquiti – NanoBeam M5, Modelo NBE-M5-300, la cual presenta una ganancia de 22 dBi, opera a una frecuencia de 5 Ghz y el reflector tiene un diámetro de 300 mm.

Figura 32.

Antena Ubiquiti NBE-300 de sala de control



Fuente: ISP Supplies

La torre de antena se colocará en el techo del edificio de dos pisos de la comisión de regantes del subsector de riego de Monsefú, a una altura de 12 metros, por la cual desde el techo a la torre es una altura de 6 metros, por ello se considerarán 2 cuerpos de torre de acero galvanizado, 3 anclajes metálicos con cable de acero de ¼” y templador para cada cable.

4.2.3.3.2 Antena y torre de estación de comunicación

La antena de la estación de comunicación o estación de campo será de la marca Ubiquiti – NanoBeam M5, Modelo NBE-M5-300, la cual presenta una ganancia de 22 dBi, opera a una frecuencia de 5 Ghz y el reflector tiene un diámetro de 300 mm.

La torre de antena se colocará sobre un dado de concreto (50 cm x 50 cm x 80 cm) dentro del cerco perimétrico de la estación de comunicación, a una altura de 12 metros, por la cual la torre es de una altura de 12 metros, por ello se considerarán 4 cuerpos de torre de acero galvanizado, 3 anclajes metálicos con cable de acero de ¼” y templador para cada cable.

Figura 33.

Modelo de torre de antena Ubiquiti



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3.3 Análisis de radioenlace con software Radio Mobile

Para el análisis del radioenlace utilizaremos el software Radio Mobile, la cual después de considerar los parámetros de las antenas Ubiquiti – NanoBeam M5, Modelo NBE-M5-300, la distancia de separación entre antenas y alturas de torres, nos presenta la siguiente gráfica del enlace:

Figura 34.

Ubicación y enlace de antenas con software Radio Mobile

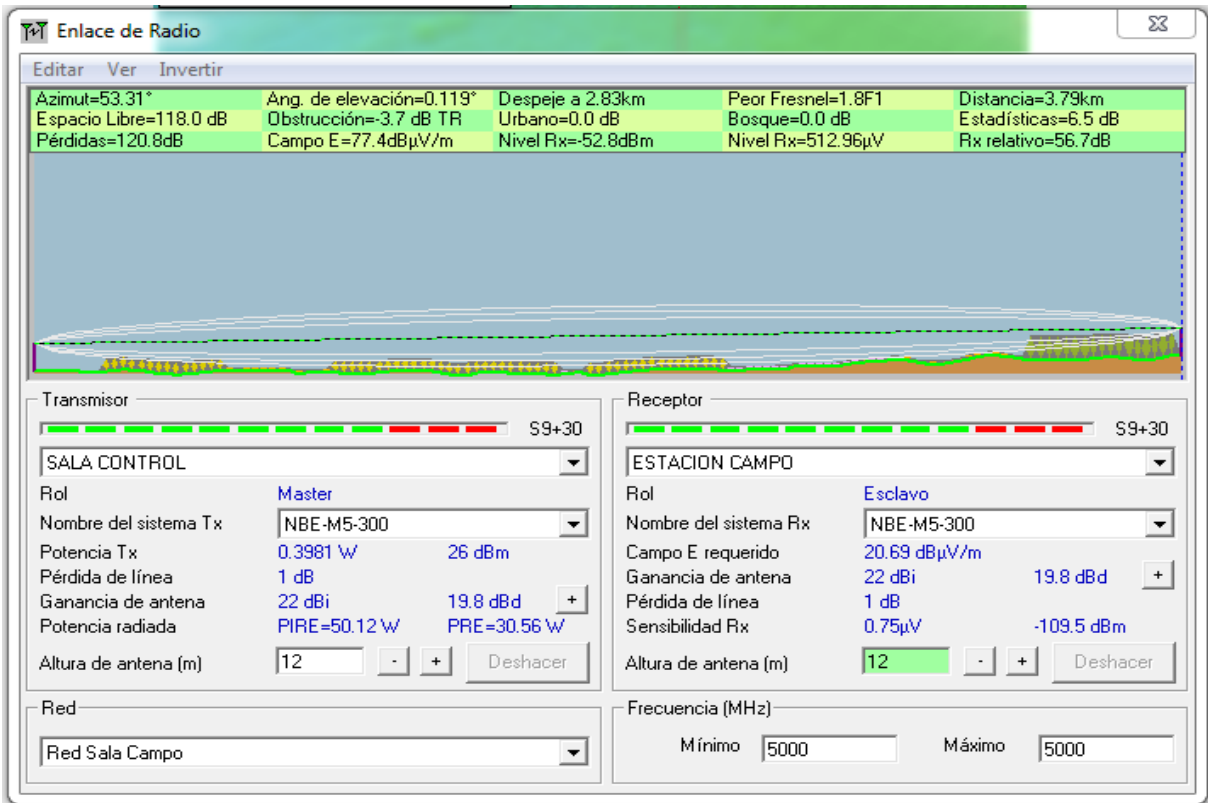


Fuente: Elaboración propia

De la simulación con el software Radio Mobile, se aprecia que en la sección por donde se da el radioenlace no hay obstáculos. Para la distancia de 3.79 Km, el nivel de recepción es de -52.8 dBm (lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm) lo que nos indica que el radioenlace es factible.

Figura 35.

Cálculo de enlace entre antenas con software Radio Mobile



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.4 Sala de control

La sala de control estará ubicada en la calle Simón Bolívar N° 312 – Monsefú. Desde esta sala, personal de la comisión de regantes de Monsefú, realizará el control de las compuertas de las 16 tomas del sistema automatizado.

En esta sala de control se encuentra la torre y la antena de comunicación marca Ubiquiti – NanoBeam M5, Modelo NBE-M5-300, desde donde se extrae la información que llega del radioenlace.

En la sala de control encontraremos lo siguiente:

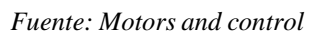
- Equipamiento de comunicación y control.
- Sistema de monitoreo Video Wall.
- Equipamiento de almacenamiento.
- Sistema SCADA.

4.2.3.4.1 Equipamiento de comunicación y control

Que es el equipamiento que recibe la señal proveniente de la antena de comunicación la cual llega al switch Industrial Ethernet SCALANCE X005 (switch no gestionado con cinco puertos RJ45 de 10/100 Mbits/s).

Este switch conecta la señal proveniente de la antena Ubiquiti – NanoBeam M5 y también conecta la señal proveniente del PLC de Sala de control.

Switch Scalance X005 de sala de control



Controlador de la marca Siemens cuyo modelo de procesador es el CPU 315-2DP. Presenta interfaces integradas para PROFINET/Ethernet y para PROFIBUS DP. (Los detalles técnicos se dieron en el punto 5.2.3.2.1).

Figura 37.

CPU 315-2DP de sala de control



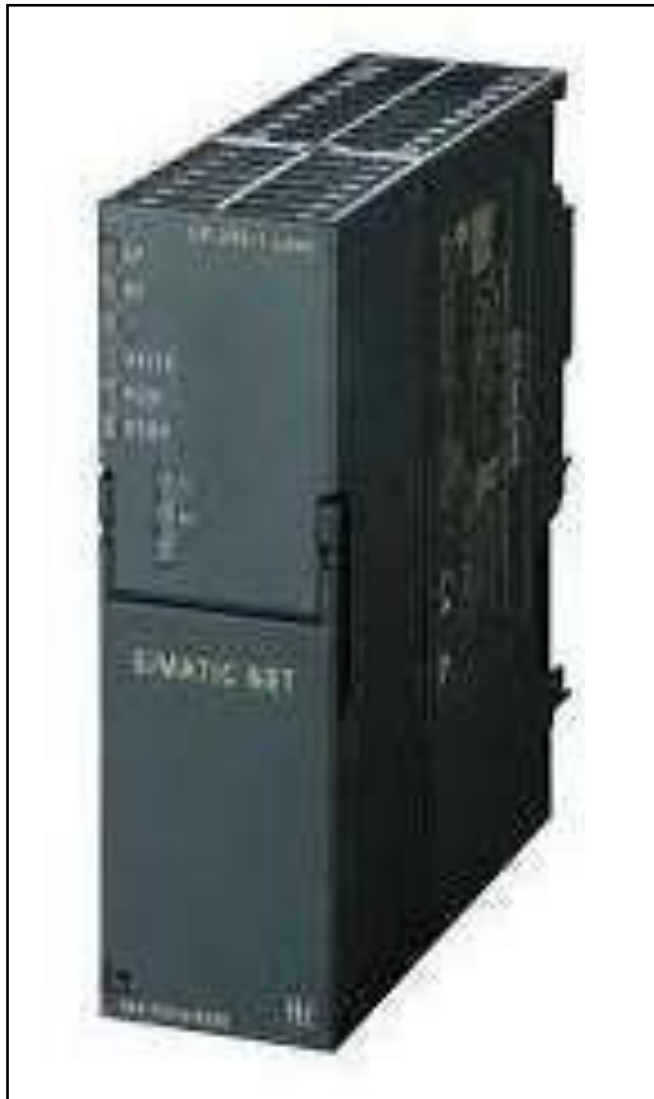
Fuente: Conrad

4.2.3.4.1.2 Simatic Net CP 343-1

Para la comunicación Ethernet, utilizamos este módulo que permite conectar el SIMATIC S7-300 mediante el switch Scalance X005 al radioenlace y por ello a los actuadores de las tomas laterales.

Figura 38.

Simatic Net CP 343-1 de sala de control



Fuente: Conrad

4.2.3.4.1.3 Fuente SITOP PSU8200

Para la alimentación de energía del procesador es el CPU 315-2DP, el módulo de comunicación Ethernet CP 343-1, el switch Scalance X005, se necesita de una fuente de energía de 24 Voltios de corriente continua. La fuente SITOP PSU8200, nos proporciona un voltaje de 24 voltios, con un amperaje máximo de 10 amperios. Esta fuente trabaja con un voltaje de alimentación de 220 voltios de corriente alterna monofásica.

Figura 39.

Fuente SITOP PSU8200 de sala de control



Fuente: RS online

4.2.3.4.1.4 Tablero de comunicación

Todos los elementos descritos anteriormente (procesador es el CPU 315-2DP, módulo de comunicación Ethernet CP 343-1, el switch Scalance X005, fuente SITOP PSU8200), van en forma ordenada dentro del tablero de comunicación de sala de control, el cual presentara un grado de protección IP65. Este tablero contará con llaves termomagnéticas y borneras de conexión, con un cableado colocado dentro de canaletas para un mejor ordenamiento. El aspecto físico del tablero de comunicación de sala de control es similar al tablero de la figura 29 del presente documento.

4.2.3.4.2 Sistema de monitoreo Videowall

En el presente proyecto utilizaremos un videowall con 4 monitores de la marca NEC, modelo MultiSync X463UN, que es full HD de 46", en una configuración de 2x2 (2 monitores en primera fila horizontal y 2 monitores en segunda fila horizontal).

Figura 40.

Modelo de videowall 2x2 de sala de control

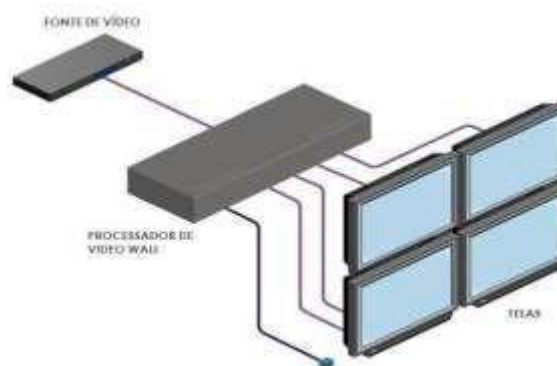


Fuente: Procont

Este video wall servirá para la visualización de la pantalla de la estación de operación del Sistema SCADA (Workstation). El controlador de videowall será el Vision800ATX, que presenta un procesador Quad Core CPU 2.66 GHz, 2 puertos gigabit Ethernet, 2 discos duros de 500 Gbyte, salidas tipo VGA.

Figura 41.

Modelo de conexión de videowall 2x2



Fuente: Procont

4.2.3.4.3 Equipamiento de almacenamiento

Para el almacenamiento de toda la operación del Sistema SCADA y generación de históricos se prevé la instalación de un Servidor HP ProLiant DL380e Gen8 con procesador Intel Xeon Quad-Core: E5-2407 (2.20GHz), con 10MB de memoria cache, memoria RAM de 8GB instalados (expansible hasta 384GB como máximo). Soporta hasta 8 discos duros SATA 500 GB.

Figura 42.

Servidor HP ProLiant DL380e Gen8



Fuente: Amazon

4.2.3.4.4 Sistema SCADA

Para el desarrollo de nuestro proyecto, se utilizará el software LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), en su versión 2016, que es un producto de la empresa National Instrument. La interfaz hombre – máquina, la desarrollaremos en la PC (Workstation) de la sala de control.

La interfaz humano-máquina desarrollada en la PC de la sala de control, permitirá el monitoreo, la apertura y cierre de las compuertas de las 16 tomas laterales de los lotes del canal Calazán. La comunicación del PLC S7-300 con el sistema SCADA (Workstation), se alcanza cuando se configura al servidor OPC, esta herramienta está disponible en el módulo DSC.

Figura 43.

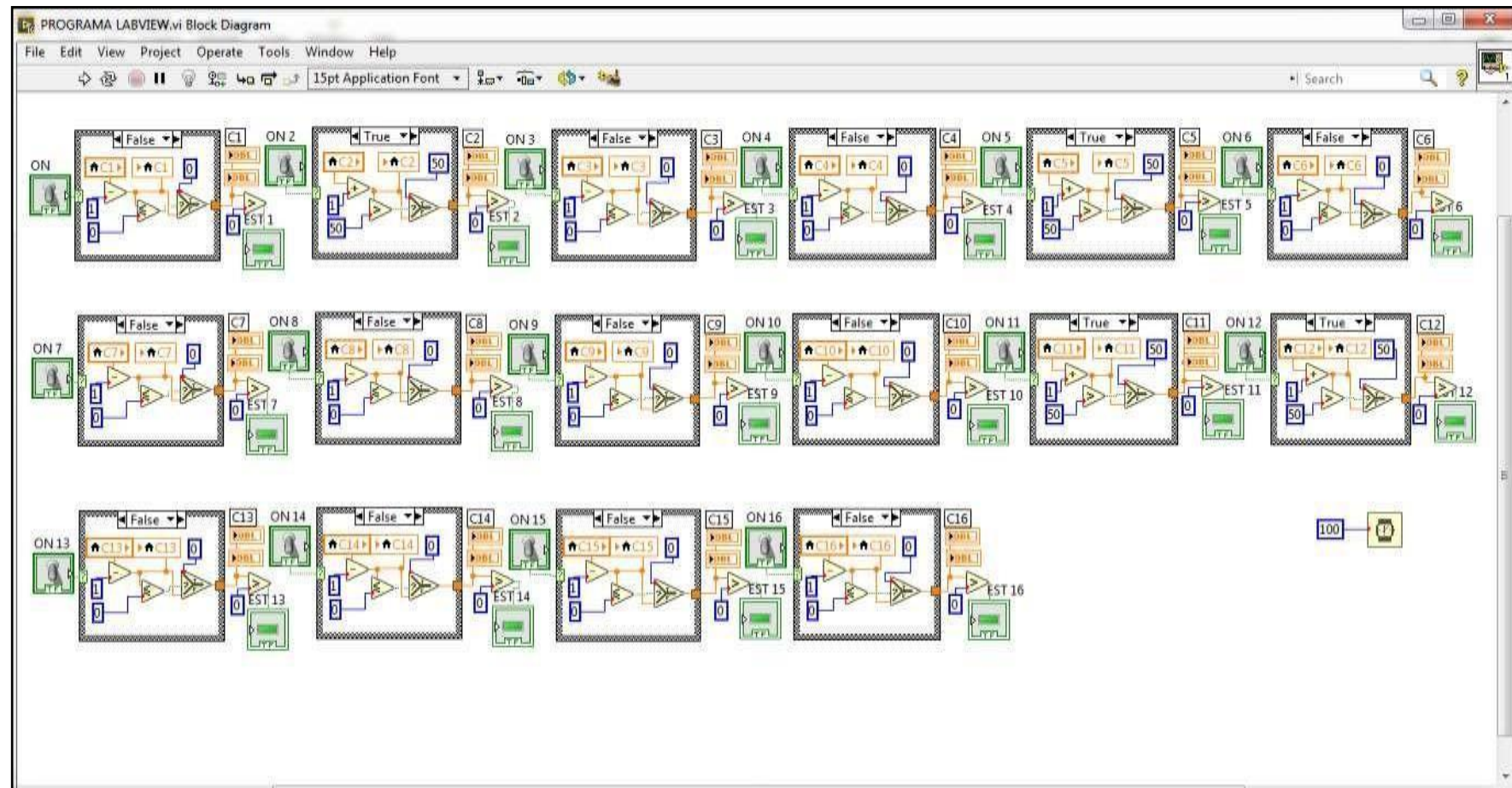
Sistema automatizado de control



Fuente: Elaboración propia

Figura 44.

Programa gráfico de proyecto en LabVIEW



Fuente: Elaboración propia

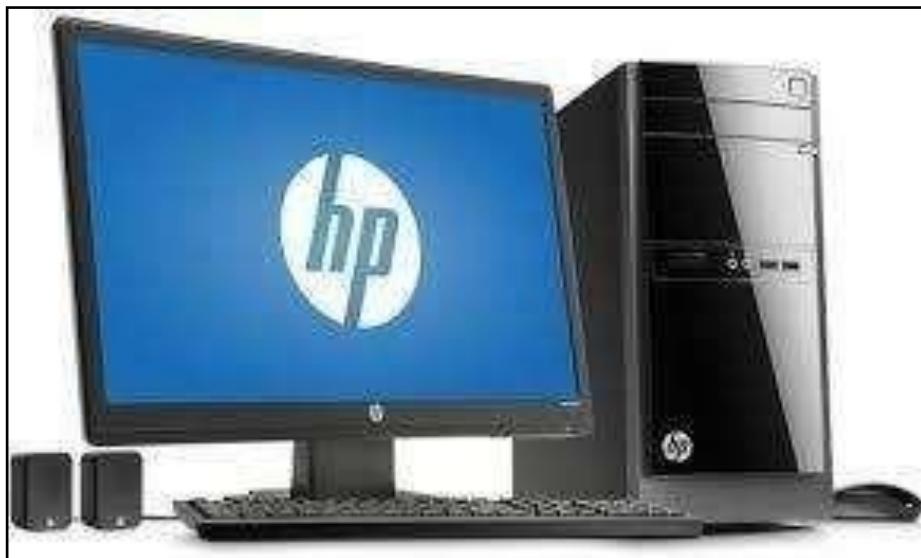
4.2.3.4.5 Workstation del SCADA

La computadora (Workstation de escritorio) requerida deberá para albergar y operar el sistema SCADA deberá tener las siguientes características:

- Procesador: Intel Core I7 – 7700
- Frecuencia de procesador: 3.60 Ghz
- Memoria RAM: 8 Gb - DDR4
- Disco duro: 1 Terabyte – 7200 RPM
- Sistema operativo: Windows 10 Pro
- Tarjeta de video: HD Graphics 630
- Tarjeta de red: LAN 10/100/1000 Mbps.
- Monitor: 24 pulgadas
- Salida de video: VGA / HDMI

Figura 45.

Workstation HP para sistema SCADA



Fuente: Indiamart

4.3 Simulación del sistema automatizado de control

Para esta etapa, se utilizó el software LABview de la empresa National Instruments, por sus características principales necesarias en la simulación de sistemas (National Instruments, 2023). Como son:

- Disponibilidad de gran cantidad de funciones para hacer análisis.
- Capacidad de contar con visualización interactiva y configurable de los elementos que conforman el sistema.
- Para automatizar los instrumentos y la adquisición de datos por hardware, cuenta con controladores.
- Mantiene una gran capacidad de conectividad con protocolos que son un estándar de la industria y lenguajes.

Se buscó trabajar con la representación del sistema de compuertas, que existe a ambos lados del canal Calazán del distrito de Monsefú y que distribuye agua para riego en cada una de las 16 parcelas; pero que se realiza manualmente y con errores de precisión atribuibles al operador de compuertas. Frente a esta situación se diseñó un sistema automatizado de control de despacho de agua para riego de las 16 parcelas. Dicho sistema contempla el control de las compuertas (apertura y cierre) de forma automática, según el pago realizado por cada dueño de las parcelas, el operador ingresa una programación de despacho de agua para riego, con el fin de distribuir las cantidades de agua (riegos) solicitados.

En el caso del software LABview, se utiliza para ingresar la programación del despacho de agua, junto a los requerimientos volumétricos de agua comprada por

los dueños de las parcelas y se realiza la simulación del control de despacho de agua para riego de parcelas.

Finalmente, se comprobó que el sistema automatizado de riego funciona correctamente, al ser posible tener el control de cada una de las compuertas del canal Calazán y asegurar con bastante precisión el requerimiento real de los dueños de parcelas, reduciendo así las quejas de este proceso.

4.4 Funcionamiento del sistema automatizado

A continuación, se describe el funcionamiento de la aplicación del sistema automatizado, considerando los componentes antes seleccionados.

4.4.1 Solicitud de volumen de agua

Los propietarios de los 16 lotes del tramo Calazán, le solicitan a la Comisión de Regantes de Monsefú, una dotación de volumen de agua del mes, la cual estará de acuerdo al tipo de cultivo y la cantidad de hectáreas de su lote, para la cual se calcula el tiempo de riego por lote. Se debe tener en cuenta la siguiente formulación:

Figura 46.

Cálculo del tiempo de riego por usuario

$$T_{\text{Riego}} = \frac{\text{Volumen}(\text{m}^3/\text{ha})}{Q_m (\text{l/s}) \times 3.6} \times \text{Area}$$

Donde:

Volumen : es la asignación de agua que tiene el cultivo en el periodo de riego, se establece según el coeficiente de riego entre el número de turnos al mes, se expresa en m³/ha.

Área: es el área de cultivo sembrada comprometida para riego en el turno a programar en ha.

Q_m : es el caudal de manejo en l/s.

Fuente: PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES PSI - SIERRA

4.4.2 *Activación de compuertas laterales de lotes*

Para la activación de compuertas, se sigue el siguiente procedimiento:

Paso 1:

El operador del sistema SCADA, ubicado en sala de control de la Comisión de Regantes de Monsefú, lee la programación de distribución de agua del día para cada uno de los 16 lotes.

Paso 2:

Haciendo clic sobre el botón virtual y pasando este de la posición de “Cerrar” a la posición de “Abrir”, se activa el botón de estado (pasando de color rojo a color verde), mostrando en el indicador “Apertura”, el número de centímetros de apertura de la compuerta lateral en campo.

Paso 3:

La señal del sistema SCADA se envía desde sala de control a campo mediante el radioenlace, la cual llega a cada actuador AUMA (según su dirección), iniciando el accionamiento de la apertura de la compuerta lateral, por el tiempo que el operador estime de acuerdo a requerimiento.

Paso 4:

El sistema actualizará en tiempo real el estado de las compuertas.

Paso 5:

Haciendo clic sobre el botón virtual y pasando este de la posición de “Abrir” a la posición de “Cerrar”, se desactivará el botón de estado cuando el indicador de “Apertura” llega a 0 centímetros (pasando de color verde a color rojo).

Paso 6:

Toda la operación se registra en el sistema SCADA y crea un reporte en una hoja de cálculo.

4.5 Plan de mantenimiento

Para tener un sistema automatizado que nos garantice la operación de las compuertas de tomas laterales, debemos planificar un mantenimiento preventivo, el cual se detalla a continuación:

4.5.1 Mantenimiento de la red Profibus (Frecuencia: mensual)

- Chequeo físico de cableado, conectores.
- Chequeo físico de ductería de protección de cableado.
- Pruebas de conectividad y rendimiento de red.
- Levantamiento de observaciones de los chequeos y pruebas.

4.5.2 Mantenimiento de radioenlace (Frecuencia: trimestral)

- Chequeo físico y limpieza de antenas Ubiquiti.
- Chequeo físico de switches de radioenlace.
- Chequeo físico de accesorios de conectividad (cableado, fijaciones).
- Pruebas de conectividad y rendimiento de radioenlace.
- Chequeo de cerco perimétrico de campo.
- Chequeo de soportes y templadores de torres de antenas.
- Levantamiento de observaciones de los chequeos y pruebas.

4.5.3 Mantenimiento de sistema SCADA y Videowall (Frecuencia: mensual)

- Chequeo físico y limpieza de desktop de SCADA.
- Realización de back up de respaldo de información de servidor.
- Chequeo físico de accesorios de conectividad de desktop (cableado, fijaciones).
- Chequeo físico y limpieza de Videowall.
- Chequeo físico de accesorios de conectividad de Videowall (cableado, fijaciones).
- Levantamiento de observaciones de los chequeos y pruebas.

4.5.4 Mantenimiento de tableros de comunicación (Frecuencia: mensual)

- Limpieza de tablero de comunicación (interior/exterior).
- Chequeo físico de equipos (interruptores termomagnéticos, switches, borneras, cableado).
- Chequeo físico de PLC (CPU, módulos, fuente).
- Levantamiento de observaciones de los chequeos y pruebas.

4.5.5 Mantenimiento de Actuadores AUMA (Frecuencia: mensual)

- Limpieza exterior e interior del controlador.
- Limpieza de tarjetas de control de controlador.
- Limpieza exterior de actuador.
- Engrase de engranajes internos de actuador.
- Chequeo de elemento de soporte actuador – compuerta.
- Chequeo físico de compuertas laterales (sellos y planchas).

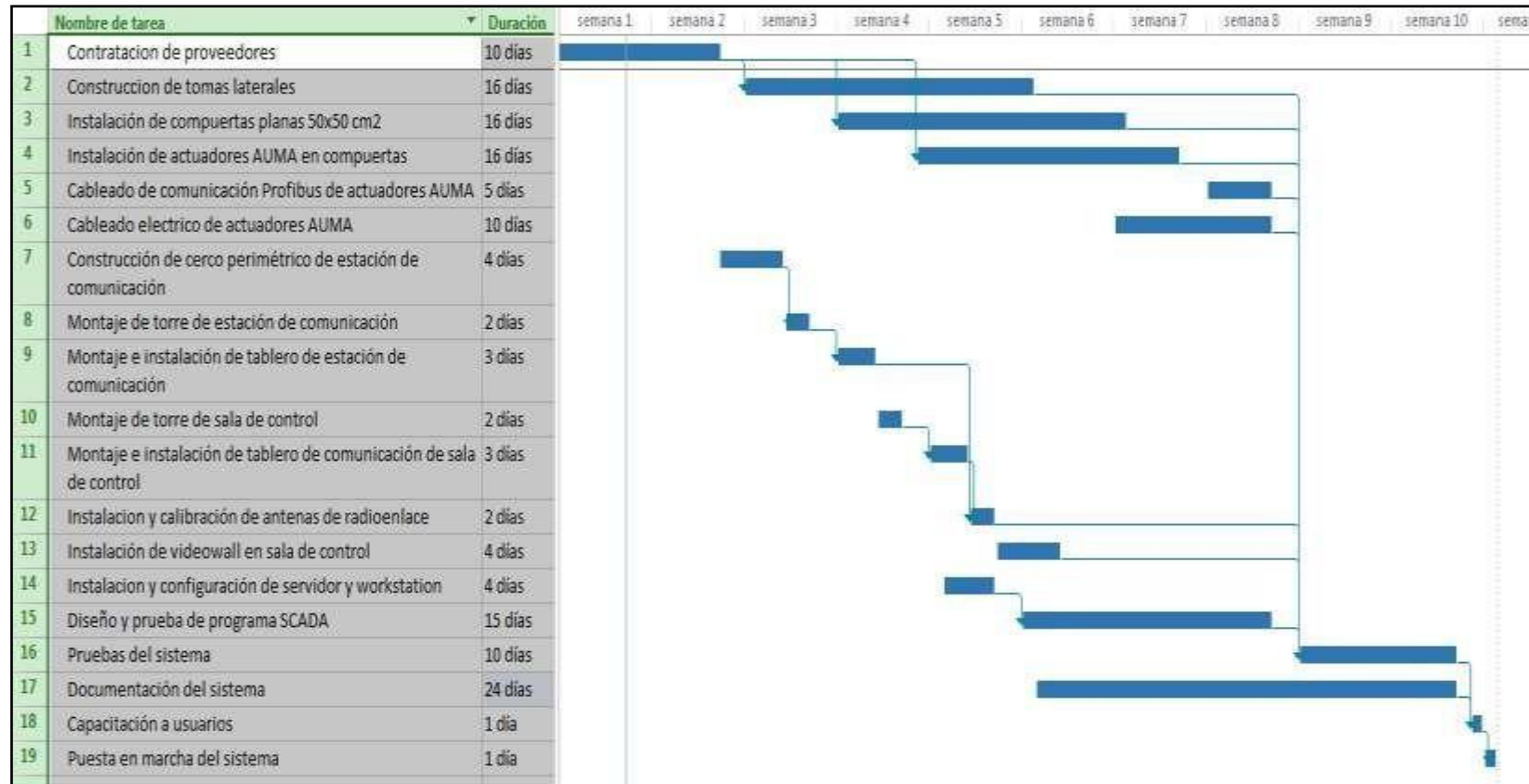
El mantenimiento al sistema se ejecuta con una frecuencia mensual, trimestral; se recomienda que sea ejecutado por personal técnico calificado del área de Sistemas y Telecomunicaciones.

Se debe capacitar al personal en el manejo de protocolos de revisión y pruebas, para asegurar mantenimientos satisfactorios.

4.6 Cronograma de actividades del proyecto

Figura 47.

Cronograma de actividades del proyecto



Fuente: elaboración propia

4.7 Presupuesto del sistema automatizado

Tabla 19.

Costo total por equipos

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Valor unitario	Total (S/.)
1	Compuerta plana metálica 0.5m x 0.5m	Unidad	16	2,000	32,000
2	Controlador AUMA AC 01.2	Unidad	16	6,500	104,000
3	Actuador AUMA SAR 07.2	Unidad	16	7,000	112,000
4	PLC S7 - 300 Siemens	Unidad	2	1,500	3,000
5	Módulo Simatic Net CP 343-1	Unidad	2	3,500	7,000
6	Switch industrial Ethernet Scalance X005	Unidad	2	1,000	2,000
7	Fuente Sitop PSU8200	Unidad	2	900	1,800
8	Antenas Ubiquiti NanoBeam NBE-M5-300	Unidad	2	350	700
9	Monitor videowall MultiSync X463UN	Unidad	4	7,500	30,000
10	Controlador videowall Vision800ATX	Unidad	1	12,000	12,000
11	Servidor HP ProLiant DL380e Gen8	Unidad	1	10,000	10,000
12	Computadora Workstation de SCADA	Unidad	1	6,000	6,000
Costo total equipos					320,500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20.

Costo total por materiales

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Valor unitario	Total (S/.)
1	Cable profibus	Metro	952	6	5,712
2	Conector de comunicación profibus	Unidad	19	50	950
3	Cable ethernet	Metro	30	2	60
4	Tablero de Comunicación	Unidad	2	900	1,800
5	Tubería plástica de 2" de 3 metros	Unidad	330	25	8,250
6	Codos plásticos de 2"	Unidad	34	2	68
Costo total materiales					16,840

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21.

Costo total por personal

Item	Personal	Meses	Monto Mensual	Total (S/.)
1	Jefe de proyecto	3	6,000	18,000
2	Especialista en mecanica	2	4,000	8,000
3	Especialista en automatización	2	4,000	8,000
4	Especialista en obras civiles	2	4,000	8,000
5	Especialista en sistemas	2	4,000	8,000
6	Especialista en seguridad y salud en trabajo	2	4,000	8,000
7	Técnico en mecánica	2	2,000	4,000
8	Técnico en electrónica	2	2,000	4,000
9	Técnico en obras civiles	2	2,000	4,000
Costo total personal				70,000

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 22.**

Otros costos

Item	Descripción	Unidad	Cant.	Valor unitario	Total (S/.)
1	Alquiler de computadora	Unidad	6	1,500	9,000
2	Alquiler de Impresora	Unidad	1	600	600
3	Alquiler de camioneta para especialistas (2 meses)	Unidad	1	12,000	12,000
4	Alquiler de camioneta jefe proyecto (3 meses)	Unidad	1	18,000	18,000
5	Pago de seguros complementario trabajo de riesgo - SCTR	Unidad	9	100	900
6	Construcción de estructura de toma lateral	Unidad	16	1,000	16,000
7	Adquisición y montaje de torre de 12 metros con templadores y anclajes	Unidad	2	2,000	4,000
8	Montaje de tablero de comunicación	Unidad	2	3,500	7,000
9	Adquisición y montaje de cerco perimétrico	Unidad	1	5,000	5,000
10	Excavación de zanja para tubería 3"	Metro	952	5	4,760
11	Software LabVIEW completo 2016	Unidad	1	11,000	11,000
Total otros costos					88,260

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.

Costo directo

Item	Rubro	Total (S/.)
1	Equipos	320,500
2	Materiales	16,840
3	Personal	70,000
4	Otros	88,260
Total costo directo		495,600

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 24.**

Costo total del proyecto

Item	Rubro	Total (S/.)
1	Costo Directo	495,600
2	Utilidad (15% de Item 1))	74,340
3	Sub total (Item 1 + Item2)	569,940
4	Impuesto General a las Ventas (18% de Item 3)	102,589
Costo total del proyecto		672,529

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- Se diseñó un sistema automatizado de despacho de agua para riego de parcelas, en el canal Calazán, el cual controlará de manera eficaz el despacho de agua, a cargo de la Comisión de Regantes del sub-sector de riego de Monsefú.
- Se diseñó un radioenlace punto a punto de 3.79 kilómetros, medidos desde la central de monitoreo en la ciudad de Monsefú, hasta la zona de campo donde se ubican los 16 lotes.
- Se realizó la simulación del control automatizado de compuertas de despacho de agua para el riego de los 16 lotes del canal Calazán, utilizando el software LabVIEW como interfaz Hombre – Máquina.
- Según determinó el presupuesto, para la implementación y puesta en marcha de la propuesta, de un sistema automatizado de despacho de agua para riego de parcelas, en el canal Calazán, el cual asciende a la suma de 672,529 nuevos soles.

Recomendaciones

- Seguir las consideraciones técnicas de montajes de todo el equipamiento (mecánico, control y de comunicaciones), propuesto en el presente sistema automatizado de despacho de agua para riego de parcelas y de esta manera evitar fallos de operación del sistema.
- Se recomienda la construcción de un medidor Parshall a la entrada del canal Calazán, para medir el caudal que ingresa desde la Comisión de Regantes del sub-sector de riego de Monsefú.
- Debido a la falta de datos por parte de los que gestionan el agua del canal, será necesario considerar en adelante las diferentes situaciones que se puedan presentar, con los volúmenes de agua que llegan al canal Calazán, a efecto de poder estimar una justa distribución de agua a las parcelas, en tiempos de sequía y abundancia de este recurso.
- De llegar a implementarse, se debe realizar un backup de la información del sistema SCADA de manera periódica, para evitar pérdida de información valiosa durante la operación.
- De llegar a implementarse, se debe elaborar un plan de mantenimiento detallado del sistema automatizado de despacho de agua, para optimizar el tiempo de operación del sistema automatizado.

Referencias

- Amazon (2023). *Hewlett-Packard HP ProLiant DL360p*. <https://www.amazon.com/-/es/Hewlett-Packard-ProLiant-DL360p-670633-S01-Server/dp/B007ILDINU>
- AUMA. (3 de 06 de 2020). *Actuadores Eléctricos AUMA*. Obtenido de <https://www.auma.com/en/>
- Boraltec (2016). Videowalls para Salas de Control: Retroproyección o Pantallas Planas. <https://www.boraltec.com/videowalls-para-salas-de-control-dlp-vs-monitores/>
- Carranza Noriega, R. (2001). *Automatización Tópicos de instrumentación y control*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cisneros Almazán, R. (2003). *Apuntes de la materia de Riego y Drenaje*. México: Centro de Investigación y Estudio de Posgrado y Área Agrogeodésica.
- Conrad (s.f.). *Módulo principal del PLC Siemens 6ES7315-2AH14-0AB0* *6ES73152AH140AB0*. <https://www.conrad.com/p/siemens-6es7315-2ah14-0ab0-6es73152ah140ab0-plc-main-module-1741481>
- Defas, R. y Guzmán, A. (2017). *Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial Modbus*. Anales de la Universidad Central del Ecuador. Vol.1, No. 375
- Definicion.de. (2020). DEFINICIÓN DE AUTOMATIZACIÓN. <https://definicion.de/automatizacion/>
- DINECOM (2017). ¿Qué Es Un Videowall? Todo Lo Que Necesitas Saber. <https://dinecom.cl/blog/videowall-lo-necesitas-saber/>
- Direct industry (s.f.). *Conector RF Conector PROFIBUS, 90°, EasyConnect®, LED / 700-972-7BA50*. <https://www.directindustry.com/prod/helmholz-gmbh-co-kg/product-15625-1051731.html>

- Domingo Peña, J., Gámiz Caro, J., Grau i Saldes, A., & Martínez García, E. (2003). *Comunicaciones en el entorno industrial*. Barcelona: Editorial UOC.
- EATHISA (2023). *Productos y equipos AUMA*. <http://eathisa.com/productos/actuador-electrico-multivueltas-auma/>
- ELECTRIC ACTUATORS (2023). *AUTOMATION SOLUTIONS FOR ANY VALVE TYPE*. https://www.unr.it/images/Cataloghi_PDF/AUMA/2015_Brochures.pdf
- Estudiantes de la Universidad de la Costa. (26 de 10 de 2020). *Hidráulica*. Obtenido de <http://hidraulica-cuc.blogspot.com/2018/11/compuertas-y-vertederos.html>
- Fabregat, X. (2011). *Actuadores en robótica*. <https://ar.pinterest.com/pin/772789617284869170/>
- George, D., & Mallery, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. Boston: Allyn & Bacon.
- Almazán, B. (2020). Automatización y robótica para la producción. <https://www.gestiopolis.com/automatizacion-robotica-produccion/>
- Indiamart (2023). *Actuadores Multivueltas Auma*. <https://www.indiamart.com/auma-india-limited/auma-multi-turn-actuators.html>
- Ingeniería Civil. (2020). Ingeniería civil, Proyectos y apuntes teórico-prácticos de Ingeniería Civil para compartir con ustedes. <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/03/toma-lateral.html>
- ISP Supplies (2023). *Ubiquiti PowerBeam*. <https://www.ispsupplies.com/Ubiquiti-PBE-M2-400-US>
- Material shandling (2023). *Jaula de almacenamiento de aparejos*. <https://www.materialshandling.com.au/products/rigging-storage-cage/>

Motors and control (2023). *Siemens*. <https://motorsandcontrol.com/siemens-6gk5005-0ba00-1aa3-scalance-x005-unmanaged-ethernet-switch-5x-rj45-ports-10-to-100-mbit-s-24vdc-supply-voltage/>

National Instruments (2023). Programación gráfica para pruebas y medidas.
<https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

Procont especialistas en salas de control (s.f.). *VOGEL'S: SOLUCIONES DE ESTRUCTURAS MODULARES PARA VIDEO WALL*. <https://procont.com.pe/salas-de-control-vogels-soluciones-de-estructuras-modulares-para-video-wall/>

Production tools. (2023). Objetivos de automatización industrial.
<https://productiontools.es/industria-40/objetivos-de-la-automatizacion-industrial/>

PROGRAMA SUBSECTORIAL DE IRRIGACIONES PSI - SIERRA (2013). *GUIA DE CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO A LAS OUA's, PLAN DE DISTRIBUCION DE AGUA*. <http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/Guia-de-Capacitacion-Entrenamiento-PDA.pdf>

Rodríguez Penin, A. (2013). *Sistemas SCADA*. México: Alfaomega Grupo Editor.

RS online (s.f.). *Fuente de alimentación para carril DIN Siemens SITOP, Entrada 320 → 575V ac ac, Salida 24V dc dc, Salida 20A, 480W*. <https://my.rs-online.com/web/p/din-rail-power-supplies/1963645>

SAIA-Burgess Electronics (2023). *Manual PROFIBUS-DP*.
<http://www.mcsquared.ru/userfiles/docs/saia%20profibus-dp%20manual.pdf>

Salvetti, D. (2012). *Sistemas de Control: Lazo abierto/cerrado*.
<http://eet602ei.blogspot.com/2012/05/sistemas-de-control-lazo-abiertocerrado.html>

SICMA21 (2023). *La fábrica inteligente*. <https://www.sicma21.com/que-es-un-plc/>

Smar Technology Company (s.f.). *PROFIBUS: Puesta a tierra, blindaje, ruidos, interferencias, reflexiones y mucho mas*. <https://www.smar.com/es/articulo->

tecnico/profibus-puesta-a-tierra-blindaje-ruidos-interferencias-reflexiones-y-mucho-mas

SMC International Training. (2020). Automatización.

<https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>

Sou dure plastique (s.f.). *Des conditions d'installation*.

<https://www.soudureplastique.ma/des-conditions-dinstallation-des-tuyaux-plastiques-pour-drainage/>

Tradeindia (2023). *Sensores*. <https://www.tradeindia.com/products/sick-mzt7-03vps-kp0-c8265916.html>

Uninotas (2016). *Sistemas SCADA*. <https://www.uninotas.net/ventajas-y-desventajas-del-sistema-scada/>

Valve magazine (2022). *Valve Basics: Electric Actuator Controls*.

<https://www.valvemagazine.com/articles/valve-basics-electric-actuator-controls>

Wikipedia enciclopedia libre. (2021). Sensor. <https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

Anexos

Anexo 1: Encuesta de tesis



ENCUESTA

La presente encuesta tiene por finalidad recabar información importante de los usuarios de la Comisión de Regantes de Monsefú, para el estudio “Propuesta de un modelo de automatización en el despacho de agua para el tramo Calazán de la Comisión de Regantes del sub-sector de riego de Monsefú”.

P1.- ¿La junta de regantes de Monsefú controla el proceso de riego para su parcela de forma deficiente?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P2.- ¿La junta de regantes de Monsefú no brinda el volumen de agua completo por el cual pago?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P3.- ¿La cantidad de agua proporcionada no alcanza para regar la totalidad de su parcela?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P4.- ¿Con el equipamiento actual de la comisión de regantes, no se brinda un buen servicio para su parcela?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P5.- ¿Cree Ud. que mediante la automatización del despacho del agua, sería la solución para la ineficiente distribución que existe actualmente en la comisión de regantes?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()

- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P6.- ¿Con la automatización del riego, se cobrara un precio justo por el agua que llega a su parcela?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()

P7.- ¿Con la automatización del riego, se evitara las pérdidas de agua?

- 5. Totalmente de acuerdo ()
- 4. De acuerdo ()
- 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo ()
- 2. En desacuerdo ()
- 1. Totalmente en desacuerdo ()



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 556-2023-FICSA-D



Siendo las 10:00 am del día 28 de diciembre del 2023, se reunieron los miembros de jurado de la Tesis titulada PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZADO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN CANAL DE RIEGO TIPO SECUNDARIO DE LA COMISIÓN DE USUARIOS DEL SUBSECTOR HIDRÁULICO MONSEFÚ con código de proyecto IS-2019-013, autorizado por Resolución No 285-2023-CU, y designado por Decreto Directoral N° 013-2019-UNPRG-FICSA-UI y Resolución Decanal Virtual N° 715-2023-UNPRG-FICSA; con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis profesional antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

MSC. ING. GAVINO MARCELO LOYAGA ORBEGOSO
ING. CÉSAR AUGUSTO GUZMÁN VALLE
DR. ING. JUAN ELÍAS VILLEGAS CUBAS
Asesorado por MSC. ING. ROBERTO CARLOS ARTEAGA LORA

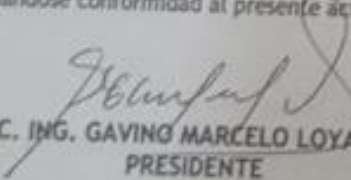
PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

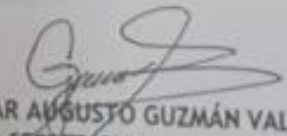
El acto de sustentación fue autorizado por OFICIO VIRTUAL N° 189-2023-UIFICSA, la Tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: HOMERO TORRES CAMPOS y JOSE FRANCISCO ESQUECHE RAMOS, tuvo una duración de 45 minutos Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

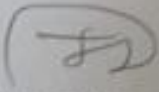
	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
HOMERO TORRES CAMPOS	<u>18</u>	<u>DIECIOCHO</u>	<u>MUY BUENO</u>
JOSE FRANCISCO ESQUECHE RAMOS	<u>18</u>	<u>DIECIOCHO</u>	<u>MUY BUENO</u>


Por lo que quedan APTOS para obtener el Título Profesional de INGENIERO DE SISTEMAS de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:45; del mismo día, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

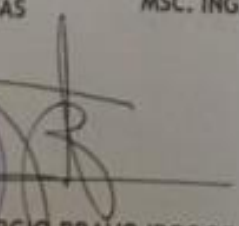

MSC. ING. GAVINO MARCELO LOYAGA ORBEGOSO
PRESIDENTE


ING. CÉSAR AUGUSTO GUZMÁN VALLE
SECRETARIO


DR. ING. JUAN ELÍAS VILLEGAS CUBAS
VOCAL


MSC. ING. ROBERTO CARLOS ARTEAGA LORA
ASESOR




DR. ING. SERGIO BRAVO IDROGO
DECANO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Según Res. N° 659-2020-R

Yo, ARTEAGA LORA ROBERTO CARLOS, asesor de tesis de los bachilleres:

HOMERO TORRES CAMPOS
JOSÉ FRANCISCO ESQUECHE RAMOS

TITULADA:

"Propuesta de un sistema automatizado para la distribución del agua en canal de riego tipo secundario de la comisión de usuarios del subsector hidráulico Monsefú"

Luego de la revisión exhaustiva del documento, constato que la misma tiene un índice de similitud de 17%, verificable en el reporte de similitud del programa TURNITIN.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que, cada una de las coincidencias detectadas NO CONSTITUYEN PLAGIO. A mi leal saber y entender, la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Se expide la presente según lo dispuesto en la Resolución N° 659-2020-R, de fecha 8 de setiembre de 2020, que aprueba la directiva para la evaluación de originalidad de los documentos académicos, de investigación formativa y para la obtención de Grados y Títulos de la UNPRG.

Lambayeque, 21 de junio de 2023

Atentamente,

MA. Ing. Roberto Carlos Arteaga Lora

DNI 16755764

Se adjunta:

- Recibo digital de Turnitin
- Revisión de informe en Turnitin



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Homero Torres Campos
Título del ejercicio: Proyectos e informes de tesis
Título de la entrega: Propuesta de un sistema automatizado para la distribución ...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_MODIFICADA_AL_19-06-2023.docx
Tamaño del archivo: 10.87M
Total páginas: 104
Total de palabras: 14,475
Total de caracteres: 78,413
Fecha de entrega: 21-jun.-2023 01:08a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2120163096



Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.

MSC, ING. ROBERTO ARTEAGA LORA
ASESOR

Propuesta de un sistema automatizado para la distribución del agua en canal de riego tipo secundario de la comisión de usuarios del subsector hidráulico Monsefú

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %	17 %	4 %	7 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	idoc.pub Fuente de Internet	2 %
2	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	2 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
4	eathisa.com Fuente de Internet	1 %
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	docplayer.es Fuente de Internet	1 %



MSC. ING. ROBERTO ARTEAGA LORA
ASESOR