

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA - INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
MEDIANTE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (H.M.I.)
UTILIZANDO LA PROGRAMACIÓN SCADA EN PLC”**
**APLICACIÓN: “MÓDULO EXPERIMENTAL INVERNADERO DE
UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO DE FRUTILLA EN LA
COMUNIDAD DE CARLAZO-TARIJA”**

Por:

GALEÁN ROMERO KAREN LIZETH

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de licenciatura en INGENIERIA CIVIL.

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS**

**“AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
MEDIANTE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (H.M.I.)
UTILIZANDO LA PROGRAMACIÓN SCADA EN PLC”
APLICACIÓN: “MÓDULO EXPERIMENTAL INVERNADERO DE
UN SISTEMA SEMI-HIDROPÓNICO DE FRUTILLA EN LA
COMUNIDAD DE CARLAZO-TARIJA”**

Por:

GALEÁN ROMERO KAREN LIZETH

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez G.

DECANO
..FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

M. Sc. Ing. Moisés Perales Avilés

M. Sc. Ing. Oscar Ricaldi Torrez

M. Sc. Ing. Jaime Orlando Zenteno Benítez

ADVERTENCIA

*El tribunal calificador del presente trabajo,
no se solidariza con la forma, términos, modos
y expresiones vertidas en el mismo, siendo ésta
responsabilidad de la autora.*

PENSAMIENTO

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica.

Pensamiento

Resumen

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2.1	Formulación del problema	6
1.2.2	Sistematización del problema	6
1.3	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1	Objetivo general:.....	6
1.3.2	Objetivos específicos:	7
1.4	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1	Justificación académica.....	7
1.4.2	Justificación técnica	8
1.4.3	Justificación social	8
1.4.4	Justificación institucional.....	9
1.5	MARCO DE REFERENCIA.....	9
1.5.1	Marco teórico	9
1.5.2	MARCO CONCEPTUAL.....	10
1.5.3	Marco espacial	11
1.5.4	Marco temporal.....	11
1.6	ALCANCE.....	11

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1	INTRODUCCIÓN	14
2.2	CONCEPTOS GENERALES	16
2.2.1	Caudal	16
2.2.2	Presión.....	16
2.2.3	Pérdidas de carga.....	17
2.2.4	Elevación del agua	17
2.2.5	Tuberías.....	18
2.2.6	Tuberías de policloruro de vinilo (PVC).....	18
2.2.7	Tuberías de polietileno (pe)	19
2.2.8	Selección del diámetro de la tubería	20
2.2.9	Accesorios	20
2.2.10	Electroválvulas	21
2.2.11	Sensores.....	22
2.2.12	Técnicas para determinar la humedad del suelo	23
2.2.13	Factores a considerar en la elección de sensores de humedad	26
2.2.14	Sistema de riego por superficie (gravedad).....	29
2.2.15	Sistema de riego tecnificado por goteo	30
2.2.16	Sistema de riego tecnificado por aspersion.....	31
2.3	TIPOS DE INVERNADERO	35
2.3.1	Las ventajas.....	36
2.3.2	Invernadero túnel	37
2.3.3	Invernadero capilla.....	37
2.3.4	Invernadero en dientes de sierra.....	39

2.3.5	Invernadero con techumbre curva.....	39
2.3.6	Invernadero tipo parral (almeriense).....	41
2.3.1	Invernadero tipo venlo (holandés)	42
2.3.2	Orientación de invernaderos	43
2.4	HIDROPONIA.....	44
2.4.1	Introducción y origen	44
2.4.2	Ventajas de la hidroponía.....	46

CAPÍTULO III

AUTÓMATAS PROGRAMABLES

3.1	INTRODUCCIÓN	48
3.2	DEFINICIÓN DE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE	49
3.3	PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)	50
3.3.1	Reseña histórica	50
3.3.2	Estructura básica de un PLC	51
3.3.3	Entradas y salidas del PLC:.....	52
3.4	DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC.....	52
3.4.1	Procesador	52
3.4.2	Memoria	53
3.5	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	53
3.5.1	Ventajas.....	54
3.5.2	Desventajas	55
3.6	FUNCIONES BÁSICAS DE UN PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE).....	55
3.7	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN LADDER	56

3.7.1	Lenguaje de escalera (tipo nema).....	57
3.7.2	Instrucciones o booleano.....	57
3.7.3	Programación por funciones	57
3.7.4	Programación por pasos (graphstep, graph5).....	57
3.8	CONCEPTOS DE DIAGRAMAS DE ESCALERA APLICADOS	
	A PLC'S.....	58
3.8.1	Diagrama de escalera	58
3.8.2	Contactos.....	59
3.8.3	Salidas	60
3.9	CONFIGURACIONES BÁSICAS.....	61
3.9.1	Acciones directas.	61
3.9.2	Conexión en serie.....	62
3.9.3	Conexión en paralelo.....	62
3.10	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS RS-232	63
3.10.1	CABLEADO DEL BUS RS-232	65
3.11	SOFTWARE SCADA	65
3.11.1	INTRODUCCIÓN	65
3.12	ELEMENTOS SCADA	67
3.13	CONTROL CON SCADA.....	68
3.13.1	Monitorización	68
3.13.2	Supervisión.....	68
3.13.3	Observación del proceso mediante la adquisición de datos	68
3.13.4	Mando	69
3.14	INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (H.M.I).....	70

CAPÍTULO IV

APLICACIÓN PRÁCTICA

4.1	LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	71
4.2	DISEÑO AGRONÓMICO	72
4.3	DISEÑO HIDRÁULICO DEL PROTOTIPO	73
4.4	PROGRAMACIÓN LÓGICA DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	76
4.5	DISEÑO ELÉCTRICO Y DE PROGRAMACIÓN	77
4.6	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS.....	78
4.7	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	80

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES	83
5.2	RECOMENDACIONES.....	84

BIBLIOGRAFÍA

WEBGRAFÍA

ANEXOS

ANEXO 1	GLOSARIO
ANEXO 2	DISEÑO DEL INVERNADERO TIPO TUNEL
ANEXO 3	CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE GOTERO UTILIZADO EN EL PROTOTIPO DEL PROYECTO
ANEXO 4	CARACTERÍSTICAS DEL TIPO DE CULTIVO (FRUTILLA)
ANEXO 5	DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
ANEXO 6	FOTOGRAFÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO
ANEXO 7	PROGRAMACIÓN Y CONEXIÓN DEL PLC Y HMI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Superficie de área regada en el mundo	2
Figura 1.2. Porcentaje de Superficie regada en Bolivia al año (Hectárea)	3
Figura 1.3. Interfaz Hombre Máquina (HMI)	5
Figura 1.4. Controlador Lógico Programable (PLC)	5
Figura 1.5. Esquema Lógico del Sistema de Riego por goteo	10
Figura 1.6. Sistema de un enlace domótico.....	10
Figura 1.7. Sistema de automatización	12
Figura 1.8. Diagrama de flujo del prototipo del proyecto	13
Figura 2.1. Modelo de tecnificación de riego	15
Figura 2.2. Tuberías PVC.....	19
Figura 2.3. Tubería de Polietileno (PE)	20
Figura 2.4. Accesorios varios.....	20
Figura 2.5. Electroválvula	22
Figura 2.6. Tipos de sensores.....	22
Figura 2.7. Sensor de tipo capacitivo	23
Figura 2.8. Clasificación de los sistemas de riego	28
Figura 2.9. Surcos de riego	29
Figura 2.10. Sistema de riego por goteo	30
Figura 2.11. Sistema de riego con aspersores	32
Figura 2.12. Valores de separación entre aspersores y los ramales de aspersión para cada tipo de marco de riego	33
Figura 2.13. Separación recomendada entre aspersores y ramales de aspersión en marco cuadrado.....	33
Figura 2.14. Separación recomendada entre aspersores y ramales de aspersión en marco triangular	33
Figura 2.15. Separación recomendada entre aspersores y ramales de aspersión en marco rectangular.....	34
Figura 2.16. Invernadero Túnel.....	37
Figura 2.17. Invernadero Capilla	38
Figura 2.18. Invernadero de dientes de sierra	39

Figura 2.19. Invernadero con techumbre	40
Figura 2.20. Invernadero tipo Parral	41
Figura 2.21. Invernadero tipo Venlo (Holandés)	42
Figura 2.22. Orientación del invernadero	43
Figura 2.23. Sistema hidropónico en tuberías de P.V.C.	44
Figura 2.24. Sistema de cultivo semi-hidropónico.....	46
Figura 3.1. Estructura básica del PLC.....	52
Figura 3.2. Diagrama de Bloques.....	56
Figura 3.3. Diagrama de escalera para PLC.....	58
Figura 3.4. Símbolo del contacto normalmente abierto	59
Figura 3.5. Estados de un contacto normalmente abierto	59
Figura 3.6. Símbolo del contacto normalmente cerrado	59
Figura 3.7. Estados de un contacto normalmente cerrado	60
Figura 3.8. Salida normal.....	60
Figura 3.9. Salida negada.....	61
Figura 3.10. Acción directa.....	61
Figura 3.11. Conexión en serie	62
Figura 3.12. Conexión en paralelo	63
Figura 3.13. Cableado de las interfaces en serie con RS-232	65
Figura 3.14. Diagrama estructural del sistema SCADA	68
Figura 3.15. Proceso del sistema SCADA	69
Figura 3.16. Interfaz Hombre – Máquina.....	70
Figura 4.1. Ubicación del emplazamiento del invernadero.....	71
Figura 4.2. Coordenadas de la ubicación del invernadero en Carlazo-Tarija	72
Figura 4.3 Componentes utilizados para la automatización de un sistema de riego.....	77
Figura 4.4. Software de programación del PLC.....	78
Figura 4.5. Selección del tipo de PLC que se va a utilizar de acuerdo a las características necesarias del proyecto	79
Figura 4.6. Utilizar el lenguaje de programación LADDER	79

Figura 4.7. Verificar el proceso de programación en la pantalla digital del PLC.....	80
Figura A.2.1. Diseño de un invernadero tipo túnel	10
Figura A.4.1. Cultivo de frutilla.....	17
Figura A.5.1. Diseño del prototipo de sistema de riego por goteo.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Sistemas de riego, usuarios y área regada por departamento.....	4
Tabla 2.1. Datos de la humedad del suelo con su respectiva frecuencia	26
Tabla 2.2. Textura de los suelos.....	27
Tabla 4.1. Parámetros disponibles de diseño del prototipo.....	74
Tabla 4.2. Componentes de la programación del lenguaje LADDER	77
Tabla 4.3. Presupuesto para la implementación de la automatización del invernadero	81
Tabla 4.4. Componentes de rendimiento.....	82
Tabla A.2.1. Características del material de cobertura de un invernadero	11
Tabla A.5.1. Parámetros del diseño del sistema de riego por goteo	19
Tabla A.5.2. Pérdidas de carga en las tuberías.....	21

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía A.6.1. Colocado de Agrofilm de 250 micrones.....	23
Fotografía A.6.2. Instalación de las tuberías de 4" sobre pedestales a 1,00 metro de altura	23
Fotografía A.6.3. Separación entre pedestales 75 cm.	24
Fotografía A.6.4. Separación entre cada perforación 30 cm.....	24
Fotografía A.6.5. Instalación de la conexión eléctrica.....	25
Fotografía A.6.6. Conexión del sensor de flujo de agua.....	25
Fotografía A.6.7. Colocado de los sensores de humedad a 10 cm de profundidad.....	26
Fotografía A.6.8. Instalación completa del prototipo del proyecto.....	26
Fotografía A.6.9. Tanque elevado de 1.100 litros.....	27
Fotografía A.6.10. Ubicación del tanque elevado.....	27
Fotografía A.6.11. Llave de paso	28
Fotografía A.6.12. Distribución de las tuberías de 4"	28
Fotografía A.6.13. Cable de conexión a la corriente eléctrica	29
Fotografía A.6.14. Tablero de conexión	29
Fotografía A.6.15. Entradas de conexión de los sensores de humedad	30
Fotografía A.6.16. Distribución de la conexión del PLC.....	30
Fotografía A.6.17. Ubicación de las tuberías	31
Fotografía A.6.18. Sensor de humedad capacitivo analógico.....	31
Fotografía A.6.19. Electroválvula de 1/2 "	32
Fotografía A.6.20. Conexión al HMI.....	32
Fotografía A.6.21. Conexión eléctrica de la perilla	33
Fotografía A.6.22. Entrada de la conexión eléctrica.....	33
Fotografía A.6.23. Conexión a los botones.....	34
Fotografía A.6.24. Transformador de 220 V a 12 V.....	34
Fotografía A.6.25. Botones de encendido y apagado.....	35
Fotografía A.6.26. Terminales de conexión de sensores	35
Fotografía A.6.27. Conexión interna entre el PLC y el HMI.....	36
Fotografía A.6.28. Programación del PLC.....	36

Fotografía A.6.29. Conectores de los sensores	37
Fotografía A.6.30. Cable tres líneas de los sensores	37
Fotografía A.6.31. Conexiones de electroválvulas	38
Fotografía A.6.32. Conexión al tablero secundario	38
Fotografía A.6.33. Conexión tablero primario secundario y térmico	39
Fotografía A.6.34. Conexión lateral de las electroválvulas	39
Fotografía A.6.35. Instalación completa del prototipo de automatización	40
Fotografía A.6.36. Proceso de maduración.....	40