





**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTROMECÁNICA**

**TEMA: “AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR  
GOTEO PARA DIEZ NAVES DE INVERNADERO EN LA  
PLANTACIÓN MERIZALDE & RAMÍREZ CONTROLADO  
ATRAVES DE UN HMI”.**

**AUTOR:**

**JOSUÉ RENATO ACUÑA CEPEDA**

**DIRECTOR: ING. FREDDY SALAZAR**

**CODIRECTOR: ING. MISAEL PAZMIÑO**

**LATACUNGA**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**CERTIFICADO**

**Ing. Freddy Salazar (DIRECTOR)**

**Ing. Misael Pazmiño (CODIRECTOR)**

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado: **“Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación Merizalde & Ramírez controlado atreves de un HMI”**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que ayudará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de 1 documento empastado y un disco compacto los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat (PDF), Autorizan al señor Josué Renato Acuña Cepeda, que lo entregue a la Ing. Katya Torres, en su calidad de Directora de la Carrera.

Latacunga, Mayo de 2015.

-----  
**Ing. Freddy Salazar**  
**DIRECTOR**

-----  
**Ing. Misael Pazmiño**  
**CODIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Josué Renato Acuña Cepeda**

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado: **“Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación Merizalde & Ramírez controlado atreves de un HMI”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el contenido, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo de 2015.

-----  
**Josué Renato Acuña Cepeda**  
**C.C.: 0503122376**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Josué Renato Acuña Cepeda**

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo: **“Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación Merizalde & Ramírez controlado atreves de un HMI”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de MI exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo de 2015.

-----  
**Josué Renato Acuña Cepeda**

**C.C.: 0503122376**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis A. DIOS, a Santo Tomás de Aquino, patrono de los estudiantes y a la Virgen María, quienes inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta tesis. A mi madre quien me dio la vida, educación, apoyo y consejos. A mis hermanos quienes siempre me aconsejaron y apoyaron. A mi esposa e hijo por su infinito amor. A mis compañeros de estudio. A mis maestros y amigos, porque sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis.

A mis tutores Ing. Freddy Salazar e Ing. Misael Pazmiño, quienes me han orientado en todo momento en la realización de este proyecto.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño esta tesis se las dedico a ustedes:

Mamá  
Hermanos  
Esposa e Hijo

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CARATULA .....	i
CERTIFICADO.....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv

## CAPÍTULO I

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2. Justificación .....	3
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Alcances.....	6

## CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Sistemas de Riego.....	8
2.1.1. Tipos de Riego Localizado.....	8
a. Riego por Goteo .....	8
a.1. En Superficie .....	10
a.2. Subterráneo.....	12
2.2. La aplicación de fertilizantes en Riego por Goteo.....	14
2.3. Irrigación y el contenido del Agua en el Suelo.....	15
2.4. El manejo de la Salinidad.....	16
2.5. Controlador de Riego por Electroválvulas.....	17
2.6. Bomba de Riego Centrífuga.....	18
2.6.1. Características.....	19
2.6.2. Partes de una Bomba Centrífuga .....	20
2.6.3. Tipos de Bombas Centrífugas .....	21
a.1. Bombas Centrífugas de Flujo Radiales.....	21
a.2. Bombas Centrífugas de Flujo Axiales.....	21
a.3. Bombas Centrífugas Diagonales.....	21
2.7. Válvulas de Control.....	21
2.7.1. Válvula Solenode .....	22
2.7.2. Electroválvulas .....	22

2.8.	Panel Táctil.....	23
2.8.1.	Tipos de Touch Panel .....	24
a.	Resistivas.....	24
b.	Capacitivas.....	24
2.9.	Contactador.....	24
2.9.1.	Componentes.....	25
2.10.	Relé.....	26

### **CAPÍTULO III**

<b>3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL .....</b>	<b>28</b>
3.1. Selección del Controlador Lógico Programable .....	30
3.1.1. Características Técnicas del Controlador - PLC.....	30
3.1.2. Selección de los módulos digitales y análogos .....	31
a. Características técnicas del módulo de expansion.....	32
3.2. Selección de la Pantalla Táctil (TOUCH PANEL).....	32
3.2.1. Características técnicas de la Pantalla Táctil (TOUCH PANEL).....	33
3.3. Selección de los Contactores .....	34
3.3.1. Características Técnicas de los Contactores.....	34
3.4. Selección de Relés Térmicos.....	35
3.4.1. Características Técnicas del Relé Térmico.....	35
3.5. Selección de Relés .....	36
3.5.1. Características Técnicas del Relé.....	36
3.6. Selección de Breaker.....	37
3.6.1. Características Técnicas del Breaker.....	37
3.7. Selección de las Electroválvulas .....	38
3.7.1. Características Técnicas de las Electroválvulas.....	38
3.8. Selección del Software requerido para la Programación del PLC y el TOUCH PANEL .....	39
3.8.1. Características del Software requerido para la Programación del PLC y el TOUCH PANEL .....	39
3.9. Diseño de los Circuitos de Control y Fuerza para la Automatización del Sistema de Riego .....	41
3.9.1. Diagrama del Circuito de Fuerza .....	41
3.9.2. Diagrama del Circuito de Control.....	41

### **CAPÍTULO IV**

<b>4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>42</b>
4.1. Programación del Controlador Lógico Programable PLC S7-1200 .....	42
4.2. Programación del Panel Táctil .....	44
4.2.1. Pantalla Principal.....	44
4.2.2. Pantalla de ingreso de Tiempo y Selección de Electroválvulas de Riego.....	45
4.2.3. Pantalla de Riego Automático.....	47
4.2.4. Pantalla de Encendido de Bombas .....	48

### **CAPÍTULO V**

<b>5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO AUTOMATIZADO.....</b>	<b>50</b>
--	-----------

5.1.	Montaje de los Equipos.....	50
5.1.1.	Montaje de Tableros.....	50
5.1.2.	Montaje de Electroválvulas.....	54
5.1.3.	Construcción y Montaje de cajas de revisión.....	54
5.2.	Resumen del Montaje del Sistema de Riego.....	55
5.3.	Pruebas y Resultados.....	56

## **CAPÍTULO VI**

<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
6.1. Conclusiones.....	63
6.2. Recomendaciones.....	65

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>67</b>
--	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>70</b>
--------------------	-----------

ANEXO A-1 Manual de operación

ANEXO B-1 Circuito de fuerza bomba de riego

ANEXO B-2 Circuito de fuerza bomba de fertilizante

ANEXO C-1 Diagrama de conexiones plc

ANEXO C-2 Diagrama de conexiones módulo E/S

ANEXO C-3 Diagrama de conexiones relés

ANEXO D-1 Programación PLC

ANEXO E-1 Programación Touch

ANEXO F-1 Data chip PLC S7-1200

ANEXO F-2 Data chip módulo SM-1223

ANEXO F-3 Data chip touch KTP-600

ANEXO F-4 Data chip electrovalvas

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b>	Disposición típica de un sistema de goteo.....	8
<b>Figura 2.2.</b>	Riego por goteo en superficie.....	10
<b>Figura 2.3.</b>	Riego por goteo subterráneo.....	12
<b>Figura 2.4.</b>	Acumulación de sales en la superficie del suelo.....	16
<b>Figura 2.5.</b>	Efecto de la distancia entre emisores a la humectación del suelo.....	17
<b>Figura 2.6.</b>	Controlador de riego.....	17
<b>Figura 2.7.</b>	Bomba de riego.....	18
<b>Figura 2.8.</b>	Estructura de una válvula solenoide.....	22
<b>Figura 2.9.</b>	Electroválvula.....	22
<b>Figura 2.10.</b>	Touch panel Siemens KTP 600 PN mono.....	23
<b>Figura 2.11.</b>	Contactador estándar.....	25
<b>Figura 2.12.</b>	Inducción de un campo magnético debido a la circulación de corriente.....	26
<b>Figura 2.13.</b>	Componentes básicos de un relé.....	27
<b>Figura 3.1.</b>	PLC siemens S7-1200.....	31
<b>Figura 3.2.</b>	Módulo de expansión SM 1223.....	32
<b>Figura 3.3.</b>	Pantalla táctil KTP 600.....	33
<b>Figura 3.4.</b>	Contactador telemecanique.....	34
<b>Figura 3.5.</b>	Relé MEC.....	35
<b>Figura 3.6.</b>	Relé OMRON.....	36
<b>Figura 3.7.</b>	Breaker principal – siemens CQD.....	37
<b>Figura 3.8.</b>	Electroválvula para riego.....	38
<b>Figura 3.9.</b>	TIA PORTAL.....	40
<b>Figura 4.1.</b>	Diagrama de flujo del sistema de riego.....	43
<b>Figura 4.2.</b>	Pantalla principal – panel táctil.....	44
<b>Figura 4.3.</b>	Pantalla de ingreso de tiempo y selección de electroválvulas de riego.....	46
<b>Figura 4.4.</b>	Pantalla de riego automático.....	48
<b>Figura 4.5.</b>	Pantalla de encendido de bombas.....	49
<b>Figura 5.1.</b>	Vista interna del Tablero de Control.....	51
<b>Figura 5.2.</b>	Vista externa del Tablero de Control.....	52
<b>Figura 5.3.</b>	Vista interior del tablero de fuerza.....	53
<b>Figura 5.4.</b>	Vista exterior del tablero de fuerza.....	53
<b>Figura 5.5.</b>	Reemplazo de válvulas de riego.....	54
<b>Figura 5.6.</b>	Caja de revisión.....	54
<b>Figura 5.7.</b>	Sistema total automatizado.....	55
<b>Figura 5.8.</b>	Simulación – proceso de riego.....	56
<b>Figura 5.9.</b>	Encendido bombas de riego de agua y fertilizante.....	57
<b>Figura 5.10.</b>	Apagado de las bombas de riego de agua y fertilizante.....	58
<b>Figura 5.11.</b>	Apertura y cierre de electroválvulas de riego.....	58

<b>Figura 5.12.</b> Apertura y cierre de las electroválvulas de riego.....	59
<b>Figura 5.13.</b> Modo manual - riego de agua y químico .....	60
<b>Figura 5.14.</b> Modo manual - riego de agua y químico .....	60
<b>Figura 5.15.</b> Modo automático - riego de agua y químico.....	61
<b>Figura 5.16.</b> Modo automático - riego de agua y químico.....	61
<b>Figura 5.17.</b> Encendido y apagado de bombas .....	62
<b>Figura 5.18.</b> Encendido y apagado de bombas .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.1.</b>	Detalle de la Pantalla Principal .....	45
<b>Tabla 4.2.</b>	Detalle de la pantalla de ingreso de tiempo y selección de electroválvulas de riego.....	46
<b>Tabla 4.3.</b>	Detalle de la pantalla de riego automático. ....	48
<b>Tabla 4.4.</b>	Detalle de la pantalla de encendido de bombas .....	49

## RESUMEN

El trabajo de investigación a realizar, tiene como objetivo la Automatización de un sistema de riego por goteo, el mismo que será operado por medio de una pantalla Touch HMI. La automatización del sistema de riego tiene como razón primordial controlar el tiempo de regadío por medio de órdenes emitidas por un Controlador Lógico Programable Principal (PLC), las órdenes permitirán manipular automáticamente la apertura y cierre de las electroválvulas ubicadas a lo largo de los invernaderos de la plantación. Con la ayuda del Touch Panel, se elegirán la apertura de las electroválvulas del sistema y se ingresarán los tiempos de riego para controlar el inicio y el fin del proceso, esto garantizará la humedad requerida en ciertas áreas y en determinadas horas. Al automatizar el proceso de riego, la florícola será capaz de tener un sistema de control que facilite las labores de riego de agua y abono químico; manteniendo ciertas áreas húmedas de acuerdo a las necesidades y requerimientos de producción. Concluyendo, que la automatización del sistema optimizará la producción y logrará mejorar la eficacia del proceso de riego en la plantación.

### **PALABRAS CLAVE:**

- ✓ **SISTEMA DE RIEGO - AUTOMATIZACIÓN**
- ✓ **PANEL TÁCTIL (TOUCH PANEL)**
- ✓ **ELECTROVÁLVULA**
- ✓ **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).**

## **ABSTRACT**

The research to be performed, aims Automation of a drip irrigation system, the same that will be operated by a touch screen HMI. The automation of the irrigation system has the primary right to control the irrigation time through orders issued by a programmable logic controller Main (PLC), automatically handle orders allow the opening and closing of the valves located along greenhouses planting. With the help of the Touch Panel, opening the valves of the system will be chosen and run times will be entered to control the start and end of the process, this will ensure the required humidity in certain areas and at certain times. By automating the process of watering the flower you will be able to have a control system that facilitates the work of irrigation water and chemical fertilizers; maintaining certain wet areas according to the needs and production requirements. Concluding that the automation system will optimize production and achieve enhanced process efficiency irrigation planting.

### **KEYWORDS:**

- ✓ **IRRIGATION SYSTEM - AUTOMATED**
- ✓ **TOUCH PANEL**
- ✓ **SOLENOID**
- ✓ **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.**

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

El riego por goteo, igualmente conocido bajo el nombre de “riego gota a gota”, es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas y en zonas de producción, pues permite la utilización óptima de agua y abonos.

El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías.

El sistema de riego por goteo es una técnica de irrigación que no sólo permite ahorrar agua, sino que además permite tener un mejor control del suelo, mayor rendimiento de los cultivos, menor pérdida de nutrientes, y la aplicación de abonos fertilizantes a través del riego.

El Sistema de Riego por goteo, constituye en una alternativa para los pequeños y grandes agricultores y productores que pueden acceder a tecnologías nuevas que permitan cumplir con las exigencias actuales del mercado floricultor. La exportación de rosas requiere satisfacer altos estándares de calidad mundial, es por esto que la automatización de un sistema de riego tiene la finalidad de mejorar y garantizar la humedad del suelo para el óptimo crecimiento de las flores.

Es importante destacar, que el sistema de riego automatizado tiene muchas ventajas sobre otros métodos de irrigación; por ejemplo:

Ventajas:

- ✓ Una importante reducción de la evaporación del suelo, lo que trae una reducción significativa de las necesidades netas y brutas de agua.

- ✓ El automatizar completamente el sistema de riego, repercute en el ahorro de mano de obra y falencias de los operarios.
- ✓ Permite tener el control de las dosis de aplicación de agua y abono químico.
- ✓ Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas.
- ✓ Permite el tener un control de nutrientes con el agua de riego.

En base a lo mencionado con anterioridad, la Florícola MERIZALDE & RAMÍREZ, pretende automatizar su sistema de riego, con la finalidad de tener un sistema confiable que permita controlar la cantidad y el tiempo de rocío de agua en ciertos sectores de los invernaderos de la plantación, mejorando de esta manera la calidad de sus productos.

### **1.1. ANTECEDENTES**

En la Provincia de Cotopaxi, un empresario nacido en la ciudad de Pujilí, decide crear el 25 de septiembre de 1982 la plantación de rosas "MERIZALDE & RAMÍREZ", en honor a él y a su esposa, con el objetivo principal de producir flores de calidad de exportación, además tiene una misión de carácter social, que es brindar fuentes de trabajo a la gente que vive en el sector.

Desde la creación de la plantación "MERIZALDE & RAMÍREZ" hasta la actualidad, gran parte de la producción se la realiza de forma manual, incluyendo el sistema de riego por goteo ubicado a lo largo de los invernaderos de la plantación; esto impide tener un control de la cantidad de agua que se ocupa para el riego, y del tiempo necesario para lograr la hidratación del suelo requerida. Este proceso manual es utilizado en las 37 hectáreas de siembra.

Es importante tener en cuenta que al ser un proceso manual, supervisado por un operador, está expuesto a errores y fallas tanto a nivel de producción como a nivel técnico:

Nivel producción:

- ✓ Alteraciones en el crecimiento de las plantas.
- ✓ Daños en la producción por excesiva cantidad de agua.
- ✓ Daños en la producción por excesiva cantidad de químico.
- ✓ Daño por alta concentración de sales en la tierra.

Nivel Técnico:

- ✓ Deterioro de la bomba de riego por encendidos no programados.
- ✓ Deterioro de la bomba de inyección de químico por encendidos no programados.
- ✓ Reducción de la vida útil de las bombas en sus piezas y partes.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En base a la petición realizada por la Plantación de Rosas MERIZALDE & RAMÍREZ para realizar la “Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero controlado a través de un HMI”, se realizó un estudio preliminar, con el propósito de conocer las instancias en las que se encuentra funcionando el proceso, constatando, que el sistema presenta falencias en el tiempo de regadío de agua y químico, debido a que en la actualidad no existe un sistema automático que controle el tiempo de apertura y cierre de las electroválvulas de riego de agua y químico fertilizante, según las necesidades del cliente.

Basados en el análisis del estado actual en que funciona el sistema de riego, se plantean los siguientes problemas:

- El sistema de riego se opera manualmente, sin tener control en los tiempos de encendido de las bombas de agua y químico.
- No existe control sobre la apertura y cierre de las válvulas de riego, ya que depende del criterio del operador.
- El sistema de riego no se apaga inmediatamente cuando se termina el proceso de regadío.
- El operador debe movilizarse a cada válvula instalada en las naves de invernadero y accionarlas manualmente, esto puede demorar algunos minutos debido a la extensión de terreno.
- El tiempo de riego no es controlado, razón por la que el operador se demora mayor tiempo en verificar si esta ya se encuentra la humedad del suelo en las condiciones requeridas.

Haciendo referencian a lo indicado anteriormente, la Plantación MERIZALDE & RAMIREZ, propone realizar un sistema automatizado que permita tener control sobre el sistema de riego, como se expone a continuación:

- Es necesario realizar un levantamiento de información que permita conocer las condiciones iniciales en las que funciona el sistema de riego.
- Analizar los datos de operación que son recolectados por el operador encargado del cuarto de bombas del sistema de riego.

- Utilizar la infraestructura existente en el cuarto de bombas y en las naves de invernadero, e incrementar un sistema de control moderno que facilite las labores del operador.
- Con la automatización del sistema se controlará los tiempos de riego, disminuyendo las pérdidas de agua y fertilizante, logrando de esta manera disminuir las falencias del proceso e incrementar la productividad.
- Se tendrá un control que garantice la apertura y cierre de electroválvulas en tiempos exactos y de acuerdo al encendido y apagado de las bombas.
- La implementación de una Interfaz Hombre-Máquina al sistema de riego, le permitirá al usuario tener un mayor control sobre las tareas a realizar, facilitándole la operación del proceso.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Realizar la Automatización del sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación MERIZALDE & RAMIREZ, controlado a través de un PLC y un Panel Táctil.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Reemplazar las válvulas por actuadores electromecánicos en las diez naves de invernadero.
- Implementar una interfaz hombre-máquina (HMI) que permita el control y supervisión sobre el tiempo de apertura y cierre de las electroválvulas, y del encendido y apagado de las bombas de riego de agua y químico.

- Crear un programa de automatización con la ayuda de un PLC y un PANEL TÁCTIL, para controlar el sistema de riego por goteo, que mejore la interface entre el personal de riego y el proceso.
- Diseñar e Implementar circuitos de control y fuerza, los mismos que serán controlados por medio de un PLC.
- Realizar pruebas sobre el sistema automatizado de riego por goteo, con la finalidad de verificar el funcionamiento correcto del proceso a los requerimientos del operador.
- Desarrollar un sistema automatizado flexible, que permita al operario elegir el modo de operación en el que va a funcionar el proceso de regadío, ya sea modo manual o modo automático.

#### **1.4. ALCANCES**

- Se pretende renovar la infraestructura ya existente en la plantación, con el desarrollo e implementación un sistema automatizado, que permita mejorar el proceso de regadío, disminuyendo así las pérdidas de agua y químico debido a la falta de control en el tiempo de encendido de las bombas y en la apertura y cierre de las electroválvulas.
- Con el desarrollo de este proyecto, se logrará controlar de forma exacta los tiempos de apertura y cierre de las electroválvulas, mejorando la producción y disminuyendo el consumo de agua y de fertilizante.
- Con la implementación de un panel táctil al proceso, se brinda al operador una interfaz amigable y fácil de manejar, con el objetivo de tener una supervisión adecuada del proceso

- Con la automatización del sistema se mantendrá la humedad del suelo de acuerdo a las necesidades del operador ya que tendrá la capacidad de elegir los tiempos de rocío de agua en los sembradíos.
- El operador tendrá la capacidad de elegir el modo de operación en el que va a trabajar el sistema de riego, es decir se puede seleccionar manual o automático.

## CAPÍTULO II

### 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Este capítulo integra las teorías, enfoques teóricos, estudios, descripciones y características técnicas de los equipos que se han seleccionado el desarrollo de este proyecto, también se describe el diseño del sistema de control.

#### 2.1. SISTEMAS DE RIEGO

Se denomina Sistema de riego o perímetro de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de componentes, aunque no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, ya que el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial (principalmente en su variante de riego por inundación), por aspersión, o por goteo. Por ejemplo, un embalse no será necesario si el río o arroyo del cual se capta el agua tiene un caudal suficiente, incluso en el período de aguas bajas o verano. [1]

##### 2.1.1. TIPOS DE RIEGO LOCALIZADO

###### a. RIEGO POR GOTEO

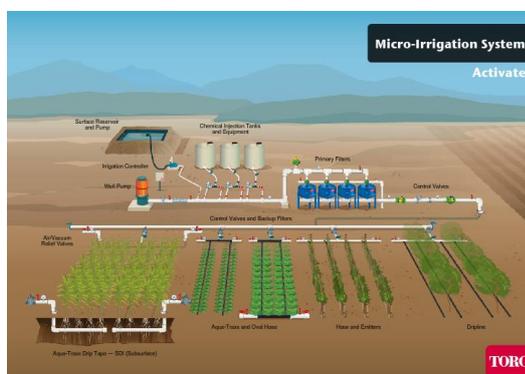


Figura 2.1. Disposición típica de un sistema de goteo.

Fuente: [2]

El riego por goteo se define como la aplicación precisa, lenta y frecuente de agua mediante un punto o una línea de emisores sobre o bajo la superficie del suelo, que funcionan con baja presión de trabajo y con bajo caudal, produciendo un mojamiento parcial de la superficie del suelo.

Es el sistema de riego localizado más popular. El agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los goteros, en los que se pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota. Son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplio (olivar, frutales, etc.), cultivo en invernadero (tomate, pimiento, pepino, melón, ornamentales), y en algunos cultivos en línea (algodón, coliflor, repollo, patata, etc).

Los goteros suelen trabajar a una presión de aproximadamente 1 kg/cm<sup>2</sup> conocido popularmente por kilo y suministran caudales entre 2 y 16 litros/horas. Lo más frecuente es que las tuberías laterales y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo. Es el riego por goteo en superficie. En ocasiones las tuberías laterales se entierran entre 20 y 70 cm y los goteros aportan el agua a esa profundidad, conociéndose entonces como riego por goteo subterráneo.

La profundidad de enterrado del portagoteros dependerá del tipo de cultivo y del tipo de suelo. Este sistema está basado en la utilización de franjas de humedad que garantizan una buena uniformidad de riego. Tiene como principal inconveniente la obstrucción de goteros y la dificultad de detectar fallos en el funcionamiento de estos así como de su reparación. [3]

El riego por goteo ha sido un importante avance al lograr aportar la humedad constante hacia las raíces gota por gota, permitiendo el desarrollo óptimo de las plantas. El agua es conducida desde el abastecimiento, a través de sistemas de tuberías, y mediante los emisores, se libera el agua gota a gota, justo en las raíces de cada planta. El agua provoca una zona específica de humedad, por lo que sólo se moja el área del suelo utilizado por la planta para el desarrollo de sus raíces. Las raíces, entonces, sólo se

expanden dentro de esa zona específica, denominada “bulbo húmedo”, posibilitando un mayor provecho de las tierras para el cultivo.

Entre las ventajas del riego por goteo encontramos: reducción de la evaporación del suelo, que disminuye considerablemente la necesidad de agua. Posibilidad de automatizar el sistema de irrigación, disminuyendo la mano de obra. Mejor control de las dosis de aplicación. Utilización de aguas más salinas, por mantenerse alta la humedad en el bulbo húmedo. Posibilidad de adaptarse a los terrenos rocosos y con pendientes. Disminuye el desarrollo de malezas en las zonas no regadas. Permite la utilización controlada de nutrientes. Además, permite el uso de aguas residuales al evitar que se dispersen gotas con patógenos en el aire.

Entre sus desventajas se encuentran: es un sistema que requiere mucho dinero para su instalación, debido a las numerosas tuberías y emisores necesarios. El sol puede dañar las tuberías. Hay posibilidades de obstrucción si el agua no se filtra apropiadamente y si el equipamiento no se mantiene de manera adecuada. Puede ser insatisfactorio si los fertilizantes deben ser rociados para activarse. Si no se instala el sistema de riego por goteo correctamente, puede haber desperdicio de agua, tiempo y cosecha. Requiere un estudio cuidadoso de los principales factores como topografía del terreno, suelo, agua, condiciones de cultivo y agroclimáticas. [4]

### **a.1. EN SUPERFICIE**



**Figura 2.2. Riego por goteo en superficie.**

**Fuente: [3]**

Se define así a la aplicación de agua sobre la superficie del suelo en forma de gotas o como un fino chorro, a través de emisores localizados a una distancia predeterminada a lo largo del lateral de goteo (Fig.2.2). Puede ser de dos tipos – goteo superficial en franja o integral. Para la caña de azúcar se recomienda la línea de goteo integral. [5]

El riego por superficie es un sistema de riego donde el agua fluye por gravedad, utilizándose la superficie del suelo agrícola como parte del sistema de distribución del agua. El caudal disminuye a medida que el agua avanza por la parcela regada, debido a su infiltración en el suelo. Para que la lámina de agua infiltrada se distribuya lo más uniformemente posible a lo largo de la parcela es preciso diseñar y manejar el riego de tal forma que haya un equilibrio entre los procesos de avance e infiltración del agua.

Las pérdidas de agua se pueden producir por:

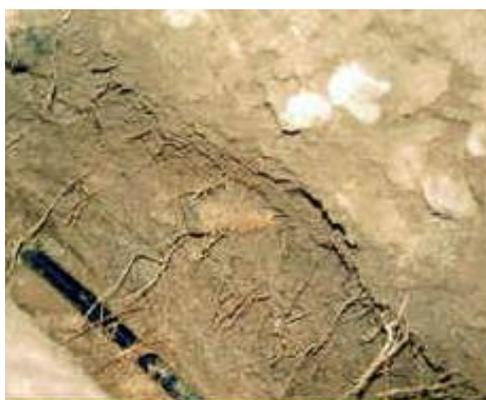
- Escorrentía superficial: está condicionada por la geometría de la superficie del suelo, la forma, tamaño de las parcelas, pendientes, rugosidad, pudiendo ocasionar problemas de erosión.
- Percolación profunda: está condicionada por las características físicas del suelo como la textura, estructura y porosidad, las cuales afectan a la infiltración. La percolación profunda produce lixiviación de nutrientes y sales del suelo, lo que provoca un deterioro de las aguas de drenaje cuando éstas retornan al regadío.

Los riegos por superficie tienen la ventaja de su simplicidad en sus instalaciones e infraestructura y su fácil mantenimiento. No requieren de mano de obra altamente especializada y al emplear la energía gravitatoria, son escasas las necesidades energéticas, factor definitivo en el análisis económico previo a la puesta de riego y quizás ayuda a entender por qué otros sistemas de riego más modernos no han logrado desplazarlos.

El aspecto negativo de los riegos por superficie es que generalmente presentan menores rendimientos de aplicación que los riegos por aspersión y goteo. Puesto que muchos están situados en tierras bajas, los sistemas por superficie tienden a estar afectados por inundación y salinidad si no se ha previsto un adecuado drenaje.

Además el hecho de necesitar la superficie del terreno como sistema de conducción y distribución requiere que la parcela esté nivelada. Los costes de nivelación son altos si hay gran cantidad de movimiento de tierras por lo que el riego por superficie tiende a estar limitado a tierras que tienen ya pequeñas pendientes. La nivelación puede conducir, además, a una pérdida en la capa más fértil de suelo y dejar al descubierto capas del subsuelo poco fértiles. [6]

## a.2. SUBTERRÁNEO



**Figura 2.3. Riego por goteo subterráneo.**

**Fuente: [3]**

Corresponde a la aplicación de agua bajo la superficie del suelo a través de emisores moldeados en la pared interna del lateral de goteo, con caudales (1.0 - 3.0 LPH) que, generalmente, están dentro del mismo rango que los caudales del riego por goteo superficial integral. Este método de aplicación del agua es diferente y no debe ser confundido con el método en el que la zona radicular es regada por el control de la capa freática, definido como riego subterráneo. El lateral de goteo integral (de pared fina o gruesa) es instalado en el suelo a una profundidad determinada, que depende del

tipo de suelo y de los requerimientos del cultivo. Existen dos tipos principales de SDI: el para “un cultivo” y el “multi cultivos”. [5]

Es un sistema de riego que utiliza una red de tuberías para distribuir el agua filtrada y presurizada a las líneas emisoras que se encuentran bajo la superficie del terreno y junto a la línea de cultivo. Los emisores en línea aportan un caudal unitario por cada punto de emisión que suele estar comprendido en el intervalo 0,6-8 l/h.

El volumen de agua aportado bajo la superficie del suelo (la más cercana a las plantas) genera una distribución espacial de la misma denominada “bulbo húmedo”. La forma y tamaño de este “bulbo húmedo” es diferente a la del riego localizado superficial.

El agua se distribuye en todas direcciones por capilaridad condicionada por la acción continua de la fuerza de la gravedad.

La forma del “bulbo húmedo” depende del tipo de suelo, del caudal de los emisores y de la práctica de riego (duración y frecuencia de cada riego). Dependiendo de la separación de estos puntos, del caudal unitario, del tipo de suelo y la práctica de riego se pueden tener tantos bulbos húmedos como puntos de emisión o una única banda húmeda continua por cada línea emisora.

La localización en profundidad permite que la tubería no se encuentre expuesta en superficie y que el patrón de distribución de agua generado sea distinto con una reducida/nula área mojada en superficie cuando se realiza una práctica de riego adecuada. Todas las ventajas, económicas, agronómicas y ecológicas son inherentes a la localización en profundidad (no expuesta en superficie) y al patrón de distribución de agua generado bajo esta circunstancia (ausencia de agua sobre la superficie del suelo).

### **Tubería localizada en profundidad**

- No expuesta a la radiación solar incidente.
- Posibilidad de realizar cualquiera tarea profesional y/o lúdica antes, durante y tras el riego.
- Paisajismo El sistema de riego subterráneo permite no interfiere con el diseño visual y estético de parques y jardines. No hay elementos visibles.
- Seguridad No hay elementos expuestos que se puedan dañar por causa fortuita. Ausencia de vandalismo.

### **Menor área mojada en superficie**

- Menor evaporación. Mayor volumen de agua disponible.
- Menor concentración salina en la zona radicular activa.
- Ausencia de problemas derivados de los precipitados calcáreos.
- Disminución de la presencia de malas hierbas.
- Menos enfermedades.
- Permite el empleo de agua residual tratada y las aguas con un contenido en sales superior a los niveles de tolerancia en superficie.

[7]

## **2.2. LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES EN RIEGO POR GOTEO**

El riego por goteo permite la flexibilidad en la aplicación de fertilizantes, ya que los fertilizantes pueden ser aplicados fácilmente a través del agua de

riego. Dado que los nutrientes se suministran con el agua de riego, son suministrados directamente a la zona radicular activa de las plantas.

Los nutrientes son suministrados con frecuencia a bajas concentraciones, para satisfacer las necesidades de las plantas. Se encontró que las raíces en el área humedecida aumentan su eficiencia de absorber agua y nutrientes.

Por lo tanto, la aplicación selectiva del agua, alcanzada por el riego por goteo, permite un ahorro en agua y fertilizantes. El riego por goteo también puede reducir las pérdidas de nitratos por lixiviación. [8]

### **2.3. IRRIGACIÓN Y EL CONTENIDO DEL AGUA EN EL SUELO**

Los métodos tradicionales de riego se caracterizan por grandes fluctuaciones en el contenido de humedad del suelo, ya que altas cantidades de agua se aplican a largos intervalos.

Estas fluctuaciones afectan el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. Los sistemas de riego por goteo son capaces de suministrar pequeñas cantidades de agua a intervalos de alta frecuencia. Como resultado, el nivel de humedad en el suelo se mantiene relativamente constante.

Un rango óptimo de humedad en el suelo puede ser mantenido y manejado más fácilmente, ya que se aplica el en cantidades precisas, de acuerdo con las necesidades del cultivo. Esto promueve el ahorro del agua, así como mejora el crecimiento y la productividad del cultivo.

Además, la aplicación selectiva de agua evita la evaporación del agua de las zonas fuera de la zona regada. [8]

## 2.4. EL MANEJO DE LA SALINIDAD

Si es bien diseñado y manejado, el riego por goteo permite un manejo mejor de la salinidad del suelo, y se puede lograr un menor contenido de sales en el suelo, en comparación con otros métodos de irrigación.

Desde que se aplica el en altas frecuencias y el nivel de humedad del suelo se mantiene relativamente alto, el contenido de sales del suelo es aproximadamente similar a lo del agua de riego.

Además, los fertilizantes aplicados a través del agua de riego son mucho más diluidos. La alta frecuencia de las aplicaciones de fertilizantes, aplicados en dosis precisas, puede prevenir un daño a las plantas por acumulación de sales.

Sin embargo, en sistemas de riego por goteo las sales tienden a acumularse en los márgenes del bulbo húmedo. Las sales acumuladas pueden ser lavadas por la lluvia en la zona radicular y causar un choque salino a las plantas.



**Figura 2.4. Acumulación de sales en la superficie del suelo.**

**Fuente: [7]**

Otro problema que puede ocurrir es que durante el cambio de cultivos, la alta concentración de sales en la superficie del suelo puede impedir la germinación de nuevas semillas y dañar las plantas jóvenes plantadas en las regiones de altas concentraciones de sales.



**Figura 2.5. Efecto de la distancia entre emisores a la humectación del suelo.**

**Fuente: [7]**

Para prevenir estos problemas, hay que diseñar el sistema así que la distancia entre los emisores permitirá superposición de los bulbos húmedos o, alternativamente, lixiviar las sales periódicamente, utilizando un sistema de aspersión. [8]

## **2.5. CONTROLADOR DE RIEGO POR ELECTROVÁLVULAS**



**Figura 2.6. Controlador de riego.**

**Fuente: [5]**

En cada sector de riego existe un ensamblaje elevado conectado al sistema de conducción de agua. Este consiste típicamente en una válvula de control, un filtro de discos, una válvula de escape de presión y un regulador de presión, un punto de medición de la presión y una válvula de salida del aire.

El volumen del agua aplicada en cada sector de riego es controlado por la abertura y cierre de válvulas. Estas pueden ser simples válvulas de puente,

válvulas volumétricas semi-automáticas o válvulas automáticas tipo solenoide, conectadas a un controlador central. Aunque los sistemas de riego semi-automáticos y automáticos reducen los crecientes costos de mano de obra y facilitan el riego durante la noche, ellos son más caros. Se recomienda que, siempre que sea posible, los cultivadores de caña escojan los sistemas de control más simples que son fáciles de usar y de mantener.

La válvula de escape de aire, que también actúa como un punto de medición de la presión, es necesaria para prevenir golpes de ariete cuando el aire se escapa del sistema de conducción del agua. El caudal de laterales con goteros no auto-compensados depende de la presión del agua dentro del lateral de goteo.

El regulador de presión en el ensamblaje elevado es utilizado para mantener la presión del agua en los laterales de goteo en el nivel recomendado por el ingeniero de diseño de Netafim. Es importante notar que los ensamblajes elevados deben protegerse de daños por vandalismo, incendios y operaciones de campo tales como la cosecha mecanizada, la carga de camiones, etc. Una caja de concreto con una puerta de metal generalmente proporciona una protección adecuada. [5]

## 2.6. BOMBA DE RIEGO CENTRIFUGA



**Figura 2.7. Bomba de riego.**

**Fuente: [9]**

Las Bombas centrífugas también llamadas rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor. [9]

### **2.6.1. CARACTERÍSTICAS**

La característica principal de la bomba centrífuga es la de convertir la energía de una fuente de movimiento (el motor) primero en velocidad (o energía cinética) y después en energía de presión.

Existen bombas centrífugas de una y varias etapas. En las bombas de una etapa se pueden alcanzar presiones de hasta 5 atm, en las de varias etapas pueden alcanzar hasta 25 atm de presión, dependiendo del número de etapas.

Las bombas centrífugas sirven para el transporte de líquidos que contengan sólidos en suspensión, pero poco viscosos. Su caudal es constante y elevado, tienen bajo mantenimiento. Este tipo de bombas presentan un rendimiento elevado para un intervalo pequeño de caudal pero su rendimiento es bajo cuando transportan líquidos viscosos.

Este tipo de bombas son las usadas en la industria química, siempre que no se manejen fluidos muy viscosos. [9]

## 2.6.2. PARTES DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

- **Carcasa:** Es la parte exterior protectora de la bomba y cumple la función de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante reducción de la velocidad por un aumento gradual del área.
- **Impulsores:** Es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad de la cual depende la carga producida por la bomba.
- **Anillos de desgaste:** Cumplen la función de ser un elemento fácil y barato de remover en aquellas partes en donde debido a las cerradas holguras entre el impulsor y la carcasa, el desgaste es casi seguro, evitando así la necesidad de cambiar estos elementos y quitar solo los anillos.
- **Estoperas, empaques y sellos:** la función de estos elementos es evitar el flujo hacia fuera del líquido bombeado a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba y el flujo de aire hacia el interior de la bomba.
- **Flecha:** Es el eje de todos los elementos que giran en la bomba centrífuga, transmitiendo además el movimiento que imparte la flecha del motor.
- **Cojinetes:** Sirven de soporte a la flecha de todo el rotor en un alineamiento correcto en relación con las partes estacionarias. Soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.
- **Bases:** Sirven de soporte a la bomba, sosteniendo el peso de toda ella. [9]

### **2.6.3. TIPOS DE BOMAS CENTRIFUGAS**

#### **a.1. BOMBAS CENTRIFUGAS DE FLUJO RADIALES**

Las bombas centrifugas de flujo radial se utilizan para cargas altas y caudales pequeños, sus impulsores son por lo general angostos. El movimiento del fluido se inicia en un plano paralelo al eje de giro del impulsor de la bomba y termina en un plano perpendicular a éste. [9]

#### **a.2. BOMBAS CENTRIFUGAS DE FLUJO AXIALES**

Estas bombas se utilizan para cargas pequeñas y grandes caudales, tienen impulsores tipo propela, de flujo completamente axial. La corriente líquida se verifica en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación. La energía se cede al líquido por la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo. [9]

#### **a.3. BOMBAS CENTRIFUGAS DIAGONALES**

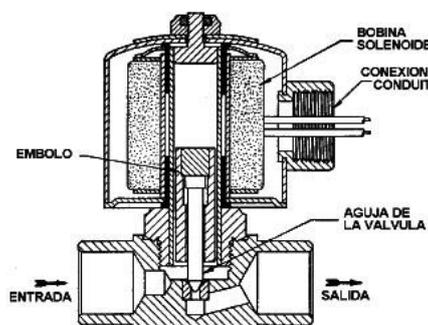
Estas bombas se utilizan para cargas y caudales intermedios. La corriente líquida se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto. La energía se cede al líquido mediante la acción de la fuerza centrífuga y la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo. [9]

### **2.7. VÁLVULAS DE CONTROL**

En el control automático de los procesos industriales, la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal de fluido de control, comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.

### 2.7.1. VÁLVULA SOLENOIDE

Este tipo de válvula es controlada variando la corriente que varía a través de un solenoide, la cual al circular por este genera un campo magnético que atrae un embolo móvil el cual regula el paso de fluido por la válvula.



**Figura 2.8. Estructura de una válvula solenoide.**

**Fuente: [10]**

Hay muchas variedades de válvulas, las cuales trabajan con el mismo principio básico pero se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma. Las más usadas son las de acción directa en la cual el sello del asiento se fija al núcleo del solenoide, en condición desenergizada, se cierra el orificio del asiento que opera cuando la válvula se energiza. [11]

### 2.7.2. ELECTROVÁLVULAS



**Figura 2.9. Electroválvula.**

**Fuente: [12]**

Cada sector de riego lleva una electroválvula que se abre y se cierra según le ordena el programador. Si tienes un sector de goteo, pues llevará su electroválvula correspondiente.

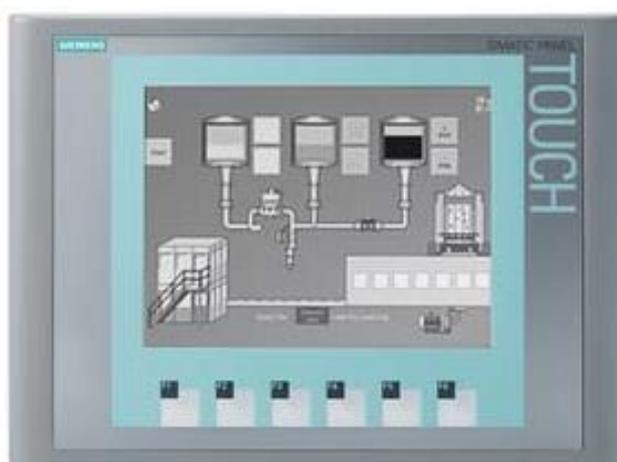
Es común, por simplificar, que mucha gente ponga una sola fase para el goteo y se riegue por igual todo lo que lleve goteo: setos, árboles, arbustos, frutales, e incluso el huerto. Todo lo mismo. Se puede hacer, pero no es lo correcto ni mucho menos porque cada grupo de plantas tienen necesidades de agua diferentes, no consume lo mismo un árbol frutal que un grupo de flores.

Lo ideal es hacer varios sectores dentro del riego por goteo, cada uno con su electroválvula y con una fase del programador. Así, se programará de manera diferente el riego para el huerto, el riego del seto, el de una rocalla, etc.

Otro apañó para aprovechar sectores es conectar el goteo a un sector de aspersores del césped. No vale, el goteo necesita más tiempo de riego que lo que funcionan los aspersores. [13]

## 2.8. PANEL TÁCTIL

Una pantalla táctil es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo, y a su vez muestra los resultados introducidos previamente; actuando como periférico de entrada y salida de datos, así como emulador de datos interinos erróneos al no tocarse efectivamente. [14]



**Figura 2.10. Touch panel Siemens KTP 600 PN mono.**

**Fuente: [15]**

### **2.8.1. TIPOS DE TOUCH PANEL**

Según la tecnología que usen, hay dos tipos de pantallas táctiles de uso habitual:

#### **a. RESISTIVAS**

Son más baratas y no les afectan el polvo ni el agua salada y, además de ser más precisas, pueden ser usadas con un puntero o con el dedo. Sin embargo, tienen hasta un 25% menos de brillo y son más gruesas, por lo que están siendo sustituidas por otras en los dispositivos móviles que precisan un tamaño y un peso ajustado y mayor brillo en la pantalla por la posibilidad de estar expuestos a la luz directa del sol. [14]

#### **b. CAPACITIVAS**

Basadas en sensores capacitivos, consisten en una capa de aislamiento eléctrico, como el cristal, recubierto con un conductor transparente, como el ITO (tin-doped indium oxide). Como el cuerpo humano es también un conductor eléctrico, tocando la superficie de la pantalla resulta una distorsión del campo electrostático de la pantalla, la cual es medida por el cambio de capacitancia (capacidad eléctrica). Diferentes tecnologías pueden ser usadas para determinar en qué posición de la pantalla fue hecho el toque. La posición es enviada al controlador para el procesamiento.

La calidad de imagen es mejor, tienen mejor respuesta y algunas permiten el uso de varios dedos a la vez (multitouch). Sin embargo, son más caras y no se pueden usar con puntero normal, sino con uno especial para las pantallas capacitivas. [14]

### **2.9. CONTACTOR**

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de

potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos), con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden. [16]



**Figura 2.11. Contactor estándar.**

**Fuente: [17]**

### 2.9.1. COMPONENTES

Un contactor es de constitución parecida a la del relé pero tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales. Entre sus componentes principales existen:

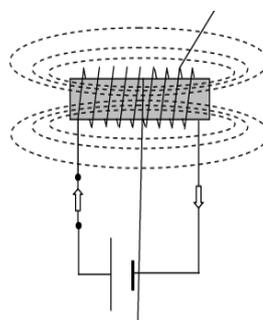
- **CARCASA:** Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor.
- **ELECTROIMÁN:** Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina.
- **BOBINA:** Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes

separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

- **NÚCLEO:** Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.
- **ARMADURA:** Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito eléctrico una vez energizadas las bobinas, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada. [18]

## 2.10. RELÉ

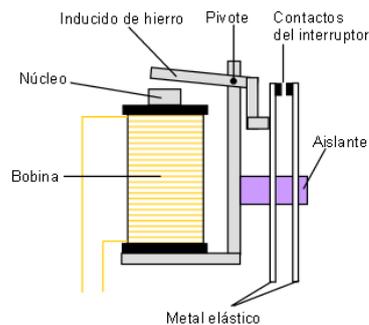
Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.



**Figura 2.12. Inducción de un campo magnético debido a la circulación de corriente.**

**Fuente: [19]**

El relé más sencillo está formado por un electroimán como el descrito anteriormente y un interruptor de contactos. Al pasar una pequeña corriente por la bobina, el núcleo se imanta y atrae al inducido por uno de sus extremos, empujando por el otro a uno de los contactos hasta que se juntan, permitiendo el paso de la corriente a través de ellos. Esta corriente es, normalmente, mucho mayor que la que pasa por la bobina. [20]



**Figura 2.13. Componentes básicos de un relé.**

**Fuente: [19]**

## CAPÍTULO III

Este capítulo se refiere a la selección de los equipos, elementos, partes y piezas que se utilizarán para el diseño e implementación del sistema automatizado de riego por goteo para las diez naves de invernadero en la plantación MERIZALDE&RAMIREZ. Además se detallan y las características técnicas de los mismos.

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control a elegir, debe cumplir con las especificaciones y características técnicas de acuerdo a las necesidades indicadas por el operador del proceso, y de esta manera cumplir con las expectativas de la plantación.

Las necesidades fueron estudiadas minuciosamente, y en base a ello se concluyó:

1. El sistema debe tener la flexibilidad de escoger el modo de trabajo en el que se desea que opere el proceso; pudiendo ser modo manual o modo automático; además realizar el riego de agua y químico de acuerdo a los tiempos indicados.

#### **Modo manual:**

En este modo, el personal encargado de la operación del sistema, deberá ingresar el tiempo de riego deseado; además podrá seleccionar las electroválvulas de las naves de invernadero a funcionar.

#### **Modo automático:**

En este modo, personal encargado de la operación del sistema, acciona únicamente el botón de inicio y el PLC comienza a ejecutar la rutina de

encendido de las bombas y apertura y cierre de las electroválvulas de acuerdo a la programación realizada.

2. La implementación del sistema debe estar constituido de piezas, elementos y partes modernas, de tal manera que los repuestos en caso de daño y/o deterioro sean reemplazados con facilidad.

3. El sistema de riego por goteo automático a ser diseñado e implementado debe facilitar las labores del personal de operación, disminuyendo los tiempos de riego y manteniendo el rocío de agua requerido en cada nave.

4. La automatización del proceso debe ser lo suficientemente flexible, para que facilite las tareas asignadas por el personal, principalmente al momento de realizar el encendido de las bombas y la activación de las electroválvulas.

5. El HMI del sistema debe tener ilustraciones claras y fáciles de entender, con el fin de que el operador pueda verificar en tiempo real, la etapa en la cual se encuentra el proceso de riego.

6. Con la implementación del sistema de control automatizado, se intenta alargar la vida útil de las bombas, al tener un control exacto de los tiempos de encendido.

7. A través del nuevo sistema, se pretende controlar la humedad del suelo para evitar daños la producción.

Para cumplir con las necesidades indicadas anteriormente, se tomó la decisión de diseñar e implementar un sistema de control basado en un Panel Táctil, un PLC y en elementos de control eléctrico.

A continuación se detallan las características más relevantes de los elementos, partes y piezas que intervienen en el proceso de automatización del sistema de riego.

### **3.1. SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Para elegir el Controlador Lógico Programable adecuado para la automatización del sistema de riego, es importante saber cómo funciona el proceso, conocer los requerimientos de la plantación, para posteriormente evaluar las necesidades y falencias del sistema, para ello se deben tener presente lo siguiente:

- ✓ El número de entradas y salidas digitales que tiene el PLC, de acuerdo a las variables que intervienen en el proceso.
- ✓ El PLC seleccionado debe ser moderno, fiable y debe soportar los requerimientos del proyecto, además debe ser fácil de encontrar en caso de daño o deterioro.
- ✓ Tipo interface de conexión.
- ✓ El tamaño de la memoria interna.
- ✓ Expansión, es decir deber poseer la capacidad de incrementar sus entradas y salidas en base a las necesidades del sistema.
- ✓ Debe tener una comunicación abierta, para comunicarse con otros controladores y periféricos HMI.
- ✓ El voltaje que soportan las salidas tipo relé.

#### **3.1.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTROLADOR - PLC**

Se detallan a continuación las características técnicas más importantes del PLC seleccionado - S7 1200:



**Figura 3.1. PLC siemens S7-1200.**

**Fuente: [15]**

Memoria de usuario:	50 KB de memoria de trabajo
Número de entradas digitales:	14 entradas
Número de salidas digitales:	10 salidas
Número de entradas analógicas:	2 entradas
Ampliación con módulos de señales:	8 SMs máx.
Número de puertos:	1 puerto
Tipo de puerto de comunicación:	Ethernet
Tensión:	85 a 264 V AC 20,4 a 28,8 V DC
Frecuencia de trabajo:	47 a 63 Hz

Para conocer de forma más detallada las características técnicas del PLC S7 1200 CPU 1214C, se puede consultar la sección de anexos (ver ANEXO F-1)

### **3.1.2. SELECCIÓN DE LOS MÓDULOS DIGITALES Y ANALOGOS**

Para el control de las electroválvulas de riego de agua y de químico y la activación de los motores de las bombas, se requirió ampliar el número de salidas digitales del PLC con la ayuda de módulos de expansión; para ello se escogió el módulo SM 1223; este módulo consta de 16 salidas y 16 entradas digitales, las cuales serán utilizadas en la automatización del sistema de la plantación. Desde aquí se enviarán y se recibirán señales de control del proceso.

Las salidas tipo relés del módulo están diseñadas para trabajar con una tensión de 250V AC o 35 V DC y una corriente máxima de 2 Amperios.

### a. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MÓDULO DE EXPANSION

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes de este módulo:



**Figura 3.2. Módulo de expansión SM 1223**

**Fuente: [15]**

Número de entradas:	16 entradas digitales
Número de salidas:	16 salidas digitales
Corriente de entrada:	5 V DC, máx.:180 mA
Voltaje de alimentación:	24 V DC
Rango de trabajo	
Voltaje inferior (DC):	20,4 V
Volteje superior (DC):	28,8 V

Para conocer de forma más detallada las características técnicas del módulo de expansión de E/S digitales SM 1223, se puede consultar la sección de anexos (ver ANEXO F-2)

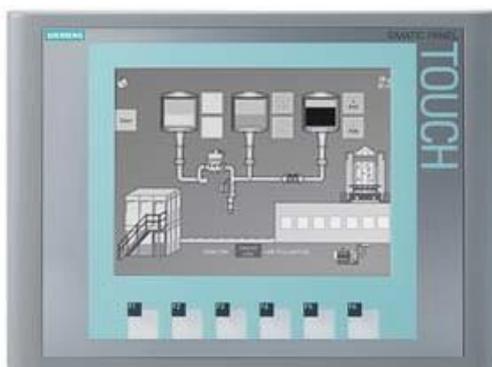
### 3.2. SELECCIÓN DE LA PANTALLA TÁCTIL (TOUCH PANEL)

Con el objetivo de tener un sistema automatizado con interfaz amigable y que mejore la relación entre el proceso y el personal de operación, se

decidió seleccionar una pantalla táctil – HMI, que tenga la capacidad de interactuar con el PLC S7-1200 y se pueda comunicar a través de conexión Ethernet.

### 3.2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PANTALLA TÁCTIL (TOUCH PANEL)

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes de la Pantalla Táctil (Touch Panel):



**Figura 3.3. Pantalla táctil KTP 600.**

**Fuente: [15]**

Tipo de Pantalla:	STN
Número de teclas de función:	6 teclas (desde la F1 a la F6)
Teclado numérico:	Sí
Teclado alfanumérico:	Sí
Teclas del sistema:	No
Teclas con LED:	No
Dimensiones de la pantalla:	
Altura:	86.4 mm
Anchura:	115.2 mm
Diagonal:	144.77 mm
Voltaje de alimentación:	24 V DC
Voltaje inferior:	19.2 V DC
Voltaje superior:	28.8 V DC
Corriente máx. de entrada:	0,24 A
Potencia:	6 W [21]

Para conocer de forma más detallada las características técnicas de la Pantalla Táctil (Touch Panel), se puede consultar la sección de anexos (ver ANEXO F-3)

### 3.3. SELECCIÓN DE LOS CONTACTORES

Para escoger los contactores más adecuados que controlarán el encendido de las bombas, fue necesario verificar el tipo de trabajo al que están sometidos los motores eléctricos que impulsan las bombas de agua y químico y conocer las características técnicas de los mismos.

Características técnicas de los motores de las bombas de agua y químico:

Voltaje de trabajo:	220v
Corriente nominal:	10A
Potencia:	10HP
Frecuencia de la red:	60Hz

Teniendo en cuenta las características del motor, se escogió el contactor TELEMECANIQUE CA2, para que realice las tareas de encendido y apagado de los motores eléctricos.

#### 3.3.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CONTACTORES

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes del contactor TELEMECANIQUE CA2:



**Figura 3.4. Contactor Telemecanique.**

**Fuente: [22]**

Voltaje de bobina:	120 V-AC
Peso:	0.320 Kg.
Intensidad AC:	10A
Contactos principales:	2NA+2NC
Contactos auxiliares:	2NA+2NC

### 3.4. SELECCIÓN DE RELÉS TÉRMICOS

Para proteger los motores eléctricos de las bombas contra sobrecargas débiles y prolongadas, se realizó la instalación de relés térmicos, para seleccionar el relé se tomó cuenta las características técnicas de los equipos que requieren de esta protección.

#### 3.4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ TÉRMICO

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes del relé térmico MEC GTK-40:



**Figura 3.5. Relé MEC.**

**Fuente: [23]**

Uso:	Motores trifásicos
Contactos auxiliares:	1NA+1NC
Rearme:	Automático o manual
Graduación en amperios:	Si
Botón de parada:	Si
Visualización de Trip:	Si

### 3.5. SELECCIÓN DE RELÉS

Para seleccionar los relés se debe tener en cuenta la capacidad del relé al momento de abrir y cerrar el circuito, sin que se vea afectado por efectos de corrientes que calienten el elemento, esto dependerá obviamente de la carga que se vaya a conectar, el voltaje de la bobina, la corriente y el voltaje que los contactos soportan, la cantidad de contactos abiertos y cerrados que posea, entre otros.

Para garantizar la protección del PLC, se tomó la decisión de instalar relés en las entradas y salidas del mismo.

#### 3.5.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELÉ

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes del relé OMRON:



**Figura 3.6. Relé OMRON.**

**Fuente: [24]**

Numero de pines:	11
Corriente max en contactos:	10A NO – 5A NC
Numero de contactos:	3NA+3NC
Voltaje bobina:	120v
Corriente máx. de los pines:	10 A
Voltaje máx. de los pines:	250 V AC

### 3.6. SELECCIÓN DE BREAKER

El breaker cumple la función de ruptura o interrupción de corriente y sirve para evitar daños equipos eléctricos y electrónicos que se estén usando, evitando que una corriente superior a lo deseado ocasione daños en los circuitos internos

Para escoger un breaker se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Número máximo de conductores que se pueden conectar al breaker.
- La intensidad máxima que el elemento es capaz de interrumpir.
- La intensidad máxima que puede circular por el breaker sin sufrir daños por choque eléctrico.
- Corriente de trabajo: corriente que resiste el diseño del breaker.
- Tensión de trabajo: tensión que resiste el diseño del breaker.

#### 3.6.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BREAKER

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes del Breaker principal utilizado en el sistema de automatización:



**Figura 3.7. Breaker principal – siemens CQD**

**Fuente: [15]**

Marca del breaker:	Siemens
Dimensiones:	
Largo:	12 cm.
Ancho:	7.11 cm
Número de polos:	3 polos
Corriente máx.:	30A
Tensión máx.:	480 / 277VAC
Frecuencia de trabajo:	50 / 60 HZ
Tipo de cierre:	Térmico / magnético [25]

### 3.7. SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas están diseñadas para controlar el paso de fluidos a través de una tubería, su funcionamiento es similar a un control ON / OFF abierto o cerrado, todo y nada; y actúan por medio de pulso eléctricos emitidos hacia su seleniodes.

Para seleccionar las electroválvulas a usar se verificó el tipo de fluido a controlar.

#### 3.7.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Se detalla a continuación las características técnicas más importantes de las electroválvulas utilizadas en la automatización del sistema de riego:



**Figura 3.8. Electrovalvula para riego.**

**Fuente: [26]**

Activación:	Solenoide
Voltaje de activación:	24 V AC
Tipo:	Diafragma / normalmente cerrada
Presión de trabajo:	1 a 12 bares
Material:	Cuerpo de válvula fabricado en nylon 6.6 con un 30% de fibra de vidrio, con eje y muelle de acero inoxidable.
Temperatura de trabajo:	2 a 80 C
Tiempo apertura/cierre:	0,5 segundos
Medios:	Agua
Tamaño del Puerto:	1 1/2" BSP
Rango de caudal:	38 y 240 l/min

### **3.8. SELECCIÓN DEL SOFTWARE REQUERIDO PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC Y EL TOUCH PANEL**

Para escoger el software bajo el cual se va a realizar la programación de la automatización, es necesario verificar la compatibilidad con el PLC anteriormente seleccionado, además se debe constatar minuciosamente las capacidades del software, y los tipos de programación que soporta.

También hay que tomar en cuenta las necesidades del operador, ya que es quien va a interactuar con el sistema directamente. El operador será el encargado de evaluar los resultados obtenidos luego de la automatización.

#### **3.8.1. CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE REQUERIDO PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC Y EL TOUCH PANEL**

Se detalla a continuación las características más importantes que debe poseer el software de programación:



**Figura 3.9. TIA PORTAL.**

**Fuente: [15]**

- ✓ **Innovaciones:** Editores eficientes de programación, programación simbólica completa.
- ✓ **Funciones en línea de fácil manejo:** Detección de hardware, carga de software, ampliación de bloques durante el funcionamiento, simulación S7-1200.
- ✓ **Diagnóstico del sistema integrado:** Concepto de visualización uniforme para STEP 7 y HMI sin necesidad de configuración, hasta 4 seguimientos en tiempo real.
- ✓ **Tecnología integrada:** Objetos tecnológicos para las secuencias de movimiento y funciones de control PID
- ✓ **Safety Integrated:** Una única ingeniería para la automatización estándar y de seguridad con editores, diagnóstico y sistema de manejo unificados
- ✓ **Seguridad múltiple:** Funciones de protección integradas para proyectos e instalaciones: Protección del conocimiento técnico, protección contra copias, protección de cuatro niveles contra accesos no deseados y protección contra manipulación
- ✓ **Alta disponibilidad:** Soluciones redundantes a todas las escalas. [25]

### **3.9. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**

Con la finalidad tener conexiones adecuadas y el control sobre los elementos y dispositivos del proceso; tanto en la parte de automatización como en la parte de potencia del sistema de riego, fue necesaria la instalación de circuitos de control y fuerza.

Se detalla a continuación el propósito para el cual fue diseñado e implementado el circuito de fuerza y control:

#### **3.9.1. DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE FUERZA**

Diagrama N° 1: En este diagrama se ilustran las conexiones de fuerza realizadas en la parte de potencia para el sistema de riego de agua y químico en las naves de invernadero. El circuito de fuerza está constituido por dos motores trifásicos, un motor impulsa la bomba de riego de agua, y el otro motor impulsa la bomba de químico para el rocío de fertilizante a las flores de la plantación. (ver ANEXO B-1, B-2).

#### **3.9.2. DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL**

Diagrama N°. 2: En este diagrama se ilustra el circuito de control con las salidas digitales utilizadas en la automatización del proceso de riego, las salidas del Controlador Lógico Programable se encargan de activar los motores de las bombas de agua, químico y las electroválvulas de riego.

A continuación se detallan la forma en la que fueron usadas las salidas digitales: 6 salidas para las electroválvulas de riego, 1 salida para el encendido de la bomba de agua y 1 salida para el encendido de la bomba de químico. (Ver ANEXO C-1, C-2, C3).

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CONTROL PARA LA AUTOMATIZACIÓN

El presente capítulo hace referencia al diseño de la programación y a las características de las pantallas HMI que servirán de interface entre el operario y el proceso.

#### 4.1. PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE PLC S7-1200

Para el desarrollo de las líneas de código de programación, para la automatización del sistema de riego, se utilizó el software SIMATIC STEP 7 Basic (TIA Portal) que es un subconjunto apto tanto para la ingeniería de SIMATIC S7-1200 Micro Controller como para configurar SIMATIC HMI Basic Panels.

Gracias a su integración en el framework de ingeniería del TIA Portal, SIMATIC STEP 7 Basic proporciona las mismas ventajas que el software STEP 7 Professional Engineering, diagnóstico en línea directo, agregación sencilla de objetos tecnológicos o incluso el sistema de librerías que permite trabajar de forma rápida y eficiente y reutilizar los datos.

STEP 7 Basic (TIA Portal) ofrece los lenguajes de programación IEC KOP (esquema de contactos), FUP (diagrama de funciones) y SCL (texto estructurado).

Se detalla a continuación en la **Figura 4.1**, el diagrama de flujo del sistema de riego.

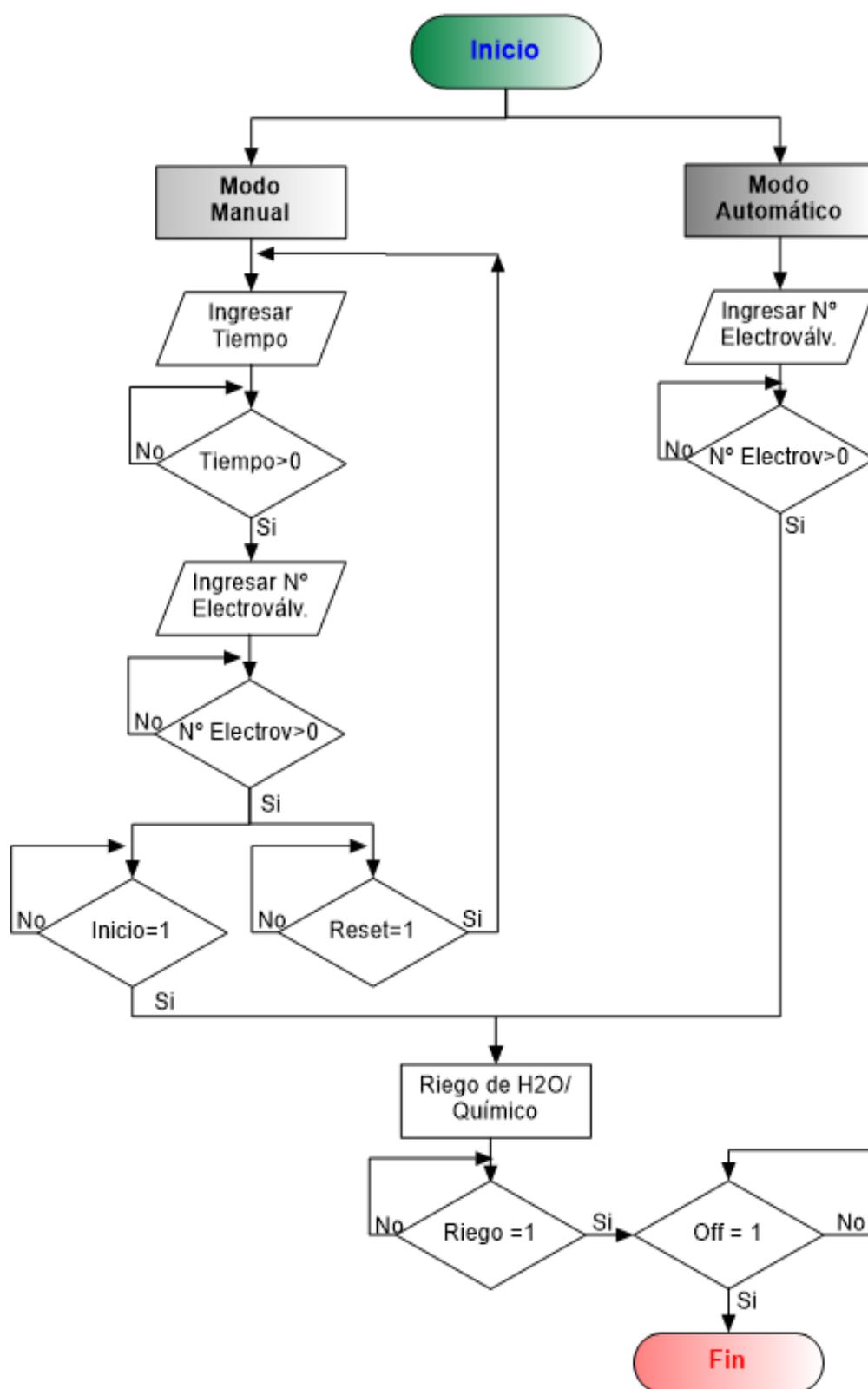


Figura 4.1. Diagrama de flujo del sistema de riego.

## 4.2. PROGRAMACIÓN DEL PANEL TÁCTIL

### 4.2.1. PANTALLA PRINCIPAL

En la pantalla principal del Panel Táctil, se puede observar lo siguiente:

- Parte Superior: Fecha y hora actual.
- Centro: El tema del trabajo de automatización realizado.
- Parte Inferior: Autor del proyecto de investigación.

Además al presionar la tecla F1, el operador del sistema puede avanzar a la pantalla de ingreso de tiempo y selección de las electroválvulas de riego.

En la siguiente figura, se puede observar la pantalla principal del Panel Táctil:



Figura 4.2. Pantalla principal – panel táctil.

Tabla 4.1.

## Detalle de la Pantalla Principal

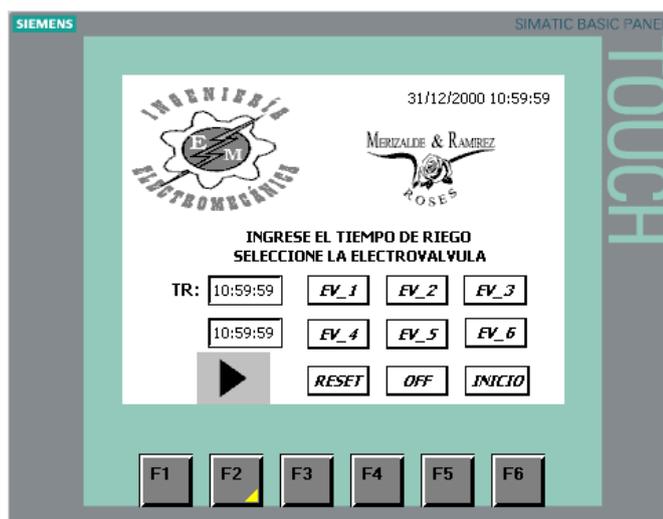
FIGURA	DESCRIPCIÓN	ACCION
	Fecha y hora	Se observa la hora y la fecha actual del sistema de riego
	Ícono de la tecla F1	Ícono de la tecla F1
	Tecla F1	Permite avanzar a la siguiente pantalla: "Ingreso de tiempo y selección electroválvulas"

#### 4.2.2. PANTALLA DE INGRESO DE TIEMPO Y SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS DE RIEGO.

En esta pantalla, se puede escoger las electroválvulas del sistema de riego que el operador desea activar para realizar rocío de agua y químico en los invernaderos; además permite al operador ingresar el tiempo requerido para la apertura de las electroválvulas.

Esta pantalla trabaja en modo manual; es decir, se requiere necesariamente ingresar el tiempo de trabajo de las electroválvulas y seleccionar las electroválvulas el que operador cree conveniente.

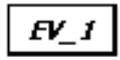
A continuación, se detalla la función que realiza cada uno de los botones existentes en esta pantalla:



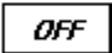
**Figura 4.3. Pantalla de ingreso de tiempo y selección de electroválvulas de riego.**

**Tabla 4.2.**

**Detalle de la pantalla de ingreso de tiempo y selección de electroválvulas de riego.**

FIGURA	DESCRIPCION	ACCION
	Ícono de la tecla F2	Ícono de la tecla F2
	Tecla F2	Permite avanzar a la siguiente pantalla: "Riego Automático"
	Ingreso de tiempo TR	Permite ingresar el tiempo de riego.
	Contador	Visualización del tiempo restante de riego
	Botón EV_1 a EV_6	Permite escoger las electroválvulas que se desean activar en el sistema de riego

**CONTINÚA** 

	<b>Botón INICIO</b>	<b>Al presionar este botón se da inicio al riego de agua y químico</b>
	<b>Botón RESET</b>	Este botón permite borrar el tiempo y las electroválvulas seleccionadas anteriormente.
	<b>Botón OFF</b>	Este botón permite apagar las bombas de riego que estén encendidas.

#### 4.2.3. PANTALLA DE RIEGO AUTOMÁTICO

En la pantalla de riego automático, el personal a cargo de la operación del sistema, puede activar el riego automático de agua y químico; el mismo que iniciará de acuerdo a la siguiente programación establecida en el PLC:

- 09:00 a 09:20      Se activa la electroválvula 1-2-3
- 09:20 a 09:40      Se activa la electroválvula 4-5-6
- 14:00 a 14:20      Se activa la electroválvula 1-2-3
- 14:20 a 14:40      Se activa la electroválvula 4-5-6

A continuación, se detalla la función que realiza cada uno de los botones existentes en esta pantalla:

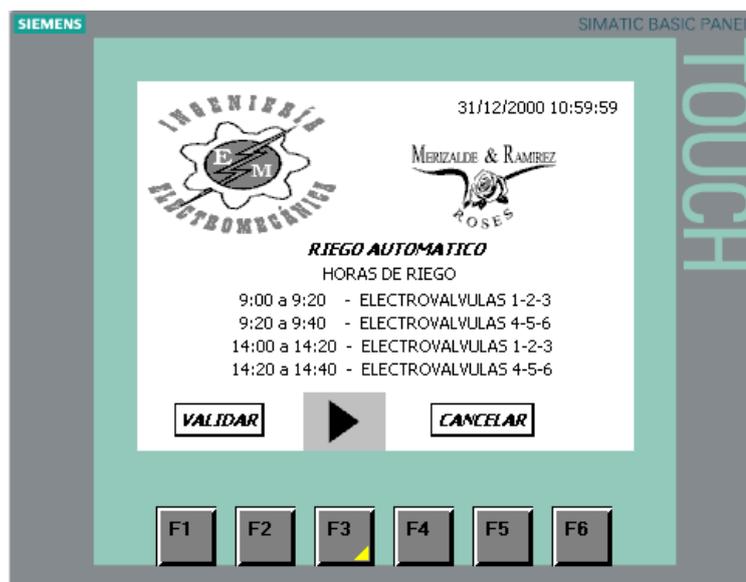
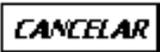


Figura 4.4. Pantalla de riego automático.

Tabla 4.3.

#### Detalle de la pantalla de riego automático.

FIGURA	DESCRIPCION	ACCION
	Ícono de la tecla F3	Ícono de la tecla F3
	Tecla F3	Permite avanzar a la siguiente pantalla: "Encendido de bombas"
	Botón VALIDAR "Modo Automático"	Al presionar este botón se Valida la orden para la apertura de las electroválvulas de riego según las órdenes del PLC
	Botón CANCELAR	Cancela la validación del modo automático.

#### 4.2.4. PANTALLA DE ENCENDIDO DE BOMBAS

La pantalla de encendido de bombas, permite al operador del sistema encender la bomba de 10HP de riego y la bomba de 5HP de inyección de fertilizante cuando se crea conveniente.

A continuación, se detalla la función que realiza cada uno de los botones existentes en esta pantalla:

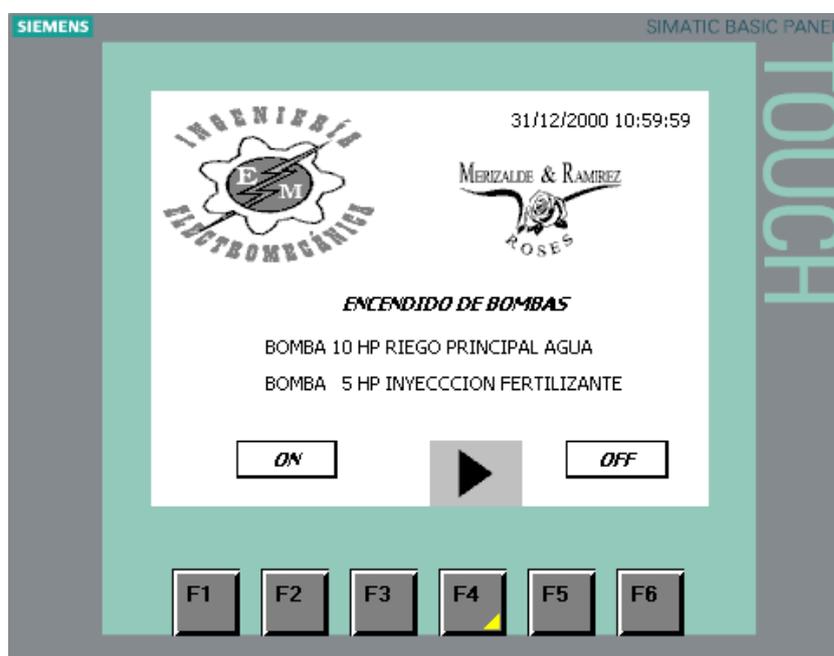
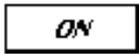


Figura 4.5. Pantalla de encendido de bombas.

Tabla 4. 4.

Detalle de la pantalla de encendido de bombas.

FIGURA	DESCRIPCION	ACCION
	Ícono de la tecla F4	Ícono de la tecla F4
	Tecla F4	Permite regresar la pantalla principal
	Botón ON	Enciende las bombas de 10HP y 5HP de riego de agua y fertilizante respectivamente.
	Botón OFF	Apaga las bombas de 10HP y 5HP de riego de agua y fertilizante respectivamente

## CAPÍTULO V

### 5. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO AUTOMATIZADO

En este capítulo, se detalla la forma en la que se realizó la implementación de la automatización, la instalación de los circuitos eléctricos de fuerza y control, que interactúan en el proceso de riego por goteo para las diez naves de invernadero en la plantación MERIZALDE & RAMIREZ.

A continuación, se mencionan las pruebas que fueron realizadas luego de la automatización y los resultados sé que obtuvieron.

#### 5.1. MONTAJE DE LOS EQUIPOS

##### 5.1.1. MONTAJE DE TABLEROS

Para el desarrollo de la automatización, se realizó la construcción y montaje de dos tableros eléctricos, en los que se instalaron todos los elementos de control, fuerza, y las conexiones necesarias para el control y funcionamiento del proceso de riego de agua y químico fertilizante en los invernaderos de la plantación.

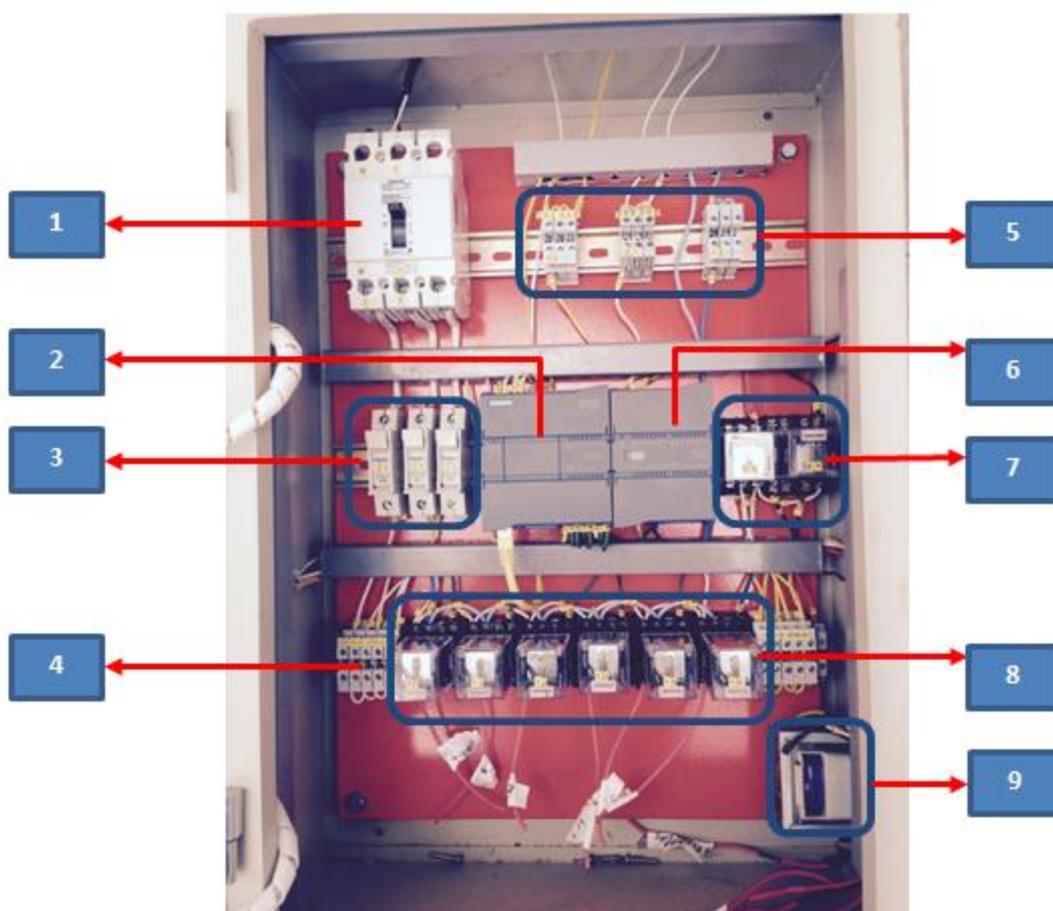
**Tablero de Control:** en este tablero, se puede encontrar instalado los elementos que intervienen la parte de control del proceso.

- Panel Táctil
- Controlador Lógico Programable PLC.
- Módulo de expansión de E/S digitales.
- Relés de control,
- Breaker
- Fusibles de protección.

**Tablero de Fuerza:** en este tablero, se pueden encontrar instalados los elementos que intervienen la parte de potencial del proceso.

- Contactor para el encendido de la bomba de agua.
- Contactor para el encendido de la bomba de químico.

En la siguiente figura se puede observar la parte interior del tablero de control:



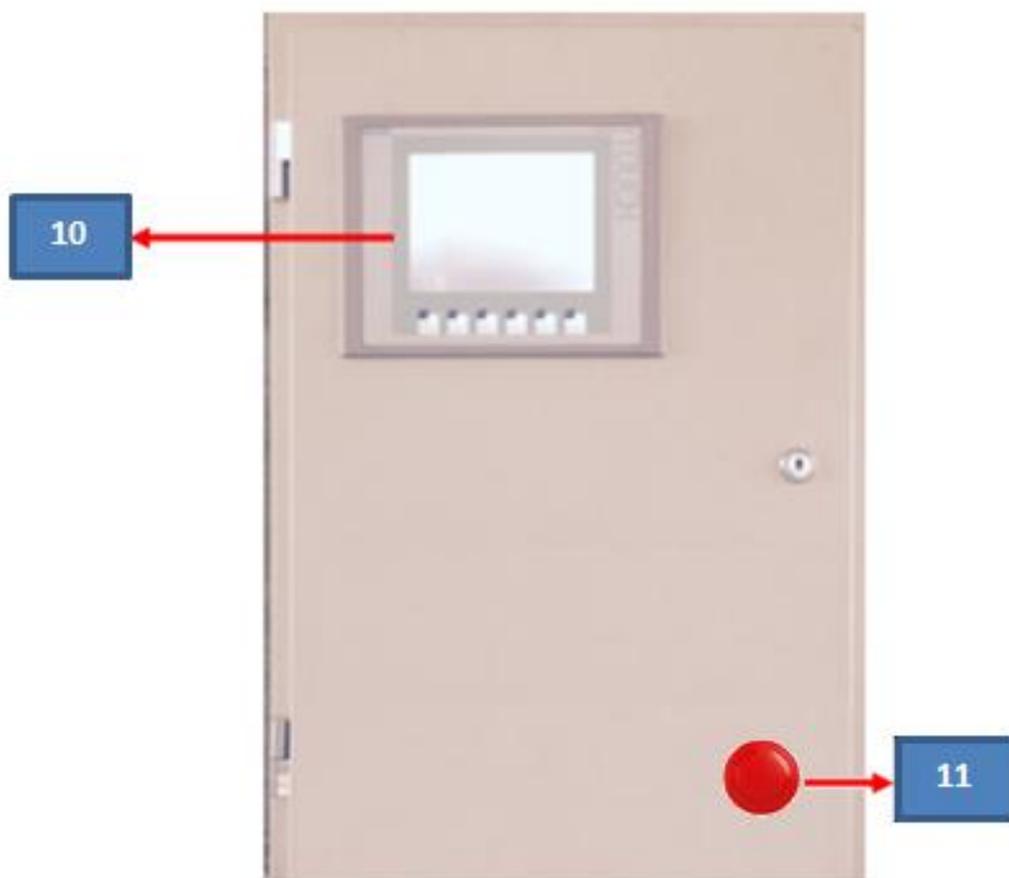
**Figura 5.1. Vista interna del Tablero de Control.**

A continuación se detalla cada uno de los elementos existentes en el Tablero de Control.

1. Breaker principal
2. PLC Controlador Lógico Programable
3. Fusibles de protección
4. Borneras para conexiones

5. Borneras para conexiones
6. Módulo de expansión de entradas y salida digitales
7. Relés para el control de encendido de bombas
8. Relés para el control de apertura de las electroválvulas
9. Transformador de 120 VAC a 24 VCC

En la siguiente figura se puede observar la parte exterior del tablero de control:



**Figura 5.2. Vista externa del Tablero de Control.**

A continuación se detalla cada uno de los elementos existentes en el Tablero de Control.

10. Panel Táctil
11. Botón de Paro de Emergencia

En la siguiente figura se puede observar la parte interior del tablero de fuerza, encargado del accionamiento de las bombas de riego.



**Figura 5.3. Vista interior del tablero de fuerza.**

A continuación se detalla cada uno de los elementos existentes en el Tablero de Fuerza.

1. Contactor que acciona la bomba de riego de fertilizante.
2. Relé de protección térmica.
3. Contactor que acciona la bomba de riego de agua.

En la siguiente figura se puede observar la parte exterior del tablero de fuerza, encargado del accionamiento de las bombas de riego.



**Figura 5.4. Vista exterior del tablero de fuerza.**

### 5.1.2. MONTAJE DE ELECTROVÁLVULAS

Se remplazaron las válvulas manuales que se encontraban instaladas a lo largo de la tubería del invernadero en la plantación MERIZALDE & RAMIREZ por electroválvulas activadas con señales eléctricas de 24 Vac.

En la **Figura 5.5.**, se observa una fotografía con el remplazo de las válvulas manuales por electroválvulas.



**Figura 5.5. Remplazo de válvulas de riego.**

### 5.1.3. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE CAJAS DE REVISIÓN

Para tener un mejor control sobre el cableado eléctrico y corregir futuros daños, se realizó la construcción de cajas de revisión, con la finalidad de seccionar por tramos el cableado eléctrico desde el cuarto de bombas hasta las electroválvulas de riego ubicadas en las naves de invernadero.

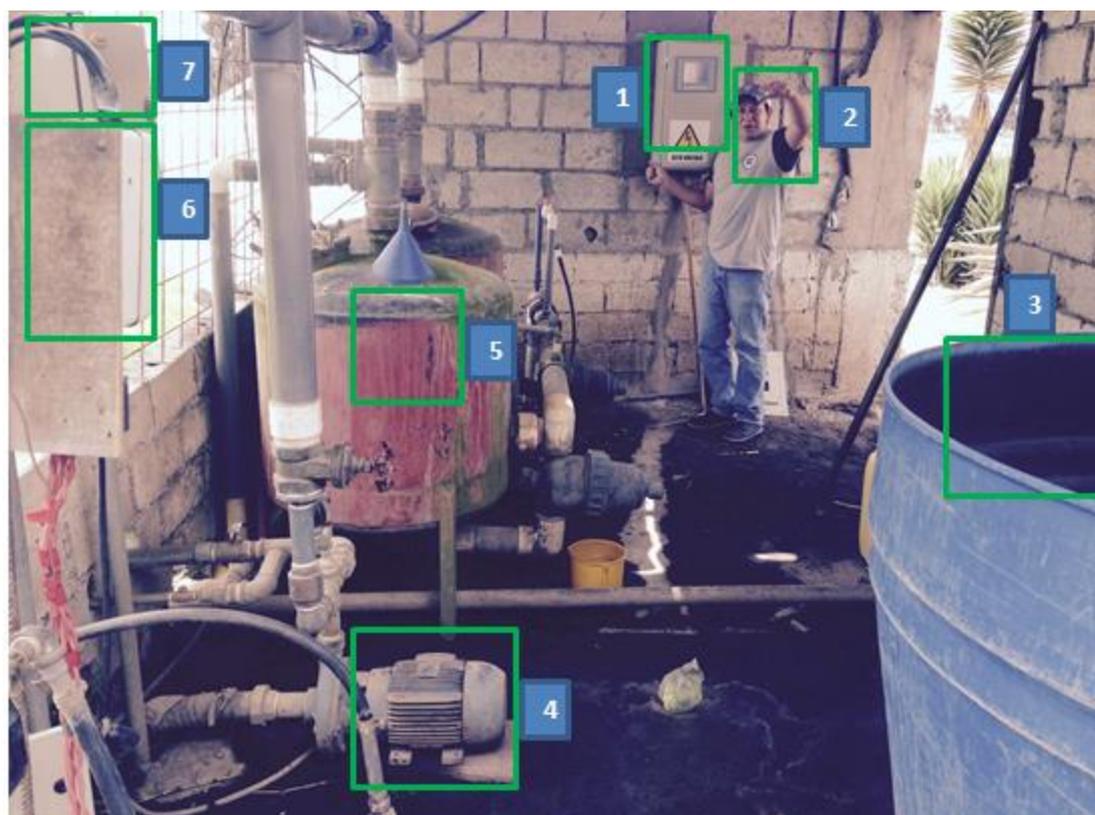
En la **Figura 5.6.**, se muestra una fotografía en la que se indica la construcción de cajas de revisión.



**Figura 5.6. Caja de Revisión.**

## 5.2. RESUMEN DEL MONTAJE DEL SISTEMA DE RIEGO

Se detalla a continuación el proyecto instalado en su totalidad, después de la automatización realizada en el sistema de riego del cuarto de bombas en la plantación MERIZALDE & RAMIREZ



**Figura 5.7. Sistema total automatizado.**

Se describe a continuación cada uno de los elementos existentes en la **Figura 5.7**. Los cuales fueron utilizados en el proceso de riego.

1. Tablero de control - automatización.
2. Operador.
3. Químico fertilizante.
4. Bomba de Riego.
5. Filtros
6. Tablero de fuerza de la bomba de riego de agua.
7. Tablero de fuerza de la bomba de riego de fertilizante.

### 5.3. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para evaluar la eficiencia del proceso automatizado, se realizaron varias pruebas: primero, se realizaron pruebas individuales de los equipos que fueron utilizados para el control del sistema riego de la plantación MERIZALDE & RAMIREZ.

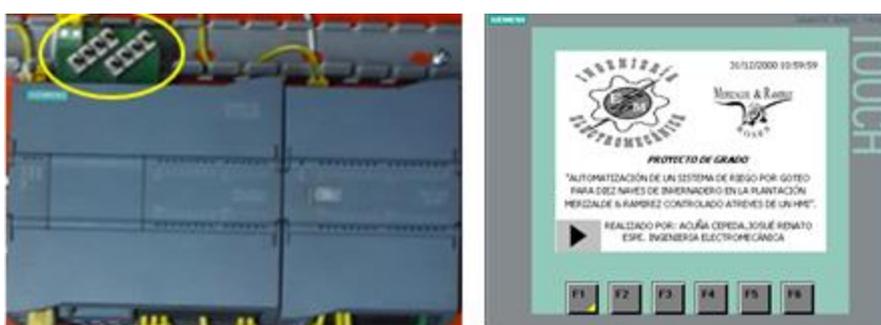
A continuación se realizaron las conexiones necesarias para la instalación de los circuitos eléctricos de fuerza y control, los mismos que serán los encargados de activar la bomba de riego de agua, bomba de fertilizante y electroválvulas de riego. Además se desarrolló el software de control del PLC y de la pantalla táctil.

Es importante indicar que las pruebas realizadas con anterioridad cumplieron con las expectativas y requerimientos de la empresa.

A continuación se indican todas las pruebas que se realizaron en el sistema automatizado de riego, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del proceso.

#### **Prueba N° 1: Simulación del proceso de riego de agua y fertilizante a través del PLC y la pantalla táctil.**

Con la finalidad de verificar la activación de las salidas del PLC, se forzaron las entradas por medio de la activación de un dip switch y de una pantalla táctil.

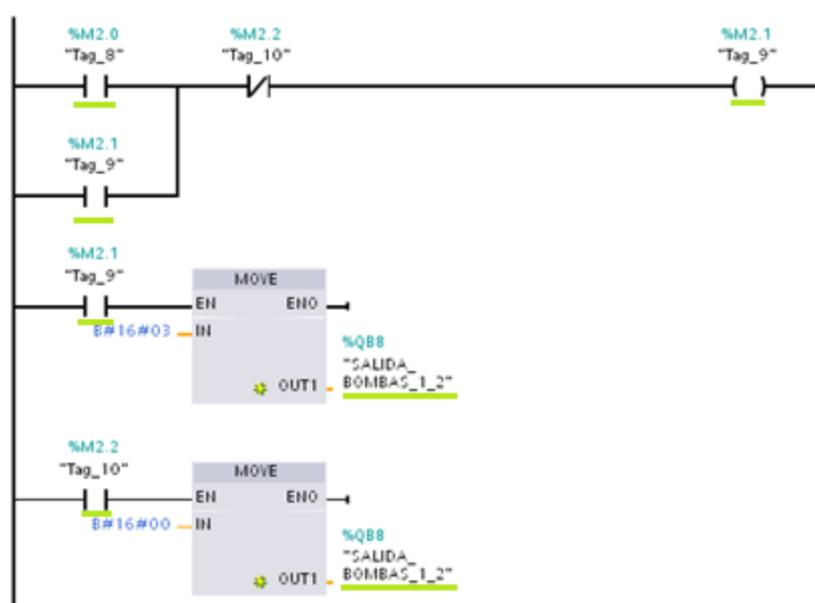


**Figura 5.8. Simulación – proceso de riego.**

**Resultado-Prueba N°1:** Cuando se activaron las entradas digitales del PLC, se comprobó que las salidas actuaron según la programación estructurada para la automatización del sistema de riego. También se verificó que la pantalla táctil se comunica adecuadamente con el PLC:

### Prueba N° 2: Encendido de las bombas de riego de agua y fertilizante.

Para comprobar el encendido de las bombas, se forzó en el programa el contacto M2.0, que es el encargado de encender las bombas de riego de agua y químico.



**Figura 5.9. Encendido bombas de riego de agua y fertilizante.**

**Resultado-Prueba N°2:** Las bombas de riego de agua y químico se encendieron de según lo programado, al activar el contacto M2.0.

### Prueba N°3: Apagado de las bombas de riego de agua y fertilizante.

Para constatar el apagado de las bombas de riego de agua y fertilizante, se manipuló el contacto M2.2.

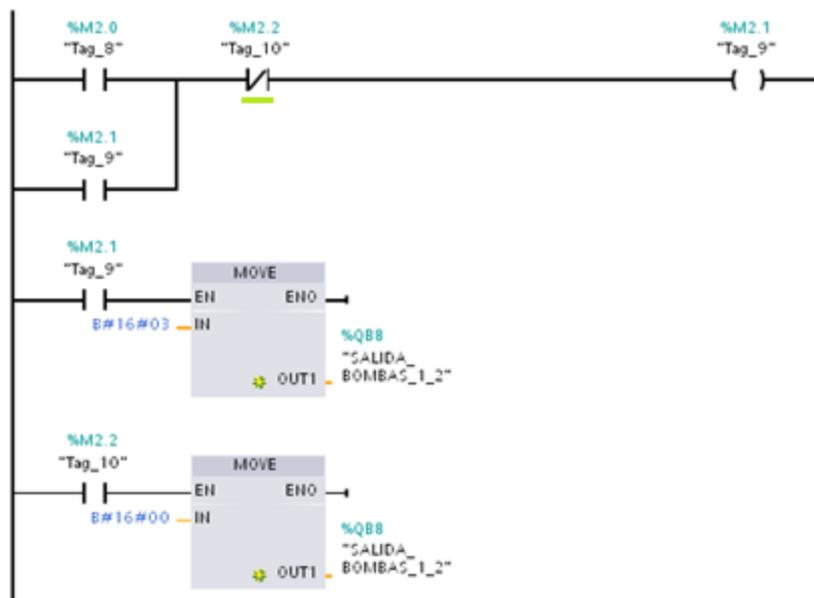


Figura 5.10. Apagado de las bombas de riego de agua y fertilizante.

**Resultado-Prueba N°3:** Las bombas de riego de agua y químico se apagaron de según lo programado, al manipular el contacto M2.2.

#### Prueba N°4: Apertura y cierre de electroválvulas de riego.

Con la ayuda de la pantalla táctil, se eligieron las electroválvulas de riego que se desean activar, y se forzó en el programa el contacto que acciona la apertura y cierre de las mimas.

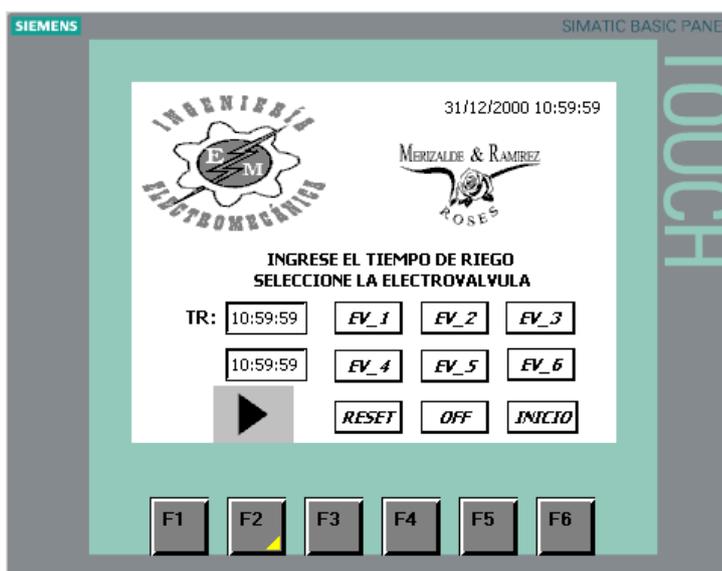
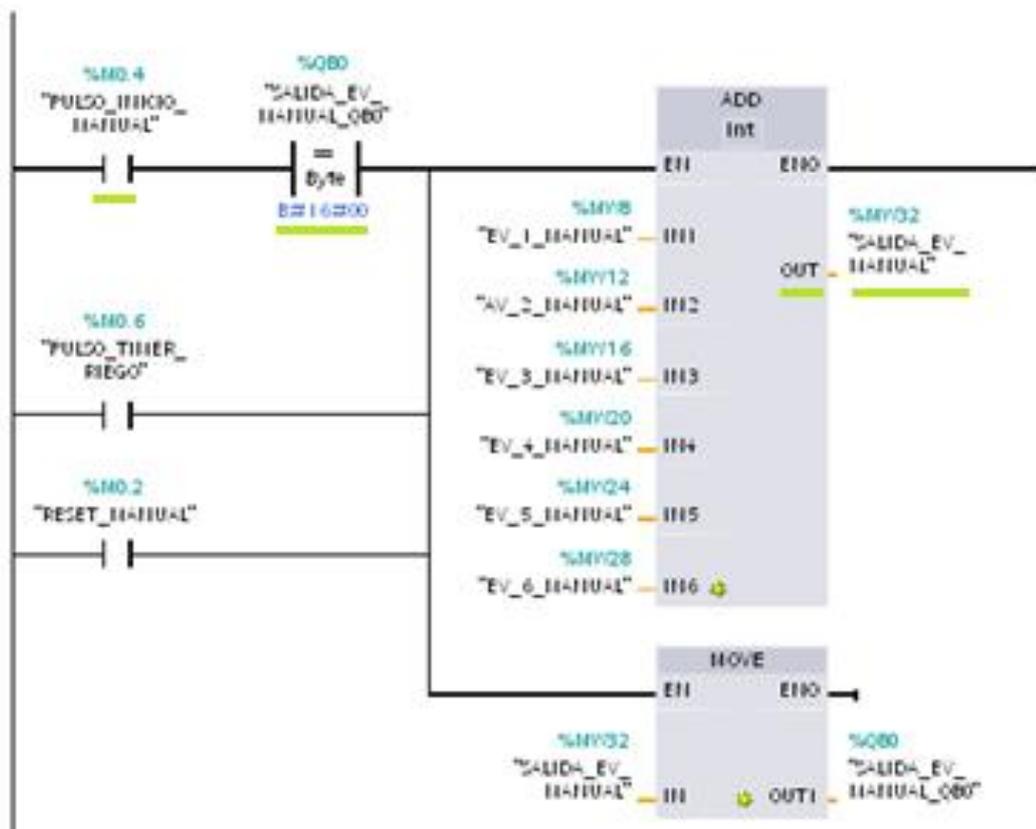


Figura 5.11. Apertura y cierre de electroválvulas de riego.



**Figura 5.12. Apertura y cierre de las electroválvulas de riego.**

**Resultado-Prueba N°4:** Una vez que se seleccionó las electroválvulas y activó el contacto M0.4 se verificó que las salidas elegidas provocaron la apertura y cierre de las electroválvulas de riego según la programación establecida en el PLC:

#### **Prueba N° 5: Modo Manual, riego de agua y fertilizante**

Para comprobar el funcionamiento del Modo Manual, se ingresó el tiempo de riego al azar y se seleccionó las electroválvulas de prueba que se creyeron convenientes.

En la pantalla correspondiente, se ingresó un tiempo de riego de 10 segundos y se eligieron las electroválvulas EV\_3 y EV\_5.

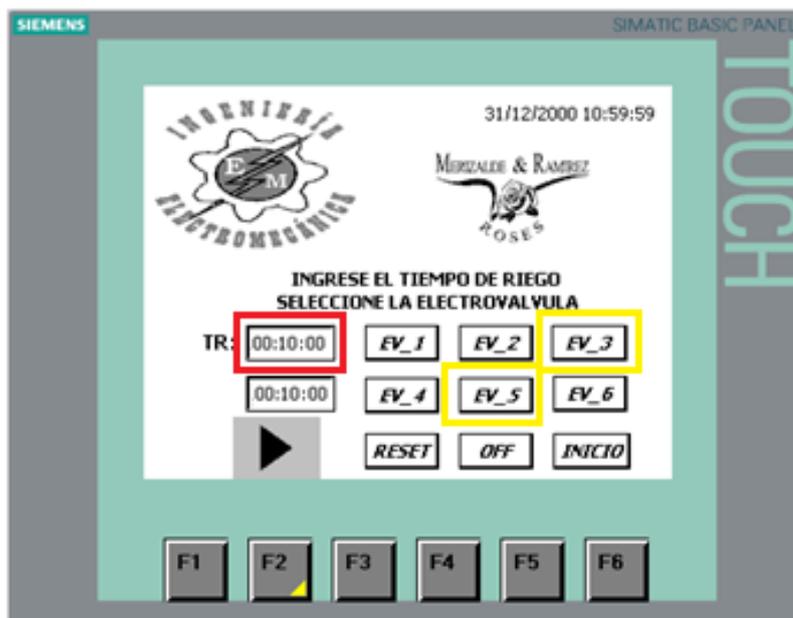


Figura 5.13. Modo Manual - riego de agua y químico.



Figura 5.14. Modo Manual - riego de agua y químico.

**Resultado-Prueba N°5:** La prueba finalizó exitosamente, el sistema realizó el riego de agua y químico al invernadero durante los 10 segundos, a través de las electroválvulas EV\_3 y EV\_5.

**Prueba N° 6: Modo Automático, riego de agua y fertilizante.**

Para comprobar el funcionamiento del Modo Automático, se configuro el accionamiento de las electroválvulas EV\_4, EV\_5, EV\_6 a las 09H20 am.

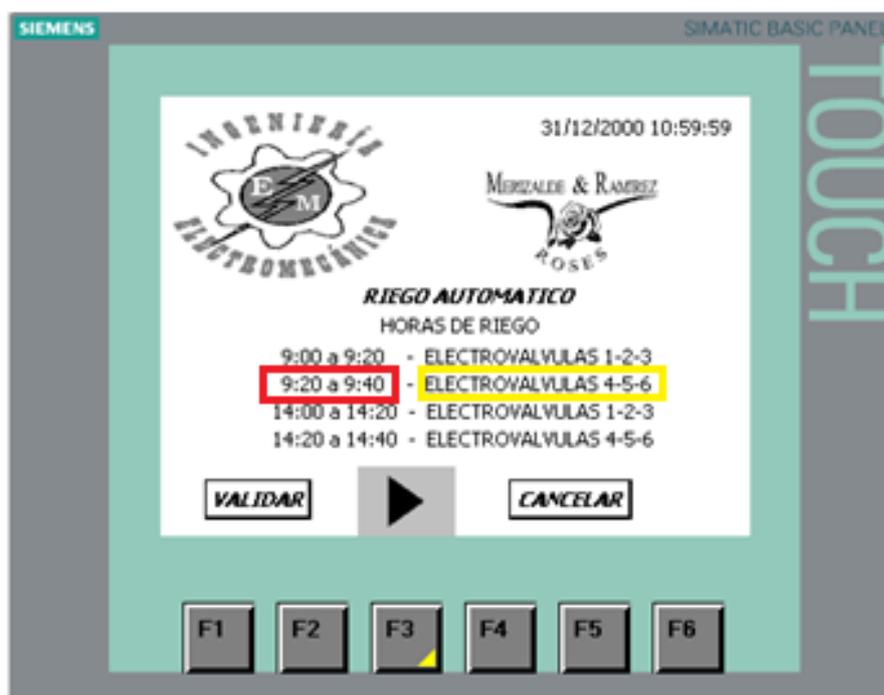


Figura 5.15. Modo automático - riego de agua y químico.



Figura 5.16. Modo automático - riego de agua y químico.

**Resultado-Prueba N°6:** La prueba finalizó exitosamente, el sistema realizó el riego de agua y químico al invernadero automáticamente por 20 minutos a través de las electroválvulas EV\_4, EV\_5 y EV\_6.

**Prueba N°7: Encendido y apagado de bombas.**

Desde la pantalla táctil se encendieron y se apagaron las bombas de riego de agua y químico presionando los botones ON / OFF respectivamente.

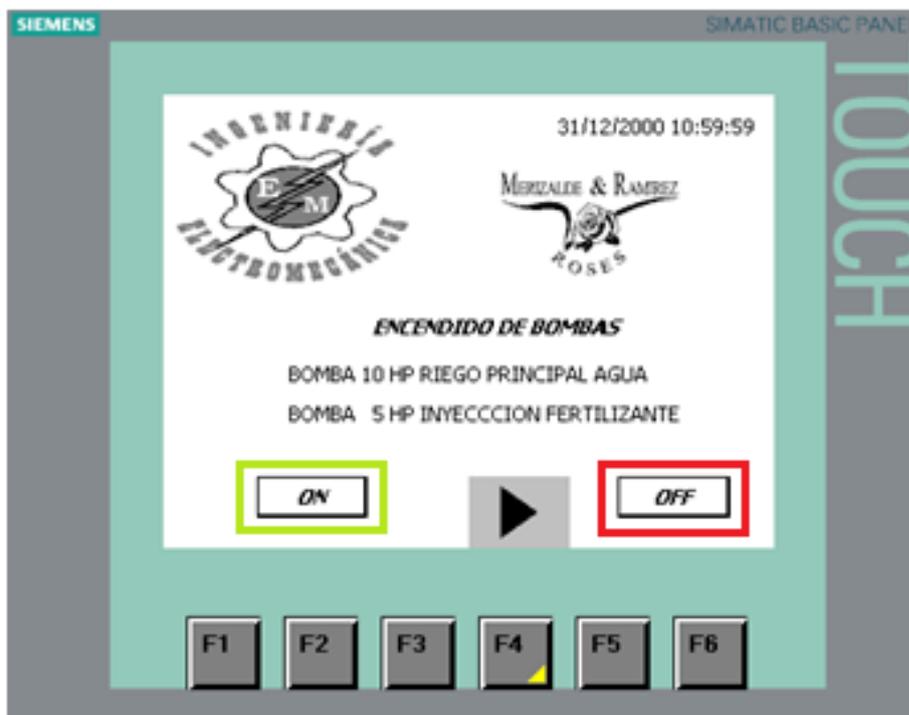


Figura 5.17. Encendido y apagado de bombas.



Figura 5.18. Encendido y apagado de bombas.

**Resultado-Prueba N°7:** Las bombas se encendieron y se apagaron de acuerdo a las órdenes emitidas por el PLC al presionar los botones ON/OFF del panel táctil.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema automatizado de riego por goteo para las diez naves de invernadero, cumpliendo de esta manera con el objetivo general y todos los objetivos específicos, planteados en el inicio del proyecto.
- La automatización del sistema de riego, permite al operador tener un mejor control y supervisión sobre el tiempo de apertura y cierre de las electroválvulas, disminuyendo las fallas humanas por mala operación del sistema.
- La automatización del sistema de riego controla de forma exacta el tiempo de encendido y apagado de las bombas de riego de agua y químico, garantizando la humedad del suelo y el rocío de químico adecuado.
- Al repotenciar el proceso de riego por goteo, se logró reducir los tiempos de trabajo de las bombas de agua y químico, alargando así la vida útil de las mismas.
- Con la implementación de este Proyecto en la plantación MERIZALDE & RAMÍREZ, se logró mejorar la infraestructura del proceso de regadío, garantizando de esta manera un riego de agua continuo o programado dependiendo de la experiencia del personal de operaciones.
- El programa del Panel Táctil, es la interface entre el operador y el proceso en general, es amigable y dinámico, ya que despliega la información necesaria para que el operador pueda tener el control del

tiempo de riego y verificar las electroválvulas que están activadas en ese momento.

- Con la implementación del nuevo sistema de control, el operario tiene la facilidad de escoger el modo de operación del proceso; ya sea manual o automático; esto depende de los objetivos que la plantación tenga en ese momento.
- La inversión en este proyecto es recuperable; ya que con la automatización de este proceso, de cierta manera se está ayudando en la reducción de costos de energía y mano de obra, ya que cuando el operador va a realizar otras actividades, el sistema apagará automáticamente las bombas una vez transcurrido el tiempo de riego.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir el Manual de Operación a cabalidad, con el objeto de tener siempre un sistema automatizado que cumpla con las expectativas de producción de la plantación.
- Con la finalidad de tener un sistema de riego funcionando de acuerdo a los requerimientos solicitados por la empresa, se recomienda a las personas inmersas en el proceso, no realizar modificaciones a nivel de hardware o software al sistema de riego; en el caso de realizarlas, se recomienda documentar correctamente y actualizar los planos correspondientes.
- Se recomienda realizar un plan de mantenimiento para las tuberías de riego para evitar caídas de presión en el sistema.
- Se recomienda automatizar el resto de naves de invernadero, con la finalidad de mejorar la producción de la plantación y dotar de un sistema moderno y confiable que cubra en su totalidad las necesidades de la empresa.
- Se recomienda purgar las bombas de riego antes de iniciar el proceso, con el objetivo de eliminar el aire existente y evitar problemas de cavitación y bajas de presión.

## BIBLIOGRAFÍA

Creuss, A., 2011, Instrumentación Industrial, México: Alfaomega Grupo Editor.

M. A. Laughton, 2002, Libro de referencias para los ingenieros eléctricos, México: Newnes.

Mott, R., 2006, Mecánica de Fluidos, México: Pearson Educación Grupo Editor.

M. Sabaca, 2009, Automatismos y cuadros eléctricos, México: McGraw Hill.

Schneider Electric, 2009, Manual electrotécnico Telesquemario, España, Centro de Formación Schneider Electric.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Wikipedia, «Sistema de riego - Wikipedia, la enciclopedia libre;», 21 05 2013. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_riego](https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_riego). [Último acceso: 01 01 2014].
- [2] TORO, «Disposicion tipica de un sistema de riego por goteo,», 21 05 2013. [En línea]. Available: <http://www.toro.com>. [Último acceso: 06 01 2014].
- [3] Información Técnica de la web "El Riego.com"Tipos de sistemas de riego localizado, «Información Técnica de la web "El Riego.com"Tipos de sistemas de riego localizado,» 23 02 2012. [En línea]. Available: <http://info.elriego.com/portfolios/tipos-de-sistemas-de-riego-localizado/>. [Último acceso: 07 01 2014].
- [4] Qué es el riego por goteo, «Riego por goteo,» 26 09 2013. [En línea]. Available: <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-riego-por-goteo.html>. [Último acceso: 12 01 2014].
- [5] Sugarcane, «Características del Riego por Goteo,» 28 01 2014. [En línea]. Available: [http://www.sugarcancrops.com/s/drip\\_irrigation/](http://www.sugarcancrops.com/s/drip_irrigation/). [Último acceso: 28 01 2014].
- [6] RiegosAPIe, «RIEGO POR SUPERFICIE,» 30 01 2014. [En línea]. Available: [http://www.ingenieriarural.com/Hidraulica/PresentacionesPDF\\_STR/RiegosAPIe.pdf](http://www.ingenieriarural.com/Hidraulica/PresentacionesPDF_STR/RiegosAPIe.pdf). [Último acceso: 02 02 2014].
- [7] sistema azud, s.a., «aplicacion riego por goteo subterráneo,» 26 07 2013. [En línea]. Available: [http://www.azud.com/riego/Aplicaciones/riego\\_por\\_goteo\\_subterraneo.aspx](http://www.azud.com/riego/Aplicaciones/riego_por_goteo_subterraneo.aspx). [Último acceso: 06 02 2014].
- [8] canacacao, «Los sistemas de riego por goteo,» 12 07 2013. [En línea]. Available: [http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19\\_Los\\_Sistemas\\_de\\_Riego\\_por\\_Goteo.pdf](http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_Los_Sistemas_de_Riego_por_Goteo.pdf). [Último acceso: 18 02 2014].
- [9] Academia Edu, «BOMBA CENTRÍFUGA DEFINICIÓN,» 02 08 2012. [En línea]. Available: [http://www.academia.edu/8014551/BOMBA\\_CENTR%C3%8DFUGA\\_DEFINICI%C3%93N\\_Las\\_Bombas\\_centr%C3%ADfugas\\_tambi%C3%A9n\\_llamadas\\_Rotodin%C3%A1micas](http://www.academia.edu/8014551/BOMBA_CENTR%C3%8DFUGA_DEFINICI%C3%93N_Las_Bombas_centr%C3%ADfugas_tambi%C3%A9n_llamadas_Rotodin%C3%A1micas). [Último acceso: 15 03 2014].
- [10] TECNOCICIO, «Refrigeración: Válvulas solenoide,» 09 06 2012. [En línea]. Available: [http://www.tecnoficio.com/electricidad/valvula\\_solenoide.php](http://www.tecnoficio.com/electricidad/valvula_solenoide.php). [Último acceso: 12 10 2014].
- [11] La llave, «Cómo seleccionar una válvula solenoide de acuerdo a su aplicación,» 12 06 2007. [En línea]. Available: <http://www.la-llave.com/ec/news7/info.php>. [Último

acceso: 16 12 2013].

- [12] Riego-Goteo-Fertirrigacion, «Riego por goteo y fertirrigación,» 03 01 2014. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion2.shtml>. [Último acceso: 13 06 2014].
- [13] Monografias.com, «Riego por goteo y fertirrigación,» 24 10 2012. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion2.shtml>. [Último acceso: 03 04 2014].
- [14] Movilquick, «Partes de un smartphone: la pantalla | Blog Movilquick,» 06 09 2012. [En línea]. Available: <http://movilquick.net/blog/partes-de-un-smartphone-la-pantalla/>. [Último acceso: 11 12 2013].
- [15] SIEMENS, «TOUCH PANEL,» 12 03 2012. [En línea]. Available: <http://support.automation.siemens.com/>. [Último acceso: 27 6 2014].
- [16] cetmar.mex, «conceptos de refri,» 16 09 2011. [En línea]. Available: [http://refrigeracon-de-cetmar.mex.tl/940913\\_conceptos-de-refri.html](http://refrigeracon-de-cetmar.mex.tl/940913_conceptos-de-refri.html). [Último acceso: 02 05 2014].
- [17] TU TIENDA ELECTRICIDAD, «MATERIAL ELECTRICO,» 23 10 2010. [En línea]. Available: <http://www.tutiendaelectricidad.com>. [Último acceso: 23 07 2014].
- [18] blogs, «CONTACTORES,» 02 09 2014. [En línea]. Available: <http://todocontactores.blogspot.com/>. [Último acceso: 19 12 2013].
- [19] ENDESA EDUCA, «Electromagnetismo | ENDESA EDUCA,» 02 11 2010. [En línea]. Available: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/iv.-electromagnetismo](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/iv.-electromagnetismo). [Último acceso: 28 07 2014].
- [20] P. J. C. Gil-Toresano, «EL RELÉ,» 06 10 2003. [En línea]. Available: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>. [Último acceso: 23 12 2013].
- [21] SIEMENS, «SIMATIC S7-1200,» 06 10 2012. [En línea]. Available: [https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce\\_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf](https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/sce_educacion/documentacion/Documents/SIMATIC%20S71200R.pdf). [Último acceso: 02 01 2014].
- [22] SCHNEIDER, «Schneider Electric,» 12 11 2012. [En línea]. Available: <http://www.schneider-electric.com>. [Último acceso: 01 08 2014].
- [23] MEC, «Relé de protección térmica - (LG)- CEDIB,» 13 03 2012. [En línea]. Available: <http://www.cyee.es/espanol/reles-termicos.htm>. [Último acceso: 08 08 2014].
- [24] OMRON, «OMRON Industrial Automation,» 12 12 2013. [En línea]. Available:

<http://automation.omron.com>. [Último acceso: 14 12 2014].

- [25] SIEMENS SUPPORT, «Siemens Industry Online Support,» 03 02 2014. [En línea]. Available:  
<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Lista%20de%20Pecios%20Final%20Siemens%20Industry%20Ecuador.pdf>. [Último acceso: 05 01 2014].
- [26] miT-UniD®, «miT-UniD®-cns,» 13 10 2012. [En línea]. Available:  
<http://www.unid.com.tw/>. [Último acceso: 28 11 2014].

# ANEXOS

