



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TEMA**

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE FRESAS**  
**ARTESANAL**

**AUTOR: OSCAR RENÉ MUÑOZ FUEREZ**

**DIRECTOR: ING. DIEGO TERÁN**

**IBARRA-ECUADOR**

**JULIO, 2014**

## AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	100295925-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	MUÑOZ FUEREZ OSCAR RENÉ
<b>DIRECCIÓN</b>	COTACACHI-SAN-FRANCISCO- COMUNIDAD DE QUITUGO
<b>E-MAIL</b>	wuambra_rene.8722@hotmail.com rene.munozf87@gmail.com
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0959802490
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TEMA</b>	SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE FRESAS ARTESANAL
<b>AUTOR</b>	MUÑOZ FUEREZ OSCAR RENÉ
<b>FECHA</b>	20 de Junio del 2014
<b>PROGRAMA</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA
<b>DIRECTOR</b>	ING. DIEGO TERÁN

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Oscar René Muñoz Fuevez, con cédula de identidad Nro. 100295925-0, en mi calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Oscar René Muñoz Fuerez, con cédula de identidad Nro. 100295925-0, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado "Sistema Automático de riego por goteo para cultivo de fresas Artesanal", que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital en la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



---

Nombre: Muñoz Fuerez Oscar René

C.I.: 100295925-0

Ibarra, a los 14 días del mes de julio del 2014.

### 3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la isa y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



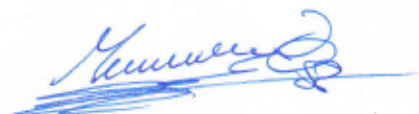
---

Oscar René Muñoz Fúerez  
100295925-0

Ibarra, a los 14 días del mes de Julio del 2014.

## DECLARACIÓN

Yo, **OSCAR RENÉ MUÑOZ FUEREZ**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí tutoría; y que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.




---

OSCAR RENÉ MUÑOZ FUEREZ  
C.I. 1002959250

## CERTIFICACIÓN

Certifico, que el proyecto de tesis de grado titulada "SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE FRESAS ARTESANAL" fue desarrollado por Óscar René Muñoz Fuerez, bajo mi supervisión, para la obtención del título de Ingeniería Mecatrónica.



---

ING. DIEGO FRANCISCO TERÁN  
C.I. 1002907671  
DIRECTOR

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios por darme la sabiduría necesaria en la culminación del presente trabajo.

A Bonnie Lunt y quienes forman parte de People Helping People, por esa confianza que han depositado en mí, con la única satisfacción de que me encaminan hacia un futuro exitoso.

Al ingeniero David Yaucén, por su colaboración incondicional y asesoramiento técnico, enfocada en el área de la agricultura, que es parte primordial en el desarrollo del sistema de riego.

A mi director de trabajo de grado, ingeniero Diego Terán, por sus consejos, conocimientos, que me ayudaron a formarme como persona e investigador.

A la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas y a los docentes que han compartido sus conocimientos, en las aulas día a día. Son muchas personas que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco por su amistad, consejos, apoyo, ánimo. Algunas estas aquí conmigo y otros en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi vida.

RENÉ MUÑOZ



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Carmen Fierrez, a mi padre Luis Muñoz, que a pesar del carácter fuerte que poseen, supieron guiarme, aconsejarme y encaminarme en el estudio, por su esfuerzo en el trabajo, sin importar la hora, el día o el tiempo, que significaba obtener los recursos económicos necesarios utilizados en mis años de estudio.

A mi hermano Edwin, quien supo guiarme y brindarme su apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida estudiantil.

A mi novia Cristina, quien ha compartido cada jornada de trabajo e investigación, por haberme brindado el apoyo moral que necesitada.

***PAKI MAMITA, TAYTIKU KIKIMPA LLANKAYKUNAWAN ÑAWPAMA  
APAWUASHKANKICHI.***

RENÉ MUÑOZ

## ÍNDICE GENERAL

<b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA</b> .....	<b>I</b>
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> .....	<b>I</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD</b> .....	<b>II</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE</b> .....	<b>III</b>
<b>CONSTANCIA</b> .....	<b>IV</b>
<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>V</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>VII</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE ANEXOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>1 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO</b> .....	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE RIEGO .....	1
1.2 TIPOS DE SISTEMA DE RIEGO .....	1
1.2.1 RIEGO SUBTERRÁNEO.....	2
1.2.2 RIEGO SUPERFICIAL.....	2
1.2.3 RIEGO AÉREO.....	4

1.3	ASPECTOS AGRONÓMICOS A CONSIDERAR PARA LA INSTALACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO .....	4
1.3.1	EL AGUA EN EL SUELO.....	5
1.3.2	RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA.....	7
1.3.3	ESTRUCTURA DEL SUELO .....	9
1.4	COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	11
1.4.1	PROGRAMADOR.....	11
1.4.2	ELECTROVÁLVULAS .....	12
1.4.3	FILTRO.....	13
1.4.4	BOMBA.....	15
1.4.5	TUBERÍAS.....	17
1.4.6	EMISORES O GOTEROS .....	19
1.4.7	TANQUE DE ALMACENAMIENTO .....	21
1.5	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	23
1.5.1	VENTAJAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	23
1.5.2	INCONVENIENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....	24
	<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>25</b>
	<b>2 DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO.....</b>	<b>25</b>
2.1	INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	25
2.1.1	SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO .....	25
2.1.2	SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO .....	26
2.2	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS--.....	27
2.2.1	SENSOR DE NIVEL .....	27

2.2.2	SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO.....	29
2.2.3	BREAKER .....	33
2.2.4	CONTACTORES .....	34
2.2.5	PULSADORES .....	36
2.2.6	LUZ PILOTO.....	37
2.3	DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES .....	40
2.3.1	FUNCIONAMIENTO.....	40
2.4	SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS.....	41
2.5	CÁLCULOS PARA LA INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO .....	43
2.5.1	DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO AGRONÓMICO.....	47
2.6	DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL.....	78
2.6.1	ELEMENTOS A CONTROLAR.....	78
2.6.2	VARIABLES.....	79
2.6.3	VARIABLES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN EN LA ZONA A Y ZONA B DEL CULTIVO .....	79
2.6.4	HUMEDAD A CONTROLAR.....	80
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>91</b>
	<b>3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO .....</b>	<b>91</b>
3.1	DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	91
3.2	DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO .....	96
3.2.1	RED DE TUBERÍAS .....	97
3.2.2	INSTALACIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO .....	100
3.3	PLANO DE LA PARCELA DE TERRENO .....	102
3.4	TABLERO DE CONTROL.....	104
3.5	PLACA DE DISPOSITIVOS.....	106
	<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>108</b>

<b>4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL RIEGO POR GOTEO.....</b>	<b>108</b>
4.1 PRUEBAS DEL SISTEMA.....	108
4.1.1 VERIFICACIÓN DE CONSUMO DE CORRIENTE DE TODO EL SISTEMA.....	108
4.1.2 VERIFICACIÓN DE PRESIÓN.....	108
4.1.3 VOLTAJES DE TRABAJO DEL SISTEMA.....	109
4.1.4 RIEGO EN CADA UNA DE LAS ZONAS DE CULTIVO.....	110
4.1.5 INDICADORES DE ALERTA DE SEGURIDAD.....	114
4.1.6 LLENADO DE TANQUES.....	116
4.1.7 FUGAS EN LAS TUBERÍAS Y CINTAS DE RIEGO.....	118
4.1.8 VISUALIZACIÓN DE MENSAJES DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL LOGO TD.....	119
4.2 AJUSTES.....	120
4.2.1 AJUSTES DE HORARIO DE RIEGO EN EL PROGRAMA DE RIEGO.....	120
4.2.2 INSTALACIÓN DE UN SENSOR DE TEMPERATURA.....	121
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>126</b>
<b>5 COSTO BENEFICIO DEL SISTEMA DE RIEGO.....</b>	<b>126</b>
5.1 COSTOS DIRECTOS.....	126
5.1.1 COSTOS INDIRECTOS.....	129
5.1.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN SIN RIEGO.....	130
5.1.3 ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN CON IMPLEMENTACIÓN DE RIEGO.....	132
5.1.4 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE FRESAS ANUALES.....	134
5.1.5 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	136
5.1.6 CÁLCULO DE COSTO BENEFICIO.....	137
<b>CAPÍTULO 6--.....</b>	<b>139</b>
<b>6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>139</b>

6.1	CONCLUSIONES .....	139
6.2	RECOMENDACIONES.....	140
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>141</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>144</b>

## ÍNDICE ANEXOS

ANEXO A:	Manual de Usuario .....	145
ANEXO B:	Análisis del suelo.....	169
ANEXO C:	Análisis del agua. ....	171
ANEXO D:	Especificaciones técnicas de la electroválvula.....	172
ANEXO E:	Especificaciones técnicas del interruptor flotador magnético. ....	173
ANEXO F:	Especificaciones del interruptor termo magnético de riel DIN .....	174
ANEXO G:	Datos técnicos del contactor siemens.....	175
ANEXO H:	Datos técnicos del relé térmico .....	177
ANEXO I:	Datos técnicos del relé.....	178
ANEXO J:	Especificaciones técnicas PLC logo siemens12/24RC .....	180
ANEXO K:	Datos técnicos de la fuente de alimentación PLC logo siemens .....	181
ANEXO L:	Especificaciones del módulo de ampliación logo DM8 12/24 RC .....	182
ANEXO M:	Especificaciones técnicas de la pantalla LOGO TD.....	183
ANEXO N:	Ficha técnica de la planta de fresa variedad Albión .....	185
ANEXO O:	Parámetros a considerar para el cálculo de riego .....	187
ANEXO P :	Datos técnicos del sensor de temperatura Im35 .....	189
ANEXO Q:	Especificaciones técnicas del cable FTP cat 5E .....	191
ANEXO R:	Especificaciones del módulo sensor de humedad .....	192
ANEXO S:	Diagramas eléctricos y electrónico del tablero de control del sistema de riego .....	193
ANEXO T:	Diagrama de instrumentación sistema de riego.....	194
ANEXO U:	Diagrama de red de tuberías sistema de riego .....	195
ANEXO V:	Plano de la parcela de cultivo de fresas .....	196
ANEXO W:	Programa del sistema de riego.....	197

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Riego subterráneo.....	2
<b>Figura 1-2:</b> Riego Superficial (Riego por Goteo) .....	3
<b>Figura 1-3:</b> Riego por Inundación .....	4
<b>Figura 1-4:</b> Riego Aéreo .....	4
<b>Figura 1-5:</b> Capacidad de retención de agua de acuerdo a la textura del suelo....	6
<b>Figura 1-6:</b> Niveles de agua para las plantas. ....	6
<b>Figura 1-7:</b> Estado de agua en el suelo.....	8
<b>Figura 1-8:</b> Estructura de suelo Buena y Mala .....	9
<b>Figura 1-9:</b> Clases de textura de suelo.....	10
<b>Figura 1-10:</b> Electroválvula de 2 vías .....	13
<b>Figura 1-11:</b> Filtro de malla.....	13
<b>Figura 1-12:</b> Diferentes tipos de bombas .....	16
<b>Figura 1-13:</b> Tuberías y accesorios .....	17
<b>Figura 1-14:</b> Curvas características de diferentes goteros .....	20
<b>Figura 1-15:</b> Esquema interno de goteros integrados .....	21
<b>Figura 1-16:</b> Tipos de goteros según la forma de instalación .....	21
<b>Figura 1-17:</b> Tanque de almacenamiento de agua del sistema de riego. ....	21
<b>Figura 1-18:</b> Tanque de mezcla de abonos (químicos, orgánicos).....	23
<b>Figura 2-1:</b> Sistema de control lazo cerrado.....	26
<b>Figura 2-2:</b> Lazo de control abierto.....	26
<b>Figura 2-3:</b> Sensor de nivel de desplazamiento .....	28
<b>Figura 2-4:</b> Ubicación de flotadores en el tanque .....	29
<b>Figura 2-5:</b> Sensores de humedad de suelo.....	32
<b>Figura 2-6:</b> Interruptor de encendido de todo el sistema .....	34
<b>Figura 2-7:</b> Contactor y Relé Térmico en el sistema de arranque .....	36
<b>Figura 2-8:</b> Tipo de pulsadores.....	36
<b>Figura 2-9:</b> Pulsadores en el tablero de control.....	36
<b>Figura 2-10:</b> Luces piloto del tablero de control del sistema de riego.....	37
<b>Figura 2-11:</b> Transformador de 3 A a 24 vac.....	38
<b>Figura 2-12:</b> Partes de un relé.....	39
<b>Figura 2-13:</b> Montaje de relés en el tablero de control .....	39
<b>Figura 2-14:</b> Tanque de almacenamiento.....	44

<b>Figura 2-15:</b> Tanque de almacenamiento 2.....	45
<b>Figura 2-16:</b> Diseño de la cama para cultivo de fresas .....	46
<b>Figura 2-17:</b> Área de influencia del gotero .....	55
<b>Figura 2-18:</b> Diagrama de Moody.....	65
<b>Figura 2-19:</b> Esquematación de la red de tuberías secundarias.....	68
<b>Figura 2-20:</b> Bomba Myres.....	75
<b>Figura 2-21:</b> Curva de operación de la bomba .....	76
<b>Figura 2-22</b> Mini bomba TRIDENT .....	78
<b>Figura 2-23:</b> Curva de humedad de la fresa .....	82
<b>Figura 2-24:</b> Diagrama de riego.....	82
<b>Figura 2-25:</b> Diseño del sistema de control .....	84
<b>Figura 2-26:</b> Diseño del sistema de control ON-OFF .....	85
<b>Figura 2-27:</b> Curva Característica del suelo en trayectoria de secado y humedecimiento .....	85
<b>Figura 2-28:</b> Histéresis a cumplirse con un control On-Off.....	86
<b>Figura 2-29</b> Flujograma del sistema de riego .....	87
<b>Figura 2-30:</b> Flujograma de control manual.....	88
<b>Figura 2-31:</b> Flujograma del sistema modo automático.....	90
<b>Figura 3-1_</b> Símbolos de globos, letras y códigos .....	92
<b>Figura 3-2:</b> Símbolos de medición y aparatos de control.....	93
<b>Figura 3-3:</b> Elementos de control de procesos .....	93
<b>Figura 3-4:</b> Elementos de control de procesos .....	94
<b>Figura 3-5:</b> Diagrama de instrumentación del sistema de riego .....	95
<b>Figura 3-6:</b> Etapa Hidráulico del sistema de riego.....	96
<b>Figura 3-7:</b> Tubería primaria esquema .....	98
<b>Figura 3-8:</b> Tubería secundaria esquema .....	99
<b>Figura 3-9:</b> Cintas de riego con goteros incorporados.....	99
<b>Figura 3-10:</b> Ramales conectados en la red secundaria .....	100
<b>Figura 3-11:</b> Unidad de bombeo .....	101
<b>Figura 3-12:</b> Conexión de la Bomba.....	101
<b>Figura 3-13</b> Plano del terreno .....	102
<b>Figura 3-14:</b> Ubicación geográfica del sistema de riego.....	103
<b>Figura 3-15</b> Armado de canaletas en la placa del tablero .....	104



<b>Figura 3-16:</b> Instalación de PLC logo siemens y sus complementos .....	105
<b>Figura 3-17:</b> Circuito de activación de la bomba .....	105
<b>Figura 3-18:</b> Placa de dispositivos 1 .....	107
<b>Figura 3-19:</b> Placa de sensores 2.....	107
<b>Figura 4-1:</b> Medición de presión de agua .....	109
<b>Figura 4-2</b> Voltajes en el tablero de control .....	110
<b>Figura 4-3:</b> Activación de riego.....	111
<b>Figura 4-4:</b> Riego Fertilizante en cada una de las zonas .....	112
<b>Figura 4-5:</b> Parámetros de programación.....	113
<b>Figura 4-6:</b> Riego en modo automático .....	113
<b>Figura 4-7:</b> Pruebas del pulsador de emergencia.....	114
<b>Figura 4-8</b> Falla térmica.....	115
<b>Figura 4-9</b> Verificación de porcentajes de humedad en cada una de las zonas de cultivo .....	115
<b>Figura 4-10</b> Indicador de sistema encendido.....	116
<b>Figura 4-11:</b> Verificación de flotadores Tanque 1 .....	117
<b>Figura 4-12:</b> Verificación de flotadores Tanque 2.....	117
<b>Figura 4-13</b> Llenado de taque 2.....	118
<b>Figura 4-14</b> Fugas en las Tuberías.....	119
<b>Figura 4-15:</b> Mensajes del sistema de riego.....	120
<b>Figura 4-16</b> Cambio de hora en modo automático .....	121
<b>Figura 4-17:</b> Programación del sensor de temperatura .....	122
<b>Figura 4-18:</b> Daños generados por heladas en los bordes de las hojas.....	122
<b>Figura 4-19:</b> Instalación del sensor LM35 en la zona de cultivo .....	124
<b>Figura 4-20</b> Terminales del sensor de humedad .....	125
<b>Figura 5-1:</b> Producción de fresas VS Tiempo (2013) .....	134
<b>Figura 5-2:</b> Producción de fresas VS Tiempo (2014) .....	135
<b>Figura 5-3:</b> Producción total de fresas.....	136

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> <i>Pérdidas de máxima sensibilidad a la escasez de agua.....</i>	7
<b>Tabla 1-2:</b> <i>Tamaño de orificio para diferentes mesh de aceros inoxidable.....</i>	14

<b>Tabla 1-3:</b> <i>Tamaño de orificio para diferentes mesh de nylon.</i> .....	15
<b>Tabla 2-1:</b> <i>Sensores de humedad.</i> .....	31
<b>Tabla 2-2:</b> <i>Dispositivos electrónicos programables.</i> .....	41
<b>Tabla 2-3:</b> <i>Parámetros a considerar para el Diseño Agronómico</i> .....	47
<b>Tabla 2-4:</b> <i>Velocidades usuales de diferentes fluidos.</i> .....	59
<b>Tabla 2-5:</b> <i>Propiedades del agua en función de la temperatura</i> .....	63
<b>Tabla 2-6:</b> <i>Valores de Rugosidad Absoluta</i> .....	63
<b>Tabla 2-7:</b> <i>Coeficiente para diferentes accesorios.</i> .....	64
<b>Tabla 2-8:</b> <i>Coeficiente de Hazen- Williams.</i> .....	67
<b>Tabla 2-9:</b> <i>Mini bombas sumergibles</i> .....	77
<b>Tabla 2-10:</b> <i>Variables para la programación de control de riego.</i> .....	79
<b>Tabla 3-1:</b> <i>Nomenclatura de instrumentación</i> .....	92
<b>Tabla 3-2:</b> <i>Características de tuberías comerciales.</i> .....	100
<b>Tabla 4-1:</b> <i>Sensores de Temperatura</i> .....	123
<b>Tabla 5-1:</b> <i>Costos directos de automatización</i> .....	126
<b>Tabla 5-2:</b> <i>Costos directos de instalación de red de tuberías</i> .....	128
<b>Tabla 5-3:</b> <i>Costos directos de siembra.</i> .....	129
<b>Tabla 5-4:</b> <i>Costos indirectos de fabricación.</i> .....	129
<b>Tabla 5-5:</b> <i>Costo total de inversión</i> .....	130
<b>Tabla 5-6:</b> <i>Costos sin riego.</i> .....	131
<b>Tabla 5-7:</b> <i>Ventas de fresas durante 10 meses.</i> .....	131
<b>Tabla 5-8:</b> <i>Costos con riego automático</i> .....	133
<b>Tabla 5-9:</b> <i>Ventas de Fresas durante 13 meses.</i> .....	133
<b>Tabla 5-10:</b> <i>Análisis de utilidades</i> .....	136
<b>Tabla 5-11:</b> <i>Costo Beneficio.</i> .....	137

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1 Volumen de tanque .....	44
Ecuación 2-2 Evapotranspiración del cultivo .....	48
Ecuación 2-3: Coeficiente de cultivo .....	49
Ecuación 2-4: Uso consumo de agua.....	49

Ecuación 2-5: Lámina neta de riego .....	50
Ecuación 2-6: Requerimiento bruto de agua .....	50
Ecuación 2-7 Frecuencia de riego.....	51
Ecuación 2-8 Tasa de aplicación de agua para emisores .....	52
Ecuación 2-9 Tiempo de aplicación de riego para emisores .....	53
Ecuación 2-10 Caudal total absorbido por los emisores .....	53
Ecuación 2-11 Área de influencia del gotero .....	55
Ecuación 2-12 Relación de área humedecida .....	55
Ecuación 2-13 Área humedecida para cultivos arbóreos .....	55
Ecuación 2-14 Área humedecida para cultivos de ciclo corto .....	56
Ecuación 2-15 Cálculo de área que se puede regarse con el volumen disponible	56
Ecuación 2-16 Principio de continuidad .....	57
Ecuación 2-17 Caudal .....	58
Ecuación 2-18: Pérdidas primarias (Darcy Weisbach) .....	61
Ecuación 2-19 Cálculo de número de Reynolds.....	62
Ecuación 2-20 Rugosidad Relativa .....	62
Ecuación 2-21 Pérdida de carga en un ensanchamiento Brusco.....	64
Ecuación 2-22 Pérdida de carga en una contracción brusca .....	64
Ecuación 2-23: Blasius.....	66
Ecuación 2-24 Hazen Williams, expresada en función del caudal .....	66
Ecuación 2-25 Ecuación fundamental de pérdidas secundarias .....	67
Ecuación 2-26 Pérdidas en función del caudal.....	67
Ecuación 2-27 Potencia de la bomba.....	74
Ecuación 5-1: Potencia por fase .....	132
Ecuación 5-2: Consumo energético .....	132

# **SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE FRESAS ARTESANAL**

Autor: Oscar René Muñoz Fuevez

Tutor: Ing. Diego Terán

Año: 2014

## **RESUMEN**

El presente proyecto Sistema Automático de Riego por Goteo para Cultivo de Fresas Artesanal, se diseñó con la finalidad de aumentar la eficiencia en los sistemas de irrigación, disminuir el esfuerzo físico, mejorar tiempos de riego, fertirrigación y optimizar los recursos hídricos en riegos para cultivo de fresas. Se diseñó e implementó un sistema automático de riego por goteo. Este sistema abastece a dos zonas de cultivo, cada zona cuenta con 8 camas y alrededor de 2304 plantas de fresas, sembradas y separadas a una distancia de 20 cm. El control de irrigación y fertirrigación se puede operar en modo manual (El operario debe pulsar un botón para activar el riego) y automático (Se activa de acuerdo a los parámetros establecidos y los niveles de humedad).

El sistema se activa si la temperatura ambiente es menor a 8 °C, contrarrestando las heladas que se generan por los factores climáticos, ubicación geográfica, reduciendo de esta manera en un 40% las heladas que afectan a las plantas y controlar la humedad del suelo en un rango de 75-90% que es la necesaria para las plantas.

La finalidad de este proyecto es ayudar a los agricultores dedicados al cultivo de fresas, que con la implementación de la tecnología en métodos de irrigación y fertirrigación, la producción y la calidad de la fruta aumenta, evita al agricultor problemas ergonómicos, mayor control de plagas y enfermedades en las plantas, facilidad de manejo y cambio en métodos de fertirrigación a productos orgánicos, mejora la presentación del producto y se obtiene un pago equitativo de la fruta (fresa).

# **AUTOMATIC SYSTEMS OF IRRIGATION FOR DRIP TO STRAWBERRIES ARTESANAL CULTIVATION**

Author: Oscar René Muñoz Fuevez

Tutor: Ing. Diego Terán

Year: 2014

## **SUMMARY**

The present project of automatic systems of irrigation for drip to strawberries artesanal cultivation, desing is with the goal to increase the efficiency of the systemirrigation, decreasing the physical forcé will decrease the time of irrigation, fertilization and optimization of hydropower to cultivate strawberries. It designs and imprements an automatic system, using drop of wáter. This system maintains two seccion of cultivation; each zone encompasses 8 fields, with around 2304 strawberry plants. In these fields, each plant is 20 cm apart. The operation and fertilization is controlled manvally (the operator must klik one button to operate the system) and automatic (It is activated in agreement to the established parameters and the levels of dampnes).

The automatization of irrigation is usable thaanks to PLC LOGO, which is in charge of the system ON/OFF contra. It detects the percentage of humidity in the soil with a sensor in each row of strawberries. In order to activate the control, the humidity must rage from 75% to 90%. The system irrigation is prepared to activate if the temperatura is below 8°C, preventing the plants from frosting which is a result of por weather condition and geography, this system can reduce the issve by 40%.

The goal of this project is to help the farmers dedicated to cuitivating strawberries, with the implementation of this technology, the quality of the production, and of the fruit, will improve, he avoids to farmer the ergonomic problems . it will also control the health of the plant, this system will in turn improve the presentation and worth of the fruit (strawberry).

Automatic systems of irrigation for drip to strawberries artesanal cultivation.

## PRESENTACIÓN

Con la finalidad de disminuir problemas ergonómicos y enfermedades por el contacto directo con los productos químicos utilizados en el cultivo de fresas, además de mejorar la eficiencia de riego (ahorro de agua), se ha elaborado este proyecto en los siguientes capítulos a detallarse.

En el primer capítulo se consideran los conceptos básicos, clasificación de diferentes tipos de riego existentes, estructura del suelo y los componentes principales que conforman un sistema de riego por goteo.

En el segundo capítulo se describe los dispositivos electrónicos utilizados para el control del sistema, cálculos y programación necesarios para su implementación.

En tercer capítulo se basa en la selección de la bomba, red tuberías, diagramas de instrumentación, instalación del riego, partes principales que tiene el tablero de control.

El cuarto capítulo consiste en pruebas y ajustes de todo el sistema de riego después del diseño e instalación de la misma.

El último capítulo describe el costo – beneficio del proyecto en el cual los datos y valores comprueban la fiabilidad que tiene la implementación de un sistema de riego automático.

# **CAPÍTULO 1**

## **1 SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

### **1.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE RIEGO**

Los sistemas de irrigación se han utilizado desde la antigüedad, para los diferentes tipos de cultivo tales como: frutales, leguminosas, hortalizas, tubérculos, estos sistemas de riego son debidamente seleccionados de acuerdo a la situación geográfica, estructura del suelo y la calidad del agua existentes en cada zona o región.

Los métodos de riego más utilizados por los agricultores son: aspersión, inundación, subterráneo, por goteo; de las cuales el riego por goteo se considera como una de las mejores alternativas por su mayor uniformidad en el reparto de agua, ahorro de agua, mayor versatilidad y flexibilidad, utilizado en la mayoría de cultivos de ciclo corto como una de las mejores alternativas para realizar el riego.

Desde la década de los 90 a los sistemas de riego tradicionales; se han implementado las nuevas tecnologías obteniendo mejores beneficios, aumentando las capacidades hídricas del suelo, las plantaciones, reduciendo los porcentajes de salinidad, además de garantizar una mínima pérdida de agua por evaporación o filtraciones.

### **1.2 TIPOS DE SISTEMA DE RIEGO**

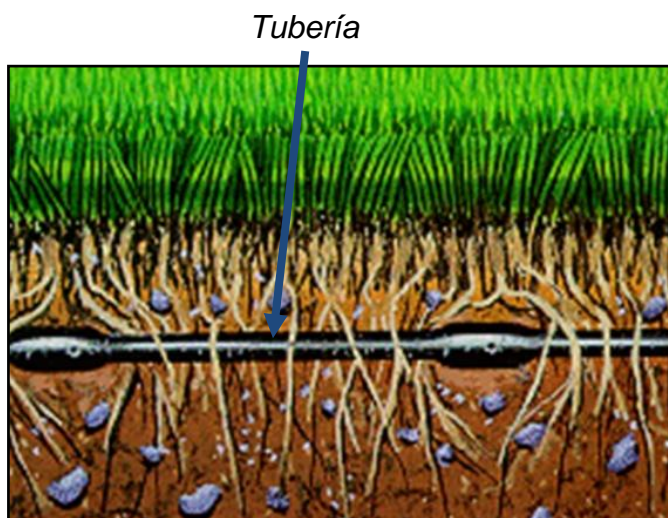
Los sistemas de riego son considerados como la aplicación artificial del agua en un determinado superficie para alcanzar la humedad necesaria y de esta manera poder alcanzar un mejor desarrollo de la planta. Los sistemas de riego se clasifican en tres grandes grupos: Subterráneo, superficial y aéreo.

### 1.2.1 RIEGO SUBTERRÁNEO

Este tipo de riego está considerado como uno de los mejores métodos, apropiado en terrenos de textura uniforme y con permeabilidad suficiente, para que el agua se movilice con rapidez; se trata de tuberías perforadas que se entierran en los suelos a una determinada profundidad, para los diferentes cultivos, el rango de colocación de las mismas es de 5 cm a 50 cm.

Sus principales características son:

- Menos pérdidas de agua por no estar expuesto al aire y aumenta la durabilidad de la vida útil de las tuberías.
- Permite la utilización de aguas residuales depuradas sin molestia de malos olores.



**Figura 1-1:** Riego subterráneo

Fuente: <http://www.ciasfe2.org.ar/wp-content/uploads/2013/03/riego-subterraneo-640x477.jpg>

### 1.2.2 RIEGO SUPERFICIAL

Son sistema de riego tradicional, eficiente; utilizado para regar todo tipo de cultivos en texturas de suelo fino, arenoso, arcilloso. El agua se aplica



directamente sobre la superficie del suelo, la misma actúa como sistema de distribución dentro de las parcelas.

#### 1.2.2.1 Riego por Goteo

Es el sistema más eficiente (95%), permite la flexibilidad de aplicación de fertilizantes, mantiene una humedad constante en el suelo, previene crecimientos de malezas y enfermedades de las plantas.

Los sistemas de goteo se pueden integrar con gran facilidad los sistemas de fertirrigación y sistemas automáticos. En este tipo de riego se utilizan emisores con caudales bajos y las presiones de operación son relativamente bajas. Los caudales típicos de emisores son de 0,6-16 Lt/h, a 4 galones por hora y los emisores más utilizados son de 1-4 lt/h.



**Figura 1-2:** Riego Superficial (Riego por Goteo)

Fuente:[http://2.fimágenes.com/i/3/9/9e/am\\_79225\\_5430792\\_535848.jpg](http://2.fimágenes.com/i/3/9/9e/am_79225_5430792_535848.jpg)

#### 1.2.2.2 Riego por Inundación

Riego tradicional hasta el siglo XIX aproximadamente en el que se inventó el riego localizado, las filtraciones de agua son incontrolables, roturas de conductos, la humedad del suelo no es uniforme, se utiliza una cantidad exagerada de los recursos hídricos y el tiempo empleado para realizar el riego supera las 10 horas, la humedad del suelo depende de la nivelación del terreno, acumulando una mayor cantidad de agua (mayor porcentaje de humedad en el suelo) en los sectores que tengan un desnivel.



**Figura 1-3:** Riego por Inundación

Fuente:<http://fpsnavarra.org/blog/wp-content/uploads/riego-por-inundaci%C3%B3n.jpg>

### 1.2.3 RIEGO AÉREO

El agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando dispositivos de emisión de agua, denominados aspersores, que generan un chorro de agua, dotados de presión y que llega hasta ellos a través de una red de tuberías, cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y tipo de estructura del terreno.



**Figura 1-4:** Riego Aéreo

Fuente:<http://www.ayudaenaccion.org/wpcontent/uploads/regadio.jpg>

### 1.3 ASPECTOS AGRONÓMICOS A CONSIDERAR PARA LA INSTALACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO

Los factores principales a considerar para la obtención de buenos resultados con la irrigación por goteo son: propiedades del suelo, calidad del agua, cultivo a realizar. Cada de estos elementos son indispensables en cada una de las alternativas de riego que se desee utilizar, para alcanzar una eficiencia de riego hasta un 95%, aumentar la productividad, reducir el esfuerzo físico, evitar problemas de salinidad, etc.

### 1.3.1 EL AGUA EN EL SUELO

El agua es un factor de producción clave para la agricultura, como la calidad de la misma. Los porcentajes de cantidad de agua retenida depende de la cantidad de materia orgánica que contiene el suelo, generalmente la retención de humedad es mayor en terrenos con estructuras más finas y con contenidos de materia orgánica altas.

La calidad de los constituyentes del agua de riego está relacionado al análisis de cuatro problemas que se debe considerar: salinidad, permeabilidad, toxicidad (por absorción radicular y foliar).

#### 1.3.1.1 Salinidad

La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en el agua de riego. La conductividad eléctrica (CE)<sup>1</sup> es uno de los métodos más utilizados para medir los porcentajes de salinidad en el agua. La salinidad es causada por el potencial osmótico (PO)<sup>2</sup> que reduce la capacidad de absorción de agua por las raíces.

En caso de detectar altos porcentajes de salinidad en el suelo se debe de reducir, utilizando productos que contrarresten los porcentajes de salinidad.

#### 1.3.1.2 Permeabilidad

Los problemas de permeabilidad están relaciones a la baja salinidad (baja CE) y alto contenido de sodio con respecto al nivel de calcio y Mg.

#### 1.3.1.3 Toxicidad

Los problemas de toxicidad son debido a los constituyentes (iones) en el suelo o en el agua de riego. Dentro de estos problemas la más común son los porcentajes

---

<sup>1</sup> CE: Conductividad Eléctrica

<sup>2</sup> PO: Potencial Osmótico.- Reducción de la capacidad de las raíces a extraer agua del suelo

de cloro que tiene el agua considerada como: C11 = No dañino C12 = Bajo riesgo C13= Mediano riesgo C14= Peligrosa

La capacidad de retener el agua dependerá de la textura del suelo y su estructura.



**Figura 1-5:** Capacidad de retención de agua de acuerdo a la textura del suelo.

Fuente:[http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf).

#### 1.3.1.4 Estrés hídrico



**Figura 1-6:** Niveles de agua para las plantas.

Fuente:[http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf)

Es el suministro de agua a partir de la cual el cultivo presenta problemas en su desarrollo y crecimiento.

**Saturación.-** Supera la capacidad de campo, si no hay restricciones físicas al agua drenará en pocas horas.

**Óptimo.-** El contenido de humedad del suelo se sitúa entre 75% del agua útil y la capacidad de campo. Las plantas extraen agua con un mínimo gasto energético.

**Ligero Estrés.-** El contenido de humedad del suelo se sitúa entre 50 y 75% del agua útil.

**Estrés.-** El contenido de humedad del suelo se sitúa por debajo del 50% del agua útil. Las plantas ponen en marcha los mecanismos que les permiten reducir el consumo de agua.<sup>3</sup>

Teniendo en consideración los requerimientos de agua en cualquier cultivo, la falta de agua puede causar disminución y mala calidad del producto. Por tal razón es necesario conocer las etapas de máxima sensibilidad a la falta de agua del cultivo.<sup>4</sup>

**Tabla 1-1:** Pérdidas de máxima sensibilidad a la escasez de agua.

Cítricos	Floración – Cuaje
Olivo	Inicio floración – endurecimiento hueso
Manzano, peral	Cuaje – engorde de fruto
Vid	Floración – cuaje y envero
Fresa	Desarrollo del fruto
Trigo, cebada, avena	Dos semanas antes espigado - dos semanas después espigado
Maíz	Dos semanas antes de emisión de polen – dos semanas después
Patata	Inicio tuberización – final engorde tubérculos
Remolacha	Engrosamiento de la raíz
Leguminosas (grano)	Floración – formación de vainas
Girasol	Floración – inicio madurez
Hortícolas de fruto	Floración – engorde del fruto
Cebolla	Crecimiento rápido del bulbo

Fuente: [http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf)

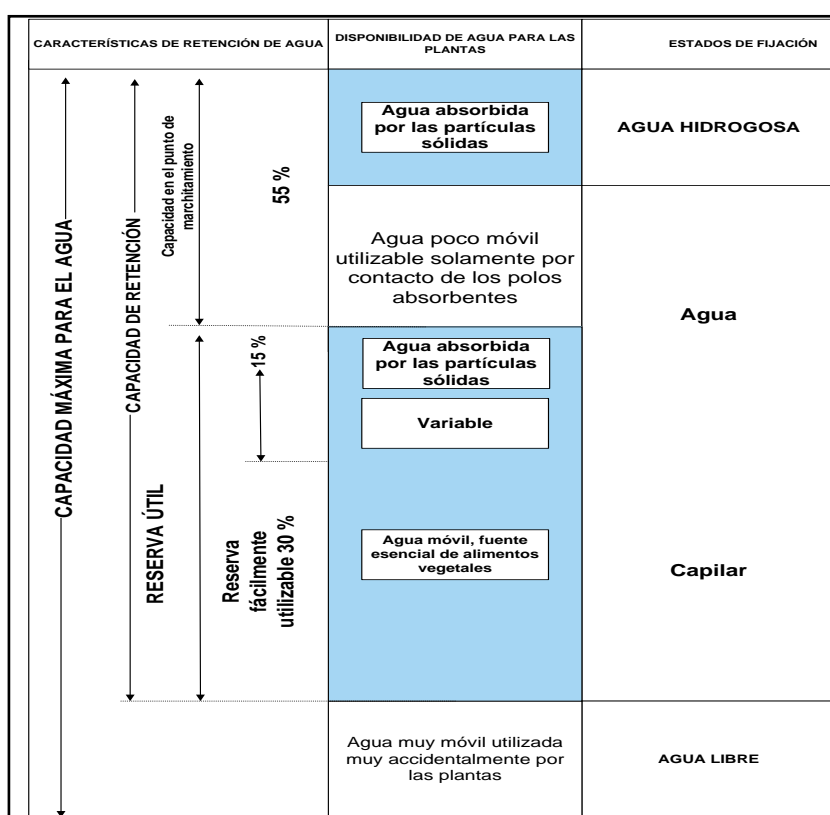
### 1.3.2 RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA

<sup>3</sup> Fuente: [http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf)

<sup>4</sup> Fuente: [http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf)

La relación entre el agua, suelo y planta es esencial para el crecimiento, producción y cosecha de los diferentes cultivos existentes en la zona norte del país.

La cantidad de agua necesaria para la siembra de la fresa, depende de la textura del suelo, la cantidad y calidad de agua a utilizar, con los cálculos necesarios para todo el sistema de riego por goteo, de esta manera se impide a futuro los problemas de salinidad, penetración de agua en el suelo y el tiempo de irrigación.



**Figura 1-7:** Estado de agua en el suelo

Fuente: Autor

**Agua hidrogosa.-** Es el agua fuertemente fijada por las partículas. No es disponible para el consumo de las plantas.

**Agua capilar.-** Agua retenida en los poros del suelo venciendo la acción de la gravedad. Una parte es más móvil y disponible para las plantas.

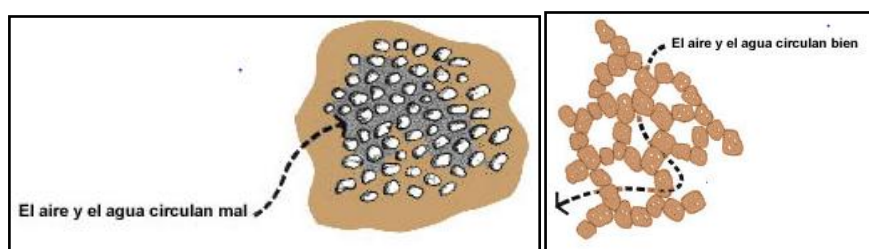
**Agua libre o agua de gravedad.-** Es aquella que momentáneamente llana los grandes poros del suelo, pero que se arrastra por la acción de la gravedad en los suelos correctamente drenados.

Al contenido de humedad del suelo cuando ha drenado el agua de gravedad se le llama (CC).<sup>5</sup>

Al contenido de humedad de suelo por debajo de la cual se produce la marchitez irreversible de la planta (PM)<sup>6</sup>

### 1.3.3 ESTRUCTURA DEL SUELO

La estructura y la textura son dos importantes propiedades físicas del suelo a considerar antes de la instalación del sistema de irrigación, estas dos propiedades físicas nos ayuda a determinar el abastecimiento de agua y el aire en los suelos.



**Figura 1-8:** Estructura de suelo Buena y Mala

Fuente: FAO, 2008<sup>7</sup>

Según la FAO<sup>8</sup> define a la estructura del suelo por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. La circulación del agua en el suelo varía notablemente de acuerdo con la estructura, de esta manera se sabe si la estructura es mala o buena además ofrecer la información sobre el grado de circulación del agua o la permeabilidad.

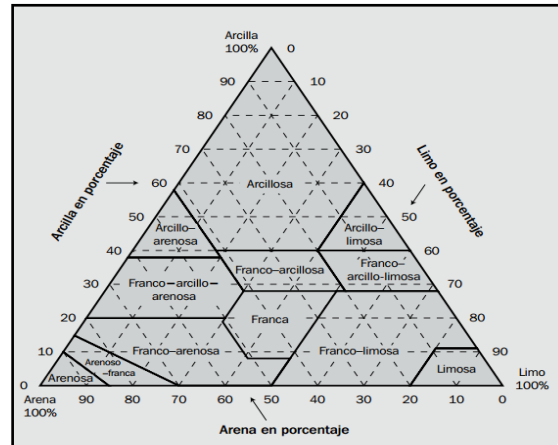
<sup>5</sup> CC: Capacidad de campo de retención

<sup>6</sup> PM: Punto de marchitamiento

<sup>7</sup> Fuente: [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s07.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s07.htm)

<sup>8</sup> FAO: La Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, por sus sigla en inglés (Food and Agriculture Organization)

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla en el suelo. La textura permite establecer la facilidad para trabajar en el suelo, cantidad de agua, aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.



**Figura 1-9:** Clases de textura de suelo

Fuente: FAO, 2008

Se obtiene mejores beneficios y resultados de riego de agua, al realizar los análisis pertinentes al suelo, donde se efectuará la siembra, estos análisis facilita la obtención de valores de materia orgánica, porcentaje de arena, arcilla y limo, ya que estos datos son necesarios para el cálculo de diseño del sistema de riego por goteo.

#### 1.3.3.1 Datos de análisis del suelo (Ver Anexo B).

Se optó por la realización completa del análisis del suelo, debido a que se necesita saber el tipo de textura, considerando este dato se puede saber los niveles de infiltración que posee y poder calcular el tiempo de riego y cantidad de litros requeridos. Otro de los datos importantes es el porcentaje de PH del suelo y materia orgánica para el riego de fertilizantes, para determinar qué elementos se va a complementar para el desarrollo y crecimiento de la planta de fresa.



### 1.3.3.2 Datos de análisis del agua (Ver Anexo C).

La zona donde se implemento este proyecto no cuenta con un canal de riego, por tal razón para el riego se lo hará con agua potable que se almacenara en un tanque con una capacidad de almacenamiento de 6000 litros.

Por tal razón se vio la necesidad de obtener los niveles de cloro, PH y otros elementos que tiene el agua, estos valores nos ayuda en los cálculos y en el diseño para la implementación del sistema de riego por goteo.

## **1.4 COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

Para que un sistema de riego funcione correctamente se debe utilizar una serie de componentes que están entrelazadas entre sí, cada uno de estos elementos que incorporan a este sistema de irrigación son seleccionados de acuerdo a la capacidad de agua que se disponga, área de siembra, entre otros aspectos importantes a considerar en una instalación de riego por goteo.

Un elemento principal dentro del sistema es la bomba, debidamente seleccionado de acuerdo a sus características y su capacidad de funcionamiento.

A continuación se detallara cada uno de sus componentes

### **1.4.1 PROGRAMADOR**

Con la automatización del sistema de irrigación se pretende eliminar la actividad manual de la fertilización y riego de agua, logrando una mayor flexibilidad en las labores agrícolas, mejora la calidad del riego, debido a que ejerce un mejor control de salinidad y humedad en los suelos.

Cabe recalcar que el personal que realiza las actividades mencionadas anteriormente, realizará otras tareas como por ejemplo; limpieza, cosecha, desyerbe, entre otras.

La automatización abarca una amplia gama de posibilidades, desde los métodos más simples a las más sofisticadas, desde la apertura y cierre manual de las válvulas como la total automatización de las operaciones.

La automatización puede hacerse por tiempos, por volúmenes de riego de agua, para controlar estos parámetros se utiliza un Controlador Lógico Programable (PLC)<sup>9</sup>, (Ver Anexo J).

Este dispositivo controla las entradas y salidas de señales de cada elemento electrónico, cada bloque del sistema.

#### **1.4.2 ELECTROVÁLVULAS**

Una electroválvula es la combinación de dos partes fundamentales, un selenoide (bobina) y un cuerpo de válvula con 2 o 3 vías que sirve para abrir o cerrar el paso de un fluido a través de una señal eléctrica.

Las características de cada electroválvula se detallan en el aparato y su clasificación es según el número de vías, situación de reposo y de funcionamiento.

Las vías son los puntos de conexión entre la electroválvula y la instalación. 2 vías quieren decir una entrada y una salida. 3 vías quieren decir una entrada, una salida y una vía de descarga que también puede ser utilizada, con otras combinaciones, para tener una derivación o una mezcla de más fluidos.

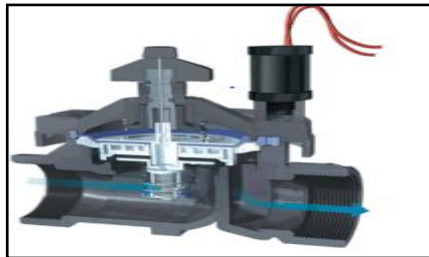
---

<sup>9</sup> PLC: Controlador Lógico Programable

Según el valor de la presión que deber ser interpretada, igual o mayor a 0 bar, existen dos grandes familias de electroválvulas, de acción directa y servocomandada o de funcionamiento por diferencia de presión.

Las electroválvulas de acción directa se activa a través de una junta montada directamente sobre el núcleo magnético para accionar la bobina.

Las electroválvulas de acción servocomandada disponen de un orificio piloto y genera la presión del fluido que circula por la misma y por tanto no depende de la diferencia de potencia de la bobina.

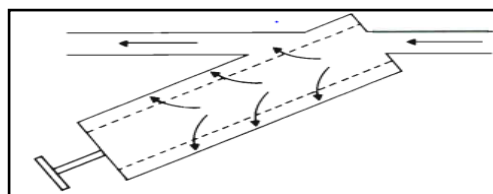


**Figura 1-10:** Electroválvula de 2 vías

Fuente:<http://www.viarural.com.ec/agricultura/riego/hunter/electrovalvulas/icv-filter-sentry/icv-filter-sentry-1.gif>

Para cada sector de riego se encuentra instalada una electroválvula que se abre y se cierra según le ordena el PLC. Características de la electroválvula (Ver Anexo D).

### 1.4.3 FILTRO



**Figura 1-11:** Filtro de malla

Fuente:[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1991\\_04-05.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1991_04-05.pdf)

La calidad del agua es un factor muy importante en el manejo de los sistemas de riego, los emisores pueden obstruirse por la presencia de partículas contaminantes en el interior de una masa porosa (filtro de arena) o sobre una superficie filtrante (Filtro de malla).

El filtro de malla es una pieza fundamental en cualquier tipo de riego que se adapta, para retener las impurezas en la superficie de unas mallas metálicas o material plástico (nilón, poliéster). Si el agua contiene algas hay que instalar antes un filtro de arena para retenerlas. Para minimizar el riesgo de taponamiento, el diseño del sistema de filtrado debe funcionar bajo las condiciones más adversas.

El tamaño de los orificios de la malla se mide por un número de mesh o número de malla, que es la densidad de mallas por pulgada lineal.

**Tabla 1-2:** *Tamaño de orificio para diferentes mesh de aceros inoxidables.*

NUMERO MESH	DIÁMETRO EQUIVALENTE	
	(mm)	(micrones)
16	1,180	1.180
20	0,850	850
30	0,600	600
40	0,425	425
100	0,150	150
140	0,106	106
170	0,090	90
200	0,075	75
270	0,053	53
400	0,038	38

Fuente: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR28083.pdf>

Teniendo en consideración que el grosor de los hilos de la malla varía de acuerdo al material con que están fabricados, ya sean de acero o de plástico (son más finos los de acero que los de plástico). El tamaño del orificio debe ser 1/7 del tamaño del orificio del gotero.

**Tabla 1-3:** *Tamaño de orificio para diferentes mesh de nylon.*

Nº DE MESH	ORIFICIO (mm)	Nº DE MESH	ORIFICIO (mm)
3,5	5600	32	500
4	4750	35	425
5	4000	42	355
6	3350	48	300
7	2800	60	250
8	2360	65	212
9	2000	80	180
10	1700	100	150
12	1400	115	125
14	1180	150	106
16	1000	170	90
20	850	200	75
24	710	250	63
28	600		

Fuente: <http://info.elriego.com/portfolios/numero-de-mesh/>

#### 1.4.3.1 Filtros de Anillas

Anillas son discos de plástico con ranuras sobre un soporte central cilíndrico y perforado. Dependiendo del número de ranuras de cada disco es la calidad de filtrado, hay filtros de anillos equivalentes a mallas de 40, 80, 120, 200, 600 mesh<sup>10</sup>. La forma de las ranuras no es uniforme, por lo tanto, los pequeños ductos que se forman tienen diferentes secciones y tamaños.

#### 1.4.4 BOMBA

Una bomba es una máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua, las bombas pueden ser de dos tipos: volumétricas, turbo-bombas.

Las volumétricas mueven el agua mediante la variación periódica de un volumen.

<sup>10</sup> MESH: Se refiere al número de orificios por pulgada lineal.

Las turbo-bombas poseen un elemento que gira, produciendo de esta manera el arrastre de agua.



**Figura 1-12:** Diferentes tipos de bombas

Fuente:[http://www.pac.com.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10224:i-que-son-bombas-de-agua-y-su-tipos&catid=64:industria&Itemid=87](http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=10224:i-que-son-bombas-de-agua-y-su-tipos&catid=64:industria&Itemid=87)

#### 1.4.4.1 Bombas manuales

El funcionamiento de las bombas manuales se basa en dos principios: aceleración y el desplazamiento, las bombas manuales más conocidas son las de pistón y la de tipo rosario.

La **bomba de pistón** tienen dos válvulas de retención, mientras sube el pistón se abre la válvula de pie y el agua ingresa.

La **bomba rosario** son utilizados para extraer agua de pozos poca profundas, consiste en una cuerda con tapones cada cierto tramo lo que hace girar una manija.<sup>11</sup>

#### 1.4.4.2 Bombas sumergibles

Contienen un impulsor sellado a su carcasa que permite bombear el líquido en que se encuentra sumergida hacia el exterior. Este tipo de bombas son principalmente utilizados para el bombeo y extracción de aguas residuales.

<sup>11</sup> Fuente: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/i119-04Fabricacion.pdf>

#### 1.4.4.3 Bombas centrifugas

Consiste en un rodete que produce una carga de presión por la rotación del mismo dentro de una cubierta. Existen diferentes clases de bombas centrifugas que se define de acuerdo con el diseño del rodete, pudiendo ser para flujo radial o axial.

Este tipo de bombas son muy utilizados para suministros de agua, hidrocarburos, transferencia de productos en oleoductos.

#### 1.4.5 TUBERÍAS



Figura 1-13: Tuberías y accesorios

Fuente: Autor

En la red principal y secundaria de distribución del agua en los diferentes riegos existentes, se utiliza tuberías de PE, por su duración, seguridad, costos y rendimiento del sistema. Para muchas aplicaciones, es necesario observar los códigos y estándares establecidas por instituciones u organizaciones gubernamentales, tales como: AWWA<sup>12</sup>, AFSA<sup>13</sup>, NFPA<sup>14</sup>, ASTM<sup>15</sup>, NSF<sup>16</sup>, IAPMO<sup>17</sup>, ISO<sup>18</sup>.

Los materiales más usados para la elaboración de las tuberías son el acero, cobre y plástico sobresaliendo las tuberías de cobre en las instalaciones hidráulicas.

<sup>12</sup> AWWA: American Water Works Association

<sup>13</sup> AFSA: American Fire Sprinkler Association

<sup>14</sup> NFPA: National Fire Protection Association

<sup>15</sup> ASTM: American Society for Testing and Materials

<sup>16</sup> NSF: National Sanitation Foundation

<sup>17</sup> IAPMO: International Association of Plumbing and Mechanical Officials

<sup>18</sup> ISO: Organization for Standardization

Las tuberías plásticas, sobre todo las del tipo CPVC<sup>19</sup>, están ganando mucho terreno.

#### 1.4.5.1 Tuberías de plástico

Dentro de las tuberías plásticas se distinguen dos categorías como: Termoendurecibles y Termoplásticos.

### 1. Termoendurecibles

Este tipo de tuberías pierden la plasticidad inicial, endureciéndose en un proceso irreversible.

### 2. Termoplásticos

No pierden la plasticidad inicial y la forma se modifica en caliente y bajo efectos de presión, dentro de estas categorías tenemos: PVC<sup>20</sup>, CPVC y PE<sup>21</sup>.

Las características a considerar de las tuberías de PVC con relación a otras tuberías son:

- Livianos
- Facilidad de instalación
- Elevada resistencia química
- Gran Durabilidad e impide la formación de incrustaciones
- Poca rugosidad
- Hermeticidad
- Flexibilidad

Por las características señaladas anteriormente, este tipo de tuberías son empleadas en: redes de agua potable, sistemas de riego (aspersión, goteo),

---

<sup>19</sup> CPVC: Cloruro de polivinilo clorado

<sup>20</sup> PVC: Cloruro de polivinilo

<sup>21</sup> PE: Polietileno



conducciones de fluidos (químicos, corrosivos, ácidos, alcalinos), protección de conductores eléctricos y telefónicos.

#### 1.4.5.2 Piezas especiales

Para la instalación adecuada de las tuberías adicionalmente se utilizo piezas especiales que son elementos que se intercalan en la conducción para poder realizar: derivaciones, cambios de dirección, cierre o apertura del paso de agua, de acuerdo al diámetro y clase de tuberías seleccionada para el riego, como: codos, bujes, neplos, neplos corridos, tee, uniones, conectores macho y hembra, universales, reducciones.

### 1.4.6 EMISORES O GOTEROS

Los emisores permiten la salida del agua con un caudal controlado, debido a que tiene las siguientes características.

Los caudales más comunes para riego por goteo suelen oscilar entre 2 y 12 litros/hora, con unas presiones de trabajo que suelen oscilar entre 10 y 20 m.c.a<sup>22</sup>, según el cultivo y el suelo se deberá elegir el gotero más conveniente, para cultivos frutales se utiliza goteros de 2 litros/hora, trabajando a 10 m.c.a.

Los goteros son muy sensibles a los cambios de presión, además percute la viscosidad del agua y su temperatura. Para una misma presión, a mayor temperatura corresponde mayor caudal.

La curva característica de un gotero relaciona su caudal con la presión del agua. Viene definida por la siguiente ecuación:

$$q = kh^x$$

---

<sup>22</sup> m.c.a: metros columna de agua

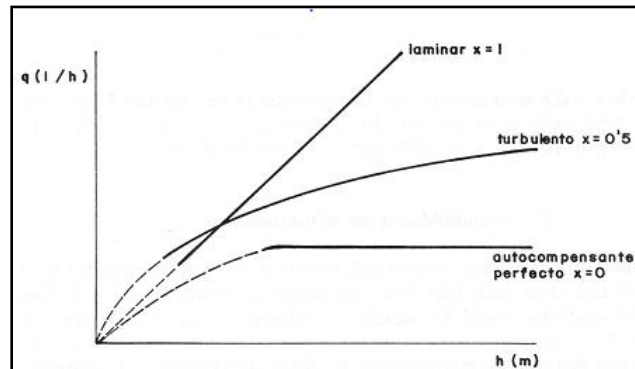
Donde:

$q$ = Caudal de gotero, expresado en litros/hora

$K$ = Coeficiente característica de cada gotero

$h$ = Presión a la entrada del gotero, expresado en m.c.a

$x$ = Exponente de descarga del gotero ( $x= 1$  en régimen laminar;  $x> 1$  en régimen turbulento)



**Figura 1-14:** Curvas características de diferentes goteros

Fuente: [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_08.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_08.htm)

Los goteros según su forma de instalación se clasifican en:

#### 1.4.6.1 Derivados o sobre línea

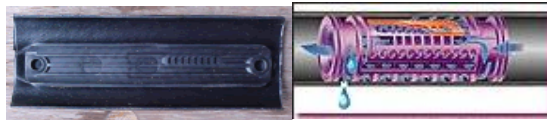
Son aquellos que se instalan cortando la tubería e insertando el gotero. El agua circula por el interior del gotero, que forma parte de la conducción.

#### 1.4.6.2 Intercalación o interlínea

Son goteros que se instalan en la tubería en un orificio realizado con sacabocados. Estos emisores se pueden colocar a diferentes distancias cada emisor, dependiendo del cultivo que se tiene, caudal que fluirá por las redes de distribución. Existe una gran cantidad de goteros que se puede utilizar, con reguladores de presión para que exista uniformidad al momento de realizar el riego.

### 1.4.6.3 Integración o integrados

Estos emisores se implantan en una tubería de polietileno durante el proceso de instalación de la misma, estos tipos de emisores son termosoldados en el interior en distancias de (20, 30, 40, 50) cm, para distintos caudales.



**Figura 1-15:** Esquema interno de goteros integrados

Fuente: <http://info.elriego.com/wp-content/uploads/2012/03/2b.jpg>



**Figura 1-16:** Tipos de goteros según la forma de instalación

Fuente: [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial\\_08.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%2010.Riego%20goteo/tutorial_08.htm)

## 1.4.7 TANQUE DE ALMACENAMIENTO



**Figura 1-17:** Tanque de almacenamiento de agua del sistema de riego.

Fuente: Autor

En el terreno donde se realiza la siembra de fresas e instalación del sistema de riego por goteo, cuenta con un tanque de almacenamiento, con una capacidad de 6000 litros. Se optó por utilizar este tanque debido a que tiene la capacidad suficiente de abastecimiento de agua, para todo el cultivo. De esta manera minimiza los recursos o herramientas que se necesitan para la implementación de dicho sistema.

En el terreno donde se realiza la siembra de fresas e instalación del sistema de riego por goteo, cuenta con un tanque de almacenamiento, con una capacidad de 6000 litros. Se optó por utilizar este tanque debido a que tiene la capacidad suficiente de abastecimiento de agua, para todo el cultivo. De esta manera minimiza los recursos o herramientas que se necesitan para la implementación de dicho sistema.

Para una mayor seguridad se realiza las respectivas pruebas, llenando el agua a su máxima capacidad de almacenamiento, revisando en las 4 paredes si existe alguna fuga o deterioro de la misma. El tanque de almacenamiento cuenta con una llave de ingreso de agua conectada a una tubería de 1 pulgada, con dos salidas con tuberías de 2 pulgadas. Para poder controlar automáticamente el llenado del agua se reemplazó la llave de paso por una electroválvula de 1 pulgada (Ver Anexo D), la misma que será controlada por el PLC.

Dentro del tanque se implementaron dos flotadores acondicionados de acuerdo a las necesidades del riego, cada una de ellas envían señales eléctricas al PLC, indicando el nivel(mínimo, máximo) de agua dentro del tanque, de esta manera se controla el encendido y apagado de la electroválvula.

El llenado del tanque de almacenamiento de agua, es un control on/off. Tomando en consideración de que se tiene un caudal de entrada pequeña pero constante, sin la necesidad de hacer regulaciones para el aumento o disminución de caudal de entrada. Tanque de fertilizante

Considerando las necesidades de mezcla y envío de abonos (químicos, orgánicos), a las plantas de fresas, se construyó un tanque de concreto con una

capacidad máxima de 300 litros. Para la mezcla de abonos se llenara hasta 150 litros, que es la necesaria para una zona de cultivo que consta de 8 camas.



**Figura 1-18:** Tanque de mezcla de abonos (químicos, orgánicos)

Fuente: Autor

## **1.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

El riego por goteo, alcanza una eficiencia del 95% frente a otros tipos de riego, tiene sus ventajas y desventajas a continuación se detallara cada una de ellas, dando lugar al mejor entendimiento de las mismas.

### **1.5.1 VENTAJAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

- El riego por goteo incrementa la productividad
- Potencia la eficiencia de los recursos, aprovechando de una mejor manera el agua y nutrientes que se mezclan al momento de la fertirrigación.
- Mejora la eficiencia de riego, ya que no existen problemas de infiltración de sales al suelo.
- El consumo de agua se reduce un 60%, disminuyendo costos de producción.
- La dosificación en cada planta es la necesaria, el agua y los nutrientes son aplicados directamente a la zona radicular.
- A pesar de altas frecuencias de riego, el suelo mantiene un nivel menor de salinidad y un nivel alto de humedad.

- Facilita las operaciones agrícolas, minimizando los requerimientos laborales como limpieza de malezas.
- Reduce la aparición de enfermedades en las plantas.
- Con la automatización se logra minimizar los tiempos de riego, facilitar al agricultor que al pulsar un solo botón puede realizar riegos de agua como de fertilizantes, manteniendo la humedad en rangos necesarios para la planta.
- El esfuerzo físico desaparece al 100% con la implementación de riegos automáticos, el control de plagas es más fácil, no se obtienen frutos contaminados por tal razón se mejora la presentación y calidad de la fresa.

### **1.5.2 INCONVENIENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

- Teniendo en consideración el gran número de ventajas de este tipo de sistemas y de la importancia de cada una de ellas, este riego algunas limitaciones a considerar:
- Exige estricta utilización de sistemas de filtrado.
- Las concentraciones de sales alrededor del bulbo que se forma en momentos de goteo.
- Requieren un manejo más cuidadoso que otro tipo de riegos.
- La inversión inicial y los costos de mantenimiento pueden ser mayores en comparación a otros métodos de irrigación.
- Necesita unidades de bombeo.
- Existen obstrucciones de los goteros, debido a las acumulaciones de sedimentos, partículas de suelo, algas o minerales.
- Si existe fugas mínimas disminuye la presión, provocando el no alcance del agua a los terminales del extremo.
- No existe la información científico-técnico necesario para métodos de diseño, instalación y mantenimiento de sistemas automáticos, definitivamente instaurado, dificultando los procesos de mantenimiento que son indispensables para el buen funcionamiento.

## CAPÍTULO 2

# 2 DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO

### 2.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control son ordenamientos de componentes físicos, unidos o entrelazado entre sí, de tal manera que si uno de sus componentes o parámetros establecidos entre ellos sufre algún tipo de daño, modificación, error, influye en el funcionamiento de todo el sistema de control.

Los sistemas de control se clasifican según su comportamiento en:

- a) Sistema de control de lazo cerrado
- b) Sistema de control de lazo abierto

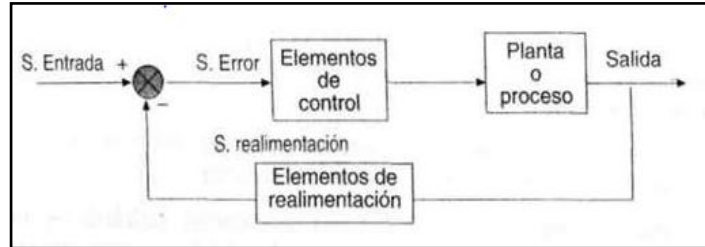
#### 2.1.1 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO CERRADO

Es un sistema que mantiene una relación establecida entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control de realimentación o lazo cerrado.

Los elementos que conforman al sistema de control de lazo cerrado:

- a) **Elementos de comparación.-** Este elemento decide que acción tomar cuando la señal de error.
- b) **Elemento de control.-** Es la encargada de producir un cambio en el proceso al eliminar el error.
- c) **Elemento de proceso.-** El proceso o planta, es el sistema donde se va a controlar la variable.

- d) **Elemento de medición.-** Produce una señal relacionada con la condición de la variable controlada y proporciona la señal de realimentación al elemento de comparación para determinar si hay o no error.



**Figura 2-1:** Sistema de control lazo cerrado

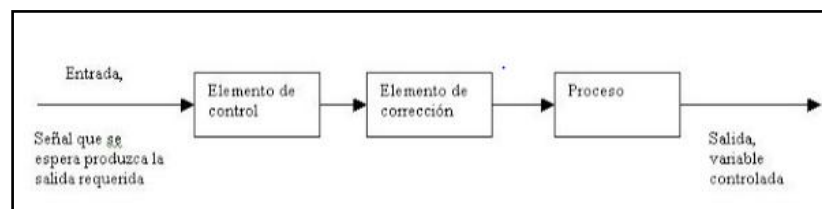
Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos67/tecnologia-control/image005.jpg>

### 2.1.2 SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO

Dentro de estos sistemas de control la salida no afecta la acción de control.

Elementos que conforman el control de lazo abierto:

- Elemento de control.-** Determina que acción se va a tomar dada una entrada al sistema de control.
- Elemento de corrección.-** Responde a la entrada que viene del elemento de control e inicia la acción para producir el cambio en la variable controlada al valor requerido.
- Proceso.-** El proceso o planta en el sistema en el que se va a controlar la variable.



**Figura 2-2:** Lazo de control abierto

Fuente: <http://eet602ei.blogspot.com/2012/05/sistemas-de-control-lazo-abiertocerrado.html>



## 2.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Cada componente para el sistema automático de riego para cultivo de fresas, fue seleccionado minuciosamente de acuerdo al diseño, cálculos, voltajes de trabajo (5 -24 V DC, 120 V AC), corriente, presión del agua, espacio disponible, consideraciones ambientales, calidad del agua y textura del suelo.

### 2.2.1 SENSOR DE NIVEL

Son dispositivos electrónicos que miden el nivel de líquido dentro de los tanques.

#### 2.2.1.1 Tipos de sensores de nivel

1. <sup>23</sup>**Sensores de Desplazamiento.-** Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido. Este instrumento puede usarse en tanques abiertos o cerrados, a presión o a vacío, con una buena sensibilidad, que presenta el inconveniente de riesgo de depósitos de sólidos o de crecimiento de cristales en el flotador que se afectan a la precisión de la medida.
2. **Sensores de Conductividad.-** Consiste en uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El instrumento se usa como alarma o control de nivel alto y bajo, utiliza relés eléctricos o electrónicos, en función de la conductividad del líquido.
3. **Sensores Capacitivos.-** El medidor de nivel capacitivo mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque.

---

<sup>23</sup> Fuente: <http://www.coltech.es/informacion/45-medidores-de-nivel/65-medidores-de-nivel-tipos-y-caracteristicas.html>

4. **Sensores Ultrasónicos.-** Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo receptor. Los sensores trabajan a frecuencias cercanas a 20KHz. Son utilizados para todo tipo de tanque y líquidos o lodo, son sensibles a la densidad de los fluidos y dan señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida<sup>21</sup>.

#### 2.2.1.2 Selección del sensor de nivel a utilizarse

Para el control del sistema de llenado de los tanques, se optó por seleccionar un sensor de nivel de desplazamiento (flotador), debido a que tiene salida digital, son robustos, fiables y económicos. (Ver Anexo E).

Este tipo de sensor tiene los requerimientos que se necesita para el control de llenado del tanque, indicando los niveles mínimos y máximos de agua, permitiendo el funcionamiento del control ON/OFF.



**Figura 2-3:** Sensor de nivel de desplazamiento

Fuente: Autor

### 2.2.1.3 Funcionamiento

En el tanque 1, se instaló 2 flotadores para la verificación de nivel mínimo y máximo del agua. Para el nivel mínimo se colocó a una distancia de 8 cm desde la superficie del tanque 1, considerando que es una distancia apropiada para que la bomba tenga la posibilidad de absorción del agua. Entrando en funcionamiento la electroválvula A, para el llenado.



**Figura 2-4:** Ubicación de flotadores en el tanque

Fuente: Autor

Para la medición del nivel máximo se instaló el flotador a 50cm desde la superficie, una vez que el líquido llega hasta ese punto, envía una señal eléctrica al PLC, para el apagado de la electroválvula A.

Dentro del tanque 2 (Fertilizante), se instaló los flotadores, considerando los mismos niveles y condiciones de funcionamiento para activar o desactivar la electroválvula B.

## 2.2.2 SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO

Los sensores de humedad son dispositivos electrónicos capaces de detectar magnitudes físicas, de PH y humedad para convertirlas en señales eléctricas en rangos apropiados de trabajo (0 - 10V y de 4 – 20A).

### 2.2.2.1 Tipo de sensores de humedad

<sup>24</sup>La medición del contenido de agua en el suelo, se puede medir utilizando técnicas dieléctricas que se basan en la dependencia de las propiedades dieléctricas del suelo con el contenido de agua. Una de las más empleadas actualmente son las **Sondas Capacitivas**.

1. **Tensiómetros.-** Sirven para conocer el estado hídrico en el suelo, se deben colocarse en función del estado de crecimiento de las raíces o profundidad.
2. **Sensor de humedad mecánicos.-** Aprovechan los cambios de dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad.
3. **Sensores de humedad basados en sales higroscópicas.-** Deducen el valor de la humedad en el ambiente a partir de una molécula cristalina que tiene mucha afinidad con la absorción de agua.
4. **Sensores de humedad por conductividad.-** La presencia de agua en un ambiente permite que a través de unas rejillas de oro circule corriente. Según la medida de corriente se deduce el valor de la humedad<sup>21</sup>.

### 2.2.2.2 Factores que afectan la precisión del sensor de humedad.

- <sup>23</sup>Temperatura y humedad a la que fue calibrado el sensor.
- Dependencia de la calibración de la humedad y la temperatura, muchos sensores no son lineales.
- Que tan sensitivos es el sensor a los contaminantes.
- Porcentajes de salinidad que contiene el agua, afectan a la conductividad eléctrica<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> Fuente: <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo372/complemento2.pdf>

<sup>25</sup> Fuente: <http://es.scribd.com/doc/74029800/Sensores-de-humedad>

## 2.2.2.3 Selección del sensor de Humedad

Tabla 2-1: Sensores de humedad

Sensor Electrónico DRC-00301	Módulo Higrómetro Sensor De Humedad	Sensor de humedad watermark
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión: +/- 2 % del Valor leído.</li> <li>• Resolución: 2 cB (kPa) Modelo 0 - 100 cB.</li> <li>• 0.2 cB Modelo 0 - 10 cB</li> <li>• (1 o 3 mm de Mercurio según el modelo)</li> <li>• Altura: 50 - 75 cm según el modelo.</li> <li>• Diámetro: ½ Pulgada</li> <li>• Peso: 450 gr (Sin Agua)</li> <li>• 900 gr (con Agua)</li> <li>• Material: Bulbo de Cerámica Porosa.</li> <li>• Tubo de PVC.</li> <li>• Alto costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrema de bajo coste.</li> <li>• Insensible a la salinidad.</li> <li>• La sonda no se corroe con el tiempo.</li> <li>• Diseño robusto para su uso a largo plazo.</li> <li>• Tamaño pequeño.</li> <li>• Menos de 600uA para la operación de muy baja potencia consume.</li> <li>• La medición precisa.</li> <li>• Medidas de contenido volumétrico de agua (VWC) o contenido de agua gravimétrico (GWC).</li> <li>• Tecnología pendiente de patente.</li> <li>• Voltaje de salida es proporcional al nivel de humedad.</li> <li>• Gama ancha del voltaje de suministro.</li> <li>• Sonda es larga y delgada para un uso más amplio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No precisa de calibración ni ajuste.</li> <li>• Puede medir los niveles de humedad en todos los cultivos y con todos los métodos de riego.</li> <li>• Se adapta a todos los suelos, incluso a los más arcillosos.</li> <li>• Refleja tensiones comprendidas entre 0 y 199 cb cuando está conectado al medidor de la humedad electrónico.</li> <li>• No requiere mantenimiento y puede dejarse en el suelo durante temporadas enteras ya que tampoco es sensible al frío.</li> <li>• Alto costo.</li> </ul>

Fuente: <http://www.irrometer.com/sensorssp.html>

Para la instalación del respectivo sensor de humedad en cada una de las zonas se utilizó un sensor de humedad simple y fácil (Ver Anexo R), que se basa en la variación de conductividad eléctrica (tensiómetro) para medir el porcentaje de humedad que posee el suelo. De la tabla 2.1 se escogió la opción 2.

A continuación se detalla algunas de las características de este sensor de humedad.

- Sensibilidad ajustable
- Voltaje de funcionamiento de 3,3 V a 5 V
- Modulo de salida doble: salida digital y analógica.
- Potencia de luz (rojo) y color de luz verde de salida digital.
- Interfaz de 6 hilos.
- Comparador LM393 con chip, trabajar con estabilidad.
- DO pequeña placa de interfaz de salida (0 y 1).
- A0 pequeña placa de interfaz de salida analógica.



**Figura 2-5:** Sensores de humedad de suelo

Fuente: Autor

### 2.2.3 BREAKER

Un breaker es un interruptor de accionamiento automático, destinado a proteger un circuito eléctrico de los daños causados por una sobrecarga o un cortocircuito. A diferencia de un fusible, que opera una vez y luego debe ser sustituido, un interruptor puede ser puesto a cero; ya sea manualmente o automáticamente, para reanudar el funcionamiento normal.

#### 2.2.3.1 Tipo de breaker

<sup>24</sup>**Magnetotérmico.-** Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito al momento que sobrepasa ciertos valores máximos.

**Magnético.-** Es un interruptor automático que utiliza un electroimán para interrumpir la corriente cuando se da un cortocircuito y no una sobre carga.

**Termo magnético.-** Es un interruptor que protege ciertas instalaciones eléctricas de una sobrecarga o de un cortocircuito<sup>26</sup>.

#### 2.2.3.2 Selección del breaker

El interruptor seleccionado para la protección de todo el sistema de control (Ver Anexo F), es un interruptor termo magnético de 16 A, el valor de la corriente a controlar es la necesaria, considerando que el consumo de corriente de todo la planta es de 8 A con un voltaje de trabajo de 120 VAC. Si la selección está en estado 1, permitirá la alimentación a todo el sistema, si se encuentra estado 0, interrumpe el paso de la corriente.

---

<sup>26</sup> Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Disyuntor#Tipos>



**Figura 2-6:** Interruptor de encendido de todo el sistema

Fuente: Autor

## 2.2.4 CONTACTORES

Son dispositivos que tienen la capacidad de cortar la corriente de una instalación con la posibilidad de accionamiento a la distancia, que tiene dos posicionamientos de funcionamiento: una estable o de reposo.

### 2.2.4.1 Tipo de contactores

- A. **Contactores electromagnéticos.**- Se activan mediante un electroimán.
- B. **Contactores electromecánicos.**- Se acciona con ayuda de medios mecánicos.
- C. **Contactores neumáticos.**- Se accionan mediante la presión de gas.
- D. **Contactores hidráulicos.**- Su accionamiento es debido a la presión de líquidos.

Cada elemento está constituido por contactos principales, auxiliares y una bobina.

Los contactos principales cumplen la función de abrir o cerrar el circuito, mientras que los contactos auxiliares son las encargadas de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales.

La bobina es elemento que produce una fuerza al ser atravesado por una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24, 110, 220 voltios de corriente alterna.



#### 2.2.4.2 Simbología y referencia de bornes

- Los bornes de conexión de los contactores se nombran mediante cifras o códigos de cifras de letras que permiten identificarlos fácilmente la realización de esquemas y cableado.
- Los contactos principales están denominados con una sola cifra, del 1 al 16.
- Los contactores auxiliares tienen denominaciones con dos cifras, que indican la función del contacto.

1 y 2 Contacto normalmente cerrado (NC)

3 y 4 Contacto normalmente abierto (NA)

4 y 6 Contacto de apertura temporizado

7 y 8 Contacto de cierre temporizado

- Las bobinas de un contactor se referencian con las letras A1 y A2.

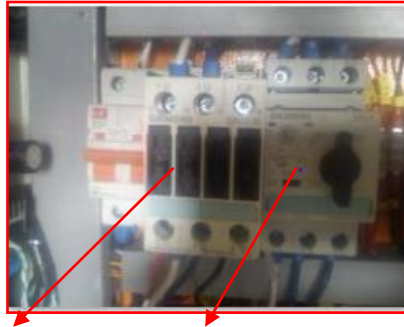
#### 2.2.4.3 Selección de contactores

Para el sistema de riego se selecciona un contactor SIEMENS (Ver Anexo G), que cumple con las características técnicas necesarias para poder controlar el apagado y encendido de la bomba MYRES de 1 hp.

El PLC envía una señal eléctrica (24 VDC) a la bobina del contactor permitiendo el paso de corriente alterna hacia la bomba, entrando en funcionamiento si todas las condiciones de programación están con sus valores correspondientes.

Para una mejor seguridad del arranque de la bomba, considerando que se produce picos de corriente; se utilizó un relé térmico marca SIEMENS (Ver ANEXO H), este dispositivo en caso de existir altos picos de corrientes o falla térmico se abre impidiendo el paso de la corriente a la bomba además en la

pantalla de logo TD me muestra un mensaje de FALLA TÉRMICA, que nos dará la pauta de revisión de dispositivos de seguridad de arranque.



**Figura 2-7:** Contactor y Relé Térmico en el sistema de arranque

Fuente: Autor

## 2.2.5 PULSADORES

Son dispositivos electrónicos que se encuentra en estado 0 y 1 dependiendo si son normalmente cerrados o normalmente abiertos, permiten el paso o interrupción de la corriente mientras se tenga presionada, volviendo a su estado inicial cuando no se esté presionando.

### 2.2.5.1 Selección de pulsador



**Figura 2-8:** Tipo de pulsadores

Fuente: [http://www.euroluzchile.cl/imag\\_categoria/imag/pulsadores-monoblock.jpg](http://www.euroluzchile.cl/imag_categoria/imag/pulsadores-monoblock.jpg)



**Figura 2-9:** Pulsadores en el tablero de control

Fuente: Autor

Para el tablero de control principal se utilizo 5 pulsadores que permitirán que se active cada una de las zonas de riego además de seleccionar el funcionamiento del sistema en modo automático o manual.

## 2.2.6 LUZ PILOTO

Son indicadores que nos permiten visualizar los estados de funcionamiento o fallas que se tenga dentro de un sistema, por medio de la activación de luces nos indica el tipo de problema que se está generando debido ya que a cada luz piloto le corresponde una identificación dentro de los tableros de control, permitiendo con gran facilidad la detección de fallas.

### 2.2.6.1 Selección de luz piloto



Figura 2-10 Luces piloto del tablero de control del sistema de riego

Fuente: Autor

Para el sistema de riego se seleccionó luces piloto que funcionan a 110V, debido a que este es el voltaje con el que se trabaja.

En el tablero principal se dispone de 4 luces piloto de diferentes colores que nos ayudara a la identificación de problemas:

La luz azul nos indica que todo el sistema esta encendido.

La luz naranja nos indica que se ha producido una falla térmica con el motor de la bomba, inhabilitando el funcionamiento de todo el sistema.

La luz roja nos indica que se activo la parada de emergencia, de la misma manera todo el sistema se paraliza hasta que se desactive dicho pulsador de emergencia para el correcto funcionamiento del sistema.

La luz verde nos indica que dentro de las zonas de cultivo existe una humedad relativa del suelo en niveles superiores a las que la planta necesita.

#### 2.2.6.2 Transformadores AC

Transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro bajo el principio de inducción electromagnética. La transferencia de energía se hace por lo general con cambio de valores altos a bajos o viceversa ya sean de corriente o de voltaje.

#### 2.2.6.3 Tipo de transformadores AC

**Transformador elevador.-** Es un elemento eléctrico al cual se le proporciona un voltaje o tensión en la entrada y como salida proporciona un voltaje más elevado.

**Transformador reductor.-** Es un elemento eléctrico al cual se le proporciona un voltaje en la entrada y como salida se obtiene un voltaje menor.

#### 2.2.6.4 Selección de transformadores AC

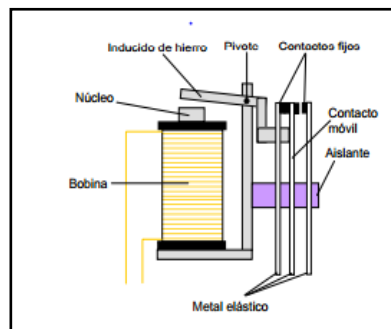


**Figura 2-11:** Transformador de 3 A a 24 vac

Fuente: Autor

Se dispuso la utilización de un transformador de voltaje de 110 vac a 24 vac, como voltajes de trabajo para las electroválvulas. RELÉS

Los relés son interruptores accionados por un electroimán, está constituido por un contacto móvil o polo y un contacto fijo, en el momento que pasa corriente por la bobina, el núcleo atrae al inducido, el cual empuja al contacto móvil hasta que toca el otro contacto fijo, funcionando como un conmutador.

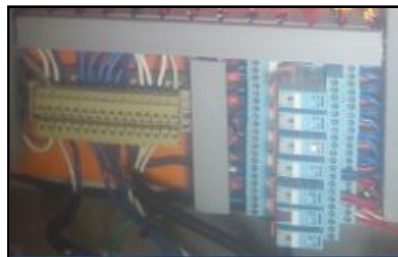


**Figura 2-12:** Partes de un relé

Fuente: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

#### 2.2.6.5 Selección de Relés

Los relés que se escogió (Ver Anexo I), se activan con 24 voltios señal que proviene de las salidas del PLC a los diferentes dispositivos que se encuentran instalados en la salida como las electroválvulas, luces indicadores, bomba sumergible. Cada relé tiene pines que están normalmente abierto y normalmente cerrados que permite el paso o la interrupción de la corriente permitiendo el funcionamiento de cada elemento adecuado a las necesidades de riego.



**Figura 2-13** Montaje de relés en el tablero de control

Fuente: Autor

## **2.3 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES**

Los dispositivos electrónicos programables son un conjunto de circuitos integrados que contienen un número determinado de elementos lógicos programables.

Estos dispositivos mejoran el tiempo en la elaboración de proyectos, permitiendo modificar con gran facilidad los programas que se realiza dentro de ellos, mediante software creado específicamente para cada dispositivo electrónico programable y su costo de mantenimiento es bajo frente a otro software.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas de cableado controlado por medio de contactores y relés. El ordenador y los dispositivos electrónicos programables han intervenido de forma considerable para sustituir este tipo de instalaciones de manera que sean controladas de forma programada.

Entonces se puede decir que estos dispositivos son destinados a controlar las operaciones de cualquier proceso de producción, donde se conectan captadores (finales de carrera, pulsadores, sensores, etc) a su entrada y los actuadores (bobinas de contactores, receptores, electroválvulas, etc.) a su salida.

### **2.3.1 FUNCIONAMIENTO**

Está compuesto básicamente por: varios registros, una unidad de control, una aritmética lógica y dependiendo del procesador, puede contener una unidad flotante. El microprocesador ejecuta instrucciones almacenados como números binarios organizados secuencialmente en la memoria principal. La ejecución de las instrucciones se puede realizar en varias fases.

## 2.4 SELECCIÓN DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO PROGRAMABLE DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS.

Una vez identificadas las características indispensables con respecto a la implementación del sistema de riego para cultivo de fresas, se establece que el control será de tipo ON/OFF (debido a las características del sistema a explicarse en capítulos siguientes), lo cual conlleva a la utilización de un PLC 12/24RC (Ver Anexo J) de gama baja, confiable y estable.

Para la implementación del sistema de riego se necesita 16 entradas de las cuales 3 son entradas analógicas, 8 salidas de tipo relé que trabajen a bajas corrientes, el voltaje de trabajo es de 120 VAC.

**Tabla 2-2:** *Dispositivos electrónicos programables*

<b>PLC twido</b>	<b>PLC siemens</b>	<b>Microcontroladores</b>
PLC compacto de 10 E/S. Programación en TwidoSoft. Alimentación 110/220 VAC. Rango de tensiones de las entradas: 20,4 a 28,8 VDC. Corriente máxima de carga de las salidas de 2 y 8 A. Memoria de programa 700 instrucciones. Salidas a Relé. Comunicación por RS485 Modbus (Maestro Esclavo),	PLC compacto de 8 E y 4 S. Alimentación 110/220 VAC. Rango de tensiones de las entradas: 24 a VDC. Corriente máxima de carga de las salidas 10 A, tipo relé. Entradas analógicas. Bajo costo. Dispone de una pantalla de visualización. Programación en LogoSoft. Lenguaje de programación ladder y gráfica. Expansor de memoria	Alimentación 5 VDC. Programación en lenguaje de alto nivel. Necesita interfaz para trabajar con voltajes superiores a 5 VDC. Bajo costo. Arquitectura basada en bancos de registros. 16 modos de direccionamiento. Power on reset.

200 m de distancia máxima. Memoria PLC, 3072 palabras internas 128 bits internos. Alto costo Lenguaje de programación ladder	adicional. Ampliación de módulos de comunicación adicionales.	
--	--	--

Fuente: Autor

La razón por la cual se utiliza PLC LOGO siemens, es por las siguientes características y basándose en la tabla 2.2.

- a) Todos los modelos de LOGO permiten ser conectados a un PC, mediante un cable especial que distribuye la propia industria SIEMENS las cuales sirven para transferir el programa al PLC o viceversa, además el costo del cable es de precio accesible.
- b) El tamaño del PLC, permite ser alojados en cualquier caja con riel DIN normalizado.
- c) La programación se lo realiza en forma gráfica con compuertas lógicas o la vez en lenguaje ladder.
- d) Existen tres modos de funcionamiento:
  - Modo de programación.- Para elaborar el programa
  - Modo run.- Pone en marcha el logo.
  - Modo parametrización.- Se puede modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, compuertas, relojes, etc.
- e) El software de programación tiene la opción de simulación en tiempo real, ayudando a visualizar el funcionamiento al programador.



- f) La adquisición en nuestro país es fácil y económico, ventaja indispensable para que el sistema sea económico y fácil de adquisición para la sociedad agricultora.
- g) Tiene su propia fuente de poder la cual recomienda Siemens utilizar por sus características y fiabilidad (Ver Anexo L).
- h) Las entradas digitales se las puede establecer de acuerdo a la necesidad del programador, con señales digitales de 0 y 24 V DC o también de 0 a 120 V AC, dependiendo del modelo a elegir.
- i) En caso de ser necesarios entradas o salidas adicionales, tiene la capacidad de soportar la conexión de módulos de expansión, de 24 entradas digitales y 8 entradas analógicas, 16 salidas digitales y 2 salidas analógicas. En este caso se vio la necesidad de utilizar módulos de expansión de entradas digitales (Ver Anexo M).
- j) Estos PLC son reconocidos mundialmente debido a las funciones y características que poseen además de tener un costo económico frente a otros tipos, modelos de PLC existen en el mercado.

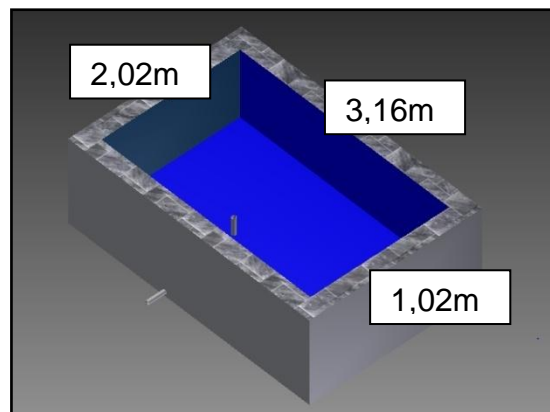
Permite la visualización de datos, parámetros, que se establece dentro de la programación mediante un LOGO TD (Ver Anexo N), en este caso se utilizo para visualizar los valores del llenado de agua, porcentajes de humedad relativa dentro de las dos zonas de cultivo, temperatura ambiente, problemas que pueda tener todo el sistema de irrigación.

## **2.5 CÁLCULOS PARA LA INSTALACIÓN DE RIEGO POR GOTEO**

A continuación se presenta los cálculos pertinentes de los respectivos equipos, materiales y accesorios para la instalación de riego por goteo.

En primera instancia se debe considerar, aspectos orgánicos del suelo, textura (Ver Anexo B), calidad de agua que se tiene (Ver Anexo C) y las principales características de la planta que se va a cultivar. La instalación de este método de riego es para el cultivo de fresas de la variedad Albión (Ver Anexo N). Además se debe considerar parámetros como coeficiente de cultivo, evapotranspiración, capacidad de campo, etc. (Ver Anexo O).

Para la implementación del riego ya se dispone de un tanque de almacenamiento para agua y fertilizante de las siguientes dimensiones:



**Figura 2-14:** Tanque de almacenamiento

Fuente: Autor

- Largo: 3,16m
- Ancho: 2,02m
- Profundidad: 1,02m
- 

Ecuación 2-1 Volumen de tanque

$$V=l \times a \times p \quad (2.1)$$

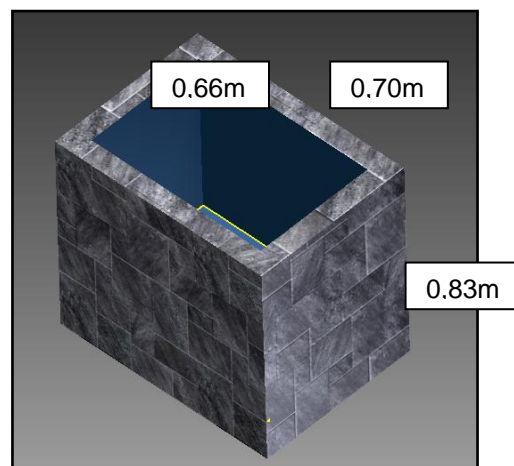
$$\text{Volumen de tanque 1: } 3,16 \times 2,02 \times 1,02 = 6,51 \text{ m}$$

- Largo: 0,70 m
- Ancho: 0,66 m
- Profundidad: 0,83m

El volumen del tanque 1 tiene una capacidad de almacenamiento de agua es de 6510 litros.

$$\text{Volumen de tanque 2: } 0,70 \times 0,66 \times 0,83 = 0,383 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque 2 tiene una capacidad de almacenamiento de 383 litros.



**Figura 2-15:** Tanque de almacenamiento 2

Fuente: Autor

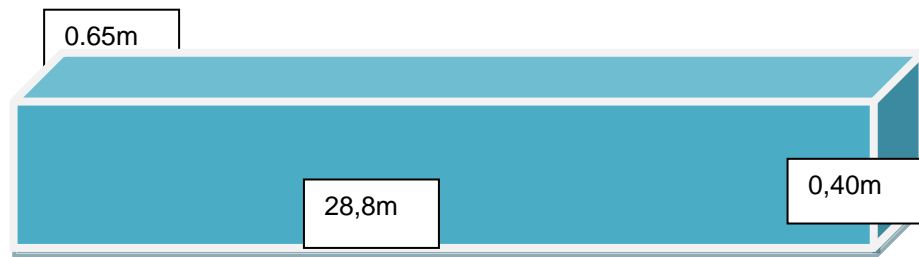
Dimensiones del área de cultivo:

Largo: 31 m

Ancho: 18,5 m

$$\text{Área total de siembra: } 31 \times 18,5 = 573,5 \text{ m}^2$$

La siembra de la fresa se realiza dentro de un área de 570 m<sup>2</sup> considerando dos zonas de cultivo A y B, dentro de cada zona se tendrá 8 camas de las siguientes dimensiones.



**Figura 2-16:** Diseño de la cama para cultivo de fresas

Fuente: Autor

- Largo: 28,8 m
- Ancho: 0,65 m
- Altura: 0,40 m
- Espacio entre camas: 0,40 m

Cálculo de área de las camas

El área de la cama se obtiene con la fórmula del ortoedro que es igual a:

$$A=2*a*l+2*l*h+2*h*a$$

$$A= 2(0,65) (28,8) + 2(28,8) (0,4) + 2(0,4) (0,65)$$

$$A= 61 \text{ m}^2$$

Cada una de las camas tiene un área de 61 m<sup>2</sup>.

$$\text{Total área camas}= 16* 61=976 \text{ m}^2.$$

Cálculo de área de las camas considerando como un terreno plano.

$$A=a*l \text{ m}^2$$

$$A=0,65*28,8 \text{ m}^2$$

$$A= 18,72 \text{ m}^2$$

El área total que ocupa las 16 camas dentro del área de siembra es de 300 m<sup>2</sup>, y para el cálculo de agua necesaria para riego se debe considerar este valor.

Dentro de cada zona se tiene 8 camas, total de camas cultivadas dentro del área 16 camas. La distancia de planta a planta es de 0,20 m, sembradas en dos hileras en cada cama:

Plantas en cada cama: 288 plantas de fresas.

Total plantas:  $288 \times 16 = 4608$  plantas de fresas

### 2.5.1 DATOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO AGRONÓMICO

Para realizar los respectivos cálculos se debe considerar los siguientes parámetros.

**Tabla 2-3:** *Parámetros a considerar para el Diseño Agronómico*

Cultivo	Fresas Variedad Albión
Kc cultivo	1,36
Profundidad de la raíz	25 cm
Criterio de riego	0,4-0,6
Riego recomendado	Goteo
Eficiencia de riego	90%
Evapotranspiración	5 mm/día
Tipo de suelo	Franco Arenoso
Densidad aparente del suelo	1,4-1,8 (g/ml)
Capacidad de campo	10-18 %
Punto de marchitez permanente	4-8%
Distancia agua al terreno	8,10m
Pendiente ascendente	1%
Lateral	0,1%
Disponibilidad de energía	120 v AC
DATOS PARA LA ELECCIÓN DE EMISORES	
Dimensiones del terreno	18,5m x 31m
Pendiente	1%
Velocidad de infiltración	12 mm/h
Velocidad de viento	Sin viento

Distancia entre hileras	Doble hilera , 60 cm
Distancia planta por hilera	20cm

Fuente: Autor

### 2.5.1.1 Evapotranspiración del cultivo

Se debe calcular el valor de la evapotranspiración del cultivo bajo las condiciones estándar (ETc), según la fórmula propuesta por la FAO -56-2006.

#### Ecuación 2-2 Evapotranspiración del cultivo

$$ETc = ETo * Kc \quad (2.2)$$

$$Etc = 3,69 \text{ mm/día} \times 1,36$$

$$Etc = 5 \text{ mm/día}$$

Fuente: FAO-56, 2006

Donde:

*ETc* = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

*ETo* = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

*Kc* = Coeficiente de cultivo (adimensional)

La evapotranspiración de referencia es un parámetro relacionado con el clima y expresa el poder evaporante de la atmosfera. La *ETo* es la evapotranspiración de referencia, dato que se puede obtener de las estaciones meteorológicas se realiza con los rangos de temperaturas mínimas y máximas más cercanas a la provincia, esta estimación se basa en la ubicación de la estación meteorológica de Otavalo período comprendida de medición año 2008-2010 (INAMHI<sup>27</sup>).

<sup>27</sup> INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

### 2.5.1.2 Coeficiente de cultivo

Es un coeficiente propio de cada cultivo, que es la relación entre las necesidades diarias de riego del cultivo (ETc) y la evapotranspiración de referencia (ETo), que en este caso se considera 3,69.

Ecuación 2-3: Coeficiente de cultivo

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (2.3)$$

Fuente: FAO, 2006

$$Kc = \frac{5 \text{ mm / día}}{3,69 \text{ mm / día}}$$

$$Kc = 1,36$$

### 2.5.1.3 Uso Consumo

Datos necesarios Kc del cultivo, evapotranspiración.

Ecuación 2-4: Uso consumo de agua

$$U.C = kc * ETc \quad (2.4)$$

Fuente: Estrada Bertorelli(s.f,63)

$$U.C = 1,36 * 5 \text{ mm/día}$$

$$U.C = 6.8 \text{ mm/día}$$

### 2.5.1.4 Lamina Neta (L.N)

Se refiere al caudal de agua a aplicarse por unidad de superficie durante un período de riego.

## Ecuación 2-5: Lámina neta de riego

$$L.N = \frac{(C.C - P.M.P)}{100} * D.A * C.R * P.R * 1000 \text{ (mm)} \quad (2.5)$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

Donde:

C.C – P.M.P= Agua Útil

D.A= Densidad aparente del suelo

C.R= Criterio de Riego

P.R= Profundidad de las raíces del cultivo en metros

$$L.N = \frac{(10 - 6)}{100} * 1,5 * 0,4 * 0,25 * 1000 \text{ (mm)}$$

$$L.N = 6 \text{ (mm)}$$

## 2.5.1.5 Requerimiento bruto (R.B)

Es la cantidad de agua consumida por los cultivos o que se ha evaporado durante el intervalo de tiempo.

## Ecuación 2-6: Requerimiento bruto de agua

$$R.B = \frac{U.C}{n} \text{ (mm/día)} \quad (2.6)$$

Fuente: Estrada Bertorelli(s.f,81)

Donde:

U.C= Uso consumo

n= Eficiencia de riego a utilizar

$$R.B = \frac{6,8 \text{ mm/día}}{0,9}$$



$$R.B = 7,55(mm/día)$$

$$R.B = 7,6 (mm/día)$$

#### 2.5.1.6 Frecuencia de Riego (F.R)

Es el intervalo de tiempo entre riegos

Ecuación 2-7 Frecuencia de riego

$$F.R = \frac{L.N}{R.B} (días) \quad (2.7)$$

Fuente: Estrada Bertorelli(s.f,87)

$$F.R = \frac{6mm}{7,6 mm/día}$$

$$F.R = 0,789 (días)$$

$$F.R = 1 (día)$$

#### 2.5.1.7 Elección de tipo de emisor

La selección del emisor se hace de acuerdo al tipo de cultivo y riego a aplicarse.

Para el cultivo de fresas se eligió goteros integrados no desmontables, con una separación de 20 cm cada gotero, con una capacidad de caudal de 2 lt/h, debido a que la distancia entre planta es de 20 cm y un máximo valor de riego diario es de 5mm, valores que se considera al momento de seleccionar las cintas de goteo.

#### 2.5.1.8 Número de emisores para cada lateral

$$N_e = dl/de$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

Donde:

dl= Distancia del lateral

de= Separación entre emisores

$$Ne = 28,8/0,2$$

Ne= 144 emisores se necesitan para cada lateral.

#### 2.5.1.9 Número de laterales en área de cultivo

$$NI = Ld/dl$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

Donde:

Ld= Longitud del tubo de distribución

dl= Distancia entre laterales

$$NI = 7,25/0,95$$

NI= 7,63 entonces el numero de laterales (cintas de goteo) que se debe utilizar es 8 para cada zona de cultivo.

#### 2.5.1.10 Tasa de aplicación de agua para emisores

Ecuación 2-8 Tasa de aplicación de agua para emisores

$$T.A.A.G = \frac{Qg}{(Dl * Dg)} \text{ (mm/hora)} \quad (2.8)$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

Donde:

Qg= Caudal de entrega del gotero

Dl= Distancia en línea de goteros o laterales

Dg= Distancia entre goteros

$$T.A.A.G = \frac{2}{(0,7 * 0,2)} \text{ (mm/hora)}$$

$$T.A.A.G = 14,48 \text{ (mm/hora)}$$

#### 2.5.1.11 Tiempo de aplicación de riego para emisores

Datos necesarios: lámina neta, tasa de aplicación de agua del gotero.

Ecuación 2-9 Tiempo de aplicación de riego para emisores

$$T.A.R.G = \frac{L.N}{T.A.A.G} \text{ (hora)} \quad (2.9)$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

$$T.A.R.G = \frac{6 \text{ mm}}{14,48 \text{ mm/hora}}$$

$$T.A.R.G = 0,41 \text{ (hora)}$$

$$T.A.R.G = 24,6 \text{ minutos}$$

$$T.A.R.G = 25 \text{ minutos}$$

El tiempo de riego requerido es de 25 minutos.

#### 2.5.1.12 Caudal total absorbido por los emisores

Ecuación 2-10 Caudal total absorbido por los emisores

$$Q.T.A.G = Qg * Nr * Ng \text{ (litros/hora)} \quad (2.10)$$

Fuente: Manual de obras menores de riego, Comisión Nacional de Riego, 1996.

Donde:

Qg= Caudal de entrega del gotero (litros/hora)

Nr= Número de líneas de gotero o laterales operando

Ng= Número de goteros operando en el ramal

$$Q.T.A.G = 2 * 16 * 144 \text{ (litros/hora)}$$

$$Q.T.A.G = 4608 \text{ (litros/hora)}$$

Es necesario un caudal de 4608 litros por hora para realizar el respectivo riego, para mejorar el sistema de riego y reducir los tiempos de riego que aumenta la humedad del suelo se decidió implementar en cada cama de cultivo un lateral de cintas de goteo.

En cada una de las camas se instaló 2 laterales (cintas de riego).

Entonces para cada zona de cultivo es necesario:

$$Q.T.A.G = 2 * 16 * 144 \text{ (litros/hora)}$$

$$Q.T.A.G = 4608 \text{ litros/hora}$$

Se necesita la misma cantidad pero el tiempo de riego disminuye:

$$T.A.A.G = \frac{2}{(0,12*0,2)} \text{ (mm/hora)} \quad \text{Ecu: 2.8}$$

$$T.A.A.G = 83,33 \text{ (mm/hora)}$$

$$T.A.R.G = \frac{L.N}{T.A.A.G} \text{ (hora)} \quad \text{Ecu: 2.9}$$

$$T.A.R.G = \frac{6}{83,33} \text{ (hora)}$$

$$T.A.R.G = 0,072 \text{ (hora)}$$

$$T.A.R.G = 4,32 \text{ minutos}$$

$$T.A.R.G = 5 \text{ minutos}$$

Entonces el tiempo de riego requerido para cada zona de cultivo es de 5 minutos.

### 2.5.1.13 Área de influencia del gotero

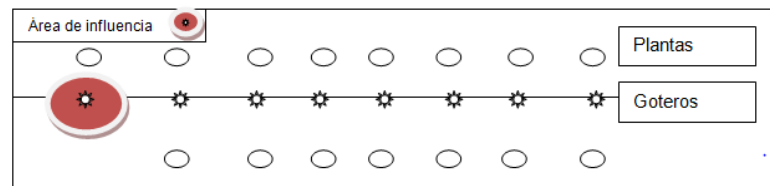


Figura 2-17 Área de influencia del gotero

Fuente: Autor

#### Ecuación 2-11 Área de influencia del gotero

$$A_i = \pi R^2 \text{ m}^2 \quad (2.11)$$

$$A_i = \pi 0,12^2 \text{ m}^2$$

$$A_i = 0,04 \text{ m}^2$$

### 2.5.1.14 Relación de área humedecida

Representa la proporción de influencia que va a ser humedecida, dependiendo del tipo de suelo y del gasto de los emisores. En general, se considera que el área humedecida debe ser mayor que el 30 % del área de influencia en cultivos de arbóreos y arbustivos. En cultivos de corto espacio el área humedecida debe ser casi la totalidad del área de cultivo.

#### Ecuación 2-12 Relación de área humedecida

$$R = \frac{A_h}{A_i} \text{ m}^2 \quad (2.12)$$

#### Ecuación 2-13 Área humedecida para cultivos arbóreos

$$A_h = \frac{n \cdot \pi \cdot d_e^2}{4} \text{ m}^2 \quad (2.13)$$

Donde:

A<sub>h</sub>= Área humedecido en m<sup>2</sup>

n= Número de emisores

de= Diámetro efectivo de área humedecida por cada gotero, en m

Ecuación 2-14 Área humedecida para cultivos de ciclo corto

$$Ah = El * Ee \text{ m}^2 \quad (2.14)$$

Donde:

Ah= Área humedecido en  $\text{m}^2$

El= Distancia entre laterales, en m

Ee= Distancia entre emisores, en m

Como la fresa es de ciclo corto utilizar la ecuación 2.14

$$Ah = 0,12 * 0,2 \text{ m}^2$$

$$Ah = 0,024 \text{ m}^2$$

Reemplazar los valores obtenidos en la ecuación 2.12

$$R = \frac{0,04}{0,024} \text{ m}^2$$

$$R = \frac{0,024}{0,04} \text{ m}^2$$

$$R = 0,6 \text{ m}^2$$

#### 2.5.1.15 Cálculo de área a regar

De acuerdo a las capacidades de cada uno de los tanques y el área sembrada que se tiene, se realiza los cálculos respectivos, para saber si el volumen del tanque abastece al área de cultivo.

Ecuación 2-15 Cálculo de área que se puede regarse con el volumen disponible

$$A = \frac{V}{R.B} \text{ m}^2 \quad (2.15)$$

$$A = \frac{6000}{7,6} \text{ m}^2$$

$$A = 789,5 \text{ m}^2$$

Con el volumen que se dispone se puede realizar el riego a un área de 789,5 m<sup>2</sup>.

#### 2.5.1.16 Volumen de agua a ocuparse en el riego

Se debe calcular la cantidad de litros que ocupa el sistema de riego por goteo.

Despejar la ecuación 2.15

El área que se utiliza para el cálculo es área total de las camas.

$$V = A_c * R.B \text{ litros}$$

$$V = 300 * 7,6$$

$$V = 2280 \text{ litros}$$

La cantidad de agua que se necesita para el riego es 2280 litros en una hora.

#### 2.5.1.17 Caudal del sistema de riego

Realizados los respectivos cálculos de tiempos y cantidad de agua que se requiere, se calcula el caudal necesario y de esta manera poder seleccionar una bomba de acuerdo a las necesidades del sistema de riego.

Ecuación 2-16 Principio de continuidad

$$Vol = A * \Delta x \quad (2.16 \text{ a})$$

$$Q = \frac{Vol}{\Delta t} \quad (2.16 \text{ b})$$

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.16 \text{ c})$$

Se reemplaza en la ecuación 2.16b la ecuación 2,16 a y 2.16 c

$$Vol = A * \Delta x \quad (2,16 \text{ a})$$

$$\Delta t.V = \Delta x \quad (2.16 \text{ c})$$

$$Q = \frac{Vol}{\Delta t} \quad (2.16 \text{ b})$$

Se obtiene:

$$Q = \frac{A * \Delta x}{\Delta t} \quad :$$

$$Q = \frac{A * (\Delta t * V)}{\Delta t}$$

Ecuación 2-17 Caudal

$$Q = A * V \quad (2.17)$$

Donde:

Q= caudal en m<sup>3</sup>/s

A= Área de la tubería en m<sup>2</sup>

V= Velocidad del agua m/s

El cálculo de caudal necesario para el sistema de riego por goteo, utilizar la ecuación 2.16b, la variación  $\Delta t$  deseada es de 3600 seg (1hora)

$$Q = \frac{2280 \text{ lts}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,6 \text{ lt/s}$$

$$Q = 36 \text{ lt/min}$$

El caudal necesario para instalar el sistema de riego por goteo es de 36 litros por minuto.

Caudal en el ramal (cintas de goteo), debido a que en el subcapítulo 2.5.1.8 se conoció que el número emisores a necesitarse es 144, se multiplica por dos debido a que en la cama se instaló dos cintas, entonces

$$Q_r = 2 * 144 = 288 \text{ lt/h}$$

El caudal en cada uno de los ramales de las cintas de goteo.

Caudal en la línea secundaria, con datos obtenidos anteriormente



$$Q_s = 288 \cdot 16 = 4608 \text{ lt/h}$$

### 2.5.1.18 Cálculos de diámetro de tubería principal

Tomando en cuenta la velocidad como un factor que se debe controlar la fricción el cual produce mayores pérdidas en las tuberías, el valor ideal que debe tener un fluido para no generar flujos perjudiciales es de 0,5 - 1.5 m/s , evitando que se asienten las partículas que con el tiempo obstruyan el área efectiva del tubo.

En la tabla 2.3 se muestra las velocidades usuales que se utilizan en distintos fluidos a diferentes condiciones.

**Tabla 2-4: Velocidades usuales de diferentes fluidos**

Fuente:

FLUIDO	MÁQUINA	CONDUCTO	VELOCIDAD [m/s]	NOTAS	
AGUA	Bombas volum. de émbolos	Succión	0.5 a 1.0		
		Expulsión	1.0 a 2.0		
	Bombas rotodinámicas	Succión	0.5 a 2.5		
		Expulsión	1.5 a 3.0	Baja presión	
	Turbinas Hidráulicas	Expulsión	3.0 a 4.5	Alta presión	
		Succión y expulsión	2.5 a 3.5	Tubería larga	
AIRE	Compresor de émbolos	Succión y expulsión	4.0 a 6.0	Tubería corta	
		Succión	16.0 a 20.0		
	Turbocompresor	Expulsión	25.0 a 30.0		
		Succión y expulsión	20.0 a 25.0		
	Mots. pequeños	Combu. interna	Cond. de alimentación	10.0 a 15.0	Conducto largo
			Cond. de alimentación	15.0 a 20.0	Conducto largo
	Motores de combustión	Comb. Int.	Cond. de alimentación	20.0	Conducto corto
			Conductos otros	15.0 a 20.0	
VAPOR DE AGUA	Máquinas de émbolo	Cond. de alimentación	25.0 a 30.0	Vapor saturado	
		Cond. de alimentación	40.0 a 55.0	Vapor recalentado	
	Turbinas de vapor	Cond. Alim. pequeño	30.0 a 50.0	Vapor recalentado	
		Cond. Alim. grande	50.0 a 80.0	Vapor recalentado	
	Máquinas de émbolo	Cond. de expulsión	25.0 a 30.0	Salida libre	
Cond. de expulsión		40.0 a 90.0	Al condensador		
PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN	Motores grandes de baja velocidad		20.0 a 25.0	4 tiempos	
	Motores grandes de baja velocidad		10.0 a 15.0	2 tiempos	
	Motores grandes de alta velocidad		35.0 a 40.0	4 tiempos	
	Motores grandes de alta velocidad		25.0 a 30.0	2 tiempos	
GAS	Mots. comb.: conductos de alimentación		30.0 a 40.0	4 tiempos	
	Mots. comb.: conductos de alimentación		29.0 a 32.0	2 tiempos	
	Gasoductos de baja presión		7.0 a 10.0		
	Gasoductos de alta presión		12.0 a 8.0		
ACEITE	Tuberías de succión – sistemas de lubric.		0.5 a 1.2		

Kuszczewski (2004, 89)

Partiendo del caudal del diseño 0,6 Lt/s da un caudal de 0,0006 m<sup>3</sup>/s, aplicando la ecuación 2.17, reemplazando el área se tiene.

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

$$0,0006 \frac{m^3}{s} = \frac{\pi D^2}{4} * V$$

$$0,00076 \frac{m^3}{s} = D^2 * V$$

$$\frac{0,00076 m^3/s}{D^2} = V$$

$$D = \sqrt{\frac{0,00076 m^3/s}{1 m/s}}$$

$$D = 0,027 m$$

$$D = 2,7 cm$$

Las dimensiones de tuberías comerciales es en pulgadas, entonces 2,7 cm = 1,06 pulgadas

La tubería principal a instalar es de 1 pulgada debido a que es una dimensión comercial.

#### 2.5.1.19 Pérdidas de cargas en las tuberías

Las pérdidas de cargas en las tuberías se pueden presentar por las siguientes causas:

- Fricción en tuberías rectas
- Ensanchamiento repentino
- Contracción Brusca
- Cambios de dirección y obstrucción parcial

Dependiendo de estas características las pérdidas pueden ser de dos clases: primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son debido a la viscosidad del fluido, conocido como pérdidas superficiales, debido a que el fluido sufre rozamientos con las paredes de las tuberías, mientras que las secundarias son perdidas de forma, debido a las transiciones de codos, tee, válvulas y toda clase de accesorios utilizados en las instalaciones y conexiones de tuberías.

Existen numerosas expresiones de origen experimentales para representar las pérdidas de carga en las tuberías, pero los más utilizados son de Darcy Weisbach y Hazen Williams.

Ecuación 2-18: Pérdidas primarias (Darcy Weisbach)

$$H_{rp} = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.18 a)$$

Fuente: Juan Saldarriaga (2007, 46)

Donde:

$H_{rp}$  = pérdida de carga (m.c.a)

$f$  = coeficiente de pérdida de carga primaria (adimensional), depende de la rugosidad de la tubería y numero de Reynolds.

$L$  = longitud de la tubería (m)

$D$  = diámetro de la tubería (m)

$V$  = velocidad media del fluido (m/seg)

$g$  = aceleración (9,81 m/s<sup>2</sup>)

La misma fórmula de Darcy Weisbach en función del caudal

$$H_{rp} = 8.26 * 10^{-2} * f \frac{L}{D^5} * Q^2 \quad (2.18 b)$$

El coeficiente de **fricción de Darcy** en tuberías circulares es un valor adimensional, se encuentra en función del número de Reynolds para un flujo laminar, mientras que para un flujo turbulento involucra el número de Reynolds y también la rugosidad del material de la tubería. Robert Mott (2006, Pag. 233)

El número de **Reynolds** es un número adimensional, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia y por las fuerzas debidas a la viscosidad. La ecuación 2.19 sirve para el cálculo de número de Reynolds para tuberías circulares en flujo de tubería llena,

Ecuación 2-19 Cálculo de número de Reynolds.

$$Re = \frac{VDp}{n} = \frac{VD}{\nu} \quad (2.19)$$

Fuente: Robert Mott (2006, Pag. 230)

Donde:

Re= número de Reynolds

D= diámetro interno (m)

V= velocidad media (m/seg)

$\nu$ = viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/seg)

p= densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

n = viscosidad absoluta (Kg. Seg/m<sup>2</sup>)

El número de **Reynolds** indica si el fluido tiene flujo laminar o turbulento, de esta forma tenemos: si  $Re < 2000$  (el flujo es laminar), si  $Re > 4000$  (el flujo es turbulento) y si  $Re$  se encuentra entre 2000 y 4000 se dice que el flujo está en una región crítica, cabe indicar que para cálculos se involucra los rangos laminares y turbulentos (Robert Mott, 2006, 230).

La **rugosidad** depende del material y del estado de conservación del mismo, de este concepto se tiene que la rugosidad relativa es la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro interno de la tubería (Rocha, 2007).

Ecuación 2-20 Rugosidad Relativa

$$\text{Rugosidad relativa} = f\left(Re, \frac{K}{D}\right) \quad (2.20)$$

Fuente: Arturo Rocha (2007, 94)

Donde:

K= longitud que mide el grado de rugosidad

D= diámetro de la tubería

Re= número de Reynolds

A continuación se presenta varias tablas que se utilizan para realizar los cálculos.

**Tabla 2-5: Propiedades del agua en función de la temperatura**

Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

Fuente: Robert Mott (2006, Tabla A.1)

**Tabla 2-6: Valores de Rugosidad Absoluta**

Material de construcción	Rugosidad (k: mm)
<b>Tuberías de plástico</b>	
Polietileno (P.E.).....	0,002
Cloruro de polivinilo (PVC) .....	0,02
<b>Tuberías metálicas</b>	
Tuberías estiradas, sin soldaduras de latón, cobre, plomo.....	0,0015 - 0,01
Aluminio.....	0,015 - 0,06
<b>Acero estirado sin soldaduras:</b>	
Nuevas.....	0,02 - 0,10
Después de muchos años en servicio.....	1,2 - 1,5
<b>Acero galvanizado:</b>	
Nuevas, buena galvanización.....	0,07 - 0,10
Galvanización ordinaria.....	0,10 - 0,15
<b>Fundición:</b>	
Nuevas.....	0,25 - 1,00
Nuevas con revestimiento bituminoso.....	0,10 - 0,15
Asfaltadas.....	0,12 - 0,30
Después de varios años en servicio.....	1,00 - 4,00
<b>Hormigón y fibrocemento:</b>	
<i>Hormigón:</i>	
Superficie muy lisa.....	0,3 - 0,8
Condiciones medias.....	2,5
Superficie rugosa.....	3 - 9
Hormigón armado.....	2,5
<i>Fibrocemento (F.C.):</i>	
Nuevas.....	0,05 - 0,10
Después de varios años en uso.....	0,60

Fuente: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA2013.pdf>

**Tabla 2-7: Coeficiente para diferentes accesorios**

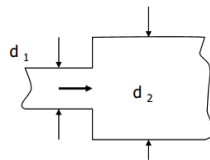
Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

Fuente:<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA2013.pdf>

Ecuación 2-21 Pérdida de carga en un ensanchamiento Brusco

$$H_{ens} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.21)$$

$$k = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$$

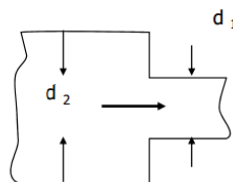


Fuente: Rafael Pérez (2005, 27)

Ecuación 2-22 Pérdida de carga en una contracción brusca

$$H_{cont} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.22)$$

$$k = 0,5 \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2}\right)^2$$



Fuente: Rafael Pérez (2005, 27)

Con cada una de las formulas descrita anteriormente y los datos de los cálculos se puede encontrar el coeficiente de Darcy.

Cálculo de coeficiente de Darcy (f)

Datos:

$$V = 1 \text{ m/seg}$$

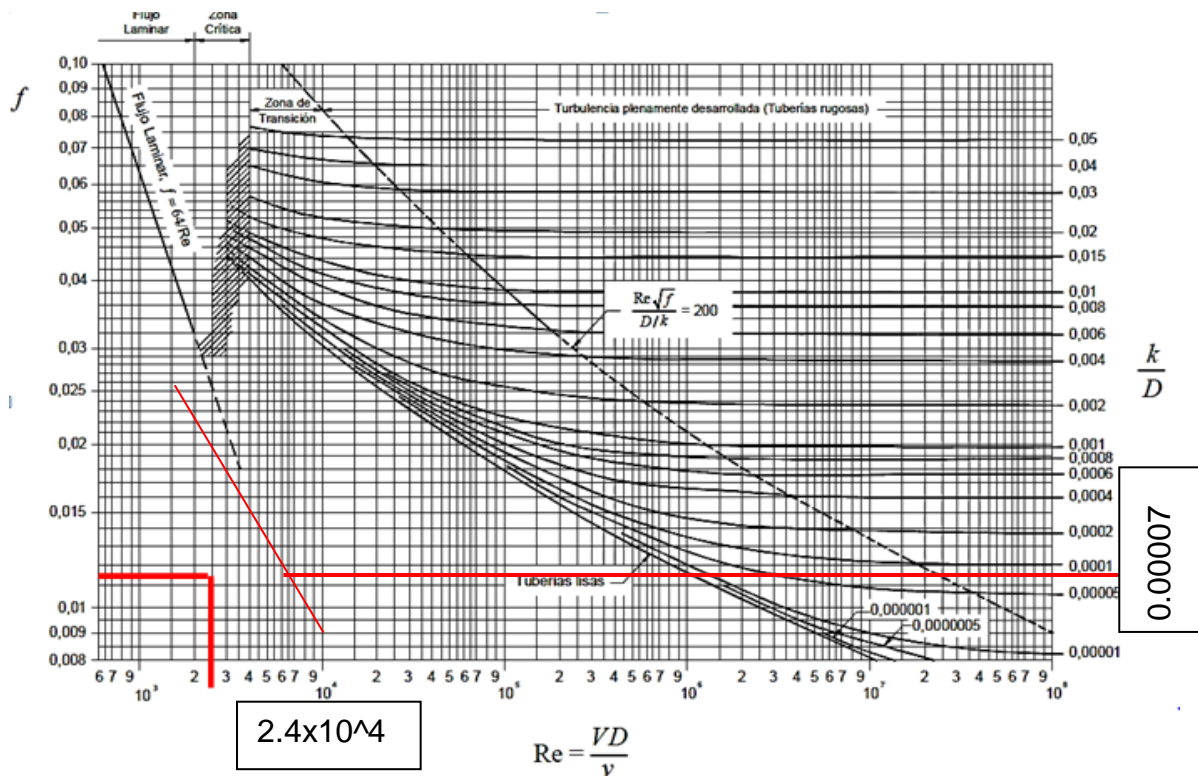
$$D = 0.027 \text{ m (diámetro interno)}$$

$$\nu = 1.15 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg (Tabla 2.4, temperatura media de } 15^\circ\text{C)}$$

$$K = 0.002 \text{ mm (Tabla 8, Tubería de considerado como plástico)}$$

$$Re = \frac{1 \cdot 0.027}{1.15 \cdot 10^{-6}} = 23478.2 = 2,4 \cdot 10^4 \quad (2.19)$$

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{0.002 \text{ mm}}{27 \text{ mm}} = 0.00007 \quad (2.20)$$



**Figura 2-18:** Diagrama de Moody

Fuente: Arturo Rocha (2003, Pag. 140)

Según el número de Reynolds es un flujo laminar, además la tubería de polipropileno al ser un termoplástico es considerado prácticamente liso, esto se nota en el diagrama de Moody en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa.

Para seguir con los cálculos es necesario utilizar la ecuación de Blasius. Esta ecuación es aplicable para tuberías consideradas lisas y con números de Reynolds entre 3000 y 100000. (Robert Mott, 2006, 230).

Ecuación 2-23: Blasius

$$f = 0.316 / Re^{0.25} \quad (2.23)$$

$$f = 0.316 / (2,4 * 10^4)^{0.25}$$

$$f = 0,025$$

Ecuación 2-24 Hazen Williams, expresada en función del caudal

$$Hf = \left( \frac{10,697}{C^{1,852}} \right) * \left( \frac{L}{D^{4,87}} \right) * Q^{1.852} \quad (2.24)$$

Fuente: Robert Mott (, 2006, 243.)

Donde:

Hf= pérdida de carga (m)

L= longitud de la tubería (m)

D= diámetro interno (m)

Q= caudal (m<sup>3</sup>/s)

Los valores de los coeficientes C, se obtienen de la tabla 2.6 según el material y años de uso de las tuberías, se usa la constante 150 ya que utilizaremos tubería de PE.



**Tabla 2-8: Coeficiente de Hazen- Williams**

Tabla de coeficientes de Hazen-Williams	
Material	Coefficiente de Hazen-Williams
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 -140
Aluminio	130

Fuente: Claudio Mataix (1986, 237)

Ecuación 2-25 Ecuación fundamental de pérdidas secundarias

$$Hrs = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.25)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Ecuación 2-26 Pérdidas en función del caudal

$$Hs = k * \frac{0.0826}{D^2} * Q^2 \quad (2.26)$$

Donde:

Hrs= pérdida de carga secundaria

K = coeficiente de los diferentes accesorios

V= velocidad media de la tubería

$$Hrs = (k1 + k2 + k3 \dots \dots kn) \frac{V^2}{2g}$$

## 2.5.1.20 Cálculo de carga primaria en la red de distribución de las tuberías

**1. Pérdida de carga en la red principal**

Datos:

L= 4,35 m

D= 0,027 m

f= 0,025

$$H_{rp} = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.18)$$

$$H_{rp} = 0,025 \frac{2,7}{0,027 * 2 * 9,81} * 1^2$$

$$H_{rp} = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

$$H_{rp} = 0,13 \text{ m. c. a}$$

$$H_{rp} = 0,025 \frac{1,8}{0,05 * 2 * 9,81} * 1^2$$

$$H_{rp} = 0,05 \text{ m. c. a}$$

$$H_{rp} = 0,13 + 0,05 \text{ m. c. a}$$

$$H_{\text{primario}} = 0,18 \text{ m. c. a}$$

**2. Pérdida en las tuberías secundaria**

Se debe calcular el diámetro adecuado para la red de tuberías secundarias, teniendo en consideración los siguientes datos: Se tiene un desnivel del terreno de 1m y longitud= 20 m

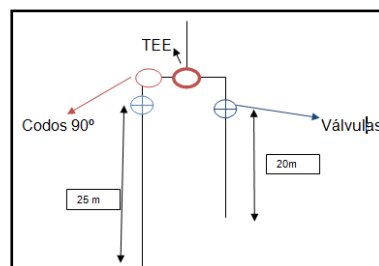


Figura 2-19 Esquematización de la red de tuberías secundarias

Fuente: Autor

Para calcular el diámetro de la tubería secundaria se utiliza la siguiente formula.

$$Hf = \left(\frac{10,697}{C^{1,852}}\right) * \left(\frac{L}{D^{4,87}}\right) * Q^{1,852} \quad (2.24)$$

$$1 = \left(\frac{10,697}{150^{1,852}}\right) * \left(\frac{20}{D^{4,87}}\right) * 0,0006^{1,852}$$

$$D = 0,018 \text{ m} = 1.8 \text{ cm}$$

Las tuberías secundarias tendrán un diámetro de  $\frac{3}{4}$  pulgadas, colocadas para cada una de las zonas de cultivo de esta manera se disminuye el tiempo de riego, como se demuestra en los cálculos anteriores.

### 1. Cálculo de pérdidas de carga

$$Re = \frac{1 * 0.027}{1.15 * 10^{-6}} = 23478.2 = 2,4 * 10^4 \quad (2,19)$$

$$Q = V * A \quad (2.16)$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = A$$

$$0.0006 / \frac{\pi 0,018^2}{4} = V$$

$$V = 2,4 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{2,4 * 0.018}{1.15 * 10^{-6}} = 37565$$

$$f = 0.316 / (37565)^{0.25}$$

$$f = 0,023$$

### 2. Pérdida de carga de la línea 1 de la red secundaria

$$Hs1 = 0,0023 \frac{20}{0,018 * 2 * 9,81} * 2,4^2$$

$$Hs1 = 0,75 \text{ m. c. a}$$

### 3. Pérdida de carga de la línea 2 de la red secundaria

$$Hs2 = 0,0023 \frac{25}{0,018 * 2 * 9,81} * 2,4^2$$

$$Hs2 = 0,94 \text{ m. c. a}$$

Además se debe de considerar el número de ramales que se instala en la tubería secundaria,

Datos:

Caudal del ramal 288 lt/h

Número de ramal en la zona de cultivo: 16

Caudal que se ocupa en la zona de cultivo

$$Qs = 288 * 16 = 4608 \text{ lt/h}$$

$$Qs = 0,00128 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se obtiene este valor de caudal en la tubería secundaria, debido a que la capacidad de cada uno de los emisores es de 2 lt/h y en cada ramal se tiene 144 emisores, estos datos se cálculo anteriormente.

Entonces la pérdida que se genera en la red secundaria se cálculo utilizando la ecuación 2.26 en función del caudal

$$H\text{secundario} = 8.26 * 10^{-2} * 0,0023 \frac{25}{0,018^5} * 0,00128^2$$

$$H\text{secundario} = 4,1 \text{ m. c. a}$$

#### 4. Pérdida de carga en cada uno de los ramales

$$H\text{ramal} = 0,0023 \frac{28.8}{0,012 * 2 * 9,81} * 2,4^2$$

$$H\text{ramal} = 1,62 \text{ m. c. a}$$

$$H\text{ramal total} = 1,62 * 16 = 25,92 \text{ m. c. a}$$

#### 5. Pérdidas de carga en la línea de succión

$$H_{succión} = 0,025 \frac{1,25 * 1^2}{0,025 * 2 * 9,81}$$

$$H_{succión} = 0,06 \text{ m. c. a}$$

Total de pérdidas primarias = Hprimario + Hsecundario + Hramaltotal + Hsucción

Total de pérdidas primarias = 0,18+4,1+25,92+0,06

Total de pérdidas primarias = 30,26 m. c. a

2.5.1.21 Cálculo de cargas secundarias en la red de distribución de las tuberías por los accesorios utilizados.

1. Para la línea principal se utilizó los siguientes accesorios

Dos tee roscada de 1 pulgada (k=0,46)

Un filtro de malla tipo anillo color rojo ( )

Unión roscada de 1 pulgada (k=0.008)

Un codo de 90° roscado de 1 pulgada (0,69)

Un codo de 2 pulgadas (k=0,57)

$$K_t = (2 * 0,46 + 0,008 + 0,69 + 0,57)$$

$$K_t = 2,188$$

$$H_{rs} = 2,188 \frac{1^2}{2 * 9,81} \quad (2.25)$$

$$H_{sp} = 0,11 \text{ m. c. a}$$

$$H_{ens} = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.21)$$

$$H_{ens} = 0,56 \frac{1^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{ens} = 0,03 \text{ m. c. a}$$

$$k = \left(1 - \frac{0,025^2}{0,05^2}\right)^2$$

$$k = 0,56$$

$$H_{spt} = 0,11 + 0,03 = 0,14 \text{ m. c. a}$$

2. Para la línea succión se utilizó los siguientes accesorios

Una válvula de pie de 1 ¼ pulgada (k=1,7)

Un codo de 90° roscado de 1 pulgada (0,69)

$$K_t = 1,7 + 0,69$$

$$K_t = 2,39$$

$$H_{rs} = 2,39 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \quad (2.21)$$

$$H_{ssuc} = 0,12 \text{ m. c. a}$$

3. Cálculo de pérdidas secundarias en la red secundaria

Para la red secundaria se tiene instalado los siguientes accesorios.

Dos tee roscada de 1 pulgada (k= 0,46)

Un codo roscado de 90° de 1 pulgada (k= 0,69)

Dos electroválvula de 1 pulgada (2,3)

Una unión de 1 pulgada (k= 0,008)

$$K_t = 0,46 + 0,69 + 2,3 + 0,008$$

$$K_t = 3,918$$

$$H_{ss} = 3,918 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \quad (2.25)$$

$$H_{ss} = 0,19 \text{ m. c. a}$$

$$H_{cont} = 3,375 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \quad (2.22)$$

$$H_{cont1} = 0,19 \text{ m. c. a}$$

$$k = 0,5 \left(1 - \frac{0,025^2}{0,05^2}\right)$$

$$k = 3,375$$

$$H_{cont} = 0,24 \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} \quad (2.22)$$

$$H_{cont2} = 0,012 \text{ m. c. a}$$

$$k = 0,5 \left(1 - \frac{0,018^2}{0,025^2}\right)$$

$$k = 0,24$$

$$H_{sst} = 0,19 + 0,19 + 0,012 = 0,4 \text{ m. c. a}$$

Cada una de las pérdidas de carga secundarias debido a los accesorios se sumara para obtener un total de pérdidas secundarias en todo el tramo de las tuberías.

$$H_{stotal} = H_{spt} + H_{suc} + H_{sst} = 0,4 \text{ m. c. a}$$

$$H_{stotal} = 0,14 + 0,12 + 0,4$$

$$H_{stotal} = 0,66 \text{ m. c. a}$$

#### 2.5.1.22 Pérdidas en la red de tuberías del sistema de riego

- Pérdidas del sistema=  $H_{stotal} + H_{primaria}$
- Pérdidas del sistema=  $30,26 + 0,66$
- Pérdidas del sistema=  $30,92 \text{ m.c.a}$
- Pérdidas del sistema=  $31 \text{ m.c.a}$

Para la presión de trabajo del sistema de riego por goteo, se debe considerar el valor calculado, además se debe tener en cuenta en las cintas de goteo que pueden taponarse los emisores por varios factores, por tal razón se debe aumentar un 10% al valor de pérdidas de sistema.

Considerando esto el valor de pérdida del sistema puede fluctuar de 31 a 40 m.c.aç

### Equivalencia de unidades

$$1 \text{ m.c.a} = 1,422 \text{ PSI}$$

$$1 \text{ PSI} = 0,703 \text{ m.c.a}$$

La presión de trabajo del sistema de riego con pérdidas de 31 m.c.a es de 44 PSI.

Considerando lo detallado anteriormente, se debe seleccionar la presión de trabajo bajo condiciones más extremas, que en este caso es el taponamiento de los goteros en un 10%, con este valor el sistema alcanzara una pérdida de 34 m.c.a, que da una presión de trabajo de 49 PSI.

#### 2.5.1.23 Cálculo de la bomba

La potencia de la bomba se cálculo en función del caudal máximo requerido y la altura manométrica.

- Caudal requerido: es el caudal que tendrá la tubería principal 2.2 m<sup>3</sup>/h (0.0006 m<sup>3</sup>/seg).
- Altura manométrica (Hm), es la presión expresada en metros de columna de agua (m.c.a) que debe proporcionar la bomba para superar alturas de aspiración, desniveles, pérdidas primarias, secundarias, y presiones requeridas por los aspersores. La altura manométrica total para el sistema de riego será de 34 m.c.a. debido a lo detallado anteriormente.

#### Ecuación 2-27 Potencia de la bomba

$$Pb = \frac{Qb * Hb}{76 * n} \quad (2.27)$$

Fuente: Robert Mott (2006.)

Donde:

Pb= potencia de la bomba y del motor (HP)

Qb= caudal de bombeo (lt/seg)

Hb= altura manométrica total (m)



$N = \text{Eficiencia del sistema de bombeo } (n = n_{\text{motor}} n_{\text{bomba}})$

$$Pb = \frac{0,6 * 34}{76 * 0,75}$$

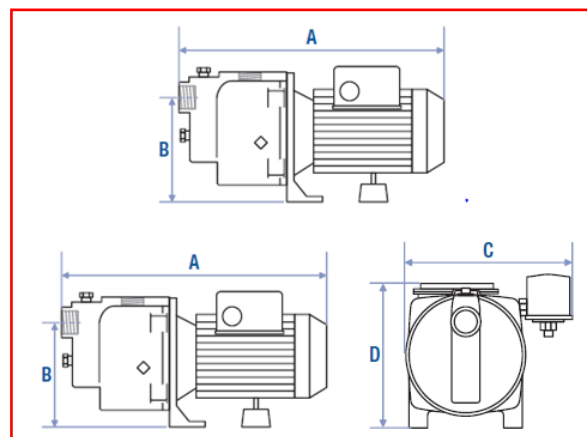
$$Pb = 0,36 \text{ HP}$$

#### 2.5.1.24 Unidad de bombeo

La unidad de bombeo se lo realiza en base al caudal, el área total en la que se va a realizar el riego, además de las consideraciones de aumentos de carga de los accesorios, pérdidas de potencia de transmisión, aumento de temperatura y el factor de servicio, calculados.

Para el proyecto se utilizó una bomba superficial de agua limpia modelo Myres de una capacidad de 1Hp, se uso esta bomba gracias a donación de la organización Maquipurashum, característica adicional de la bomba donada cabe recalcar que tiene una presión máxima hasta 65 psi.

La bomba seleccionado para el sistema es una bomba Myres de la serie QD jet en hierro fundido con motor TCCV. Este tipo de bomba es de alta velocidad de succión, para pozos de baja profundidad, utilizado para bombear agua cisternas, en sistemas de presión de instalaciones residenciales, en granjas y para jardinería.



**Figura 2-20:** Bomba Myres

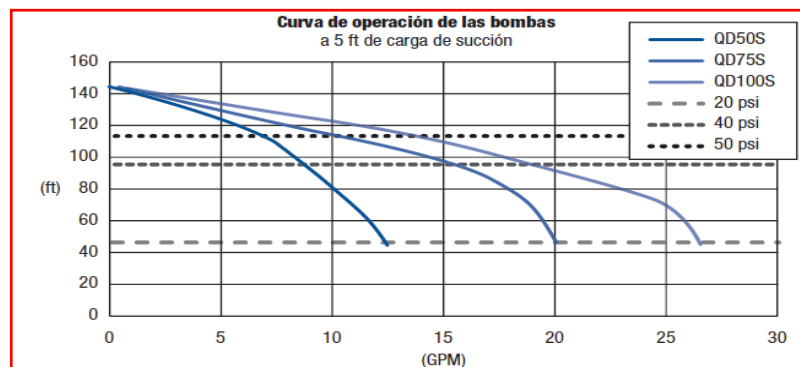
Fuente: Ficha Técnica

### 2.5.1.24.1 Selección de la bomba

La Bomba a utilizar en el sistema es la donada, como se detalló anteriormente, esta bomba cumple con el caudal y presión que necesita el sistema.

### Características de la bomba Myres

- Construcción robusta en hierro
- Impulso de termoplástico, resistente a la corrosión
- Succión rápida, cuenta con plato de cebado interno
- Motor cerrado de larga duración
- Selector de voltaje dual en 115/230 V
- Previene la entrada de humedad e insectos
- Doble balero de lubricación permanente
- Alto par de arranque
- Uso continuo
- Protección térmica incluida
- Sello mecánico de carbón-cerámica
- Switch de Presión directamente montado
- Marca Square D
- Precalibrador a 20-40 psi
- Presiones hasta 65 psi, gasto hasta 26 GPM
- Succión 1 1/4, descarga 1



**Figura 2-21:** Curva de operación de la bomba

Fuente: Ficha Técnica

A parte se utilizo una mini bomba sumergible TRIDENT de plástico para realizar la respectiva succión del taque 2 donde se realiza las mezclas de químicos o abonos que pueda necesitar la planta, conectado directamente a la entrada de la bomba Myres para realizar la mezcla directa y enviar a cada zona de cultivo.

Antes de seleccionar este dispositivo se utilizó un venturí, para ejecutar la absorción de los fertilizando, se tuvo problemas con los tiempos que necesita el riego que es de 2 minutos y con succión de 10 litros por minuto, debido a esta condición se opto por reemplazar por una mini bomba sumergible, que tiene la capacidad absorción de caudal necesaria en tiempos acordes,

**Tabla 2-9: Mini bombas sumergibles**

<b>Bomba sumergible 2000 lph</b>	<b>Bomba sumergible 1200 Litros/hora</b>	<b>Bomba Sumergible 60 lph</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta bomba puede hacer montar el agua hasta 2 metros.</li> <li>• Tienen un flujo de 2000 litros por hora</li> <li>• Altamente efectiva, bajo consumo de energía y alta durabilidad.</li> <li>• Resistente a la abrasión y suciedad del agua. El eje es fabricado en acero y puede usarse con agua dulce o salada.</li> <li>• Motor aislado, resiste años en sumersión.</li> <li>• Mide 15 x 8.5 x 22 centímetros. Su tamaño reducido le permite ocultarla y disimularla fácilmente.</li> <li>• Marca JAD, reconocida en el mundo entero en equipos acuáticos.</li> <li>• Voltaje: 110V / 60Hz consumo de 34W Bomba de fácil instalación solo sumerja y conecte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca AquaMedic OceanRunner 1200</li> <li>• Le garantiza un mínimo de ruido y mantenimiento. No arriesgue su dinero con productos chinos de mala calidad.</li> <li>• Bomba de agua para estanques, cascadas, y múltiples usos en talleres, jardines y reservas de agua</li> <li>• Tiene un flujo de 1200 litros por hora, puede hacer montar el agua hasta 1.6 metros.</li> <li>• Se puede usar dentro y fuera del agua, tecnología de punta.</li> <li>• Esta bomba le funciona dentro del agua. Los ejes son fabricados en cerámica, la vida de su bomba será muy larga. No se quema ni se recalienta.</li> <li>• Viene lista para instalar, no tiene que hacer nada, solo conecte y disfrute.</li> <li>• Bajo consumo eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SÚPER ECONÓMICA</li> <li>• Cabeza de poder pequeña, eficaz, resistente.</li> <li>• Se puede adaptar a filtros de fondo, filtros rápidos, oxigenadores, fuentes decorativas, cascadas, etc.</li> <li>• Hace montar el agua hasta 60cm.</li> <li>• Tiene una excelente circulación de agua y por lo tanto oxigenación.</li> <li>• Funciona en agua marina y agua dulce.</li> <li>• Tamaño ideal para ocultar en la decoración, mide 5.2 x 4.5 x 5 centímetros.</li> </ul>

	Incluye cable de 3 metros para conexión a la electricidad. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltaje: 110V / 60Hz</li> </ul> Consumo: 25W	
--	--	--

Fuente: Autor

Se selecciona la tercera opción debido a sus características y cantidad máxima de litros que absorbe y riego de fertilizantes para cada zona de cultivo es de 150 litros mezclada.



**Figura 2-22** Mini bomba TRIDENT

Fuente: Ficha técnica

## 2.6 DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

El diseño del sistema de control para el riego es un control ON/OFF, que se programó mediante la utilización del logo soft con un lenguaje de programación gráfica, utilizando compuertas lógicas, para el funcionamiento de cada componente o elemento que conforma el sistema de riego por goteo.

### 2.6.1 ELEMENTOS A CONTROLAR

- a) Bomba
- b) Electroválvula de la zona 1
- c) Electroválvula de la zona 2
- d) Electroválvula tanque 1
- e) Electroválvula tanque 2

- f) Mini bomba Auxiliar
- g) Electroválvula Auxiliar

### 2.6.2 VARIABLES

- a) Nivel de llenado tanque 1(Agua)
- b) Nivel de llenado tanque 2(Fertilizante)
- c) Falla térmica del motor
- d) Tiempo de riego de agua y fertilizante
- e) Humedad relativa del suelo zona A
- f) Humedad relativa del suelo zona B
- g) Temperatura ambiente

### 2.6.3 VARIABLES NECESARIAS PARA LA PROGRAMACIÓN EN LA ZONA A Y ZONA B DEL CULTIVO

Las variables necesarias para una correcta programación se detallaran a continuación.

**Tabla 2-10:** Variables para la programación de control de riego.

ENTRADAS DIGITALES	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
1	Emergencia
2	ON modo manual/automático
3	Riego fertilizante zona A
4	Riego fertilizante Zona B
5	Riego Zona A
6	Riego Zona B
7	Falla térmica motor
8	Llenado tanque 2(fertilizante)
9	Nivel mínimo tanque 1 (agua)
10	Nivel máximo tanque 1 (agua)
11	Nivel mínimo tanque 2

12	Nivel máximo tanque 2
13	Riego zona A y Zona B
14	Selección nivel tanque 2
15	Selección tiempo riego
16	ON sensor temperatura
17	Reset nivel tanque 2
<b>ENTRADAS ANALÓGICAS</b>	
1	Porcentajes de humedad relativa zona A
2	Porcentajes de humedad relativa Zona B
3	Temperatura ambiente
<b>SALIDAS DIGITALES</b>	
1	ON motor
2	Falla térmica
3	Alta humedad relativa zona A y zona B
4	Sistema encendido
5	Emergencia
6	Electroválvula zona A
7	Electroválvula zona B
8	Electroválvula tanque 1
9	Electroválvula tanque 2
10	Electroválvula Fertilizante
11	Mini bomba

Fuente: Autor

**Conclusión:** Se necesita un PLC de 20 entradas y 11 salidas.

#### 2.6.4 HUMEDAD A CONTROLAR

Según las proyecciones de la FAO, en la agricultura consumen el 70% de los recursos hídricos, dado que es un recurso útil para el desarrollo, producción de la planta, por tal razón es necesario optimizar su uso aumentando la eficiencia del riego, utilizando sensores de humedad, para programar el sistema de riego por goteo.

La medición del contenido de agua del suelo es fundamental para el manejo eficiente de los recursos hídricos. Se debe de considerar dos factores básicos para la programación del riego.

1. Conocer la cantidad de agua presente en un volumen determinado de suelo.
2. Conocer el estado energético (potencial hídrico).

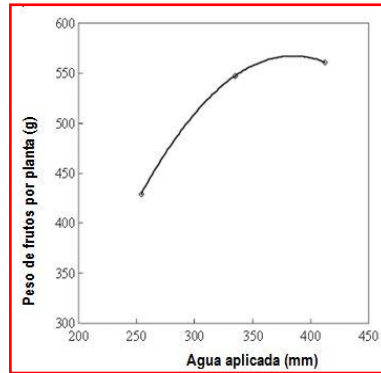
Considerando estas dos características detalladas anteriormente, para el control de riego del sistema, se controla la humedad del suelo mediante sensores que están colocadas en cada zona de cultivo.

#### 2.6.4.1 Humedad de la fresa

Para controlar la humedad requerida, se debe considerar las necesidades de agua que necesita la planta de fresa, cantidad de materia orgánica que posee el suelo, el nivel de PH del suelo y agua, además de considerar el tipo de suelo con que se cuenta para realizar la siembra, todos estos valores se obtuvieron realizando los respectivos análisis. (Ver Anexo B y C).

Cada variedad de fresa, tiene sus propias características (Ver Anexo N), de acuerdo a estos valores se considera los niveles de requeridos de humedad, evitando estrés en las plantas por exceso de agua, cabe recalcar que las indicaciones expuestas en dicho anexo es para suelos ideales, con porcentajes de materia orgánica necesaria, humedad, porcentajes de agua, temperaturas ambientes ideales.

Con el tipo de suelo que se cuenta para el cultivo es FRANCO ARENOSO, que tiene una capacidad de infiltración de 12 mm/hora (Ver Anexo O). Dato importante a considerar para la realización de riego. La fresa es una planta que necesita altos porcentajes de humedad en tipos de suelos arenosos, para obtener una buena producción.



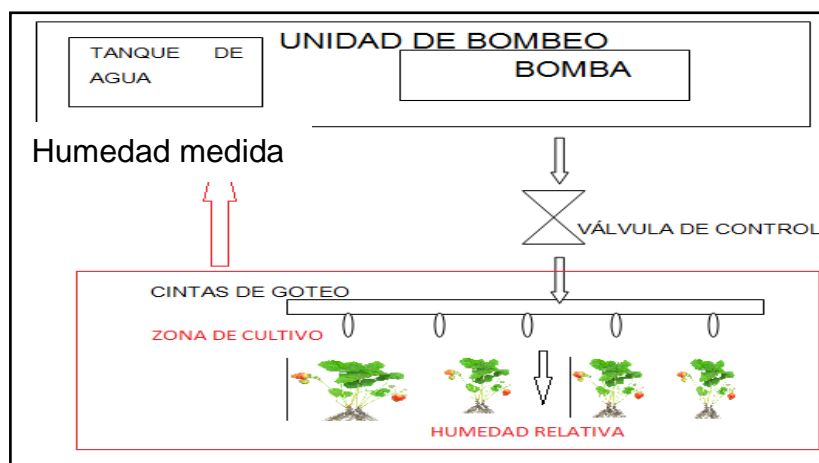
**Figura 2-23:** Curva de humedad de la fresa

Fuentes: Autor

Como ya se señaló la fresa necesita un nivel de humedad más alta, en una etapa crítica como la que va desde el trasplante hasta la apertura de las primeras flores, pueden reducir el rendimiento en un 80%. Un aumento de agua lleva a productividades mayores, hasta que los niveles de saturación provocan enfermedades<sup>28</sup>.

#### 2.6.4.2 Sistema a controlar

El sistema permite controlar la humedad que depende de la cantidad de agua que necesita la planta de frutilla.



**Figura 2-24:** Diagrama de riego

Fuente: Autor

<sup>28</sup> Fuente: [www.redagricola.com/reportajes/frutales/riego-en-frutilla-un-ejercicio-de-equilibrio](http://www.redagricola.com/reportajes/frutales/riego-en-frutilla-un-ejercicio-de-equilibrio)



El sistema es la encargada de controlar la humedad deseada de la planta, por medio de los actuadores que permite el paso del caudal, de la misma manera en la zona de cultivo se cuenta con un sensor de que verifica el porcentaje de humedad enviando una señal a la unidad de bombeo para que se detenga.

El tiempo de riego depende de la evapotranspiración que tiene la zona donde está ubicada el cultivo, considerando rangos de tiempos de riego mayor en los meses de junio a noviembre (Ver Anexo O).

La selección de tiempo de funcionamiento en modo automático está comprendida en horas de la mañana, debido a que se necesita un equilibrio de temperatura entre el agua y el suelo.

El control del sistema a diseñar será amigable con el operario, debido a que los parámetros y necesidades de riego son calculados, considerando todos los parámetros de la planta, suelo, agua, evitando excesos en tiempos de riego, si en caso de generarse alguna falla en el sistema, se implementa las respectivas líneas de seguridad como: falla térmica, parada de emergencia, nivel de alta humedad.

#### 2.6.4.3 Actuadores del sistema de riego

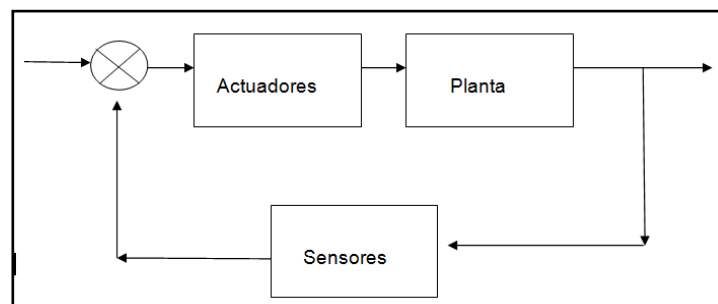
Cada elemento que integra el sistema automático de riego, se encuentra entrelazado para un mejor desempeño y fiabilidad en caso de detectar anomalías al momento de su funcionamiento.

1. **Bomba.-** Es la encargada de proporcionar el caudal necesario para establecer los niveles de humedad dentro del cultivo, que actúa cuando los niveles de humedad son bajas y es controlada por el sensor que envía una señal para que se detenga.

2. **Electroválvulas.-** Encargadas de permitir el paso del líquido, a las zonas de riego, entrando en funcionamiento cuando la bomba se activa.
3. **Flotadores.-** Son las encargadas de enviar una señal, indicando que en el tanque de almacenamiento hay la cantidad de agua suficiente para que se ejecute el riego, en caso de no existir el nivel requerido de agua el sistema no entrara en funcionamiento.
4. **Sensores.-** Estos dispositivos son los que permiten el funcionamiento de riego, en caso de que la humedad del suelo no sea la correcta, es un actuador primordial para este sistema.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, las variables necesarias descritas, se diseña el programa de control del sistema de riego en modo automático y manual.

El esquema de control a diseñar es la siguiente.

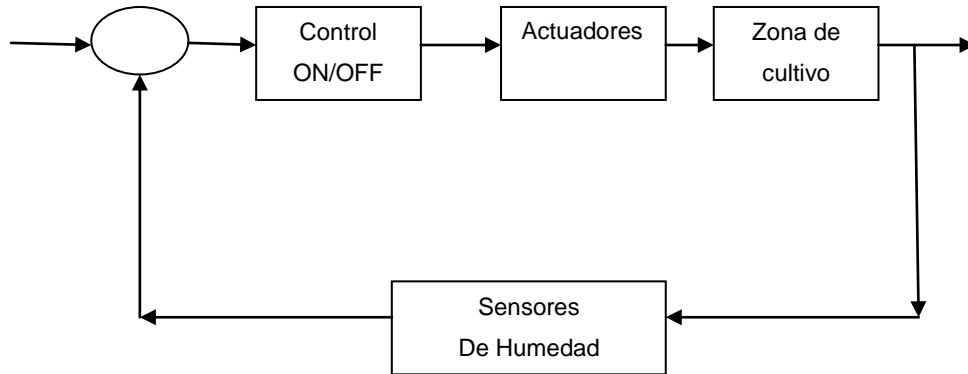


**Figura 2-25:** Diseño del sistema de control

Fuente: Autor

Cabe mencionar que la Planta equivale a la zona de cultivo donde habrá una humedad la cual será medida por un sensor y a la vez retroalimentada al sistema que se encuentra dentro del tablero de control. El control a implementarse será un controlador ON/OFF, es la más simple y elemental forma de controlar una variable. Este método es conocido como todo o nada porque cuando se activa la bomba esta transfiere todo el caudal a la zona de cultivo a la vez se desactiva, interrumpiendo el paso del líquido, de acuerdo a la señal que envía el sensor. Se

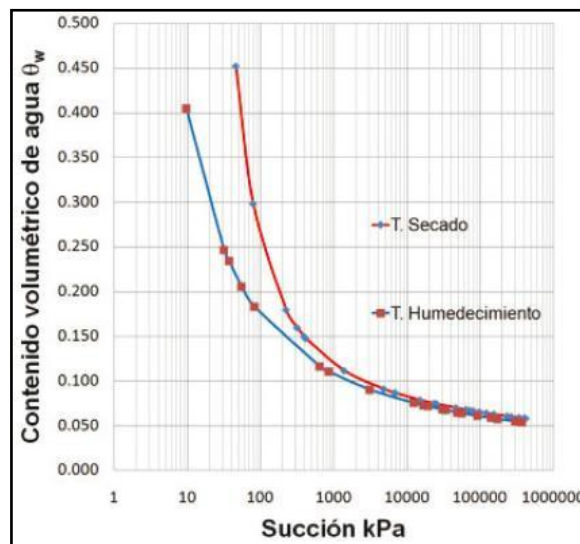
ha elegido este sistema de control debido a que no se necesita una exactitud en el control de la humedad. Según explicaciones anteriores se necesita tener una humedad alta a un tiempo establecido siendo el Set Point la humedad establecida y explicada en capítulos anteriores que las frutillas necesitan.



**Figura 2-26:** Diseño del sistema de control ON-OFF

Fuente: Autor

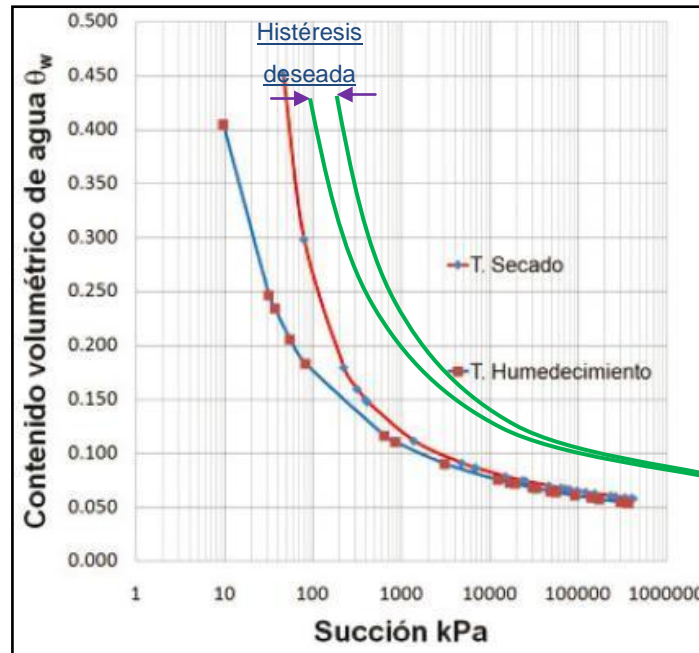
Para mejor entendimiento se muestra la figura 2.27. Donde se explica la humectación de un suelo en general.



**Figura 2-27:** Curva Característica del suelo en trayectoria de secado y humedecimiento

Fuente: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432011000300005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000300005)

Se puede observar que el control On-Off instalado sigue la curva de humedecimiento, que anteriormente se explico sobre la humedad de la frutilla y la necesidad de aumentarla sin un seguimiento estricto de la curva se concluyo la histéresis ( $\mp 5$ ) que se observa en la siguiente figura.

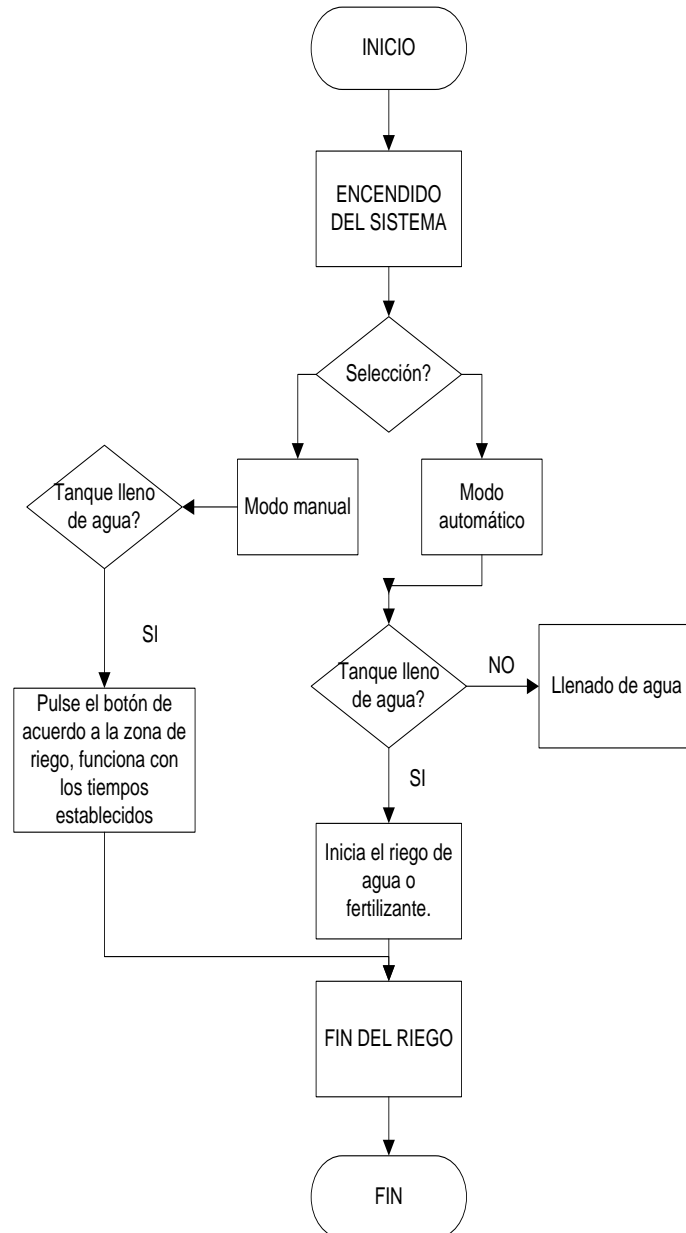


**Figura 2-28:** Histéresis a cumplirse con un control On-Off

Fuente: Autor

#### 2.6.4.4 Diagrama General del sistema de control

El sistema de control de riego tiene dos modos de funcionamiento: modo manual, y modo automático. En modo manual el usuario tiene la opción de riego ya sea de fertilizante o agua, dependiendo a las necesidades de la planta y en modo automático el riego depende de los niveles de humedad del suelo como de los parámetros programados.



**Figura 2-29** Flujograma del sistema de riego

Fuente: Autor

## 2.6.4.5 Diagrama de flujo del sistema de control manual

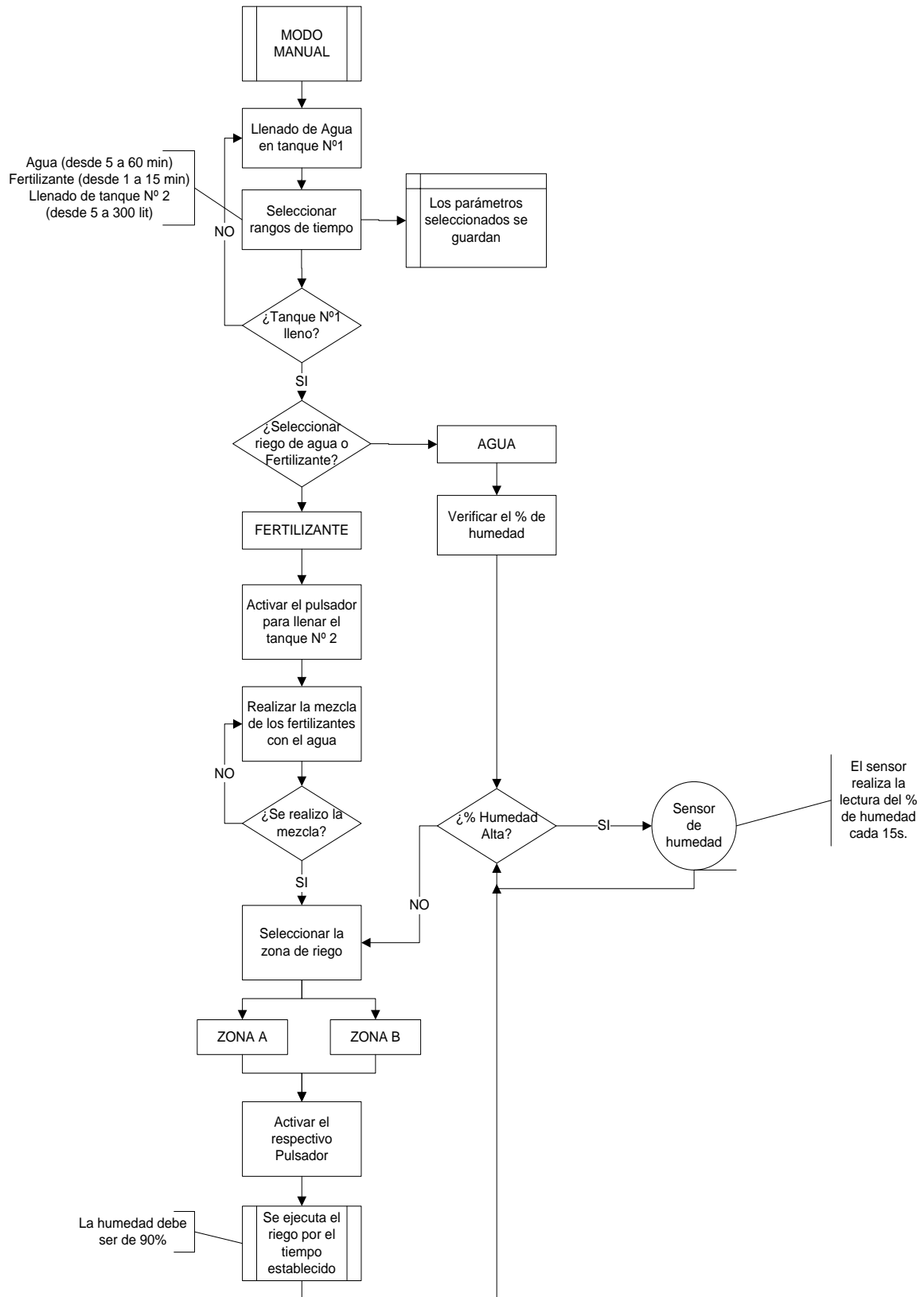


Figura 2-30: Flujograma de control manual

Fuente: Autor

En la parte frontal del tablero de control se tiene 5 pulsadores los cuales envían un pulso para la activación de riego. El riego de cada zona es independiente, con una duración de 10 minutos pudiendo repetirse el ciclo si se presiona el mismo pulsador. El programa tiene controles de seguridad, como en el llenado de tanque de agua, un flotador actúa para el encendido de la electroválvula, que permite el paso de agua.

Para que el sistema se active el riego debe cumplir algunos parámetros: llenado de agua en el tanque, pulsador de emergencia desactivado, luz de falla térmica desactivada.

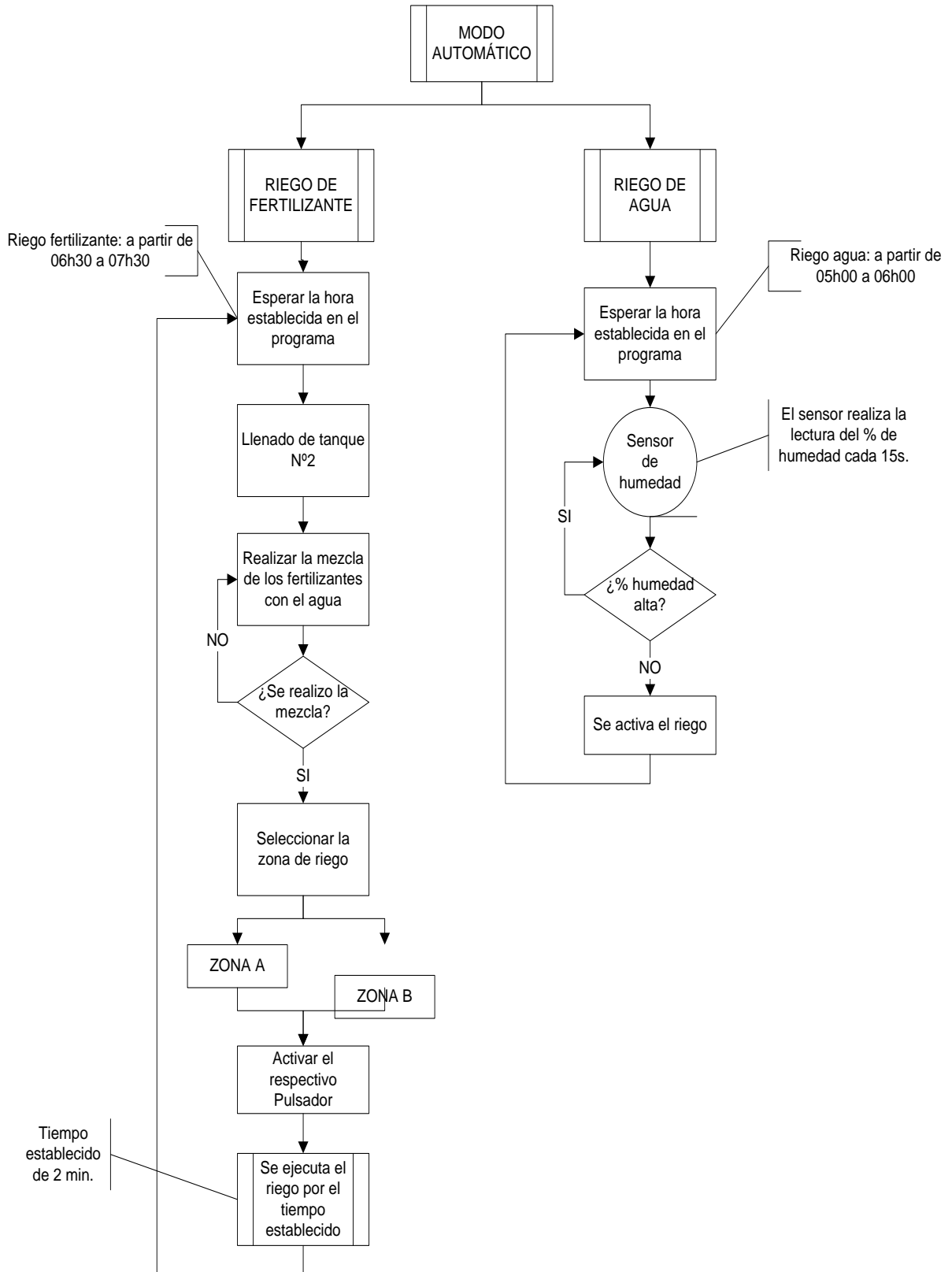
#### 2.6.4.6 Diagrama de flujo del sistema de control automático

Para la activación del sistema de riego de agua, los sensores de humedad que están ubicados en cada una de las zonas de cultivo envían señales de porcentajes de humedad del suelo, hacia el PLC, permitiendo la activación de la bobina, en caso de que la humedad este por debajo del 90% HR.

Este riego puede realizar varias veces a la semana dependiendo a la señal que envíe el sensor de humedad.

El riego del fertilizante enciende y se llena el tanque con 300 litros, después el riego en cada uno de las zonas se activa a la hora establecida repitiéndose el ciclo dos veces a la semana.

Del mismo modo para que el sistema se encienda debe tener las mismas condiciones mencionadas anteriormente.



**Figura 2-31:** Flujoograma del sistema modo automático

Fuente: Autor



## CAPÍTULO 3

# 3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO

### 3.1 DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA

En instrumentación y control, se emplea un sistema especial de símbolos con el objetivo de transmitir de una forma más fácil y específica la información, en el diseño, es indispensable la selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control.

Un sistema de símbolos es estandarizado por ISA<sup>29</sup>. Los símbolos y diagramas son usados en el control de procesos para indicar:

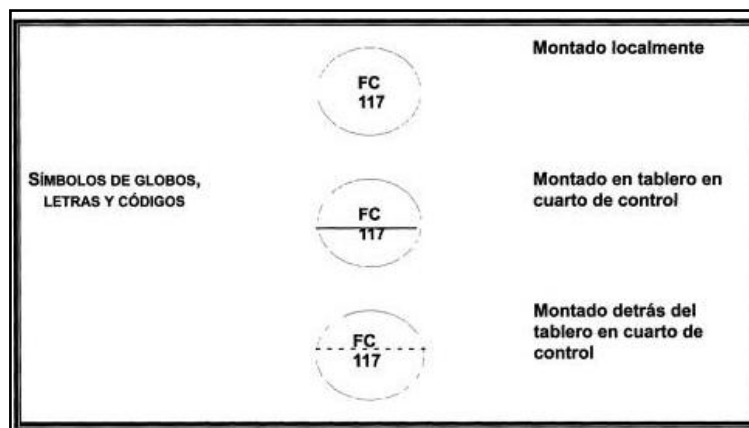
- La aplicación en el proceso
- Tipo de señales empleados
- Secuencia de componentes interconectados
- Instrumentación empleada

Para designar los instrumentos usados en los procesos de control, se usa un círculo denominado globo, dentro del globo se indica un código que dice la función y naturaleza del dispositivo representado, el código está dada por las letras FC y números 117, las letras indican de que dispositivo se trata, en este caso FC indica **controlador de flujo** y el numero identifica el lazo de control del proceso en el cual el elemento desarrolla una función.

El globo también sirve para indicar en donde está localizado el instrumento, es decir, si es local o está en un cuarto de control.

---

<sup>29</sup> ISA: Sociedad de Instrumentistas Americanas



**Figura 3-1\_** Símbolos de globos, letras y códigos

Fuente: El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales, Enríquez, Happer, Edi.: LIMUSA, pág.: 32.

En la siguiente tabla se presenta algunas letras que pueden aparecer en los diagramas, que sirven como identificación y son una combinación de letras usadas para establecer una identidad general del elemento con sus propósitos y funciones para aplicaciones específicas.

**Tabla 3-1: Nomenclatura de instrumentación**

	PRIMERA LETRA	SEGUNDA LETRA	PRIMERA LETRA	SEGUNDA LETRA
A	Análisis	Alarma	K	Tiempo
B	Quemador		L	Nivel
C	Conductividad	Control	M	Humedad
D	Densidad		O	
E	Voltaje	Elemento primario	P	Presión
F	Flujo		Q	Cantidad
G	Medición	Vidrio (tubo de vista)	R	Radioactividad
H	Manual		S	Velocidad
I	Corriente eléctrica	Indicado	T	Temperatura
J	Potencia		U	Multivariable
			V	Viscosidad
			W	Peso
			Y	
			Z	Posición
				Estación de control
				Luz (lámpara)
				Orificio
				Punto
				Registro
				Switch
				Transmite
				Multifunción
				Válvulas
				Bien
				Relevador
				Accionamiento

Fuente: El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales, Enríquez, Happer, Edi.: LIMUSA, pág.: 28-45

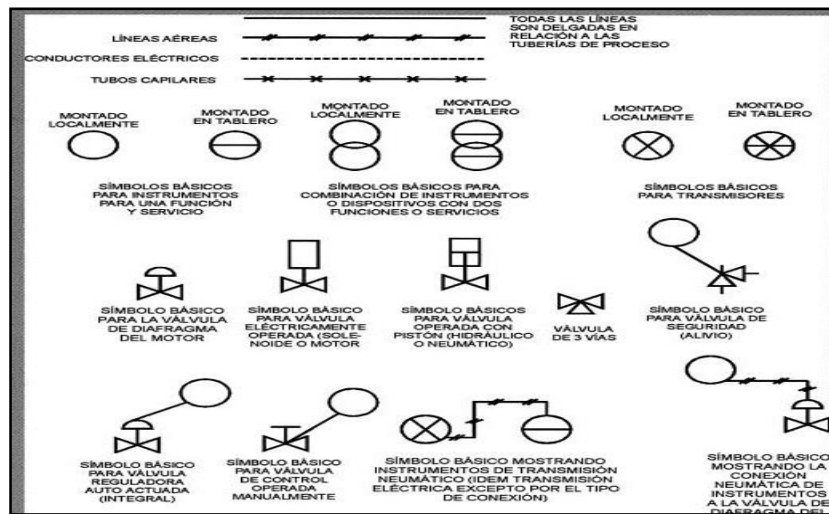


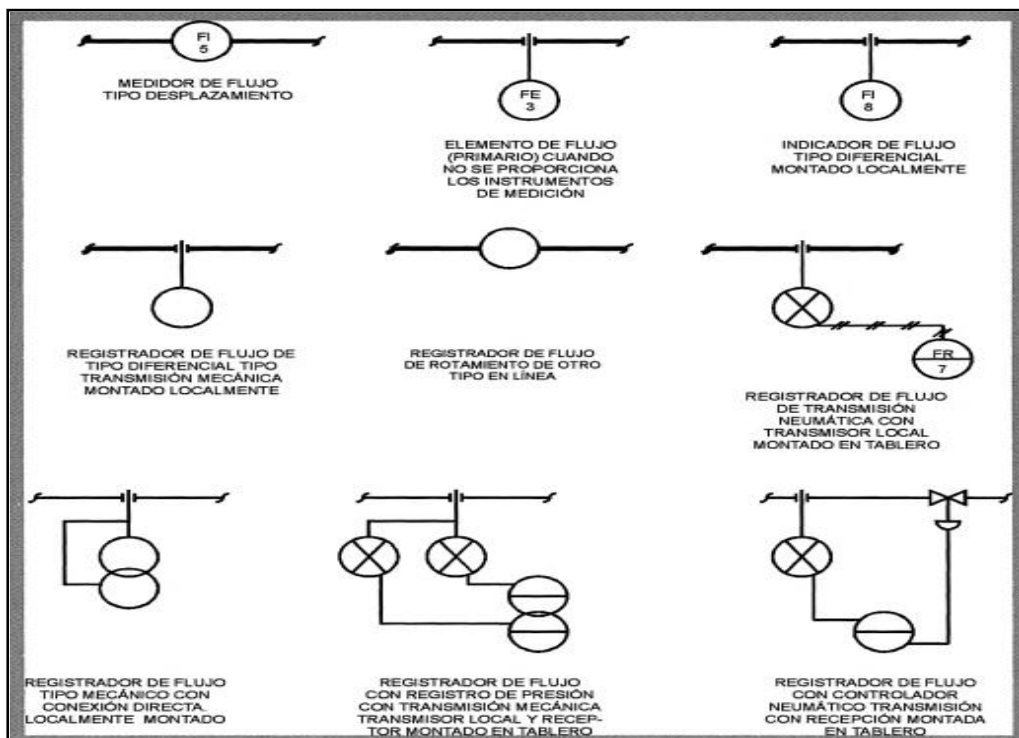
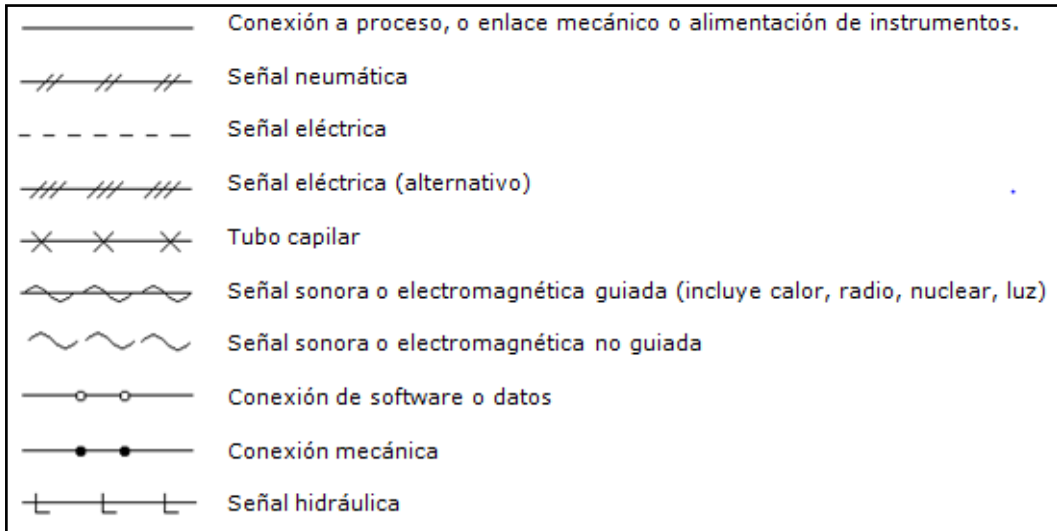
Figura 3-2: Símbolos de medición y aparatos de control

Fuente: El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales, Enríquez, Happer, Edi: LIMUSA, pág.: 40-45

					LOCALIZACIÓN PRIMARIA ACCESIBLE AL OPERADOR	MONTADO EN CAMPO	LOCALIZACIÓN AUXILIAR NORMALMENTE ACCESIBLE AL OPERADOR
		INSTRUMENTO CON REGISTRO DE TARJETA	INSTRUMENTOS QUE COMPARTEN UN ALOJAMIENTO COMÚN		1	2	3
16	17	18			4	5	6
LAMPARA, PILOTO	PUNTO DE MONTAJE EN EL TABLERO	DISPOSITIVO DE PURGA			7	8	9
19	20	21			10	11	12
RESET PARA ACTUADOR	SELLO DE DIAFRAGMA	LÓGICA INDEFINIDA			13	14	15
						INSTRUMENTO CON REGISTRO DE TARJETA	INSTRUMENTOS QUE COMPARTEN UN ALOJAMIENTO COMÚN

Figura 3-3: Elementos de control de procesos

Fuente: El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales, Enríquez, Happer, Edi: LIMUSApag: 28-45



**Figura 3-4:** Elementos de control de procesos

Fuente: Fuente: El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales, Enríquez, Happer, Edi: LIMUSApag: 40

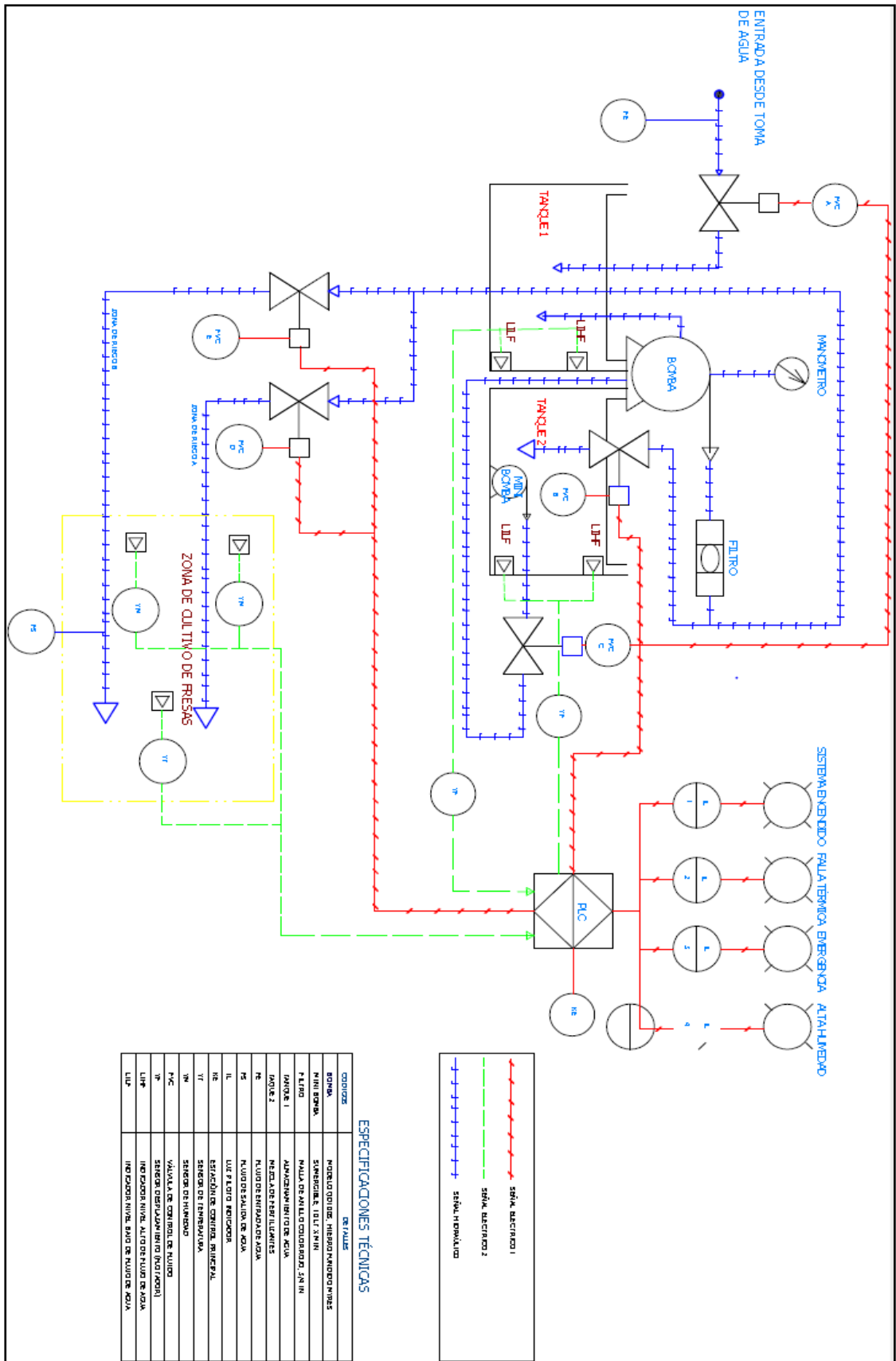
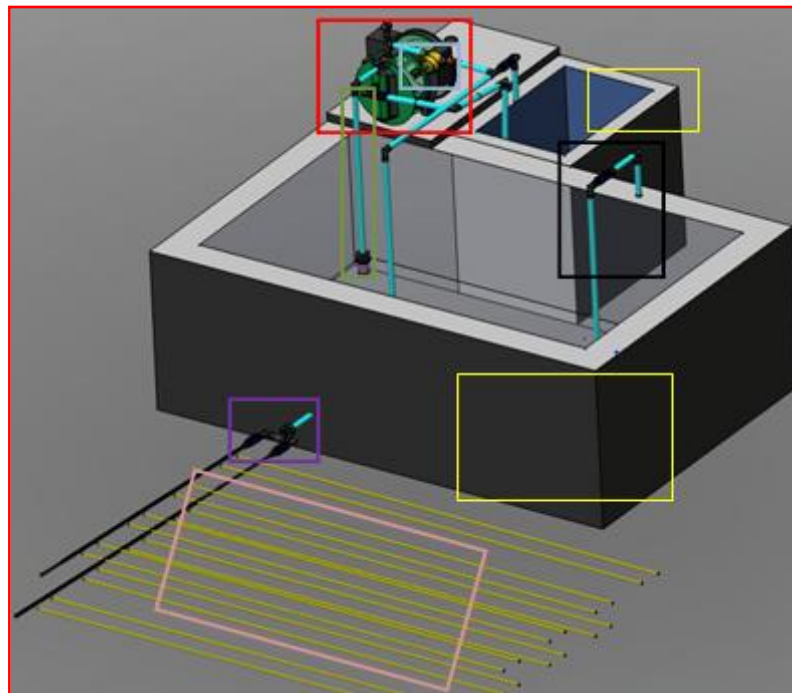


Figura 3-5: Diagrama de instrumentación del sistema de riego








Fuente: Autor

### 3.2 DIAGRAMAS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO



**Figura 3-6:** Etapa Hidráulico del sistema de riego

Fuente: Autor

	Etapa de Bombeo		Tanques
	Línea de succión		Filtración
	Entrada de agua		Salida y distribución
	Cinta de goteo		

La instalación del sistema de riego se realizó en 2 partes, que comprenden la etapa de control e hidráulico.

La etapa de control se basa en la utilización y conexión de cada uno de los dispositivos electrónicos y eléctricos como por ejemplo: cables, cables de

sensores, electroválvulas, sensores, flotadores, contactores, pulsadores, relés, etc.

El control del sistema es ON/OFF, controlado por un PLC siemens, en los capítulos anteriores se detallan las variables necesarias para el control del sistema.

La etapa hidráulica comprende las instalaciones y accesorios utilizados para la red de tuberías que permiten el transporte de flujo de agua a cada una de las zonas de cultivo, donde se tiene instalado las cintas de goteo con emisores incorporados. La red de tuberías se calcula y se diseña de acuerdo a las necesidades de la planta, como a los recursos con que se contaba para su instalación y el correcto funcionamiento.

El riego se lo realiza por medio de una bomba de 1HP, que tiene una capacidad de caudal de 60 lt/min en lo referente al riego de agua. Para el riego de fertilizante se utiliza una mini bomba que tiene una capacidad de 10 lt/ min, que envía a la entrada de la bomba y de esta manera poder mezclar los químicos o abonos.

### **3.2.1 RED DE TUBERÍAS**

Para el diseño de la red de tuberías se debe considerar que el sistema de riego es fijo, es decir que las tuberías principales, secundarias y laterales estarán fijas. Se tiene una red principal de la cual se deriva dos ramas secundarias para dividir para cada una de las redes laterales (cinta de goteo), en cada una de las zonas de cultivo controladas por una electroválvula (Ver Anexo D) respectivamente.

De acuerdo a los cálculos realizados en el anterior capítulo el diámetro de la tubería principal es 27mm, a continuación se selecciona la tubería de PE existente en el mercado de la marca PLASTIGAMA, para su instalación se utilizó algunos accesorios.

En la línea principal se tiene instalado el cabezal de riego que consta de los siguientes accesorios: filtro de malla de anillo, codos de 90°, tees, reducciones, bujes.

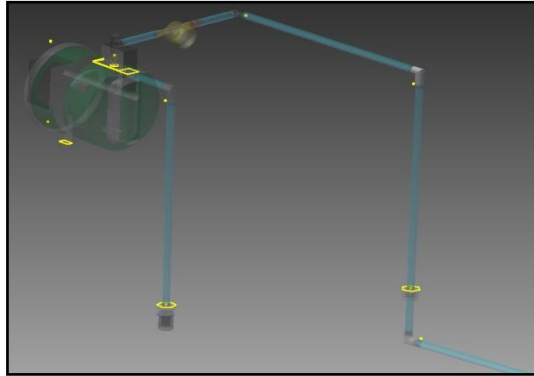


Fig (a)



Fig (b)

**Figura 3-7:** Tubería primaria esquema

Fuente: Autor

El diámetro seleccionado para la red secundaria es de 18 mm, se tendrá dos líneas secundarias a las respectivas zonas de cultivo donde se coloca dos cintas de goteo para cada una de las camas.

En la unión de la red primaria con la secundaria se encuentra una electroválvula que permitirá el paso de flujo de agua conectadas con una universal que permite el fácil retiro de las tuberías en caso de desinstalar el sistema de riego.



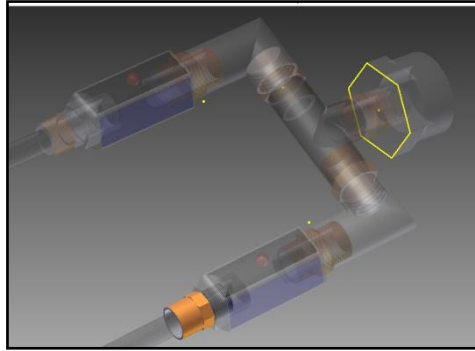


Fig: (a)



Fig: (b)

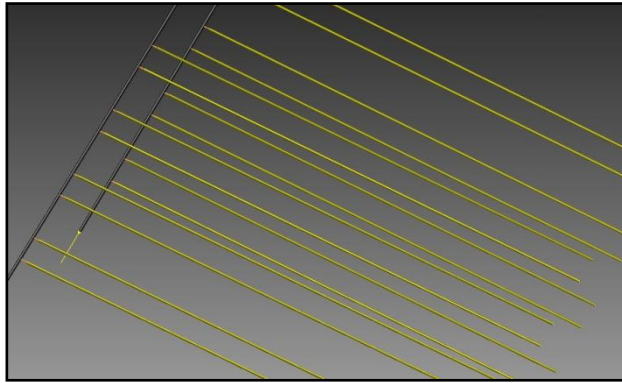
**Figura 3-8:** Tubería secundaria esquema

Fuente: Autor

Las cintas de goteo que se instaló tienen un diámetro de 12mm, con una capacidad de riego de 2 lt/h, con emisores incorporados a 20 cm y la longitud del ramal es de 28,8 m y las cintas al extremo tienen amarras para evitar fugas y realizar los respectivos mantenimientos y limpieza de emisores.

**Figura 3-9:** Cintas de riego con goteros incorporados

Fuente: Autor



**Figura 3-10:** Ramales conectados en la red secundaria

Fuente: Autor

**Tabla 3-2:** Características de tuberías comerciales

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO					SIDR	PRESIÓN	ESPESOR			LONGITUD		
	DI		D		OVAL			PN	e			LT	
	MIN	PROM	MAX.	PROM					MAX.	MIN			PROM
PULGADAS	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(PSI)	(mm)	(mm)	(mm)	(m)		
1/2	15.54	15.80	16.05	19.21	0.2			1.53	1.71	1.88	100.0		
3/4	20.55	20.93	21.18	24.97	0.2	11.5	80	1.83	2.02	2.21	100.0		
1	26.14	26.64	26.90	31.70	0.2			2.31	2.53	2.74	100.0		

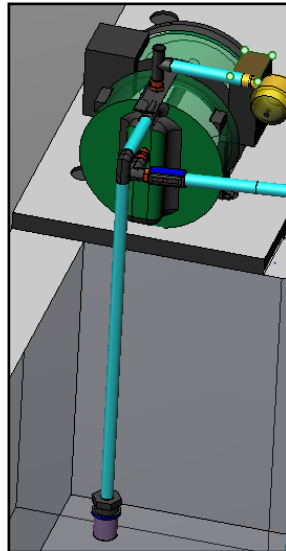
Fuente: [www.platigama.com.ec](http://www.platigama.com.ec)

### 3.2.2 INSTALACIÓN DE LA UNIDAD DE BOMBEO

1. Colocamos la bomba en la base y sujetamos con dos tornillos, evitando que se desplace.
2. Conectar una válvula de pie de  $1\frac{1}{4}$  de pulgada, con un adaptador de tubería plástica. Para evitar fugas se utilizó teflón o sellador.
3. Conectar el tubo con un codo de 90 grados, y un neplo de tubería de 30 cm de largo.
4. Colocar un adaptador macho en la entrada de la bomba de  $1\frac{1}{4}$  de pulgada.
5. En la parte superior de la bomba, se utilizó un neplo corrido de una pulgada uniendo con una tee para colocar un manómetro y de esta forma se verifica la

presión de trabajo, en el otro extremo se coloca un neplo de 20cm de largo de un diámetro de 1 pulgada.

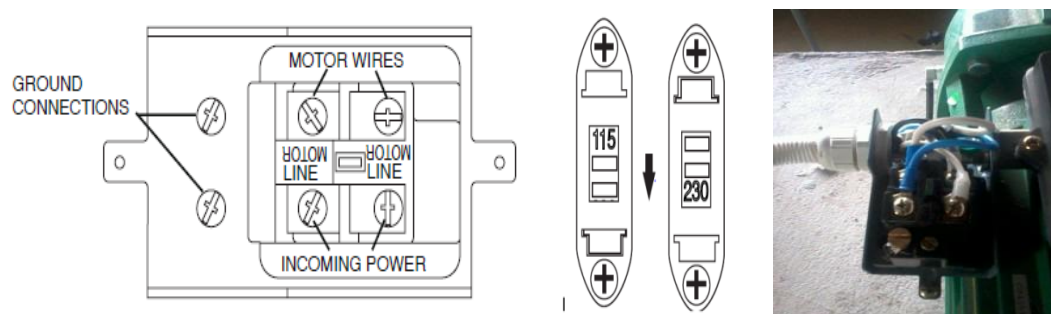
6. Instalación de un filtro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada al neplo de 20cm, con uniones de  $\frac{3}{4}$  de pulgada.
7. Instalación de la mini bomba con la electroválvula C.



**Figura 3-11:** Unidad de bombeo

Fuente: Autor

Una vez instalada todos los componentes de la unidad de bombeo se procede a conectar al tablero de control, con el voltaje de trabajo. El voltaje con la cual trabajara es 110 VAC.



**Figura 3-12:** Conexión de la Bomba

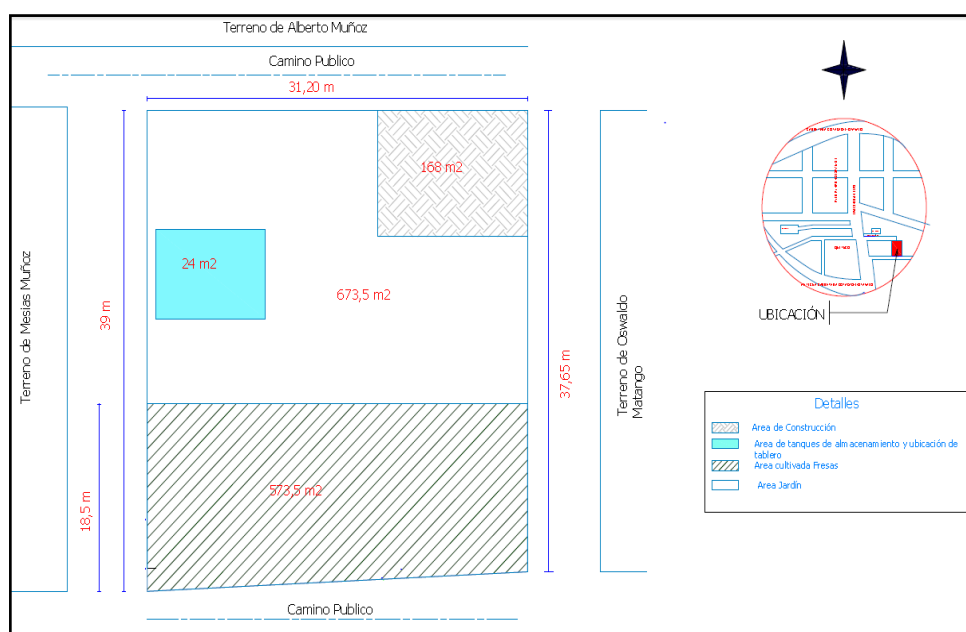
Fuente: Autor

### 3.3 PLANO DE LA PARCELA DE TERRENO

Dentro de un área de 600 m<sup>2</sup>, se encuentra cultivada las fresas, el panel de control de riego se encuentra a una distancia de 20 m.

Dentro del área de cultivo se encuentra 16 camas de las siguientes dimensiones: 80cm x 40 cm x 28m, cada una de estas se encuentran separadas a una distancia de 40 cm.

En una cama tenemos 288 plantas sembradas separadas a una distancia de 20 cm cada planta.



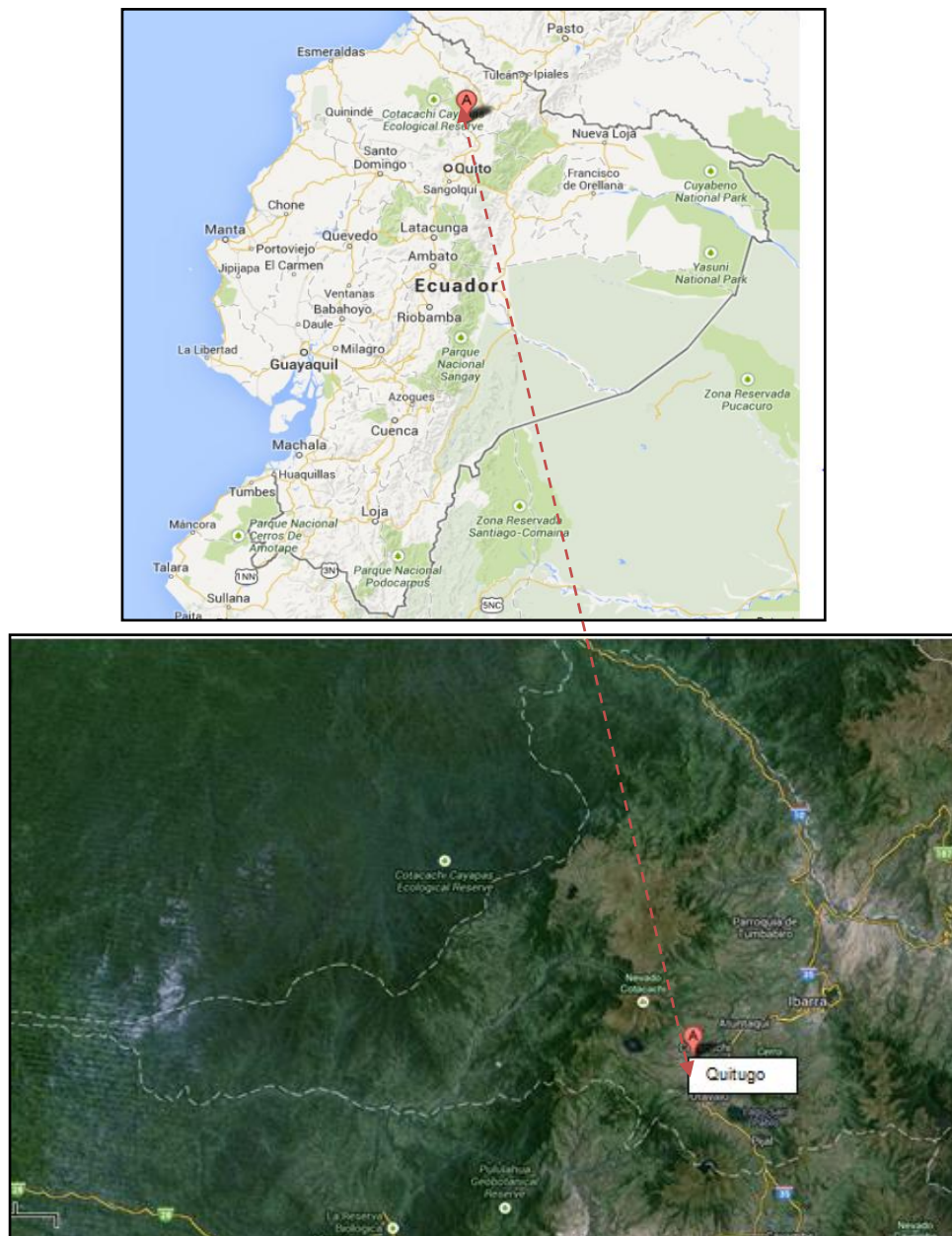
**Figura 3-13** Plano del terreno

Fuente: Autor

#### 3.3.1.1 Ubicación geográfica de la zona de cultivo

El sistema automático de riego para cultivo de fresas artesanal se encuentra ubicado en la comunidad de Quitugo, perteneciente a la ciudad de Cotacachi, parroquia San Francisco, provincia de Imbabura.

La comunidad de Quitugo se encuentra a una altitud de 2572 msnm, con temperaturas que oscilan entre 14°C a 23°C.



**Figura 3-14:** Ubicación geográfica del sistema de riego

Fuente: <https://maps.google.es/>

### 3.4 TABLERO DE CONTROL

Un tablero de control es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, señalización y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro un sistema.

La comunicación entre hombre y maquina agrupa todas las funciones que necesita el operador para poder controlar y vigilar el buen funcionamiento de todo el sistema de control de riego.

Se instaló en el panel frontal del tablero, los pulsadores respectivos que se usan en mandos generales de arranque y de parada, como en mandos de circuito de seguridad.

En caso de existir anomalías en el sistema general se coloco luces piloto que indican el tipo de problema o daño que se genero cuando en el momento que el riego esta activada, además para la protección de todo el circuito se tiene dos fusibles.

El montaje del tablero se lo realizó a una altura de 0,80 cm desde el piso, con su respectiva conexión a tierra, para la protección del sistema, las dimensiones del tablero son de 60 cm x 45 cm x 20 cm.

Al realizar el montaje del tablero, se procede con las respectivas acometidas para las conexiones en el interior.



**Figura 3-15** Armado de canaletas en la placa del tablero

Fuente: Autor

Cada uno de los componentes en la placa está sujeto al riel DIN y el cableado de las señales de salida como entradas se los realizó en las barras de conexión (borneras). Distribuidas para voltajes DC y AC respectivamente.

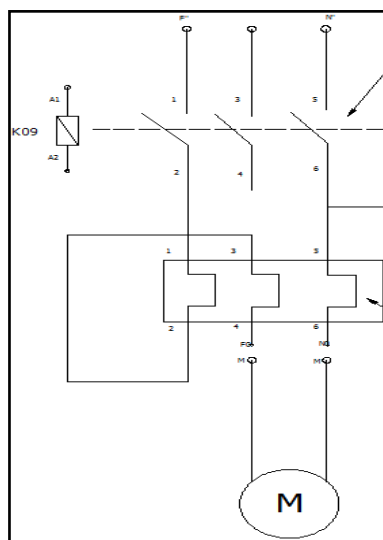
La unidad principal del sistema es un PLC siemens (Ver Anexo J), montado en el riel DIN con dos módulos adicionales ( Ver Anexo L), fuente de alimentación (Ver Anexo K) y para ver mensajes, valores del riego se instaló una pantalla LOGO TD (Ver Anexo M).



**Figura 3-16:** Instalación de PLC logo siemens y sus complementos

Fuente: Autor

Para la activación y seguridad de la bomba se instaló un contactor y un relé térmico que actúan con cada uno de los pulsadores que se encuentran instalados en el panel frontal del tablero.



**Figura 3-17:** Circuito de activación de la bomba

Fuente: Autor

Las salidas están conectadas a mini relés (Ver Anexo J), que actúan como interruptores, que sirven como protección a las salidas del PLC en caso de producirse cortos circuitos, debido a que es más fácil y económico comprar relés con las mismas características, que cambiar un PLC.

#### 3.4.1.1 Funcionamiento del sistema de control

El modo de activación y selección de rangos para los respectivos riegos en cada zona de cultivo se detalla en el manual de usuario.

Una vez seleccionado el modo de riego, el usuario puede acceder directamente a riegos de agua como fertilizantes con tiempos y parámetros establecidos en cada caso, visualización de mensajes de alerta, valores de los sensores, temperatura, tiempo.

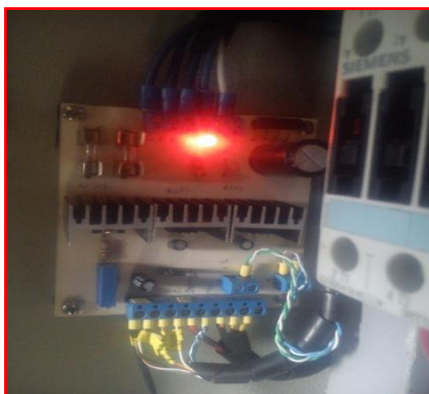
Para activar el riego se presiona el pulsador una sola vez, si tiene presionada más de 2 segundos se apagará. Las teclas de función de la pantalla de logo TD, están programadas y activadas para seleccionar los parámetros de riego con la cual funcionara el sistema hasta que se modifique nuevamente, estas modificaciones se encuentran detalladas paso a paso en el manual de usuario.

### 3.5 PLACA DE DISPOSITIVOS

Se utilizo dos placas de dispositivos debido a las necesidades de generar voltajes y conexión a sensores que se encuentran a una distancia de 50 m desde el control de mando. Cada una de las placas consta de borneras de salidas y entrada de señales necesarias.

La placa 1, contiene circuitos de conversión de voltajes AC a DC, que son necesaria para la alimentación de cada uno de los sensores, además posee dos fusibles instalados que son las respectivas protecciones a la fuente de PLC y transformador.





**Figura 3-18:** Placa de dispositivos 1

Fuente: Autor

La placa 2, se construyó para los sensores de humedad y temperatura la cual se ubico en la zona de cultivo a una distancia de 50 m desde el tablero principal, las conexiones se lo realizó con un alambre FTP (Ver Anexo R) blindado que son de uso especial para sensores, para la transmisión y recepción de señales al tablero demando.



**Figura 3-19** Placa de sensores 2

Fuente: Autor

## **CAPÍTULO 4**

### **4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL RIEGO POR GOTEO**

#### **4.1 PRUEBAS DEL SISTEMA**

Para las respectivas pruebas de funcionamiento del sistema de riego, se considero algunos de los parámetros como: voltaje, corriente, fallas, fugas en las tuberías, cintas de goteo, presión de salida de la bomba. Cada una de estas pruebas fueron verificadas en las horas de funcionamiento del sistema en modo automático y en modo manual.

##### **4.1.1 VERIFICACIÓN DE CONSUMO DE CORRIENTE DE TODO EL SISTEMA**

Terminadas las instalaciones de todo el sistema, se activó todo el sistema entrando en funcionamiento para proceder con la medición de consumo de corriente. La activación del motor de la bomba de 1hp, tiene un consumo de corriente en el arranque de 12 A, estabilizándose en pocos segundos la corriente, en un rango de no mayor a los 6 A. La corriente de consumo es baja, equilibrando de esta manera los costos de energía mensual.

El consumo de corriente es considerablemente bajo debido a que la utilización y activación de la bomba se da en tiempos cortos (2 a 15 minutos cada día), con este tiempo se cumple la humedad que requiere el suelo.

##### **4.1.2 VERIFICACIÓN DE PRESIÓN**

La presión de trabajo por cada zona de cultivo es 45 PSI, presión necesaria para riego de agua o fertilizante que abastecerá a 2004 plantas de fresas, si la presión aumenta el riego se detiene.

La bomba instalada tiene una capacidad de trabajo hasta 65 PSI, que puede ser modificado de acuerdo a las pérdidas o necesidades de presión de trabajo del sistema

Para medir la presión se utilizo un manómetro con una capacidad de medición de 200 PSI.



**Figura 4-1:** Medición de presión de agua

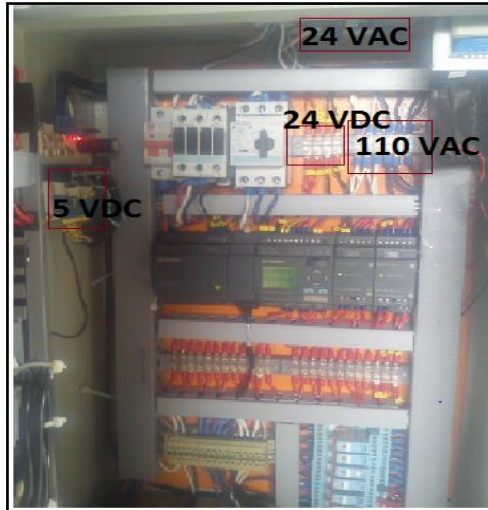
Fuente: Autor

Se debe considerar que la presión de trabajo, puede aumentar por taponamiento de los emisores de la cinta de riego, o debido a que la malla de filtro de anillo contiene partículas acumuladas de abonos o químicos que se utilizan para la fertirrigación, impidiendo el correcto paso del agua a cada una de las zonas.

Para evitar problemas debido a la acumulación de partículas de abono en el filtro, se debe limpiar después de cada 2 riegos de fertilizante.

#### **4.1.3 VOLTAJES DE TRABAJO DEL SISTEMA**

La etapa de potencia (bombeo) funciona con 110 V AC, mientras que la etapa de control funciona con 24 VDC, que es proporcionada por la fuente de alimentación del PLC Siemens (Ver Anexo M), las electroválvulas tienen un voltaje de trabajo de 24 VAC, que se obtiene de un transformador instalada dentro del tablero de control, además se realizó las respectivas mediciones de voltajes de entradas y salidas de los sensores de humedad y de temperatura. Los sensores de humedad están alimentados con 5 VDC.



**Figura 4-2** Voltajes en el tablero de control

Fuente: Autor

#### **4.1.4 RIEGO EN CADA UNA DE LAS ZONAS DE CULTIVO**

Después de culminar la instalación de cada uno de los componentes electrónicos, eléctricos y red de tuberías, como la respectiva programación del sistema se procedió con las pruebas de riego en cada una de las zonas de cultivo.

##### 4.1.4.1 Riego zona A y Zona B

Se realizó el respectivo riego en la zona A, B de cultivo, que abarca 8 camas dentro de las cuales se encuentran instaladas 16 redes laterales, en cada zona se encuentra instalada un sensor para la verificación de la humedad en el suelo, el sensor envía los porcentajes de humedad relativa que posee el suelo, desactivando el riego en caso de superar los valores establecidos en el programa.

El tiempo de riego ha disminuido a rangos de 10 a 25 minutos, utilizando hasta 600 litros para cada zona de cultivo para cumplir con la humedad que necesita la planta, antes de la automatización el riego se realizaba por inundación ocupando una cantidad exagerada ( $20\text{m}^3$ ) de agua y el tiempo necesario para el riego era de 12 horas.

No se tiene inconvenientes con la activación, se realiza el riego con el rango de tiempo seleccionado.



**Figura 4-3:** Activación de riego

Fuente: Autor

#### 4.1.4.2 Riego de fertilizante zona A y Zona B

El riego de fertilizantes se realiza dos días a la semana, con productos químicos u orgánicos que necesita la planta en cada una de las etapas de crecimiento y producción, permitiendo de esta manera una fertirrigación uniforme y constante.

Para la ejecución del riego de fertilizantes, se debe realizar la mezcla correspondiente en 40 litros de agua almacenados en el tanque 2. Al instante que se activa el riego, mediante una mini bomba sumergible con una capacidad de absorción de 10 litros por minuto envía la mezcla a la entrada de la bomba de 1 Hp permitiendo que se disuelvan, con un tiempo de 2 minutos a cada una de las zonas, se establece este período debido a que en la zona de cultivo se necesita que la cantidad sea de 150 litros, suficiente para que las plantas obtengan

porcentajes de abono necesario, por cada planta se necesita 50 ml de fertilizantes con porcentajes de soluciones diferentes de acuerdo a la etapa de la planta.

Los riegos de fertilizantes se estable por la cantidad de materia orgánica que posee el suelo (Ver Anexo B), y lo ideal para cultivo de fresas es que los suelos contengan 5% de materia orgánica (Ver Anexo N), por la textura del suelo Franco Arenoso y contenido de materia orgánica bajo, se establece dos riegos por semana para compensar los nutrientes necesarios para su desarrollo (Ver Anexo N).

No se tiene inconvenientes con la activación de riego de fertilizantes, el riego se realizó con el rango de tiempo seleccionado.



**Figura 4-4:** Riego Fertilizante en cada una de las zonas

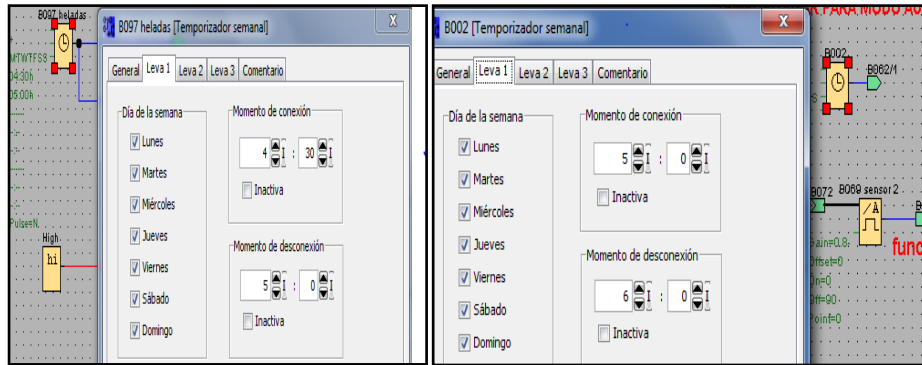
Fuente: Autor

La automatización de riego, ayuda a que el riego de fertilizantes sea constante con la cantidad necesaria de nutrientes en cada una de las plantas, se evita la contaminación de los frutos en comparación con el método manual como se laboraba anteriormente, además de evitar los problemas ergonómicos y daños a la salud del trabajador por los químicos que se utiliza.



#### 4.1.4.3 Riego Automático

El riego en este modo se realiza de acuerdo a los parámetros programados en bloques de programación B002, B145, B097.



**Figura 4-5:** Parámetros de programación

Fuente: Autor

Las pruebas se realizaron en la hora establecida, además en este modo se realiza el riego debido a las heladas que se genera. Se activa la zona de cultivo que tenga el menor porcentaje de humedad, apagando el riego si el sensor pasa de los rangos establecidos.



**Figura 4-6:** Riego en modo automático

Fuente: Autor

#### 4.1.5 INDICADORES DE ALERTA DE SEGURIDAD

Se comprobó el correcto funcionamiento de cada uno de los indicadores de seguridad, poniendo en marcha el control de riego en modo manual y automático.

Para una mayor seguridad del sistema el tablero de control dispone de 4 indicadores visuales (Luces), que permiten identificar con gran facilidad el daño o falla existente, el usuario de acuerdo al color de la luz puede saber qué tipo de problemas se tiene.

**Luz Roja.-** Indica que se activo el pulsador de emergencia y que todo el sistema se encuentra bloqueado, además se puede visualizar en la pantalla del LOGO TD, un mensaje “ACTIVO PARADA DE EMERGENCIA”. Desactivada el pulsador de emergencia todo el sistema funciona normalmente.

Para su verificación se pulso el botón de emergencia cuando se estaba realizando el riego y se observo que el riego entra en modo stop y todas las funciones se bloquean.



**Figura 4-7:** Pruebas del pulsador de emergencia

Fuente: Autor

**Luz Naranja.-** Indica que se produjo una falla térmica (incremento de consumo de corriente), inhabilitando las funciones del sistema y provocando una parada de todo el sistema de la misma manera se puede visualizar un mensaje en el panel



frontal “FALLA TÉRMICA”. En caso de ocurrir esta falla es necesario que un técnico calificado revise.

Para la comprobación de la falla térmica en caso de existir alzas de consumo de corriente en el motor de la bomba, provocadas por en taponamientos de tuberías, cintas de riego o filtros, generando el incremento de presión a la vez aumento de consumo de corriente. Se procede a abrir el tablero de control y de esta manera poder manipular el relé térmico donde se selecciona de acuerdo a la carga la corriente máxima que esta va a soportar, en caso de sobrepasar el valor seleccionado de amperios, el relé térmico se abre impidiendo el paso de la corriente, también enviará una señal de alerta al PLC activando la luz naranja.



**Figura 4-8** Falla térmica

Fuente: Autor

**Luz Verde.-** Indica que los niveles de humedad relativa en las zonas de cultivo A y B, son altas, se muestra un mensaje en la pantalla principal “HUMEDAD ALTA” modo verificar



**Figura 4-9** Verificación de porcentajes de humedad en cada una de las zonas de cultivo

Fuente: Autor

Las pruebas de verificación de incremento de humedad relativa en cada una de las zonas, se realiza aumentando los tiempos de riego establecidos dentro del programa, en el horario establecido de riego que es 5:30 am.

**Luz azul.-** Indica al usuario que el sistema de control del riego se encuentra con corriente eléctrica y encendida, para su correcto funcionamiento.



**Figura 4-10** Indicador de sistema encendido

Fuente: Autor

#### 4.1.6 LLENADO DE TANQUES

El sistema de riego tiene 2 tanques de llenado utilizadas para el almacenaje del agua y mezcla de químicos para la respectiva fertirrigación a cada zona de cultivo, dentro de cada tanque se encuentra instalada dos interruptores flotadores que son las encargadas de abrir o cerrar la electroválvula.

Se comprobó si cada flotador envía la señal al PLC, permitiendo el funcionamiento de la electroválvula A, esto permite saber el nivel de agua mínimo y máximo en el tanque, si uno de los flotadores no envía la señal al PLC, esta no cierra la electroválvula dejando que el tanque se llene a su máxima capacidad produciendo fugas de agua.



**Figura 4-11:** Verificación de flotadores Tanque 1

Fuente: Autor

De la misma manera dentro del tanque 2 se realizó las mismas pruebas que permiten activar la electroválvula B, en este caso se debe seleccionar la cantidad de agua que se requiera, además si el flotador de nivel bajo no envía la señal al PLC la fertirrigación no se activara a ninguna de las zonas de cultivo.



**Figura 4-12:** Verificación de flotadores Tanque 2

Fuente: Autor

No hubo inconvenientes con ninguno de los flotadores, funcionando de acuerdo a la programación realizada y a las necesidades del operador.

#### 4.1.6.1 Llenado de tanque 2

Se realizó la respectiva prueba de llenado de tanque 2, seleccionando la cantidad de litros que se va a utilizar para mezclar los químicos y el tiempo de riego adecuado para cada zona de cultivo.

Según la duración de tiempo se debe de seleccionar la cantidad de agua, el llenado se puede realizar en modo manual, en modo automático se llenará la cantidad seleccionada anteriormente.



**Figura 4-13** Llenado de taque 2

Fuente: Autor

#### 4.1.7 FUGAS EN LAS TUBERÍAS Y CINTAS DE RIEGO

En cada tramo de tuberías como en cintas de riego se verificó si existían fugas, provocando pérdidas de caudal.

Se encontró problemas de fugas en la tubería principal por la inadecuada instalación y material utilizado para su sellado, la cual provocaba dichas pérdidas de caudal, se solucionó cambiando de material y utilizando un sellador de buena calidad evitando las fugas producidas.



**Figura 4-14** Fugas en las Tuberías

Fuente: Autor

#### 4.1.8 VISUALIZACIÓN DE MENSAJES DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL LOGO TD

El funcionamiento de riego y fertirrigación en modo manual y automático permitieron las respectivas pruebas de visualización de mensajes de alerta, porcentajes de humedad relativa, tiempos de riego, capacidad de almacenamiento de agua en litros dentro del tanque 2, fallas del sistema, selección de rangos de riego, modo de operación de control.

Para la visualización de mensajes de alerta se tuvo que simular las respectivas fallas.

0	LT.	HUMEDAD	VALORES (RH)
ALMACENADO	BAJA	60 ZON A	34 ± °C
AGUA	51 ZON B	51 ZON B	
TANQUE 2			
DESACTIVE	ALERTA	MINUTOS	
PULSADOR	FALLA TÉRMIC	◀ 5 ▶	
DE	APAGUE EL	TIEMPO RIEGO	
EMERGENCIA	SISTEMA	AGUA	

LITROS				◀ °C ▶				HELADA				0 LT			
◀ 20 ▶				34				00:00				FERTILIZAN			
DE LLENADO												ZONA "B"			
TANQUE "2"												00:00m			

51				% RH				ALERTA RIEGO			
RIEGO AGUA								FERTILIZANTE			
ZONA "B"								AUTOMÁTICO			
00:00m								EN: 00:00m			

**Figura 4-15:** Mensajes del sistema de riego

Fuente: Autor

## 4.2 AJUSTES

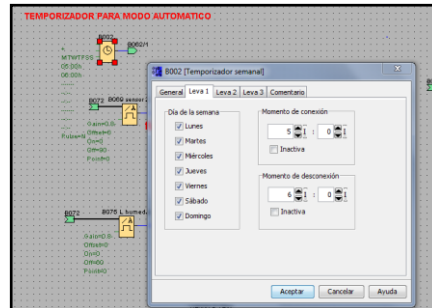
En el funcionamiento general de sistema de riego para el cultivo de fresas artesanal a pesar de los parámetros y lineamientos que se considero en cada uno de los cálculos de equipos, materiales y herramientas, se tuvo la necesidad de realizar ajustes en la programación, tiempos de riego, además de aumentar un sensor de temperatura para la medición de la temperatura ambiente.

### 4.2.1 AJUSTES DE HORARIO DE RIEGO EN EL PROGRAMA DE RIEGO

En los primeros meses de funcionamiento del sistema de riego, se estableció un horario para la irrigación comprendida entre las 8:00 am hasta 6:00 pm todos los días, pudiendo encender el sistema dentro de estos parámetros programados en modo manual y en modo automático.

El principal inconveniente al momento de realizar el riego dentro de estos rangos fue los aumentos de temperatura ambiente, provocando un calentamiento del suelo a temperaturas superiores de 25 °C, por esta condición hubo problemas en el desarrollo de la planta ya que la temperatura del agua estaba entre los 11 °C comparada con los 25 °C del suelo. Para un equilibrio de temperatura suelo-agua el horario adecuado fue a las 5:00 am hasta 6:00 am, considerando que dentro del horario establecido la temperatura del suelo disminuye hasta el rango

requerido, logrando de esa manera un buen desarrollo de la planta. Por tal razón se cambio la programación del sistema general, el horario de riego en modo automático.



**Figura 4-16** Cambio de hora en modo automático

Fuente: Autor

#### 4.2.2 INSTALACIÓN DE UN SENSOR DE TEMPERATURA

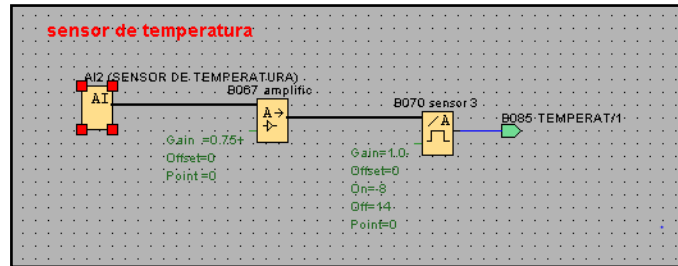
Otro de los problemas que se observó a pesar de cambio de horario de riego, humedad relativa del suelo optimo, fertirrigación en cantidad y tiempo adecuado, fue que los bordes de las hojas de las plantas de fresas empezaban a secarse, debido a las heladas<sup>30</sup> que se producen en el sector donde se implemento la siembra y la instalación del sistema de riego por goteo.

Para tratar de controlar este problema se vio la necesidad de instalar un sensor de temperatura que permite saber a cuantos °C se encuentra la temperatura ambiente y de esta manera realizar la modificación pertinente en el programa general, considerando el horario, rangos de temperatura en la que puede producirse las heladas, permitiendo al sistema de riego en modo automático, tomar la decisión de activar el riego a las dos zonas de cultivo por un tiempo de 10 minutos, disminuyendo de esta manera los daños provocados por las heladas.

Con la instalación del sensor de temperatura y tiempos de riego se disminuyo en un 40% la afección a las plantas.

<sup>30</sup> Heladas.- Las heladas se producen por la disminución excesiva de la temperatura ambiente en horas de la mañana, formando capas de hielo en los bordes de las hojas que estas a la vez con la salida del sol provoca daños en los bordes de las hojas donde se encuentran formadas las capas de hielo.





**Figura 4-17:** Programación del sensor de temperatura

Fuente: Autor



**Figura 4-18:** Daños generados por heladas en los bordes de las hojas

Fuente: Autor

#### 4.2.2.1 Sensor de temperatura

Existen una gran cantidad y variedad de sensores para medir la temperatura. Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios de señales eléctricas que son procesadas por equipos eléctrico o electrónico. Existen tres tipos de sensores de temperatura, los termistores, los RTD y los termopares.

**Termistores.-** Esta basado en que el comportamiento de la resistencia de los semiconductores es variable en función de la temperatura. El principal problema de los termistores es que no son lineales.



**RTD (Resistance Temperature Detector).**- Basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura, los metales empleados como RTD son: platino, cobre, níquel y molibdeno.

**Termopar.**- También llamado termocupla, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico. Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se aplica una corriente eléctrica.

Los termopares tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidas en las industrias.

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión.

#### 4.2.2.2 Selección del sensor de temperatura

**Tabla 4-1: Sensores de Temperatura**

Tipo Sensor	Salida	Rango °C	Precisión ± °C	Robustez	Coste
Termopar	40 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	-270 a 2300	1.5	Alta	Bajo
RTD platino	0.4 $\%/^\circ\text{C}$	-200 a 600	0.2	Media	Medio
RTD níquel	0.4 $\%/^\circ\text{C}$	-200 a 600	0.3	Media	Bajo
Termistor	5 $\%/^\circ\text{C}$	-50 a 200	0.2	Alta	Medio
Semiconductor	10 $\text{mV}/^\circ\text{C}$ o 1 $\mu\text{A}/^\circ\text{C}$	-40 a 125	1.5	Media	Bajo
No-Contacto	milivoltios	0 a 6000+	2	Baja	Alto
Fibra óptica	varios	-100 a 200	1	Media	Muy alto
Criogénico	varios	-273.15 a -200	0 ± 0.001	Varias	Varios
Bimetálico	desplazamiento	-100 a 300	2	Alta	Bajo
Pintura	Cambio de color	-30 a 1200	1 a 20	Media	Bajo

Fuente: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1770pub.pdf>

De acuerdo a la tabla 4.1 se selecciono el sensor de tipo semiconductor (LM35) por sus características y que cumple con las necesidades para el sistema (Ver Anexo P), cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura en °C. El LM35 no requiere ninguna calibración externa, puede funcionar con alimentación simple o alimentación doble (+ y -), requiere solo 60  $\mu$ A para alimentarse, trabaja en rangos de temperatura comprendida entre -40 °C y 110 °C (con mayor precisión).

4.2.2.3 Selección debido a las características que posee el sensor.

- Esta calibrado en grados Celsius (°C).
- Factor de escala lineal de +10 mV/°C
- 0,5 °C de precisión a + 25°C
- Rango de trabajo: -55 °C a + 150 °C
- Apropiaada para las aplicaciones remotas
- Bajo costo
- Bajo auto-calentamiento (0,08 en aire estático)

Se opto por este sensor ya que los rangos a medir para las heladas están comprendidos de 5 °C hasta 10°C.



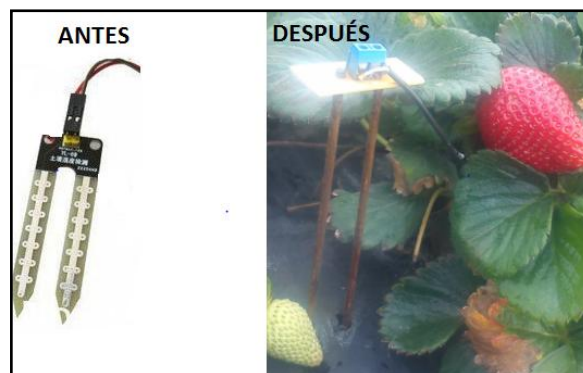
Figura 4-19 Instalación del sensor LM35 en la zona de cultivo

Fuente: Autor

#### 4.2.2.4 Sensores de humedad

Los sensores de humedad ubicadas en cada uno de las zonas de cultivo con sus respectivos terminales de detección, puesta en contacto con el suelo, realizan mediciones óptimas de %RH por un tiempo de 3 semanas, después de este tiempo se observaron problemas de detección debido a que los terminales poseían compuestos de cobre que fueron destruyéndose por el contacto con el agua y fertilizantes que se enviaban a cada una de las zonas, generando lecturas fuera de los rangos, además de que el terminal tenía una longitud de 6 cm, no optimo para la medición ya que la distancia máxima de las raíces de las plantas de fresas alcanzan 25 cm.

Por tal razón se cambio los terminales a varillas delgadas de acero con un diámetro de 4 mm, que tiene una mayor resistividad a los daños por oxidación por contacto directo al suelo, agua ya que se encuentra a la intemperie las 24 horas. Con este tipo de varillas se obtuvo los mismos resultados de medición que los terminales, cada una de las varillas se debe de cambiar cada 4 meses para evitar fallas de lectura en los sensores.



**Figura 4-20** Terminales del sensor de humedad

Fuente: Autor

## CAPÍTULO 5

### 5 COSTO BENEFICIO DEL SISTEMA DE RIEGO

Este subtítulo está destinado a la descripción de todos los costos realizados para cumplir con la instalación del sistema automático de riego por goteo para el cultivo de fresas y el análisis de costo beneficio.

Los costos proyecto para la instalación del sistema de riego automático, se considero de acuerdo al riego que se ejecuta como agua y fertilizante a 4608 plantas de fresas divididas en dos zonas de cultivo, teniendo en cuenta que la producción de fresas varía cada semana, aumentando la producción, hasta un valor pico, luego de 5 meses de producción disminuye, cuando la producción a excedido los gastos, el agricultor realiza el podado de todas las plantas de esta manera empieza nuevamente el ciclo de producción. Por lo tanto los costos de este proyecto son recuperables.

Los costos que se realizaron se detallan a continuación.

#### 5.1 COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son los que intervienen directamente en el proceso de riego: fertilizantes utilizados, la mano de obra y materiales.

En la siguiente tabla se detalla los equipos y materiales que se utilizaron para la automatización del riego.

**Tabla 5-1: Costos directos de automatización**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
1	ABRAZADERAS	20	0,15	3
2	BLOQUE DE CONTACTO DE PULL NC	4	1,9	7,6
3	BORNERAS BLANCAS	1	0,5	0,5
4	BORNERAS BLANCAS	19	0,49	9,31

5	BORNERAS DE 12 SALIDAS	1	1,35	1,35
6	BORNERAS DE 6 SALIDAS	2	0,95	1,9
7	BREAKER PARA RIEL DIN	2	12,5	25
8	BROCA 1/8 DE HIERRO	2	0,18	0,36
9	CABLE # 12	70 m	0,55	38,5
10	CABLE # 14	90 m	0,39	35,1
11	CABLE # 18	100 m	0,25	25
12	CABLE DE COMUNICACIÓN PLC	1	33	33
13	CABLE FTP CAT 5E	50 m	1,16	58
14	CABLE SUCRE 4X14	14 m	2,8	39,2
15	CAJETINES PLÁSTICOS	3	0,25	0,75
16	CANALETA	1	5	0
17	CINTA DOBLE FAS	1	3,99	3,99
18	CONECTORES	25	0,25	6,25
19	CONTACTOR SIEMENS	1	15	15
20	ELECTROVÁLVULAS 1"	3	38	114
21	ELECTROVÁLVULAS 3/4"	2	33	66
22	ESPIRAL NEGRO	5 m	1,47	7,35
23	FLOTADORES	4	11	44
24	FUENTE LOGO 24 V	1	70	70
25	FUSIBLE	3	0,15	0,45
26	INTERRUPTOR TÉRMICO HASTA 10 A	1	15	15
27	INTERRUPTOR VETO	1	3,45	3,45
28	LAGARTOS	2	0,15	0,3
29	LIBRETA ETIQUETADORES	2	8,7	17,4
30	LOGO TD	1	120	120
31	LUCES PILOTO	6	2,7	16,2
32	MANGUERA ANILLADA ½	45	0,4	18
33	MANGUERA ANILLADA 3/8	6	0,35	2,1
34	MATERIALES ELECTRÓNICOS	1	55	55
35	MODULO DIGITAL DM8	2	60	120
37	PLC LOGO 12/24 RC	1	80	80
38	PORTA FUSIBLE	1	1,15	1,15
39	PRENSA ESTOPA	10	1,5	15
40	PUESTA A TIERRA	1	21	21
41	PULSADORES	5	2,85	14,25
43	RELÉ Y BASE A 24 V	8	14,25	114
44	SENSORES DE HUMEDAD	2	15	30
45	TABLERO DE CONTROL	1	110	110
46	TACOS # 6	30	0,03	0,9
47	TAYPE 3M	8	0,6	4,8
48	TERMINALES DE CABLE 14	330	0,1	33
49	TOMACORRIENTES VETO	3	1,55	4,65
50	TORNILLOS 1X8	30	0,03	0,9

51	TRANSFORMADOR 12V	1	14,5	14,5
	<b>TOTAL</b>			<b>1417,21</b>

Fuente: Autor

**Tabla 5-2: Costos directos de instalación de red de tuberías**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
1	ADAPT PVC 50X 1 1/2 X 1"	2	3,07	6,14
2	ADAPT PVC C/R 25mm X ¾	1	0,86	0,86
3	ADAPTADOR MACHO 25mm X 3/4	2	1,02	2,04
4	ADAPTADOR MACHO 40MM X 1 1/4	1	1,76	1,76
5	ADAPTADORES MACHOS DE 40	2	0,98	1,96
6	BOMBA JET	1	300	300
7	BUJES DE 3/4" A 1/2 "	2	0,44	0,88
8	BUJES DE 1" A 3/4 "	9	0,44	3,96
9	BUJES 1 1/2" X 1"	2	0,8	1,6
10	BUJES 3/4 A 1 1/4 "	1	3,75	3,75
11	BUJES PVC R/R 1 1/4"	2	0,66	1,32
12	CINTAS DE GOTEIO 1/4 "	1500	0,12	180
13	CODO 2197 DE 1 1/4"	2	3,9	7,8
14	CODO DE 25mm	3	0,95	2,85
15	CODO DE 40 mm	1	1,19	1,19
16	CODO E/C 40MM	1	1,83	1,83
17	CODOS DE 1" CON ROSCA	3	1,45	4,35
18	CODOS DE 3/4" CON ROSCA	7	0,55	3,85
19	CODOS DE 1/2 " CON ROSCA	3	0,45	1,35
20	COLLARÍN 40mmX 3/4"	1	1,58	1,58
21	CONECTORES ROJOS DE CINTA	31	0,8	24,8
22	FILTRO TIPO Y DE ¾	1	23	23
23	KALIPEGA 500C	1	9,11	9,11
24	MANGUERA DE 1/2 " NEGRO	30	0,15	4,5
25	MANGUERA FLEXIBLE DE 3/4 JD	50	0,29	14,5
26	NEPLO CORRIDO 1/2"	2	0,34	0,68
27	NEPLO CORRIDO 1 "PVC	7	0,44	3,08
28	NEPLO CORRIDO 3/4 PVC	5	0,35	1,75
29	OTROS	1	40	40
30	TAPÓN DE 1"	1	0,5	0,5
31	TEFLÓN	12	0,5	6
32	TEFLÓN AMARILLO	3	1,19	3,57
33	TEE DE 1"	2	0,9	1,8
34	TEFLÓN GRANDE	5	1,33	6,65
35	TUBO DE 1"	5	2,5	12,5
36	TUBO DE 1" R/R 1"	2	1,11	2,22

37	TUBO DE 25mm	1	0,67	0,67
38	TUBO DE 3/4"	2	1,4	2,8
39	TUBO DE 40mm	3	1,33	3,99
40	TUBO E/C 40MM	1	1,27	1,27
41	UNIONES DE 1 " NEGROS	3	0,54	1,62
42	UNIONES DE 1/4 " NEGROS	32	0,2	6,4
43	UNIONES DE 3/4 " NEGROS	4	0,48	1,92
44	UNIVERSAL 3/4 PVC	1	2,35	2,35
45	VÁLVULA 3/4 PLÁSTICO PVC BOLA	1	2,99	2,99
46	VÁLVULA 1 1/4" TIGRE PVC BOLA	1	9,61	9,61
47	VÁLVULA DE PIE 1 1/4"	1	45	45
48	VENTURI DE ¾	1	45	45
49	BOMBA SUMERGIBLE	1	31,9	31,9
50	VÁLVULA DE PIE 3/4"	1	3,2	3,2

**TOTAL****842,45**

Fuente: Autor

**Tabla 5-3: Costos directos de siembra.**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	TOTAL
ABONO 10-20-10	1	35	35
ABONO AZUL	1	45	45
ABONO MORADO	1	45	45
ABONO ORGÁNICO	10	4,5	45
ABONO ORGÁNICO DE POLLO	3	5,5	16,5
ARRIENDO	1	300	300
PLANTAS DE FRESAS	1250	0,17	212,5
PLÁSTICO	1000	0,09	90
CONSUMO AGUA ANUAL	2	24	48

**TOTAL****837**

Fuente: Autor

**5.1.1 COSTOS INDIRECTOS**

Los costos indirectos son aquellos que no pueden identificarse con la producción, pero constituyen un costo aplicable a la producción en general.

**Tabla 5-4: Costos indirectos de fabricación**

CANTIDAD	DETALLE	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
10	Internet (meses)	25	250

800	Impresiones	0,10	80
1	Gastos Varios	150	150
		<b>Total</b>	480

Fuente: Autor

El total de costos es la suma de los costos directos e indirectos.

**Tabla 5-5: Costo total de inversión**

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD (USD)</b>
Total costos directos	3096,66
Total costos indirectos	480
<b>Costo total</b>	<b>3576,66</b>

Fuente: Autor

El costo total invertido es para una área de 537,5 m<sup>2</sup>, es de 3576,66 dólares, de la misma forma para verificar si el sistema de riego automático beneficia el desarrollo de las plantas y producción de fresas se realizó otra siembra en el sector de la comunidad de Atik Pachakama, en una área de 1700 m<sup>2</sup>, donde el riego se realiza por inundación y riego de fertilizantes de modo manual utilizando un trabajador para esta actividad.

El costo total invertido para la siembra en un área de 1700 m<sup>2</sup> es de 2000 dólares, a pesar de que estos costos son menores y área es tres veces más que el área del proyecto, las utilidades obtenidas son menores.

### **5.1.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN SIN RIEGO**

En la siguiente tabla se muestra el costo que se necesita para la producción de fresas en un área de 1700 m<sup>2</sup>.

El tiempo a considerar en este caso es de 16 meses que duro la siembra, considerando 10 meses de producción.



**Tabla 5-6: Costos sin riego**

<b>DETALLES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO POR ACTIVIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Mano de obra para riego de fertilizante (2 veces por semana)	16 meses	10	1280
Mano de obra para riego de agua (2 veces al mes)	16 meses	10	320
Mano de obra por cosecha (2 veces por semana)	10 meses por 5 trabajadores	3	1200
Mano de obra para limpieza de maleza(4 veces al año)	6	10	60
Abonos y fertilizantes	16 meses	100	1600
<b>Total</b>			<b>4460</b>

Fuente: Autor

Para determinar el costo de producción es necesario dividir los costos que se invierte para producción de fresas, para el número de kg de fresas que se produjeron dentro de los 16 meses que duro la siembra.

**Tabla 5-7: Ventas de fresas durante 10 meses.**

<b>VENTAS ANUALES</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>VENTAS (USD)</b>	7574	700
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>8274</b>	

Fuente: Autor

Las ventas de la tabla 5.6, es por un período de 10 meses que duro la cosecha de fresas, esta cantidad en dólares da como resultado en una producción de 6267 kg de fresas. Por lo tanto se obtiene el costo de producción es de 0,71 dólares por kg.

### 5.1.3 ANÁLISIS DE COSTO DE PRODUCCIÓN CON IMPLEMENTACIÓN DE RIEGO

Se considera el consumo de energía, teniendo en cuenta los siguientes parámetros.

$$V = 120 \text{ V}$$

$$I = 6 \text{ A}$$

Potencia en fase tenemos:

Ecuación 5-1: Potencia por fase

$$P = (\sqrt{3}) * V * I$$

$$P = 1,24 \text{ kw}$$

Ecuación 5-2: Consumo energético

$$\text{Costo energético} = P * \text{horas de trabajo}$$

Entonces:

$$\text{Costo energético} = 1,24 * 0,5 \text{ horas}$$

Al ser una instalación domiciliaria es costo por valor comercial kw/h es de 0,08 ctvs.

$$\text{Costo energético} = 1,24 * 0,5 \text{ horas}$$

$$\text{Costo energético} = 0.05 \text{ ctvs.}$$

El costo energético mensual es de 1,5 dólares.

Con la implementación del sistema se reduce los costos de mano de obra, además de que el cultivo aun se mantiene en producción, por tal razón se

considera 19 meses para calcular los respectivos costos y los meses de producción a considerar son 13 meses.

**Tabla 5-8: Costos con riego automático**

<b>DETALLES</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO POR ACTIVIDAD</b>	<b>COSTO TOTAL (USD)</b>
Consumo energético	19 meses	1,5	28,5
Mano de obra por cosecha (1 por semana)	13 meses x 2 trabajadores	3	312
Mano de obra para limpieza de maleza(2 veces al año)	2	10	20
Mano de obra para podar (1 por año)	2 trabajadores x 5 días	10	200
Abonos y fertilizantes	19 meses	20	380
<b>Total</b>			<b>940,5</b>

Fuente: Autor

Los costos de mano de obra se reducen, debido a que no se utiliza mano de obra directa para el riego.

**Tabla 5-9: Ventas de Fresas durante 13 meses**

<b>VENTAS ANUALES</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
<b>VENTAS (USD)</b>	1450,5	3965
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>5415,5</b>	

Fuente: Autor

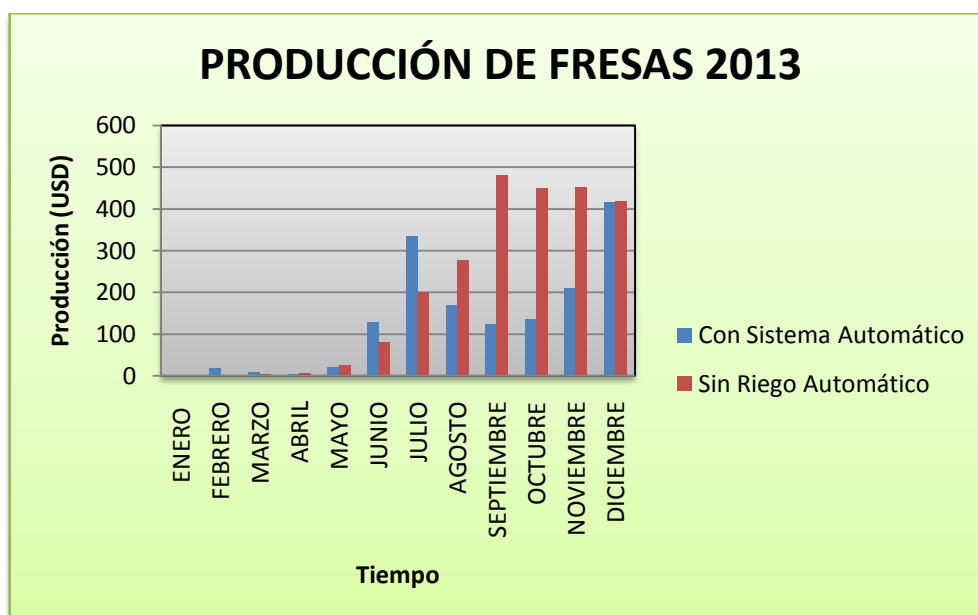
Aumenta los ingresos por venta, debido a la reducción de uso de químicos, puesto que se realizó el cambio a abonos orgánicos, ya que el sistema automático permite utilizar este tipo de productos sin presentar inconvenientes.

La venta de la tabla 5.9, es por un período de 13 meses hasta la fecha, considerando que sigue en producción, dando como resultado en una producción de 3076.7 kg de fresas. Por lo tanto se obtiene el costo de producción es de 0,30 dólares por kg.

#### 5.1.4 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE FRESAS ANUALES

Para analizar los datos de la producción de fresas se considero el cultivo en diferentes lugares, con siembra en el mismo tiempo, utilización de materiales similares, con la diferencia que en una de ellas se implemento un sistema automático de riego por goteo.

Obteniendo los siguientes resultados.

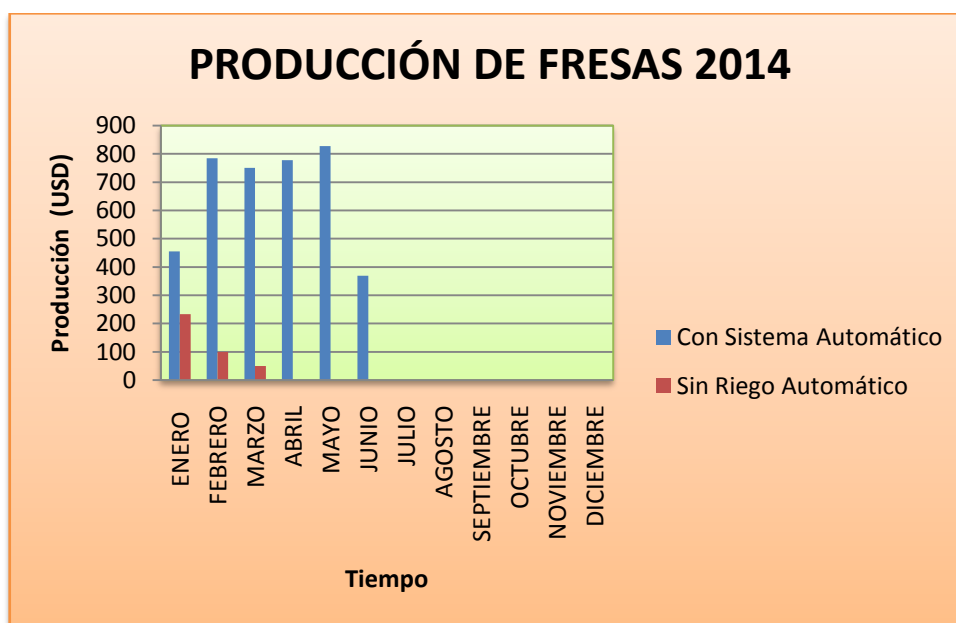


**Figura 5-1:** Producción de fresas VS Tiempo (2013)

Fuente: Autor

En la fig 5-1 se observa que la producción de fresas con la aplicación de riego en forma tradicional, tiene una producción elevada, en consideración al cultivo con riego automático, estas variaciones de valores se debió por los procesos que conlleva la programación y cálculos para la instalación del riego, además se presentaron problemas debido a los factores climáticos de la zona, detallado en el anterior.

Implementado el sistema de riego con sus respectivas pruebas y ajustes, alcanza una mayor eficiencia en el riego, mejorando de esta manera la producción como se observa en la fig 5-2.



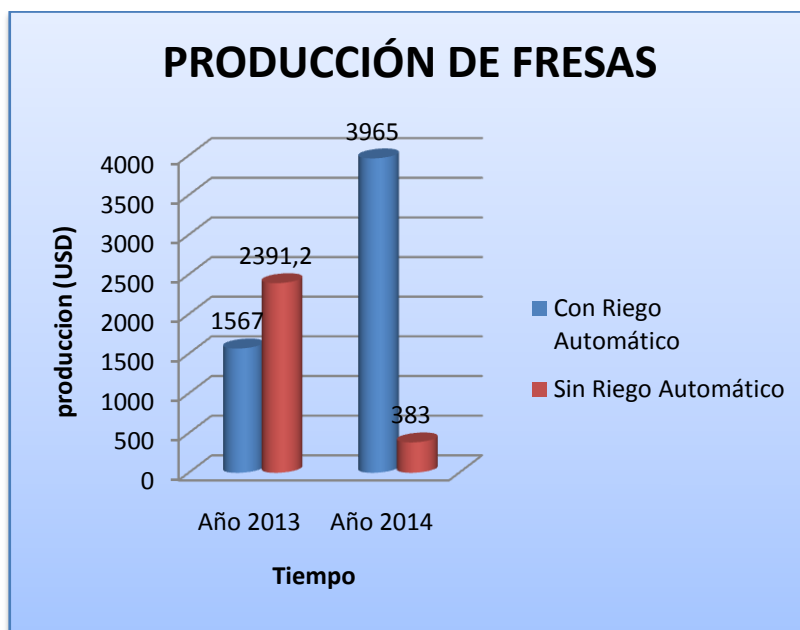
**Figura 5-2:** Producción de fresas VS Tiempo (2014)

Fuente: Autor

Estos datos comprueban la factibilidad del proyecto para la instalación del sistema automático de riego por goteo para cultivo de fresas.

Un dato importante que se debe tener en cuenta es que el cultivo con sistema de riego automático hasta la fecha (13 meses) se encuentra en producción, mientras que el cultivo con riego tradicional ya culminó su producción, debido a que el ciclo de vida de las plantas finalizó con una producción de tan solo 10 meses.

A continuación en la fig 5-3 se muestra los valores de la producción en los dos años:



**Figura 5-3:** Producción total de fresas

Fuente: Autor

### 5.1.5 PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Con el período de recuperación se determina, el tiempo que se tardará en recuperar la inversión realiza para el cultivo e implementación del sistema de riego.

En la siguiente tabla 5.10 se detalla las utilidades que se obtienen en cada una de los cultivos.

Para mejor la comparación de los valores se divide para 3 los costos involucrados en la siembra de fresas sin riego automático.

**Tabla 5-10:** Análisis de utilidades

DESCRIPCIÓN	VALOR (USD)
Utilidades del área de cultivo sin riego automático	604,6

Utilidades del área de cultivo con riego automático.	945,9
<b>DIFERENCIA</b>	<b>341,3</b>

Fuente: Autor

Para determinar el período de recuperación de la inversión realizada en la automatización, se debe tener los valores de venta por mes.

El valor de venta por mes del cultivo de fresas con riego automático es de 416,57 dólares.

416,57                      1 mes

3576,66                      X

Realiza una regla de 3 simple, obteniendo para X= 8, 58 meses.

En un promedio de 9 meses se logra recuperar la inversión inicial.

### 5.1.6 CÁLCULO DE COSTO BENEFICIO

A continuación se determina costos y beneficios que representa la implementación de un sistema de riego automático.

**Tabla 5-11: Costo Beneficio**

<b>COSTOS</b>	<b>VALOR (USD)</b>	<b>BENEFICIO</b>	<b>VALOR(USD)</b>
Inversión riego automático	3528,66	Aumento de utilidades	5415
Mantenimiento	30	Aumento de producción.	192
<b>Total Costos</b>	3558,66	<b>Total Beneficios</b>	8072

Fuente: Autor

Para el cálculo de costo beneficio se considera la siguiente fórmula:

### **Beneficios/ Costos**

Los cálculos realizados presentan un beneficio de \$ 8072, y la relación costo beneficio es de 1,58 dólares de retorno por cada dólar invertido.

Este valor representa un retorno positivo de la inversión, de esta forma se demuestra que la automatización del sistema de riego por goteo para el cultivo de fresas, contribuye al aumento de producción, vida de las plantas, generar ganancias, además de reducir enfermedades y accidentes del personal que labora en este entorno.

Los agricultores tendrán un acceso a la tecnología actual, fácil, dinámica y amigable con el ambiente.



## CAPÍTULO 6

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- ✚ La implementación del sistema de riego por goteo, permite un ahorro del 95% en la utilización del recurso hídrico, frente al riego tradicional ejecutado por inundación, disminuyendo el tiempo de 12 horas a 15 minutos, con la cantidad de agua necesaria a cada zona de cultivo, con lo cual la humedad se mantiene constante al igual que la producción.
- ✚ Durante la ejecución del proyecto se observó problemas de cambios de temperatura y daños por heladas por lo cual se implementó un sensor de temperatura, el cual envía señales para que el sistema ejecute el riego en horarios adecuados (5:30am hasta las 6:00am todos los días) para equilibrar las temperaturas del suelo y agua, de esta manera se reduce los daños al follaje y raíz en un 40% .
- ✚ El sistema implementado permite cambios en la utilización de químicos a abonos orgánicos, sin presentar inconveniente, con los mismos valores de tiempo y cantidad de nutrientes que la planta absorbe, logrando un aumento del 50% en la producción de fresas, mejorando la calidad, sabor y aroma de la fresa, además se aumenta el ciclo de vida de la planta en un 80% (1,5 años).
- ✚ Los cambios en manejo de fertilizantes, permite al agricultor ingresar a dos asociaciones importantes en la zona de Cotacachi y Otavalo, de productores agroecológicos (Mercado de Jambi Mascari y Makipurashpa Kausay ), que trabaja en conjunto con el MAGAP y el gobierno provincial de Imbabura, ofreciendo productos de primera calidad.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de los sensores en horas de no funcionamiento de riego, de esta manera se evitara el mal funcionamiento del sistema automático de riego.
- Es necesario conocer a fondo todo el proceso de implementación y el sistema automático, debido a que las fallas a detectar será labor del operario (agricultor), pudiendo solucionar si el problema se presenta en el exterior del sistema en caso de presentarse problemas dentro del tablero de control o en cualquiera de los dispositivos electrónicos utilizados tendrá que solicitar la ayuda de una persona calificada.
- Se recomienda revisar el reloj del PLC SIEMENS en caso de producirse cortes de energía, para evitar la activación del riego en horarios no acordados.
- La mayoría de los componentes utilizados en este proyecto no necesita un mantenimiento exhaustivo diario, se recomienda una inspección visual de ver si existe polvo o humedad los cuales pueden dañarlos.
- Se recomienda limpiar el anillo de filtro, después utilizar abonos químicos granulados ya que sus partículas superan el tamaño de los agujeros de malla de esta manera se evitara el aumento de presión.
- Se recomienda realizar la limpieza de los tanques y flotadores cada 4 meses debido a que acumulan una gran cantidad de partículas en los bordes.

## BIBLIOGRAFÍA

### Libros

- [1] Palomino Velásquez, Karen . Riego por goteo. S.e, 2007, 34-80 pag.
  
- [2] Carlos A. Smith . Control Automático de Procesos, Segunda Edición Teoría Y Práctica. España-NORIEGA, 1991, 150-160 pag.
  
- [3] COOPER WILLIAM HELFRICK ALBERT, Instrumentación Electrónica
  
- [4] Moderna y Técnicas de Medición. Editorial Prentice Hall, México DF, 1991, 235 pag.
  
- [5] CREÚS SOLÉ ANTONIO, Instrumentación Industrial. Sexta Edición, Alfaomega/Marcombo, México DF.
  
- [6] Oyagata Katsuhiko Ingeniería de control moderna. Pearson- Education, 2010.
  
- [7] Thornton Grant . Guia para supervisión de sistemas de control interno. Instituto de Auditores de Ecuador, 2006
  
- [8] Enríquez, Happer, : El ABC de la Instrumentación en el control de procesos industriales Edi: LIMUSA,35-45 pag:
  
- [9] Perez ,García; Fueres Miguel:Flujo Estacionario de fluidos incomprensibles en Tuberías Edi: UPV,15-26 pag:
  
- [10] Mott, Robert: Mecanica de fluidos, Pearson- Education, Mexixo, 2006, 234-235 pag.

[11] Estrada Bertorelli, Antonio J.: Manual de riego, relaciones suelo, agua, planta 2006, 20-180 pag.

### **Articulos Internet**

[10 ] Guía técnica para el cultivo de fresas. [Online].

Disponible:portal2.edomex.gob.mx/icamex/.../fresa/.../icamex\_arch\_cultfresa.pdf.[  
Ultimo acceso mayo 2014].

[11] Diseño de un sistema de riego móvil por goteo. [Online]:

www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2048/1/4091.pdf. [Ultimo acceso  
enero 2014].

[12] Catálogos Novaloc- Plastigama. [Online]:

www.**plastigama**.com.ec/pdfs/novaloc.pdf. [Ultimo acceso abril 2014].

[13] Coeficiente de cultivo (Kc)- simarb.[Online]:

www.simarbc.gob.mx/.../Coeficiente%20del%20cultivo%20(Kc).pdf.[Ultimo acceso  
abril 2014]

[14] Rain Bird – Fuente Jardin. [Online]:

http://www.fuentejardin.com/index.php?subcategoria=productos&cat=12&subcat=  
120. [Ultimo acceso enero 2014].

[15] Catalogos Siemens Industry- Industry all- Siemens Ecuador. [Online]:

https://mall.industry.siemens.com/mall/es/ec/Catalog/Products/1000000. [Ultimo  
acceso enero 2012].

[16] Myres en Ecuador – Acero comercial. [Online].

http://www.acerocomercial.com/myers. [Ultimo acceso enero 2012].

[17] Plantas de fresa- ASARO Soluciones Agrícolas. [Online]:

http://masagro.com/?page\_id=15. [Ultimo acceso febrero 2012]

- [18] Manual de buenas prácticas de riego. [Online]:  
[http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas\\_practicas\\_de\\_riego.pdf](http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf). [Ultimo acceso febrero 2013]
- [19] Simulador de temperatura de un sensor RTD, PT100. [Online]:  
<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1770pub.pdf>. [Ultimo acceso julio 2014]
- [20] Sensores watermark / Irrrometer. [Online]:  
<http://www.irrometer.com/sensorssp.html>. [Ultimo acceso julio 2014]
- [21] Riego por inundación [Online]:  
<http://fpsnavarra.org/blog/wp-content/uploads/riego-por-inundaci%C3%B3n.jpg>.  
[Ultimo acceso julio 2014]
- [22] FAO, 2008. [Online]:  
[ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s07.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s07.htm). [Ultimo acceso julio 2014]
- [23] Info riego [Online]:  
<http://info.elriego.com/portfolios/numero-de-mesh/>. [Ultimo acceso julio 2014]
- [24] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología -INAMHI [Online]:  
<http://www.servimeteorologico.gob.ec>. [Ultimo acceso abril 2014]

# ANEXOS

**ANEXO A: Manual de Usuario**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TEMA**

**MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE**  
**RIEGO POR GOTEO PARA CULTIVO DE FRESAS**  
**ARTESANAL.**

**AUTOR: OSCAR RENÉ MUÑOZ FUEREZ**

**DIRECTOR: ING. DIEGO TERÁN**

**IBARRA-ECUADOR**

**JULIO, 2014**

Las recomendaciones de instalación, desmontaje, manejo, mantenimiento, problemas, causas posibles y soluciones son únicamente para este sistema automático de riego por goteo.

La información adicional le servirá como guía para el uso correcto de las funciones de equipo, las cuales encontrará en la hoja de características que se adjunta a este manual.

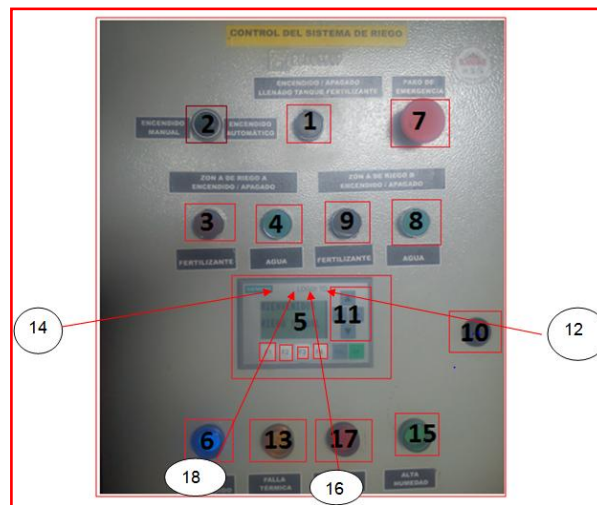
**IMPORTANTE:**

El fabricante no se responsabiliza por accidentes que pudieran ocasionarse si no se siguen las instrucciones de instalación y operación de este manual.

Antes de detallar los pasos secuenciales que debe seguir el operario para el desmontaje del sistema de riego, se realizó los pasos que se debe seguir para trabajar con este sistema.

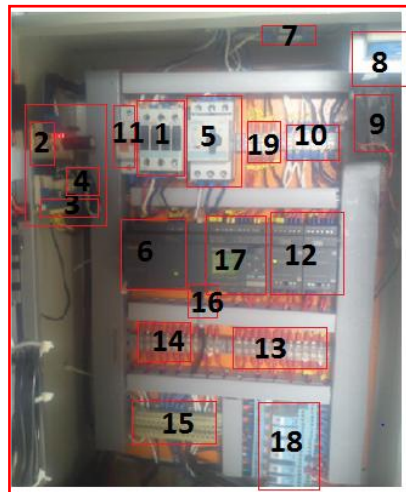


## VISTA DEL PANEL FRONTAL DEL TABLERO DE CONTROL



1. Botón ON/OFF para el llenado de agua en el tanque 2
2. Perilla de selección modo Manual o Automático
3. Botón ON/OFF fertirrigación zona A
4. Botón ON/OFF riego zona A
5. Pantalla
6. Indicador de sistema encendido
7. Botón de parada de emergencia
8. Botón ON/OFF riego zona B
9. Botón ON/OFF fertirrigación zona B
10. Cerradura del tablero
11. Flechas de función del logo TD
12. Botón ON/OFF sensor de temperatura y reset de litros de agua tanque 2
13. Indicador falla térmica
14. Botón ON fertirrigación zona A y B
15. Indicador alta humedad
16. Botón aumento de litros de agua tanque 2
17. Indicador activo parada de emergencia
18. Botón selección tiempos de riego y fertirrigación

## VISTA DEL INTERIOR DEL TABLERO DE CONTROL



1. Contactor siemens
2. Fusibles
3. Placa de alimentación de sensores
4. Barra de entrada de señales de sensores
5. Relé térmico siemens
6. Fuente de alimentación siemens
7. Barra de salida de señales electroválvulas
8. Transformador
9. Ventilador
10. Barra de fase y neutro
11. Breaker (Encendido)
12. Módulos digitales siemens
13. Barra de salida de señales a mini relés
14. Barra de entrada de señales al PLC
15. Barra de salida de señales a los actuadores
16. Conector LOGO TD siemens
17. PLC Logo siemens
18. Mini relés
19. Barra de 24 VDC

## **FUNCIONAMIENTO**

Instalado y revisado todas las conexiones y cableados de los componentes electrónicos utilizados, se detalla a continuación la secuencia de pasos que debe seguir para realizar la respectiva irrigación y fertirrigación en cada una de las zonas de cultivo:

## **ENCENDIDO**

Para encender el sistema presione el Breaker desde la Posición 0 (apagado), hacia la posición 1(encendido), además la luz azul se enciende indicando que todo el sistema esta energizado.

## **SELECCIÓN DE RIEGO**

### **MODO MANUAL**

1. Gire la perilla hacia la izquierda
2. Verifique el mensaje en la pantalla que se activo MODO MANUAL

### **Riego de agua en modo manual**

Para el correcto funcionamiento en este modo, primero se debe seleccionar algunos parámetros:

1. Verificar los rangos iniciales del sistema, en caso de requerir cambios procesada al paso 2, caso contrario vaya al paso 3.
2. Seleccione el tiempo deseado de riego, presionando F2 (10 min hasta 60 min).
3. Verificar nivel de agua en el tanque 1

4. Presione el botón de encendido en una zona de cultivo (A o B) que va a regar.
5. Verifique el mensaje en la pantalla que se está realizando el riego.
6. Si desea apagar el riego, presione más de 2 segundos el mismo botón

**Nota:** Si el porcentaje de humedad supera los valores establecidos no me permite la activación de riego.

Realizar el riego en un horario de 5:00 am – 6:00 am.

### **Riego de fertilizantes en modo manual**

1. Verificar los rangos iniciales del sistema, en caso de requerir cambios procesada al paso 2, caso contrario vaya al paso 3.
2. Seleccionar la cantidad de litros en el tanque 2, ver paso 2.2.2
3. Realizar las respectivas mezclas de químicos, abonos, productos naturales, de acuerdo a las necesidades de las plantas.
4. Presione el botón de encendido en una zona de cultivo (A o B) que va a regar.
5. Verifique el mensaje en la pantalla que se está realizando el riego.
6. Si desea apagar el riego de fertilizante, presione más de 2 segundos el mismo botón.

**Nota:** Se debe seleccionar bien los tiempos y cantidad de litros de llenado de agua en el tanque 2, para evitar problemas de salinidad.

Horario adecuado de riego 7:00 am-8:00 am

### **LLENADO DE TANQUE 2**

1. Seleccione la cantidad de litros de agua a llenarse, presionando F3 (40 litros hasta 300 litros).
2. Presione el botón de encendido de llenado de tanque 2.
3. Si desea apagar el llenado, presione más de 2 segundos el mismo botón.

## **RIEGO SIMULTÁNEO DE ZONAS DE CULTIVO**

1. Realizar el llenado de tanque 2, ver paso 2.1.3
2. Presione F1 más de 2 segundos y se activa riego simultáneo.

**Nota:** Al presionar F1 el riego de fertilizante se activa a las dos zonas de cultivo, de acuerdo al tiempo seleccionado.

## **RIEGO AUTOMÁTICO**

1. Gire la perilla hacia la derecha
2. Verifique el mensaje en la pantalla que se activo MODO AUTOMÁTICO.
3. Los rangos de riego ya están establecidas, y se activa de acuerdo a los sensores de humedad, en caso de requerir nuevos parámetros siga al siguiente paso. En caso de requerir ajustes siga al siguiente paso.
4. Seleccione el tiempo de riego, presionando F2(10 min hasta 60 min)
5. Seleccionar cantidad de litros de agua a llenarse, presionando F3 (40 litros hasta 300 litros), el tiempo de riego se dividirá de acuerdo a la cantidad de litros en el tanque 2.

Para el riego de fertilizantes, si el tanque 2 está vacío automáticamente se me activa a las 6:20 am, llenando la cantidad de litros seleccionados, luego aparece un mensaje sugiriendo que se realice la respectiva mezcla de químicos o abonos orgánicos y presione cualquiera de los pulsadores de acuerdo a sus necesidades. En caso de no realizar la mezcla después de haber transcurrido ese tiempo realizara el riego.

**Nota:** El riego se activara automáticamente en la hora establecida dentro del programa, 5:30 am-6:00am todos los días, de acuerdo a los porcentajes de humedad.

El riego de fertirrigación se activara en el horario de 6:20am-7:30 am, los días jueves y Domingos.

## FUNCIONES ADICIONALES

### ACTIVACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

1. Presione F4, para activar la función del sensor
2. Vuelva a presionar más de 2 segundos para apagar la función.

### RESET DEL TANQUE 2

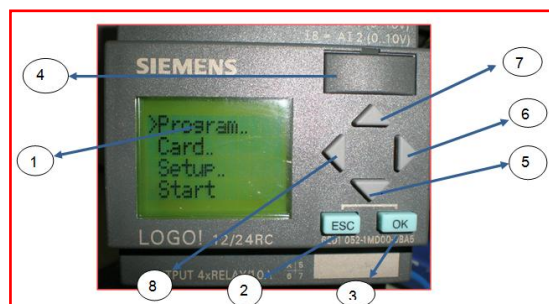
1. Presione F4, más de 4 segundos para resetear la cantidad de litros almacenados en el tanque 2.

### FUNCIÓN DE BLOQUE DEL SISTEMA

1. Presione el botón de emergencia, para que todo el sistema se bloquee.
2. Verifique el mensaje en la pantalla y que se encienda la luz roja.
3. Para desbloquear gire el botón en dirección horaria.

**Nota:** Estas dos funciones adicionales se las puede utilizar en modo manual y automático.

### INICIALIZACIÓN DEL PLC LOGO SIEMENS



1. Lcd
2. Botón escape
3. Botón OK

4. Ranura de memoria externa/ conexión de cable de comunicación PC/LOGO.
5. Botón abajo
6. Botón derecha
7. Botón arriba
8. Botón izquierda

La pantalla de inicio de logo es la que muestra en la figura, con el siguiente menú principal.



En caso de que el programa este en modo run y necesitamos el menú principal, seguimos los siguientes pasos para acceder al menú de parametrización.



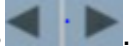
1. Presionamos la tecla ESC del PLC y observamos el menú de parametrización.
2. Seleccionamos con los botones de flecha arriba, abajo del PLC la opción STOP.
3. Una vez seleccionado, presionamos el botón OK del PLC
4. Seleccionamos con las flechas la opción Yes
5. Presionamos el botón OK y volvemos al menú principal del PLC.

## **CONFIGURACIÓN DEL RELOJ**

Esta configuración es indispensable para configurar la hora y fecha actual del reloj del PLC, de esta manera los riegos programados se activaran en el horario acordados y no en horas equivocados.

Para configurar el reloj del PLC se sigue los siguientes pasos:

1. Ingrese al menú principal, en caso de no visualizar el menú principal, realizamos los pasos indicados anteriormente para acceder al menú de parametrización.

2. Seleccione la opción Clock, en caso de estar en el menú de parametrización seleccionamos Set Clock, con las teclas .
3. Presione la tecla OK y nos aparece la siguiente ventana.
4. Seleccionamos el día, la hora correcta, o la fecha y año correcto, con las siguientes teclas .
5. Mueva el cursor al siguiente punto con las teclas .
6. Ajuste correctamente la fecha, repitiendo los paso 4 y 6.
7. Acepte las entradas con la tecla OK.

## INICIALIZACIÓN DEL LOGO TD



La pantalla del logo TD, inicializara igual que la LCD del PLC logo siemens, mostrando los mismo mensajes que la LCD, su configuración inicial se realiza dentro del programa, como la activación de las funciones especiales que posee. También se puede configurar el reloj desde la pantalla del LOGO TD y parar el programa, siguiendo los mismos pasos del 3.2

## DESMONTAJE DEL SISTEMA DE RIEGO

El desmontaje del sistema de riego se debe de realizar cuando la etapa de ciclo de vida de la planta de fresa se termine, para proceder nuevamente con el ciclo de cultivo.

### 1. APAGUE EL SISTEMA

1. Presione el breaker al estado inicial 0(apagado)
2. Verifique que la luz azul este apagada



3. Verificar que los voltaje en la barra de fases y neutros es igual a 0 voltios.

## **2. DESMONTAJE DE SENSORES DE HUMEDAD**

1. Abrir la tapa de la caja de revisión de los sensores, ubicados en la zona de cultivo
2. Desconecte los cables de las borneras de la varilla de medición de humedad.
3. Retire la varilla de cada zona de cultivo
4. Desconecte los cables de las borneras de la placa de sensores.
5. Retire cada uno de los cables de la caja de revisión.
6. Enrolle el cable NPT, hasta el tablero de control.

## **4. RETIRAR LOS PLÁSTICOS**

1. Cortar las plantas si son muy grandes
2. Utilizar un azadón para quitar la tierra que cubre a los plásticos
3. Enrollar los plásticos de cada una de las camas

## **DESINSTALACIÓN DE CINTAS DE GOTEO Y TUBERÍAS PRINCIPALES**

1. Utilizando una pinza, cortar las amarras en los extremos de las cintas de goteo.
2. Gire las uniones en sentido anti horario, para poder retirar las cintas de goteo de cada una de las camas de cultivo.
3. Saque las uniones de cada conexión en la tubería principal.
4. Con una cinta adhesiva, cubrir los agujeros de la tubería principal para evitar ingreso de partículas del suelo.
5. En la conexión principal de riego de cada zona de cultivo, desenroscamos la universal.
6. Enrollamos cada una de las tuberías principales de cada zona de cultivo.
7. Con papel adhesivo cubrimos las electroválvulas, para evitar ingreso de polvo que podrían taponar cada una de las salidas.

**NOTA:** El desmontaje se lo realiza hasta donde se encuentra las divisiones de la conexión principal de tuberías para cada una de las zonas de cultivo.

Para la reinstalación del sistema de riego se debe considerar los mismos pasos a seguir, teniendo en cuenta que se debe de unir las piezas y componentes desinstalados, acorde a las necesidades del agricultor.

## PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

En este manual, verá notas de advertencia y precaución. Estas advertencias, precauciones e instrucciones de seguridad importantes no cubren todas las posibles condiciones y situaciones que puedan ocurrir. El usuario es responsable de actuar con sentido común, precaución y cuidado cuando instale, realice el mantenimiento y haga funcionar el sistema de riego.



Protección obligatoria para las vías respiratorias



Protección obligatoria para las manos



Riesgo eléctrico.



Advertencia solo personal autorizada.



Puesta a tierra



No toque



Advertencia de caída.



Prohibido ingerir alimentos

Estos signos de advertencia son para evitar que usted u otras personas sufran daños.

## PRECAUCIONES DE SEGURIDAD PARA EL RIEGO DE FERTILIZANTE

- Se debe de utilizar obligatoriamente la mascarilla y guantes si va a mezclar los químicos, abonos, fertilizantes dentro del tanque 2, para evitar problemas de salud.
- No se debe de ingerir los alimentos dentro de la instalación del tablero de control del sistema y tanques de almacenamiento de agua y mezclas de fertilizantes.
- 

## PRECAUCIONES GENERALES DEL SISTEMA

- Se debe tener cuidado en no subir a los tanques de almacenamiento, ya que podrían sufrir una caída y sufrir ahogamientos o intoxicación en caso de caída en el tanque 2.
- Es obligatorio que haya conexión a tierra permanente que vaya del motor de la bomba a la barra de conexión a tierra en el tablero de control. No conecte el motor de la bomba a un suministro eléctrico hasta que se conecte a tierra permanentemente.
- Los sensores deben estar conectados a tierra, para evitar problemas de infiltración de señales parasitas.
- El tablero de control debe tener una conexión a tierra permanente, para evitar riesgos de sobrecarga eléctrica.
- ⊗ No se debe de manipular las electroválvulas, debido a que su funcionamiento está en modo automático, si cambia a modo manual el PLC no puede apagar y puedo generar problemas de llenado excesivo al tanque.
- ⊗ Las varillas de cada uno de los sensores, no se los debe manipular si están instaladas en cada zona, ya que puede ocasionar que no lea el porcentaje de humedad correcto.
- ⊗ Si el sistema está en funcionamiento no se debe de manipular, o tratar de sacar los anillos del filtro, puede ocasionar cortos circuitos e inundación.

- ⊗ No manipule el flotador de nivel máximo del tanque 2, puede ocasionar sobre llenado en el almacenamiento del tanque 2.
- ⊗ No toque el agua dentro del tanque, si el sistema esta encendido.
- ⊗ No manipule la bomba si esta encendido.
- ⊗ No tocar el sensor de temperatura ubicada dentro de la zona de cultivo.
- ⊗ Si selecciono al sistema de riego en modo automático no se debe de manipular los demás botones con que cuenta el panel frontal del tablero.
- ⊗ No toque el botón de emergencia, si no es necesario.
- ⚠ El motor de la bomba cuando arranca tiene un consumo alto de corriente, evite acercarse con ropa humedad o manipule al motor con las manos mojadas.
- ⚠ Si la bomba no se encuentra empotrada a la base, no lo encienda, podría ocasionar rupturas de tuberías a la vez fugas de agua produciendo cortos circuitos.
- ⚠ Verificar si en el filtro no hay fugas de agua, podría ocasionar cortos circuitos si las gotas llegan a los conectores de la bomba.
- ⚠ Verifique que todas las instalaciones y cableados eléctricos estén dentro de mangueras o aislantes.
- ⚠ El voltaje suministro eléctrico deberá ser igual al voltaje sugerido en la placa de la bomba.
- ⚠ No use este sistema para bombear líquido inflamable
- ⚠ Para realizar limpieza y mantenimiento de la bomba apague todo el sistema.
- ⊗ No abra el tablero de control y manipule las conexiones podría generar daños o cortos circuitos.
- ⊗ En caso de un daño llame a un técnico calificado o a la persona que diseño e instalo el sistema de riego.
- ⊗ Apague el sistema después de realizar el respectivo riego de las zonas de cultivo si esta seleccionado modo manual.

**NOTA: Estas precauciones de seguridad deben ser consideradas para el respectivo mantenimiento y limpieza del sistema de riego por goteo.**

**APAGUE EL BREAKER DE SUMISTRO DE ENERGIA PRINCIPAL,  
ANTES DE REALIZAR EL RESPECTIVO MANTENIMIENTO.**

## **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El objetivo de realizar el mantenimiento preventivo en los componentes del sistema de riego, es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, verificación de en las redes principales y secundarias de tuberías fugas.

Se considero dos etapas de todo el sistema de riego para la ejecución de mantenimientos preventivos: etapa de control y etapa de riego y accesorios.

Comprendido como etapa de control, a los componentes eléctricos, electrónicos, sensores, actuadores, y cableado de todo el sistema. Para el mantenimiento respectivo se considera las variables del sistema.

<b>ENTRADAS DIGITALES</b>	
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Emergencia
2	ON modo manual/automático
3	Riego fertilizante zona A
4	Riego fertilizante Zona B
5	Riego Zona A
6	Riego Zona B
7	Falla térmica motor
8	Llenado tanque 2(fertilizante)
9	Nivel mínimo tanque 1 (agua)
10	Nivel máximo tanque 1 (agua)
11	Nivel mínimo tanque 2
12	Nivel máximo tanque 2
13	Riego zona A y Zona B
14	Selección nivel tanque 2
15	Selección tiempo riego

16	ON sensor temperatura
17	Reset nivel tanque 2
<b>ENTRADAS ANALÓGICAS</b>	
1	Porcentajes de humedad relativa zona A
2	Porcentajes de humedad relativa Zona B
3	Temperatura ambiente
<b>SALIDAS DIGITALES</b>	
1	ON motor
2	Falla térmica
3	Alta humedad relativa zona A y zona B
4	Sistema encendido
5	Emergencia
6	Electroválvula zona A
7	Electroválvula zona B
8	Electroválvula tanque 1
9	Electroválvula tanque 2
10	Electroválvula Fertilizante
11	Mini bomba

La etapa de riego comprende lo que son las tuberías, cintas de riego, tanques de almacenamiento, filtros.

**NOTA:** El operador puede realizar el respectivo mantenimiento de componentes externos del sistema, para el mantenimiento de componentes internos del tablero, placa de dispositivos lo debe de realizar un técnico calificado.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

TIEMPO	ACTIVIDADES A REVISAR
<b>SEMANAL</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar el nivel de agua en el tanque de almacenamiento.</li> <li>2. Verificar si el manómetro funciona correctamente, en cada riego a efectuarse y el rango tiene que ser menor a 50 PSI.</li> <li>3. Revisar que los extremos de cada cinta de goteo se encuentre abiertas, para evitar pérdidas de caudal</li> <li>4. Revisar que las paredes del tanque se encuentre secos.</li> <li>5. Revisar que esté completamente cerrado la llave de paso del desagüe del tanque 1</li> </ol>
<b>ETAPA DE CONTROL</b>	
<b>SEMANAL</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar los mensajes en la pantalla de LOGO TD, con cada función a activarse.</li> <li>2. Verificar que se enciendan las luces en el tablero, de acuerdo a las funciones a ejecutarse.</li> <li>3. Revisar que las electroválvulas se encuentren operando en modo automático, si esta en modo manual, gire la perilla en modo automático.</li> <li>4. Compruebe que la luz azul en el tablero se encuentre encendido</li> <li>5. Verificar que las varillas de los sensores se encuentren clavadas en cada zona de cultivo.</li> <li>6. Compruebe que los diodos led de los sensores de humedad se encuentren encendidos.</li> </ol>

<b>MENSUAL</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisar que la malla de la válvula de pie no se encuentre oxidada ni taponada.</li> <li>2. Limpiar la malla de anillo del filtro si se realiza riegos de fertilizante con abonos granulados.</li> <li>3. Los anillos de las universales deben estar ajustados.</li> <li>4. Revisar que las paredes del tanque se encuentre secos.</li> <li>5. Revisar que el agua no tenga contenidos de cloro sobre los rangos permitidos.</li> <li>6. Vaciar el tanque 2 en su totalidad y limpiar.</li> </ol>
<b>CADA 4 MESES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberar los tapones de las cintas de goteo y activar el riego por 15 minutos, para lograr la limpieza interna de las cintas.</li> <li>2. Revisar que el agua no tenga contenidos de cloro sobre los rangos <i>permitidos</i>.</li> <li>3. Vaciar el tanque 1 en su totalidad y limpiar.</li> <li>4. Revisar en cada una de las uniones de tuberías y cintas de goteo, fugas de agua</li> </ol>
<b>ETAPA DE CONTROL</b>	
<b>CADA 4 MESES</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revise que la bomba se encuentre empotrada a la base</li> <li>2. Limpie con un trapo húmedo las electroválvulas si se acumula polvo</li> <li>3. Cambiar las varillas de los sensores de humedad.</li> <li>4. Compruebe que no existan conexiones de cables sueltas.</li> <li>5. Revise el correcto funcionamiento del ventilador dentro del tablero.</li> </ol>



<b>ANUAL</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En un período de 2 años realizar el respectivo mantenimiento de la bomba.</li> <li>2. Limpiar la mini bomba sumergible.</li> <li>3. Revisar fugas en la tuberías</li> <li>4. Verificar el buen estado de los cables de los sensores de humedad.</li> </ol>
--------------	--

**NOTA: El mantenimiento de cada una de las etapas descritas se puede realizar de acuerdo a las condiciones y necesidades de cada elemento (Diaria, semanal, mensual o anual), teniendo en cuenta cada una de las precauciones de seguridad detalladas anteriormente.**

## MANTENIMIENTO GENERAL

En lo referente al mantenimiento general se detallara las posibles causas de fallas y soluciones que se debe considerar ante un problema que se presente, en el manejo del sistema de riego.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
No tiene alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Breaker en estado 0(apagado)</li> <li>▪ Corte de energía general</li> <li>▪ Fusibles quemados</li> <li>▪ Fase desconectado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Encienda el breaker</li> <li>▪ Cambie de fusibles</li> <li>▪ Conecte la fase</li> </ul>
No funciona el riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pulsador de emergencia activada.</li> <li>▪ Se produjo falla térmica</li> <li>▪ Niveles de humedad alta</li> <li>▪ No hay agua en el tanque</li> <li>▪ Pulsador dañado</li> <li>▪ No selecciono modo de riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desactive el pulsador</li> <li>▪ Revise el relé térmico</li> <li>▪ Espere que la humedad esté en condiciones normales.</li> <li>▪ Llene el agua en el tanque</li> <li>▪ Cambie de pulsador</li> <li>▪ Seleccione modo manual o automático.</li> </ul>
Aumento de presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Filtro de anillo taponada.</li> <li>▪ Goteros taponados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Saque la malla de anillo y lave.</li> <li>▪ Limpiar lo goteros</li> </ul>

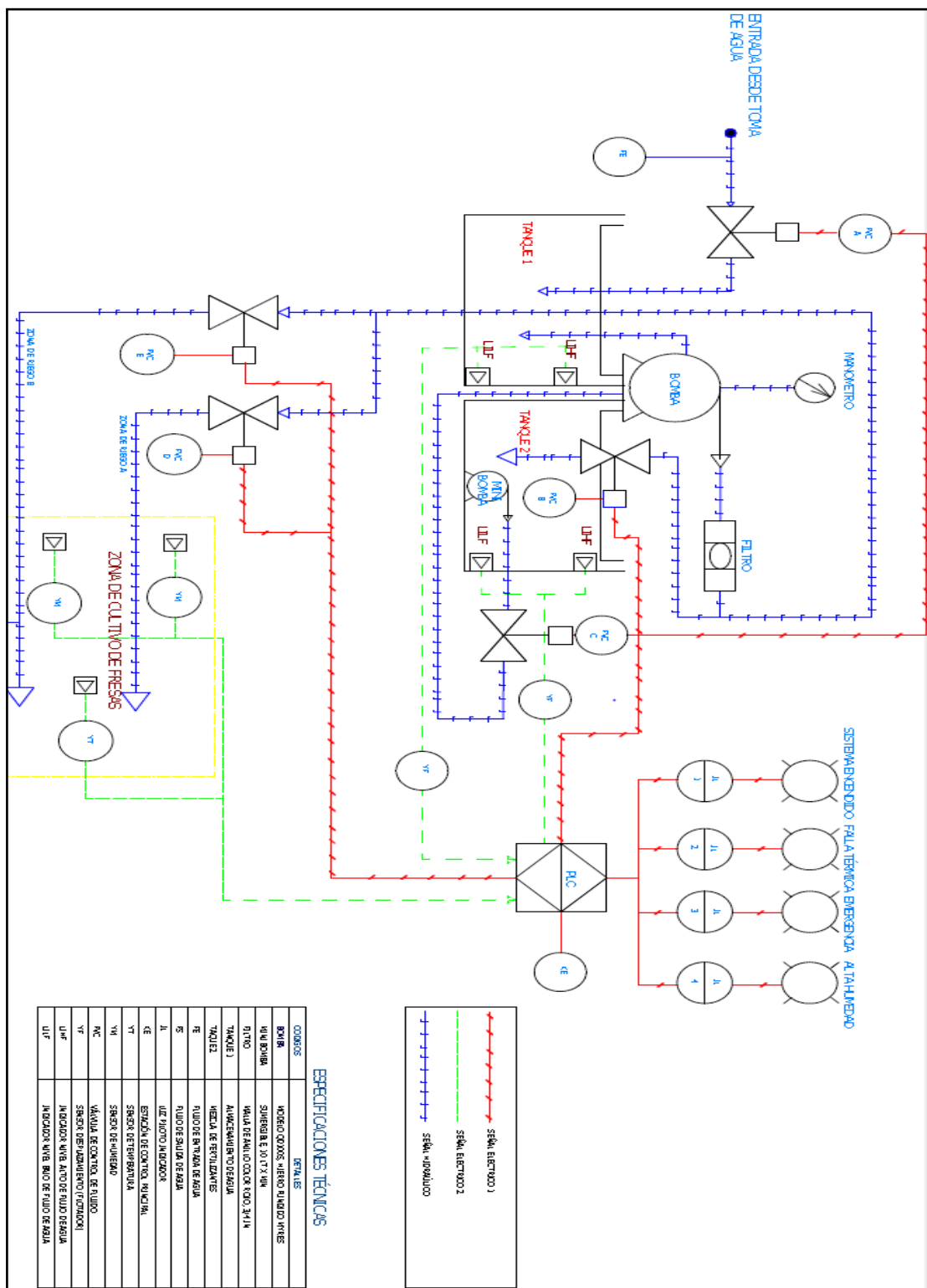
No hay lectura del sensor	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensor quemado</li> <li>▪ No hay voltaje de alimentación.</li> <li>▪ Varillas de medición en el aire.</li> <li>▪ Cable desconectado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambie sensor</li> <li>▪ Revisar los reguladores de voltaje en la placa.</li> <li>▪ Coloque en el suelo a una profundidad de 15cm.</li> <li>▪ Conecte el cable.</li> <li>▪ Revise que se encuentre el cable en la entrada del PLC.</li> </ul>
Fugas de agua en tuberías	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta presión</li> <li>▪ Ruptura de tuberías</li> <li>▪ Desajuste de accesorios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verifique que los goteros no se encuentren taponados.</li> <li>▪ Cambie de tuberías</li> <li>▪ Ajuste cada uno de los accesorios colocando sellador.</li> </ul>
No arranca el motor de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relé térmico en modo OFF o en modo test.</li> <li>▪ No hay suministro de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Seleccione modo ON</li> <li>▪ Verifique que no haya cables sueltos.</li> </ul>
Riego en modo automático no funciona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reloj del PLC des calibrado.</li> <li>▪ Flotador no envía señal de nivel mínimo activado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ajuste el reloj del PLC.</li> <li>▪ Cambie de flotador.</li> <li>▪ Verifique voltajes en la entrada del flotador.</li> </ul>
Luces indicadores no se encienden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luces quemados</li> <li>▪ Cable desconectado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambie de luces</li> <li>▪ Conecte el cable</li> </ul>
No se activa riego de fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nivel de agua tanque 2 mínimo.</li> <li>▪ Pulsador dañado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verifique que haya la cantidad de agua suficiente en el tanque 2.</li> <li>▪ Cambie pulsador</li> </ul>
Sistema de riego bloqueado	Botón de emergencia activada	Desactive pulsador de emergencia.
No se visualiza mensajes en el	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ LOGO TD dañada.</li> <li>▪ Cable de conexión al PLC desconectado.</li> <li>▪ No ingresa voltaje de alimentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambie de pantalla.</li> <li>▪ Vuelva a conectar el cable al PLC.</li> <li>▪ Verifique fuente de alimentación.</li> </ul>

LOGO TD.		
Pulsadores no funcionan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pulsadores dañados</li> <li>▪ No hay señal de entrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambie de pulsadores</li> <li>▪ Verifique que haya una conexión a la fuente de alimentación.</li> </ul>
Electroválvulas no se activan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No hay 24 vAC</li> <li>▪ Electroválvulas quemados</li> <li>▪ Mine relé quemado</li> <li>▪ PLC no activa la salida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revise si hay 24 vAC en la salida del transformador.</li> <li>▪ Cambie electroválvulas</li> <li>▪ Cambie mini relé</li> <li>▪ Modifique el programa y cambie salida para activar electroválvula. (Requiere la ayuda de personal que hizo la programación.)</li> </ul>
Mini bomba no funciona	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hélices del motor con partículas de abono.</li> <li>▪ No hay suministro de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpie las hélices del motor de la mini bomba.</li> <li>▪ Verifique que se active el mini relé.</li> </ul>
Bomba no absorbe	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Válvula de pie en taponado.</li> <li>▪ Se genero un vacío.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpiar válvula de pie.</li> <li>▪ Prenda y apague la bomba hasta que succione el agua.</li> </ul>

Estos son los principales inconvenientes que puede tener el sistema de riego por goteo, durante su funcionamiento, además de que el operador con la ayuda del manual de usuario puede resolverlos.

Pero si los daños o fallas se generan en el PLC que es la unidad que controla todo el sistema se debe de pedir ayuda a la persona que diseño y programo o buscar un técnico calificado que tenga conocimientos en manejo de PLC.

## DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA



## DIAGRAMA DE CONTROL ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DEL SISTEMA

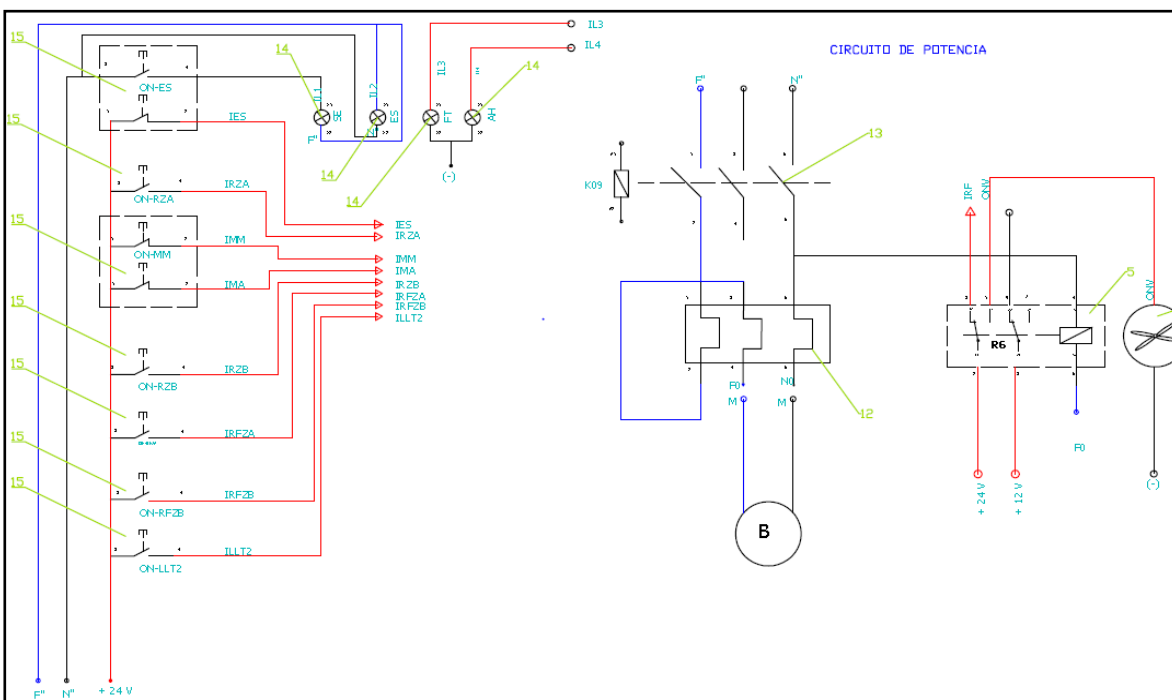
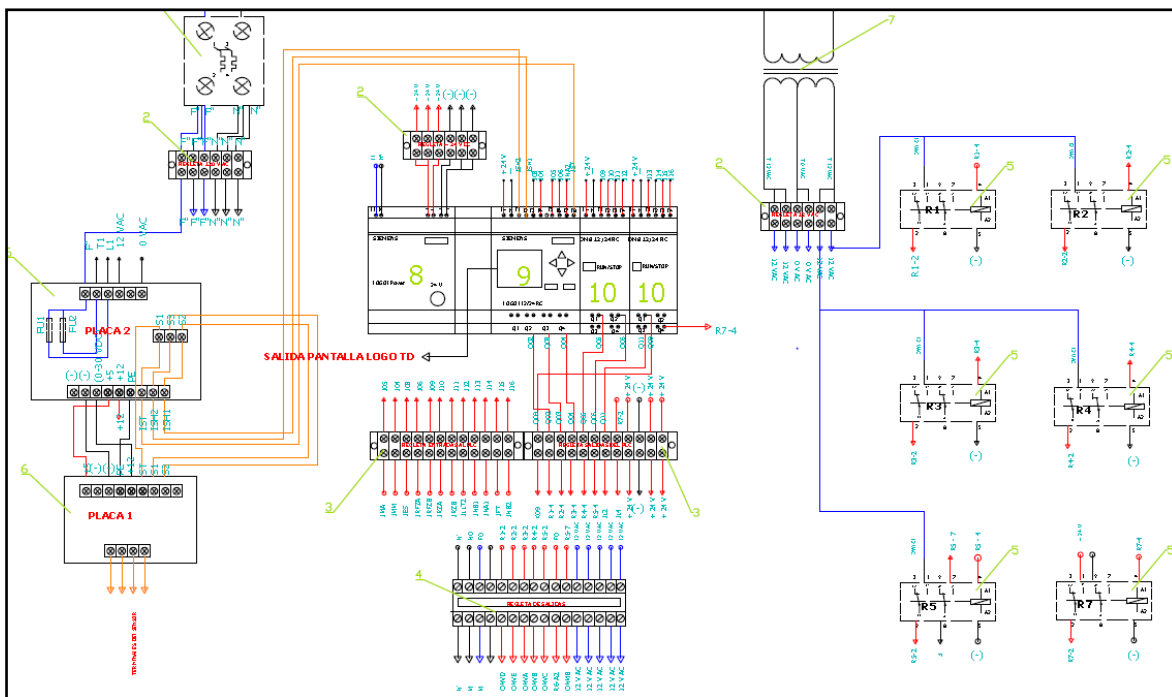
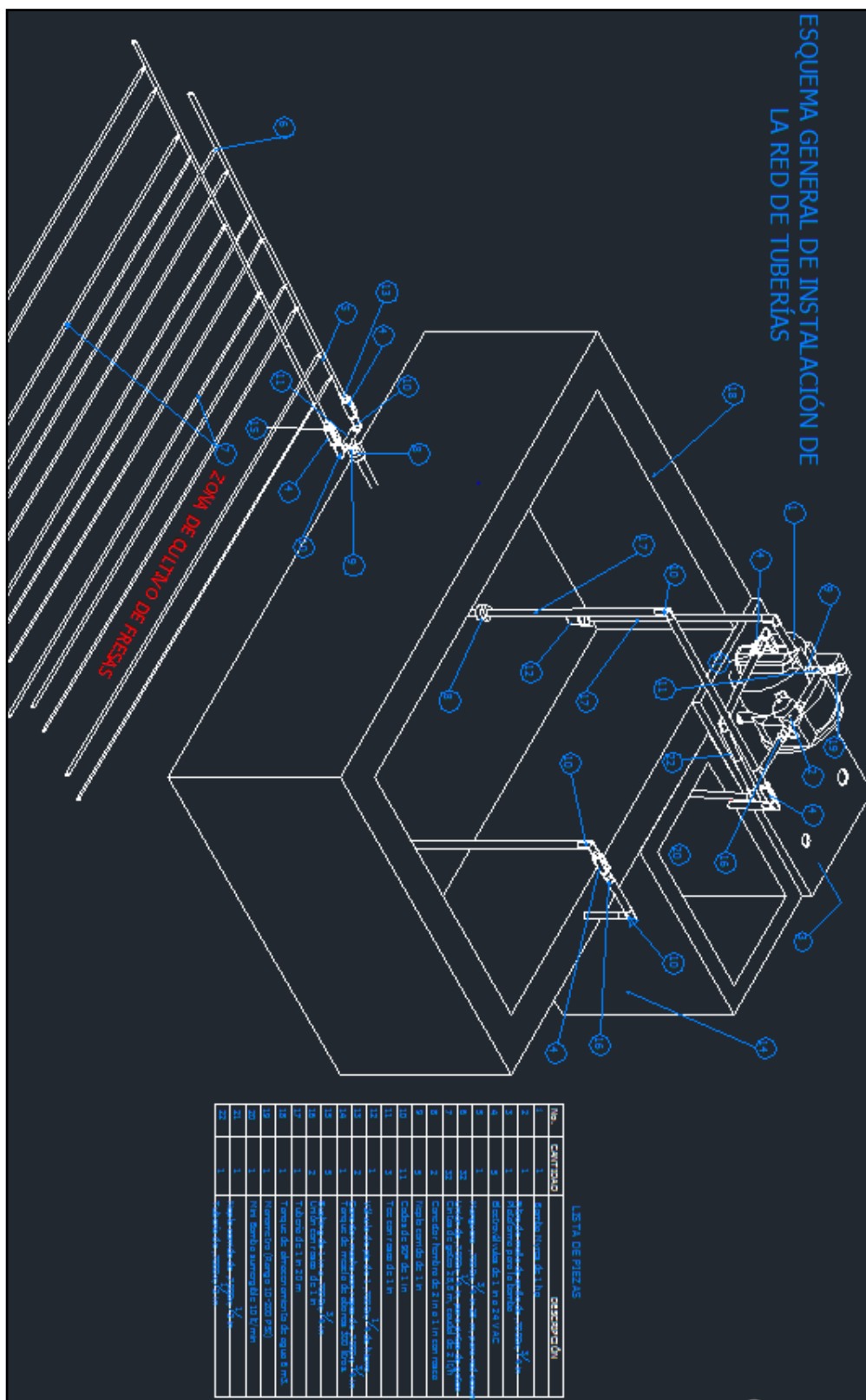


DIAGRAMA DE RED DE TUBERÍAS DEL SISTEMA



## ANEXO B: Análisis del suelo



## LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																														
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>					<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>																									
Nombre: RENÉ MUÑOZ					Provincia: Imbabura																									
Ciudad: Cotacachi					Cantón: Cotacachi																									
Teléfono: 0959802490					Parroquia: San Francisco																									
Fax:					Sitio: Quitago																									
<b>DATOS DEL LOTE</b>					<b>DATOS DE LABORATORIO</b>																									
Sitio: Quitago					Nro Reporte.: 5458																									
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T																									
Número de Campo: Lote # 01					Muestra: Suelo Lote # 01																									
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2013-01-07																									
A Cultivar: Fresa					Fecha de Reporte: 2013-01-10																									
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>																											
<b>N</b>	46.51	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para N]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para N]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para N]																														
<b>P</b>	111.18	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para P]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para P]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para P]																														
<b>S</b>	15.66	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para S]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para S]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para S]																														
<b>K</b>	0.74	meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para K]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para K]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para K]																														
<b>Ca</b>	7.53	meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Ca]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Ca]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Ca]																														
<b>Mg</b>	1.42	meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Mg]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Mg]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Mg]																														
<b>Zn</b>	27.39	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Zn]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Zn]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Zn]																														
<b>Cu</b>	4.92	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Cu]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Cu]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Cu]																														
<b>Fe</b>	202.3	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Fe]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Fe]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Fe]																														
<b>Mn</b>	16.47	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Mn]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Mn]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Mn]																														
<b>B</b>	0.71	ppm	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td><td>TOXICO</td></tr> <tr><td colspan="4">[Barra de interpretación para B]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO	[Barra de interpretación para B]																
BAJO	MEDIO	ALTO	TOXICO																											
[Barra de interpretación para B]																														
<b>pH</b>	6.59		<table border="1"> <tr><td>0</td><td>Requiere Cal</td><td>5.5</td><td>6.5</td><td>7.0</td><td>7.5</td><td>8.0</td></tr> <tr><td colspan="7">[Barra de interpretación para pH]</td></tr> <tr><td>Acido</td><td>Lig. Acido</td><td>Pract. Neutro</td><td>Lig. Alcalino</td><td colspan="3">Alcalino</td></tr> </table>							0	Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0	[Barra de interpretación para pH]							Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino		
0	Requiere Cal	5.5	6.5	7.0	7.5	8.0																								
[Barra de interpretación para pH]																														
Acido	Lig. Acido	Pract. Neutro	Lig. Alcalino	Alcalino																										
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>		meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Acidez Int.]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Acidez Int.]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Acidez Int.]																														
<b>Al</b>		meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Al]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Al]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Al]																														
<b>Na</b>		meq/100 ml	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para Na]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para Na]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para Na]																														
<b>Ce</b>	0.290	mS/cm	<table border="1"> <tr><td>No Salino</td><td>Lig. Salino</td><td>Salino</td><td>Muy Salino</td></tr> <tr><td colspan="4">[Barra de interpretación para Ce]</td></tr> </table>							No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino	[Barra de interpretación para Ce]																
No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino																											
[Barra de interpretación para Ce]																														
<b>MO</b>	2.01	%	<table border="1"> <tr><td>BAJO</td><td>MEDIO</td><td>ALTO</td></tr> <tr><td colspan="3">[Barra de interpretación para MO]</td></tr> </table>							BAJO	MEDIO	ALTO	[Barra de interpretación para MO]																	
BAJO	MEDIO	ALTO																												
[Barra de interpretación para MO]																														
<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca+Mg (meq/100ml)</b>	<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>(%)</b>				<b>Clase Textural</b>																					
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																						
5.30	1.92	12.09	9.69			67.20	26.00	6.80	Franco arenoso.																					
Dr. Quím. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio:																														



## RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

<b>NOMBRE: René Muñoz</b>		<b>CULTIVO: Fresa</b>		<b>FECHA: 13 01 10</b>	
MUESTRA	Kg/Ha/año			FERTILIZANTE (Fuente)	CANTIDAD Sacos 50kg/ha
	N	P2O5	K2O		
5458 Lote 1	136	23	60	18 -46 -0 (DAP) Nitrate de amonio Urea Muriate de potasio Sulfate de amonio Sulpomag	1 2 3 2 1 1

### Manejo agronómico del fertilizante.

#### 1. Establecimiento

Al trasplante, aplicar 0,5 kilos de abono orgánico descompuesto por planta, todo el (18 - 46-0) el sulfato de amonio más la tercera parte de urea y nitrato de amonio.

El resto de nitrógeno (urea y nitrato) fraccionar para dos o tres aplicaciones después del trasplante (desarrollo). El sulpomag y muriato de potasio aplicar al inicio de la floración y durante la producción

Aplicar tres kilos de bórax por hectárea al trasplante; disuelto en agua y con bomba AL SUELO. Además tres aplicaciones foliares de microelementos compuestos o en forma de quelatos. especialmente boro y manganeso.

El contenido de materia orgánica (2,01%) es bajo, debe aplicar abono orgánico descompuesto antes del trasplante.

Si dispone de fertirrigación puede cambiar la fuente; y la fertilización debe acoplarse al riego.

\*Las recomendaciones son en sacos por hectárea, deberá calcular el área del cultivo y regular la cantidad de fertilizantes recomendado.

La recomendación se realiza en base al análisis químico del suelo, sin considerar el aspecto climático de la zona por lo tanto ésta constituye una guía de fertilización que debe ser ajustada por el técnico responsable, considerando condiciones de clima y agua.



## ANEXO C: Análisis del agua.

<b>LABONORT</b>		
LABORATORIOS NORTE		
Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos	Ibarra-Ecuador,	cel. 099591050

### REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> NOMBRE : RENE MUÑOZ CIUDAD : Cotacachi TELÉFONO : 0959802490 FAX :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> PROVINCIA : Imbabura CANTÓN : Cotacachi PARROQUIA : San Francisco SITIO : Quitago
<b>DATOS DEL AGUA</b> SITIO : Estanque MUESTRA : Agua de riego ASPECTO: Transparente	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> No REPORTE : R 5459 No MUES.LAB.: L 5459 FECHA DE MUESTREO: FECHA DE INGRESO : 07 01 2013 FECHA DE REPORTE : 10 01 2013

### RESULTADOS

PARÁMETRO	CONTENIDO	RANGO USUAL**
TDS (Sólidos totales disueltos)	292,0 ppm	0 - 2000 ppm
Carbonatos (CO <sub>3</sub> )=	< 0,0 ppm	0 - 3,1 ppm
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )-	<b>240,5 ppm</b>	0 - 180 ppm
Calcio Ca <sup>++</sup>	52,4 ppm	0 - 200 ppm
Magnesio Mg <sup>++</sup>	26,9 ppm	0 - 61 ppm
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )=	15,24 ppm	0 - 960 ppm
Boro B	<b>2,95 ppm</b>	0 -2,5 ppm
pH	6,48	6 - 8,5
Dureza total CaCO <sub>3</sub>	241,3 ppm	Muy dura
Conductividad eléctrica	0,586 dS/m	0 - 3 dS/m
Potasio K	5,8 ppm	0 - 7,8 ppm
Cloruros Cl	76,78 ppm	0 -180 ppm
Sodio Na	46,4 ppm	0 - 69 ppm
RAS*	1,30	0 - 6 (meq/L)1/2

\* Relación adsorción de sodio

\*\* Rangos usuales para aguas de riego

Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
RESPONSABLE DE LABONORT



## ANEXO D: Especificaciones técnicas de la electroválvula.



VALVULAS

### SERIE DV

Electroválvulas - La elección acertada en válvulas.

- Diseño con doble filtración para máxima fiabilidad
- Membrana de presión compensada para larga duración
- Solenoide encapsulado con consumo eficiente, de baja potencia, émbolo cautivo y filtro del asiento de 200 micrones

### CARACTERÍSTICAS

#### • Facilidad de Mantenimiento

- Control de caudal en modelos 100-DVF
- Apertura manual girando ¼ de vuelta el solenoide
- Purgado interno que permite aperturas manuales sin mojarse
- Tornillo de purgado externo que permite eliminar la suciedad del sistema durante la instalación y puesta en marcha del sistema

#### • Versatilidad

- Configuración en línea (modelos DV, DVF y DV-MM)
- Disponible con rosca macho: 1" BSP 100-DV-MM, 1" BSP 100-DV-MM-9V
- También disponible con solenoides de 9V: 3/4" 075-DV-9V, 1" BSP 100-DV-9V, 1" BSP 100-DV-MM-9V
- Funciona en aplicaciones de bajo caudal y riego localizado cuando se instala un filtro RBY aguas arriba

#### • Fiabilidad

- Construcción resistente en PVC
- Tornillos cruciformes de acero inoxidable

### ESPECIFICACIONES

Caudal: 075-DV: desde 0,24 hasta 4,5 m<sup>3</sup>/h  
 Nota: Para caudales inferiores a 0,75 m<sup>3</sup>/h o cualquier aplicación de riego localizado, utilizar los filtros PRF-075-RBY.

100-DV, 100-DVF y 100-DV-MM: desde 0,24 hasta 9,00 m<sup>3</sup>/h

Presión de funcionamiento: desde 1 hasta 10,4 bares (23°C)

Temperatura del agua: 43° C máximo

Nota: Las válvulas DV macho a macho no se recomiendan con caudales superiores a 6,8 m<sup>3</sup>/h

### ESPECIFICACIONES ELECTRICAS

Solenoide: 24 V - 50 Hz

Corriente de arranque: 0,39 A (7,2 VA)

Corriente de régimen: 0,19 A (4,6 VA)

No utilizar con sistemas de decodificadores

### DIMENSIONES

075-DV y 100-DV:      Altura: 11,4 cm  
 Longitud: 11,1 cm  
 Ancho: 8,4 cm

100-DVF:            Altura: 14,2 cm  
 Longitud: 11,1 cm  
 Ancho: 8,4 cm  
 100-DV-MM:      Altura: 11,4 cm  
 Longitud: 13,6 cm  
 Ancho: 8,4 cm

### MODELOS

075-DV: 3/4" (20/27) rosca hembra  
 075-DV-9V: 3/4" (20/27) rosca hembra, con solenoide de impulsos  
 100-DV: 1" (26/34) BSP rosca hembra  
 100-DV-9V: 1" (26/34) rosca hembra, con solenoide de impulsos  
 100-DVF: 1" (26/34) BSP rosca hembra con regulador de caudal  
 100-DV-MM: 1" (26/34) BSP rosca macho  
 100-DV-MM-9V: 1" (26/34) rosca macho, con solenoide de impulsos

### ACCESORIOS

MTT-100: Te de derivación para válvulas de 1" (26/34)  
 DB, DBR/Y-d, DBM, KING: Conexiones estancas  
 PRF-075-RBY: Filtro con regulador de presión

### RENDIMIENTOS : Pérdidas de carga

m <sup>3</sup> /h	075-DV	90-DV 100-DVF	100-DV-MM
0,24	0,22	0,23	0,22
0,50	0,26	0,24	0,24
1,20	0,29	0,28	0,26
3,60	0,45	0,32	0,37
4,50	0,51	0,35	0,42
6,00	-	0,41	0,53
9,00	-	0,59	0,67

\* Los valores de pérdidas de carga están ajustados con el regulador de caudal totalmente abierto



100-DV



100-DV-MM-9V



### Cómo especificar

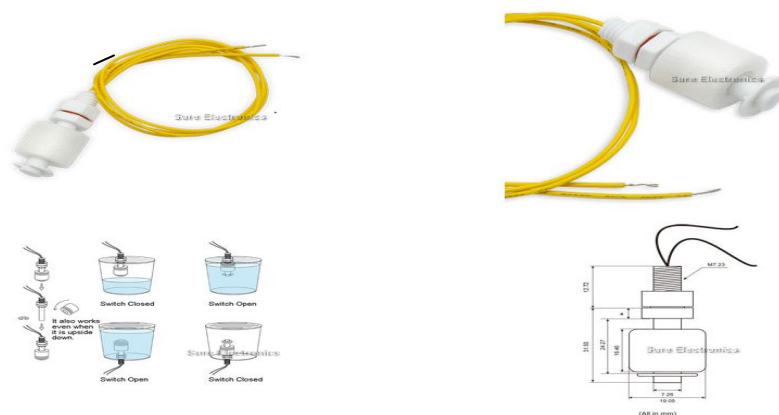
100-DVF-MM

Modelo  
DV rosca hembra  
200 válvula con  
regulador de  
caudal

Modelo  
rosca macho

Tamaño  
075 3/4" (20/27)  
100 1" (26/34)

## ANEXO E: Especificaciones técnicas del interruptor flotador magnético.



A **float switch** is a device used to sense the level of liquid within a tank. The switch may actuate a pump, an indicator, an alarm, or other device.

Use them with hydroponics, saltwater tank, freshwater tank, gardening, aquariums for power head control, pet bowls, fish tanks, filtration, heating, pumps, ponds, basement alarms, boats, air condition drain pans, pressure washers, carpet cleaning mach., reef aquarium, fluid control, ice machines, coffee pots, marine, automotive, automobiles, tropical fish tanks, evaporator coils, condensation line, in relays, or what ever your project may be. This is a mini float switch. Contains no mercury.

### Specifications:

Product Name	Water Level Sensor
Contacts	NO+NC
Max Contact Rating	
10W	
Max Switch Voltage	100V DC
Max Switch Current	0.5A
Max Breakdown Voltage	220V DC
Max Carry Current	1.0A
Max Contact Resistance	100mΩ
Temperature Rating	-10 ~ +85 Degree
Float Ball Material	P.P
Float Body Material	Plastic
Float Ball Size	18 x 16mm(D*H)
Screw Thread Diameter	7.5mm/0.3"
Washed Nut Diameter	12.5mm/0.49"
Retaining Clip Diameter	13mm/0.5"
Body Total Length	45mm/1.8"
Cable Length	36cm/14"
Color	White & Yellow
Weight	10g
Package Content	1 x Water Level Sensor

## ANEXO F: Especificaciones del interruptor termo magnético de riel DIN



BKN 1P C 32A

BKN 2P C 10A

BKN 3P C 10A

<b>BKN</b>	Norma	IEC 60898 - IEC 60947-2
	Corriente nominal	2, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63A
	Capacidad de ruptura (Icu)	6kA en 400 V / 10kA 220V
	Curva de disparo	C
	Números de polos	1, 2 y 3
	Endurancia eléctrica	6000 maniobras
	Montaje	En riel DIN de 35 mm

<b>BKN</b>			
In (A)	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
2	BKN 1P C 2A	BKN 2P C 2A	BKN 3P C 2A
4	BKN 1P C 4A	BKN 2P C 4A	BKN 3P C 4A
6	BKN 1P C 6A	BKN 2P C 6A	BKN 3P C 6A
10	BKN 1P C 10A	BKN 2P C 10A	BKN 3P C 10A
16	BKN 1P 16 2A	BKN 2P C 16A	BKN 3P C 16A
20	BKN 1P C 20A	BKN 2P C 20A	BKN 3P C 20A
25	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
32	BKN 1P C 32A	BKN 2P C 32A	BKN 3P C 32A
40	BKN 1P C 40A	BKN 2P C 40A	BKN 3P C 40A
50		BKN 2P C 50A	BKN 3P C 50A
63	BKN 1P C 50A	BKN 2P C 63A	BKN 3P C 63A



BKH 3P C 100A

<b>BKH</b>	Norma	IEC 60947-2
	Corriente nominal	80, 100, 125 A
	Voltaje nominal	230/400 volt.
	Curva de disparo	C
	Capacidad de ruptura (Icu)	10kA / 400 V
	Números de polos	2, 3
	Endurancia eléctrica	6000 maniobras
Montaje	En riel DIN de 35 mm	

Certificación:    

<b>BKH</b>		
Polos	In (A)	Código
2	80	BKH 2P C 80A
2	100	BKH 2P C 100A
2	125	BKH 2P C 125A
3	80	BKH 3P C 80A
3	100	BKH 3P C 100A
3	125	BKH 3P C 125A



<b>Frecuencia de la tensión de alimentación de mando</b>		
• 1 / valor asignado	Hz	50
• 2 / valor asignado	Hz	60
<b>Tensión de mando / 1</b>		
• a 50 Hz / AC		
• valor asignado	V	220
• a 60 Hz / AC		
• valor asignado	V	220

<b>Circuito de corriente secundario:</b>		
<b>Confiabilidad de contacto / de los contactos auxiliares</b>		una conexión errónea por 100 millones (17 V, 1 mA)
<b>Número de contactos NC / para contactos auxiliares</b>		
• conmutación instantánea		0
• contacto retardado		0
<b>Número de contactos NA / para contactos auxiliares</b>		
• conmutación instantánea		0
• contacto en avance		0
<b>Corriente de servicio / de los contactos auxiliares</b>		
• AC-12 / máxima	A	10
• AC-15		
• a 230 V	A	6
• a 400 V	A	3
• DC-12		
• a 60 V	A	6
• a 110 V	A	3
• a 220 V	A	1
• DC-13		
• a 24 V	A	10
• a 60 V	A	2

<b>Cortocircuito:</b>		
<b>Ejecución del elemento fusible</b>		
• para protección contra cortocircuitos del bloque de contactos auxiliares / necesario		fusible gL/gG: 10 A
• para protección contra cortocircuitos del circuito principal		
• tipo de coordinación 1 / necesario		fusible gL/gG: 160 A
• tipo de coordinación 2 / necesario		fusible gL/gG: 80 A



## ANEXO H: Datos técnicos del relé térmico



Size S0 motor starter protector

3RV1 motor starter protectors are compact, current limiting motor starter protectors which are optimized for load feeders. The motor starter protectors are used for switching and protecting induction motors of up to 45 kW at 400 V AC and for other loads with rated currents of up to 100 A.

### Type of construction

The motor starter protectors are available in four sizes:

- Size S00 - width 45 mm, max. rated current 12 A, at 400 V AC suitable for induction motors up to 5.5 kW.
- Size S0 - width 45 mm, max. rated current 25 A, at 400 V AC suitable for induction motors up to 11 kW.
- Size S2 - width 55 mm, max. rated current 50 A, at 400 V AC suitable for induction motors up to 22 kW.
- Size S3 - width 70 mm, max. rated current 100 A, at 400 V AC suitable for induction motors up to 45 kW.

### Note



Screw terminals



Cage Clamp terminals

The terminals are indicated in the selection and ordering data by orange backgrounds.

### Operating conditions

3RV1 motor starter protectors are suitable for use in any climate. They are intended for use in enclosed rooms in which no severe operating conditions (such as dust, caustic vapors, hazardous gases) prevail. When installed in dusty and damp areas, suitable enclosures must be provided.

3RV1 motor starter protectors can optionally be fed from the top or from below.

The permissible ambient temperatures, the maximum switching capacities, the tripping currents and other boundary conditions can be found in the technical specifications and tripping characteristics.

3RV1 motor starter protectors are suitable for operation in IT systems (IT networks). In this case, the different short-circuit breaking capacity in the IT system must be taken into account.

Since operational currents, starting currents and current peaks are different even for motors with identical power ratings due to the inrush current, the motor ratings in the selection tables are only guide values. The specific rated and start-up data of the motor to be protected is always paramount to the choice of the most suitable motor starter protector. This also applies to motor starter protectors for transformer protection.

### Possible uses

The 3RV1 motor starter protectors can be used:

- For short-circuit protection
- For motor protection (also with overload relay function)
- For system protection
- For short-circuit protection for starter combinations
- For transformer protection
- As main control and EMERGENCY-STOP switches
- For fuse monitoring
- For use in IT systems (IT networks)
- For switching of DC currents
- As voltage transformer circuit breakers
- In areas subject to explosion hazard (ATEX)

More information is available under "Configuration".

### CLASS 10, without auxiliary switches

	Rated current	Suitable for three-phase induction motors <sup>1)</sup> with P	Setting range for thermal overload release	Instantaneous electronic trip unit	Short-circuit breaking capacity at 400 V AC	DT	Screw terminals		PU (UNIT, SET, M)	PS*	PG	Weight per PU approx.
	$I_n$	kW	A	$I >$	$I_{cu}$		Order No.	Price per PU				kg
	A			A	kA							

## ANEXO I: Datos técnicos del relé

2 polos, contactos inversores

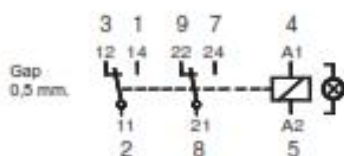
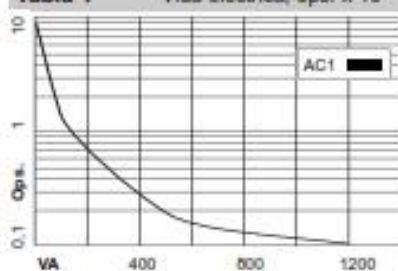
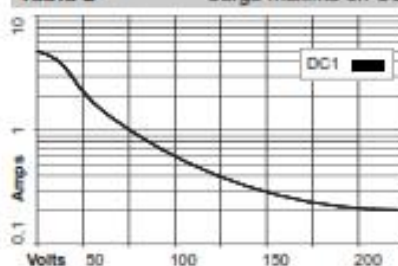
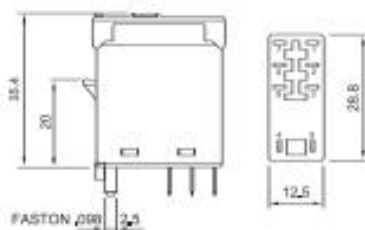
Tabla 1 Vida eléctrica, ops. x 10<sup>6</sup>

Tabla 2 Carga máxima en CC



Dimensiones mm.



RELECO

## C12-A21



Dos contactos inversores

**5A 250V AC1      0,5A 110V DC1**  
**5A 30V DC1      0,2A 220V DC1**

## Tipos estándar

CA 50 Hz, (60 Hz): 24, 48, 115, (120), 230, (240)  
 X = LED (estándar)      C12-A21 ..... Vca  
 Supresor RC      C12-A21X ..... Vca  
    C12-A21R ..... Vca

CC 12, 24, 48, 110

X = LED, sin polaridad (estándar) C12-A21 ..... Vcc  
 Opciones (bobinas CC)      C12-A21 ..... Vcc  
 Diodos de paso y polaridad      C12-A21FX..... Vcc  
 CA/CC rectificador (24, 48 y 60V)      C12-A21BX..... Vcc

Relés compatibles con bases S12 y S12-P

## Contactos

Materiales: Estándar, código 1      AgNi + 0,3% Au  
 Opción, código 2      AgNi + 10% Au  
 Intensidad máxima      5 A  
 Sobrecarga instantánea (20 ms.)      15 A  
 Tensión máxima      250 V  
 Carga máxima en CA (Tabla 1)      1,2 KVA  
 Carga máxima en CC      ver Tabla 2  
 Corriente mínima recomendada      10 mA / 10V

## Bobinas (Ohms = 10% @ 20°C)

Voltaje de operación       $\approx 0,5 \times U_n$   
 Voltaje de apertura       $\approx 0,1 \times U_n$   
 Potencia nominal      1,1 VA (CA) / 0,7 W (CC)

Vca	$\Omega$	mA	Vcc	$\Omega$	mA
24	290	45	12	224	53
48	1.200	23	24	742	32
115	7.300	9,5	48	3.500	13,7
230	25.600	4,7	110	19.900	5,5

## Aislamiento

Rigidez dieléctrica, (Vrms / 1 min.)  
 Contacto abierto      1.000 V  
 Entre contactos adyacentes      3 KV  
 Entre contactos y bobina      5 KV  
 Resistencia de aislamiento a 500V       $\approx 3G\Omega$   
 Aislamiento según IEC 61610-5:      4 KV / 3

## Especificaciones

Tiempo de operación + rebote      10 ms.  
 Tiempo de apertura + rebote      5 ms.  
 Temperatura ambiente      -40°C (sin hielo) ... +70°C  
 Vida mecánica, ops      10 MIL. en CA y 20 MIL. en CC  
 Vida eléctrica a carga nominal       $\approx 100.000$  ops.  
 Frecuencia de operación a carga nominal      1.200 / hora  
 Grado de protección      IP40 / RT1  
 Peso aproximado      21 gr.



IEC 61810 EN 60947



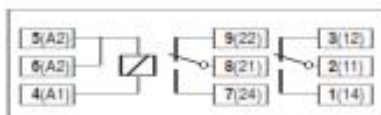
2 polos, I/O para interface

**RELECO**

## S12

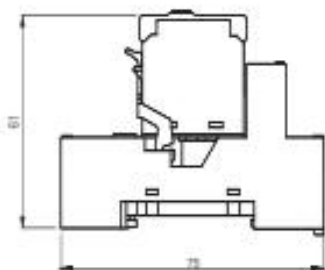
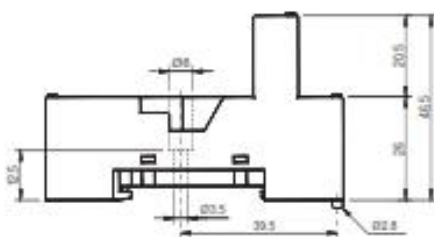
**Base I/O para relés IRC de dos polos inversores.****5A**

### Diagrama de conexión



### Dimensiones

mm.



### Base I/O de bornas "en línea" para relés C12 y C12G.

Esta base ha sido diseñada para obtener un conjunto homogéneo con una disposición de bornas idéntica, en ambas bases que permita la fácil identificación de los grupos de contactos, en cada nivel para conseguir un cableado más simple.

Las dos bornas A2 permiten una interconexión segura, por medio de puentes externos, de un número limitado de bases S12 entre sí o de la base S10M de un polo inversor o de una mezcla de ambas bases.

La boma A2, libre en la primera y última base, se usa para la conexión del cable de polaridad común.

### Especificaciones

Carga nominal 5 A / 250V

Aislamiento: Rigidez dieléctrica (Vrms / 1 min.)

Entre bobina y contactos 5 KV

Entre todos los terminales y rail DIN 5 KV

Entre contactos adyacentes 3 KV

Máxima fuerza de apriete en bornas 1,2 Nm

Capacidad de cable multihebras 22-14 AWG

Capacidad de hilo sólido o punteras 4 mm<sup>2</sup>

Bornas sólidas de latón zincado

Clip de sujeción integrado

Etiqueta de identificación



IEC 61810 EN 60947

## ANEXO J: Especificaciones técnicas PLC logo siemens12/24RC

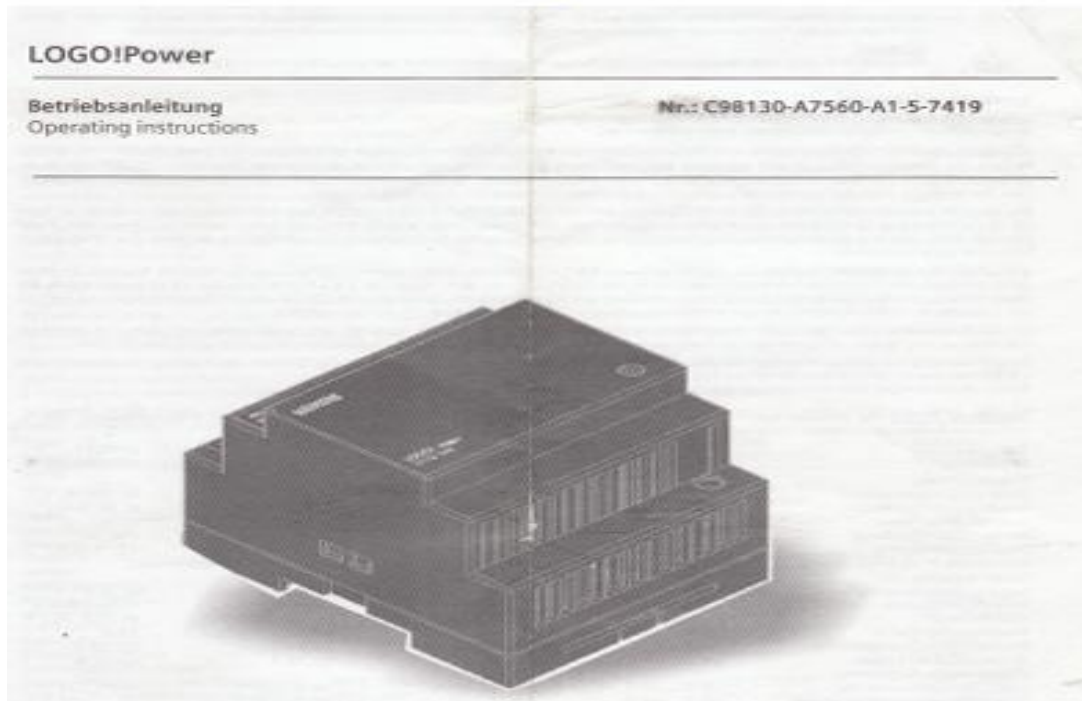
### Módulo básico LOGO! 0BA6



- Incluye 38/43 funciones listas para su uso; sin necesidad de aparatos adicionales como p. ej. contadores de horas de funcionamiento
- Permite interconectar entre 200 y 400 funciones
- 8 entradas digitales (incl. 4 EA a 12/24 V DC) y 4 salidas digitales integradas
- Flexibilidad de ampliación hasta 24 ED, 16 SD, 8 EA y 2 SA
- Visualización de textos de aviso, valores de consigna y reales así como modificación directa de valores en el visualizador (salvo en las variantes Pure)
- Remanencia de datos integrada, para garantizar el almacenamiento de los valores actuales en caso de corte de tensión
- Software LOGO! Soft Comfort V 7 para la cómoda creación de programas de maniobra en el PC para todas las generaciones de LOGO!, ejecutable en distintos sistemas operativos

Módulos básicos	LOGO! 12/24RC <sup>1)</sup> , LOGO! 12/24RC <sup>2)</sup>	LOGO! 24C, LOGO! 24Co	LOGO! 24RC1), LOGO! 24RC <sup>2)</sup>
Entradas	8	8	8
de ellas, como analógicas	4 (0 a 10 V)	4 (0 a 10 V)	–
Tensión de entrada/de alimentación	12/24 V DC	24 V DC	24 V AC/DC
Rango admisible con señal "0" con señal "1"	10,8 V ... 28,8 V DC máx. 5 V DC mín. 8,5 V DC	20,4 V ... 28,8 V DC máx. 5 V DC mín. 12 V DC	20,4 ... 28,8 V DC 20,4 ... 26,4 V AC máx. 5 V AC/DC mín. 12 V AC/DC, 2,5 mA
Intensidad de entrada	1,5 mA (I3 ... I6), 0,1 mA (I1, I2, I7, I8)	2 mA (I3 ... I6), 0,1 mA (I1, I2, I7, I8)	
Salidas	4 relés	4 transistores	4 relés
Intensidad permanente	10 A con carga óhmica; 3 A con carga inductiva	0,3 A	10 A con carga óhmica; 3 A con carga inductiva
Protec. contra cortocircuito	Protección externa necesaria	Electrónica (aprox. 1 A)	Protección externa necesaria
Frecuencia de conmutación	2 Hz con carga óhmica; 0,5 Hz con carga inductiva	10 Hz	2 Hz con carga óhmica; 0,5 Hz con carga inductiva
Tiempo de ciclo	< 0,1 ms/función	< 0,1 ms/función	< 0,1 ms/función
Relojes horar. integrados/reserva de marcha	sí/típ. 80 h (2 años con módulo de pila)	sí/típ. 80 h (2 años con módulo de pila)	sí/típ. 80 h (2 años con módulo de pila)
Cables de conexión	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> ó 1 x 2,5 mm <sup>2</sup>		
Temperatura ambiente	0 a +55 °C		
Temp. de almacenaje	–40 °C a +70 °C		
Perturbaciones emitidas	según EN 55011 (clase valor límite B)		
Grado de protección	IP20		
Homologaciones	según VDE 0631, IEC 1131, FM Class 1, Div 2, cULus, C-Tick, para construcción naval		
Montaje	sobre perfil de 35 mm, anchura 4 módulos o montaje mural		
Dimensiones	72 (4 módulos) x 90 x 55 mm (ancho x alto x prof.)		
Cable de programación	Cable de PC LOGO! (RS232 o USB)	Cable de PC LOGO! (RS232 o USB)	Cable de PC LOGO! (RS232 o USB)
Pila tampón opcional	Sí	Sí	Sí
Comunicación LOGO! <=> LOGO! (Ethernet)	No	No	No
LOGO! <=> Red (Ethernet)	No	No	No
Máxima memoria de programas	200 bloques	200 bloques	200 bloques
Módulo de memoria externo	LOGO! Memory Card	LOGO! Memory Card	LOGO! Memory Card
Registro de datos	No	No	No
Tabla de estado en línea	No	No	No
Función de macros	No	No	No

## ANEXO K: Datos técnicos de la fuente de alimentación PLC logo siemens

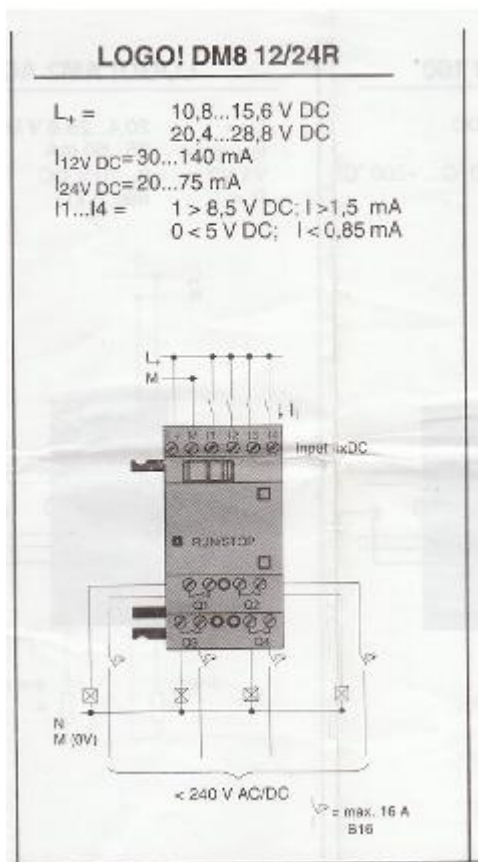
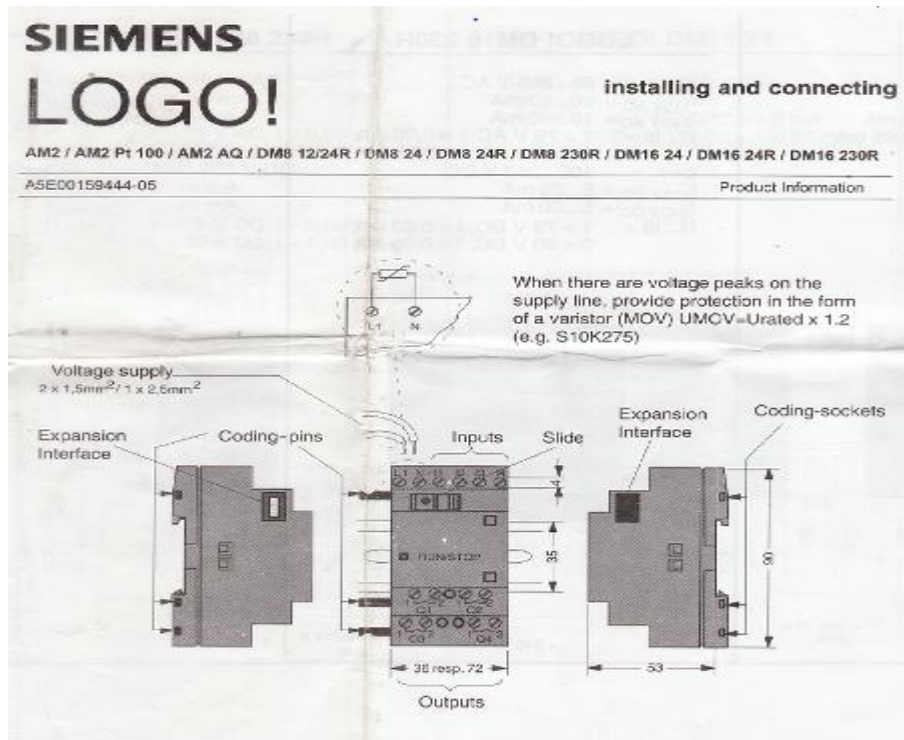


**Technical specifications:** Specifications valid for input voltage 230 V AC and ambient temperature +25 °C, unless otherwise stated. They are subject to change without prior notice.

Type:	5V/6,3A 6EP1311-1SH12	12V/4,5A 6EP1322-1SH02	15V/4A 6EP1352-1SH02	24V/2,5A 6EP1332-1SH42
<b>Input:</b>				
Rated voltage $V_{in}$ :	100-240 V AC	100-240 V AC	100-240 V AC	100-240 V AC
Voltage range:	85...264 V AC	85...264 V AC	85...264 V AC	85...264 V AC
Line frequency range:	47...63 Hz	47...63 Hz	47...63 Hz	47...63 Hz
Mains buffering:	> 40 ms	> 40 ms	> 40 ms	> 40 ms
Rated current $I_{in}$ :	0,71-0,37 A	1,13-0,61 A	1,24-0,68 A	1,22-0,66 A
Protection in the mains supply line:	recommended: circuit breaker (IEC 898) up from 16 A char. B or up from 10 A char. C			
<b>Output:</b>				
Rated voltage $V_{out}$ :	5 V DC	12 V DC	15 V DC	24 V DC
Residual ripple/spikes:	< 100/100 mV <sub>pp</sub>	< 200/300 mV <sub>pp</sub>	< 200/300 mV <sub>pp</sub>	< 200/300 mV <sub>pp</sub>
Setting range:	4,6...5,4 V DC	10,5...16,1 V DC	10,5...16,1 V DC	22,2...26,4 V DC
Rated current $I_{out}$ :	6,3 A	4,5 A	4 A	2,5 A
Current limitation :	8,2 A typ.	5,9 A typ.	5,0 A typ.	3,4 A typ.
Efficiency at full load:	83 % typ.	85 % typ.	85 % typ.	87 % typ.
<b>Environmental conditions:</b>				
Transportation and storage temperature:	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C	-40 °C...+70 °C
Ambient temperature during operation:	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C	-20 °C...+55 °C
Degree of protection:	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Pollution Degree environment:	2	2	2	2
Humidity rating:	Climate category 3K3 acc. to EN 60721, relative air humidity 5...95 %, without condensation			
EMC interference emission:	EN 50081-1, class B acc. to EN 55022			
EMC interference immunity:	EN 61000-6-2, EN 61000-4-2/3/4/5/6/11			
<b>Safety:</b>				
Protection class:	UL60950, Class II (double insulated, without protective earth PE)			
Galvanic isolation primary/secondary:	SELV output voltage acc. to EN 60950 and EN 50178			

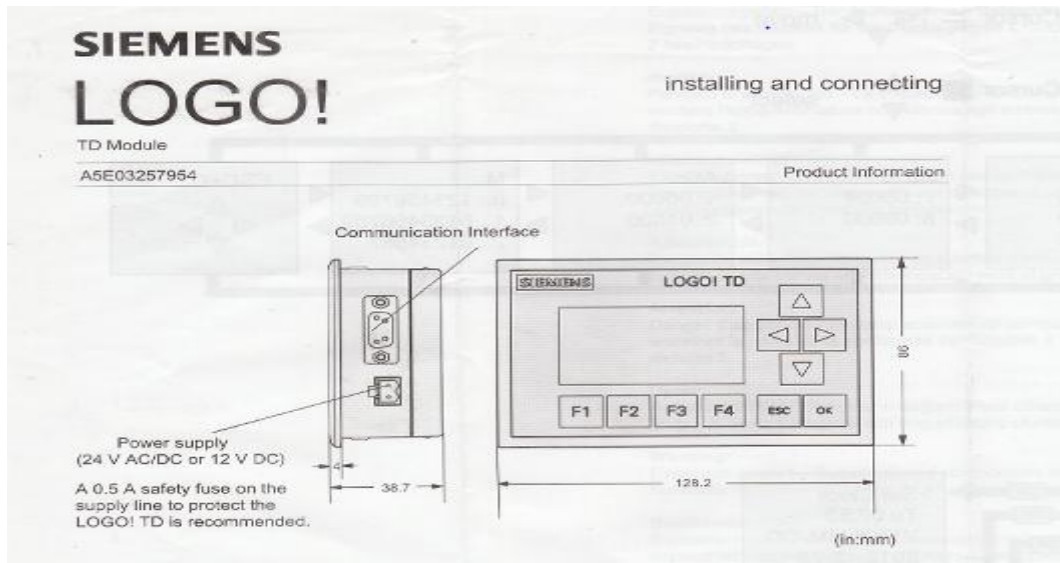


## ANEXO L: Especificaciones del módulo de ampliación logo DM8 12/24 RC



Technical specifications	LOGO! DM8 12/24R
<b>Digital modules</b>	
Inputs	4
Input/ supply voltage	12/24 V DC
Permissible range	10.8 to 28.8 V DC
On "0" signal	Max. 5 V DC
On "1" signal	Min. 8 V DC
Input current	1.5 mA
Outputs	4 relays
Continuous current $I_{th}$ (per terminal)	5 A for resistive load 3 A for inductive load Max. 20 A over all four relays
Short-circuit protection	External fuse required
Operating frequency	2 Hz for resistive load 0.5 Hz for inductive load
Power loss	0.3 to 1.7 W at 12 V DC 0.4 to 1.8 W at 24 V DC
Dimensions (W x H x D)	36 (2 WM) x 90 x 55 mm

## ANEXO M: Especificaciones técnicas de la pantalla LOGO TD

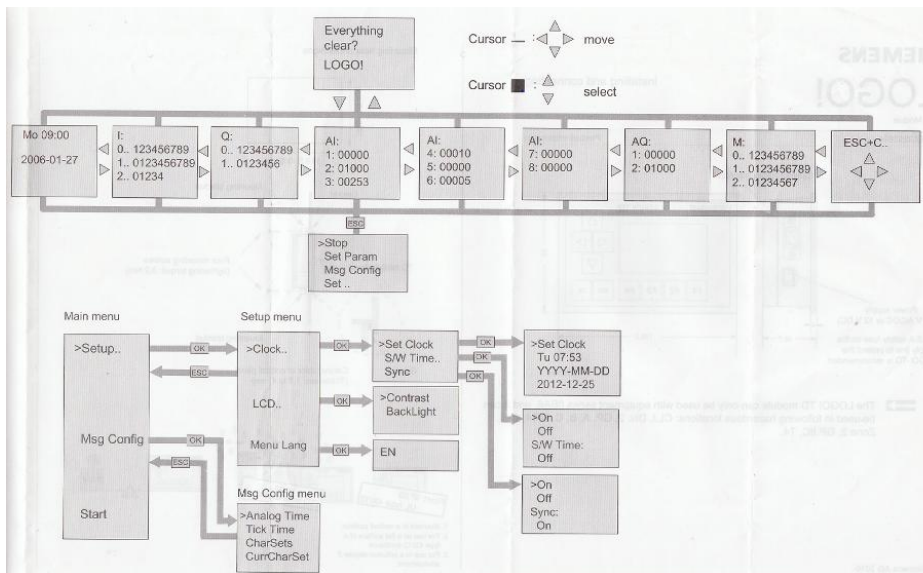
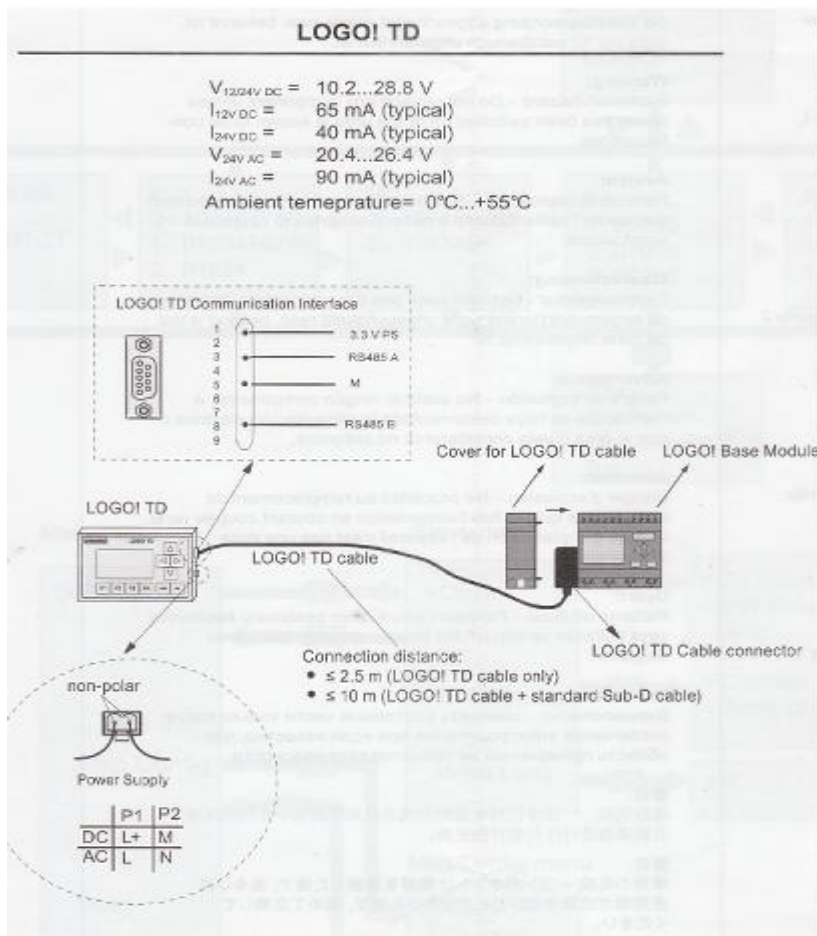


### Technical Data

- shipped with interface cable for connection to any Base Module 0BA6 or higher
- polarity independent power supply for 12 V DC or 24 V AC/DC
- contrast and backlight control
- identical display as a Base Module 'Basic' variant or independent message text displays
- IP65 when correctly panel-mounted
- 6 tactile input buttons identical to the Base Module 'Basic' variant
- 4 additional Function keys for inputs directly into the program code
- easily configured with the message text function block in the program code
- supports the same 10 menu languages and associated character sets as the 'Basic' Base Module

LOGO! TD Text Display	
Supply voltage	12 V DC , 24 V AC/DC
Permissible range	10.2 to 28.8 V DC or 20.4 to 26.4 V AC (47 to 63 Hz)
Inputs	6 standard keys, 4 function keys (tactile surface buttons)
Display	61 x 33 mm, white controllable backlight, adjustable contrast
Lines / Characters	4 lines, 12/16 characters per line (depending on selected character set)
Connecting cable length	2.5 m (extend up to 10 m with standard 'straight-through' 9-pin serial cable)
Power consumption at 24 V DC	typ. 65 mA (12 V DC), typ. 40 mA (24 V DC), typ. 90 mA (24 V AC)
Cut-out dimensions (W x H x D)	119.5 x 78.5 x 1.5 – 4.0 mm for panel mounting (128.2 x 86 x 38.7 overall)
Protection	IP 20, Front IP65 (4X/12)





## ANEXO N: Ficha técnica de la planta de fresa variedad Albión



**Albión:** Variedad con excelente sabor, calidad y preferida por comercializadores y consumidores



### Características:

- Variedad de día neutro, planta rustica con hojas gruesas.
- Frutas grandes cónicas y alargadas con color rojo intenso.
- Planta mediana de fácil recolección de fruta.
- Excelente sabor y buen comportamiento en pos-cosecha.
- Resistente a *Phytophthora*, *Verticillium* y *Anthracnosis*.
- Producciones muy constantes durante la cosecha.
- Planta con muy buena aceptación por los agricultores.

### Necesidades de la planta para su cultivo

**Valor de PH:** 5- 6, 5

#### **Suelos ideales para su cultivo:**

- 50% Arena Sílica
- 20% Arcilla
- 15% Celia
- 5% Material orgánica

**Humedad atmosférica:** 75%

**Clima:** Se adaptan a cualquier tipo de climas (comprendida entre 700 y 2800 metros sobre el nivel del mar)

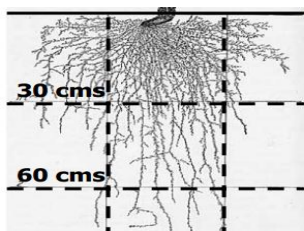
**Pluviosidad:** 250 cc por planta al día.

**Requerimiento de agua aplicada:** 250-450 mm anual para cada planta, de acuerdo a la textura del suelo.

**Necesidades de humedad:** Alta

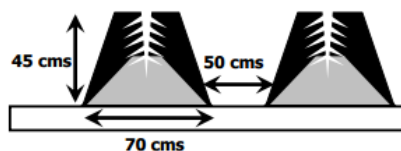
**Temperaturas:** 12-35 Grados centígrados

**Profundidad Promedio de la Raíz:** 40 cm.

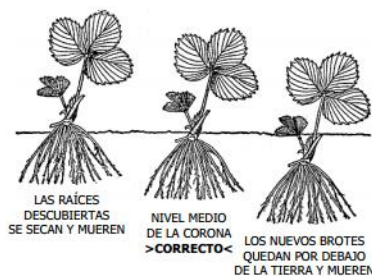


**Distancia de siembra entre plantas:** 20-35 cm

**Dimensionamiento de las camas**



**Siembra**



**Su tamaño no excede los 40 cm de Alturas**



**Solicitudes de las plantas**

	UNIDAD	MÍN	MÀX
<b>NITRÓGENO</b>	%	0,19	0,36
<b>FÓSFORO</b>	ppm	20	40
<b>POTASIO</b>	meq/100g	0,21	0,30
<b>CALCIO</b>	meq/100g	6	10
<b>MAGNESIO</b>	meq/100g	4	8
<b>AZUFRE</b>	ppm	15	200
<b>BORO</b>	ppm	0,8	0,9
<b>HIERRO</b>	ppm	100	300
<b>MANGANESO</b>	ppm	13	15
<b>ZINC</b>	ppm	4	25
<b>COBRE</b>	ppm	2,5	3



## ANEXO O: Parámetros a considerar para el cálculo de riego

### Densidad aparente

TEXTURA	DENSIDAD APARENTE (g/ml)
ARENOSA	1.5-1.8
FRANCO ARENOSA	1.4-1.6
FRANCA	1.3-1.5
FRANCO ARCILLOSA	1.3-1.4
ARCILLOSA	1.2-1.3

### Capacidad de Campo (CC)

TEXTURA	HUMEDAD (%)
ARENOSA	6-12
FRANCO ARENOSA	10-18
FRANCA	18-26
FRANCO ARCILLOSA	23-31
ARCILLOSA	31-39

### Punto de Marchites Permanente (PMP)

TEXTURA	HUMEDAD (%)
ARENOSA	2 - 6
FRANCO ARENOSA	4 - 8
FRANCA	8 - 12
FRANCO ARCILLOSA	11-15
ARCILLOSA	15-19

#### Según Tipo de Suelo

(Handy Data for the Sprinkling Expert, Perrot)

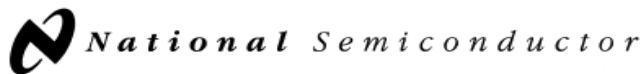
Tipo de Suelo	Capacidad de Infiltración (mm/hora)
Arenoso	20
Franco - Arenoso	12
Franco	10
Arcilloso	8

País	ECUADOR			Estación	Cotacachi		
Altitud	2572	m.	Latitud	0.23	°N	Longitud	78.25 °E
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día
Enero	8.8	21.5	72	0.3	8.5	21.8	3.69
Febrero	8.9	21.6	72	0.4	8.5	22.6	3.86
Marzo	8.9	21.9	72	0.3	8.7	23.2	3.96
Abril	9.6	21.8	73	0.3	8.3	21.9	3.76
Mayo	8.7	22.1	71	0.3	8.9	21.6	3.63
Junio	8.2	21.2	72	0.4	8.7	20.6	3.39
Julio	7.4	21.6	70	0.5	9.4	21.8	3.58
Agosto	7.4	22.1	69	0.5	9.7	23.4	3.89
Septiembre	7.0	22.6	68	0.6	10.1	24.9	4.21
Octubre	8.4	22.8	70	0.5	9.5	24.1	4.12
Noviembre	8.7	22.3	71	0.3	9.0	22.7	3.83
Diciembre	9.4	21.7	73	0.3	8.3	21.2	3.60
<b>Promedio</b>	<b>8.4</b>	<b>21.9</b>	<b>71</b>	<b>0.4</b>	<b>9.0</b>	<b>22.5</b>	<b>3.79</b>

Cultivo	Profundidad radicular máxima <sup>1</sup> (m)	Fracción de agotamiento <sup>2</sup> (para ET <sub>0</sub> 5 mm día <sup>-1</sup> ) p
<b>e. Leguminosas (Leguminosae)</b>		
Frijoles o judías verdes	0,5-0,7	0,45
Frijoles o judías, secos y legumbres	0,6-0,9	0,45
Frijoles o judías, lima del Perú, vainas largas	0,8-1,2	0,45
Garbanzo (Chick pea)	0,6-1,0	0,50
Habas – Frescas	0,5-0,7	0,45
– Secas/Semilla	0,5-0,7	0,45
Garbanzo hindú	0,6-1,0	0,45
Caupis (cowpeas)	0,6-1,0	0,45
Maní o cacahuete	0,5-1,0	0,50
Lentejas	0,6-0,8	0,50
Guisantes o arveja – Frescos	0,6-1,0	0,35
– Secos/Semilla	0,6-1,0	0,40
Soya o soja	0,6-1,3	0,50
<b>f. Hortalizas perennes (con letargo invernal y suelo inicialmente desnudo o con mantillo)</b>		
Alcachofa	0,6-0,9	0,45
Espárragos	1,2-1,8	0,45
Menta	0,4-0,8	0,40
<b>Fresas</b>	<b>0,2-0,3</b>	<b>0,20</b>
<b>g. Cultivos Textiles</b>		
Algodón	1,0-1,7	0,65
Lino	1,0-1,5	0,50
Sisal	0,5-1,0	0,80

Fuente: FAO 56. Crop Evapotranspiration.

# ANEXO P : Datos técnicos del sensor de temperatura Im35



November 2000

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Typical Applications

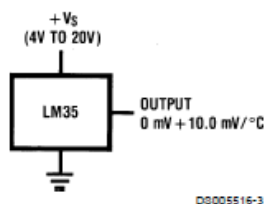
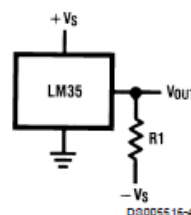


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

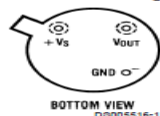


Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

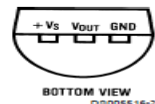
### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*



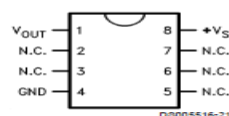
\*Case is connected to negative pin (GND)  
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
 See NS Package Number H03H

TO-92  
Plastic Package



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
 See NS Package Number Z03A

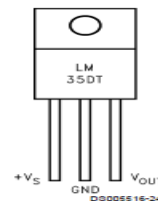
SO-8  
Small Outline Molded Package



N.C. = No Connection

Top View  
 Order Number LM35DM  
 See NS Package Number M08A



TO-220  
Plastic Package\*



\*Tab is connected to the negative pin (GND).  
 Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.  
 Order Number LM35DT  
 See NS Package Number TA03F



## ANEXO Q: Especificaciones técnicas del cable FTP cat 5E

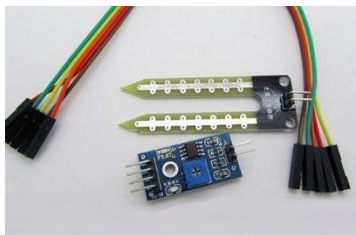
 <h1>Ficha Técnica</h1> <p>GESCABLE, S.L., C/Afrodita, 2 Pol.Ind. R-2 Meco 28880 Meco - MADRID Tel.: 91 830 70 84 / 902 230 234 Fax.: 91 830 70 89</p>																
<b>Referencia:</b>  <b>FTP CAT 5E ANTI-ROEDOR</b>																
<b>Descripción y Uso:</b> Cable de uso exterior , avanzada tecnología para transmitir datos a alta velocidad. Proporcionan unas excelentes características que superan los requerimientos de la Cat 5E, obteniendo unos valores de rendimiento muy superiores a los cables existentes en el mercado para esta categoría.																
<h3>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</h3>																
<b>Descripción Constructiva</b> Conductor 24 AWG (0,51mm) Cobre recocido sólido Aislamiento Poliolefina Pareado 4 pares de conductores Pantalla Cinta de aluminio poliéster Conductor de Drenaje 24 AWG (0,51mm) cobre estañado sólido Cubierta interior PVC Gris IEC 60332-1 Armado Trenza de hilos de acero 32 x 0,20mm Cubierta exterior PVC Color Negro	<b>Valores Eléctricos Constructivos</b> Resistencia en corriente continua (máx) OHMS/100M (328 ft) @ 20°C 8,90 Capacidad mutua (máx) nF/100m (328 ft) @ 1kHz 4,59 Velocidad nominal de propagación (NVP) % Velocidad de la luz 70 Impedancia característica (Ohms) Frecuencia 772 MHz 87-117 10-200 MHz 85-115 Retardo de propagación (máx) ns @ 10 MHz: 518 Retardo diferencial (máx) ns/100 m: 45 Diámetro Exterior (mm) 7,50 Espesor cubierta 0,70 Radio mínimo curvature 4 x Diámetro Exterior = 27,48 mm Temperatura máxima de servicio 70°C															
<b>Aplicaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4/16 Mbps Token Ring</li> <li>• 100 Mbps TP-PMDD</li> <li>• 10 BASE-T (IEE 802.3)</li> <li>• 100 BASE-VG-AnyLAN</li> <li>• 100 BASE-T (IEE 802.3)</li> <li>• 1000 BASE-T (Gigabit Ethernet)</li> <li>• 155/622 Mbps ATM</li> </ul>	<b>Información adicional:</b> Las normas que cumplen el material utilizado para la fabricación de la cubierta son: UNE 50205-2-1 No propagador de la llama. UNE 50205-2-2 No propagador de la llama. UNE 50206-2 No propagador del incendio. Otras normas de fabricación: ANSI/TIA/EIA 568-5 (Categoría 5E) ISO/IEC 11801 EN 50173															
<b>Observaciones:</b> La presentación estándar será en bobinas de 500 m y 1000 m.	<b>Código Colores</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Pares</th> <th colspan="2">Combinación de colores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>blanco</td> <td>azul</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>blanco</td> <td>verde</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>blanco</td> <td>rojo</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>blanco</td> <td>amarillo</td> </tr> </tbody> </table>	Pares	Combinación de colores		1	blanco	azul	2	blanco	verde	3	blanco	rojo	4	blanco	amarillo
Pares	Combinación de colores															
1	blanco	azul														
2	blanco	verde														
3	blanco	rojo														
4	blanco	amarillo														
<b>Certificado CE Comunidad Europea</b>																

LA EMPRESA GESCABLE, S.L. SE RESERVA EL DERECHO A MODIFICAR LAS CARACTERÍSTICAS SIN PREVIO AVISO

GESCABLE, S.L., C/AFRODITA, 2 Pol. Ind. R-2, 28880 Meco - Madrid, Tel.: 91 830 70 84 / 902 230 234 Fax: 91 830 70 89  
2011 REG. CONTROLER



## ANEXO R: Especificaciones del módulo sensor de humedad



### Descripción:

Este sensor tiene la capacidad de medir la humedad del suelo. Aplicando una pequeña tensión entre los terminales del módulo YL-69 hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera en el suelo y ésta depende mucho de la humedad. Por lo tanto al aumentar la humedad la corriente crece y al bajar la corriente disminuye.

Consiste en una sonda YL-69 con dos terminales separados adecuadamente y un módulo YL-38 que contiene un CI comparador LM393 SMD (de soldado superficial) muy estable, un led de encendido y otro de activación de salida digital.

Este último resenta 2 pines de conexión hacia el módulo YL-69, 2 pines para la alimentación y 2 pines de datos. VCC, GND, D0, A0.

**VCC** es tensión de alimentación,

**GND** ground.

**A0** es una salida analógica que entrega una tensión proporcional a la humedad. Puede ser medida directamente desde un puerto analógico en un microcontrolador, con Arduino, CI, etc.

**D0** es una salida digital; este módulo permite ajustar cuándo el nivel lógico en esta salida pasa de bajo a alto mediante el potenciómetro.

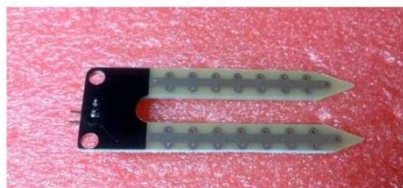
### Características:

Tensión de alimentación: 3.3V a 5V

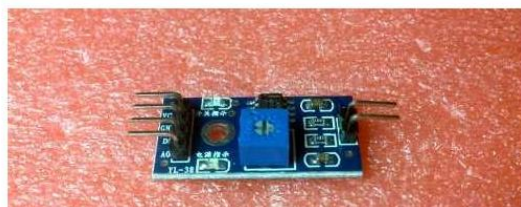
Dimensiones Módulo YL-38: 30mm \* 16mm

Dimensiones Módulo YL-69:60mm\*30mm

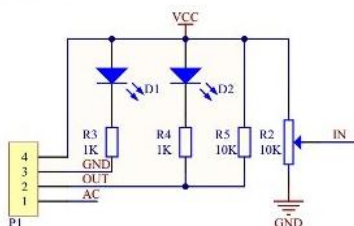
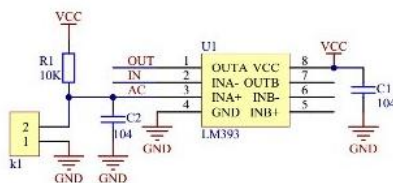
Módulo YL-69:



Módulo YL-38:



Esquema electrico módulo YL-38:



## **ANEXO S: Diagramas eléctricos y electrónico del tablero de control del sistema de riego**

## **ANEXO T: Diagrama de instrumentación sistema de riego**



## **ANEXO U: Diagrama de red de tuberías sistema de riego**

## **ANEXO V: Plano de la parcela de cultivo de fresas**

## **ANEXO W: Programa del sistema de riego**