

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL DE RIEGO PARA UN
CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATE EN EL CANTÓN SALCEDO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**

WILLIAM PATRICIO GUALPA MEJÍA

william_epn@hotmail.com

CÉSAR WILFRIDO YANCHAPANTA YANCHAPANTA

wil9yanchapanta@gmail.com

DIRECTOR: MSc. GERMÁN CASTRO MACANCELA

gammasservicios@andinanet.net

Quito, marzo de 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, William Patricio Gualpa Mejía y César Wilfrido YanchapantaYanchapanta, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

William Gualpa Mejía

Wilfrido Yanchapanta Y.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por William Patricio Gualpa Mejía y César Wilfrido YanchapantaYanchapanta, bajo mi supervisión.

MSc: Germán Castro Macancela
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A mis amigos incondicionales Esteban Freire, Glenda Andrade y Gabriela Pachacama, quienes no dudaron en ningún instante mi capacidad para conseguir mis objetivos a pesar de las dificultades económicas que en ese período poseía, a mi actual enamorada Vivien Martínez quien todos los días se preocupó e insistió en la finalización del trabajo de titulación y sobre todo a Dios quien hace posible el día a día de mi vida.

William Gualpa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por regalarme la vida y protegerme en todo momento.

A mis padres por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado no solo durante mi vida estudiantil, sino también en todos y cada uno de mis aciertos y desaciertos.

Al MSc. Germán Castro por su apoyo y colaboración en la elaboración del presente proyecto.

Finalmente, agradezco a todos mis amigos, especialmente a todos aquellos con quienes compartimos buenos y malos momentos y me brindaron su apoyo al estar lejos de la familia.

Wilfrido Yanchapanta

DEDICATORIA

Al sector agropecuario de Salcedo quienes día a día tratan de ya no consumir productos químicos y ven en lo orgánico la solución de muchos problemas que tiene la producción actual y sobretodo la conservación del medio ambiente.

William Gualpa

DEDICATORIA

El trabajo, el esfuerzo, la dedicación y la humildad son las cosas más trascendentales que le permiten al hombre alcanzar el éxito en la vida y es lo más valiosos que he aprendido día tras día de los seres que amo como a mi vida misma: César Yanchapanta y María Yanchapanta, mis queridos papás.

A la mujer de mi vida Karina, por su amor, apoyo y comprensión en todo momento.

De manera muy especial a mi hijo Josué por ser la fuente de inspiración para alcanzar las metas planteadas y la culminación del presente trabajo.

A todos mis hermanos y sobrinos, que han sido más que mi familia, mis amigos incondicionales.

Finalmente, a todos los compañeros de la Escuela Politécnica Nacional, que como yo, dejamos a nuestra familia para venir a la ciudad de Quito a buscar mejores rumbos para nuestras vidas, a todos ustedes también les dedico el presente trabajo.

Wilfrido Yanchapanta

CONTENIDO

CONTENIDO	I
ANEXOS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN.....	XV
PRESENTACIÓN	XVI

CAPÍTULO I

TIPOS DE RIEGO PARA UN INVERNADERO PROTEGIDO

1.1	INTRODUCCIÓN	1
1.2	TIPOS DE RIEGO	2
1.2.1	RIEGO POR GOTEO	2
1.2.1.1	Goteros	4
1.2.1.2	Cintas de exudación	6
1.2.2	RIEGO POR ASPERSIÓN	7
1.2.2.1	Aspersores	8
1.2.2.2	Precipitación máxima	10
1.2.2.3	Distribución de aspersores	10
1.2.3	RIEGO POR MICROASPERSIÓN Y MICROJET	11
1.2.3.1	Microaspersores	13
1.2.3.2	Microjets.....	13
1.3	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO	14
1.3.1	TUBERÍAS	14
1.3.1.1	Tuberías de PVC.....	14
1.3.1.2	Tubería de PE	16

1.3.2	FUENTE DE PRESIÓN	17
1.3.2.1	Motor	17
1.3.2.2	Bombas centrífugas	17
1.3.2.2.1	Propiedades de una bomba centrífuga	19
1.3.2.2.2	Partes constitutivas de las bombas centrífugas	19
1.3.3	FITTINGS.....	20
1.3.4	APARATOS DE CONTROL Y MEDIDA	21
1.3.4.1	VÁLVULAS.....	21
1.3.4.1.1	Válvula de pie.....	22
1.3.4.1.2	Válvula de retención (check, o antirretorno)	22
1.3.4.1.3	Válvula de compuerta.....	23
1.3.4.1.4	Válvula de desahogo (alivio).....	23
1.3.4.2	Rotámetro	24
1.3.4.3	Manómetro	24
1.3.4.4	Controlador de riego.....	25
1.3.5	SISTEMA DE FILTRADO	25
1.3.5.1	Filtros	25
1.3.5.2	Clasificación de filtros.....	26
1.3.5.2.1	Hidrociclones.....	26
1.3.5.2.2	Filtros de grava.....	27
1.3.5.2.3	Filtros de malla	27
1.3.5.2.4	Filtros de anillas	29
1.3.5.3	Selección de filtros	30
1.3.6	FERTIRRIGACIÓN.....	30

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANDO Y CONTROL

2.1	INTRODUCCIÓN	32
2.2	UBICACIÓN	32
2.3	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA.....	34
2.3.1	DIFICULTADES DEL SISTEMA	35
2.3.2	CONSECUENCIAS	36
2.4	CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DE RIEGO PROPUESTO	36
2.4.1	ANTECEDENTES	36
2.5	COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO	37
2.6	REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN	39
2.7	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	40
2.7.1	ELECTROVÁLVULAS	40
2.7.1.1	Descripción de electroválvulas	40
2.7.1.2	Accesorios para el montaje de electroválvulas	41
2.7.1.3	Montaje de electroválvulas	41
2.7.2	PRESOSTATO Y MANÓMETRO	42
2.7.2.1	Presostato	42
2.7.2.2	Manómetro	43
2.7.2.3	Montaje del presostato y manómetro.....	43
2.7.3	SWITCH POR FLOTADOR (CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS RADAR)	44
2.7.3.1	Descripción del switch por flotador	44
2.7.3.2	Montaje del switch por flotador	45
2.7.4	PANEL SOLAR	46

2.7.4.1	Selección del panel solar.....	46
2.7.4.2	Montaje del panel solar	46
2.7.5	MONTAJE DE TABLEROS	47
2.7.5.1	Tablero de control	47
2.7.5.2	Tablero de motobomba	48
2.7.6	MONTAJE DE TUBERÍAS	48
2.7.6.1	Tubería para el tendido eléctrico hacia los actuadores y tablero de motobomba	49
2.8	IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS	50
2.8.1	TABLERO DE CONTROL	50
2.8.1.1	Bloque A.....	52
2.8.1.1.1	Criterios para la selección del PLC	52
2.8.1.1.2	Determinación de entradas y salidas	52
2.8.1.1.3	Selección del PLC	53
2.8.1.1.4	El PLC DL05 de Koyo.....	54
2.8.1.1.5	Conexionado	54
2.8.1.1.6	Módulo de entradas análogas F0-04AD-1	55
2.8.1.1.7	Montaje del PLC DL05	55
2.8.1.1.8	Timer.....	56
2.8.1.1.9	Fuente de voltaje DC.....	56
2.8.1.1.10	Bornes porta fusibles.....	57
2.8.1.2	Bloque B.....	58
2.8.1.2.1	Relé de estado sólido	58
2.8.1.2.2	Fuente de voltaje AC	58
2.8.1.2.3	Bornes de conexión.....	59
2.8.1.2.4	Terminales para cable tipo punta y horquilla	59

2.8.1.2.5	Etiquetas	59
2.8.1.2.6	Riel DIN.....	59
2.8.1.2.7	Canaleta.....	60
2.8.1.3	Bloque C	60
2.8.1.3.1	Panel de comunicación Micro-Graphic (EA-MG-BZ1).....	60
2.8.1.3.2	Dimensiones para el montaje del panel de comunicación EA-MG-BZ1	61
2.8.1.3.3	Pantalla de visualización C-More MicroGraphic 3” (EA1-S3MLW-N)...	62
2.8.2	TABLERO DE MOTOBOMBA	63
2.8.2.1	Bloque 1	64
2.8.2.1.1	Selección del contactor	64
2.8.2.1.2	Relé térmico (guarda motor)	65
2.8.2.1.3	Relé electromagnético de DC	65
2.8.2.1.4	Relé electromagnético de AC	66
2.8.2.2	Bloque 2.....	66
2.8.2.2.1	Luces piloto	66
2.8.2.2.2	Selector de función	66
2.8.3	IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	67
2.8.3.1	Elementos necesarios para el montaje del panel EA-MG-BZ1/ EA1-S3MLW-N.....	69
2.8.3.2	Diagrama de conexiones del circuito de control y fuerza	70
2.8.4	IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE MOTOBOMBA.....	71
2.8.4.1	Diagrama de conexiones del circuito de control y fuerza del tablero de motobomba	74

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL CONTROL DE RIEGO

3.1	INTRODUCCIÓN	75
3.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO	75
3.2.1	CONEXIONADO DE ENTRADAS Y SALIDAS AL PLC	77
3.2.2	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA	77
3.3	DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO	79
3.4	LÓGICA DE CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO	80
3.4.1	DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO	80
3.4.1.1	Programación inicio del día	82
3.4.1.2	Programación tiempo de apertura de válvulas.....	82
3.4.1.3	Programación nivel de radiación para dar el riego.....	82
3.4.1.4	Lectura y acumulación de radiación solar.....	82
3.4.1.5	Comparar valores de radiación solar para dar el riego	83
3.4.1.6	Verificar si cumple condiciones para dar el riego	83
3.4.1.7	Ejecutar el riego en la plantación.....	83
3.4.2	DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL PARA EL RIEGO MANUAL	84
3.5	PROGRAMACIÓN DEL PLC DL05 DE KOYO	84
3.5.1	CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DirectSOFT5.....	84
3.5.1.1	Requisitos del sistema operativo de la PC	85

3.5.1.2	DirectSOFT5	85
3.5.1.2.1	Aspecto general	86
3.5.1.2.2	Inicio del programa	87
3.5.1.2.3	Inicio de un nuevo proyecto	88
3.5.1.2.4	Elementos e instrucciones básicas	89
3.5.1.2.5	Ingreso de entradas tipo X	91
3.5.1.2.6	Ingreso de salidas tipo Y	93
3.5.1.2.7	Ingreso de una bobina END	94
3.5.1.2.8	Compilación y almacenamiento del programa	96
3.5.2	DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE RIEGO	97
3.6	INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON EL PANEL C-MORE MICRO-GRAPHIC DE 3”	97
3.6.1	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PANEL C-MORE MICRO-GRAPHIC DE 3”	97
3.6.2	DIAGRAMA DE FLUJO MEDIANTE HMI PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO.....	98
3.6.3	PROGRAMACIÓN DEL PANEL C-MORE MICROGRAPHIC EA1-S3MLW-N	99
3.6.4	CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN C-more Micro-Graphic	99
3.6.4.1	Requisitos del sistema operativo de la PC	99
3.6.4.2	EA-MG-PGMSW C-more Micro-Graphic	100
3.6.4.2.1	Iniciar software C-more Micro en la PC	100
3.6.4.2.2	Aspecto general	100
3.6.4.2.3	Elaboración de una nueva pantalla.....	101
3.6.4.2.4	Introducir objetos.....	102

3.6.4.2.5	Compilar.....	104
3.6.4.2.6	Simular	104
3.6.5	DISEÑO DE LA INTERFAZ PARA EL CONTROL DE RIEGO	106
3.6.5.1	Descripción de las funciones del teclado	106
3.6.5.2	Descripción del menú del sistema (“SETUP MENU”)	107
3.6.5.3	Descripción del “MENU PRINCIPAL” para el control del sistema de riego.....	108
3.6.5.3.1	Estatus de riego	109
3.6.5.3.2	Programas de riego	110
3.6.5.3.3	Programas de agua.....	111
3.6.5.3.4	Riego por radiación solar.....	112
3.6.5.3.5	Operación manual	112
3.6.5.3.6	Habilitación del programa	113

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1	INTRODUCCIÓN	114
4.2	PRUEBAS.....	114
4.2.1	PRUEBAS DEL TABLERO DE CONTROL.....	114
4.2.1.1	Pruebas de alimentación de voltaje.....	114
4.2.1.2	Pruebas de cableado de señales I/O al PLC	115
4.2.2	PRUEBAS DEL TABLERO DE MOTOBOMBA	115
4.2.2.1	Pruebas de alimentación de voltaje	115
4.2.2.2	Pruebas de cableado en el circuito de control y fuerza.....	115
4.2.2.2.1	Calibración y pruebas del presostato	116
4.2.2.2.2	Pruebas y calibración del switch por flotador	116

4.2.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	116
4.2.3.1	Pruebas de funcionamiento en modo automático	117
4.2.3.1.1	Riego por Radiación Solar	117
4.2.3.1.2	Riego por Operación Manual	118
4.3	RESULTADOS.....	118
4.4	MANUAL DE MANTENIMIENTO	119
4.4.1	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.....	119
4.4.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	119
4.4.2.1	Mantenimiento del tablero de control.....	119
4.4.2.2	Mantenimiento del sistema hidráulico.....	120
4.4.2.3	Mantenimiento general del sistema	120
4.5	CONCLUSIONES	120
4.6	RECOMENDACIONES	122
	BIBLIOGRAFÍA.....	124

ANEXOS

ANEXO A	ELECTROVÁLVULAS	125
ANEXO B	DL05 MICRO PLC KOYO	128
ANEXO C	MÓDULO DE ENTRADAS ANÁLOGAS	138
ANEXO D	PANEL DE COMUNICACIÓN HMI	140
ANEXO E	RELÉ DE ESTADO SÓLIDO	148
ANEXO F	CONVERTIDOR DE VOLTAJE	151
ANEXO G	DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE RIEGO	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Riego por goteo en hortalizas	2
Figura 1.2 Gotero de botón insertado	4
Figura 1.3 Goteros de laberinto para insertar	5
Figura 1.4 Goteros de botón para insertar	5
Figura 1.5 Cinta de riego utilizada en cultivo y rollos para su comercialización	6
Figura 1.6 Riego de praderas mediante aspersion	7
Figura 1.7 Aspersores fijos	9
Figura 1.8 Aspersores móviles	9
Figura 1.9 Riego por microaspersión	11
Figura 1.10 Riego por microjet	12
Figura 1.11 Microaspersor	13
Figura 1.12 Microjets	13
Figura 1.13 Curvas características de bomba centrífuga de la casa de VOGT ...	18
Figura 1.14 Partes básicas de una bomba centrífuga	20
Figura 1.15 Algunos de los accesorios de P.E	21
Figura 1.16 Válvula de pie	22
Figura 1.17 Válvula de retención	22
Figura 1.18 Válvula de compuerta	23
Figura 1.19 Válvula de desahogo (alivio)	23
Figura 1.20 Manómetro	24
Figura 1.21 Controlador de riego de 8 estaciones GAL	25
Figura 1.22 Canasto de protección en la zona de succión	27
Figura 1.23 Hidrociclón	26
Figura 1.24 Filtro de grava en retrolavado.....	27
Figura 1.25 Filtro de malla	27

Figura 1.26 Filtro de anillas	29
Figura 1.27 Diferentes sistemas de aplicación de fertilizantes	30
Figura 2.1 Ubicación geográfica del Invernadero San Alfonso	33
Figura 2.2 Croquis para el acceso al Invernadero San Alfonso	33
Figura 2.3 Distribución zonal del terreno	34
Figura 2.4 Fotografías de los elementos actuales en el sistema de riego	35
Figura 2.5 Ubicación de los elementos para el control del sistema de riego.....	38
Figura 2.6 Ubicación de electroválvulas y zona de riego	38
Figura 2.7 Electroválvulas hidráulica	40
Figura 2.8 Disposición del montaje de electroválvulas	42
Figura 2.9 Presostato MAR-GIRIUS	42
Figura 2.10 Manómetro de glicerina	43
Figura 2.11 Montaje del presostato y manómetro	44
Figura 2.12 Control de nivel de líquidos RADAR	44
Figura 2.13 Ubicación de Switch por flotador	45
Figura 2.14 Disposición del panel solar	46
Figura 2.15 Disposición física del tablero del control	47
Figura 2.16 Disposición física del tablero de motobomba	48
Figura 2.17 Fotografías: tendido tuberías hacia los actuadores y tablero de motobomba.....	49
Figura 2.18 Distribución de los componentes en el tablero de control	51
Figura 2.19 Puerta del tablero de control	51
Figura 2.20 PLC DL05 de Koyo	54
Figura 2.21 Módulo de entrada análogas	55
Figura 2.22 Dimensiones para montaje del PLC DLO5	55
Figura 2.23 Timer	56
Figura 2.24 Fuente de voltaje 110VAC/24VDC	57

Figura 2.25 Bornes porta fusibles	57
Figura 2.26 Módulo porta relés	58
Figura 2.27 Fuente de voltaje 110VAC/24VAC	58
Figura 2.28 Borneras para conexión	59
Figura 2.29 Panel Micro-Graphic EA-MG-BZ1	60
Figura 2.30 Dimensiones para el montaje del panel EA-MG-BZ1	61
Figura 2.31 Pantalla C-More MicroGraphic de 3" (EAI-S3MLW-N)	62
Figura 2.32 Disposición de los elementos en el tablero de motobomba	63
Figura 2.33 Puerta de tablero de motobomba	64
Figura 2.34 Contactor electromagnético	65
Figura 2.35 Relé térmico	65
Figura 2.36 Relé de 24VDC	65
Figura 2.37 Relé de 110VAC	66
Figura 2.38 Caja de conexiones	68
Figura 2.39 Componentes del panel de visualización	69
Figura 2.40 Diagrama general del conexionado en el tablero de control	70
Figura 2.41 Tablero de motobomba terminado	72
Figura 2.42 Puerta del tablero de motobomba terminado	72
Figura 2.43 Disposición del cableado y elementos del sistema	73
Figura 2.44 Disposición del cableado de electroválvulas	73
Figura 2.45 Diagrama del conexionado en el tablero de motobomba	74
Figura 3.1 Diagrama general estructural y funcional del sistema de riego	76
Figura 3.2 Diagramas de conexiones de entradas y salidas al PLC	77
Figura 3.3 Diagrama de control para encendido de bomba y electroválvula	78
Figura 3.4 Diagrama de control (a) y fuerza (b) para arranque de motobomba	78
Figura 3.5 Diagrama a bloques del sistema general de control de riego	79
Figura 3.6 Diagramas de flujo del sistema de riego	81

Figura 3.7 Diagrama de flujo para riego manual	84
Figura 3.8 Ícono de ingreso al software DirectSOFT5	86
Figura 3.9 Ventana principal del software DirectSOFT5	86
Figura 3.10 Ventana de ingreso a DirectSOFT5	87
Figura 3.11 Modo de edición del programa en DirectSOFT5	88
Figura 3.12 Barra de herramientas (ToolPalette)	89
Figura 3.13 Ingreso de un contacto X	92
Figura 3.14 Entrada de una instrucción	92
Figura 3.15 Botón Navegador de bobinas (Browser Coils)	93
Figura 3.16 Ingreso de una bobina estándar Y	93
Figura 3.17 Ingreso rápido de una bobina Y	94
Figura 3.18 Programación de un renglón	94
Figura 3.19 Selección e ingreso de una bobina “END”	95
Figura 3.20 Visualización del programa terminado	95
Figura 3.21 Programa compilado correctamente	96
Figura 3.22 Iconos para guardar o cargar un programa	96
Figura 3.23 Diagrama de Flujo de la HMI para el control de riego	98
Figura 3.24 Ícono de ingreso al software C-more Micro	100
Figura 3.25 Ventana principal del software de programación C-more Micro	100
Figura 3.26 Ventana para creación de un nuevo proyecto	102
Figura 3.27 Ingresando objetos al área de trabajo	103
Figura 3.28 Objetos ingresados exitosamente al Workspase	103
Figura 3.29 Compilación del programa	104
Figura 3.30 Simulación del programa en la CPU	105
Figura 3.31 Ventana de dialogo para simulación	105
Figura 3.32 Pantalla de Habilitación del programa del control de riego	106
Figura 3.33 Contenido del “MENU PRINCIPAL” de control de riego	106

Figura 3.34 Teclado del panel para desplazar y seleccionar una opción	107
Figura 3.35 Opciones en el menú del sistema	108
Figura 3.36 Pantalla Estado de riego del sistema	109
Figura 3.37 Información de estado de riego enviado por PLC al panel	109
Figura 3.38 Pantallas de los programas de riego de agua	110
Figura 3.39 Dirección de almacenamiento de datos del PLC	110
Figura 3.40 Pantalla para programar el tiempo de riego de las electroválvulas .	111
Figura 3.41 Direcciones de almacenamiento en el PLC	111
Figura 3.42 Casillero para ingresar el nivel de radiación solar para hacer el riego	112
Figura 3.43 Dirección de almacenamiento del nivel de radiación en el PLC	112
Figura 3.44 Pantallas de operación manual	112
Figura 3.45 Dirección de comando del PLC	113
Figura 3.46 Pantalla de riego	113
Figura 3.47 Direcciones de comando al PLC	113
Figura 4.1 Selector de mando y elementos para hacer el riego en la plantación.....	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Capacidad de infiltración de agua en el suelo según tipo de suelo	10
Tabla 1.2	Disminución de capacidad de infiltración según porcentaje de pendiente.....	10
Tabla 1.3	Espaciamiento de aspersores según la velocidad del viento	11
Tabla 1.4	Diámetro de tubería según el caudal	14
Tabla 1.5	Presión de trabajo y presión de ruptura para tubos de PVC	15
Tabla 1.6	Malla de acero recomendada según diámetro de emisor	28
Tabla 1.7	Velocidad real recomendada en filtros de malla según orificio de malla y calidad del agua	28
Tabla 1.8	Caudal máximo en filtros de malla según velocidad de agua	28
Tabla 1.9	Código de colores para filtros de anillas EIN-TAL	29
Tabla 1.10	Tipo de filtro según tipo de elemento presentes en el agua	30
Tabla 2.1	Distribución de electroválvula según zona de riego	39
Tabla 2.2	Características electroválvula BERMAD	41
Tabla 2.3	Accesorios de PVC para el acople de tuberías y electroválvulas	41
Tabla 2.4	Características de presostato MAR-GIRIUS	43
Tabla 2.5	Características control de nivel de líquidos RADAR	45
Tabla 2.6	Características eléctricas del panel solar	46
Tabla 2.7	Características panel EA-MG-BZ1	61
Tabla 2.8	Calibre de conductor usados para el cableado del sistema	67
Tabla 2.9	Descripción de componentes del panel EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N	69
Tabla 2.10	Calibre de conductor usados en el cableado del tablero de motobomba	71

RESUMEN

El presente proyecto se desarrolla con el propósito de dimensionar y automatizar un sistema de riego por goteo en el cantón Salcedo, la implementación de este sistema permite hacer el regadío en el cultivo protegido de tomate riñón mediante el encendido de una bomba en forma automática, con la finalidad de proporcionar agua solo cuando requiera el cultivo.

Para la automatización del sistema de control de riego se realizó un análisis de los elementos básicos necesarios, con la finalidad de reutilizar en mayor parte los componentes existentes en el sistema antiguo de riego y así disminuir los costos en la implementación del presente proyecto.

Este sistema de control consiste fundamentalmente en la utilización de un PLC y el aprovechamiento de la radiación solar a través de una celda fotovoltaica para comandar y automatizar el funcionamiento del sistema de riego, mismo que puede ser aplicable a otros cultivos relacionados con sistemas de riego por goteo, analizando los requerimientos específicos, propios del terreno y cultivo en la que se desarrolle.

En el capítulo I se presenta una descripción de los tipos de riego que se pueden aplicar en los invernaderos, tomando mayor énfasis en el sistema de riego tecnificado por goteo, partes constitutivas, características, ventajas y desventajas, usos y aplicaciones en los diferentes tipos de cultivos.

En el capítulo II se hace la descripción de la ubicación geográfica del invernadero San Alfonso, análisis del sistema de riego antes de la implementación, sus dificultades y consecuencias que estas ocasionan, además se detalla la implementación y montaje del sistema propuesto, la descripción de sus partes constitutivas, así como también su funcionalidad para la operación.

El capítulo III corresponde al desarrollo del software para el control del sistema de riego, para lo cual se toma en consideración los elementos involucrados en la estructuración y funcionalidad del sistema, las entradas y salidas al PLC y las variables que se manejan para comandar los actuadores, realizando a manera de introducción el manejo del programa DirectSOFT5, que se complementa con el diseño de la HMI en el software de programación C-more Micro-Graphic para la supervisión y comunicación del operador con el sistema de control de riego.

En el Capítulo IV se mencionan las pruebas realizadas y los resultados obtenidos con la implementación del proyecto, además se presenta un manual para el mantenimiento del sistema implementado mencionando las conclusiones y recomendaciones.

PRESENTACIÓN

En este trabajo se presenta un sistema automático de riego por goteo, tomando como base un PLC el cual acumula información proveniente del sensor de radiación solar (celda fotovoltaica) para activar el sistema y hacer el riego en la plantación, cuando el nivel de energía acumulada alcance un valor predeterminado.

La automatización del sistema de riego toma como punto de partida los problemas y consecuencias que tienen los riegos tradicionales, así como también la necesidad de optimizar la aplicación de agua en la plantación de tomates dentro del invernadero.

Se utilizan para el efecto, técnicas modernas para el control automático, complementando con un sistema de periféricos eléctricos y mecánicos.

El presente proyecto de titulación tiene como propósito de que, el sistema propuesto se convierta en una herramienta útil y de fácil operación para la persona que va hacer el riego en la plantación, además de que necesitará de la mínima supervisión debido a que el sistema funciona en forma automática. Con lo cual alcance y mantenga el nivel deseado de humedad, sin desperdiciar el agua y así reducir el gasto de producción.

CAPÍTULO I

TIPOS DE RIEGO PARA UN INVERNADERO PROTEGIDO

1.1 INTRODUCCIÓN

El riego en un cultivo protegido se puede dar mediante la aplicación de agua en forma artificial al terreno, con el fin de que este recupere un nivel de humedad que sea aprovechable por las plantas que en él están arraigadas permitiéndoles vivir y desarrollarse.

La ubicación geográfica donde las lluvias son escasas, ha hecho que el hombre opte por nuevos sistemas que ayude a enfrentar este problema. A fin de contrarrestar esto, el hombre desvió afluentes, construyó acequias y tranques para regar sus cultivos.

La forma más usual de riego en la antigüedad era por inundación, con el paso del tiempo y viéndose en la obligación de proteger un recurso como el agua que no es inagotable, nos hemos visto en la necesidad de crear sistemas de riego más eficientes, donde se aprovechara el agua de una mejor manera e incluso se puedan aplicar abonos, insecticidas, etc. durante el riego.

Se denomina riego localizado, a un riego a presión en el que el agua es aplicada a la parte de la parcela cultivada en la que se desarrollan las raíces de las plantas. En el medio actual existen varios métodos de riego capaces de operar frecuentemente, tales como riego por aspersión con pivote central y movimiento lateral, microaspersores, riego por goteo en la superficie o bajo el suelo.

En este capítulo se da a conocer tres sistemas de riego para los cultivos protegidos: el riego por goteo, el riego por aspersión, el riego por microaspersión y microjet. Cada tipo de riego estará detallado para aplicaciones bajo características climáticas, de tipo de suelo y cultivo.

1.2 TIPOS DE RIEGO¹

1.2.1 RIEGO POR GOTEO

Es un método de riego localizado y es el más recomendado para riego en invernaderos, con este método el agua y/o fertilizantes es aplicada en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por gotero.

El riego por goteo suministra a intervalos lentos y frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos.

El agua es transportada a través de una red de tuberías hasta cada planta donde abandona la línea por emisores en forma de gotas a baja presión en el punto de emisión, permitiendo mojar el suelo de una forma predeterminada. De este modo se mantienen condiciones favorables de humedad en la zona de las raíces de las plantas y se propicia su desarrollo óptimo.



Figura 1.1 Riego por goteo en hortalizas²

¹**Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

²**Fuente:** <http://www.Riego%por%goteo%automatizaci3n.html>

Después de dejar el gotero, el agua cae producto de la gravedad, y se distribuye gracias a su movimiento normal por todo el perfil del suelo. De esta manera el volumen de suelo que puede ser mojado por cada punto emisor está limitado por las restricciones físicas del suelo como textura y estructura.

Las principales ventajas del riego por goteo son:

- Su eficiencia de riego es la más alta de entre todos los tipos de riego, entre un 90 a 95%, teniendo además una distribución de agua muy uniforme.
- Reduce las pérdidas directas por evaporación.
- No causa humedecimiento del follaje.
- No causa movimiento de gotas de agua por efecto del aire.
- Los intervalos de aplicación de riego se pueden ajustar exactamente al tipo de suelo y cultivo.
- El sistema no necesita supervisión constante.
- El agua se aplica de modo que llegue sólo a las raíces del cultivo, evitando el crecimiento de malezas, pérdidas de agua, etc.
- Se puede aplicar fertilizantes y pesticidas solubles a través del riego.
- Reduce el desarrollo de insectos y de enfermedades.
- Reduce los problemas de salinidad. Se consigue mayor reducción aumentado el flujo de agua.
- Ayuda a controlar la erosión.

Las principales desventajas del riego por goteo son:

- Su alto costo de inversión, ya que se requiere de mínimo de un emisor por planta, además de complejos sistemas de control y abastecimiento.
- El sistema debe poseer un eficiente sistema de filtrado, para evitar taponamientos en los goteros lo que provoca entregas irregulares de caudal.
- Los roedores o insectos pueden dañar algunos componentes del sistema.
- La inversión inicial y los costos anuales pueden ser mayores en comparación con otros métodos.

1.2.1.1 Goteros

Los goteros son dispositivos mediante los cuales el agua pasa de la red de tuberías al suelo y su función es entregar caudales en forma lenta y uniforme.

Los goteros están diseñados para entregar caudales que varían entre 1 a 10 litros por hora, dependiendo de las dimensiones de paso de agua del gotero. Su funcionamiento radica en hacer pasar el agua, desde el sistema al suelo. A través de pequeños orificios o laberintos de largo recorrido, lo que provoca una pérdida de carga, producto del roce, haciendo que la presión a la salida tenga un valor mínimo, cercano a cero.

En el mercado existe una gran variedad de goteros, los modelos más usuales son, los goteros de largo recorrido, los goteros de orificio y las cintas de goteros.



Figura 1.2 Gotero de botón insertado³

Entre los goteros de largo recorrido están:

- Los goteros de microtubo, consiste en un tubo de polietileno, de pequeño diámetro entre 0.6 a 2 mm, y de longitud variables, el que se inserta directamente al lateral de riego. Posee la ventaja de su bajo costo, pero las desventajas de ser muy sensible a los cambios de temperatura y presión afectando con ello la uniformidad en la entrega de caudal, propenso a las obturaciones y depender el caudal de salida del largo del microtubo.

³**Fuente:**<http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=12859&nombreactivo=sistema+de+riego+por+goteo+>

- Los goteros helicoidales, los que consisten en una variación del microtubo; es como si este se enrollara alrededor de un cilindro, con los que se consiguen goteros más compactos.
- Los goteros de laberinto, son el último tipo de los goteros de largo recorrido. En ellos se obliga al agua a recorrer una trayectoria tortuosa con el fin de producir una alta pérdida de carga, con lo que son muy poco sensibles a la variación de temperatura y presión y a las obturaciones.



Figura 1.3 Goteros de laberinto para insertar⁴

Entre los goteros de orificio están los goteros de botón autocompensantes, los que poseen un mecanismo que responden a las variaciones de presión. Este mecanismo consiste en una membrana de caucho, que se deforma bajo la acción de la diferencia de presión del agua antes y después de la membrana, manteniendo un caudal constante aunque varíe la presión de entrada.

Además de ser más caro, su principal inconveniente es que el material de la membrana experimenta un envejecimiento bajo la acción de la variación de la temperatura y presión y de los agentes químicos como los abonos, ácidos, etc. que puede llevar el agua de riego. Este tipo de goteros se justifica su utilización en terrenos muy accidentados.



Figura 1.4 Goteros de botón para insertar⁵

⁴Fuente: <http://articulos.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm>

⁵Fuente: <http://articulos.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm>

1.2.1.2 Cintas de exudación⁶

Las cintas de riego o de exudación son tuberías provistas de puntos de emisión muy próximos, lo que da lugar a la formación de una franja continua de humedad, que las hace muy indicadas para el riego de cultivos en línea tipo hortalizas.

Consisten en dos conductos paralelos, uno principal, del que pasa agua al secundario a través de un orificio que provoca una primera pérdida de carga, y el conducto secundario, del que el agua sale al exterior por un segundo orificio.

Las cintas están confeccionadas de una membrana compuesta por microfibras entrecruzadas de polietileno. Este tipo es recomendable en suelos arenosos ya que una de sus principales ventajas es que las presiones de trabajo son menores y no necesita de grandes caudales de agua para funcionar, lo cual se refleja en el consumo y en la economía de este recurso.

En contrapartida, es común que las cintas de exudación se vean obstruidas por la aparición de bacterias presentes en algas microscópicas, que se desarrollan fácilmente en el material. Este problema puede solucionarse mediante aplicaciones periódicas de alguicidas, o bien enterrando las cintas a una profundidad 3 a 8 cm, porque la aparición de las algas se ve favorecida por la exposición solar de las cintas.



Figura 1.5 Cinta de riego utilizada en cultivo y rollos para su comercialización⁷

⁶Fuente: http://ing.utralca.cl/~fespinos/leonardo_gaete_vergara.pdf

⁷Fuente: <http://articulos.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm>

1.2.2 RIEGO POR ASPERSIÓN

El riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua en forma de lluvia, para obtener este resultado se hace pasar el agua de riego a través de pequeños orificios (aparatos de aspersión), necesitando para ello de considerables presiones, obtenidas por equipos de bombeo o grandes desniveles.

Debido a la flexibilidad de su uso y el control en la aplicación del agua, este método permite el riego a una amplia gama de suelos que no pueden ser regados eficientemente con métodos tradicionales, tal es el caso de suelos muy arenosos o muy arcillosos, de velocidad variable de infiltración y pendientes pronunciadas.



Figura 1.6 Riego de praderas mediante aspersión⁸

Este tipo de riego posee las siguientes ventajas:

- Alta eficiencia en la aplicación del agua, 80% y uniformidad en su penetración en el perfil del suelo.
- Aplicable en suelos de cualquier pendiente con peligro muy remoto de erosión y sin necesidad de nivelación del terreno.
- Sin limitaciones de su uso según el tipo de suelo.
- Aventura muy superior a los métodos superficiales en la aplicación de agua para la germinación de semillas.
- Se puede aplicar fertilizantes y sustancias de uso fitosanitario.
- La mano de obra se reduce al mínimo, disminuyendo más en el caso de contar con automatización.

⁸**Fuente:** <http://www.google.com.ec/search?q=riego+por+microaspersion&hl=es&sa=X&biw=1024&bih=610&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ei=2zkcT8GWI>

A la vez posee de algunas desventajas:

- Tiene un costo inicial relativamente muy alto.
- Los costos de operación son más elevados que los otros tipos de riegos tecnificados por necesitar presiones altas de trabajo.
- El viento puede distorsionar por completo la distribución del agua bajando su eficiencia.
- Puede crear condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades fungosas y reducir la efectividad de aplicación de herbicidas, producto del lavado del follaje.
- El efecto de la lluvia en las flores puede causar caída, influyendo en el rendimiento de la cosecha.
- El agua de riego necesita de una filtración previa, para impedir el paso de materiales abrasivos como arena hacia la boquilla de descarga.

1.2.2.1 Aspersores

Los aspersores son toberas provistas de un mecanismo que les permite rotar su eje utilizando para esto la fuerza del agua. Para su funcionamiento necesita de ciertas presiones que se hacen mayores a medida que sea necesario que aumente su caudal y alcance el área de mojado.

Tanto el caudal como el alcance dependen del diámetro de la boquilla de salida del aspersor. Para una misma boquilla variando la presión de trabajo se puede variar el alcance del chorro de agua junto con el caudal. Cuando se requiere de alcances o caudales diferentes se debe reemplazar la boquilla por otra de diferente diámetro.

Los aspersores pueden tener una, dos y tres boquillas, las que varían su ángulo de salida para cubrir el radio de riego. Estos dispositivos se fabrican en dos tipos: fijos y rotatorios, estos últimos pueden ser de círculo completo o sectorizado.

La rotación del aspersor se produce por el impacto de un martillo desplazado por el chorro de agua que golpea rítmicamente un soporte previsto para ello. El giro se consigue también por un mecanismo de turbina, o simplemente por efecto de reacción.



Figura 1.7 Aspersores fijos⁹



Figura 1.8 Aspersores móviles¹⁰

Los aspersores de acuerdo a la presión de trabajo se clasifican en:

- Aspersor de baja presión: de 1 a 2 bar, diseñado especialmente para riego de árboles frutales, posee una boquilla de bajo ángulo de salida.
- Aspersor de presión intermedia: entre 2 y 4 bar, diseñados con una o dos boquillas y se adoptan a todo tipo de cultivo y suelo. El diámetro de círculo humedecido varía entre 21 y 39 metros.
- Aspersor de alta presión: entre 4 y 8 bar, especialmente diseñados para riego de cultivos de maíz, caña de azúcar, plantaciones de alfalfa, etc. el diámetro de círculo varía entre 60 y 150 metros.

⁹Fuente: <http://www.aquaticmania.com/es/piscina/aspersor/aspersor-3504-circulo-completo-y-sectorial.html>

¹⁰Fuente: http://www.bluetec.com.bo/productos_de_riego_agricola.htm

1.2.2.2 Precipitación máxima

La precipitación máxima es la cantidad máxima de agua expresada en mm/hora que puede entregar un aspersor durante el riego sin provocar erosión o formación de pozas, depende directamente de la tasa de infiltración y de la pendiente del terreno a regar.

Tipo de Suelo	Capacidad de Infiltración (mm/hora)
Arenoso	20
Franco – Arenoso	12
Franco	10
Arcilloso	8

Tabla 1.1 Capacidad de infiltración de agua en el suelo según tipo de suelo¹¹

Pendiente (%)	(%) de Disminución
Bajo 5	0
5 - 8	20
9 - 12	40
13 – 20	60
Sobre 20	75

Tabla 1.2 Disminución de capacidad de infiltración según porcentaje de pendiente¹²

1.2.2.3 Distribución de aspersores

Los aspersores se distribuyen en el terreno a regar de modo que el sistema pueda operar en forma eficiente y económica. En la distribución influyen la forma y dimensiones del terreno, y el sistema de riego por aspersión más conveniente.

Existen tres formas de distribución de los aspersores dentro de un predio, la forma cuadrangular y rectangular, en que los aspersores forman cuadrados y rectángulos, aplicable a sistemas móviles y semifijos, y la distribución triangular, formando triángulos equiláteros o isósceles, recomendados para sistemas fijos.

¹¹**Fuente:** “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”, Leonardo Gaete Vergara.

¹²**Fuente:** “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”, Leonardo Gaete Vergara.

Con el objeto de mantener una alta uniformidad del riego debe existir un traslape de mojamiento entre aspersores, por lo que el distanciamiento entre aspersores, tanto sobre el lateral como entre laterales, será función del diámetro de mojamiento (D) y de la velocidad del viento.

Velocidad Viento (m/s)	Dist. Cuadrada	Dist. Triangular
Sin viento	0.65 D	0.75 D
2.0	0.60 D	0.70 D
3.5	0.50 D	0.60 D
>3.5	0.30 D	0.30 D

Tabla 1.3 Espaciamiento de aspersores según velocidad del viento¹³

1.2.3 RIEGO POR MICROASPERSIÓN Y MICROJET

El sistema de riego por microaspersión y microjet, consiste en la aplicación del agua de riego como una lluvia de gotas finas a baja altura y en forma localizada, mediante el uso de emisores llamados microaspersores y microjets.

Aunque a simple vista no existen diferencias físicas entre microaspersores y microjet, su cometido difiere uno de otro. El microaspersor realiza un movimiento rotatorio con lo que el chorro de agua cubre todo el círculo de humectación, en cambio en el microjets el chorro de agua es fijo o de abanico.



Figura 1.9 Riego por microaspersión¹⁴

¹³**Fuente:** "Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado", Leonardo Gaete Vergara.

¹⁴**Fuente:** <http://tienda.sabatergrup.com/categoria.asp?mn=RE>



Figura 1.10 Riego por microjet¹⁵

Actualmente existen en el mercado microaspersores que se pueden comportar como microjets, para ello basta con cambiar el tipo de boquilla, haciéndolos muy versátiles, adaptables prácticamente a toda condición de campo que pueda hallarse en huertos, cultivos de jardín e invernaderos.

Las ventajas de este tipo de riego son:

- Su uso es muy adecuado en suelos muy ligeros (arenosos) donde el riego por goteo no satisface las necesidades de cultivo.
- Los microaspersores son menos propensos a obturaciones, comparados con los goteros, al tener mayor diámetro de paso y alta velocidad de agua.
- Permite un lavado del suelo más eficaz que el goteo, para prevenir la acumulación de sales.
- Se puede aplicar caudales muy importantes a baja presión, disminuyendo el costo del sistema.
- Posee una eficiencia del 85% por aplicarse el agua en forma localizada.
- Pueden ser aplicados fertilizantes y pesticidas en los volúmenes de riego.

A la vez posee desventajas como:

- Presenta un alto costo de inversión por requerirse de un emisor por planta.
- Puede presentar problemas fitosanitarios producto del agua pulverizada.

¹⁵Fuente:<http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=84020&page=2>

1.2.3.1 Microaspersores

Los microaspersores son básicamente boquillas, compuestas de una sola pieza, fabricada generalmente en algún tipo de polímero, sujeta a un soporte que la eleva a una altura de 10 a 20 centímetros sobre la base del suelo.

Las áreas de humectación pueden ser de 360°, 300°, 270°, 180°, 90°, y 40°, lo que es de gran utilidad ya que esto permite controlar el área de humectación excluyendo las zonas sensibles del cultivo como el tronco de un frutal.



Figura 1.11 Microaspersor¹⁶

1.2.3.2 Microjets

Los microjets están compuestos por dos piezas, una base y una cabeza. En la base está el orificio de salida de agua y la cabeza cumple el rol de distribuirla en áreas de 180° y 360°. Las descargas de un microaspersor y un microjets varían entre los 25 a 120 litros/hora y los sistemas se diseñan para riegos frecuentes.

Mediante el riego por microaspersión el agua es pulverizada, alcanzando el suelo una superficie considerable; mientras que en el riego con microjets el agua es emitida en forma de rayos (jets) sin rotar. Los microjets no poseen partes móviles.



Figura 1.12 Microjets¹⁷

¹⁶**Fuente:** <http://www.gardenencasa.es/Microaspersor-tobera-pulverizadora-360-para-microriego>

¹⁷**Fuente:** <http://www.gardenencasa.es/Microaspersor-tobera-pulverizadora-360-para-microriego-Gardena-ref-1365-29>

1.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO

1.3.1 TUBERÍAS¹⁸

El tipo de tubería más usada en los Sistemas de Riego Tecnificado (SRT) son las de PVC y PE, teniendo en cuenta características de mayor resistencia mecánica las de PVC con relación a las de PE. Otra tubería muy usada es la de aluminio, debido a su poco peso y su fácil sistema de acople tiene gran aceptación en los sistemas de riego por aspersión móvil.

Para calcular el diámetro de la tubería de distribución tenemos que calcular el caudal total de la instalación. Tabla 1.4.

Diámetro exterior de la tubería (mm)	Caudal máximo (l/h)
12	400
16	800
20	1200

Tabla 1.4 Diámetro de tubería según el caudal¹⁹

1.3.1.1 Tuberías de PVC

Entre los plásticos más comunes (PVC, ABS, PE, EXPOXY), hay grandes diferencias en sus propiedades físicas y químicas, dando lugar estos a diversos tipos y grados para cada plástico. El PVC tiene cuatro tipos, los cuales a su vez pueden tener varios grados, de esta forma el Tipo I tiene gran resistencia a la tracción y buena resistencia química aunque su resistencia al impacto es menor a la del Tipo II, este a su vez no tiene buena resistencia a la tracción y a los agentes químicos (corrosión) como el Tipo I, pero presenta mayor resistencia al impacto.

¹⁸**Fuente:** "Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado", Leonardo Gaete Vergara.

¹⁹**Fuente:** "Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado", Leonardo Gaete Vergara.

La aceptación de las tuberías de PVC se debe a sus ventajas económicas y técnicas, algunas de estas propiedades son:

- Gran resistencia a la erosión.
- Gran resistencia mecánica.
- Alta resistencia química.
- Alta resistencia al envejecimiento.
- Bajo coeficiente de elasticidad.
- Bajo coeficiente de fricción.
- Bajo peso.
- Gran resistencia al golpe de ariete.

Los materiales de PVC tienen ciertas limitaciones, los de mayor consideración son: La resistencia al impacto se reduce a temperatura cercana o inferior a 0°C. La tubería PVC Tipo I, grado I, no debe quedar expuestas a los rayos solares por periodos prolongados, ya que estos pueden afectar sus propiedades mecánicas.

La Tabla 1.5 muestra la clase de tubería en función de la presión mínima de ruptura y la presión máxima de trabajo.

Clase	Presión Mínima de Ruptura	Presión Máxima de Trabajo
16	68 kg/cm ² (680 m.c.a)	16 kg/cm ² (160 m.c.a)
10	51 kg/cm ² (510 m.c.a)	10 kg/cm ² (100 m.c.a)
6	28 kg/cm ² (280 m.c.a)	6 kg/cm ² (60 m.c.a)
4	22 kg/cm ² (220 m.c.a)	4 kg/cm ² (40 m.c.a)

Tabla 1.5 Presión de trabajo y presión de ruptura para tubos de PVC²⁰

El uso más común de las tuberías de PVC es en la conducción de agua, en la succión e impulsión, dentro de la impulsión las tuberías se divide en línea principal, secundaria y ramales. Generalmente la línea principal y las líneas secundarias son de PVC, siendo la primera de mayor diámetro. Los ramales son casi exclusivamente de PE ya que conducen caudales a bajas presiones.

²⁰**Fuente:** “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”, Leonardo Gaete Vergara.

La tubería y accesorios de PVC deben llevar una inscripción indicandomínimo:

- Designación comercial.
- Diámetro nominal en mm.
- Presión nominal o Clase.
- Referencia a la norma de fabricación.

1.3.1.2 Tubería de PE²¹

El polietileno (PE) es un plástico derivado del etileno, al que se somete a un proceso de calor y presión que provoca su polimerización. Las tuberías de polietileno se fabrican mediante extrucción.

Las tuberías de PE presentan dos ventajas respecto a la tubería de PVC:

- Se puede instalar al aire libre.
- Es flexible y menos frágil.

También poseen sus desventajas:

- La tubería y accesorios de PE, es de mayor costo que la tubería de PVC, ya que el PE posee menor resistencia a la tracción y para un mismo diámetro y presión nominal se necesita un espesor mayor de tubería implicando más cantidad de material en su fabricación.
- La presión de trabajo en la tubería de PE se reduce al aumentar su temperatura.

Comercialmente se fabrican tres tipos de tubos de polietileno:

- Tubo de polietileno de baja densidad, definido por una densidad sin pigmentar igual o inferior a 0.930 kg/m^3 .

²¹**Fuente:** “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”, Leonardo Gaete Vergara.

- Tubo de polietileno de media densidad, con densidad sin pigmentar entre 0.931 y 0.940 kg/m³.
- Tubo de polietileno de alta densidad, con densidad sin pigmentar mayor que 0.940 kg/m³.

1.3.2 FUENTE DE PRESIÓN²²

La fuente de presión juega un papel importante en un sistema de riego, ya que entrega la energía necesaria para que el sistema funcione. Está compuesto de una bomba, la mayoría de veces centrífuga, y un motor que lo hace trabajar.

1.3.2.1 Motor

Los motores pueden ser de explosión, a gasolina o diesel y los motores eléctricos. La aplicación dependerá de la ubicación geográfica de los sistemas de riego, ya que si se dispone de energía eléctrica con la potencia suficiente en el sector, se recomienda la utilización en mayor parte de un motor eléctrico para hacer trabajar a la bomba.

1.3.2.2 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son las más utilizadas en los sistemas de riego, existen infinidad de modelos, los que dependen de la cantidad de agua a bombear por unidad de tiempo, la presión necesaria para hacer funcionar el sistema de riego o altura a elevar el agua y las características físicas del terreno donde se instalará el equipo.

Todas las bombas poseen una curva de funcionamiento llamado curva característica de la bomba, las que construyen en base a dos variables la altura de impulsión (H) y caudal (Q), para cada valor de la altura corresponde un valor de la altura corresponde un valor de caudal y viceversa. A medida que el caudal aumenta la altura decrece.

²²**Fuente:** “Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado”, Leonardo Gaete Vergara.

Dentro de un mismo modelo de la bomba existen varias curvas características, correspondiendo a la variación del tamaño de la bomba. Si se quiere un caudal determinado para cierta altura se empieza por analizar la primera curva correspondiente al tamaño más pequeño de la bomba, si el caudal o la altura se escapan de la curva se tiene que pasar a la siguiente curva, la que corresponde al tamaño inmediatamente superior, como se describe en la Figura 1.13.

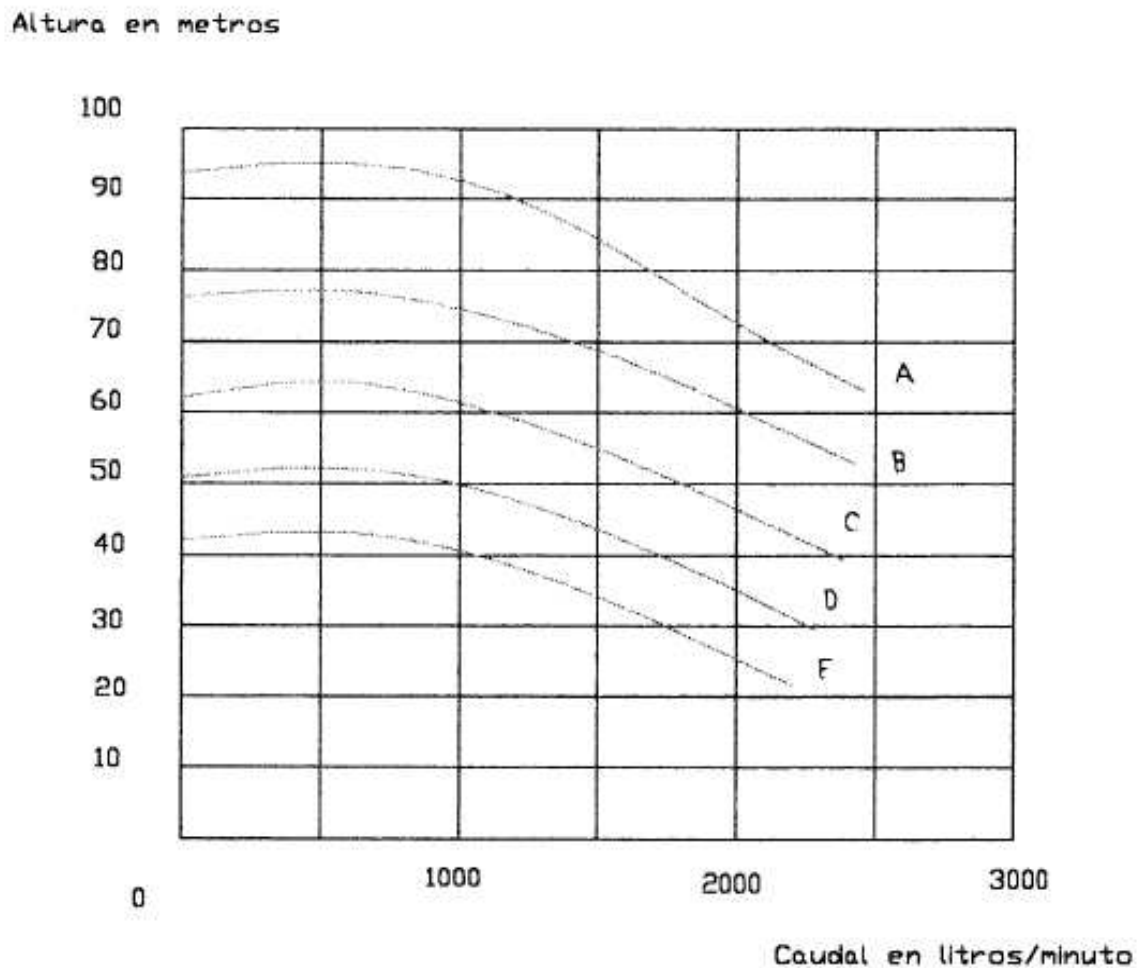


Figura 1.13 Curvas características de bomba centrífuga de la Casa de VOGT²³

Las curvas A, B, C, D y E corresponden a diferentes tamaños de bombas para un mismo modelo, variando en el diámetro del impulsor de la bomba. Donde para la curva A el diámetro del impulsor es de 260 mm, curva B 240 mm, curva C 220 mm, curva D 200 mm y curva E 190 mm.

²³**Fuente:** "Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado", Leonardo Gaete Vergara.

1.3.2.2.1 Propiedades de una bomba centrífuga²⁴

Dentro del campo de aplicación, las propiedades de una bomba centrífuga son:

- Caudal uniforme.
- La presión o altura de elevación disminuye con el incremento del caudal.
- La altura, medida en m.c.a, a la que eleva una bomba es independiente de la naturaleza del líquido y por tanto, la altura a la que impele una bomba es la misma, prescindiendo de la influencia que ejerce la viscosidad.
- La potencia absorbida por la bomba es proporcional al peso específico del líquido elevado.
- El par requerido para el arranque de una bomba centrífuga es pequeño y la potencia absorbida durante su funcionamiento de régimen es continua y libre de sobrecargas, cuando la altura no varía y no hay perturbaciones ajenas a la bomba en la aspiración.
- La descarga es relativamente constante y libre de pulsaciones de presión.
- El rendimiento de una bomba varía constantemente dependiendo de las condiciones bajo las cuales esté operando.
- La descarga es constante y libre de pulsaciones de presión.

1.3.2.2.2 Partes constitutivas de las bombas centrífugas

Las bombas centrífugas en su mayoría constan de las siguientes partes básicas:

Tubería de aspiración.- Es la brida de conexión de entrada del fluido hacia la bomba por efecto de la presión de succión y aspiración.

Impulsores.- Es el elemento vital de la bomba. Su función es la de recoger el líquido por la boca de la bomba y lanzarlo con fuerza hacia la salida de la bomba.

²⁴**Fuente:**“Sistema de supervisión del banco de pruebas para electrobombas mediante un panel de visualización para la ESPE”,Lara Renán, QuingatuñaRolando.

Carcasa.- Parte de la bomba que cubre las partes internas de la misma, sirve de contenedor del líquido que se impulsa, y su función es la de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión.

Cojinetes.- Constituyen el soporte y la guía de la flecha o eje. Esta parte de la bomba centrífuga debe ser elaborada con cuidado ya que es la que permitirá la perfecta alineación de todas las partes rotatorias de la bomba.

Bases.- La base de la bomba centrífuga debe estar fijada al suelo. Es en esta parte en la que está atornillada o soldada la bomba centrífuga con el fin de evitar vibraciones que si se produjesen destruirían la bomba.

Tubería de impulsión.- Su finalidad es cambiar la dirección del movimiento del fluido y encaminarla por el difusor hacia la brida de impulsión, salida de la bomba, o tubería de descarga.

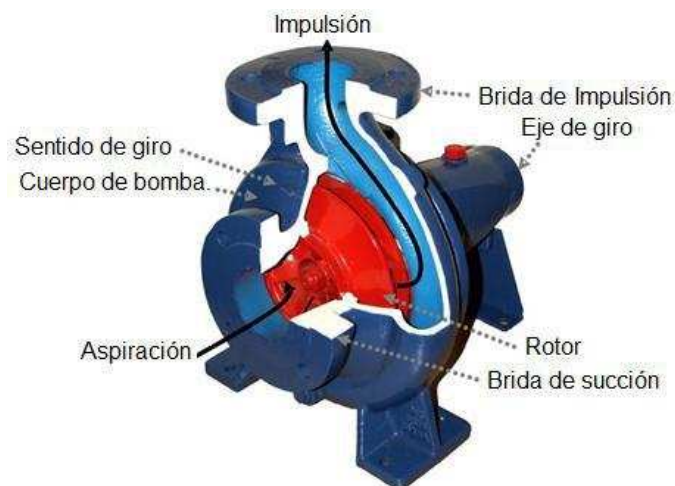


Figura 1.14 Partes básicas de una bomba centrífuga²⁵

1.3.3 FITTINGS

Se entiende por fittings a los accesorios utilizados para pegar y ensamblar las tuberías en virtud de la geometría de instalación.

²⁵**Fuente:** "Sistema de supervisión del banco de pruebas para electrobombas mediante un panel de visualización para la ESPE", Lara Renán, Quingatuña Rolando

Los accesorios que se utilizan son de PVC y PE, teniendo gran cantidad de formas y dimensiones. En todos los casos deben tener características constructivas suficientes para soportar la fuerza de presión. Para mayor información se puede recurrir a un catálogo especializado, donde se encuentran sus características físicas (diámetros, largos, pesos, etc.).



Figura 1.15 Algunos de los accesorios de P.E.²⁶

1.3.4 APARATOS DE CONTROL Y MEDIDA

1.3.4.1 VÁLVULAS²⁷

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Existen dos grupos de válvulas: las manuales y las automáticas, estas últimas se subdividen en: válvulas hidráulicas, válvulas neumáticas y electroválvulas.

Las válvulas manuales son accionadas manualmente, regulando el caudal de acuerdo a la abertura de la misma; mientras que las válvulas automáticas son accionadas mediante una válvula piloto, por diferencia de presiones dentro de la válvula en el caso hidráulico, por impulsos neumáticos en el caso de las válvulas neumáticas y por señales eléctricas si se trata de las electroválvulas.

²⁶ **Fuente:** http://www.plastigama.com.ec/site/attachments/055_tuby_acc%20pvc_pe_bd.pdf

²⁷ **Fuente:** <http://valvulas.elregante.com/>

1.3.4.1.1 Válvula de pie

La válvula de pie se coloca al comienzo de la línea de succión, la cual se abre cuando la bomba empieza a aspirar el agua en forma automática, debido a que la compuerta en forma de disco es arrastrado por el flujo de agua y una vez detenida la bomba su cierre es inmediato, ya que la compuerta es empujada por el peso de agua acumulada en la tubería impidiendo que la línea y la bomba se descebe.



Figura 1.16 Válvula de pie²⁸

1.3.4.1.2 Válvula de retención (check, o antirretorno)

La válvula de retención se usa como dispositivo de seguridad, al detenerse una bomba en forma instantánea, producto del fallo del motor o suministro de energía, se genera una onda de choque dentro de la tubería, produciéndose una sobrepresión llamada golpe de ariete, esta sobrepresión en el caso de llegar a la bomba causa daños severos en los elementos de estanqueidad como prensa estopas y sello mecánico.

El funcionamiento de la válvula de retención es impedir una inversión de la circulación del líquido. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al invertirse la circulación, se cierra.

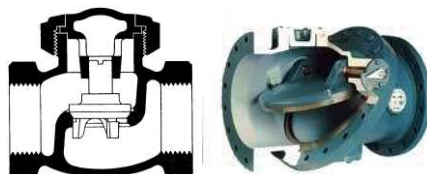


Figura 1.17 Válvula de retención²⁹

²⁸Fuente: <http://valvulas.elregante.com>

²⁹Fuente: <http://valvulas.elregante.com>

1.3.4.1.3 Válvula de compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se produce mediante un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Estas válvulas deben permanecer durante el periodo de operación, totalmente abierto o totalmente cerrado, no se recomiendan para la regulación de caudales en la red o equipos.

Se caracterizan por su cierre hermético, bajo costo, diseño y funcionamiento sencillo y poca resistencia a la circulación, tienen poco avance en sentido longitudinal. Entre las desventajas se encuentran: Control deficiente de la circulación, produce cavitación con baja caída de presión.



Figura 1.18 Válvula de compuerta³⁰

1.3.4.1.4 Válvula de desahogo (alivio)

Las válvulas de alivio también llamadas de sobre presión o de seguridad, tienen la función de abrir el sistema a la atmósfera cuando la presión supera ciertos límites preestablecidos, reduciendo de esta forma las sobre presiones subsiguiente, protegiendo las tuberías y equipos de la red, de una operación anormal del sistema o de una avería.



Figura 1.19 Válvula de desahogo (alivio)³¹

³⁰Fuente: <http://valvulas.elregante.com>

³¹Fuente: <http://valvulas.elregante.com/>

1.3.4.2 Rotámetro

Los rotámetros son aparatos destinados a medir el caudal o valor instantáneo del flujo de agua, dado normalmente en metros cúbicos.

Consiste en un tubo montado en posición vertical donde el agua circula de abajo hacia arriba, con un cuerpo en libre suspensión el cual se ve arrastrado por el flujo hacia la parte alta del tubo, tanto más cuanto mayor es el caudal. Usualmente el tubo es de cristal graduado en metros cúbicos hora, a través del cual es visible el cuerpo en suspensión. Este lleva una señal de referencia y esta señal es la que valora en una escala graduada.

1.3.4.3 Manómetro

El manómetro está destinado a medir la presión de trabajo e un punto del sistema. Generalmente se construye con un muelle tubular el cual esta comunicado por un extremo al circuito del agua, y cerrado por el otro extremo. La presión del agua deforma el muelle tubular y esta deformación, recogida por un dispositivo mecánico, mueve una aguja, que señala sobre una regleta el valor de la presión en PSI (lbs. /pulg²) o Pa (Pascales).

El montaje requiere abrir el circuito de agua acoplado un dispositivo tubular adecuado al hilo del manómetro. Por dicha razón es interesante acoplar entre el manómetro y la conducción, una válvula para separar el instrumento del circuito y poderlo reparar o reemplazar si es preciso, sin interrumpir el servicio.



Figura 1.20 Manómetro³²

³²**Fuente:** http://www.aguadeus.com/product_info.php?products_id=47

1.3.4.4 Controlador de riego

Este dispositivo es necesario para automatizar el riego. Los controladores se instalan en el cabezal de riego y manejan operaciones de riego en forma secuencial. Funcionan con válvulas solenoides conectadas al controlador y a cada válvula de campo por medio de mandos hidráulicos. De esta manera cada válvula inicia y finaliza el riego en función de la orden enviada por el ordenador.



Figura 1.21 Controlador de riego de 8 estaciones GALP³³

1.3.5 SISTEMA DE FILTRADO³⁴

1.3.5.1 Filtros

El equipo de filtrado es fundamental en los SRT (Sistemas de Riego Tecnificado) para evitar posibles obstrucciones en los pequeños diámetros de los emisores, sobre todo en el caso del riego por goteo, y las bajas velocidades del agua que facilitan la formación de obturaciones.



Figura 1.22 Canasto de protección en la zona de succión

³³ **Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

³⁴ **Fuente:** http://crea.uclm.es/crea2/downloads/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

Para evitar el ingreso de partículas minerales en suspensión y pequeñas algas provenientes de pozos, ríos, canales, etc. a la red de riego suelen utilizarse filtros de arena, filtros de malla o filtros de anillas y es común que aparezcan a la vez filtros de malla y de anillas en el cabezal de riego y filtros de malla en la red de distribución.

1.3.5.2 Clasificación de filtros³⁵

1.3.5.2.1 Hidrociclones

Se utilizan para separar gravillas y arenas. Tiene forma de un cono invertido donde el agua ingresa por un costado en forma inclinada y sale por la tapa superior. Las arenas decantan y se depositan en un recipiente inferior que es necesario limpiarlo frecuentemente. Se consigue separar hasta un 98 % de partículas superiores a 100 micrones.

La pérdida de carga en el hidrociclón son del orden de 3 a 7 m.c.a. (metro columna de agua); dependiendo del caudal e independientemente del contenido de sedimentos y son constantes en el tiempo. Se recomienda instalar el hidrociclón en serie con un filtro de malla.

Dimensiones del Hidrociclón

$L = 5$ a 8 veces D_c .

$D_e = 0.15$ a 0.33 veces D_c .

$D_s = 0.15$ a 0.30 veces D_c .

$D_a = 0.15$ a 0.20 veces D_c .

$\theta \leq 45^\circ$

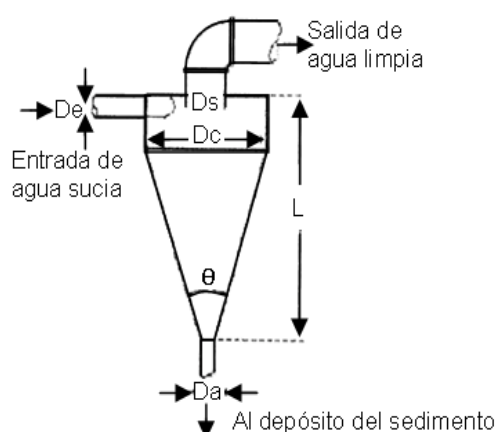


Figura 1.23 Hidrociclón³⁶

³⁵Fuente: <http://es.scribd.com/doc/39687895/Sistemas-de-riego-por-goteo-y-microaspersion>

³⁶Fuente: Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

1.3.5.2.2 Filtros de grava

Los filtros de grava se utiliza para filtrar el agua de riego, consiste en un recipiente comúnmente cilíndrico (tanques metálicos o plásticos), de capacidad entre 500 a 1000 litros, que contiene grava (arena) o piedra de diferentes calibres, las que atrapan impurezas de tipo mediano-grueso entre sus poros. El calibre de la grava fluctúa entre ½" y 2".

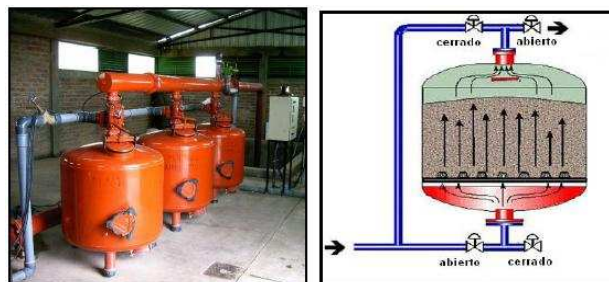


Figura 1.24 Filtro de grava en retrolavado³⁷

1.3.5.2.3 Filtros de malla

Los filtros de malla tienen una carcasa que aloja en su interior un cartucho con malla de diferentes diámetros u orificios. La malla puede ser metálica o plástica. Cada malla se define por el número de aperturas por pulgada lineal (25.4 mm), lo cual se denomina mesh o número de mallas.



Figura 1.25 Filtro de malla³⁸

En los sistemas de riego por goteo se recomienda una malla de 140-150 mesh (110-106 micrones) y para microaspersión 100-120 mesh (150-120 micrones).

³⁷ Fuente: <http://www.ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>

³⁸ Fuente: <http://www.ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>

La pérdida de carga provocada en los filtros de malla fluctúa entre 1 a 3 m.c.a, dato que entrega el fabricante. La superficie de malla se calcula en función del caudal, incrementando en un 20% como seguridad, según Tablas 1.6, 1.7 y 1.8:

Diámetro del gotero (mm)	Características de la Malla	
	Orificio menor que (micras)	Nº de mesh
1.50	214	65
1.24	178	80
1.00	143	115
0.90	128	115
0.80	114	150
0.70	100	170
0.50	86	200
0.50	71	250

Tabla 1.6 Malla de acero recomendada según diámetro de emisor³⁹

Tamaño del orificio (micras)	Clase de agua	V(m/s)
300 a 125	Limpia	0.4 a 0.9
300 a 125	Con algas	0.4 a 0.6
125 a 75	Cualquiera	0.4 a 0.6

Tabla 1.7 Velocidad real en filtros según orificio de malla y calidad del agua⁴⁰

V (m/s)	m ³ /h por m ² de área total
0.4	446
0.6	670
0.9	1004

Tabla 1.8 Caudal máximo en filtros de malla según velocidad del agua⁴¹

³⁹**Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

⁴⁰**Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

⁴¹**Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

1.3.5.2.4 Filtros de anillas

Los filtros de anillas son similares a los de malla pero el conjunto filtrante está constituido por una serie de discos o anillas con ranuras en ambas caras, que superpuestos forman los conductos de paso del agua.



Figura 1.26 Filtro de anillas armado y desarmado⁴²

La pérdida de carga cuando están limpios es del orden de 1 a 3 m.c.a. Una ventaja de estos filtros es la limpieza, la que se realiza abriendo la carcasa y aplicando chorro de agua a las anilla. El calibre del filtro se indica en la Tabla 1.9.

Color	Mesh	Micras	Utilización
Oliva	30	500	Aspersión, filtración gruesa
Naranja	40	400	Aspersión, filtración gruesa
Amarilla	50	300	Aspersión, difusión, filtración semigruesa
Celeste	75	200	Difusión, microaspersión, filtración media
Gris	85	175	Microaspersión, filtración media
Verde	100	150	Microaspersión, filtración media fina
Azul	120	125	Goteo, filtración media fina
Roja	150	100	Goteo, filtración fina
Marrón	200	75	Cinta, goteros, filtración fina
Negra	300	50	Filtración muy fina
Verde claro	750	20	Tratamientos primarios de aguas
Rosa	1500	10	Tratamientos de agua, filtración ultrafina
Verde mar	3000	5	Aguas potables, filtración ultrafina

Tabla 1.9 Código de colores para filtros de anillas EIN-TAL⁴³

⁴²**Fuente:** <http://www.ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>

⁴³**Fuente:** Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado, Leonardo Gaete Vergara

1.3.5.3 Selección de filtros

En la Tabla 1.10 se presenta el tipo de filtro a utilizar según el tipo de elementos presentes en el agua.

Tipo de elemento	Hidrociclón	Grava	Malla y anilla
Arena	SI	NO	SI
Limos y arcillas	NO	SI	SI
Substancias orgánicas	NO	SI	SI

Tabla 1.10 Tipo de filtro según tipo de elementos presentes en el agua⁴⁴

1.3.6 FERTIRRIGACIÓN

La fertirrigación es la aplicación de fertilizantes en forma directa y eficiente a la planta, para ello se inyecta fertilizantes a la línea de riego. La inyección o fertilización es realizada por distintos dispositivos para inyectar las soluciones al sistema, Figura 1.27. Los más usados son: Tanque de fertilización, Venturi o bombas de inyección.

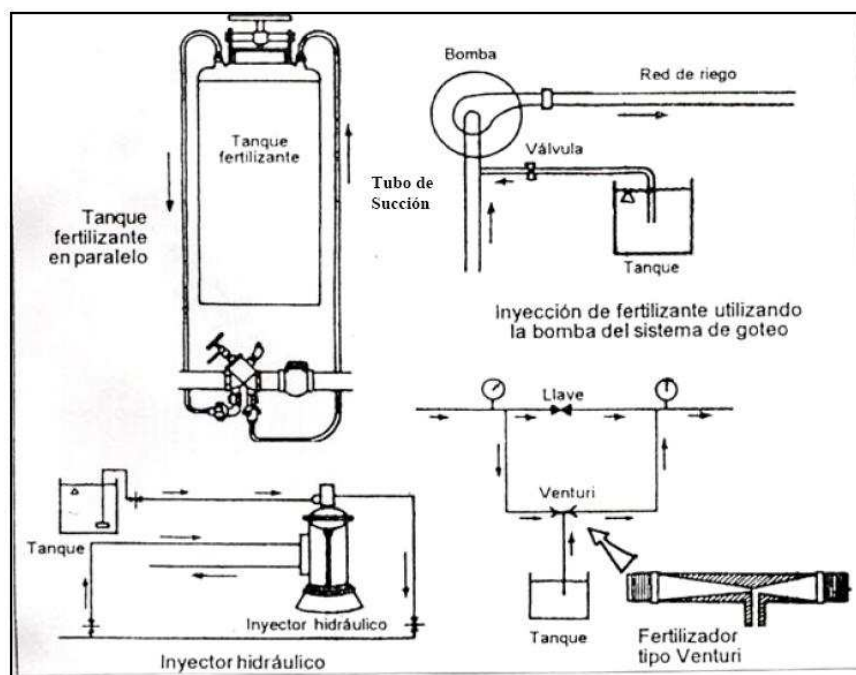


Figura 1.27 Diferentes sistemas de aplicación de fertilizantes

⁴⁴Fuente: <http://www.ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>

Entre las ventajas de la fertirrigación se destacan los siguientes:

- Ahorro de fertilizantes.
- Mejor asimilación por parte de las raíces de las plantas.
- Mejor distribución en el suelo.
- Economía en la distribución de abonos.

En caso de fertilización a través del sistema de riego presurizado, es necesario observar los siguientes principios:

- Los fertilizantes a usar deben ser totalmente solubles.
- Fertilizantes con reacciones básicas no deben ser usados; sólo aquellas soluciones neutras o ácidas.
- No deben usarse fertilizantes que contengan calcio o magnesio.
- No deben usarse fertilizantes con polifosfatos.
- No deben usarse microelementos en estado iónico (ej.: Fósforo o Potasio).
- En fertilizantes sólidos, la cantidad a usar expresada en kilos o litros deberá ser 1.5 veces mayor que en el caso de utilizar fertilizantes líquidos.

En la aplicación de fertilizantes con riego presurizado se consideran tres períodos:

- a.- Se inicia el riego presurizado con agua limpia, de tal forma que el suelo y follaje hayan quedado mojados a fondo. El sistema de riego debe estar operando a presión normal durante un tercio del tiempo de riego (10 minutos si el tiempo de riego es de 30 minutos).
- b.- Una vez transcurrido el primer tercio del tiempo de riego, se abren las válvulas para admitir la solución fertilizante concentrada en la tubería principal. Utilizando una regulación adecuada del caudal del concentrado, al menos durante el intervalo mínimo de tiempo (10 minutos del segundo tercio), se asegura que la cantidad de fertilizante no será excesiva.
- c.- Inmediatamente después de aplicada la totalidad del fertilizante, se procede a lavar con agua limpia todo el sistema de riego (1/3 de 10mín.).

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MANDO Y CONTROL

2.1 INTRODUCCIÓN

La implementación del sistema de mando y control establece el enlace físico entre el proceso a gobernar y el controlador, mediante la instalación de dispositivos y sistemas periféricos, tomando en cuenta las características y requerimientos del medio.

En el desarrollo del presente capítulo se hace una descripción de la ubicación geográfica del Invernadero San Alfonso, situación actual del sistema de riego, estableciendo los criterios necesarios para realizar la implementación, e identificando las características generales del proceso así como también los dispositivos que permiten hacer el mando y control del riego, tanto como la toma de señales, como el procesamiento de las mismas, tomando la radiación solar como base fundamental para la operación de los actuadores (electroválvulas) que permiten hacer el regadío en la plantación. Además de realizar la descripción de todos los elementos esenciales con el fin de obtener los mejores resultados en la ejecución del presente proyecto.

2.2 UBICACIÓN

El invernadero San Alfonso está ubicado en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, parroquia San Miguel, barrio Rumipamba de la Universidad, en la propiedad del señor Ángel Gualpa.

En los mapas de la Figura 2.1 se muestra la ubicación del Invernadero San Alfonso, en el cual se encuentra el cultivo de tomates riñón.

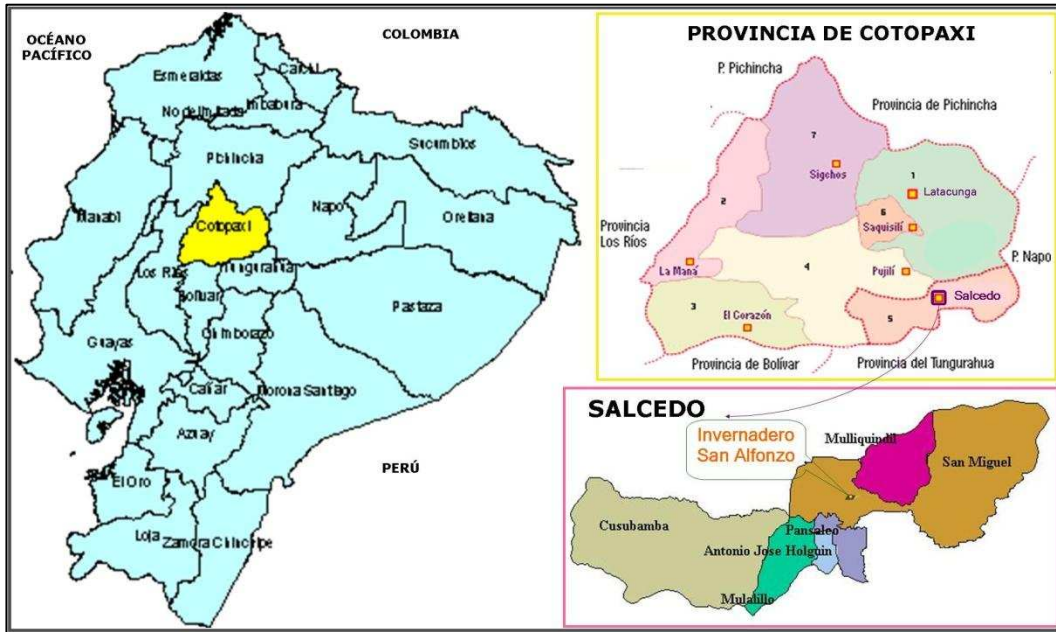


Figura 2.1 Ubicación geográfica del Invernadero San Alfonso⁴⁵

Según la Figura 2.2 el Invernadero San Alfonso se localiza al Noreste del Redondel del Príncipe San Miguel de Salcedo y se puede acceder al mismo avanzando por la Av. Panamericana, tomando como referencia las líneas entrecortadas de color rojo.

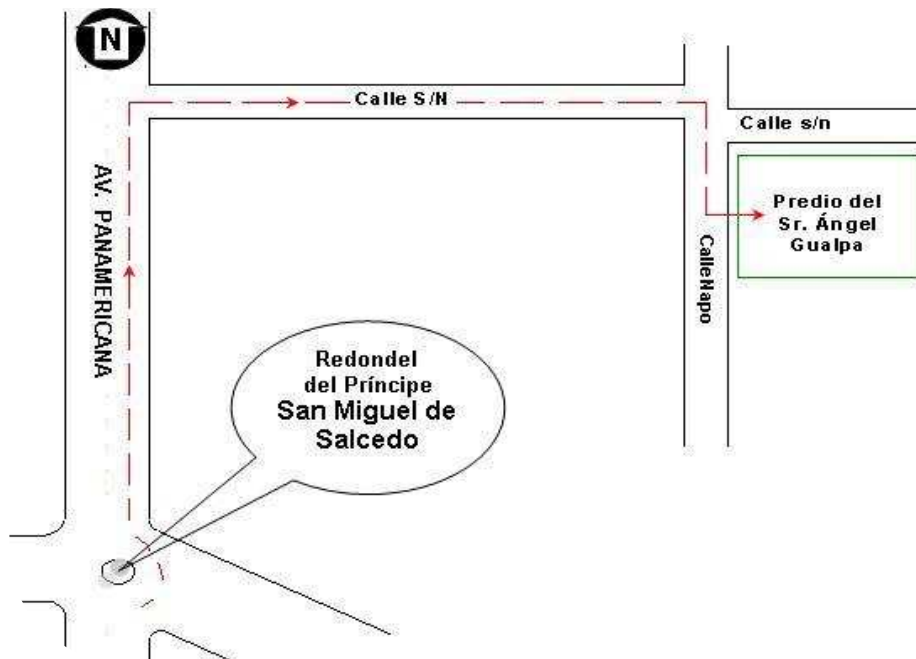


Figura 2.2 Croquis para el acceso al Invernadero San Alfonso⁴⁶

⁴⁵ Fuente: INEC 2001

⁴⁶ Fuente: Autores

En la Figura 2.3 se muestra la distribución zonal del terreno, propiedad del Sr. Ángel Gualpa, el mismo que se encuentra localizado en la calle Napo y calle s/n, esquina. En el terreno se encuentra: el Invernadero dentro del cual está el cultivo de tomates riñón, el pozo de agua, el cuarto de bodega y la vivienda.

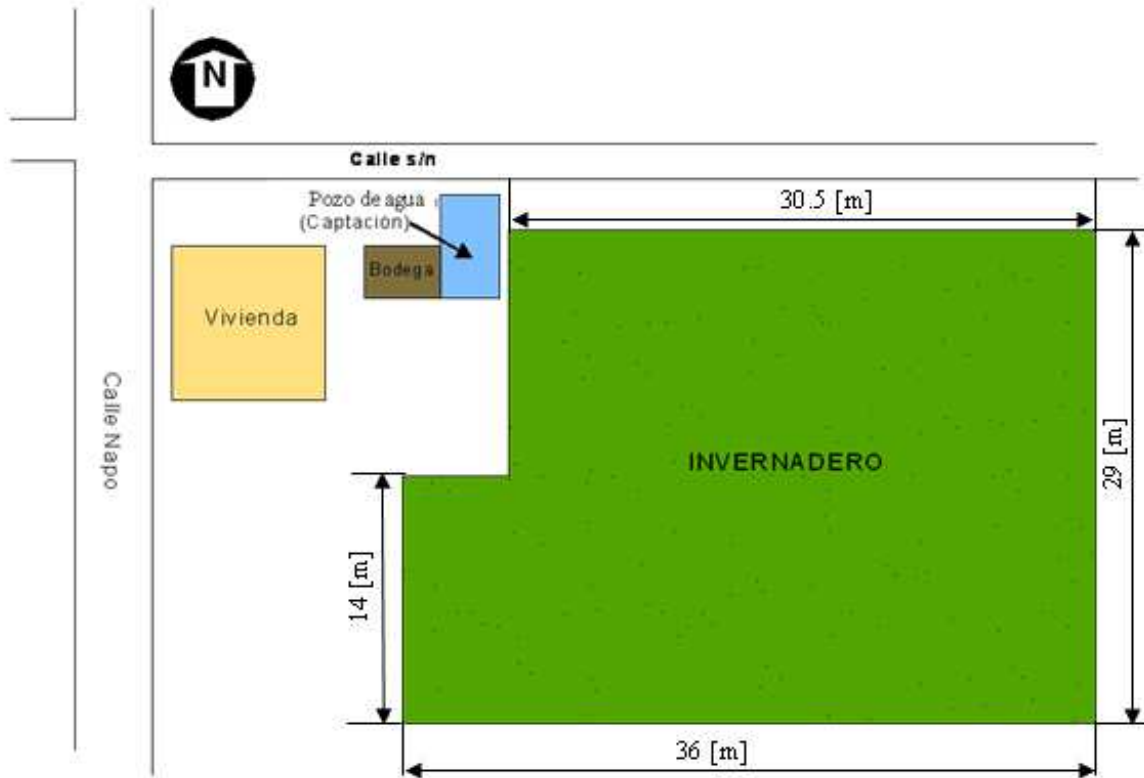


Figura 2.3 Distribución zonal del terreno⁴⁷

2.3 ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA

Según las fotos de la Figura 2.4, el riego en el cultivo de tomate se lleva a cabo utilizando los siguientes elementos: Una motobomba (motor eléctrico + bomba) que se le pone en marcha mediante un switch de cuchillas, la bomba succiona agua del reservorio y envía a través de las tuberías hasta los goteros para que sea mojado el suelo. Para evitar taponamientos en los goteros el agua debe ser filtrada mediante filtros, ya que el agua que se utiliza para el riego proviene de acequias, mismas que contienen micropartículas de arena y otros elementos que pueden obstruir los goteros.

⁴⁷ Fuente: Autores

Para dar el riego en cada zona del cultivo, hay que seleccionar una de las cuatro válvulas de control manual disponibles según su necesidad, las mismas que están vinculadas para controlar el riego a cuatro zonas del cultivo.

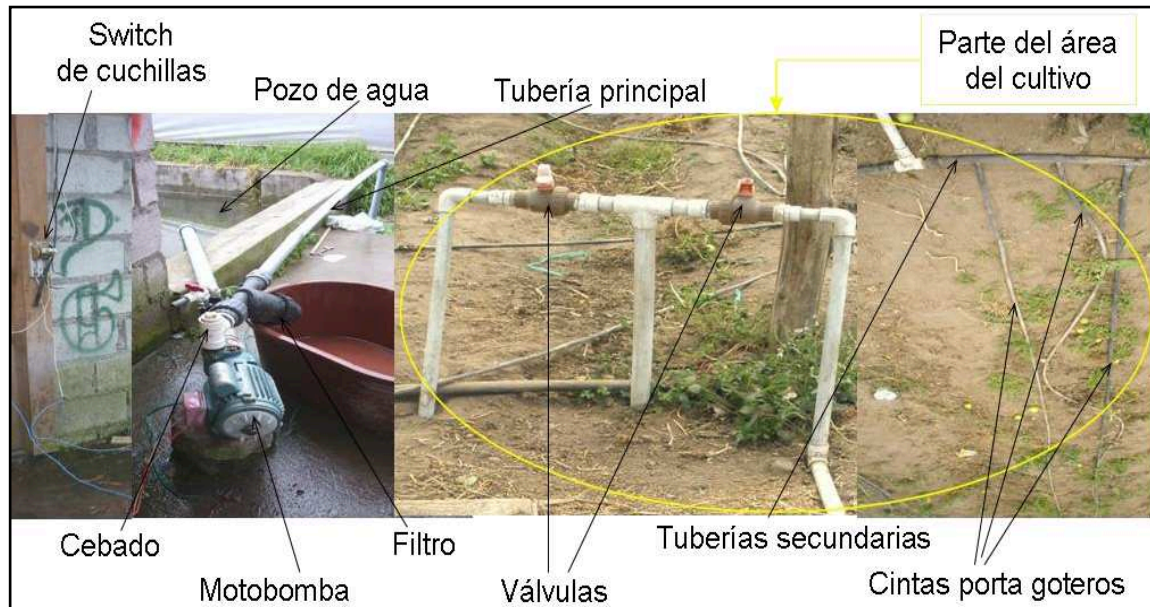


Figura 2.4 Fotografías de los elementos actuales en el sistema de riego⁴⁸

2.3.1 DIFICULTADES DEL SISTEMA

De lo descrito en la sección 2.3 mismo que hace mención a los elementos que constituye el sistema de riego actual, el cual presenta ciertas dificultades en el proceso de riego, ya que debe existir por lo menos una persona dedicada exclusivamente para hacer el trabajo de riego en la plantación, tanto para abrir o cerrar las válvulas como la puesta en marcha de la motobomba y el control estimado de tiempo para mantener regando cada área del cultivo seleccionado.

Además como el nivel de agua en el tanque de acumulación va disminuyendo paulatinamente mientras se está haciendo el riego, se deberá tener especial cuidado en apagar el motor eléctrico de la bomba cuando haya alcanzado el nivel mínimo de agua en el pozo, esto es aproximadamente a unos 30 cm de la base.

⁴⁸Fuente: Foto Autores

2.3.2 CONSECUENCIAS

Como consecuencia del riego irregular, tanto como el exceso como el defecto de agua en el suelo durante un tiempo prolongado o muy corto, restringen el desarrollo normal de las plantas lo cual generaría pérdidas en la producción.

Cabe mencionar que si el agua está por debajo del nivel mínimo en el reservorio y aun no se apagó el motor de la bomba, es decir que esta última sigue trabajando en vacío traerá como consecuencia la destrucción de la misma.

2.4 CARACTERÍSTICAS DEL CONTROL DE RIEGO PROPUESTO

Debido a las dificultades encontradas en el proceso de riego y las consecuencias que conlleva, la propuesta de implementar un sistema capaz de contrarrestar los efectos descritos en la sección 2.3.2 nos exige pensar en alternativas para resolver el problema, tomando en cuenta los siguientes antecedentes y así plantear las posibles soluciones.

2.4.1 ANTECEDENTES

1. El motor que se utiliza para hacer trabajar a la bomba, es un motor eléctrico que funciona a 110VAC /12A y genera una potencia de salida de 1HP.
2. La bomba que se utiliza para extraer el agua del pozo genera una presión máxima de 15 m.c.a (22 PSI) y entrega un caudal máximo de 220 l/min.
3. Un sistema de riego por goteo necesita presiones menores a 10 m.c.a(14.7PSI) y la descarga de cada gotero fluctúa entre 2 a 4 l/h.
4. Del análisis realizado en el invernadero, se determina que al sustituir las cuatro válvulas de acción manual por electroválvulas funcionando consecutivamente, es decir que cada electroválvula debe abrirse cuando las demás estén cerradas con el fin de mantener una presión óptima y un caudal constante en cada gotero.

5. Como el invernadero está dividido en cuatro zonas de riego, cada uno de ellos con un área de 260 m² aproximadamente; con la bomba disponible se puede dotar del caudal y la presión suficiente para hacer el riego en cada zona.
6. Para evitar que la bomba trabaje en vacío, es necesario instalar un switch por flotador (control de nivel de líquidos radar), el cual censa el nivel de agua en el pozo para abrir el circuito de alimentación de energía al motor de la bomba.
7. Como la automatización del sistema está basado en la radiación solar para comandar actuadores y dispositivos que hacen el control, es indispensable la incorporación de una celda fotovoltaica para manejar este parámetro.

Con la evaluación del sistema, las soluciones que se proponen tienen que ser lo menos traumáticas posibles, es decir que deben acoplarse a las instalaciones hidráulicas actuales, con el fin de minimizar los arreglos en las tuberías y no dañar o maltratar las plantas que actualmente están cultivadas.

2.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO

En las Figuras 2.5 y 2.6 se hacen una breve descripción gráfica de la ubicación de cada uno de los elementos que constituyen el sistema de control de riego.

Según la Figura 2.5 el agua para riego proviene de las vertientes a través de los canales hasta el reservorio, cuyas dimensiones son 3x6x1.8 metros.

La motobomba, el filtro, el presostato y el manómetro están ubicados cerca del cuarto de bodega y el pozo de agua; mientras que el Switch por flotador y el tablero de motobomba, están empotrados en la pared lateral y frontal del cuarto de bodega respectivamente.

El panel solar está ubicado en el borde superior de la vivienda (terrace); y en una de las esquinas del piso 1 se ubica el tablero de control de donde se hace el mando de todo el sistema de riego.

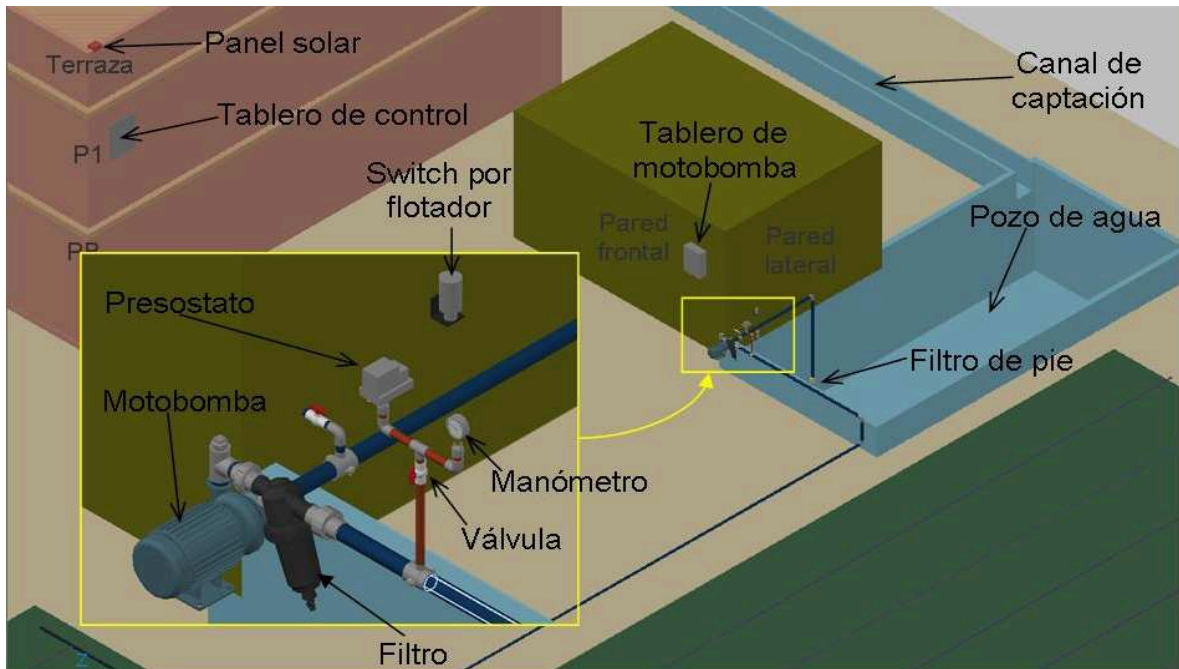


Figura 2.5 Ubicación de los elementos para el control del sistema de riego⁴⁹

Según la Figura 2.6 las electroválvulas montadas conjuntamente a las tuberías, así como también todo el tendido de las cintas porta goteros, se ubican dentro del invernadero. De aquí como el tendido hidráulico está seccionado en cuatro zonas de riego, cada electroválvula (V) será la encargada de regar una zona específica.

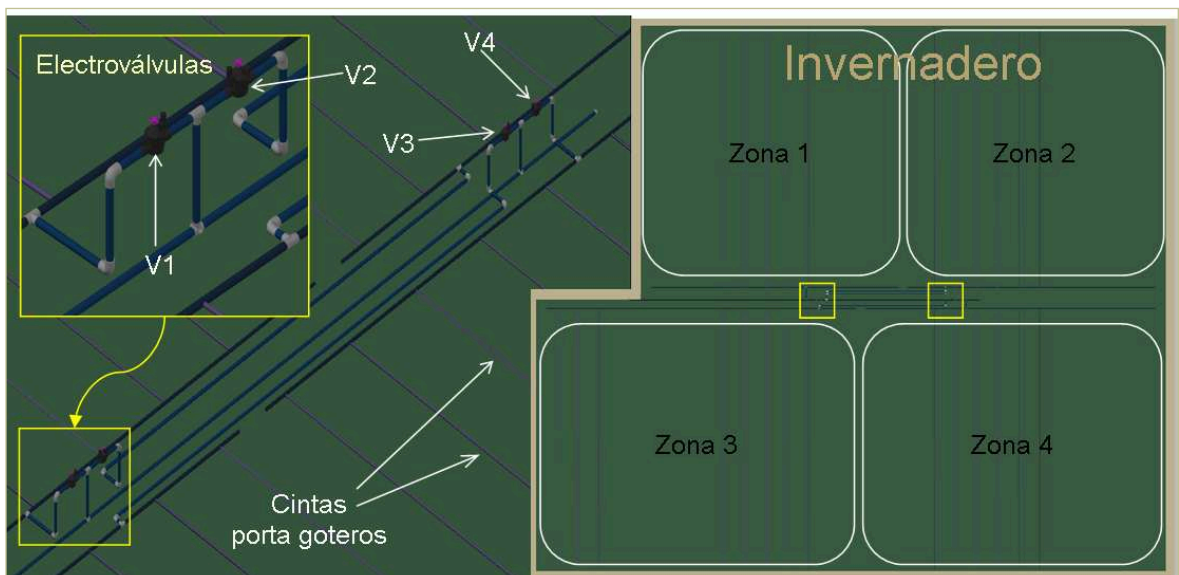


Figura 2.6 Ubicación de electroválvulas y zonas de riego⁵⁰

⁴⁹Fuente: Autores

⁵⁰Fuente: Autores

En la Tabla 2.1 se describe el nexo entre cada una de las electroválvulas y la zona respectiva de riego.

Electroválvula	Zona de riego
V1	1
V2	2
V3	3
V4	4

Tabla 2.1 Distribución de electroválvulas según zona de riego⁵¹

2.6 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Una vez conocido la base en la que va a desarrollar la automatización se plantea las opciones más adecuadas para satisfacer los requerimientos de la misma.

La condición de encendido y funcionamiento tanto de la motobomba como de los actuadores (electroválvulas), da la pauta para la elección de todos los elementos imprescindibles para la implementación del sistema.

- a. Todo el sistema de control para el riego está centralizado desde un tablero de control el mismo que es gobernado mediante un PLC.
- b. Debe establecer un enlace eléctrico de toma de señales desde el sensor de radiación solar y el switch control de nivel de agua hacia el tablero de control, así como también el enlace desde el tablero de motobomba y los actuadores.
- c. Localización física de los componentes tanto del sistema hidráulico que permiten la circulación de flujo de agua como del sistema eléctrico que se complementan para hacer el riego a las plantas.
- d. Condiciones de las tuberías y canaletas para el tendido eléctrico.

⁵¹ Fuente: Autores

Los requerimientos antes descritos interesan para la implementación de los elementos de control, a los mismos que se les sumará otras características que serán descritas más adelante con la finalidad de obtener los mejores resultados en el proceso.

2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

A continuación se describe todos los elementos, materiales y dispositivos involucrados en la implementación del sistema.

2.7.1 ELECTROVÁLVULAS

2.7.1.1 Descripción de electroválvulas

Las electroválvulas cumplen con la misión de dar paso al flujo de agua para el riego, mismas que están fabricados con plástico especial, a prueba de corrosión, se activan mediante diafragmas y mantienen un caudal muy elevado con una pérdida de carga excepcionalmente baja. Están equipadas con una manivela de control para ajustar el flujo y un selector manual para la anulación del solenoide en caso de fallar la alimentación.



Figura 2.7 Electroválvula hidráulica⁵²

En la Tabla 2.2 se describen las principales características eléctricas de las electroválvulas.

⁵²**Fuente:** http://www.fidemar.com.uy/catalogos/bermad/bermad_irrigacion.pdf

PARÁMETRO	VALOR
Dimensión (diámetro)	1"
Voltaje de alimentación al solenoide	24 VAC
Potencia de consumo del solenoide	2 W
Caudal	5 m ³ /h
Rango de presión	0,7 – 10 bar (10 – 150 psi)
Temperatura de trabajo	Hasta 80°C
Conexión	Hembra con rosca (NPT o BSTP)

Tabla 2.2 Características electroválvula BERMAD⁵³

2.7.1.2 Accesorios para el montaje de electroválvulas

Son los que establecen la conexión física entre la tubería principal, las electroválvulas y las tuberías secundarias, que conjuntamente se encargan de llevar el suministro de agua desde el pozo hasta el sitio de riego.

En la Tabla 2.3 se describen los accesorios de PVC necesarios para el montaje de las electroválvulas.

Accesorios de PVC	Diámetro	Número Total
Tee dentado E/C	20x20x20mm	2
Codo dentado x 90° E/C	20 mm	4
Adaptador macho E/C	25x20mm	8
Tubería de PVC (2m)	20mm	1

Tabla 2.3 Accesorios de PVC para el acople de tuberías y electroválvulas⁵⁴

2.7.1.3 Montaje de electroválvulas

El montaje de las electroválvulas, por sus características se lo ejecuta mediante un tee que une a la tubería principal con las electroválvulas a través de los adaptadores macho por un extremo; mientras que por el otro extremo los adaptadores macho se unen con un codo y este último hacia las tuberías secundarias, como se muestra en la Figura 2.8.

⁵³ Fuente: http://www.fidemar.com.uy/catalogos/bermad/bermad_irrigacion.pdf

⁵⁴ Fuente: Autores

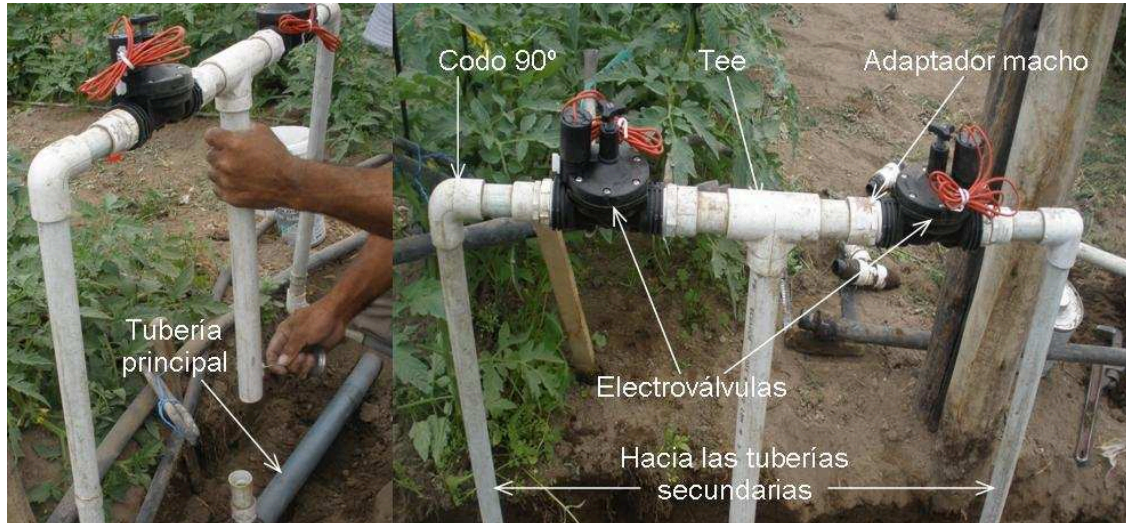


Figura 2.8 Disposición del montaje de electroválvulas⁵⁵

Para un mejor sellado en los acoples, se utiliza teflón en los accesorios de rosca; mientras que líquido pega tubos (polipega) en el caso de codos, tees y uniones.

2.7.2 PRESOSTATO Y MANÓMETRO

2.7.2.1 Presostato

El presostato (interruptor de presión) es un aparato que cierra o abre el circuito eléctrico de la motobomba cuando la presión de agua en el mismo alcanza el nivel máximo. Este dispositivo se incorpora al sistema para proteger las tuberías de sobrepresiones debido a taponamientos, o en el caso de que alguna de las electroválvulas no actúe para dar paso al agua de riego.



Figura 2.9 Presostato MAR-GIRIUS⁵⁶

⁵⁵Fuente: Autores

⁵⁶Fuente: Autores

A continuación se describen las principales características de este dispositivo.

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje en contactos (motor monofásico)	125 / 250 V
Voltaje en contactos (motor trifásico)	250 / 600 V
Tornillo principal	20 – 40 psi
Tornillo diferencial	0 – 20 psi

Tabla 2.4 Características presostato MAR-GIRIUS

2.7.2.2 Manómetro

El manómetro seleccionado está constituido por una aguja la cual se mueve sobre una regleta que señala el valor de la presión en PSI (lbs. /pulg²) o Bar (Bares). La aguja del manómetro está sumergida en glicerina, substancia que sirve para amortiguar las vibraciones de la misma, y su rango de medición esta entre 0 a 150 psi (0 a 10 bar).



Figura 2.10 Manómetro de glicerina

2.7.2.3 Montaje del presostato y manómetro

La Figura 2.11(a) muestra el montaje del presostato y manómetro conjuntamente con los accesorios utilizados. El circuito formado por presostato y manómetro está separado por medio de una válvula, la misma que aísla estos dispositivos de la tubería principal para su mantenimiento o reparación si es necesario, sin interrumpir el servicio.

Para el acople del circuito a la tubería principal se hace mediante un collarín de PVC de 50mm a 20mm, como se muestra en la Figura 2.11 (b).



(a)(b)

Figura 2.11 Montaje del presostato y manómetro

2.7.3 SWITCH POR FLOTADOR (CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS RADAR)

2.7.3.1 Descripción del switch por flotador

Este control actúa por el cambio de peso de 2 flotadores al estar en contacto con el agua en el estanque (pozo de agua), la distancia entre los flotadores determina la desactivación del motor de la bomba al llegar el nivel de agua al flotador inferior o bien la conexión de ésta al llegar el nivel a la posición del flotador superior.



Figura 2.12 Control de nivel de líquidos RADAR⁵⁷

⁵⁷ Fuente: http://www.vignola.cl/pdf_secciones/01/1-05-04.pdf

En la Tabla 2.5 se describe las características principales de este dispositivo.

CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS	
Capacidad	7,5A; 220VAC / 15A; 110VAC
Switch	1 C, 1 N.A y 1 N.C
Vida mecánica	1 millón de operaciones
Altura de aplicación	0,18 – 5 m
Presión máxima del estanque	1 Bar
Montaje	Vertical
Fijación	Mediante placa lateral o rosca de ¾" ó 1"

Tabla 2.5 Características control de nivel de líquidos RADAR

2.7.3.2 Montaje del switch por flotador

Tomando en cuenta las condiciones adecuadas de distancia y espacio a fin de tener un buen funcionamiento, el switch por flotador está empotrado sobre la pared lateral del cuarto de bodega.

El montaje de este dispositivo, debido a su característica física se lo ejecuta mediante tacos fisher 6x30 y tornillos que se ajusta la placa de fijación a la pared, como se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13 Ubicación del switch por flotador⁵⁸

⁵⁸ Fuente: Autores

2.7.4 PANEL SOLAR

2.7.4.1 Selección del panel solar

Para la selección del panel solar (celda fotovoltaica) se considera las características eléctricas del módulo de entradas análogas del PLC, mismo que maneja corrientes en el rango de 0 a 20mA ó 4 a 20mA según elección. En la Tabla 2.6 se describe las principales características del panel solar utilizado.

PARÁMETRO	VALOR
Dimensiones	2.5x1.5x0.01 pulgadas (64x37x0.2 mm)
Voltaje de operación	3 VDC
Corriente de operación	22 mA

Tabla 2.6 Características eléctricas del panel solar

2.7.4.2 Montaje del panel solar

La Figura 2.14 muestra el panel solar, el cual está insertado dentro de una caja de plástico, con la finalidad de evitar el ingreso de agua de lluvia, polvo y de animales que puedan ocasionar daños en el equipo.

La caja conjuntamente con el panel solar está ubicada en una esquina de la terraza de la vivienda y está acoplado mecánicamente sobre la estructura de concreto, sujetado mediante tornillos.



Figura 2.14 Disposición del panel solar⁵⁹

⁵⁹Fuente: Autores

2.7.5 MONTAJE DE TABLEROS

Los tableros a ser montados son:

- Tablero de control
- Tablero de motobomba

2.7.5.1 Tablero de control

El tablero de control, colocado posee las dimensiones 50x40x20cm. Estas medidas son afines con los elementos montados sobre él y al espacio físico disponible dentro de la vivienda y el lugar en donde estará ubicado para su fácil manipulación.

Para su colocación física se utiliza tacos fisher F10 y tirafondos de 2" x 3/8. Al tablero de control llegan, el cableado del panel solar, actuadores, control de nivel de agua y del tablero de motobomba. Figura 2.15.



Figura 2.15 Disposición física del tablero de control⁶⁰

⁶⁰Fuente: Autores

2.7.5.2 Tablero de motobomba

El tablero de motobombaposee dimensiones de 20x30x20cm, acorde a todos los dispositivos montados en él, los mismos que se describen en las secciones 2.8.2.1 y 2.8.2.2. Para su montaje se utiliza tacos fisher 6x30 y tornillos empotrados en la pared.

Al tablero de la motobomba llegan, cableado del tablero principal de control que activa el contactor de la motobomba, mismo que es bajado a través de una tubería de P.E. de $\frac{3}{4}$ " las señales del control de nivel de agua y el presostato mediante cable sucre #2x12AWG y el cableado para la alimentación de la motobomba por medio de cable sucre #2x10AWG.



Figura 2.16 Disposición física del tablero de motobomba⁶¹

2.7.6 MONTAJE DE TUBERÍAS

Las tuberías a ser montadas son:

- Tubería para el tendido eléctrico hacia los actuadores y tablero de motobomba

⁶¹Fuente: Autores

2.7.6.1 Tubería para el tendido eléctrico hacia los actuadores y tablero de motobomba

Es la que establece la conexión física entre el tablero de control principal y los actuadores, así como también entre el tablero de control y tablero de motobomba, su diámetro y accesorios está en función del cableado hacia los dispositivos involucrados.

La tubería esta empotrada sobre las paredes y columnas de la vivienda, y sobre las vigas de la construcción del invernadero, mediante abrazaderas, el diámetro de la tubería corresponde a $\frac{3}{4}$ de pulgada, la clase de tubería es de P.E, la misma que se utiliza para el tendido eléctrico en la industria.



Figura 2.17 Fotografías: tendido tuberías hacia los actuadores y tablero de motobomba⁶²

⁶²Fuente: Autores

Según las fotografías de la Figura 2.17 se puede apreciar la trayectoria seguida en el tendido de tuberías. Porejemplo la foto B1 es bajado a través de la columna de la vivienda una parte y otra por aire hasta el tablero de motobomba. Lasfotos A1, A2 y A3muestran el tendido de la tubería hacia los actuadores, la misma que es bajado desde la vivienda, parte por aire para luego ingresar al invernadero a través de sus vigas de construcción hasta los actuadores.

2.8.SIMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS

Es necesario construir tableros de conmutación, donde concurren tanto la señal eléctrica de salida de control, así como las señales provenientes de los sensores en el sistema hidráulico con el objetivo de lograr la apertura o restauración de todos los elementos que conforman los lazos de control del sistema.

2.8.1TABLERO DE CONTROL

Es el lugar en donde están localizados la mayor parte de los elementos del sistema de control, el mismo que de acuerdo a sus dimensiones se ha distribuido en tres bloques, Figuras 2.18 y 2.19:

- **Bloque A.**-Aquí se encuentra montado el PLC DL05 de Koyo conectado a un visualizador de texto EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N incluyendo el módulo de señal análoga, el timer, una fuente de voltaje 110VAC/24VDC con sus respectivos fusibles de protección. Cada uno de estos elementos están montados sobre el carril estándar que esta ensamblado a la base de la caja del tablero.
- **Bloque B.**- Constituido por relés, borneras de entradas y salidas más una fuente de voltaje 110VAC/24VAC.Cada uno de estos dispositivos están colocados sobre el carril estándar; mientras que la fuente de voltaje se encuentra empotrado a la base del tablero mediante tornillos.

- **Bloque C.**-Este bloque está asignado a la puerta y está constituido por el panel de visualización EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N de donde se puede comandar u observar el funcionamiento del sistema.

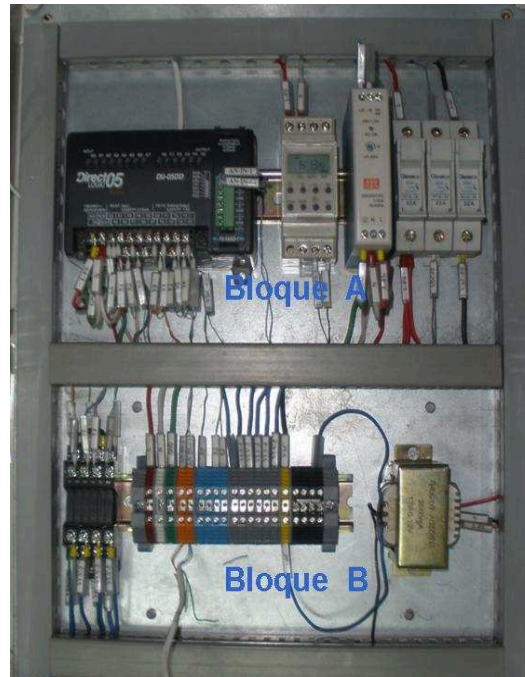


Figura 2.18 Distribución de los componentes en el tablero de control⁶³



Figura 2.19 Puerta del tablero de control⁶⁴

⁶³Fuente: Autores

⁶⁴Fuente: Autores

A continuación se hace la descripción de cada uno de los bloques y de los elementos montados en ellos, mientras que las características técnicas son referidas en los anexos B hasta F.

2.8.1.1 Bloque A

El bloque A está formado por el PLC, el timer, una fuente de 120VAC/24VDC marca mean well y bornes porta fusibles marca camco.

A continuación se hace una breve descripción de los criterios para la selección del PLC, características y elementos esenciales para su montaje e implementación.

2.8.1.1.1 Criterios para la selección del PLC

Para una adecuada selección del controlador lógico programable es recomendable tomar en cuenta los siguientes criterios:

1. Tipo de variables a controlar
2. Número de entradas y salidas que implica el sistema de control
3. Velocidad de respuesta que demanda el proceso
4. Software para programar el controlador
5. Confiabilidad del producto
6. Compatibilidad con equipos de otras gamas
7. Puertos de comunicación
8. Previsión de repuestos
9. Costo

2.8.1.1.2 Determinación de entradas y salidas

La selección correcta de la marca, modelo y versión del PLC, tipo de señales, número de entradas y salidas, estará en función del proceso que éste va a manejar y todos sus requerimientos. Además del software necesario de programación y las licencias de ser pertinentes.

Las entradas son:

Señal análoga del panel solar.....	1
Señal de conteo del timer.....	1
Señal del control de nivel de agua.....	1
Total.....	3 Entradas

Las salidas son:

Motobomba.....	1
actuadores.....	4
Total.....	5 Salidas

2.8.1.1.3 Selección del PLC

Existe una gran variedad de marcas, modelos y versiones de PLC's en el mercado nacional, que prestan iguales características para esta aplicación. Para la selección correcta se requiere saber el tipo de entradas, de salidas, la fuente de alimentación, el software para la programación.

En mayor parte las entradas como las salidas son digitales, a excepción de la entrada de la señal del panel solar que es análoga, seleccionandoun controlador de 8 entradas y 6 salidas; mientras que para manejar la señal analógica se incorpora un módulo de 4 entradas análogas F0-04AD-1compatible con el controlador seleccionado.

El tipo de entrada se selecciona en función de la fuente de alimentación que para este caso es de 24VDC. El tipo de salidas es por transistor, los mismos que se pueden describir como tiempos de conexión y desconexión muy rápidos y además que son muy repetitivas.

El controlador que se escoja debe contar con un software de programación de fácil manejo y fácil implementación.

Tomando en cuenta los criterios mencionados en la sección 2.8.1.1.1y las características de aplicación en el proceso de control y además debido al costo moderado que presenta para cubrir el proyecto, se escogeel controlador DL05 marca Koyo, con un módulo de 4 entradas análogas F0-04AD-1, con software de programación DirectSOFT5.

2.8.1.1.4El PLC DL05 de Koyo

El PLC DL05 de Koyo, Figura 2.20ofrece características convenientes para integrarlo en un sistema de control, ya que proporciona un puerto serial que permite al PLC ser configurado como un maestro o un esclavo MODBUS, con circuitos de entrada y salida que conforma un excelente micro PLC.

La característica del PLC, refiérase al anexo B.



Figura 2.20 PLC DL05 de Koyo⁶⁵

2.8.1.1.5Conexionado

El PLC DL05 marca koyo posee para su conexionado módulos o bloque removibles, el cual permite un conexionado rápido y sencillo, además de fácil sustitución en caso de avería.

⁶⁵**Fuente:**<http://merida.olx.com.mx/venta-de-plcs-koyo-dl05-dl06-click-omron-plcs-ip67-iid-168116374>

2.8.1.1.6 Módulo de entradas análogas F0-04AD-1

El requerimiento para la implementación demanda de un módulo de 4 entradas análogas de 12-bits en un rango de 0-20mA ó 4-20mA. Este módulo se utiliza para manejar la señal de radiación a través del panel solar, cuyas características se lo detallan en el anexo C.



Figura 2.21 Módulo de entradas análogas⁶⁶

2.8.1.1.7 Montaje del PLC DL05

El PLC se puede montar sobre un carril estándar o hacerlos en forma directa sobre los taladros que posee. Las dimensiones se ilustran en la Figura 2.22.

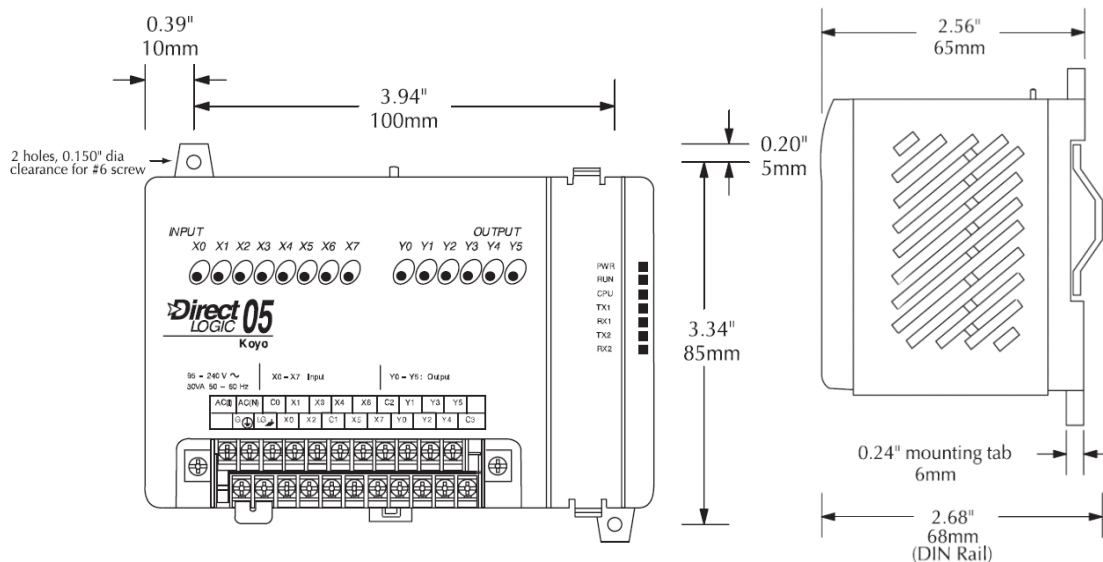


Figura 2.22 Dimensiones para montaje del PLC DL05⁶⁷

⁶⁶Fuente: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d0optionsmsp/ch3.pdf>

⁶⁷Fuente: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d0user/d0user.html>

A continuación se describen los demás elementos que comprende el bloque A del tablero de control.

2.8.1.1.8 Timer

El requerimiento para la implementación demanda de un timer (reloj programable o temporizador), para comandar al PLC el momento que debe empezar a trabajar (contar la acumulación de energía), ya que el panel solar capta la mínima presencia de luz y envía ésta señal al controlador inclusive en la noche. Con la incorporación del timer y su programación respectiva, se asegura que el PLC se active a través de una de sus entradas y empiece a trabajar solo al inicio del día.



Figura 2.23 Timer⁶⁸

2.8.1.1.9 Fuente de voltaje DC

Tomando en cuenta los requerimientos con los valores de voltaje que opera el elemento de control como es el PLC se necesita una fuente de voltaje DC, el cual se encarga de tomar el voltaje de la línea de distribución 110VAC y convertir a 24VDC, valor nominal con la que trabaja el controlador en sus entradas y salidas.

⁶⁸**Fuente:** Foto Autores

Por motivos de precautelar el buen funcionamiento del PLC, se ha visto necesario incorporar una fuente externa que tenga iguales características al de la fuente interna que posee el controlador para la excitación de sus entradas y salidas, ya que el cableado de la toma de señales, en su recorrido es muy grande y puede producir caída de voltaje, afectando directamente al PLC. Motivo por el cual esta fuente será capaz de entregar un voltaje nominal para el correcto funcionamiento de todos los componentes del sistema.



Figura 2.24 Fuente de voltaje 110VAC/24VDC⁶⁹

2.8.1.1.10 Bornes portafusibles

Este tipo de borneras cumplen un doble trabajo para el caso, ya que con estos se hacen la conexión eléctrica, igual a un borne de conexión, con la ventaja de que permite llevar en su interior un fusible tipo cilíndrico, la que puede proporcionar una protección necesaria a los elementos y al sistema de cableado.



Figura 2.25 Bornes portafusibles⁷⁰

⁶⁹ Fuente: Switching MW

⁷⁰ Fuente: Foto Autores

2.8.1.2 Bloque B

A continuación se hace una descripción de los elementos que comprende el bloque B.

2.8.1.2.1 Relé de estado sólido

Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos, que ahorra espacio debido a sus dimensiones, este módulo de relés con terminales contiene seis relés en la tarjeta normalmente abiertos. Los módulos son ideales para la conexión en dispositivos electrónicos de control (como PLC o sensores fotoeléctricos) con dispositivos de salida, Figura 2.26.



Figura 2.26 Módulo portarelés

2.8.1.2.2 Fuente de voltaje AC

Esta fuente se encarga de tomar voltaje de la línea de distribución 110VAC y bajar a 24VAC, voltaje indispensable para excitar los solenoides de los actuadores. Con la incorporación de este dispositivo se asegura el correcto funcionamiento de los mismos.



Figura 2.27 Fuente de voltaje 110VAC/24VAC

2.8.1.2.3 Bornes de conexión

Las borneras que se utilizan tienen la finalidad de optimizar las conexiones, su montaje es a través del riel, y son el tipo de ajuste por tornillo. De aquí se debe destacar que los bornes reciben el cableado desde cada dispositivo y lo reparten al tablero hacia las bobinas de los relés. Además prestan la facilidad de formar barras de conexionado según las necesidades del tablero implementado.



Figura 2.28 Borneras para conexión

2.8.1.2.4 Terminales para cable tipo punta y horquilla

Este tipo de terminales facilitan el conexionado eléctrico entre cada uno de los elementos, tienen ventajas tales como su alta conductividad, son hechas de cobre electrolítico capaces de ser usados en temperaturas entre -40°C hasta $+150^{\circ}\text{C}$.

2.8.1.2.5 Etiquetas

Este tipo de etiquetas sirve para la identificación de los cables para el conexionado eléctrico, facilitando su conexión o desconexión en el caso de mantenimiento o reparación de los elementos involucrados.

2.8.1.2.6 Riel DIN

Este elemento es fundamental en la manufactura de los tableros ya que ofrece el soporte mecánico necesario, para el montaje de todos los elementos, con la ventaja de un fácil desmontaje de los componentes colocados sobre el riel. El riel utilizado en la forja de los tableros es de tipo estándar con un espesor de 1mm, ancho de base de 27mm, ancho de fijación y altura del riel 7.5mm.

2.8.1.2.7 Canaleta

Para la ejecución del tablero y el cableado se utiliza una canaleta del tipo ranura, la misma que ofrece la facilidad de tendido de los cables. Las medidas de la canaleta corresponden a 25x25mm por 2m de largo.

2.8.1.3 Bloque C

En este último se localiza el panel de comunicación de donde se puede observar o modificar los parámetros del sistema de control.

2.8.1.3.1 Panel de comunicación Micro-Graphic (EA-MG-BZ1)

El panel Micro-Graphic EA-MG-BZ1 sirve para la comunicación entre el proceso y el usuario. Posee un teclado de fácil uso y no necesita configuración, y se puede utilizar para ingresar valores numéricos, desplazarse y seleccionar alguna opción del programa en el PLC cuando esté acoplado a una pantalla de visualización.



Figura 2.29 Panel Micro-Graphic EA-MG-BZ1⁷¹

Las 8 teclas libremente programables comprenden:

- **Teclas Escape, Menú, Clear y Enter.**- Con los cuales podemos ingresar a los menús secundarios, confirmar o recoger el valor de las variables.
- **Teclas flecha.**- Que permite modificar el valor de las variables o desplazarse por los menús.

⁷¹**Fuente:** <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d0user/d0user.html>

A continuación se muestran las principales características del panel EA-MG-BZ1.

PANEL MICRO-GRAPHIC EA-MG-BZ1	
Admiten pantallas de visualización	EA1-S3ML ó EA1-S3MLW
Conectores	Puerto serial EA-MG-SP1
Consumo de energía	Ninguna
Vida mecánica de botones	500.000 ciclos
Dimensiones	Refiérase a sección 2.9.1.3.2
Montaje	Mediante clips adjunto
Peso	200 g

Tabla 2.7 Características panel EA-MG-BZ1

2.8.1.3.2 Dimensiones para el montaje del panel de comunicación EA-MG-BZ1

Las dimensiones para el montaje del Panel EA-MG-BZ1 en un tablero de control, se especifica en la Figura 2.25 en pulgadas y [mm].

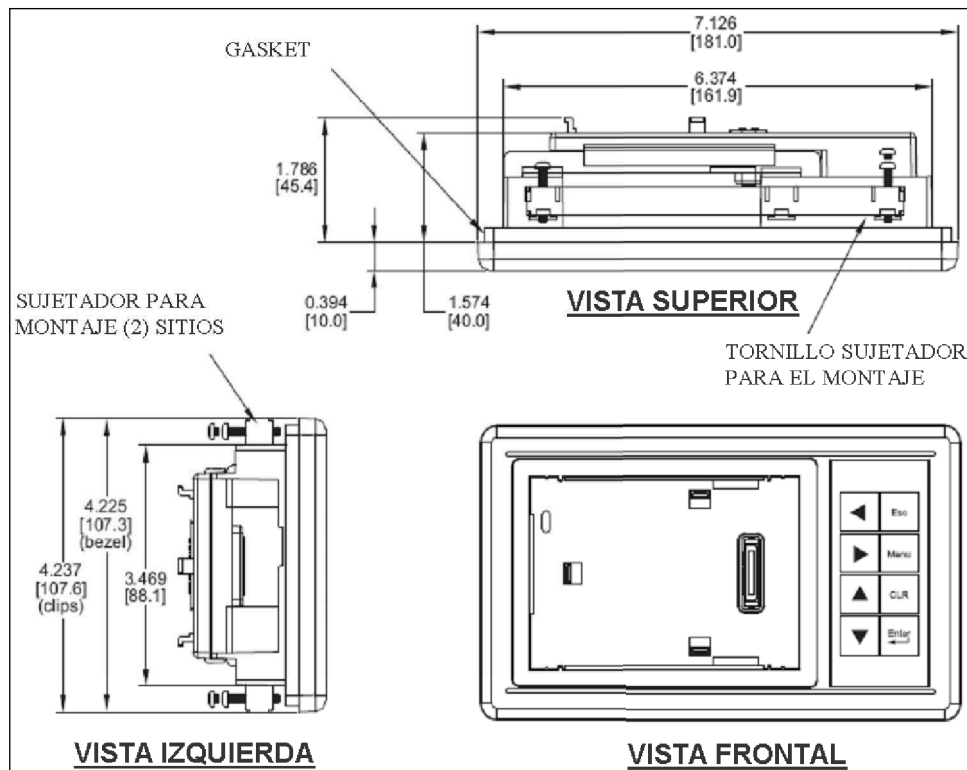


Figura 2.30 Dimensiones para el montaje del panel EA-MG-BZ1⁷²

⁷²Fuente: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d0user/d0user.html>

2.8.1.3.3 Pantalla de visualización C-More MicroGraphic 3" (EA1-S3MLW-N)

La pantalla de visualización de textos C-More MicroGraphic 3", fabricada por la compañía Automationdirect fue escogida para manejar la interfaz con el usuario para el control de riego. Esta pantalla monocromática consiste en un display de cristal líquido (LCD) con retroiluminación, soporta cinco colores seleccionables (blanco, rosa 1, rosa 2, rosa 3 y rojo) y una resolución de 128x64 pixeles.

Este dispositivo permite la creación de ventanas con botones e indicadores que pueden responder con acciones en la pantalla como el despliegue de otra ventana o el encendido/apagado de la luz de fondo. Además, los botones o indicadores pueden ligarse a registros del PLC a través de la comunicación serial bajo el protocolo RS232 que soporta. La cantidad de registros del PLC que pueden ligarse con la pantalla está limitada a la memoria de 768 KB, que es usada también para crear las ventanas y acciones de la pantalla.

Por otra parte, las ventanas, botones, indicadores y demás objetos y acciones que pueden configurarse en la pantalla son creados con un programa computacional gráfico llamado C-more micro programming software, ofrecido por el fabricante.

La característica de este componente, refiérase al anexo D.



Figura 2.31 Pantalla C-More MicroGraphic de 3" (EA1-S3MLW-N)⁷³

⁷³ Fuente: <http://www.automationdirect.com/static/manuals/d0user/d0user.html>

2.8.2 TABLERO DE MOTOBOMBA

Mencionado en la sección 2.7.5.2, en éste se localiza los elementos para el mando y control del motor de la bomba, mismo que se ha distribuido en dos bloques, Figuras 2.32 y 2.33:

- **Bloque 1.-** Aquí se encuentra montado el contactor conectado conjuntamente a un relé térmico (guarda motor), un relé de 24VDC, un relé de 110VAC, bornes de entradas y salidas, más un fusible de protección.
- **Bloque 2.-** Este bloque conforma la puerta del tablero y está constituido por indicadores y un selector de función.

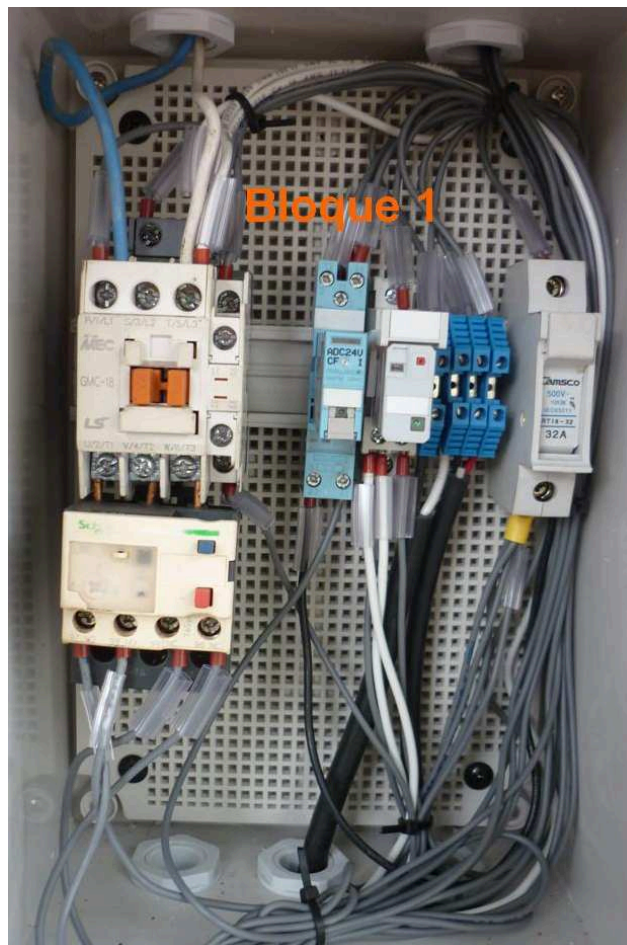


Figura 2.32 Disposición de los elementos en el tablero de motobomba⁷⁴

⁷⁴Fuente: Autores



Figura 2.33 Puerta del tablero de motobomba⁷⁵

A continuación se hace la descripción de cada uno de los bloques y de los elementos montados en ellos.

2.8.2.1 Bloque 1

2.8.2.1.1 Selección del contactor

Tomando en cuenta la característica y categoría de aplicación, el dispositivo apto para satisfacer las necesidades es un contactor categoría AC3 de 15A a 110VAC, ya que reúne todas las características para el arranque y funcionamiento del motor de la bomba.

⁷⁵**Fuente:** Autores



Figura 2.34 Contactorelectromagnético

2.8.2.1.2 Relé térmico (guarda motor)

Es un dispositivo de protección contra sobrecargas, en este caso para proteger al motor de la bomba de posibles sobre corrientes.



Figura 2.35 Relé térmico

2.8.2.1.3 Relé electromagnético de DC

Este relé es activado a través de la señal de voltaje 24VDC desde el PLC y se utiliza para cerrar el circuito del motor de la bomba, cuando el sistema esté trabajando en posición automático (AUTO).



Figura 2.36 Relé de 24VDC

2.8.2.1.4 Relé electromagnético de AC

Es un dispositivo cuyo solenoide es excitado con 110 VAC a través del Switch por flotador y sirve para abrir el circuito de alimentación del motor de la bomba cuando alcance el nivel mínimo en el pozo. Actúa ya sea en modo automático (**AUTO**) o manual (**MAN**).



Figura 2.37 Relé de 110VAC

El resto de elementos como: bornes de conexión, terminales y etiquetas utilizados para la construcción del circuito en el tablero de la motobomba, tienen similares características a los descritos en las secciones 2.8.1.2.3, 2.8.1.2.4 y 2.8.1.2.5.

2.8.2.2 Bloque 2

2.8.2.2.1 Luces piloto

Son de tipo electrónico marca camasco, cuyo voltaje de operación es 110VAC. La luz de color verde indica el correcto funcionamiento de la motobomba, mientras que la luz de color rojo indica falla en la misma, debido a sobre corriente.

2.8.2.2.2 Selector de función

El selector de función posee tres posiciones como son: automático (AUTO) cuando está comunicado con el tablero principal de control, apagado (-0-), y manual (MAN) cuando se requiere hacer el riego en la plantación en forma manual, es decir sin intervención del software implementado en el PLC.

2.8.3 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

La implementación del tablero se lo hace en un solo conjunto, se montan la canaletanecesaria alrededor de la base del tablero, la sujeción se hace con tornillos y abrazaderas, tomando en cuenta los espacios necesarios, se ensambla la riel din, cuidando los sitios entre tornillos con la finalidad de proporcionar seguridad a la fijación, y la holgura para el acoplamiento de los elementos que van sobre él, como: el PLC, el timer, la fuente, las borneras, etc.

Una vez montado canaleta y riel, se dispone los elementos sobre el riel, asegurando todos los componentes.

El cableado se lo hace diferenciando tanto, las entradas, salidas, alimentación del sistema de voltaje AC, voltaje DC, puestas a tierra, valiéndose del marquillado (etiquetas) de los cables para la identificación respectiva.

En la Tabla 2.8 se describe el calibre del conductor que se utiliza para los elementos del tablero de control, según el tipo y/o valor de corriente a conducir en los mismos.

CABLE	CALIBRE DE CONDUCTOR (#)	Nº DE CABLES
Alimentación del sistema en 110VAC	12AWG	2
Entradas al PLC	24AWG	16
Salidas del PLC	24AWG	12
Circuito de control en 24VDC	16AWG	-
Al tablero de motobomba en 24VDC	16AWG	4
A los actuadores en 24VAC	16AWG	5
Panel solar \approx 3VDC	24AWG	2
Puesta a tierra	12AWG	1

Tabla 2.8 Calibre de conductor usados para el cableado del sistema⁷⁶

⁷⁶Fuente: Autores

El voltaje máximo manejado en el tablero corresponde a 110 VAC, por lo que todo el cableado que involucra a este se efectúa con el cable #12AWG, mientras que se utiliza el cable flexible #16AWG para todo lo que es el circuito de control, incluyendo el cableado hacia el tablero de motobomba y los actuadores. El cableado de las entradas y salidas al PLC se utiliza el cable #24AWG.

Para el cableado del panel solar, se utiliza cable #24AWG, mismo que es bajado hasta la caja de conexiones Figura 2.38.

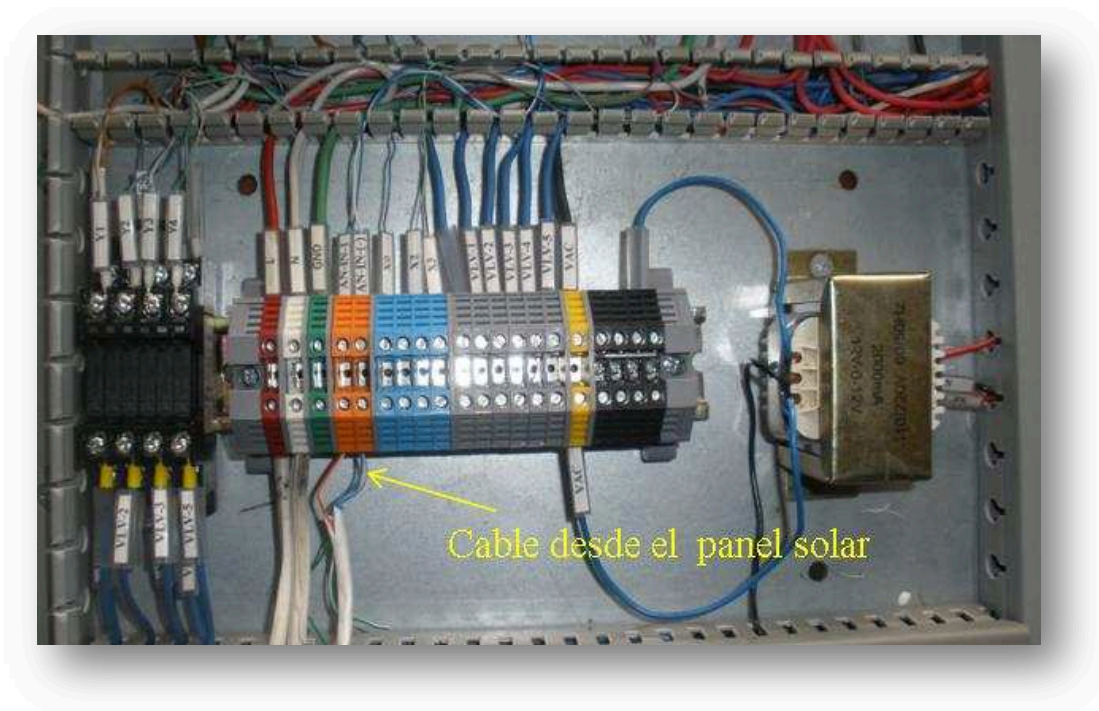


Figura 2.38 Caja de conexiones⁷⁷

Se recomienda tener especial cuidado en garantizar un buen contacto eléctrico evitando conexiones flojas.

Para la ejecución del bloque C, para el montaje del panel de comunicación EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N, es necesario realizar una perforación en la puerta de la caja tomando en cuenta las dimensiones especificadas por el fabricante, mismas que están detalladas en la sección 2.8.1.3.2.

⁷⁷Fuente: Autores

2.8.3.1 Elementos necesarios para el montaje del panel EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N

Cuando se hace la adquisición del panel EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N este incorpora elementos ilustrados en la Figura 2.39 y Tabla 2.9 para su montaje y conexionado.

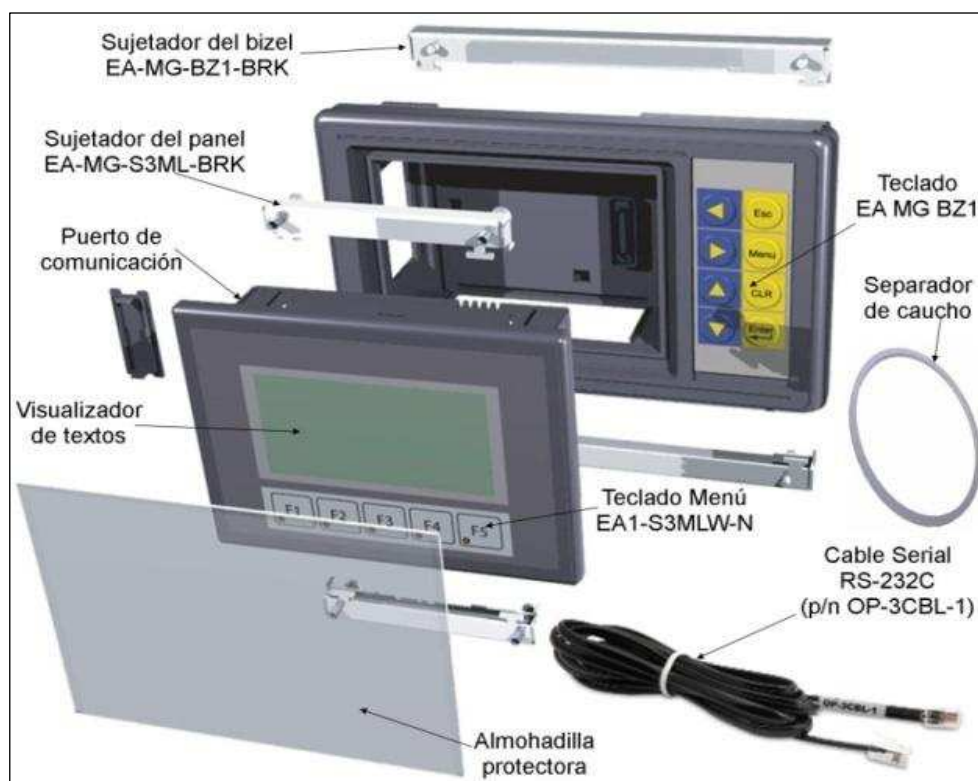


Figura 2.39 Componentes del panel de visualización⁷⁸ (C-more Manual del usuario)

Componentes	Descripción
Puerto de comunicación	Es un conector serial RJ12 de 4 pines que permite conectar el panel EA1-S3MLW-N al PLC DL05 mediante el cable RS-232C
Cable serial RS-232C	Se utiliza para la comunicación del panel EA1-S3MLW-N y el PLC DL05. Es un cable de conexión de 4 pines.
Sujetadores	Se utiliza para montar el panel a la puerta del tablero de control, los cuales son ajustables con tornillos adjuntos.
Separador de caucho	Se utiliza para facilitar el montaje en entornos desfavorables.
Almohadilla protectora	Sirve para proteger la pantalla del panel de rayaduras.

Tabla 2.9 Descripción de componentes del panel EA-MG-BZ1 / EA1-S3MLW-N

⁷⁸Fuente: C-more Manual del usuario

2.8.3.2 Diagrama de conexiones del circuito de control y fuerza

Para una visión general del sistema implementado, la Figura 2.40 muestra un diagrama de bloques del conexionado realizado en el tablero de control. Mientras que del tablero de motobomba se describe en la sección 2.8.4.1

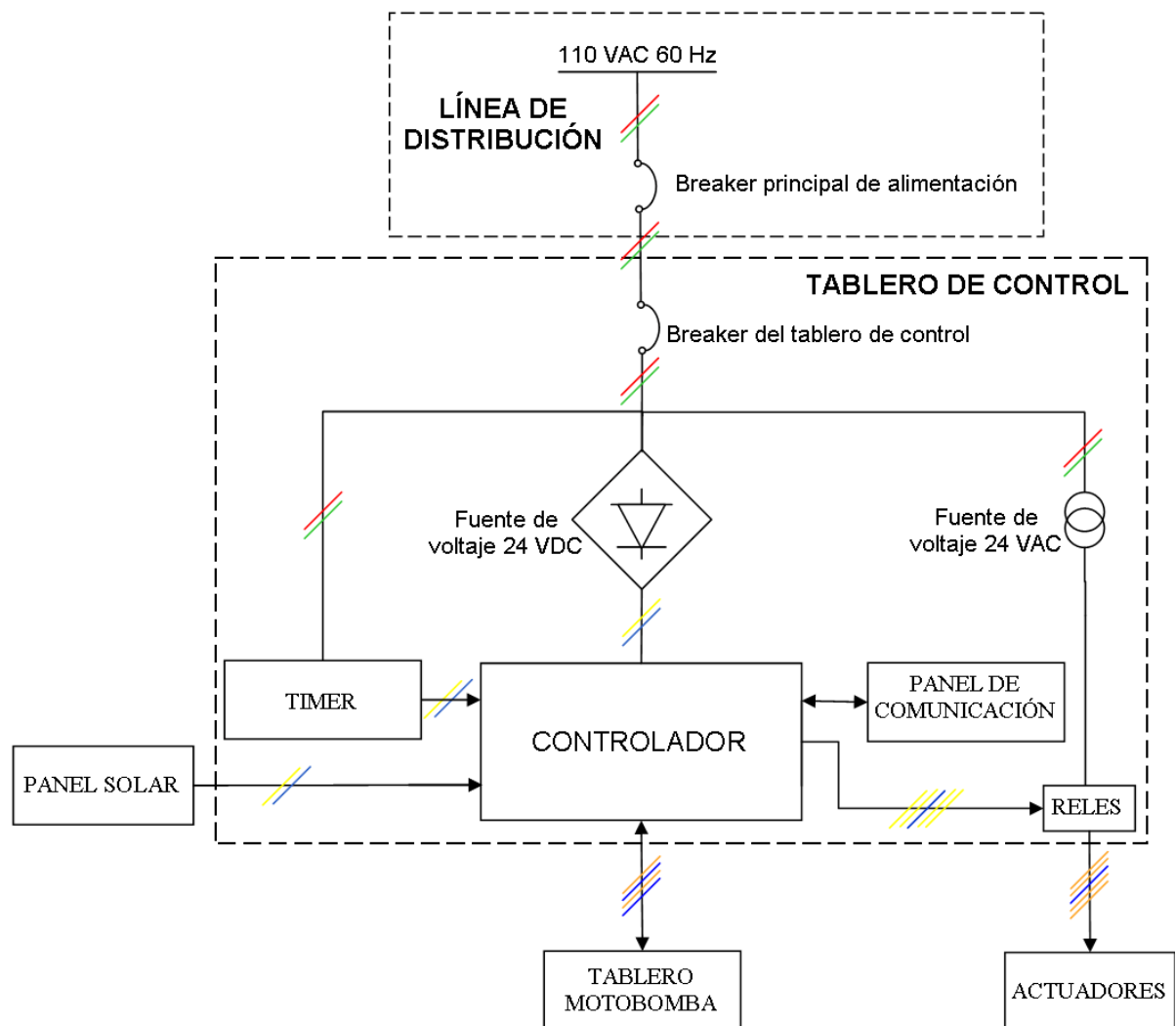


Figura 2.40 Diagrama general del conexionado en el tablero de control⁷⁹

En el anexo G, muestra el diagrama de conexiones de todos los elementos que conforman el circuito de fuerza y de control del sistema implementado.

⁷⁹Fuente: Autores

2.8.4IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE MOTOBOMBA

Se ensambla el riel DIN a la base del tablero mediante tornillos, tomando en cuenta el espacio suficiente para el acople de los elementos que van sobre este, con la finalidad de proporcionar seguridad a la fijación de todos los componentes que comprende el bloque 1.

Una vez montado el riel, se dispone todos los elementos que van sobre este como: el contactor, los relés, borneras de conexión y el borne porta fusible.

El cableado se lo hace diferenciando del tipo y valor de voltaje que en este se maneja. En la Tabla 2.10 se describe el calibre de los cables utilizados en la implementación del tablero de motobomba.

CABLE	CALIBRE DE CONDUCTOR (#)
Alimentación en 110VAC	2x10AWG
Circuito de control en 24 VCD	---16AWG
Alimentación motobomba en 110 VAC	2X10AWG
Switch por flotador en 110 VAC	2X12AWG
Presostato en 110 VAC	2X12AWG

Tabla 2.10 Calibre de conductor usados en el cableado del tablero de motobomba

El cableado para energizar el tablero, se hace mediante cable sólido #10AWG, mientras que se utiliza el cable #16AWG para todo lo que involucra el circuito de control. Para el cableado del switch por flotador, incluyendo el cableado del presostato se utiliza cable sucre flexible PDIC TSJ # 2x12AWG PVC+NYLON.

Tomando en cuenta las características eléctricas del motor de la bomba, su cableado se realiza mediante cable sucre flexible PDIC TSJ # 2x10AWG PVC+NYLON.

Para la ejecución del bloque 2, el montaje de luces y selector, es necesario realizar perforaciones adecuadas de acuerdo al diámetro de estos elementos.

Una vez colocado los elementos en su respectivo agujero, en el cableado se utiliza cable flexible #16AWG. Cabe mencionar que la luz de color verde de este tablero sirve para indicar el correcto funcionamiento de la motobomba, mientras que la luz de color rojo indica una sobrecarga en la misma.



Figura 2.41 Tablero de motobomba terminado⁸⁰



Figura 2.42 Puerta del tablero de motobomba terminado⁸¹

⁸⁰ Fuente: Autores

⁸¹ Fuente: Autores

En las Figuras 2.43 y 2.44 se muestra el cableado y montaje definitivo de los componentes del sistema de control implementado.

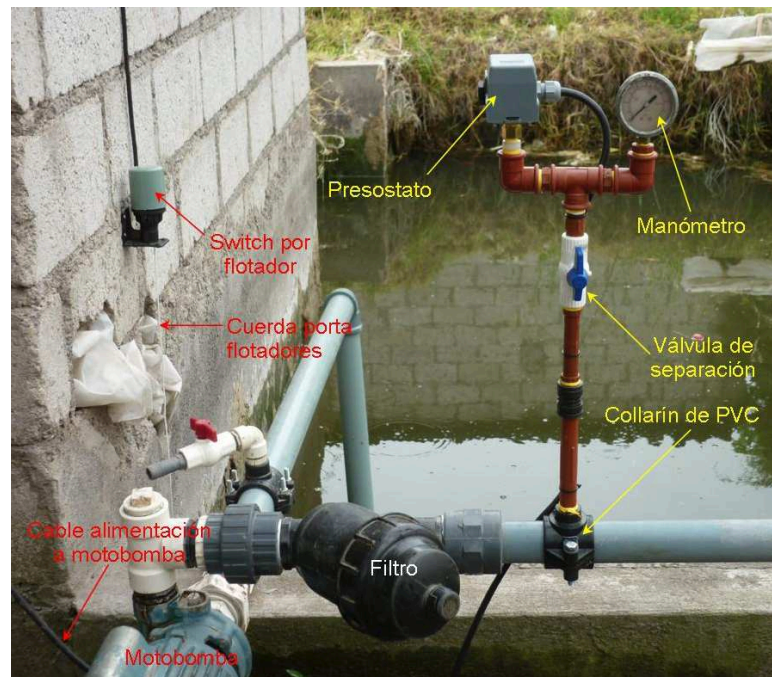


Figura 2.43 Disposición del cableado y elementos del sistema⁸²



Figura 2.44 Disposición del cableado de electroválvulas⁸³

⁸²Fuente: Autores

⁸³Fuente: Autores

2.8.4.1 Diagrama de conexiones del circuito de control y fuerza del tablero demotobomba

Para una visión general del circuito implementado, la Figura 2.45 muestra un diagrama de bloques del conexionado realizado.

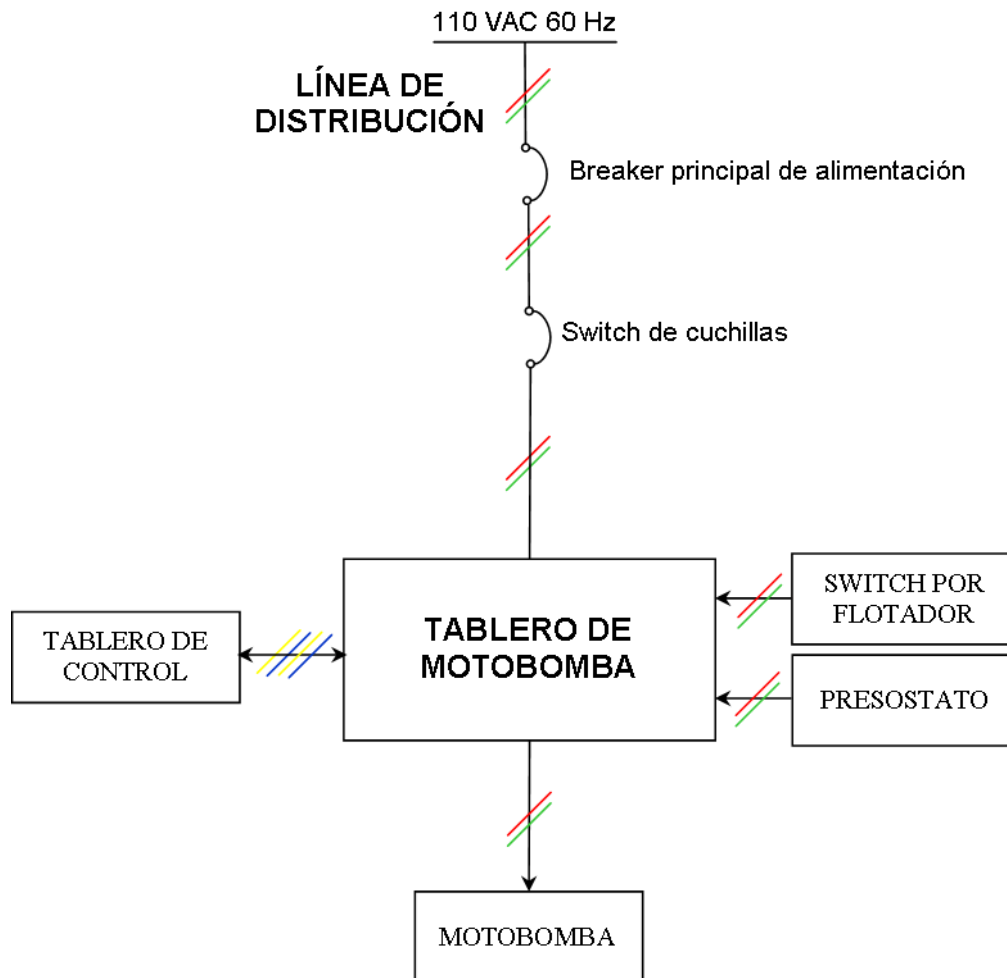


Figura 2.45 Diagrama del conexionado en el tablero de motobomba⁸⁴

⁸⁴ Fuente: Autores

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL CONTROL DE RIEGO

3.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el control se desarrolla el programa en el software DirectSOFT5 propio para el PLC DL05 , para esto se hace una breve descripción de sus características y requerimientos necesarios para la implementación, que conjuntamente con el panel C-More Micro-Graphic de 3" (EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N) son los elementos que gobiernan el sistema de control de riego.

En el presente capítulo se hace la descripción de la programación del PLC con el software asociado a este, empezando por la descripción del sistema de control de riego, en donde se indica los componentes necesarios para la automatización, la lógica del proceso y el algoritmo de control; en donde se menciona las condiciones de encendido del sistema para su correcto funcionamiento.

Finalmente se realiza el diseño de la interfaz HMI en el software C-more Micro Graphic, el cual servirá para la supervisión y comunicación del operador con el sistema de control de riego implementado.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama general estructural y funcional del sistema de riego propuesto tanto hidráulico como eléctrico, de tal forma que se pueda entender los enlaces entre los elementos involucrados para la automatización del control al sistema de riego en el invernadero San Alfonso.

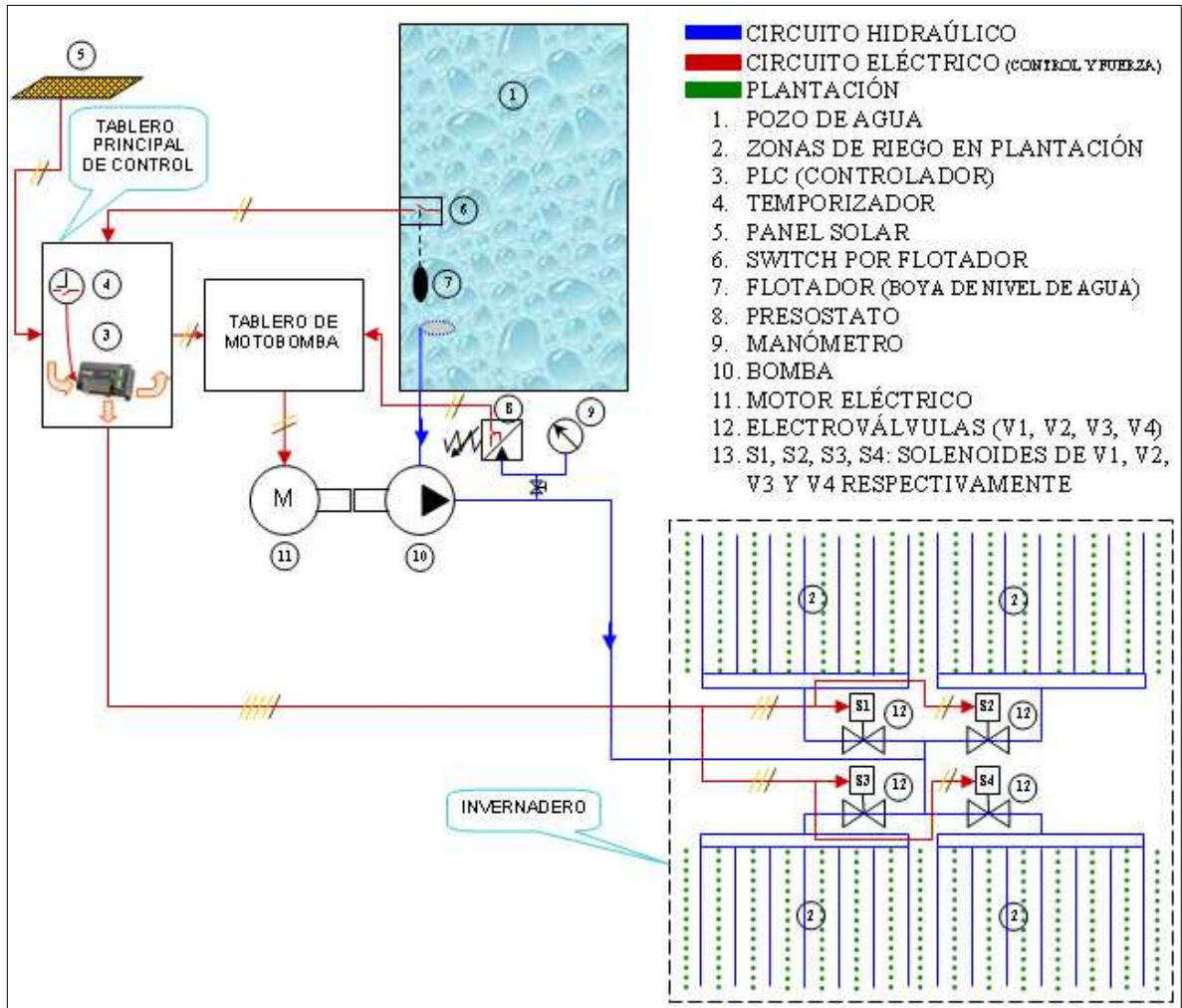


Figura 3.1 Diagrama general estructural y funcional del sistema de riego⁸⁵

El sistema está basado en el uso de un controlador (equipo de adquisición de datos y control) que se comunica con los sensores de radiación solar y de nivel de agua ubicados en puntos específicos, mismos que se mencionó en el capítulo anterior. El controlador recibe la información de estos sensores para accionar a los equipos de operación del invernadero (motobomba y electroválvulas). De tal forma que se podrá comandar el sistema tanto en forma automática como en forma manual.

Además hay que tener presente que el sensor de presión (presostato) actuará únicamente sobre la motobomba para la desactivación del motor eléctrico cuando exista una sobrepresión en el sistema hidráulico, es decir que la presión no interviene como variable para la programación en el software del PLC.

⁸⁵Fuente: Autores

3.2.1 CONEXIONADO DE ENTRADAS Y SALIDAS AL PLC

En la Figura 3.2 se muestra el conexionado de las entradas y las salidas de los elementos de control asignados a cada una de las direcciones del PLC, esta información será indispensable más adelante para la programación del controlador.

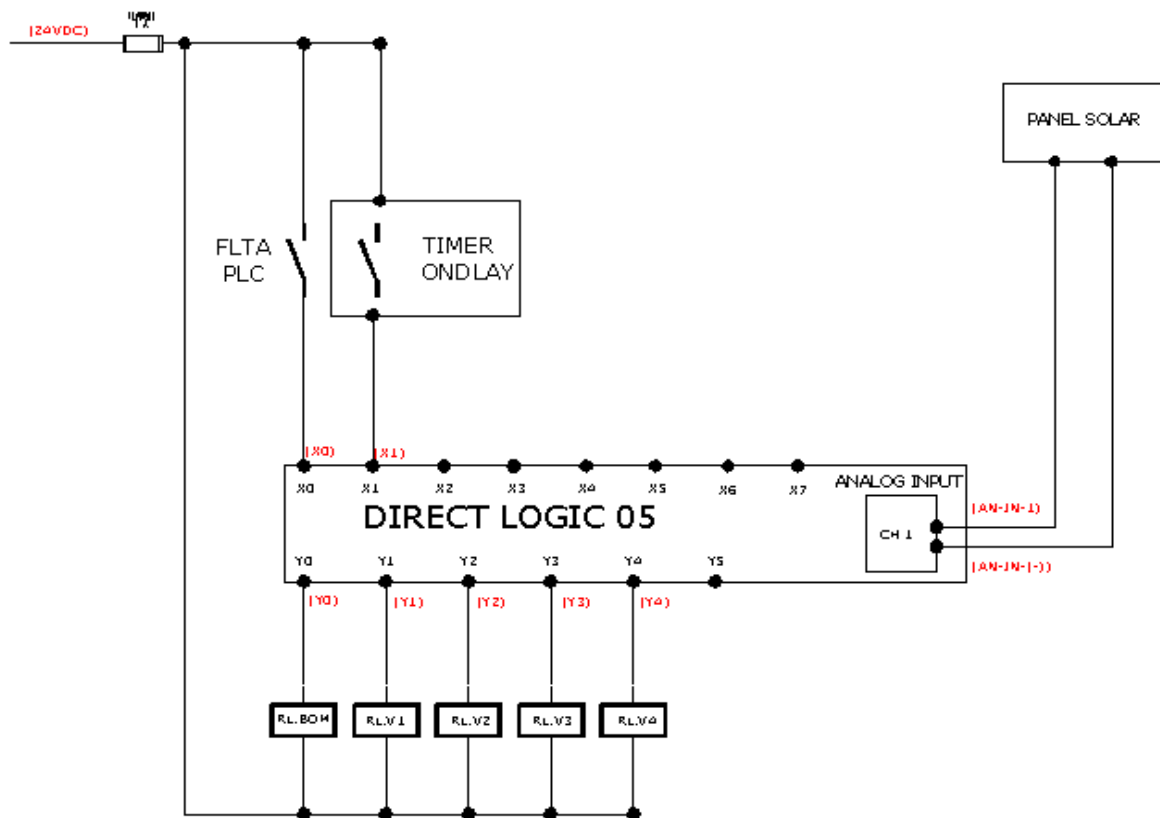


Figura 3.2 Diagrama de conexiones de entradas y salidas al PLC⁸⁶

3.2.2 DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONTROL Y FUERZA

La Figura 3.3 muestra el diagrama de control para el accionamiento del contactor de la motobomba (BOMBA) y el encendido de las electroválvulas (VALV). En la Figura 3.4 (a) se indica el circuito de control incluyendo los dispositivos montados en el tablero de la motobomba para el arranque y correcto funcionamiento del equipo de bombeo; mientras que la Figura 3.4 (b) muestra el circuito de fuerza del motor eléctrico de la bomba.

⁸⁶Fuente: Autores

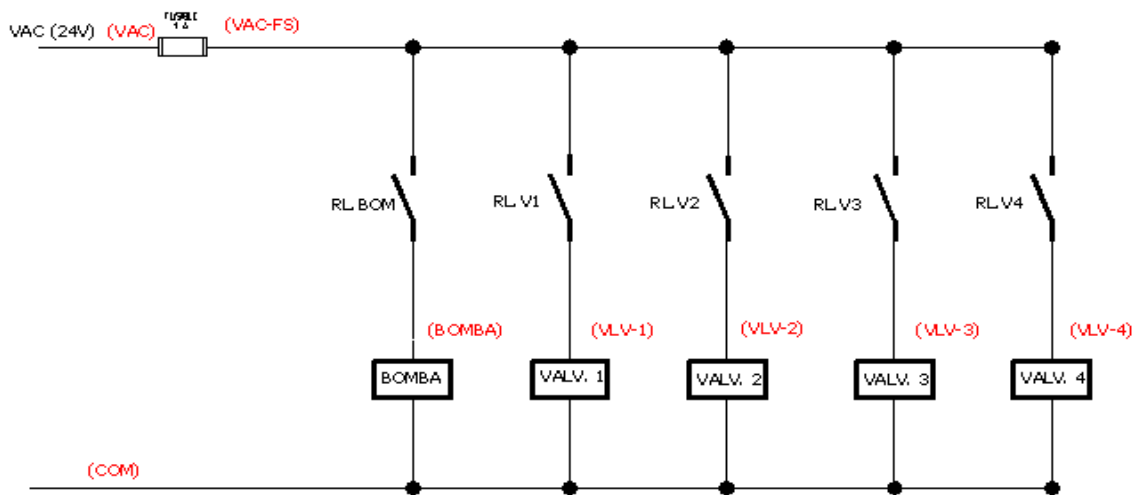


Figura 3.3 Diagrama de control para encendido de bomba y electroválvulas⁸⁷

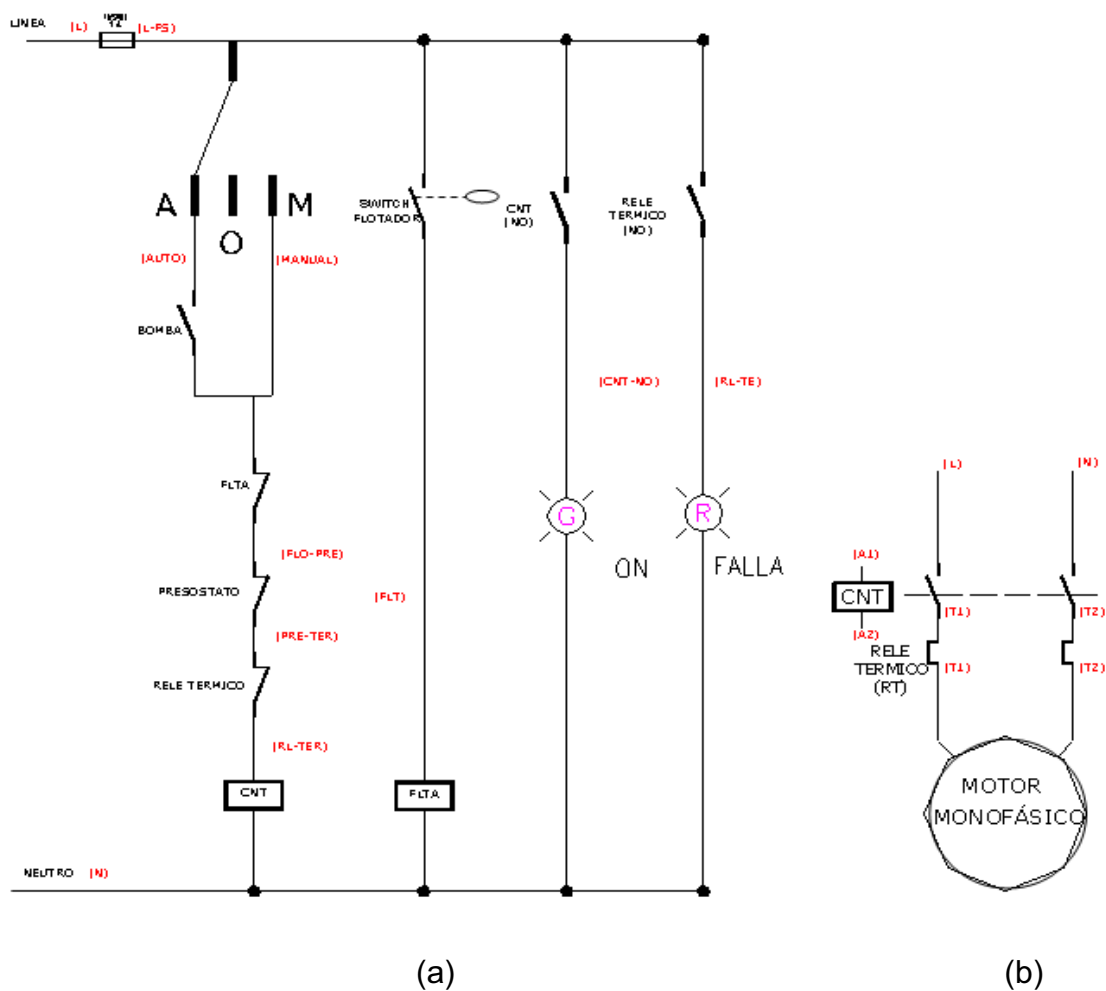


Figura 3.4 Diagrama de control (a) y fuerza (b) para arranque de motobomba⁸⁸

⁸⁷Fuente: Autores

⁸⁸Fuente: Autores

3.3 DIAGRAMA A BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO

La estructura planteada para el proceso de control de riego se basó en el uso de un temporizador, un sensor de radiación solar (celda fotovoltaica) y el sensor de nivel de agua (switch por flotador) que actúan sobre las entradas del PLC. Con la información de estos sensores, el equipo controla a través de sus salidas el accionamiento de los equipos de operación (motobomba y electroválvulas). Formando de esta manera un sistema de control en lazo abierto simple.

En la estructura se planteó el comando del sistema en forma automática y en forma manual, con lo cual el usuario puede realizar su configuración y tener acceso a la información del proceso por medio de la interface, como se muestra en la Figura 3.5.

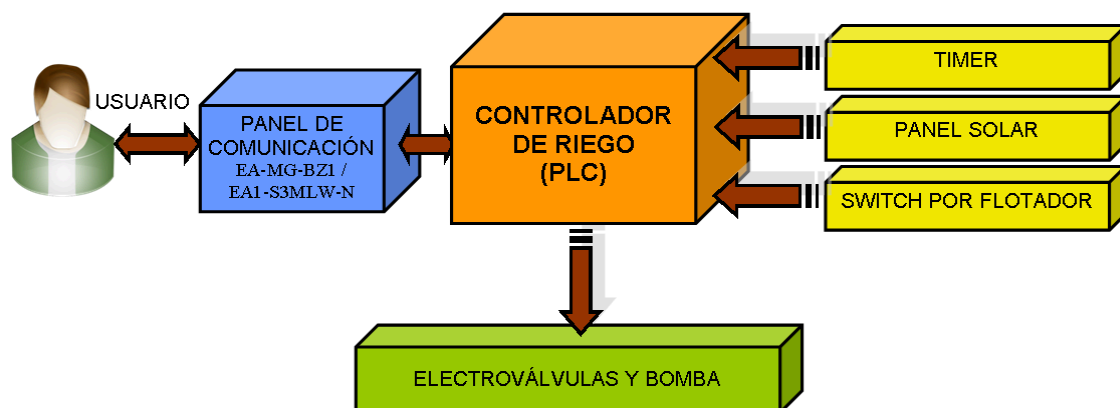


Figura 3.5 Diagrama a bloques del sistema general de control de riego⁸⁹

El control de riego se realiza mediante un programa cargado en el PLC DL05 de Koyo, el cual actúa dependiendo del estado de los diferentes sensores y de la configuración de los parámetros en el software del controlador, los cuales serán ingresados a través de la HMI por el usuario. El valor de radiación solar es leído y almacenado por el PLC, luego el controlador compara este valor con los parámetros establecidos en el programa del sistema, y verificando las condiciones externas para dar paso o no a su funcionamiento.

⁸⁹Fuente: Autores

3.4 LÓGICA DE CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO

El funcionamiento del control del sistema de riego se realiza siguiendo el siguiente proceso:

- Configuración del temporizador (timer)
- Configuración de parámetros mediante HMI
- Condiciones de ejecución del sistema
- Encendido de actuadores
- Inicio de riego

Todos estos pasos se realizan en orden, como se menciona en la sección 3.4.1

3.4.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL PARA EL RIEGO AUTOMÁTICO

El programa (algoritmo) de control para el sistema de riego por goteo, se desarrolla básicamente por medio del direccionamiento de los siguientes parámetros tales como: programación del tiempo de inicio de un nuevo día, tiempos de apertura y cierre de válvulas, y el nivel de radiación solar para dar un riego. La información ingresada por medio de la interfaz Hombre-Máquina, debe ser recogida por el PLC, quien almacena por un tiempo indefinido, siendo variada únicamente por el usuario, una falla en el dispositivo, falta de energía o por disminución del voltaje en la batería interna del equipo de control.

Al inicio de cada nuevo día, el controlador debe medir y almacenar la radiación solar en una de sus memorias internas. La activación del sistema de control de riego se determina, en función de comparar la *“Programación de nivel de radiación para dar riego”* y la *“Acumulación de la radiación solar para riego”*. Además de verificar que se cumpla la condición antes mencionada, el controlador también debe censar el nivel de agua en el reservorio (pozo de agua); una vez que el PLC escanea y verifica el cumplimiento de todas estas condiciones inicia el proceso de riego, caso contrario se activa el paro general del sistema.

La Figura 3.6 muestra el diagrama de flujo que sintetiza el control del proceso de riego implementado.

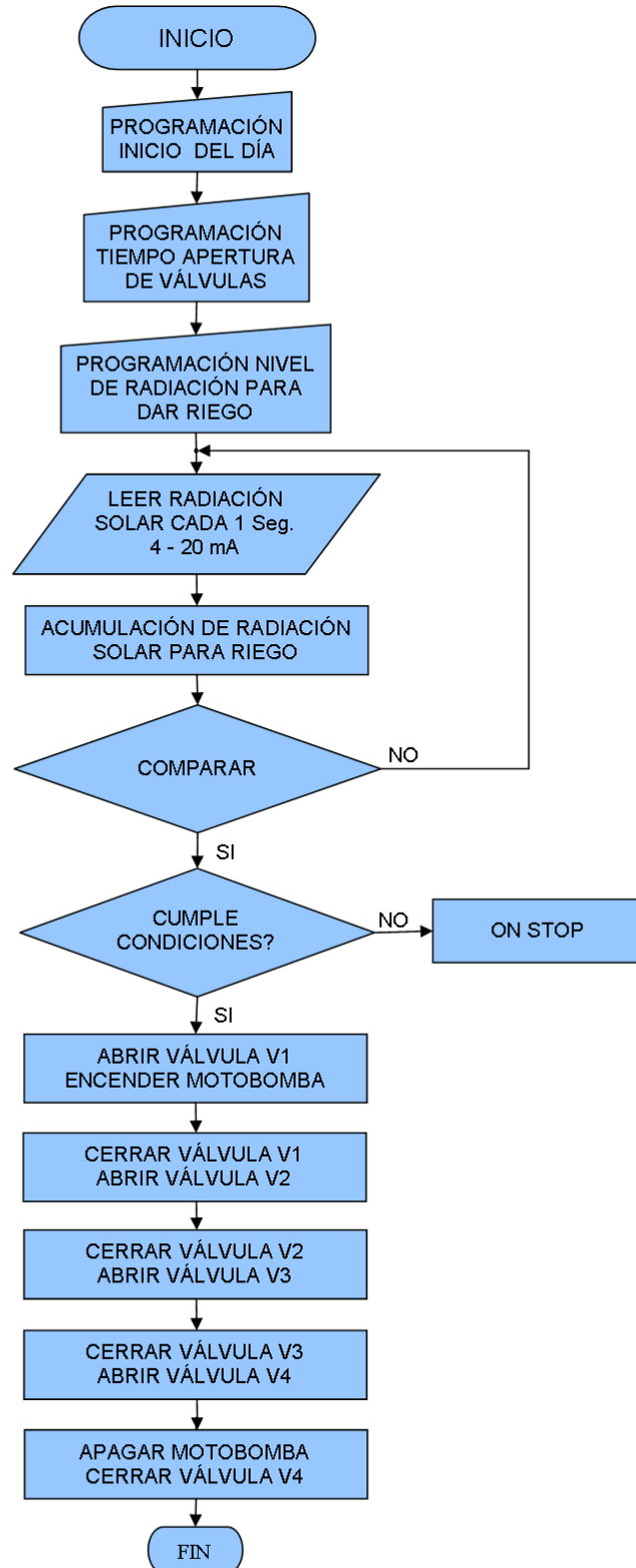


Figura 3.6 Diagrama de flujo del sistema de riego

3.4.1.1 Programación inicio del día

La programación inicio del día, significa configurar el tiempo para que se active el sistema de control del riego por medio del temporizador (timer). El temporizador tiene opciones para programar: el día, la hora y minutos, según las necesidades requeridas y definidas por el usuario.

Una vez ejecutado el temporizador, este a su vez activa al PLC por medio de una de sus entradas para que empiece a funcionar el sistema de control de riego.

3.4.1.2 Programación del tiempo de apertura de válvulas

La programación del tiempo que dura haciendo el riego cada una de las válvulas (actuadores) dependerá de la necesidad de riego de agua en el cultivo y también de la edad de las plantas. Este parámetro es ingresado por el usuario a través de la pantalla HMI, en: horas, minutos y segundos.

3.4.1.3 Programación nivel de radiación para dar el riego

Este valor también debe ser ingresado por el usuario a través de la pantalla de comunicación hacia el controlador. Según las investigaciones realizadas, la aplicación del riego en la plantación de tomate riñón se debe dar cada que se acumulen 70 J/cm^2 , para lo cual hay que tomar en consideración que $1000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{s}$ es equivalente a 0.1 J/cm^2 acumulado en un segundo.

3.4.1.4 Lectura y acumulación de radiación solar

Como se indicó en la sección 3.4.1.1, una vez que se inicia la ejecución del programa de control, el panel solar envía señales de corriente continua a través del módulo de entradas análogas *F0-04AD-1* hasta el PLC. Este último empieza a leer el valor de la señal de radiación cada segundo en un rango de 4 a 20 mA, para luego almacenar en forma de energía en una de sus memorias previamente programado.

3.4.1.5 Comparar valores de radiación solar para dar el riego

El programa del controlador, compara los valores de la “*Programación nivel de radiación para dar un riego*” y la “*Acumulación de la radiación solar para riego*”, mismos que si son iguales procederá al encendido de los equipos de riego (motobomba y electroválvulas) a través de las salidas del PLC y con esto iniciar el riego en la plantación; caso contrario sigue en la rutina de lectura y almacenamiento de la radiación solar, tal como se menciona en la sección 3.4.1.4.

3.4.1.6 Verificar si cumple condiciones para dar el riego

Es el punto decisivo para que se dé el riego en la plantación, para lo cual a más de que se cumpla la condición indicado en la sección anterior, el controlador debe censar el nivel de agua en el reservorio, esta señal es monitoreado y enviado al PLC por el switch de flotador. En el caso de que el nivel en el pozo de agua esté bajo el punto mínimo, el programa es forzado a parar el proceso hasta que se corrija estos inconvenientes o a su vez cumpla las condiciones necesarias para hacer el riego.

3.4.1.7 Ejecutar el riego en la plantación

La ejecución del riego en la plantación se da en orden cronológico, tal como se indicó en la Figura 3.6 de la sección 3.4.1. Además se debe tomar en cuenta que el tiempo de funcionamiento de la motobomba va a ser igual al tiempo que dura haciendo el riego cada una de las válvulas; es decir el tiempo ON motobomba = tiempo ON V1 + tiempo ON V2 + tiempo ON V3 + tiempo ON V4. El intervalo de tiempo entre el encendido y apagado de los equipos cuando están haciendo el riego estarán en el orden de milésimas de segundo, al igual que la desactivación de la motobomba y de la válvula V4, al finalizar el riego.

Por otro lado cabe mencionar que la sobrepresión en el sistema hidráulico es controlada por el presostato, quien apaga únicamente la motobomba cuando el manómetro indique 35 PSI y enciende la misma cuando la presión en el sistema disminuye a 5 PSI, sin interrumpir el algoritmo de control en el PLC.

3.4.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL PARA EL RIEGO MANUAL

En la Figura 3.7 muestra el diagrama de flujo de control para el riego manual.

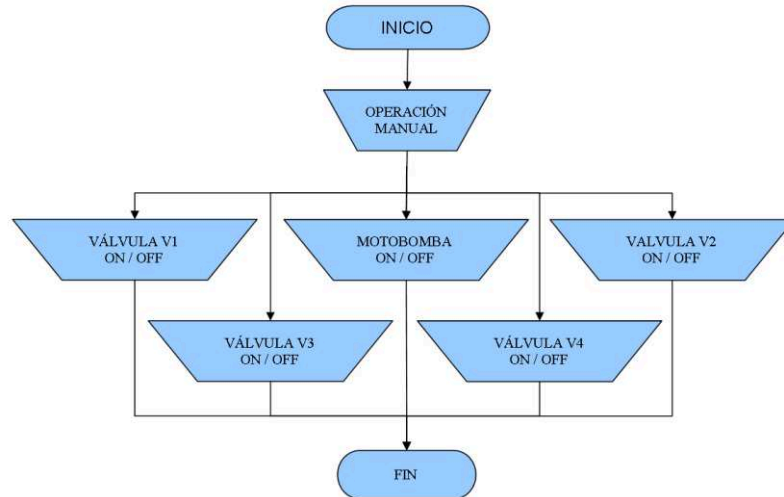


Figura 3.7 Diagrama de flujo para riego manual

Para la ejecución de riego en forma manual, se ingresa mediante la HMI y dentro del “*Menú Principal*” se deberá seleccionar “*Operación Manual*”. En esta sección del menú “*Operación Manual*” podemos activar o desactivar cualquiera de las cuatro válvulas, o a su vez encender y/o apagar la motobomba, presionando “ON” u “OFF” respectivamente.

3.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC DL05 DE KOYO

Para ejecutar el control al sistema de riego mediante el PLC es necesario implementar en el software DirectSOFT5 el respectivo programa, el cual se realiza en un computador y se descarga en el controlador a través del cable de programación DSCBL.

3.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

DirectSOFT5

DirectSOFT5 es un paquete computacional que funciona bajo el sistema operativo Windows, utilizado para programar y configurar el PLC DL05. Hay disponibles dos

métodos de programación: RLL (lógica de relevadores o en inglés Relay Ladder Logic) y RLLPLUS (combina una característica de diagrama de flujo de programación por etapas con el lenguaje normal RLL).

3.5.1.1 Requisitos del sistema operativo de la PC

DirectSOFT5 se puede ejecutar en un ordenador, o bien en una unidad de programación de Koyo como el D2-HPP.

El PC debe cumplir los siguientes requisitos:

- Procesador Pentium / Celeron, 1 GHz o superior.
- Sistema operativo Windows 98/2000/XP (Home o Pro), no DOS, OS / 2, Macintosh, Linux o versiones Unix, o cualquier versión de 16 bits.
- 512 Mb de RAM.
- 20 Mb de espacio disponible en disco duro, 33 Mb para una instalación completa.
- CD-ROM o DVD.
- Al menos un puerto libre de comunicación serial, también un puerto USB con adaptador de USB a serial y Tarjeta de red Ethernet.
- 1024 x 768 en resolución de monitor de color SVGA.

Para la instalación del software DirectSOFT5 en el sistema operativo Windows NT/2000 o Windows XP, deberá iniciar la sección con derechos de administrador.

La instalación del paquete de programación es muy sencilla, siguiendo las instrucciones indicadas durante el proceso.

3.5.1.2 DirectSOFT5

A continuación se hace la descripción de algunas de las opciones del software utilizado.

3.5.1.2.1 Aspecto general

Al arrancar el programa dando doble clic en el ícono mostrado en la Figura 3.8, se muestra la ventana inicial del programa, Figura 3.9.



Figura 3.8 Icono de ingreso al software DirectSOFT5

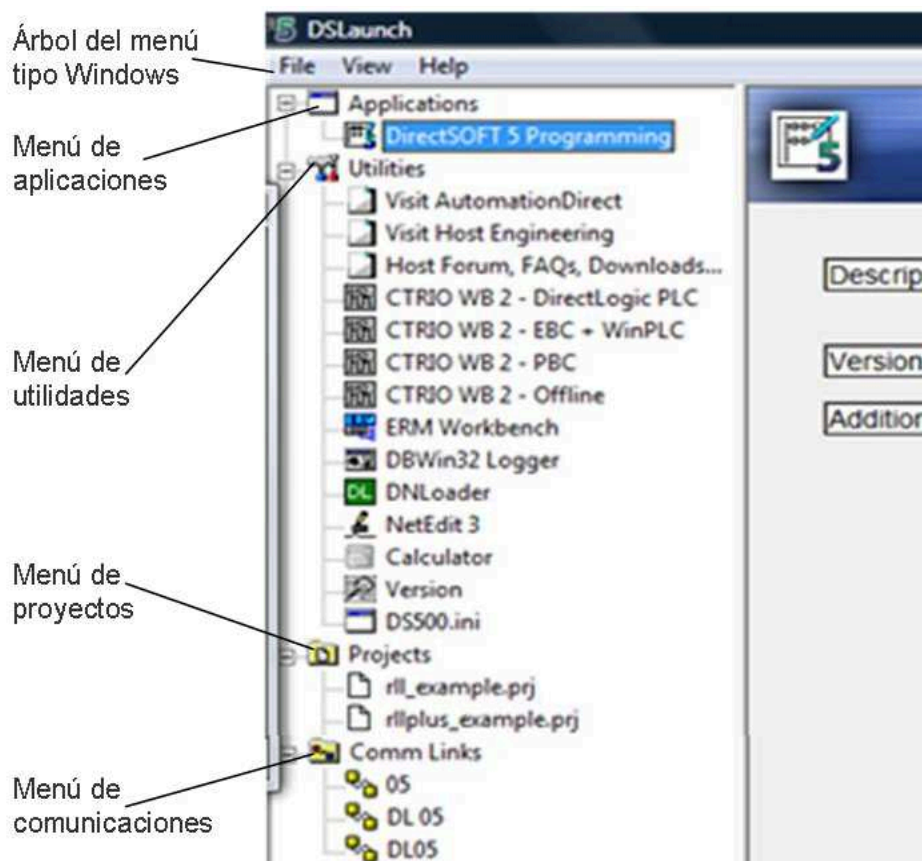


Figura 3.9 Ventana principal del software DirectSOFT5

A continuación se realiza la descripción de los íconos mostrados en la Figura 3.9.

Árbol del menú tipo Windows.- Muestra el entorno del programa en donde se observa las diversas utilidades que tiene el software DirectSOFT5.

Menú de aplicaciones.- Indica el ícono que permitirá acceder al software de programación.

Menú de utilidades.- Muestra las utilidades que cuenta el programa instalado.

Menú de proyectos.- Presenta los proyectos realizados previamente.

Menú de comunicaciones.- Muestra el tipo de comunicaciones y los equipos reconocidos por el software.

3.5.1.2.2 Inicio del programa

El programa brinda algunas opciones para utilizar varias gamas de controladores, el ingreso al programa DirectSOFT5 es sumamente fácil, previo a la selección de la familia del controlador y su tipo.

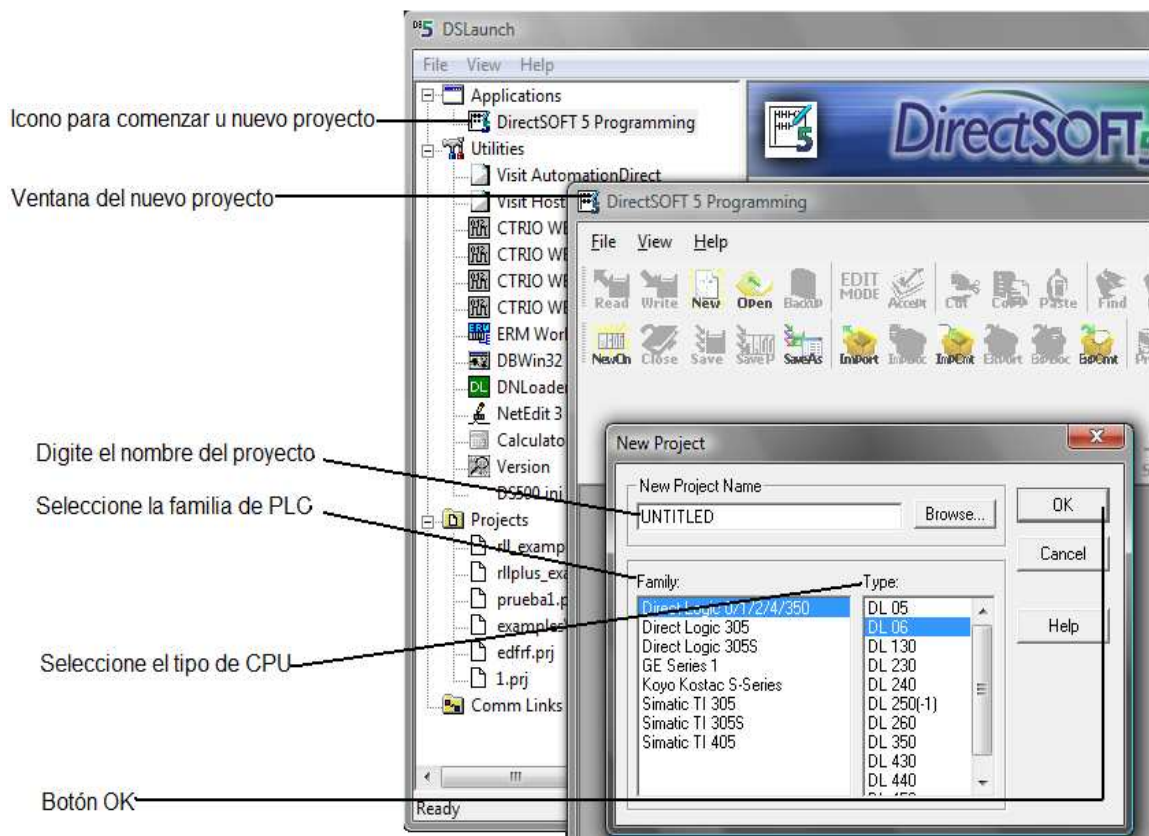


Figura 3.10 Ventana de ingreso a DirectSOFT5

A continuación se describe las opciones mostrados en la Figura 3.10.

Ícono para comenzar un nuevo proyecto.- Dando doble clic en este ícono se abrirá automáticamente una nueva ventana de programación.

Ventana de nuevo proyecto.- Esto indica la nueva ventana de programación creada, donde se deberá digitar el nombre del proyecto a realizarse, escoger la familia y el tipo de PLC.

Botón Ok.- Dando clic en este botón se puede ingresar a la ventana de programación.

3.5.1.2.3 Inicio de un nuevo proyecto

Para escribir el programa en un nuevo proyecto, se ingresa al modo de modificar el programa de varias maneras, siendo el más común haciendo clic en el botón “EDIT MODE” en la barra de herramientas.

DirectSOFT5 indicará el modo de modificación activo cuando la caja del cursor se convierte en sólida y el botón “EDIT MODE” se marca y cambia de OFF a ON, como se indica en la Figura 3.11.

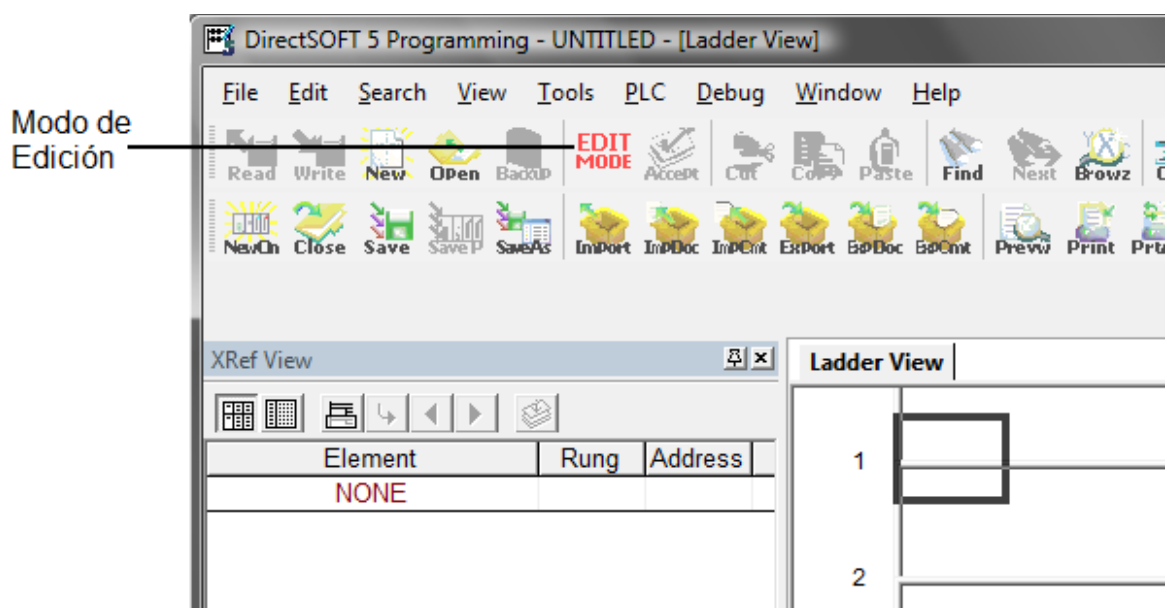


Figura 3.11 Modo de edición del programa en DirectSOFT5

3.5.1.2.4 Elementos e instrucciones básicas

La barra de herramientas "TOOL PALETTE", aparece en la parte inferior de la ventana de programación una vez activado el Modo de Edición (EDIT MODE), Figura 3.12; y de esta manera se tiene lista la ventana de programación para crear un nuevo programa en lenguaje ladder.

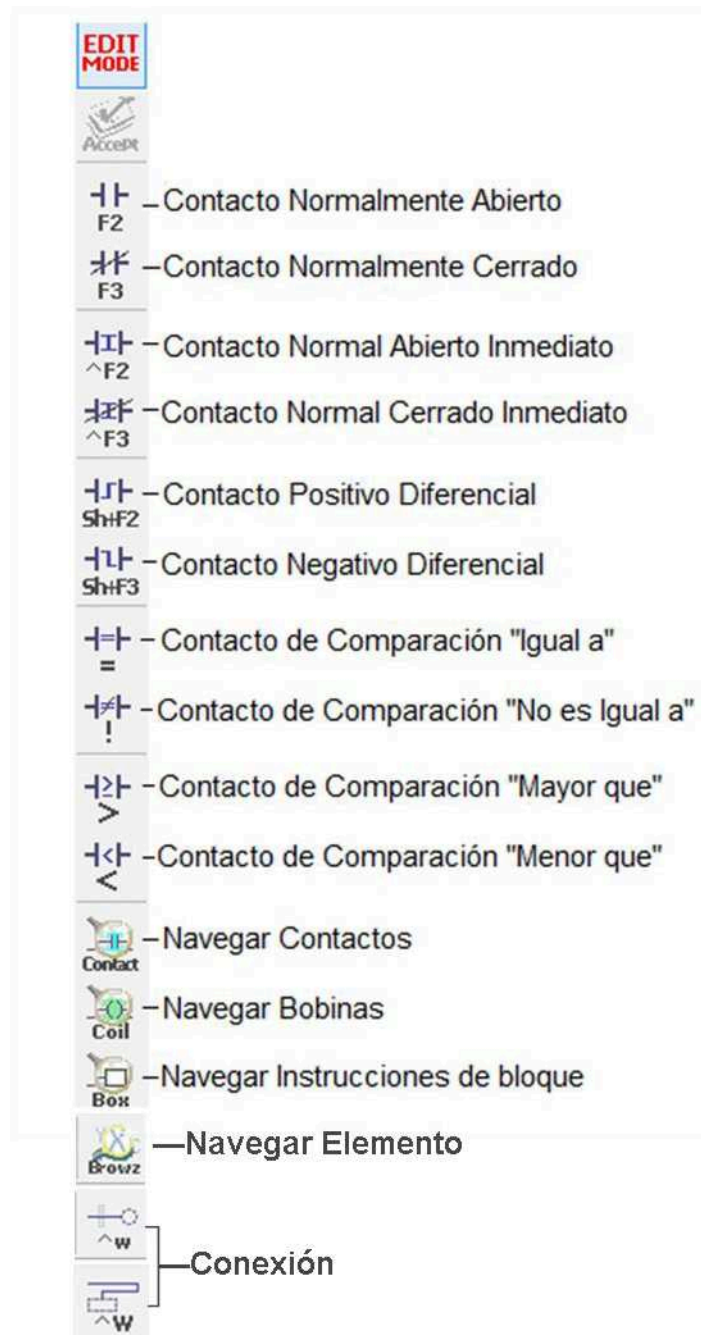


Figura 3.12 Barra de herramientas (ToolPalette)

Los elementos descritos a continuación son los que se manejan en el programa ladder.

- Puntos de entrada (Datos tipo X)
- Puntos de salida (Datos tipo Y)
- Relés de control (Datos tipo C)
- Timers y bits de estado de timer (Datos tipo T)
- Contadores y bits de estado de contadores (Datos tipo CT)
- Memoria palabra (Datos tipo V)
- Bits de palabra (Datos tipo B)
- Estados (Datos tipo S)
- Relés especiales (Datos tipo SP)

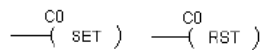
Existen más de 300 instrucciones distribuidas en la Paleta Ladder, de las cuales se indicaran algunas de las que se pueden usar en el programa de control de riego:

Contactos Diferenciales
Positivo/Negativo:



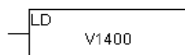
Se activan solo ante un cambio de estado

Bobinas SET/RESET



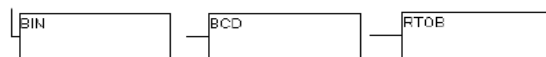
Simulan la acción set/reset de una bobina

Load



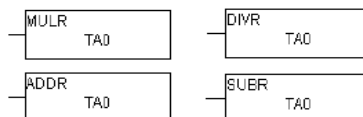
Carga un valor constante al acumulador de la CPU

Cuadros de conversión



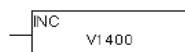
- BCD a binario
- Binario a BCD
- Decimal a binario

Operaciones con doble precisión (32 bits)


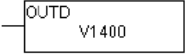
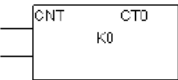
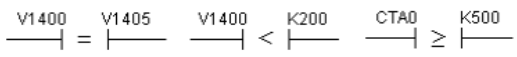


Realizan las operaciones con números reales

Incrementar



Incrementa en uno el valor BCD de la memoria V

Timer Fast acumulativo		Su base es 0.01s usado en aplicaciones de respuesta rápida
Salida de memoria de doble precisión		Escribe en la memoria V (con tamaño de 32 bits) lo almacenado en el acumulador
Contador		Incrementa su valor en BCD cuando se da una transición de off a on
Operaciones lógicas		Activos cuando se cumple la lógica

3.5.1.2.5 Ingreso de entradas tipo X

Para ingresar una entrada de tipo X, se hace con la ayuda de la barra de herramientas (ToolPalette) y seleccionando un contacto normalmente abierto; por otro lado el estado de la caja de diálogo cambia de vacío a contener el contacto que por defecto se muestra la dirección C0 (se nota destacada de color celeste) acompañada de un indicador de color verde. Si el punto verde del elemento cambia al rojo, significa que la dirección es incorrecta, inválida o un carácter erróneo.

De tal manera que si se ingresa la letra O en vez del dígito 0, el indicador se torna rojo y permanece así hasta que se corrija el error. Se deberá digitar X0, mientras C0 se muestra destacado de color celeste. Después de haber ingresado la dirección correcta, el indicador de error se tornará verde, lo cual permitirá dar un clic en la marca de verificación (✓), o presionar la tecla ENTER, como se observa en la Figura 3.13.

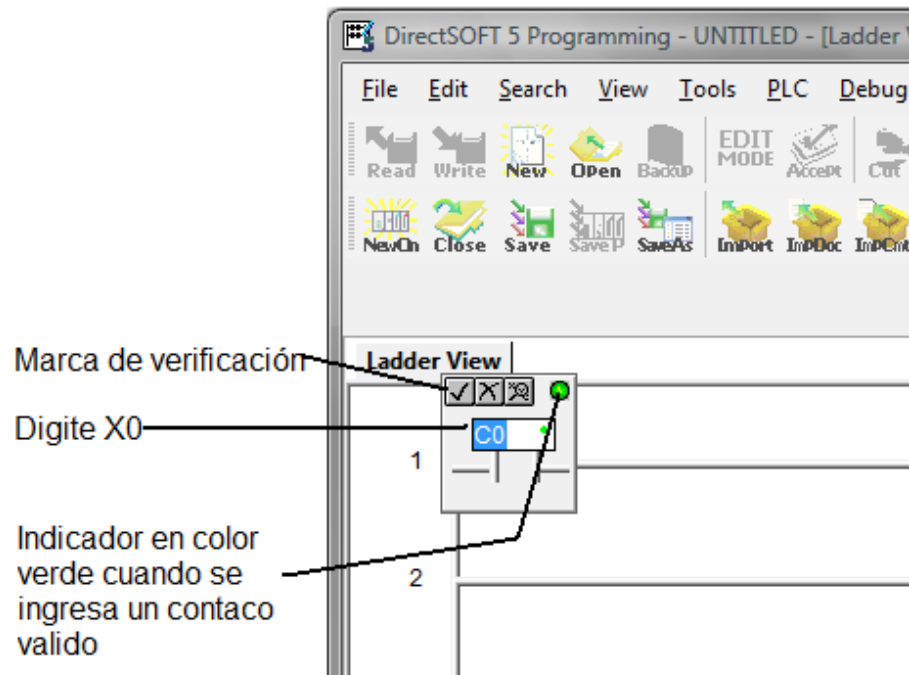


Figura 3.13 Ingreso de un contacto X

Se ha ingresado la instrucción y el cursor se ha desplazado a la posición siguiente de entrada, luego aparece una barra vertical amarilla al lado izquierdo del renglón, el cual indica que se ha ingresado una instrucción o instrucciones, pero no significa que el programa ha sido aceptado o compilado aún, Figura 3.14.

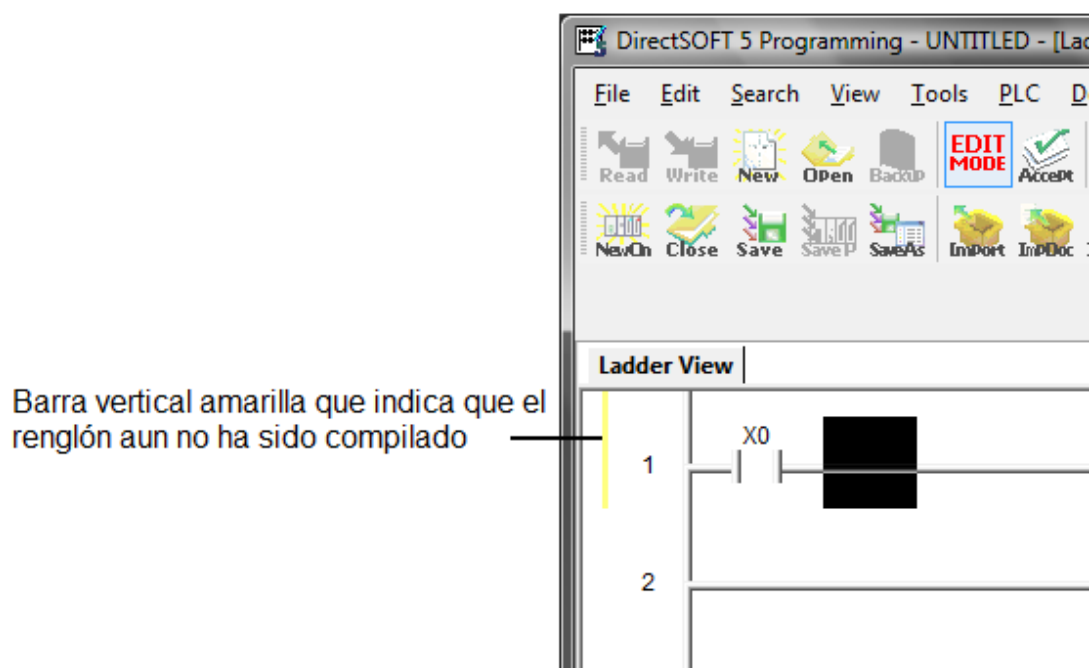


Figura 3.14 Entrada de una instrucción

3.5.1.2.6 Ingreso de salidas tipo Y

El extremo del renglón muestra una instrucción “NOP”, que determina el lugar para el ingreso de bobinas e instrucciones de bloque, al hacer clic en el botón Navegar bobinas (Browser Coils) de la barra de herramientas, Figura 3.15.

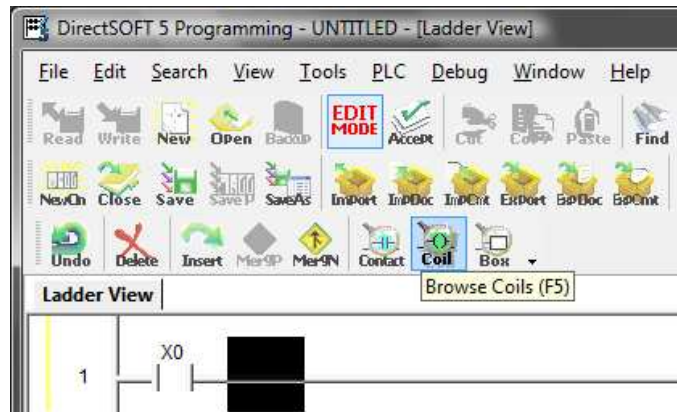


Figura 3.15 Botón Navegador de bobinas (Browser Coils)

El “navegador de instrucciones” (Instruction Browser) aparecerá con la bobina estándar seleccionada por defecto y todas las bobinas existentes. Se debe dar clic en OK para ingresar una bobina estándar, como se muestra en la Figura 3.16.

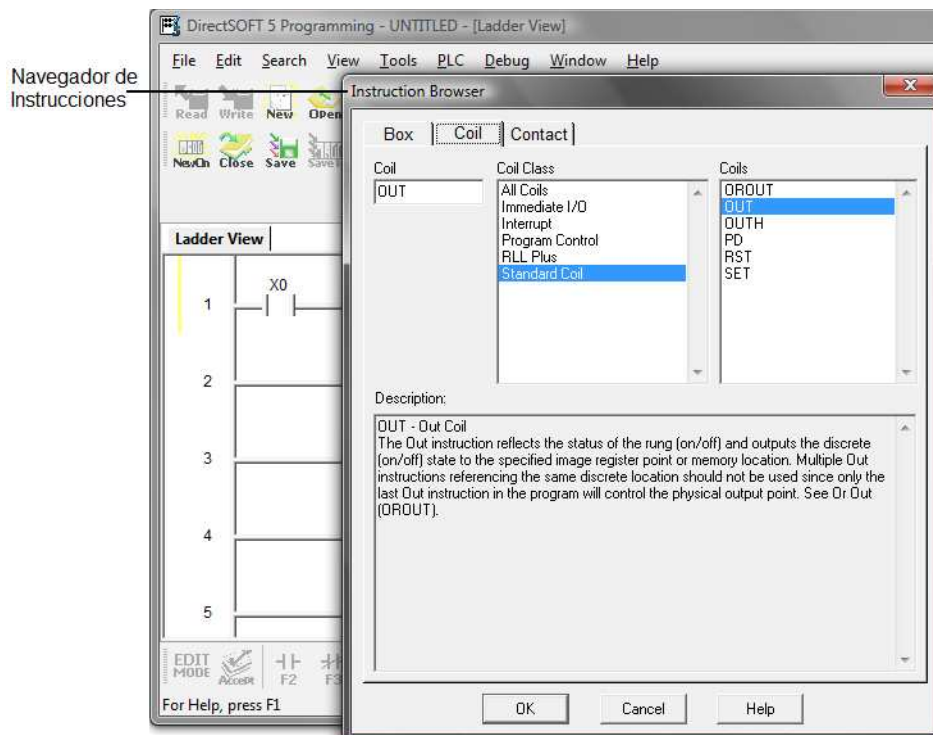


Figura 3.16 Ingreso de una bobina estándar Y

El navegador de instrucciones será sustituido por la caja de entrada del elemento rápido, como se muestra en la Figura 3.17.

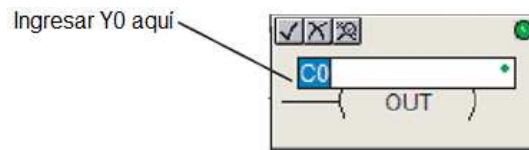


Figura 3.17 Ingreso rápido de una bobina Y

La dirección de la entrada del elemento, por defecto será C0. Se deberá escribir Y0, luego “Enter”. Cuando la dirección ingresada es correcta, el indicador de error estará verde. Con esto se concluye la programación primer renglón Figura 3.18.

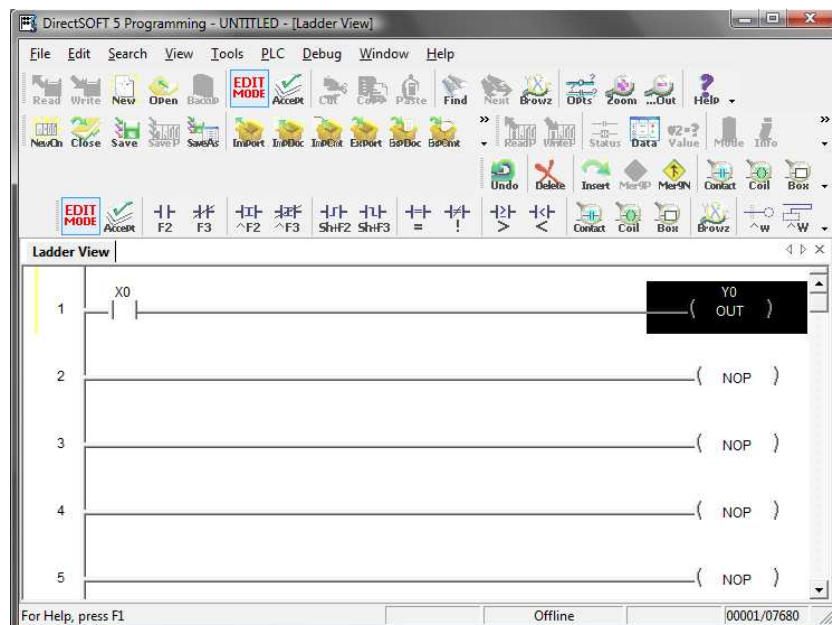


Figura 3.18 Programación de un renglón.

Para culminar la programación necesariamente se deberá ingresar un renglón que contenga la bobina “END”, con el cual se termina de realizar un programa.

3.5.1.2.7 Ingreso de una bobina END

Para programar este renglón, se coloca el cursor sobre la instrucción “NOP” del renglón siguiente, y hacer clic en el botón “BROWSER COILS”, como se indicó anteriormente en la Figura 3.15. Aparecerá la ventana “Instruction browser”. Se

moverá las flechas hacia arriba o hacia abajo, seleccionar “Program Control” en la sección de “COIL CLASS” (clase de bobina) de la ventana. A continuación seleccionar la bobina "END", luego dar clic en “OK” para ingresar el elemento, como se indica en la Figura 3.19.

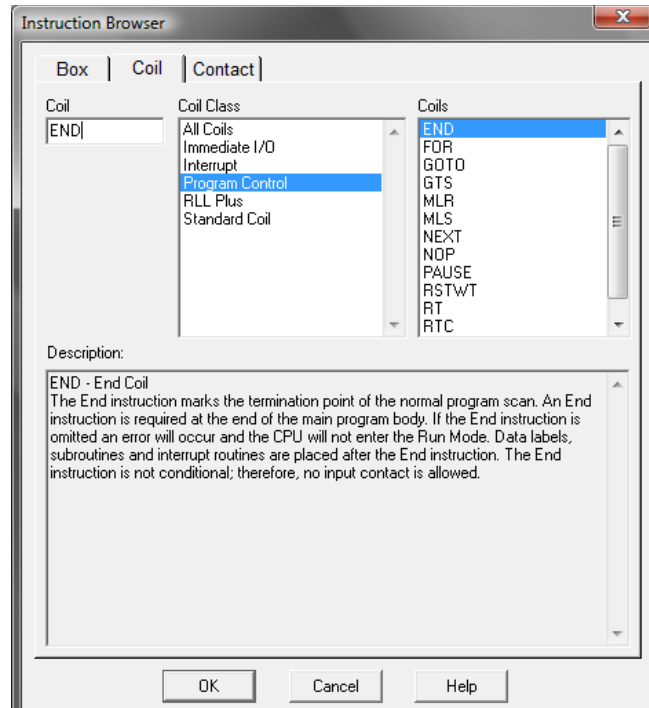


Figura 3.19 Selección e ingreso de una bobina “END”

Ahora hay dos renglones programados, se puede descargar a un PLC de la forma que está, o se puede agregar renglones adicionales al programa. La Figura 3.20 muestra la barra vertical amarilla, e indica que el programa no ha sido compilado.



Figura 3.20 Visualización del programa terminado

3.5.1.2.8 Compilación y almacenamiento del programa

El programa necesita ser compilado para descargarlo al PLC; haciendo clic en el botón "ACCEPT" en el menú barra de herramientas mostrado en la Figura 3.20. Luego de esto la barra vertical amarilla se convierte en verde lo cual indica que el programa está sin errores de compilación, y que se puede descargar al PLC, tal como se indica en la Figura 3.21.



Figura 3.21 Programa compilado correctamente

Se debe notar que los dos íconos de diskette que permiten leer desde el disco (READ FROM DISK) o escribir al disco (WRITE TO DISK), no están "grises", como se observa en la Figura 3.22. En este caso, se hace clic sobre el botón de escribir para salvar el programa al disco duro.

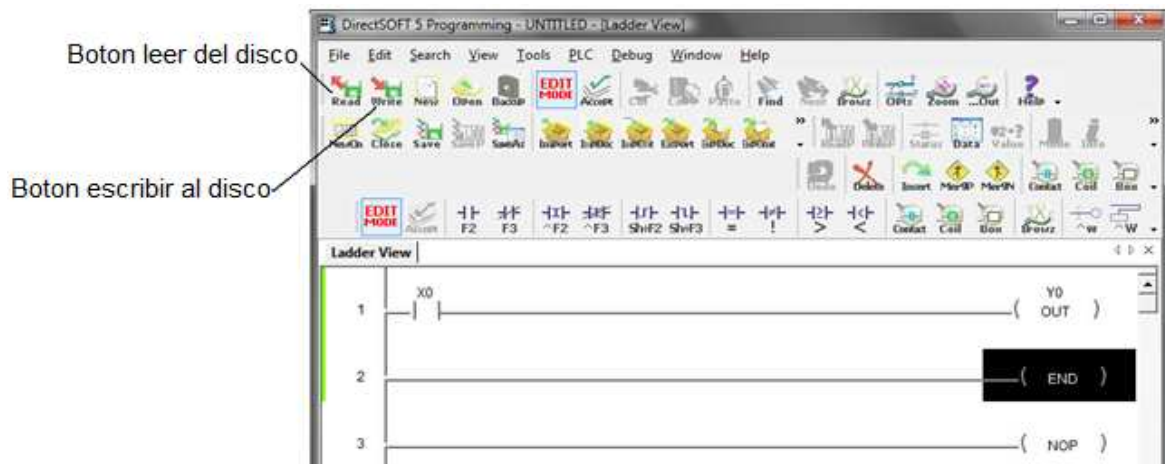


Figura 3.22 Íconos para guardar o cargar un programa

3.5.2 DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE RIEGO

El diseño del programa de control para el sistema de riego está detallado en el ANEXO G.

3.6 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON EL PANEL C-MORE MICRO-GRAPHIC DE 3”

Con el propósito de realizar la supervisión, configuración de parámetros y operación del sistema de riego se implementa una pantalla no táctil para la interface hombre máquina en el tablero de control para facilidad de acceso del operador.

3.6.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PANEL C-MORE MICRO-GRAPHIC DE 3”

El panel C-more Micro-Graphic 3” EA1-S3MLW-N es un visualizador de texto de 10 líneas (con 32 caracteres en cada una para texto estático) y 10 líneas (con 21 caracteres en cada una para texto dinámico), un interfaz de operador que puede comunicarse con el controlador DL05 de Koyo. Permite visualizar, vigilar y modificar las variables del proceso pertenecientes a la aplicación. Se puede ejecutar las siguientes funciones:

- Visualizar mensajes leídos del PLC DL05
- Ajustar determinadas variables del programa de control
- Forzar / desforzar entradas y salidas (E/S)
- Configurar los parámetros del visualizador

Es alimentado desde el PLC a través del cable RS232C con conector RJ12 o desde una fuente de alimentación independiente.

3.6.2 DIAGRAMA DE FLUJO MEDIANTE HMI PARA EL CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO

La Figura 3.23 muestra el diagrama de flujo que sintetiza el programa implementado para el control del sistema de riego mediante la pantalla C-more Micro-Graphic EA1-S3MLW-N.

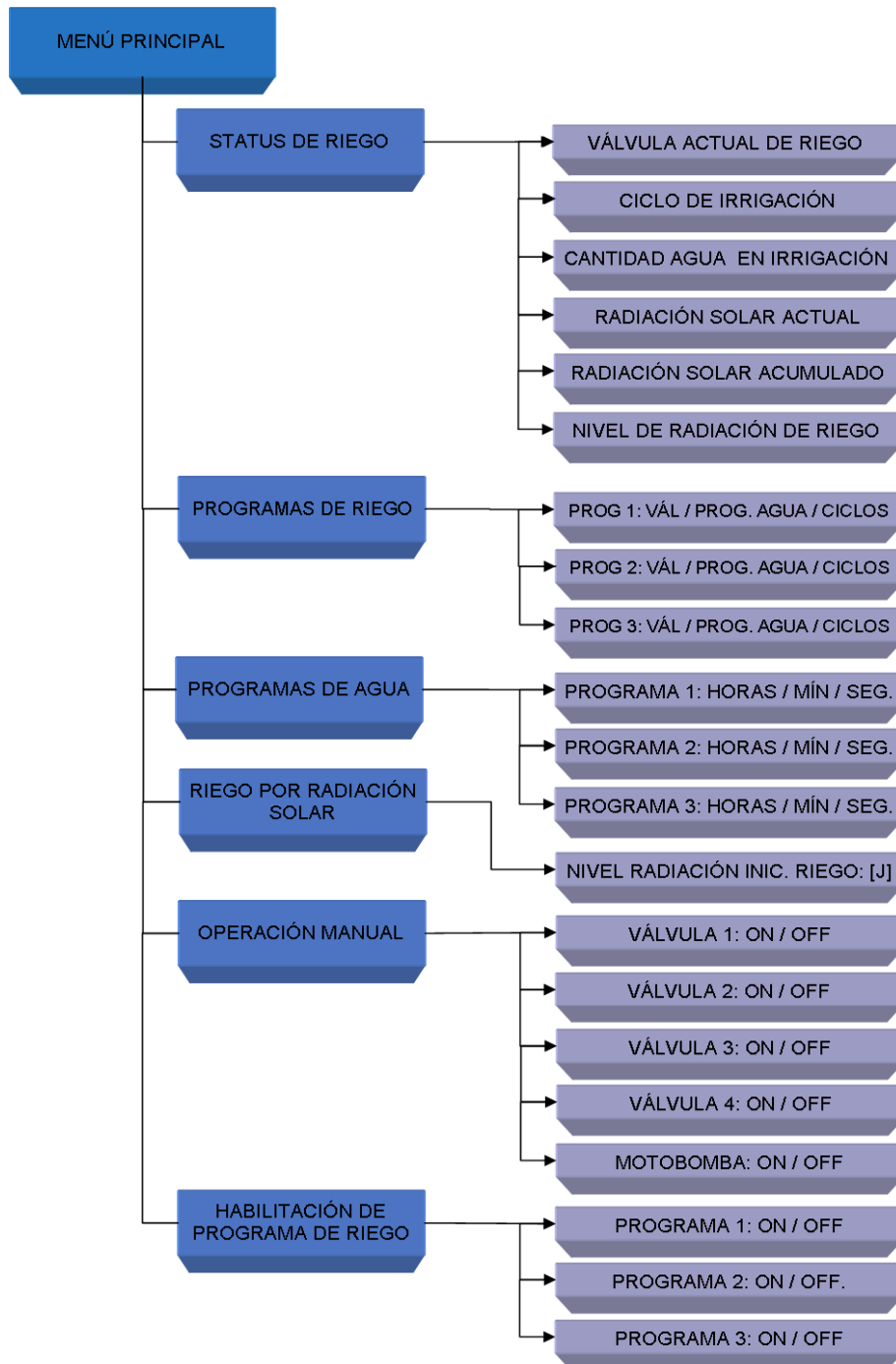


Figura 3.23 Diagrama de flujo de la HMI para el control de riego

3.6.3 PROGRAMACIÓN DEL PANEL C-MORE MICROGRAPHIC

EA1-S3MLW-N

Para ejecutar el control al sistema de riego mediante el visualizador de texto es necesario implementar en el software de programación C-more Micro-Graphic, el cual se realiza en un computador y se descarga en el panel EA1-S3MLW-N a través del cable de programación RS232C con conector RJ12.

3.6.4 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

C-more Micro-Graphic

El software de programación C-more Micro-Graphic es un paquete computacional que funciona bajo el sistema operativo Windows, ofrece útiles funciones diseñadas para reducir el tiempo en la programación y configuración del panel EA1-S3MLW-N. El diseño de un programa consiste en seleccionar objetos desde la "barra de objetos" arrastrar y depositar en el área de construcción, configurar las etiquetas del PLC y asignarlas a los objetos.

3.6.4.1 Requisitos del sistema operativo de la PC

EA-MG-PGMSW C-more Micro-Graphic se puede ejecutar en un ordenador, el cual debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Requiere Windows 2000/XP (Home o Pro) de 800 MHz o superior
- Teclado y mouse recomendado
- Monitor de 800 x 600 píxeles de resolución y 64K colores mínimo
- 150 MB de espacio libre en el disco duro
- 128 MB de RAM (512 MB recomendado), 512 MB de RAM (se recomienda 1 GB) para Windows Vista
- Puerto USB para la transferencia del programa al panel

Para la instalación del software EA-MG-PGMSWC-more Micro-Graphic en el sistema operativo Windows NT/2000 o Windows XP, deberá iniciar la sección con derechos de administrador.

3.6.4.2 EA-MG-PGMSW C-more Micro-Graphic

A continuación se hace la descripción de algunas opciones del software utilizado.

3.6.4.2.1 Iniciar software C-more Micro en la PC

Para arrancar el programa C-more Micro en la PC se hace dando doble clic en el ícono mostrado en la Figura 3.24.



Figura 3.24 Icono de ingreso al software C-more Micro

3.6.4.2.2 Aspecto general

En la Figura 3.25 se muestra la ventana principal de C-more Micro indicando el nombre de cada una de las secciones que lo conforma.

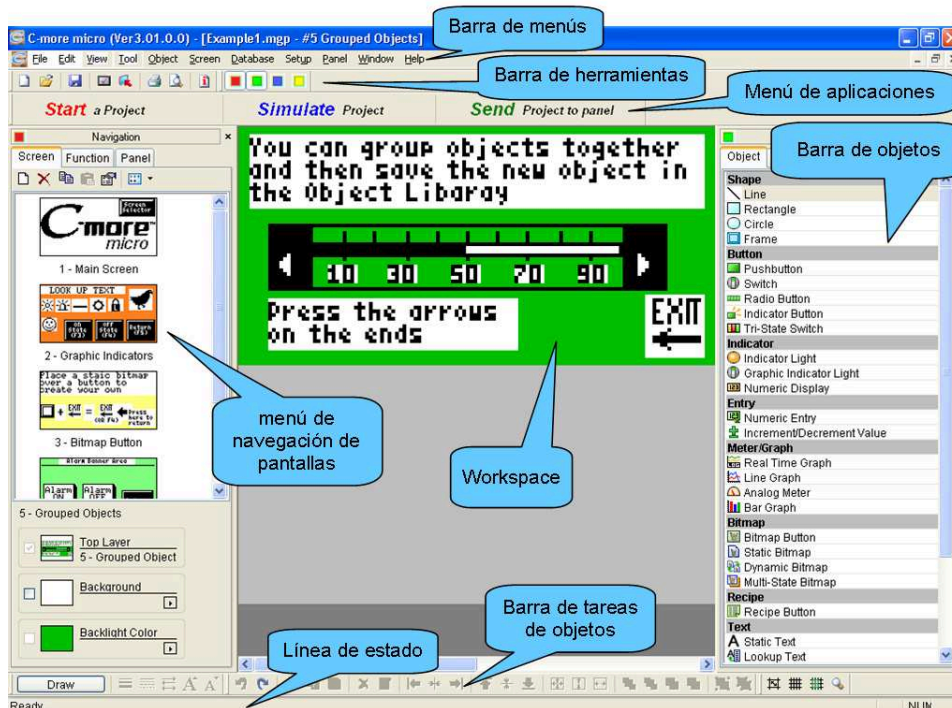


Figura 3.25 Ventana principal del software de programación C-more Micro

A continuación se realiza la descripción de los íconos mostrados en la Figura 3.25

Barra de menús.- Muestra el entorno del programa en donde se observa las diversas utilidades que tiene el software C-more Micro.

Barra de herramientas.- Permite ejecutar tareas de una forma más rápida a través de la paleta gráfica como: abrir, guardar, cerrar, cambiar nombre a un proyecto, cambiar forma de vista del área de trabajo, información de un proyecto, etc.

Menú de aplicaciones.- Indica los íconos que permiten crear un nuevo proyecto, simular o enviar un proyecto al panel.

Barra de objetos.- Muestra los distintos objetos disponibles para la elaboración de pantallas.

Workspace.- Es el área en donde se disponen los objetos para la construcción de las pantallas de visualización.

Menú de navegación de pantallas.- Muestra las pantallas que está contenido en un proyecto.

Barra de tareas de objetos.- Permite modificar los objetos dispuestos en el área de trabajo previamente seleccionado.

3.6.4.2.3 *Elaboración de una nueva pantalla*

Para la elaboración de una pantalla se debe hacer un click en la opción “Start a Project” (Empezar un proyecto) del menú de aplicaciones Figura 3.26.

A continuación aparecerá una nueva ventana de dialogo, la cual indica lo siguiente:

SaveLocation.- Indica la dirección en donde se guardará el presente proyecto.

ProjectName.- Nombre del proyecto, en donde se debe reemplazar “New Project” por otro nombre mediante el cual se reconocerá el proyecto a ser elaborado y almacenado en la CPU.

HMI Type.- Aquí seleccionamos el tipo de HMI en base a la cual se construye la pantalla y a donde se transferirá el programa previamente elaborado.

PLC Protocol.- Aquí seleccionamos la marca, modelo o tipo de PLC con el cual se realizará la intercomunicación a través de la pantalla ya elaborada.

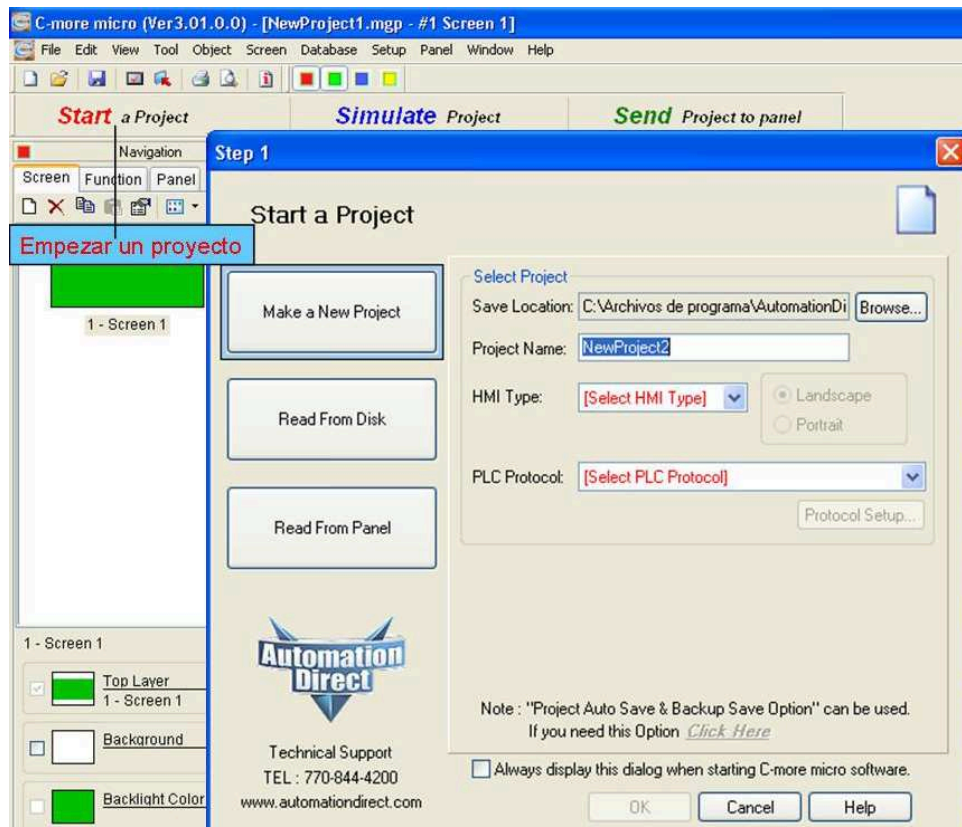


Figura 3.26 Ventana para creación de un nuevo proyecto

3.6.4.2.4 Introducir objetos

Para la elaboración una pantalla, se arrastra y se deposita los objetos desde la "barra de objetos" al área de construcción (Workspace). A continuación aparece la ventana 1, donde hay que digitar el nombre al objeto a utilizar y el tipo de dato que este va a manejar, Figura 3.27.

Luego dando click en la parte inferior izquierda de la ventana 1 (TagNameDatabase), se desplaza la ventana 2, en donde se configura las etiquetas del PLC y se asigna el objeto a utilizar.

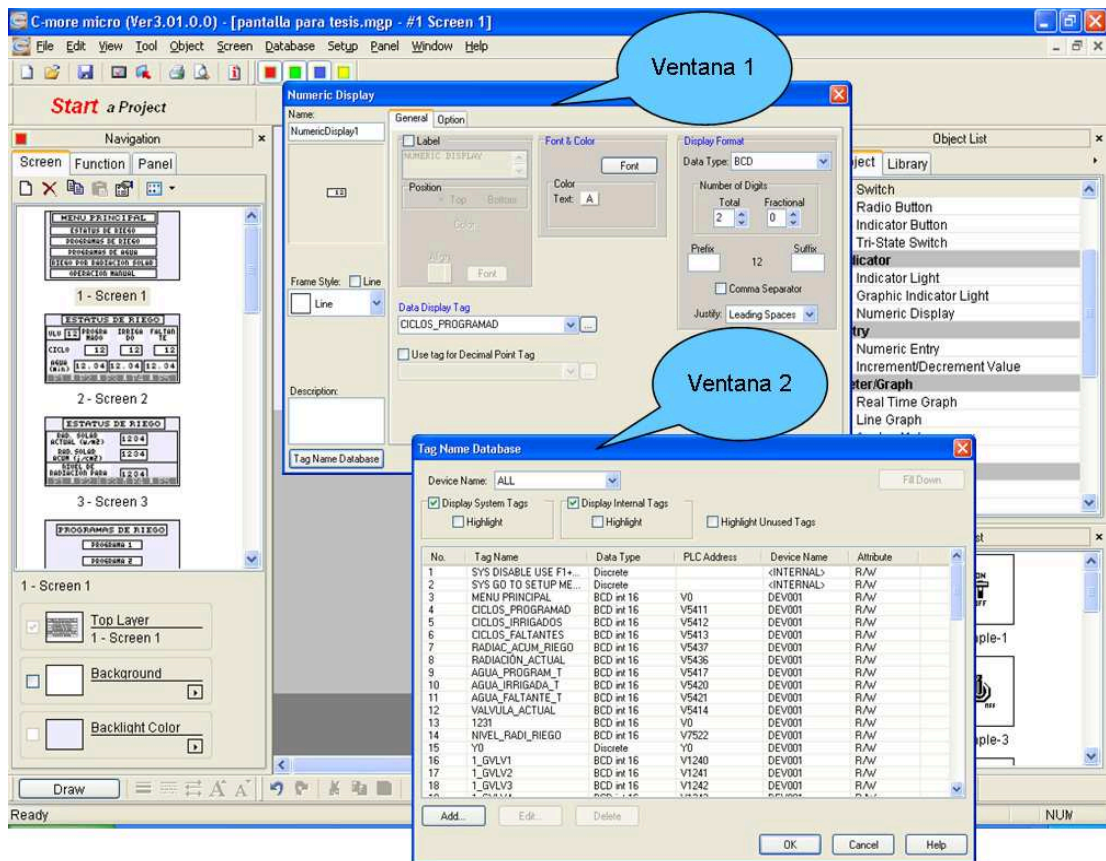


Figura 3.27 Ingresando objetos al área de trabajo

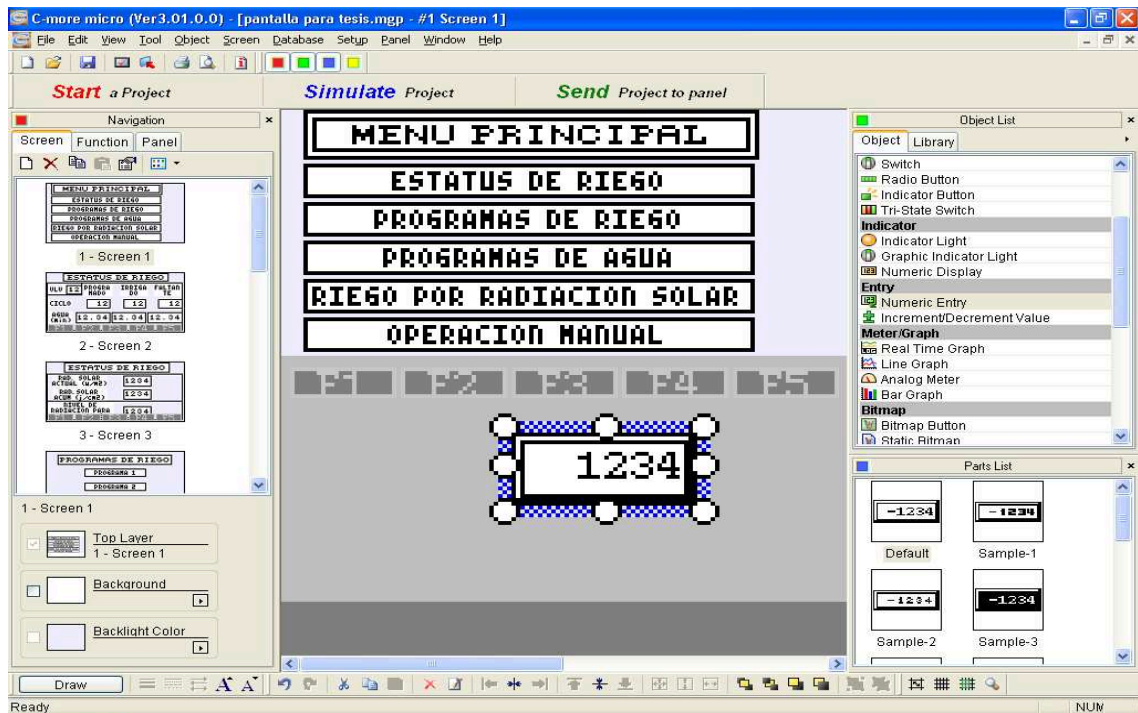


Figura 3.28 Objetos ingresados exitosamente al Workspace

3.6.4.2.5 Compilar

Sirve para depurar errores que aparecen en la ventana de resultados para transferir el programa al panel o a su vez para simular y visualizar el desarrollo del programa a través de un panel C-more Micro virtual, en la pantalla de la CPU.

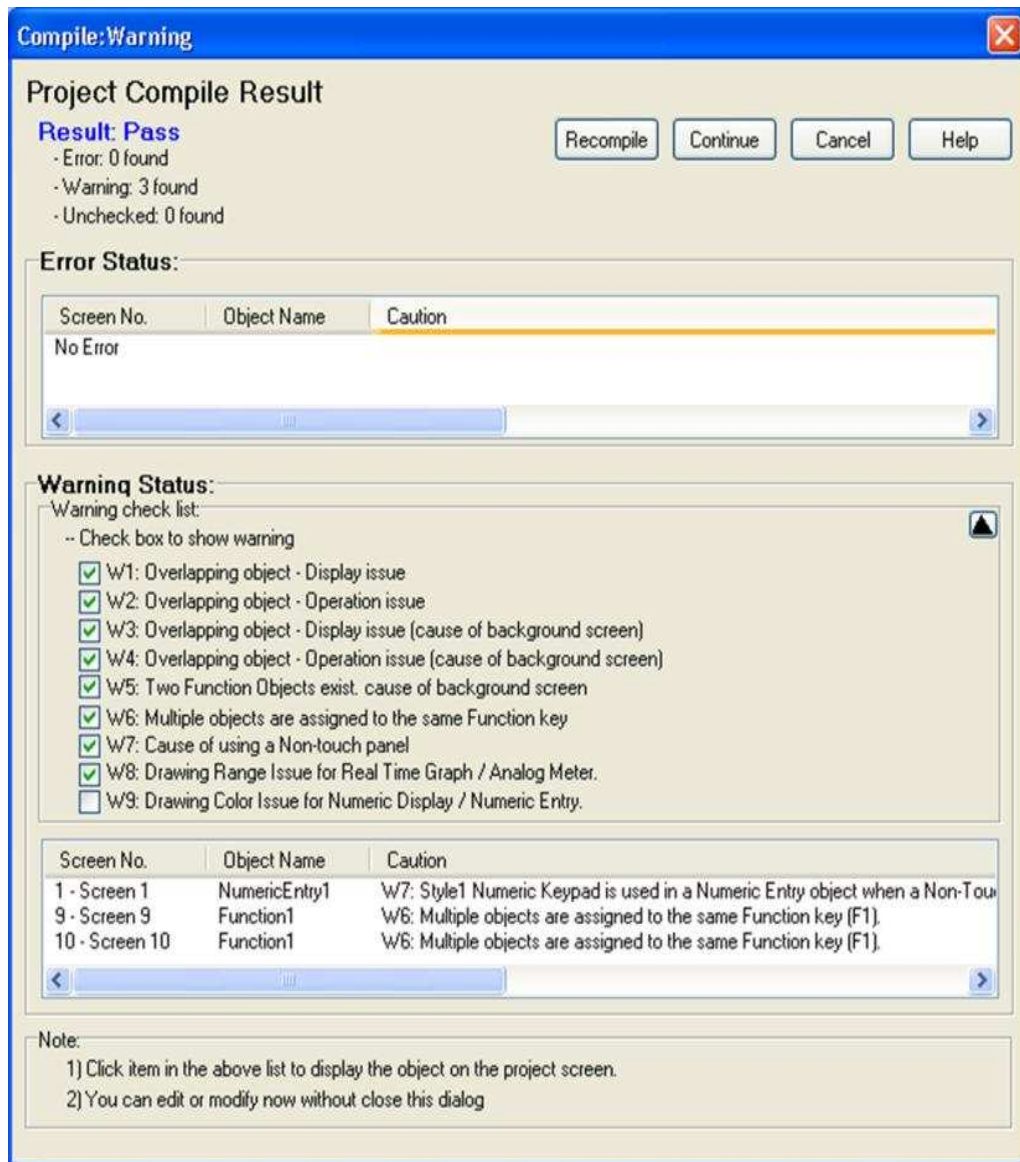


Figura 3.29 Compilación del programa

3.6.4.2.6 Simular

Sirve para visualizar el programa desarrollado a través de la pantalla de la CPU, como se muestra en la Figura 3.30.

En la Figura 3.31 se muestra la lista de pantallas existentes y programadas en un proyecto, nombre de objetos, dirección del parámetro vinculado al PLC, tipo de datos y valores que maneja cada objeto en el programa.

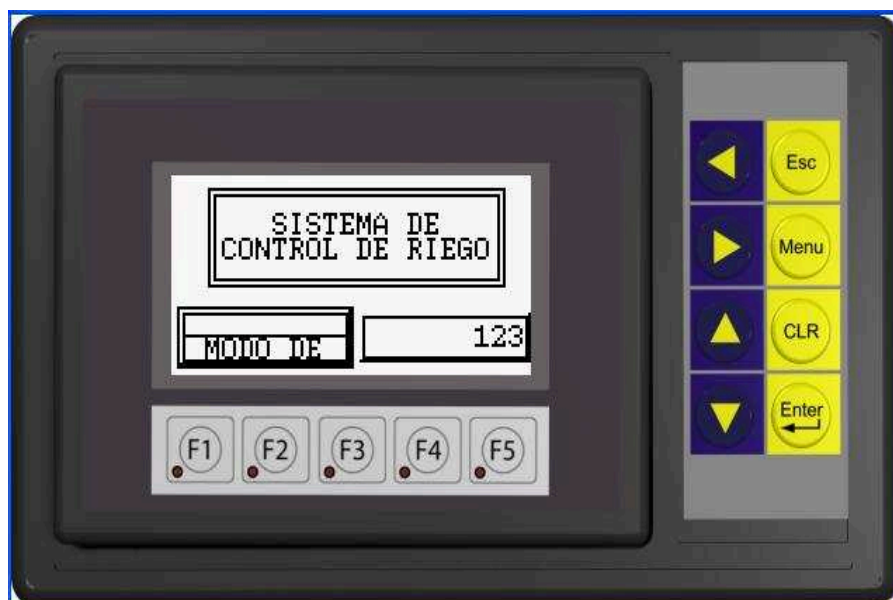


Figura 3.30 Simulación del programa en la CPU



Figura 3.31 Ventana de dialogo para simulación

3.6.5 DISEÑO DE LA INTERFAZ PARA EL CONTROL DE RIEGO

A continuación se hace una breve descripción acerca de los botones disponibles en el panel de visualización, el contenido de información del menú del sistema (SETUP MENU), así como también el contenido del programa implementado (MENU PRINCIPAL) para el control del sistema de riego.

3.6.5.1 Descripción de las funciones del teclado

Para habilitar el programa de control de riego en la pantalla se debe presionar la tecla F5 y así poder acceder al contenido del mismo, Figura 3.32.



Figura 3.32 Pantalla de Habilitación del programa de control de riego

Para desplegar el menú principal y el contenido de todas las opciones disponibles en este, se hace presionando la tecla F1, tal como se muestra en la Figura 3.33.

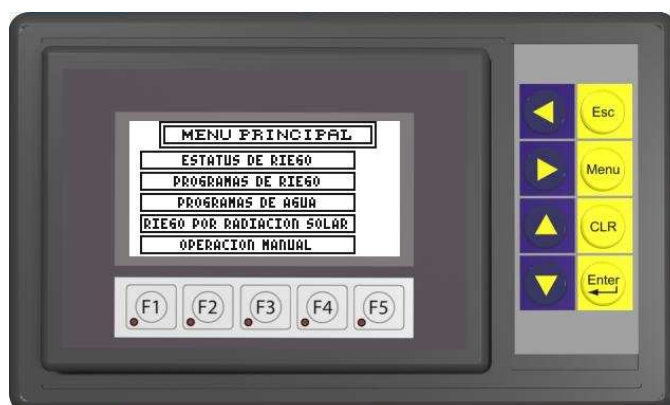


Figura 3.33 Contenido del "MENU PRINCIPAL" de control de riego

Al presionar cualquiera de las teclas desplazar izquierda, desplazar derecha, subir o bajar, el cursor se coloca al inicio de las opciones del “menú principal”. Para moverse entre las diferentes opciones del menú, se puede hacer presionando las teclas desplazar izquierda o desplazar derecha, como se indica en la Figura 3.34.

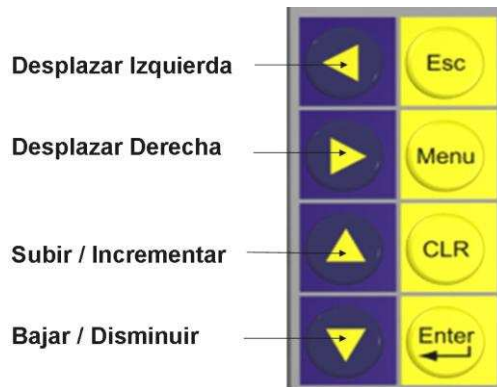


Figura 3.34 Teclado del panel para desplazar y seleccionar una opción

Para acceder al contenido dentro de las opciones del “menú principal”, se coloca el cursor sobre la opción deseada y pulsando la tecla “Enter” se despliega el resto del contenido en esta opción.

La configuración de los parámetros en el programa de riego, se hace utilizando las teclas incrementar o disminuir, estas teclas nos permiten ingresar valores numéricos entre 0 y 9 en forma ascendente o descendente respectivamente; mientras que para desplazar entre las cifras de el/los valor/es, se hace pulsando las teclas desplazar izquierda o desplazar derecha. Para regresar al contenido del menú principal siempre se debe presionar la tecla F1 en el panel.

3.6.5.2 Descripción del menú del sistema (“SETUP MENU”)

El menú del sistema “SETUP MENU” del panel de visualización, muestra las siguientes opciones como:

- ❖ Información sobre la memoria, extensión, modelo y la versión del firmware.
- ❖ Configuraciones de luz de fondo de la pantalla LCD.
- ❖ Comprobaciones del menú, etc.

Para ingresar al menú del sistema se pulsa la tecla “Menú” en el panel, con la tecla subir o bajar podemos navegar entre las opciones desplegadas.

Si desea ingresar al contenido de estas opciones, se ubica sobre la opción y se puede pulsar la tecla “Enter” o la tecla “Desplazar Derecha”. Para regresar un paso anterior se puede pulsar la tecla “Esc” o “Desplazar Izquierda en el panel.

Para salir completamente del menú del sistema pulsamos varias veces sean necesarias la tecla F1 hasta que una ventana de diálogo nos pregunte “desea salir del menú del sistema?” en inglés (Do you want to exit from System Screenshot?), si está de acuerdo pulsa la tecla F5, caso contrario pulsa F1.



Figura 3.35 Opciones en el menú del sistema

3.6.5.3 Descripción del “MENU PRINCIPAL” para el control del sistema de riego

Para acceder al contenido del “menú principal” para el control del sistema de riego, seleccionamos la opción a interés navegando sobre ellos con las teclas “desplazar Izquierda” o “Desplazar Derecha” y pulsando la tecla “Enter” se desplegara otra pantalla con un nuevo contenido dentro de la misma. Si esta última posee otras alternativas, se debe seguir el proceso anterior, seleccionando la opción y pulsando “Enter”.

Para regresar un paso anterior dentro de las opciones se hace pulsando la tecla F4, para regresar al “menú principal” se lo hace pulsando la tecla F1.

3.6.5.3.1 Estatus de riego

Para acceder al contenido en el “ESTATUS DE RIEGO” se coloca el cursor sobre este y pulsando “Enter” nos despliega el contenido en la pantalla, como se indica en la Figura 3.36 (a). Para desplegar el resto del contenido en el “ESTATUS DE RIEGO” se pulsa la tecla F5, figura 3.36 (b).

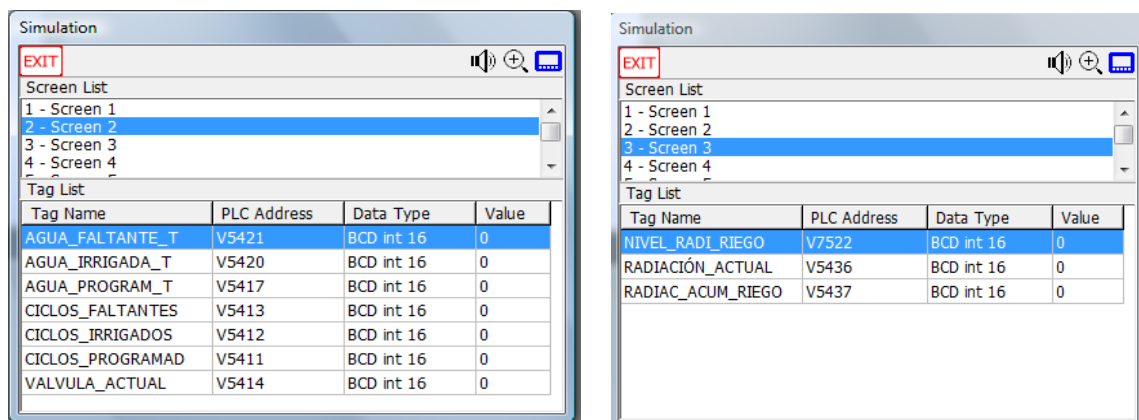


(a)

(b)

Figura 3.36 Pantalla Estado de riego del sistema

Estas pantallas solo nos permite visualizar el estado en el que se encuentra el riego, tales como: la electroválvula que está trabajando, los ciclos de irrigación y el nivel de radiación; cada una de esta información dependiendo del estado actual y programado. Los parámetros que se muestra en las ventanas de simulación Figura 3.37 (a) y (b) y que son enviados desde la memoria del PLC, solo puede ser observado cuando el programa de riego es ejecutado en un ordenador.



(a)

(b)

Figura 3.37 Información de estado de riego enviado por PLC al panel

3.6.5.3.2 Programas de riego

Para seleccionar uno de los tres programas de riego disponibles en la lista, se debe seguir los pasos indicados en la sección 3.6.5.1.

Aquí se debe programar las condiciones de riego para plantación, seleccionando el número de electroválvulas que va a regar y el/los programa/s de agua con la que va a trabajar, de igual forma el número de ciclos que va a tener el programa elegido. Figuras 3.38 (a) y (b).



Figura 3.38 Pantallas de los programas de riego de agua

Al disponer de tres programas de riego, cada uno de ellos con distintos parámetros de configuración, nos permitirá tener el control sobre el volumen de agua en cada zona, dependiendo del área del terreno y de la edad de las plantas.

Tag Name	PLC Address	Data Type	Value
1_CICLOS_A	V1220	BCD int 16	0
1_GVLV1	V1240	BCD int 16	0
1_GVLV2	V1241	BCD int 16	0
1_GVLV3	V1242	BCD int 16	0
1_GVLV4	V1243	BCD int 16	0
1_GVLV5	V1244	BCD int 16	0
1_PROG_RIEGO_G1	V1350	BCD int 16	0
1_PROG_RIEGO_G2	V1351	BCD int 16	0
1_PROG_RIEGO_G3	V1352	BCD int 16	0
1_PROG_RIEGO_G4	V1353	BCD int 16	0
1_PROG_RIEGO_G5	V1354	BCD int 16	0

Figura 3.39 Direcciones de almacenamiento de datos del PLC

Los programas de riego 1, 2 y 3, son de igual configuración, al disponer de varios programas de riego logramos también tener diferentes intervalos de tiempo en la apertura de las válvulas, de tal manera que se pueda optar por el programa que más sea conveniente para hacer el riego en la plantación.

3.6.5.3.3 Programas de agua

Los programas de agua son algoritmos que van a controlar el tiempo que permanecerán haciendo el riego cada una de las válvulas vinculadas a su respectivo programa.



Figura 3.40 Pantalla para programar el tiempo de riego de las electroválvulas

Los valores numéricos son ingresados tal como se indicó en la sección 3.6.5.1, los cuales son enviados a las direcciones del PLC para ser ejecutados.

Tag Name	PLC Address	Data Type	Value
P_AG_1_HORAS	V4601	BCD int 16	0
P_AG_1_MINUTOS	V4602	BCD int 16	0
P_AG_1_SEGUNDOS	V4603	BCD int 16	0
P_AG_2_HORAS	V4621	BCD int 16	0
P_AG_2_MINUTOS	V4622	BCD int 16	0
P_AG_2_SEGUNDOS	V4623	BCD int 16	0
P_AG_3_HORAS	V4641	BCD int 16	0
P_AG_3_MINUTOS	V4642	BCD int 16	0
P_AG_3_SEGUNDOS	V4643	BCD int 16	0

Figura 3.41 Direcciones de almacenamiento en el PLC

3.6.5.3.4 Riego por radiación solar

En esta opción se ingresa el parámetro del nivel de radiación solar al que se harán los riegos; este dato es proporcionado por un Ingeniero Agropecuario luego de un análisis sobre el tipo de cultivo, tierra y/o región.



Figura 3.42 Casillero para ingresar el nivel de radiación solar para hacer el riego

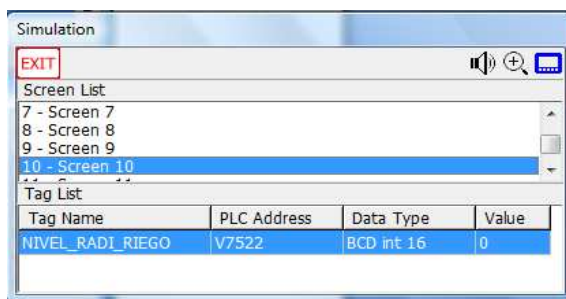


Figura 3.43 Dirección de almacenamiento del nivel de radiación en el PLC

3.6.5.3.5 Operación manual

En esta opción se puede activar o desactivar las válvulas o la bomba en forma manual, presionando ON u OFF dependiendo del estado de estos elementos.

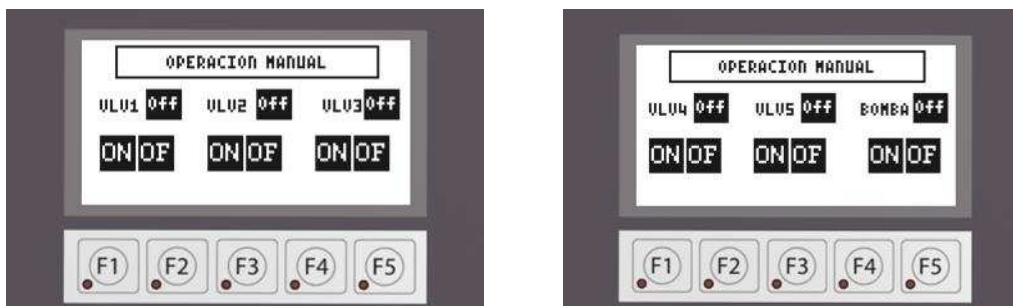


Figura 3.44 Pantallas de operación manual

Para acceder al resto del contenido en esta opción, se hace presionando la tecla F5 y se desplegará las opciones disponibles en la operación manual. Figura 3.44 derecha.

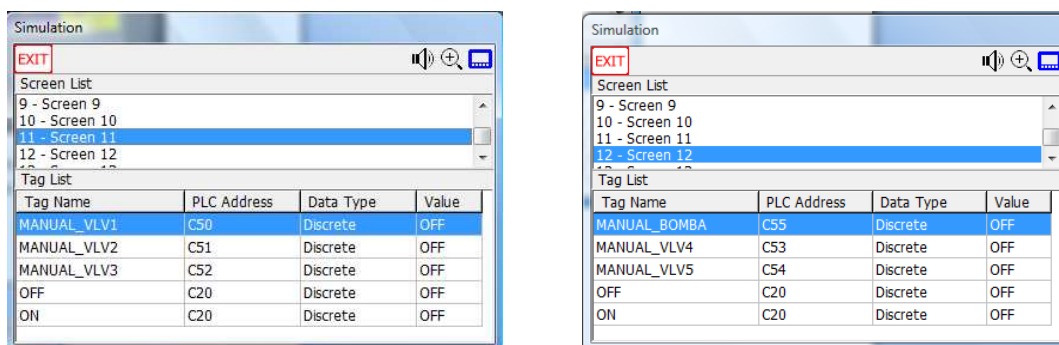


Figura 3.45 Direcciones de comando del PLC

3.6.5.3.6 Habilitación del programa

Es importante la habilitación del programa que se va a utilizar, es decir el programa deberá estar en estado ON, ya que de lo contrario no se dará el riego.



Figura 3.46 Pantalla para la habilitación de los programas de riego

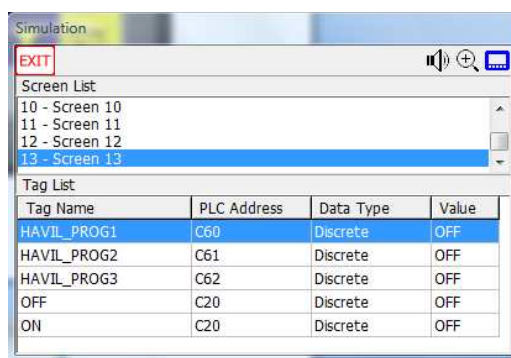


Figura 3.47 Dirección de comando al PLC

CAPITULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se hace la descripción de las pruebas de todos los elementos que comprende el sistema de riego, con la finalidad de verificar se cumplan los objetivos perseguidos en el desarrollo del presente proyecto.

4.2 PRUEBAS

A continuación se describe las pruebas que se realizaron antes de poner en funcionamiento el sistema de control de riego.

4.2.1 PRUEBAS DEL TABLERO DE CONTROL

Luego de la instalación de todos los elementos de protección, operación, control y maniobra en el tablero se procedió a hacer las siguientes pruebas:

4.2.1.1 Pruebas de alimentación de voltaje

Esta prueba descarta que al activar los elementos de protección ningún elemento reciba un nivel de voltaje equivocado y evita que existan conexiones que produzcan cortocircuito y la posterior avería de algún componente.

La codificación del cableado en los dispositivos mediante etiquetas es muy importante, con esta información se procedió a medir los voltajes en cada uno de los terminales que alimenta a cada componente en el circuito, una vez verificados los voltajes se procedió a encender uno a uno y a constatar el buen funcionamiento de cada uno de los dispositivos y elementos de control.

4.2.1.2 Pruebas de cableado de señales I/O al PLC

Esta prueba se realizó una vez que se ha comprobado que el tablero de control está totalmente energizado y que cada uno de los finales de carrera están bien anclados y recibiendo 24 VDC, este último sirve como señal de control desde los módulos de salidas del PLC hacia las bobinas de los relés, y estos a su vez accionen las bobinas de los actuadores.

Con la ayuda del mando "*Operación Manual*" en la HMI, se constató que al ir forzando las salidas del PLC se activen los actuadores, es decir las bobinas de las electroválvulas, observando la apertura y cierre de las válvulas de riego de agua.

Tomando en consideración que cada terminal de salida y entrada al PLC debe llevar una señal de 24VDC y que a cada bobina de las electroválvulas debe llegar una señal de 24VAC; comprobando con un multímetro los voltajes en cada una de las borneras correspondientes se concluye que el cableado realizado es correcto.

4.2.2 PRUEBAS DEL TABLERO DE MOTOBOMBA

4.2.2.1 Pruebas de alimentación de voltaje

Mediante esta prueba se descarta que al activar los elementos de protección ningún elemento reciba un valor de voltaje equivocado y evita que existan conexiones que produzcan cortocircuito. Una vez verificados los voltajes se procedió a energizar el tablero y a constatar el buen funcionamiento de cada uno de los dispositivos y elementos de control.

4.2.2.2 Pruebas de cableado en el circuito de control y fuerza

Con la ayuda del selector de mando ubicado en la parte frontal del tablero en forma "Manual" y de un multímetro, se constató que los voltajes en cada una de las borneras y en el cableado de alimentación a la motobomba es la correcta, en consecuencia se determina que el cableado realizado es correcto.

Una vez que el tablero de motobomba está totalmente energizado y funcionando en forma correcta, se procedió a comprobar los sensores de nivel de agua y de presión, para lo cual se debe poner en marcha a la motobomba.

4.2.2.2.1 Calibración y pruebas del presostato

Para la calibración del presostato nos ayudamos de la manivela de control manual disponibles en las electroválvulas para abrir o cerrar las válvulas, luego arrancamos la motobomba y manipulando la manivela de las válvulas se procede a calibrar el presostato, el cual debe apagar la motobomba cuando el manómetro indique una presión de 35 PSI y encender la misma cuando el manómetro indique una presión de 5PSI. Una vez verificado la acción correcta se pudo constatar el buen funcionamiento de este dispositivo.

4.2.2.2.2 Pruebas y calibración del switch por flotador

Para verificar el funcionamiento del “Switch por Flotador” y con la motobomba en marcha, halamos la “cuerda porta flotadores” y en ese instante la bomba se apaga, luego soltamos y la bomba vuelve a encender, lo que significa que el sensor de nivel de agua (Switch por Flotador) funciona en forma correcta. Para la calibración de este dispositivo se toma en consideración la altura mínima de agua de agua que deberá mantenerse en el reservorio el cual es de 30 cm desde la base, luego cortamos la cuerda tomando en cuenta la longitud del nivel requerido y finalmente amarramos a los flotadores respectivos. Con todas estas pruebas y calibraciones realizadas se determina que el switch por flotador funciona en forma correcta.

4.2.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En estas pruebas se verificó el funcionamiento correcto del sistema de control de riego por goteo implementado, para lo cual el selector ubicado en la parte frontal del tablero de la motobomba debe estar en modo automático (AUTO), tal como se indica en la Figura 4.1.

4.2.3.1 Pruebas de funcionamiento en modo automático

Estas pruebas son realizadas utilizando el mando “Automático”, mediante la aplicación del software del PLC y la HMI. Dentro del funcionamiento en forma remota existen dos posibilidades para hacer el riego en la plantación, ya sea por medio de la aplicación de radiación solar o por acción manual seleccionando “Operación Manual” en la pantalla de monitoreo del sistema de control.



Figura 4.1 Selector de mando y elementos para hacer el riego en la plantación

4.2.3.1.1 Riego por Radiación Solar

Para la ejecución del sistema de riego aplicando la radiación solar, hay que tomar en consideración los pasos indicados en la sección 3.4.1, y de acuerdo al orden siguiente:

1. Ubicar el selector de mando del tablero de motobomba en posición “AUTO”
2. Programar inicio de activación del sistema por medio del timer
3. Por medio de la HMI programamos: tiempo de apertura de válvulas (en minutos), nivel de radiación solar (en J/cm^2).
4. Habilitamos el programa de riego. Para aceptar los parámetros ingresados se debe presionar “ENTER” en todos los casos.

Una vez terminado los pasos anteriores, debemos esperar monitoreando el sistema a través de la HMI.

Luego de haber ejecutado el algoritmo de control, el sistema inicia el riego en la plantación, comprobando con un cronometro tiempos en la apertura y cierre de las electroválvulas correspondientes se determina que el funcionamiento del sistema de control de riego es correcto.

4.2.3.1.2 Riego por Operación Manual

Para la ejecución del sistema de riego mediante “Operación Manual”, seleccionamos esta opción a través de la HMI siguiendo los pasos indicados en la sección 3.4.2.

Una vez concluido este procedimiento, accionamos a modo “ON” una de las válvulas y encendemos (accionando a modo “ON”) la motobomba, luego accionamos el resto de las válvulas completando así el riego en todas las zonas de la plantación. Al concluir el riego apagamos la motobomba accionando a modo “OFF”, cerramos el resto de válvulas y con esto se concluye de hacer el regadío en la plantación de forma correcta.

4.3 RESULTADOS

Los resultados del sistema de control de riego, son obtenidos una vez que se realizó las pruebas de funcionamiento del proceso, los mismos que se detallan continuación:

- El sistema permite hacer el riego en una forma óptima, ya que se reduce de forma considerable la intervención de la mano de obra en el proceso.
- Los elementos de control y visualización utilizados para la implementación del sistema, son los más recomendados ya que permiten un buen funcionamiento y con un tiempo de respuesta optimo durante el proceso.

- El sistema, al tener una pantalla de supervisión, permite un mejor desempeño del operador, ya que se puede realizar tareas de control y visualización en el mismo dispositivo.
- Al ser un sistema muy versátil, se puede aplicar a cualquier otro tipo de cultivo solo variando el tiempo de duración de riego en el proceso.

4.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO

Las operaciones de mantenimiento y/o reparación del sistema de control de riego, deben ser efectuadas por personal especializado, ya que si revisamos periódicamente los parámetros de los componentes más importantes, podremos asegurar un funcionamiento correcto y mayor duración de todas sus partes.

4.4.1 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Para utilizar el sistema de modo correcto y seguro, es esencial que las personas encargadas del mantenimiento y reparación tomen en cuenta las medidas de seguridad, a fin de reducir los riesgos de descarga eléctrica y de lesiones.

4.4.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Con el objeto de mantener el sistema de control de riego en buenas condiciones, nos valemos del mantenimiento preventivo, el cual nos provee los medios para la conservación de sus elementos físicos, con una máxima eficiencia, seguridad y economía.

4.4.2.1 Mantenimiento del tablero de control

- Chequear y ajustar los pernos de conexiones del PLC, relés, contactor, borneras de conexión.
- Comprobar voltajes y corrientes del circuito de control

- Verificar el correcto funcionamiento de las fuentes de corriente continua y corriente alterna respectivamente.
- Comprobar el funcionamiento correcto del Timer.
- Chequeo de los fusibles y relés del sistema.

4.4.2.2 Mantenimiento del sistema hidráulico

- Revisar que no existan fugas de agua en las tuberías, acoples y las electroválvulas.
- Examinar el correcto funcionamiento de las electroválvulas.
- Limpiar el filtro con el fin de prevenir taponamientos en el mismo.
- Verificar el correcto funcionamiento de la bomba.

4.4.2.3 Mantenimiento general del sistema

- Revisar el estado del cableado, el cual debe estar libre de agentes extraños, mismos que puedan cortar, lastimar, e incluso recalentar el cable.
- Verificar que la caja del panel solar no presente deterioro o suciedad, debido a que este se encuentra expuesto al aire libre.

4.5 CONCLUSIONES

La presente sección detalla las conclusiones a la que se ha llegado luego de haber desarrollado la implementación, automatización y pruebas al sistema de control de riego, las cuales se complementan con las recomendaciones que se hacen en función de las experiencias que se adquieren durante la ejecución del proyecto.

- Se diseñó el sistema de automatización y control utilizando el PLC DL05 de la familia de Koyo complementando con un módulo F0-04AD-1 de entradas análogas y el panel de comunicación EA-MG-BZ1/EA1-S3MLW-N que permite interactuar al operador con el sistema implementado.

- Una de las soluciones para mejorar el riego en la plantación de tomate, ahorrar agua y mano de obra al mismo tiempo, es la sustitución del riego tradicional por un sistema de riego automático mediante la implementación del presente proyecto.
- El sistema de riego cuenta con una fácil programación de nivel de radiación solar, horarios y periodos de riego acorde a lo propuesto.
- Este sistema ofrece la posibilidad de regular la cantidad de agua destinada a cada zona, a través de la programación de intervalos del tiempo de funcionamiento de las electroválvulas.
- Por ser un sistema confiable y de fácil operación, se trata de una buena opción para asegurar que los cultivos están a salvo durante la ausencia del personal de labranza.
- El dato del nivel de radiación solar para dar un riego va a depender del tipo de cultivo que se desea regar, este dato es proporcionado por un Ingeniero Agropecuario.
- Mediante la implementación del presente proyecto, se logró dotar del agua necesaria al cultivo, evitando el ahogo de las plantas y así obtener una mejor producción.
- Los conocimientos empleados para el desarrollo de la implementación del sistema de control de riego corresponden a las áreas académicas de Control Industrial I y II, Instrumentación Industrial, Fluidos e Instalaciones Eléctricas.

- El sistema de control implementado proporciona una visión práctica del proceso de riego, además brinda al estudiante una fuente de consulta bibliográfica acorde con el pensum académico de la carrera de electromecánica.

4.6 RECOMENDACIONES

- El estudio de los sistemas de riego y formas de automatizar los mismos, es la base fundamental para el desarrollo del proyecto gracias a lo cual se estipulan los parámetros necesarios para implementar la automatización del proceso.
- Estudiar los manuales y fichas técnicas de los equipos facilita la correcta selección de los mismos. Además garantizar un trabajo bien ejecutado.
- La captación de agua en el reservorio se hace a través de los canales del regadío campesino que existe en la localidad, los cuales arrastran muchas micropartículas de arena, por tal razón se debe poseer un buen sistema de filtrado.
- Los tiempos de operación para hacer el riego son relativamente pequeños y son acciones repetitivas por lo que conviene un PLC con salidas por transistor, ya que el rango de operaciones de este en lo que concierne a un número mayor de aperturas y cierre, por tal razón debe de hacer con un elemento de estado sólido.
- Cuando se realicen operaciones de mantenimiento se deben eliminar todos los riesgos posibles, para este caso se deben descartar los riesgos eléctricos y ruptura de las tuberías, entre las principales.

- Hacer un mantenimiento preventivo conlleva a la detección de posibles averías determinando una solución a tiempo.
- La acumulación de residuos en el sistema hidráulico podría causar dificultades de operación, por lo que es recomendable realizar un mantenimiento programado en los filtros y en las electroválvulas.
- El temporizador del sistema siempre debe estar en modo automático, posee una batería la cual debe ser reemplazada después de 3 años de uso, la batería permite guardar los parámetros de programación en el temporizador.
- El arranque de la bomba tiene tres opciones Automático—0—Manual, para realizar mantenimiento en el sistema, el selector deberá estar en (-0-).
- Mediante la ejecución del proyecto se pudo observar las falencias de conocimientos de los procesos productivos, por los que se sugiere tener un mayor número de visitas técnicas a empresas e industrias.

BIBLIOGRAFÍA

- CARRANZA NORIEGA Raymundo; “Tópicos de instrumentación y control”; Pontificia Universidad Católica del Perú; Lima 2001.
- LARA Renán, QUINGATUÑA Rolando; “Sistema de supervisión del banco de pruebas para electrobombas mediante un panel de visualización para la ESPE”; Tesis de Ingeniería Electromecánica; LATACUNGA 2010.
- RUÍZ Carlos; “Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva Italiana”; Tesis de Ingeniería electrónica; LIMA 2009.
- RUÍZ Andrés; “Implementación de una red MODBUS/TCP”; Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica; Universidad del valle; SANTIAGO DE CALI 2002.
- GAETE Leonardo; “Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado”; Ingeniería Mecánica; Universidad de Talca 2001.
- ÁNGULO Pablo; “Diagramas de Control Industrial”; Facultad de Ingeniería Eléctrica; Quito 1990.

Direcciones Electrónicas:

- <http://www.politecnicojic.edu.co/archivo-noticias/prensa304.htm>
- http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf
- http://ing.otalca.cl/~fespinos/leonardo_gaete_vergara.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/45621485/Diseno-de-Sistema-de-Riego-Para-Una-Plantacion-de-Mandarina>
- <http://www.uaq.mx/ingenieria/especialidad/index.html>
- <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12.htm#Articulos%20Cientificos>
- <http://www.automationdirect.com>
- <http://www.Riego%por%goteo%automatización.html>
- <http://www.ARTICULO%20RIEGO%20PRESURIZADO.pdf>
- <http://www.manualparaeldiseñodesistemasderiego.pdf>

ANEXO A
ELECTROVÁLVULAS

Válvulas Plásticas de Control Hidráulico/Eléctrico

Para Residencias, Comercios y Sistemas de Riego Agrícola

Las válvulas plásticas de control hidráulico, **Bermad Serie 200**, son fabricadas en tamaños de 3/4" a 2" de tipo globo o angular. Estas válvulas de control permiten alta capacidad de funcionamiento, siendo prácticamente la última palabra en hidráulica y tecnología de plásticos.

Características

- Fabricadas en plásticos de alta tecnología, resistentes a la corrosión y a la radiación U. V., con partes de goma sintética y acero inoxidable.
- Alta capacidad de flujo con bajas pérdidas de carga.
- Operan en un amplio margen de presiones.
- Limitador de caudal manual, permite regular la apertura de la válvula de acuerdo al flujo requerido.
- Llave de operación manual, para abrir la válvula en caso de fallo en el suministro de electricidad.

- Solenoide de alta performance y bajo consumo eléctrico.
- Variada gama de modelos de válvula de control, eléctricas y operadas por presión hidráulica.
- Orificio autolimpiable asegura el funcionamiento confiable de la válvula aún con "Aguas duras". (En modelos eléctricos).



Datos Técnicos

Tipo de válvula:

Globo, Angular y Oblicuo (Y)

Tamaños: 3/4", 1", 1 1/2" y 2"

Conexión: Rosca hembra, BSP, NPT

Norma de Presión:

- ISO: PN 10

- ANSI: Clase 125

Rango de Presión:

0.7-10 bar (10-150 psi)

Rango de Temperatura:

Agua hasta 80°(180°F)

Datos Eléctricos:

- Estándar:

Voltaje: 24V AC (50-60-Hz)

Corriente de operación sostenida: 0.20 A

Corriente de arranque: 0.40A

- Voltajes Opcionales:

6V DC, 12V DC, 24V DC

12V AC, 24V AC

Materiales:

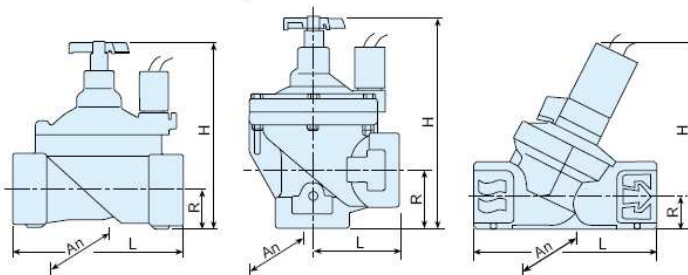
- Cuerpo y tapa: Nylon reforzado

- Partes Metálicas: Acero Inoxidable

- Diafragma: Goma Natural

- Juntas: Buna-N y NR

Dimensiones y Pesos



	Tipo Globo				Tipo Angular		Tipo Oblicuo (Y)
Tamaños	3/4"	1"	1 1/2"	2"	1 1/2"	2"	1"
L (mm)	110	110	160	170	80	85	114
H (mm)*	115	300	180	190	190	210	115
R (mm)	22	22	35	38	40	60	21
Ancho (mm)	78	78	125	125	125	125	68
Peso (kg)*	0.35	0.33	1.0	1.1	0.95	0.91	0.30

* Sin el vástago de control de flujo

BERMAD Irrigación



Serie 200

Curvas de Regulación

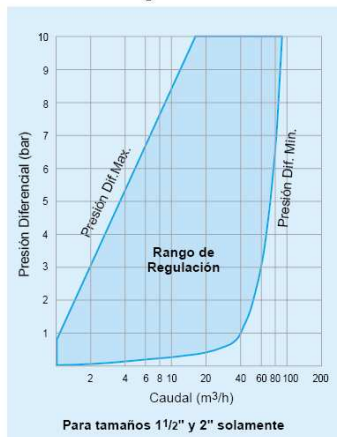
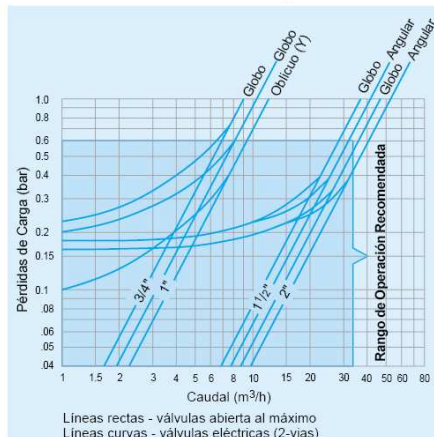
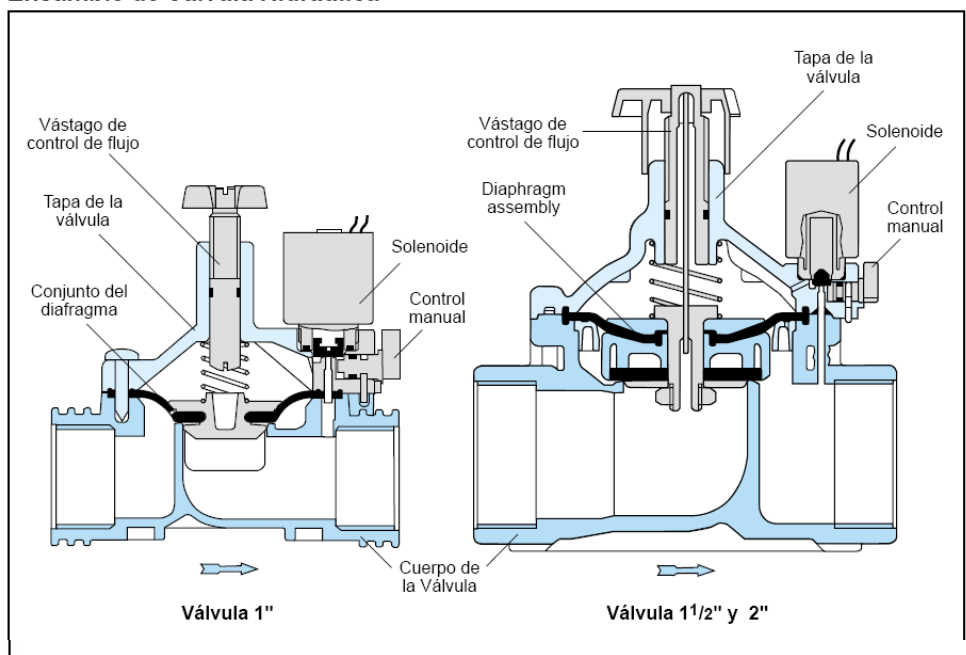


Gráfico de Pérdidas de Carga



Ensamble de Válvula Hidráulica



Modelos Disponibles



Modelo 205
Válvula de Control Hidráulica
 Válvula de control operada hidráulicamente, requiere comando de presión para cerrar.



Modelo 220 (1 1/2" y 2" solamente)
Válvula de Control Reductora de Presión
 Reduce la presión de salida, a presión preestablecida.



Modelo 210
Válvula de Control Eléctrica
 Válvula con solenoide de dos vías con llave de apertura manual. La válvula es de tipo "N.C." (Normalmente Cerrada), requiere corriente eléctrica para abrir.



Modelo 220 - 55 (1 1/2" y 2" solamente)
Válvula de Control Reductora de Presión con Control Eléctrico
 Combina el modelo 220 con control remoto eléctrico.



ANEXO B
DL05 MICRO PLC KOYO

DL05 Micro PLC Components

The DL05 Micro PLC family is a versatile product line that provides a wide variety of DL05 Micro PLC components. The DL05 Micro PLC family is a versatile product line that provides a wide variety of features in a very compact footprint. The PLCs are small, yet offer many features usually found in larger, more expensive systems. These include a removable connector, and two RS-232C communication ports.



The DL05 Micro PLC Family

The DL05 Micro PLC family includes eight different versions. All have the same appearance and CPU performance. The CPU offers the same instruction set as our popular DL240 CPU, plus several more instructions specifically designed for machine control applications. All DL05 PLCs have two RS-232C communications ports. Units with DC inputs have selectable high-speed input features on three input points. Units with DC outputs offer selectable pulse output capability on the first and second output points. All DL05 Micro PLCs offer a large amount of program memory, a substantial instruction set and advanced diagnostics. Details of these features and more are covered in Chapter 4, CPU Specifications and Operation. The eight types of DL05 Micro PLCs provide a variety of Input/Output choices, listed in the following table.

DL05 Micro PLC Family					
DL05 Part Number	Discrete Input Type	Discrete Output Type	External Power	High-Speed Input	Pulse Output
DL0-05DD	DC	DC	95-240 VAC	Yes	Yes

Programming Methods

Two programming methods are available: RLL (Relay Ladder Logic) and RLL^{PLUS}. RLL^{PLUS} combines the added feature of flow chart programming (Stage) to the standard RLL language. Both the *DirectSOFT32* programming package and the handheld programmer support RLL^{PLUS} as well as standard RLL instructions.

DirectSOFT32 Programming for Windows™

The DL05 Micro PLC can be programmed with one of the most advanced programming packages in the industry — *DirectSOFT32*, a Windows-based software package that supports familiar features such as cut-and-paste between applications, point-and-click editing, viewing and editing multiple application programs at the same time, etc.

DirectSOFT32 universally supports the *DirectLOGIC* CPU families. This means you can use the full version of *DirectSOFT32* to program DL05, DL06, DL105, DL205, DL305, DL405 or any new CPUs we may add to our product line. (Upgrade software may be required for new CPUs as they become available.) A separate manual discusses *DirectSOFT32* programming software. *DirectSOFT32* version 2.4 or later is needed to program the DL05.

Handheld Programmer

All DL05 Micro PLCs have built-in programming ports for use with the handheld programmer (D2-HPP), the same programmer used with the DL06, DL105 and DL205 families. The handheld programmer can be used to create, modify and debug your application program. A separate manual discusses the Handheld Programmer. Only D2-HPPs with firmware version 1.09 or later will program the DL05.

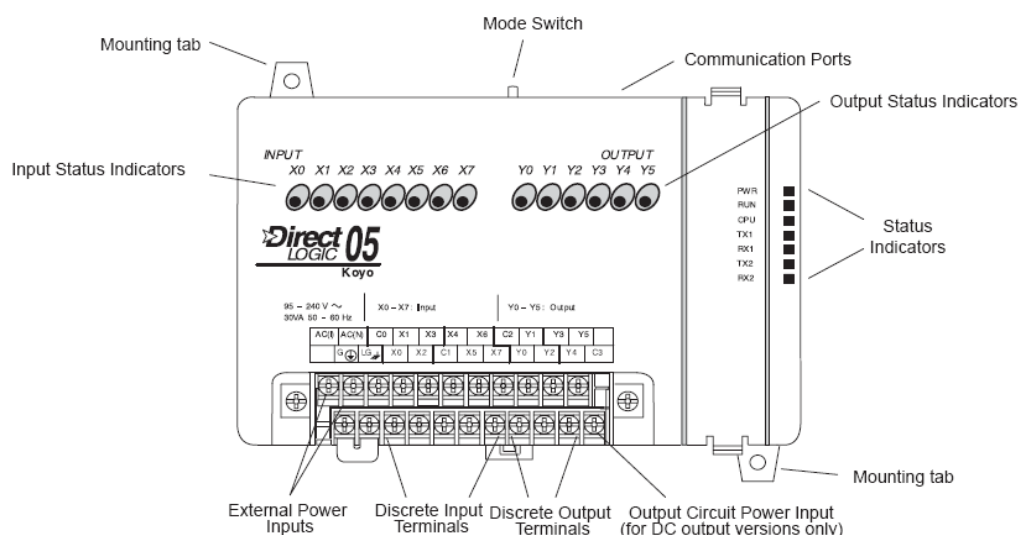
I/O Selection Quick Chart

The eight versions of the DL05 have Input/Output circuits which can interface to a wide variety of field devices. In several instances a particular Input or Output circuit can interface to either DC or AC voltages, or both sinking and sourcing circuit arrangements. Check this chart carefully to find the proper DL05 Micro PLC to interface to the field devices in your application.

I/O Selection Chart						
DL05 Part Number	INPUTS			OUTPUTS		
	I/O type/commons	Sink/Source	Voltage Ranges	I/O type/commons	Sink/Source	Voltage/ Current Ratings
DD-05DD	DC / 2	Sink or Source	12 – 24 VDC	DC / 1	Sink	6 – 27 VDC, 0.5A (Y0–Y2) 6 – 27 VDC, 1.0A (Y3–Y5)

Orientation to DL05 Front Panel

Most connections, indicators, and labels on the DL05 Micro PLCs are located on its front panel. The communication ports are located on the top side of the PLC. Please refer to the drawing below.



The upper section of the connector accepts external power connections on the two left-most terminals. From left to right, the next five terminals are one of the input commons (C0) and input connections X1, X3, X4, and X6. The remaining four connections are an output common (C2) and output terminals Y1, Y3, and Y5.

The lower section of the connector has the chassis ground (G) and the logic ground (LG) on the two left-most terminals. The next two terminals are for the inputs X0 and X2. Next is the other input common (C1) followed by inputs X5 and X7. The last four terminals are for outputs Y0, Y2, Y4, and the second output common (C3). On DC output units, the end terminal on the right accepts power for the output stage.

WARNING: For some applications, field device power may still be present on the terminal block even though the Micro PLC is turned off. To minimize the risk of electrical shock, check all field device power before you expose or remove either connector

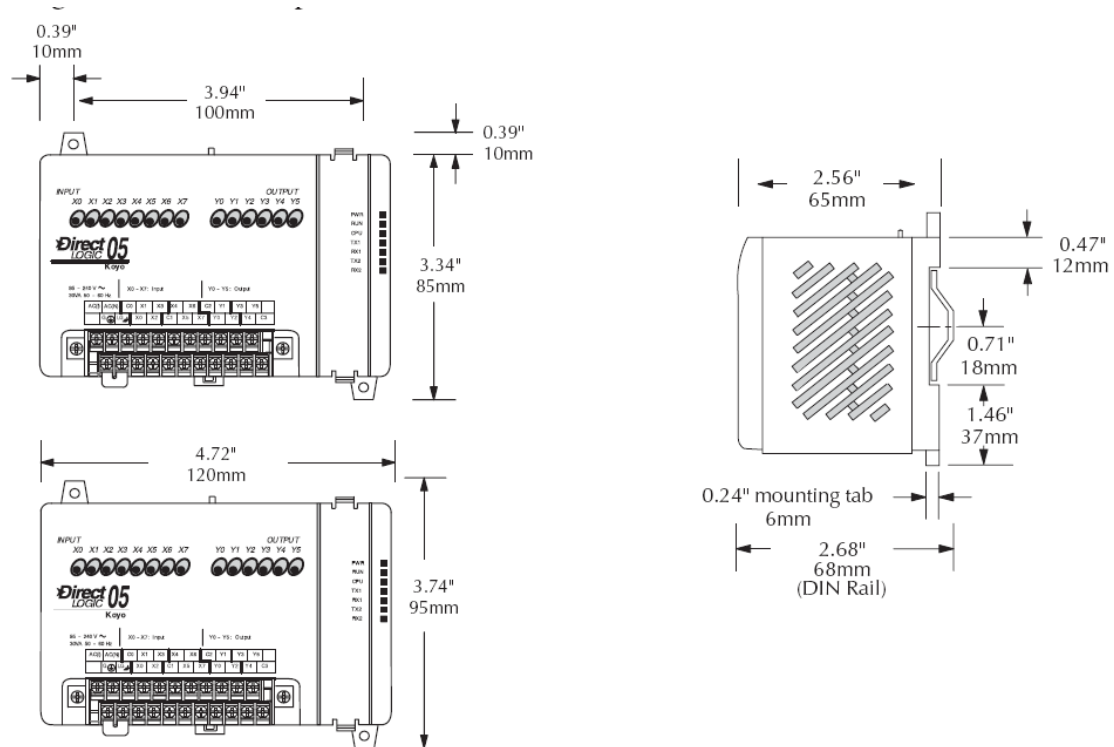
Mounting Guidelines

In addition to the panel layout guidelines, other specifications can affect the definition and installation of a PLC system. Always consider the following:

- Environmental Specifications
- Power Requirements
- Agency Approvals
- Enclosure Selection and Component Dimensions

Unit Dimensions

The following diagram shows the outside dimensions and mounting hole locations for all versions of the DL05. Make sure you follow the installation guidelines to allow proper spacing from other components.



Enclosures

Your selection of a proper enclosure is important to ensure safe and proper operation of your DL05 system. Applications of DL05 systems vary and may require additional features. The minimum considerations for enclosures include:

- Conformance to electrical standards
- Protection from the elements in an industrial environment
- Common ground reference
- Maintenance of specified ambient temperature
- Access to equipment
- Security or restricted access
- Sufficient space for proper installation and maintenance of equipment

Environmental Specifications

The following table lists the environmental specifications that generally apply to DL05 Micro PLCs. The ranges that vary for the Handheld Programmer are noted at the bottom of this chart. Certain output circuit types may have derating curves, depending on the ambient temperature and the number of outputs ON. Please refer to the appropriate section in this chapter pertaining to your particular DL05 PLC.

Environmental Specifications	
Specification	Rating
Storage temperature	-4° F to 158° F (-20° C to 70° C)
Ambient operating temperature*	32° F to 131° F (0° C to 55° C)
Ambient humidity**	5% – 95% relative humidity (non-condensing)
Vibration resistance	MIL STD 810C, Method 514.2
Shock resistance	MIL STD 810C, Method 516.2
Noise immunity	NEMA (ICS3-304)
Atmosphere	No corrosive gases
Agency approvals	UL, CE, FCC class A

* Operating temperature for the Handheld Programmer and the DV-1000 is 32° to 122° F (0° to 50° C) Storage temperature for the Handheld Programmer and the DV-1000 is -4° to 158° F (-20° to 70° C).

** Equipment will operate down to 5% relative humidity. However, static electricity problems occur much more frequently at low humidity levels (below 30%). Make sure you take adequate precautions when you touch the equipment. Consider using ground straps, anti-static floor coverings, etc. if you use the equipment in low-humidity environments.

Agency Approvals

Some applications require agency approvals for particular components. The DL05 Micro PLC agency approvals are listed below:

- UL (Underwriters' Laboratories, Inc.)
- CUL (Canadian Underwriters' Laboratories, Inc.)
- CE (European Economic Union)

External Power Source

The power source must be capable of supplying voltage and current complying with individual Micro PLC specifications, according to the following specifications:

Power Source Specifications		
Item	DL05 VAC Powered Units	DL05 VDC Powered Units
Input Voltage Range	110/220 VAC (95-240 VAC)	12-24 VDC (10.8-26.4 VDC)
Maximum Inrush Current	13 A, 1ms (95-240 VAC) 15 A, 1ms (240-264 VAC)	10A
Maximum Power	30 VA	20 W
Voltage Withstand (dielectric)	1 minute @ 1500 VAC between primary, secondary, field ground	
Insulation Resistance	> 10 MΩ at 500 VDC	



NOTE: The rating between all internal circuits is BASIC INSULATION ONLY.

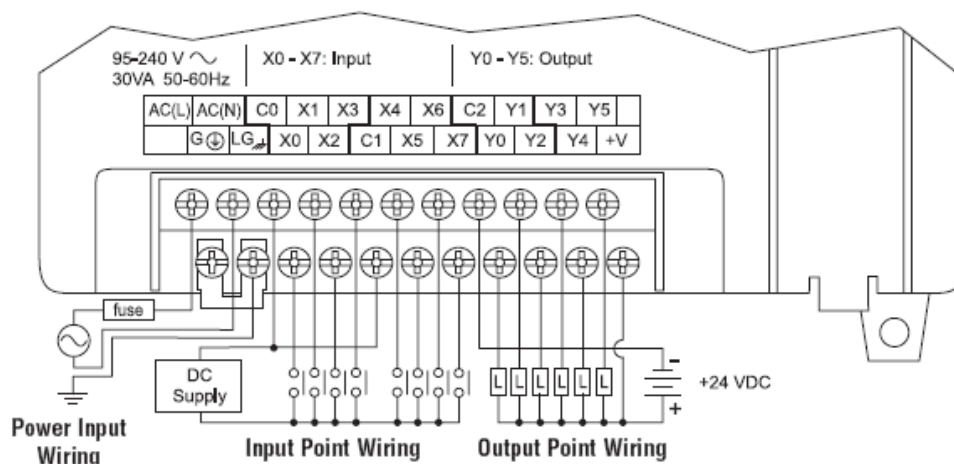
Planning the Wiring Routes

The following guidelines provide general information on how to wire the I/O connections to DL05 Micro PLCs. For specific information on wiring a particular PLC refer to the corresponding specification sheet further in this chapter.

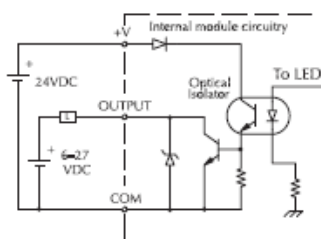
1. Each terminal connection of the DL05 PLC can accept one 16 AWG wire or two 18 AWG size wires. Do not exceed this recommended capacity.
2. Always use a continuous length of wire. Do not splice wires to attain a needed length.
3. Use the shortest possible wire length.
4. Use wire trays for routing where possible.
5. Avoid running wires near high energy wiring.
6. Avoid running input wiring close to output wiring where possible.
7. To minimize voltage drops when wires must run a long distance, consider using multiple wires for the return line.
8. Avoid running DC wiring in close proximity to AC wiring where possible.
9. Avoid creating sharp bends in the wires.
10. Install the recommended powerline filter to reduce power surges and EMI/RFI noise.

D0-05DD I/O Wiring Diagram

These micro PLCs feature eight DC inputs and six DC outputs. The following diagram shows a typical field wiring example. The AC external power connection uses four terminals at the left as shown.



High Speed Inputs (X0-X2)

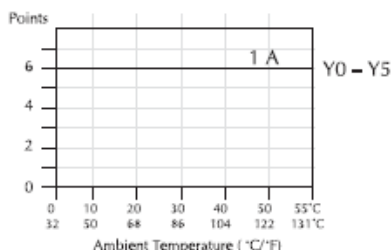


DC Standard Inputs (X3-X7)

The eight DC input channels use terminals in the middle of the connector. Inputs are organized into two banks of four. Each bank has an isolated common terminal, and may be wired as either sinking or sourcing inputs. The wiring example above shows all commons connected together, but separate supplies and common circuits may be used. The equivalent circuits for standard inputs and the high-speed inputs are shown above.

DC Pulse Outputs (Y0-Y1)

DC Standard Outputs (Y2-Y5)



Derating Chart for DC Outputs

The six current sinking DC output channels use terminals on the right side of the connector. All outputs actually share the same electrical common. Note the requirement for external power on the end (right-most) terminal. The equivalent output circuit shows one channel of the bank of six.

D0-05DD General Specifications	
External Power Requirements	95 – 240 VAC, 30 VA maximum,
Communication Port 1 9600 baud (Fixed), 8 data bits, 1 stop bit, odd parity	K-Sequence (Slave) DirectNET (Slave) MODBUS (Slave)
Communication Port 2 9600 baud (default), 8 data bits, 1 stop bit, odd parity	K-Sequence (Slave) DirectNET (Master/Slave) MODBUS (Master/Slave) Non-sequence / print
Programming cable type	D2-DSCBL
Operating Temperature	32 to 131° F (0 to 55 C)
Storage Temperature	-4 to 158° F (-20 to 70 C)
Relative Humidity	5 to 95% (non-condensing)
Environmental air	No corrosive gases permitted
Vibration	MIL STD 810C 514.2
Shock	MIL STD 810C 516.2
Noise Immunity	NEMA ICS3-304
Terminal Type	Removable
Wire Gauge	One AWG16 or two AWG18, AWG24 minimum

DC Input Specifications		
Parameter	High-Speed Inputs, X0 – X2	Standard DC Inputs X3 – X7
Min. - Max. Voltage Range	10.8 – 26.4 VDC	10.8 – 26.4 VDC
Operating Voltage Range	12 – 24 VDC	12 – 24 VDC
Peak Voltage	30 VDC (5 kHz maximum frequency)	30 VDC
Minimum Pulse Width	100 μ s	N/A
ON Voltage Level	> 9.0 VDC	> 9.0 VDC
OFF Voltage Level	< 2.0 VDC	< 2.0 VDC
Max. Input Current	6mA @12VDC, 13mA @24VDC	4mA @12VDC, 8.5mA @24VDC
Input Impedance	1.8 k Ω @ 12 – 24 VDC	2.8 k Ω @ 12 – 24 VDC
Minimum ON Current	>5 mA	>4 mA
Maximum OFF Current	< 0.5 mA	<0.5 mA
OFF to ON Response	<100 μ s 2 – 8 mS,	4 mS typical
ON to OFF Response	< 100 μ s 2 – 8 mS,	4 mS typical
Status Indicators	Logic side	Logic side
Commons	4 channels / common x 2 banks	

DC Output Specifications		
Parameter	Pulse Outputs Y0 – Y1	Standard Outputs Y3 – Y5
Min. - Max. Voltage Range	5 – 30 VDC	5 – 30 VDC
Operating Voltage	6 – 27 VDC	6 – 27 VDC
Peak Voltage	< 50 VDC (7 kHz max. frequency)	< 50 VDC
On Voltage Drop	0.3 VDC @ 1 A	0.3 VDC @ 1 A
Max Current (resistive)	0.5 A / pt., 1A / pt. as standard pt.	1.0 A / point
Max leakage current	15 A @ 30 VDC	15 A @ 30 VDC
Max inrush current	2 A for 100 mS	2 A for 100 mS
External DC power required	20 - 28 VDC Max 150mA	20 - 28 VDC Max 150mA
OFF to ON Response	< 10 μ s	< 10 μ s
ON to OFF Response	< 30 μ s	< 60 μ s
Status Indicators	Logic Side	Logic Side
Commons	6 channels / common x 1 banks	
Fuses	None (external recommended)	

Network Configuration and Connections

Configuring the DL05's Comm Ports

This section describes how to configure the CPU's built-in networking ports for either MODBUS or *DirectNET*. This will allow you to connect the DL05 PLC system directly to MODBUS networks using the RTU protocol, or to other devices on a *DirectNET* network. MODBUS host systems must be capable of issuing the MODBUS commands to read or write the appropriate data. For details on the MODBUS protocol, check with your MODBUS supplier for the latest version of the Gould MODBUS Protocol reference Guide. For more details on *DirectNET*, order our *DirectNET* manual, part number DA-DNET-M.

Communication Port 1	Communication Port 2
Com 1 Connects to HPP, <i>DirectSOFT32</i> , operator interfaces, etc. 6-pin, RS232C 9600 Baud (Fixed) Parity - odd (default) Station address 1 (fixed) 8 data bits 1 start, 1 stop bit Asynchronous, Half-duplex, DTE Protocol: (Auto-Select) K sequence (Slave only) DirectNET (Slave only) MODBUS (Slave only)	Com 2 Connects to HPP, <i>DirectSOFT32</i> , operator interfaces, etc. 6-pin, RS232C Communication speed (baud) 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 3840 parity - odd (default), even, none Station address 1 (default) 8 data bits 1 start, 1 stop bit Asynchronous, Half-duplex, DTE Protocol: (Auto-Select) K sequence (Slave only) DirectNET (Master/Slave) MODBUS (Master/Slave) Non-sequence/Print

Networking PC to DL05s RS-422 and to Other PLCs

If Your Host Software Requires the Data Type and Address...

Many host software packages allow you to specify the MODBUS data type and the MODBUS address that corresponds to the PLC memory location. This is the easiest method, but not all packages allow you to do it this way.

The actual equation used to calculate the address depends on the type of PLC data you are using. The PLC memory types are split into two categories for this purpose.

- Discrete – X, SP, Y, CR, S, T, C (contacts)
- Word – V, Timer current value, Counter current value

In either case, you basically convert the PLC octal address to decimal and add the appropriate MODBUS address (if required). The table below shows the exact equation used for each group of data.

DL05 Memory Type	QTY (Dec.)	PLC Range(Octal)	MODBUS Address Range (Decimal)	MODBUS Data Type
For Discrete Data Types Convert PLC Addr. to Dec. + Start of Range + Data Type				
Inputs (X)	256	X0 – X377	2048 – 2303	Input
Special Relays(SP)	512	SP0 – SP777	3072 – 3583	Input
Outputs (Y)	256	Y0 – Y377	2048 – 2303	Coil
Control Relays (CR)	512	C0 – C777	3072 – 4583	Coil
Timer Contacts (T)	128	T0 – T177	6144 – 6271	Coil
Counter Contacts (CT)	128	CT0 – CT177	6400 – 6527	Coil
Stage Status Bits(S)	256	S0 – S377	5120 – 5375	Coil
For Word Data Types Convert PLC Addr. to Dec. + Data Type				
Timer Current Values (V)	128	V0 – V177	0 – 127	Input Register
Counter Current Values (V)	128	V1000 – V1177	512 – 639	Input Register
V Memory, user data (V)	3968	V1200 – V7377	640 – 3839	Holding Register
V Memory, non-volatile (V)	128	V7600 – V7777	3968 – 4095	Holding Register

If Your MODBUS Host Software Requires an Address ONLY

Some host software does not allow you to specify the MODBUS data type and address. Instead, you specify an address only. This method requires another step to determine the address, but it's still fairly simple. Basically, MODBUS also separates the data types by address ranges as well. So this means an address alone can actually describe the type of data and location. This is often referred to as "adding the offset". One important thing to remember here is that two different addressing modes may be available in your host software package. These are:

- 484 Mode
- 584/984 Mode

We recommend that you use the 584/984 addressing mode if your host software allows you to choose. This is because the 584/984 mode allows access to a higher number of memory locations within each data type. If your software only supports 484 mode, then there may be some PLC memory locations that will be unavailable. The actual equation used to calculate the address depends on the type of PLC data you are using. The PLC memory types are split into two categories for this purpose.

- Discrete – X, SP, Y, CR, S, T (contacts), C (contacts)
- Word – V, Timer current value, Counter current value

In either case, you basically convert the PLC octal address to decimal and add the appropriate MODBUS addresses (as required). The table below shows the exact equation used for each group of data.

Discrete Data Types				
DL05 Memory Type	PLC Range (Octal)	Address (484 Mode)	Address (584/984 Mode)	MODBUS Data Type
Global Inputs (GX)	GX0-GX1746	1001 - 1999	10001 - 10999	Input
	GX1747-GX3777	---	11000 - 12048	Input
Inputs (X)	X0 – X1777	---	12049 - 13072	Input
Special Relays (SP)	SP0 – SP777	---	13073 - 13584	Input
Global Outputs (GY)	GY0 - GY3777	1 - 2048	1 - 2048	Output
Outputs (Y)	Y0 – Y1777	2049 - 3072	2049 - 3072	Output
Control Relays (CR)	C0 – C3777	3073 - 5120	3073 - 5120	Output
Timer Contacts (T)	T0 – T377	6145 - 6400	6145 - 6400	Output
Counter Contacts (CT)	CT0 – CT377	6401 - 6656	6401 - 6656	Output
Stage Status Bits (S)	S0 – S1777	5121 - 6144	5121 - 6144	Output

CPU Operation

Achieving the proper control for your equipment or process requires a good understanding of how DL05 CPUs control all aspects of system operation. There are four main areas to understand before you create your application program:

- CPU Operating System — the CPU manages all aspects of system control. A quick overview of all the steps is provided in the next section.
- CPU Operating Modes — The two primary modes of operation are Program Mode and Run Mode.
- CPU Timing — The two important areas we discuss are the I/O response time and the CPU scan time.
- CPU Memory Map — DL05 CPUs offer a wide variety of resources, such as timers, counters, inputs, etc. The memory map section shows the organization and availability of these data types.

CPU Operating System

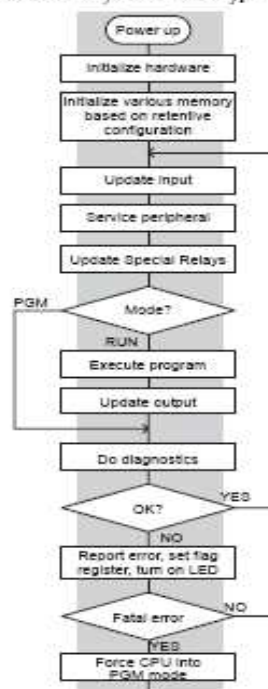
At powerup, the CPU initializes the internal electronic hardware. Memory initialization starts with examining the retentive memory settings. In general, the contents of retentive memory is

preserved, and non-retentive memory is initialized to zero (unless otherwise specified).

After the one-time powerup tasks, the CPU begins the cyclical scan activity. The flowchart to the right shows how the tasks differ, based on the CPU mode and the existence of any errors. The "scan time" is defined as the average time around the task loop. Note that the CPU is always reading the inputs, even during program mode. This allows programming tools to monitor input status at any time.

The outputs are only updated in Run mode. In program mode, they are in the off state.

Error detection has two levels. Non-fatal errors are reported, but the CPU remains in its current mode. If a fatal error occurs, the CPU is forced into program mode and the outputs go off.



Program Mode

In Program Mode, the CPU does not execute the application program or update the output points. The primary use for Program Mode is to enter or change an application program. You also use program mode to set up the CPU parameters, such as HSIO features, retentive memory areas, etc.

You can use a programming device, such as *DirectSOFT32* or the D2-HPP Handheld Programmer to place the CPU in Program Mode.

Run Mode

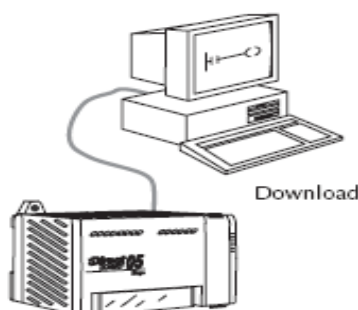
In Run Mode, the CPU executes the application program and updates the I/O system. You can perform many operations during Run Mode. Some of these include:

- Monitor and change I/O point status
- Update timer/counter preset values
- Update Variable memory locations

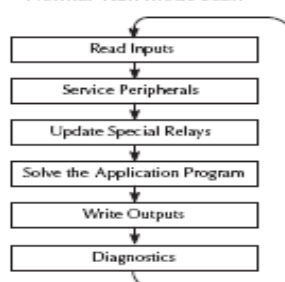
Run Mode operation can be divided into several key areas. For the vast majority of applications, some of these execution segments are more important than others. For example, you need to understand how the CPU updates the I/O points, handles forcing operations, and solves the application program. The remaining segments are not that important for most applications.

You can use *DirectSOFT32* or the D2-HPP Handheld Programmer to place the CPU in Run Mode.

You can also edit the program during Run Mode. The Run Mode Edits are not "bumpless" to the outputs. Instead, the CPU maintains the outputs in their last state while it accepts the new program information. If an error is found in the new program, then the CPU will turn all the outputs off and enter the Program Mode. This feature is discussed in more detail in Chapter 9.



Normal Run mode scan



WARNING: Only authorized personnel fully familiar with all aspects of the application should make changes to the program. Changes during Run Mode become effective immediately. Make sure you thoroughly consider the impact of any changes to minimize the risk of personal injury or damage to equipment.

DL05 Memory Map Table

Memory Type	Discrete Memory Reference (octal)	Word Memory Reference (octal)	Decimal	Symbol
Input Points (See note 1)	X0 – X377	V40400 – V40417	256	X0 — —
Output Points (See note 1)	Y0 – Y377	V40500 – V40517	256	Y0 —()—
Control Relays	C0 – C777	V40600 – V40637	512	C0 C0 — — —()—
Special Relays	SP0 – SP777	V41200 – V41237	512	SP0 — —
Timers	T0 – T177	V41100 – V41107	128	— TMR T0 K100
Timer Current Values	None	V0 – V177	128	V0 K100 — ≥ —
Timer Status Bits	T0 – T177	V41100 – V41107	128	T0 — —
Counters	CT0 – CT177	V41140 – V41147	128	— CNT CT0 K10
Counter Current Values	None	V1000 – V1177	128	V1000 K100 — ≥ —
Counter Status Bits	CT0 – CT177	V41140 – V41147	128	CT0 — —
Data Words	None	V1200 – V7377	3968	None specific, used with many instructions.
Data Words Non-volatile	None	V7400 – V7577	128	None specific, used with many instructions. Data can be rewritten to EEPROM at least 100,000 times before it fails.
Stages	S0 – S377	V41000 – V41017	256	— SG SP0 S001 — —
System parameters	None	V7600 – V7777	128	None specific, used for various purposes

ANEXO C
MÓDULO DE ENTRADAS ANÁLOGAS

Especificaciones del módulo

El módulo de entradas analógicas F0-04AD-1 tiene las siguientes características:

- Los PLCs DL05 y el DL06 leerán los cuatro canales en un barrido.
- El bloque de terminales removible permite sacar el módulo sin desconectar el cableado de campo.
- Las entradas analógicas se pueden utilizar como variables de proceso para los cuatro (4) lazos de PID en el DL05 y los ocho (8) lazos de PID en el DL06.
- La apertura de un circuito del dispositivo de campo se detecta en los cuatro canales cuando se selecciona el rango 4-20 mA.
- El filtro analógico activo incorporado y el microcontrolador entregan filtrado digital para mantener medidas análogas exactas en ambientes ruidosos.



Las tablas siguientes entregan especificaciones para el módulo de entrada analógica F0-04AD-1. Vea estas especificaciones para asegurarse que el módulo cumple sus necesidades de uso.

Especificaciones de las entradas	
Cantidad de canales	4, monopolar (un común)
Rango de la señal de entrada	0 a 20 mA o 4 a 20 mA (selección por puente)
Resolución	12 bit (1 en 4096) para 0-20mA, escalado para 4-20mA
Respuesta a un escalón	25,0 ms (típico) a 95% del valor del escalón
Crosstalk	-80 dB, 1/2 unidad, máximo *
Filtro activo pasa bajo	-3 dB a 40Hz (-12 dB por octava)
Resistencia de entrada	125 Ohm \pm 0.1%, 1/8 W, entrada de corriente
Corriente máxima absoluta	-30 mA a +30 mA, entrada de corriente
Tipo de conversor	Aproximación sucesiva
Error de linealidad (entre extremos)	\pm 2 conteos, máximo *
Estabilidad de la entrada	\pm 1 conteo *
Error de calibración de toda la escala (error de Offset no incluido)	\pm 10 conteos, máximo @ entrada de corriente 20mA*
Error de calibración Offset	\pm 5 conteos, máximo @ entrada de corriente 4 mA*
Máxima falta de precisión	\pm 0,4% @ 25°C (77°F) \pm 0,85% 0 a 60°C (32 a 140°F)
Precisión versus temperatura	\pm 100 ppm/ °C a la calibración de fin de escala (incluyendo cambio máximo de offset)
* Un conteo en la especificación es igual a un bit menos significativo del valor análogo (1 en 4096).	

Especificaciones generales	
Tasa de actualización del PLC	4 canales por barrido
Palabra de 16 bits de datos	12 bits binarios de datos 2 bits de identificación del canal, 2 bits de diagnóstico.
Temperatura de operación	0 a 60° C (32 a 140°F)
Temperatura de almacenaje	-20 a 70°C (-4 a 158°F)
Humedad relativa	5 a 95% (sin condensación)
Aire ambiente	No se permiten gases corrosivos
Vibración admisible	MIL STD 810C 514.2
Choque admisible	MIL STD 810C 516.2
Inmunidad al ruido electromagnético	NEMA ICS3-304
Demanda de corriente	50 mA @ 5VCC (suministrada por el PLC)
Conector	Phoenix Mecano, Inc. No. de artículo AK1550/8-3.5 - verde
Sección de alambre del conector	28 - 16 AWG
Torquero del tornillo del conector	0,4 N-m
Tamaño del destornillador del conector	DN-SS1 (recomendado)

ANEXO D
PANEL DE COMUNICACIÓN HMI

C-more[®] micro Graphic Panel

HARDWARE USER MANUAL



C-more Micro-Graphic 3" STN Non-Touch

Part No. EA1-S3ML-N

The non-Touch Screen version of the C-more Micro-Graphic panel has a 3.1-inch STN LCD monochrome display. It includes a 128 x 64 dot display with 5 selectable LED-driven backlight colors, 5 user-defined function keys, each with a user-defined LED indicator. The panel can display up to 10 lines by 32 characters of static text and up to 10 lines by 21 characters of dynamic text with embedded variables and phrases mixed with graphics. NEMA 4/4X, IP-65 (when mounted correctly; for indoor use only). The Micro-Graphic panels receive power from the PLC serial communications port of select DirectLOGIC PLCs. A Serial Port with DC Power Adapter option module, EA-MG-SP1, is required when using 3rd party PLCs.



←---



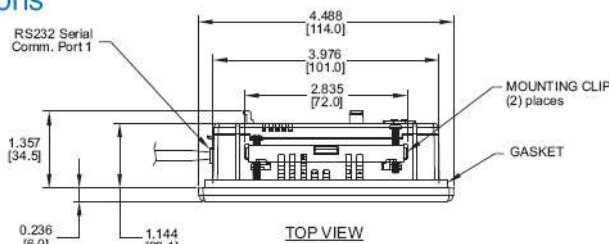
Features

- Free Downloadable programming software
- 128 x 64 Dot display with up to 10 lines by 32 characters of text and graphics
- Up to 10 lines by 21 characters of dynamic text with embedded variables and phrases mixed with graphics
- 5 Programmable function keys can change with every screen. Can even increment/decrement values, trigger recipes, view index of screens
- 5-Color LED backlight for longer lifetime; Green, Red, Amber, Yellow and Lime
- 2 optional snap on keypad bezels
- 768 KB memory
- Panel is powered from PLC comm port when using select DirectLOGIC PLCs. Optional DC power adapter and serial port modules if needed for other PLC's (RS-232/422/485)
- Built in Alarm Control setup that activates beep, backlight flash, customized alarm banner, and LED blinking
- 0 to 50 °C (32 to 122 °F) operating temperature range (IEC 60068-2-14)
- NEMA 4/4X, IP-65 compliant when mounted correctly, indoor use only
- UL, cUL & CE agency approvals
- 2-year warranty from date of purchase

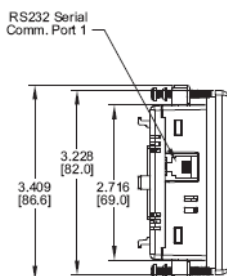
PLC Drivers	
Serial - port 1 or 2	Serial - port 2 only *
DirectLOGIC K-sequence	Allen-Bradley DF1 Half Duplex
DirectNET	Allen-Bradley DF1 Full Duplex
	Allen-Bradley PLC5 DF1
Modbus (Koyo Addressing)	GE Fanuc SNPX (90/30, 90/70)
	Mitsubishi Melec FX
Modbus RTU	Omron Host Link (C200 Adapter, C500)
	Omron FINS Serial (CJ1, CS1)
Entivity Modbus RTU	* Requires use of EA-MG-SP1 adapter.

See the PLC Compatibility & Connection Charts in this section for details.

Dimensions

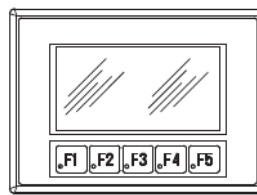


Units: inches [mm]



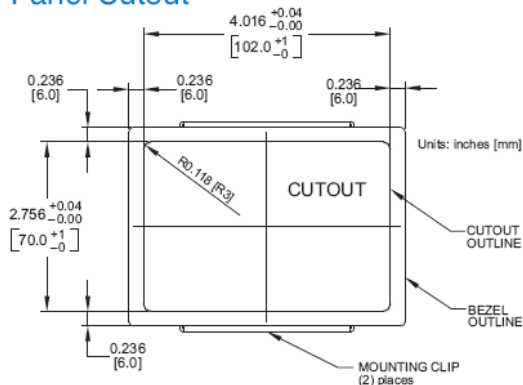
LEFT VIEW

C-more Micro-Graphic Panel

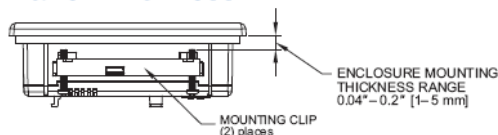


FRONT VIEW

Panel Cutout



Panel Thickness



NOTE: The C-more Micro-Graphic cutout dimensions are not equivalent to previous AutomationDirect text panels. The C-more Micro-Graphic panels will not fit in cutouts for DV-1000, EZText or Optimate panels.



NOTE: Don't forget the optional keypad bezels, DC power adapter and serial port with DC power adapter shown in the accessories.

C-more Micro-Graphic Specifications

Specification	Model	3" STN Micro-Graphic Panel Touch Screen	3" STN Micro-Graphic Panel Non-Touch Screen
Part Number		EA1-S3ML	EA1-S3ML-N
Description		128 x 64 dots LCD display, five user defined keypad function buttons, and five user defined LED's	
		Display	
Type		3.1" STN monochrome LCD, graphical characters	
Resolution		128 (W) x 64 (H) dots	
Color		2 colors (normal / Inverse)	
Viewing Area Size		2.789" (W) x 1.385" (H) [70.8 mm x 35.2 mm]	
Active Area Size		2.670" (W) x 1.259" (H) [67.8 mm x 32.0 mm]	
Contrast		Adjusted from the panel's built-in configuration setup menu	
Viewing Angle		3, 9 o'clock axis → 45 degrees 6 o'clock axis → 45 degrees 12 o'clock axis → 30 degrees	
		Backlight	
Type		LED	
Color		5 user defined colors: Red, Green, Amber, Lime, Yellow	
User Replaceable		No	
		Touch Screen	
Type		Analog touch panel	N/A
Operation		51 gram force [0.5 N] maximum	N/A
Life		Minimum of 1,000,000 cycles	N/A
		Features	
User Memory		768 KB	
Number of Screens		Up to 999 – limited by project memory usage	
Beep (Internal)		Yes	
Keypad Function Buttons		Five user defined function key buttons with the ability to customize the label. Minimum of 500,000 cycles	
Keypad Function Button LEDs		Each function key button includes a red LED that can be user programmed.	
Serial Communications		Built-in RJ12 serial communications port (RS-232). Optional serial communications port (RS-232, RS-485/422) when using the optional EA-MG-SP1 Serial Port with DC Power Adapter.	
Expansion Connection		Yes – used with optional Keypad Bezels, EA-MG-BZ1 & BZ2, and EA-MG-P1 DC Power Adapter, and EA-MG-SP1 Serial Port with DC Power Adapter.	
		Screen Objects	
Functional Devices		Push Button, Switch, Indicator Button, Indicator Light, Graphic Indicator Light, Numeric Display, Numeric Entry, Inc/Dec Value, Bar Graph, Bitmap Button, Static Bitmap, Dynamic Bitmap, Recipe Button, Static Text, Lookup Text, Dynamic Text, Scroll Text, Screen Change Push Button, Screen Selector, Adjust Contrast, Function (Define function keys).	
Static Shapes		Lines, Rectangles, Circles and Frames	
Displayable Fonts		Fixed fonts: 4x6 (only static text), 6x6, 6x8, 8x16, 8x32, 16x16, 16x32, 32x16, 32x32 /Windows fonts	
		Electrical	
Input Voltage Range		5.0 VDC (4.75 – 5.25 VDC)	
Input Power		Supplied through the panel's RJ12 serial communications port connection when used with any <i>Direct</i> LOGIC PLCs having a RJ12 communication port. Can also be supplied from an external 12-24 VDC power source when using the optional EA-MG-P1 DC Power Adapter, or the optional EA-MG-SP1 Serial Port with DC Power Adapter	
Power Consumption		1.05 W @ 5 VDC (210 mA)	
Recommended Fuse		Type AGC fast acting glass fuse, 250 mA, 250 VAC, ADC p/n AGC-25 No fuse required when directly connected to a PLC or PC with recommended cable.	
Maximum Inrush Current		1 A for 500 µs	
Acceptable External Power Drop Duration		Maximum 1 ms	
		Environmental	
Operating Temperature		0 to 50 °C (32 to 122 °F)	
Storage Temperature		-20 to +60 °C (-4 to +140 °F)	
Humidity		5–95% RH (non-condensing)	
Environmental Air		No corrosive gases permitted	
Vibration		IEC60068-2-6 (Test Fc), 5-9 Hz: 3.5 mm amplitude, 9-150 Hz: 1.0G, sweeping, at a rate of 1 octave/min. (±10%), 10 sweep cycles per axis on each of 3 mutually perpendicular axes	
Shock		IEC60068-2-27 (Test Ea), 15 G peak, 11 ms duration, three shocks in each direction per axis, on 3 mutually perpendicular axes (total of 18 shocks)	
Noise Immunity		EMA ICS3-304 RFI, (145 MHz, 440 Mhz 10 W @ 10 cm) Impulse 1000 V @ 1 µs pulse	
Enclosure		NEMA 4/4X, IP-65 (When mounted correctly, for indoor use only.)	
Agency Approvals		CE (EN61131-2), UL508, CUL Canadian C22.2 No. 142-M95, UL File E157382	
		Physical	
Dimensions		4.488" (W) x 3.228" (H) x 1.593" (D) [114.0 mm x 82.0 mm x 40.5 mm]	
Enclosure Mounting Thickness Range		0.04" – 0.2" [1 – 5 mm]	
Mounting Clip Screw Torque Range		21 – 28 oz-in [0.15 – 0.2 Nm]	
Depth from bezel rear with options Module		2.295" [58.3 mm]	
Weight		5.82 oz. (165 g)	

C-more Micro-Graphic Panel Accessories

8-Button Keypad Bezel

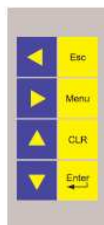
The 8-button keypad bezel can be used with both the touch and non-touch Micro-Graphic panels. The keypad includes four directional arrow cursor buttons, and one each of an ESCAPE, MENU, CLEAR and ENTER button. The keypad is intended to be used with the numeric entry object to allow changing of a value.

The cursor left and right buttons are used to select a digit and the cursor up and down buttons to change the value, along with the ENTER and CLEAR buttons. It can also be used to access and navigate the screen selector feature. The keypad bezel is designed for easy drop-in of a C-more Micro-Graphic panel.

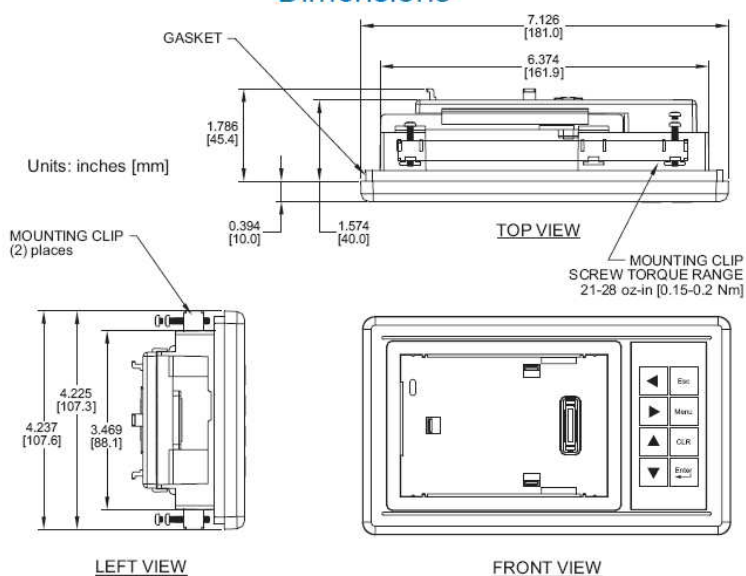
Part No. EA-MG-BZ1



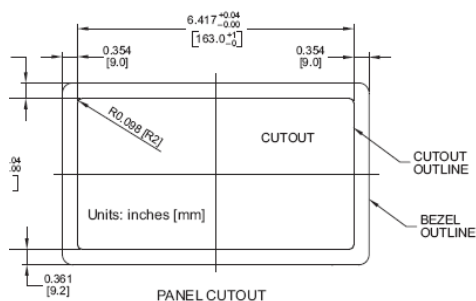
Four directional cursor buttons, and ESC, MENU, CLEAR and ENTER buttons.



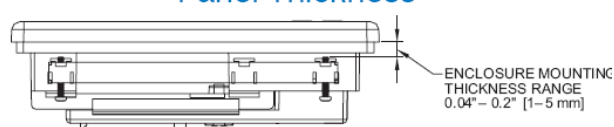
Dimensions



Panel Cutout



Panel Thickness



8-Button Keypad Bezel Specifications

Part Number	EA-MG-BZ1
General	
C-more Micro-Graphic Panels Supported	EA1-S3ML, EA1-S3ML-N
Connection	Connects with expansion connector on the rear of the C-more Micro-Graphic panel. An expansion connector is also located on the rear of the keypad bezel to allow the EA-MG-P1 DC Power Adapter, or the EA-MG-SP1 Serial Port with DC Power Adapter to be attached.
Power Consumption	None
Keypad Button Life	Minimum of 500,000 cycles
Enclosure Mounting	(2) mounting clips, EA-MG-BZ1-BRK, included. Note: The C-more Micro-Graphic panel is installed into the keypad bezel using the EA-MG-S3ML-BRK mounting clips that are supplied with the panel.
Physical	
Dimensions	7.126" (W) x 4.225" (H) x 2.180" (D) [181.0 mm x 107.3 mm x 55.4 mm]
Weight	7.05 oz. [200 g]
Environmental	See Micro-Graphic panel specifications at the beginning of this catalog section.

C-more Micro-Graphic Computer Programming Connections

USB to RS-232 Programming Cable Assembly

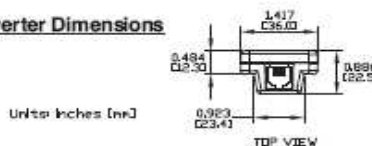
Using the *C-more* Micro-Graphic Programming Software for project development, the *C-more* Micro-Graphic panel can be connected to a PC (personal computer) by using EA-MG-PGM-CBL, the USB-to-RS-232 cable assembly.

- Connect the USB programming cable (included) from a USB port type A on the PC to the USB type B port on the converter (included). Next connect the serial programming cable from the converter's RJ12 port to the panel's RJ12 serial port. The panel receives power from the USB port of the PC that it is connected to through the USB to RS-232 converter assembly.

EA-MG-PGM-CBL

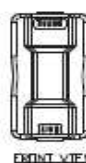
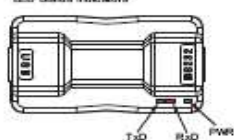


Converter Dimensions



Converter Status LEDs

LED Status Indicators



USB Connectivity



USB to RS-232 Programming Cable Assembly continued at top of next page.

USB to RS-232 Converter Specifications	
Part Number	EA-MG-PGM-CBL
	Hardware
USB Interface	USB Specification Rev. 1.1 Connector: USB Type B jack to accept USB Type B cable plug
Serial Interface	RS-232 (EIA-232-E) Connector: RJ12 phone jack 6p to accept RJ12 cable plug
Baud Rate	115.2 kbps Maximum
Input Voltage	5 VDC (Supplied thru serial interface cable.)
Power Consumption	50 mA (Does not include power to panel and/or bezel.)
	Accessory Cables (included)
USB Cable	USB Type A plug to PC on one end, USB Type B plug to converter on other end, 0.30 m [1 foot] length (* Note)
Serial Cable	RJ12 phone plug connectors on both ends, 2.0 m [6.56 feet] length (* Note)
	Physical
Dimensions	2.559" (W) x 1.417" (H) x 0.886" (D) [65.0 mm x 36.0 mm x 22.5 mm]
Weight	1.06 oz. [30 g]
Environmental	See Micro-Graphic panel specifications at the beginning of this catalog section.
* Note: Maximum cable length for either the USB or serial cable should not exceed 2.0 m [6.56 feet] in length.	

C-more Micro-Graphic Programming Software

FREE Software!

C-more Micro-Graphic Programming Software can be downloaded at no charge or a CD version may be purchased by ordering EA-MG-PGMSW. The software requires a USB port on your PC to connect to the **C-more** Micro-Graphic panel. Software Help Files are included in the download. This software can only be used to program the **C-more** Micro-Graphic panel (not the **C-more** 6" through 15" touch panels).



C-more Micro-Graphic Programming Software is a spin-off of its powerful sibling **C-more** Touch Panel. It offers very high end features designed to reduce your configuration time. Simply drag and drop the objects from the object bar (right side of screen) onto the screen construction area. Then configure your PLC tags and click on the objects you wish to use. Use the built-in simulator to review your work on your PC before ever downloading your project! The time saving benefits of the **C-more** configuration software could easily pay for the panel. Check out www.C-moreMicro.com to download a free version.

Built-in project simulator

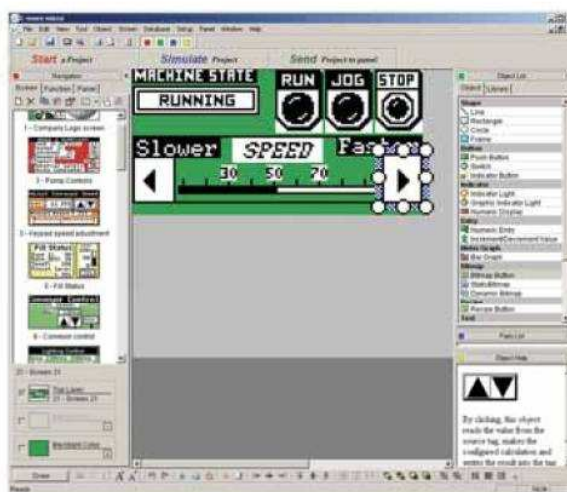
- Runs your project on your PC
- Test all of your screens before downloading
- Time savings pays for the panel

Built-in user object/screen libraries

Save time by re-using your custom objects and screens.

Thumbnail project preview pane

Helps keep track of multi-screen projects.



Scrolling Object selection window

Lets you find the object you want fast. Just drag and drop it on the screen.

Scrolling help window

Gives you helpful information on each object

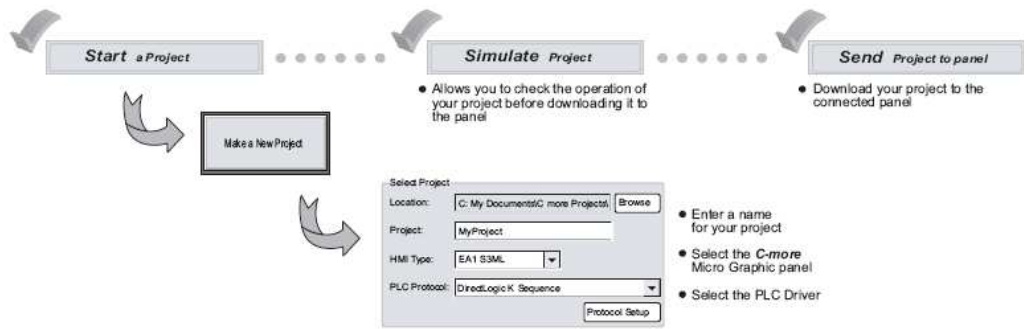
PC requirements

Following are the minimum system requirements for running **C-more** Micro-Graphic Programming Software, EA-MG-PGMSW, on a PC:

- USB port for project transfer from software to touch panel
- Personal Computer with a 333 MHz or higher processor (CPU) clock speed recommended; Intel® Pentium/Celeron family, or AMD® K6/Athlon/Duron family, or compatible processor recommended
- Keyboard and Mouse or compatible pointing device
- Super VGA color video adapter and monitor with at least 800 x 600 pixels resolution (1024 x 768 pixels recommended) 64K color minimum
- 150 MB free hard-disk space
- 128 MB free RAM (512 MB recommended)
- CD-ROM or DVD drive for installing software from the CD or internet access to download
- Operating System - Windows® XP Home / Professional Edition with Service Pack 2, Windows® 2000 with Service Pack 4, or Windows® Vista



NOTE: **C-more** Micro-Graphic panels offer next generation features and because of this, the new programming software does not convert older EZText or Optimate projects.



Step 8 – Accessing the C-more Micro-Graphic Panel Setup Screens

The panel needs to be in the Setup Menu mode whenever a project is uploaded or downloaded. To access the Setup Menu of the panel's setup screens, press the the F1 and F5 function keys simultaneously for three (3) seconds.

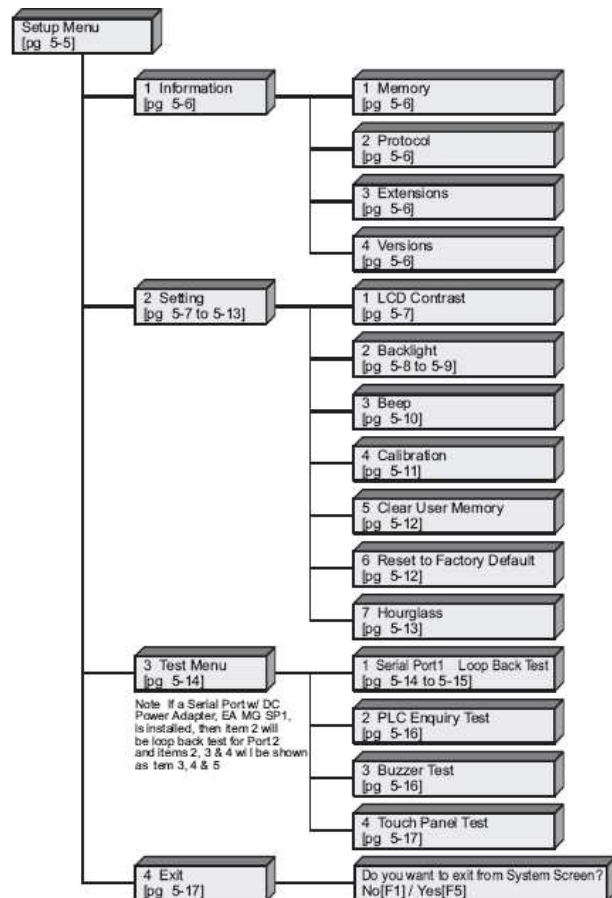
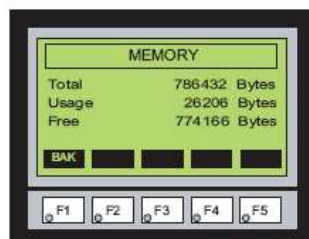


From the Setup Menu, information about the panel can be obtained, settings can be adjusted, and panel functions can be tested.







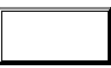

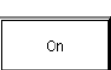
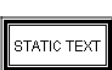

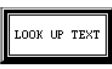
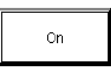

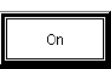


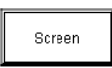
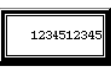

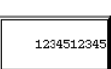
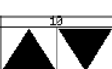


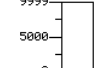


NOTE: See Chapter 5: System Setup Screens for details on using the setup screen settings and functions.

Examples



C-more Micro-Graphic Programming Software

C-more Micro-Graphic Panel Objects			
Object	Graphic	Object	Graphic
The Line object, just like with drawing tools, allows the user to insert a straight line drawing into a project. When a Line is inserted into a project, a window opens to allow the user to setup all available parameters for the Line object. Some of the uses for Line Objects include but are not limited to adding callouts, pointers, or indicators.		The Bitmap Button object offers the ability to use a Bitmap graphic to perform the functions of a Button. This allows users to create their own graphics and implement them within the software project. The Bitmap Button object can be used to activate or deactivate components assigned to a Discrete Tag Name. The C-more Micro-Graphic display only supports two colors, black and white.	
The Rectangle object, just like with drawing tools, allows the user to insert a drawing of a Rectangle as well as other geometric shapes into a project. When this object is inserted into a project, a window opens to allow the user to setup all available parameters for the Rectangle object.		The Static Bitmap offers the ability to display a Bitmap graphic on any screen. The Static Bitmap does not change state. Refer to the Dynamic Bitmap Object if you require the graphic object to change state based on a Tag Value in your PLC. The dialog box for a "Static Bitmap" object allows you to "read from disk" and select a bitmap file for import. Bitmaps must be in one of the following formats: .BMP .WMF .JPG .JPEG	
The Circle object, just like with drawing tools, allows the user to insert a drawing of a Circle or ellipse shape into a project. When this object is inserted into a project, a window opens to allow the user to setup all available parameters for the Circle object.		The Dynamic Bitmap object offers the ability to make an object using two different Bitmap graphics that will display one graphic when the Tag is On and a different graphic when the Tag is Off. Use your own bitmap designs or use some of the bitmaps provided with the software that are located in the User Graphic Library.	
The Frame object allows the user to insert a Frame to the project that can be used to frame other objects. Some of the uses for Frame Line object include but are not limited to graphically separating objects for different operations that may appear on one screen and emphasizing pushbuttons or other objects that may require more attention by the operator.		Recipe objects make it easy to make a large number of tag changes with the push of a single button. Create Recipes with up to 99 entries, and multiple sets of values. Then just push a button to load an entire set of values into the group of recipe tags.	
The Pushbutton object is available from the Button Category of the Object List window. The Pushbutton object is an electronic version of a typical Pushbutton normally found on control panels. The Pushbutton object can be used to activate or deactivate components assigned to a Discrete Tag Name.		The Static Text object is used to display a Frame with a personalized Message. This Frame and Message can be placed on any screen and any location within the screen.	
The Switch object is an electronic version of a typical Switch that normally can be found on control panels. The Switch object can be used to activate or deactivate components assigned to a Discrete Tag Name.		The Lookup Text object is used to display a Frame with a personalized Message. This Frame and Message can be placed on any screen and any location within the screen. The object is always displayed like a sign but is configured to display only the message prompted by an assigned Tag Name. Messages are retrieved from a Message Database which is configured by the user with text defined by the user. The Lookup Text Object will scroll text up to 128 characters.	
The Indicator Button object is available from the Button Category of the Object List window. The Indicator Button object is an electronic version of a typical Indicator Button normally found on control panels. The Indicator Button is a combination of a Pushbutton and an Indicator Light. The Indicator Button can be used to activate or deactivate components assigned to a Discrete Tag Name.		The Dynamic Text object is used to display text that is retrieved from data stored in a Tag. The Tag Name is assigned to registers in the PLC that contain set character data. The data can be stored in the PLC in ASCII format and may include information such as machine numbers, locations, part numbers, and such. The Message can be configured to be visible (Trigger) when an associated Tag Name is On or Off. This object can be placed on any screen and any location within the screen. The Dynamic Text Object will scroll text up to 40 characters.	
The Indicator Light object is an electronic version of a typical Indicator Light normally found on industrial control panels. The Indicator Light can be configured to display the status of the assigned Discrete Tag Name.		The Scroll Text object is available from the Text Category of the Object List window. The Scroll Text object is an electronic version of a marquee. It is similar to the Static Text Object. If the text in the object does not fit in the window, it will scroll from right to left across the window. The Scroll Text object does not require a Tag Name assignment. The Scroll Text Object has a maximum character limit of 128 characters.	
The Graphic Indicator Light object is a more enhanced version of the "Indicator Light Object" that allows the user to choose more detailed graphics to display the status of a tag. This object is an electronic version of a typical Indicator Light normally found on industrial control panels. The Indicator Light can be configured to display the status of the assigned Discrete Tag Name.		The Screen Change Pushbutton object is available from the Control Category of the Object List window. The Screen Change Pushbutton object is a pushbutton that can be configured to activate another screen in the project. This object may be edited to various colors and sizes. Users can configure the button to activate the Power-Up screen, Forward Screen, Previous Screen, or any one of the project screens.	
The Numeric Display consists of a frame that displays a real-time numeric value according to the value data received from an assigned Tag Name. The Numeric Display supports numeric Signed Decimal, Unsigned Decimal, BCD, and Floating Point data types with up to 11 digits, including decimal points. User Defined Alpha Numeric Prefix and Suffix values are also supported.		The Screen Selector object is available from the Control Category of the Object List window. This object is an enhanced version of the Screen Change pushbutton in that it offers many more features and defaults with data from screens in the project. This helps to save time by not having to create Screen change buttons for each screen. This object may be edited to various colors and sizes.	
The Numeric Entry object is used to enter a value from your Panel to a PLC Register. This object, when selected, opens a Numeric Keypad that allows the user to enter a new value that will be written to the assigned Tag Name. The Numeric Entry supports numeric Signed Decimal, Unsigned Decimal, BCD, and Floating Point data types with up to 11 digits, including decimal points. User Defined Alpha Numeric Prefix and Suffix values are also supported.		The Adjust Display Contrast object is used to allow the operator to adjust the Panel Display Contrast. The default Display setting often works in most applications, however lighting may vary based on the location of each application. In these cases the operator can use this object to make adjustments. The current display setting value will appear on the top of the button and will change as the arrow keys are pressed. This button can be modified to various sizes.	
The Increment/Decrement Value object is used to add or subtract a value by pressing a button on the Panel. Basically the object uses two Tags, one to read a value from and another to write a modified value to. The Increment/Decrement Value supports numeric Signed Decimal, Unsigned Decimal, BCD, and Floating Point data types with up to 11 digits, including decimal points. The Increment and decrement values are also user selectable.		The Function object is used to assign the panels function key buttons to a particular action as well as assigning the control of the LED On/Off status. When a button has been assigned as a shift button, the then F1 through F5 will become F6 through F10. The Function Object buttons will activate when the hardware button is pressed or when the object is pressed on the Touch panel version. The object size is restricted so that the keys will line up with the hardware function keys on the panel.	
The Bar Meter object is used to monitor an assigned Tag Name continuously. This object can be used to create digital versions of level, current, and flow meters to name a few samples, or gauges that measure speed and other measurable data.			

ANEXO E
RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

RS Series Relay Specifications



RS6N-DE

RS series relays are compact, space-saving relay terminal modules containing four or six card relays with one normally open contact each. These relay-and-terminal modules are ideal for interfacing electronic control devices (such as PLCs or photoelectric sensors) with output devices.

Features:

- Compact size of 34 mm wide by 69 mm long, including screw terminals
- Input terminals are located in the upper part and output terminals in the lower part of the module to separate them from each other, making wiring easy
- RB105 plug-in relays and TP04 sockets make maintenance easy
- Built-in coil surge-suppression diodes and operation indicator LEDs simplify circuit design and maintenance
- The module is easily-mounted on a 35 mm DIN rail
- The RS4N module includes two standard accessory jumper plates, which are convenient for common wiring of terminals

RS4N-DE and RS6N-DE Series Card Relay Specifications Table					
Contact		1 NO / SPST			
Contact Resistance		30mΩ or less (before use)			
Contact Material		Silver alloy (gold-plated)			
Min. Operating Voltage and Current		0.1VDC, 1mA			
Rated Thermal Current		5A			
Max. Make/Break Current (Resistive Load)		250VAC, 5A 30VDC, 5A			
Operating Time		10ms or less at rated voltage			
Release Time		10ms or less at rated voltage			
Insulation Resistance		100MΩ (at 500VDC megger)			
Dielectric Strength	<i>Between Contact and Coil</i>	2000VAC 1 minute			
	<i>Between Contacts of Same Pole</i>	750VAC 1 minute			
	<i>Between Contacts of Different Pole</i>	2000VAC 1 minute			
	<i>Between Coils of Different Pole</i>	500VAC 1 minute			
Vibration	<i>Malfunction Durability</i>	10 to 55Hz, 1mm double amplitude			
	<i>Mechanical Durability</i>	10 to 55Hz, 1.5mm double amplitude			
Shock	<i>Malfunction Durability</i>	100m/s ²			
	<i>Mechanical Durability</i>	1000m/s ²			
Life Expectancy	<i>Mechanical</i>	20 million operations			
	<i>Electrical</i>	<i>Voltage</i>	<i>Make Current (A)</i>	<i>Break Current (A)</i>	<i>Operations</i>
		220VAC (inductive load)	2 (cos φ = 0.7)	2 (cos φ = 0.3 - 0.4)	100,000
		220VAC (resistive load)	3 (cos φ = 1.0)	3 (cos φ = 1.0)	130,000
		24VDC (inductive load)	1 (T = 15ms)	1 (T = 15ms)	150,000
24VDC (resistive load)	5 (T = 1ms or less)	5 (T = 1ms or less)	100,000		
Ambient Temperature		-25 to +55° C (no icing)			

Electromechanical Relay RB105-DE Specifications



RB105-DE

These spare relays are for replacement in RS4N-DE and RS6N-DE relay modules (5 mm). Bifurcated contacts ensure high contact reliability, allowing use in low-level circuits.

Features

- Narrow, miniature size and light weight reduces space on the DIN rail
- UL, CSA, CE, and TUV approved
- Low power consumption
- Can be operated with a non-polarity magnet
- Flux-tight construction

RB105-DE Card Relay Specification Table		
Operating Time	10ms or less at rated voltage	
Release Time	5ms or less at rated voltage	
Insulation Resistance	100MΩ (at 500VDC megger)	
Dielectric Strength	750VAC 1 minute between open contacts 2000VAC 1 minute between contact and coil	
Impulse	4,500V or more 1.2 x 50μs between contact and coil	
Electrical Life Expectancy	AC: 100,000 operations at 220VAC 2A, inductive load 130,000 operations at 220VAC 3A, resistive load DC: 150,000 operations at 24VDC 1A, inductive load 100,000 operations at 24VDC 5A, resistive load	
Mechanical Life Expectancy	20 million operations	
Ambient Temperature	-40° C to +70° C (no icing)	
Thermal Current	5A	
Make and Break Current (Resistive Load)	250VAC, 5A 30VDC, 5A	
Operating Coil	Rated voltage	24VDC
	Pick-up voltage	70% of rated coil voltage
	Drop-out voltage	5% of rated coil voltage
	Power consumption	200mW
	Coil resistance	2880Ω

RS Series Relay Remover and Protective Cover

Relay remover, TY3

To remove a relay from the terminal module, use the TY3 relay remover. RS4N-DE and RS6N-DE modules include a TY3 relay remover. Pull the relay in a direction perpendicular to the terminal module surface. Incorrectly removing or mounting a relay may damage the relay pins and pin jacks of the module.



Figure 1 (Dimensions, mm)
RB105-DE

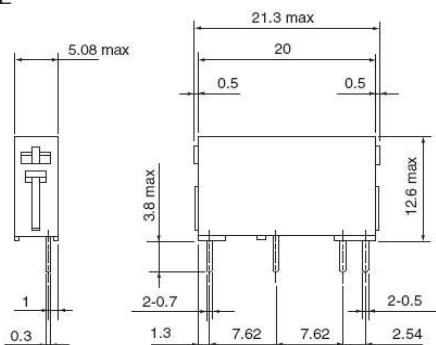
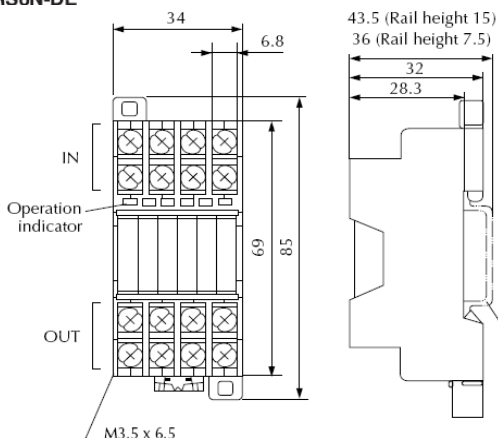
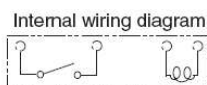
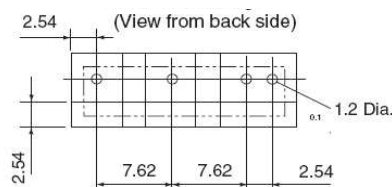
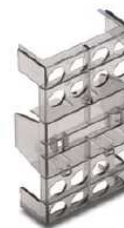


Figure 4 Dimensions (mm)
RS6N-DE

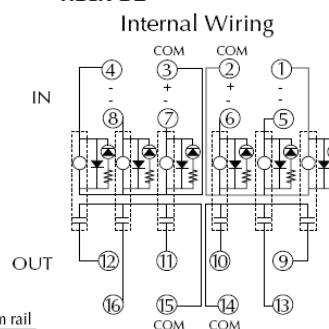


Optional protective cover, RZ4N

A protective cover fits over the RS4N-DE or RS6N-DE module and protects the terminals.



Wiring diagram
RS6N-DE



ANEXO F
CONVERTIDOR DE VOLTAJE



20W Single Output Industrial DIN Rail Power Supply

MDR-20 series

■ Features :

- Universal AC input/Full range
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage
- Cooling by free air convection
- Can be installed on DIN rail TS-35/7.5 or 15
- NEC class 2 / LPS compliant
- Built in DC OK active signal
- LED indicator for power on
- No load power consumption<0.75W
- 100% full load burn-in test
- 3 years warranty



SPECIFICATION

MODEL	MDR-20-5	MDR-20-12	MDR-20-15	MDR-20-24	
OUTPUT	DC VOLTAGE	5V	12V	15V	24V
	RATED CURRENT	3A	1.67A	1.34A	1A
	CURRENT RANGE	0 ~ 3A	0 ~ 1.67A	0 ~ 1.34A	0 ~ 1A
	RATED POWER	15W	20W	20W	24W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	80mVp-p	120mVp-p	120mVp-p	150mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	4.75 ~ 5.5V	10.8 ~ 13.2V	13.5 ~ 16.5V	21.6 ~ 26.4V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	±2.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LOAD REGULATION	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	SETUP, RISE TIME Note.5	500ms, 30ms/230VAC	1000ms, 30ms/115VAC at full load		
HOLD UP TIME (Typ.)	50ms/230VAC	20ms/115VAC at full load			
INPUT	VOLTAGE RANGE	85 ~ 264VAC	120 ~ 370VDC		
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz			
	EFFICIENCY (Typ.)	76%	80%	81%	84%
	AC CURRENT (Typ.)	0.55A/115VAC	0.35A/230VAC		
	INRUSH CURRENT (Typ.)	COLD START 20A/115VAC	40A/230VAC		
	LEAKAGE CURRENT	<1mA / 240VAC			
PROTECTION	OVERLOAD	105 ~ 160% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed			
	OVER VOLTAGE	5.75 ~ 6.75V	13.8 ~ 16.2V	17.25 ~ 20.25V	27.6 ~ 32.4V
FUNCTION	DC OK ACTIVE SIGNAL (max.)	3.75 ~ 6V / 50mA	9 ~ 13.5V / 40mA	11.5 ~ 16.5V / 40mA	18 ~ 27V / 20mA
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-20 ~ +70°C (Refer to "Derating Curve")			
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing			
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH			
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)			
SAFETY & EMC (Note 4)	VIBRATION	Component:10 ~ 500Hz, 2G 10min./1 cycle, 60min. each along X, Y, Z axes; Mounting: Compliance to IEC60068-2-6			
	SAFETY STANDARDS	UL508, TUV EN60950-1 approved, NEC class 2 / LPS compliant			
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC			
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH			
OTHERS	EMC EMISSION	Compliance to EN55011, EN55022 (CISPR22), EN61204-3 Class B, EN61000-3-2,-3			
	EMC IMMUNITY	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, EN55024, EN61000-6-1, EN61204-3, light industry level, criteria A			
	MTBF	236.9K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)			
NOTE	DIMENSION	22.5*90*100mm (W*H*D)			
	PACKING	0.19Kg; 72pcs/14.7Kg/0.91CUFT			
<p>1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 5. Length of set up time is measured at cold first start. Turning ON/OFF the power supply may lead to increase of the set up time.</p>					

■ Mechanical Specification

Case No. 956 Unit:mm

Install DIN rail TS35/7.5 or TS35/15

■ Block Diagram

■ Application of DC OK Active Signal

(a) 5V signal

Model	R
5V	≥200Ω
12V	≥1.5KΩ
15V	≥2KΩ
24V	≥3.9KΩ

(b) LED

Model	R
5V	≥1KΩ
12V	≥2.4KΩ
15V	≥3KΩ
24V	≥4.7KΩ

(c) Relay

Model	RL
5V	≥120Ω
12V	≥700Ω
15V	≥700Ω
24V	≥1.2KΩ

■ Derating Curve

Ambient Temperature (°C)	Load (%)
-20	100
0	100
10	100
20	100
30	100
40	100
50	100
60	75
70	50

■ Output Derating VS Input Voltage

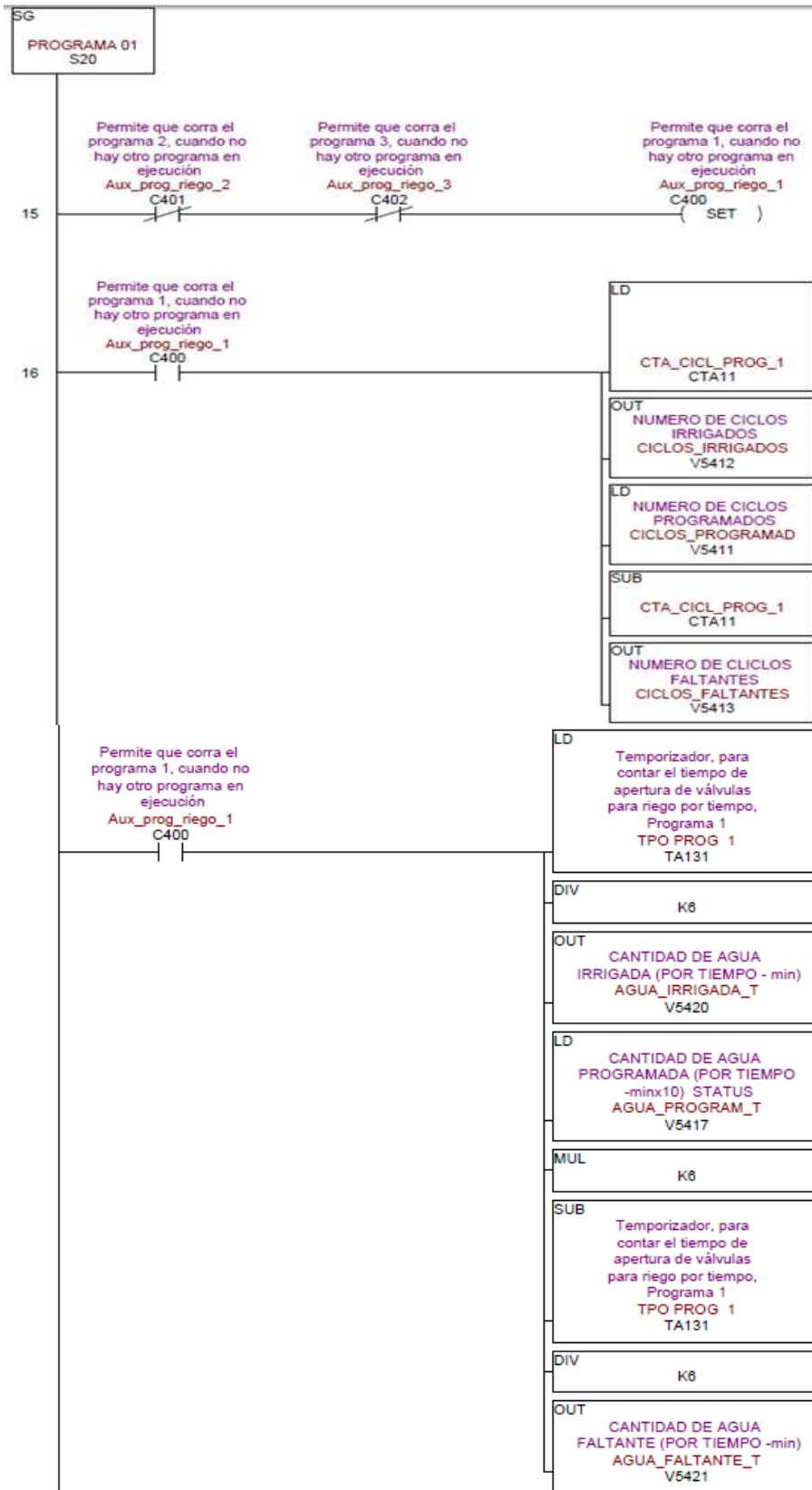
Input Voltage (VAC) 60Hz	Load (%)
85	80
95	100
100	100
115	100
120	100
140	100
160	100
180	100
200	100
220	100
240	100
264	100

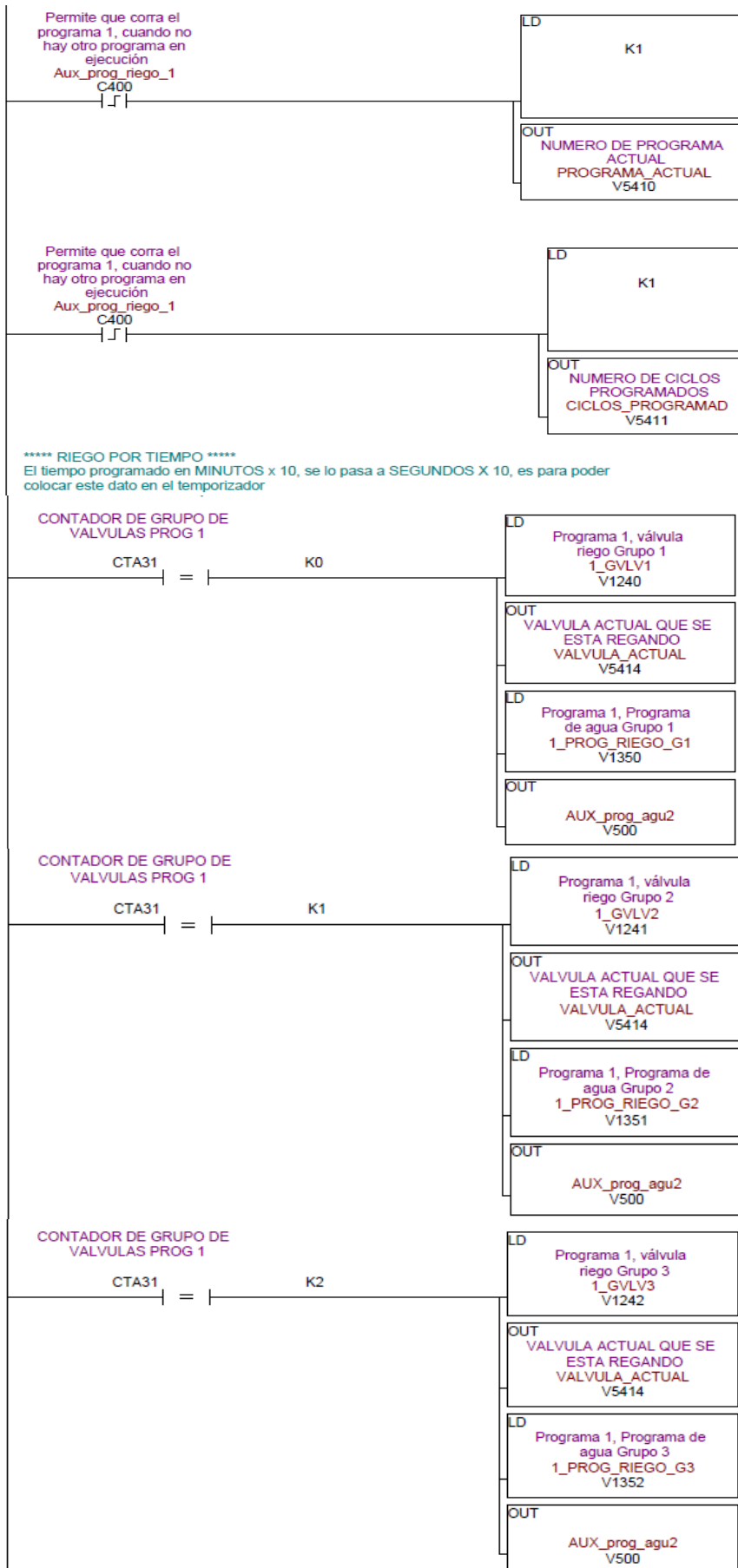
File Name:MDR-20-SPEC 2011-05-24

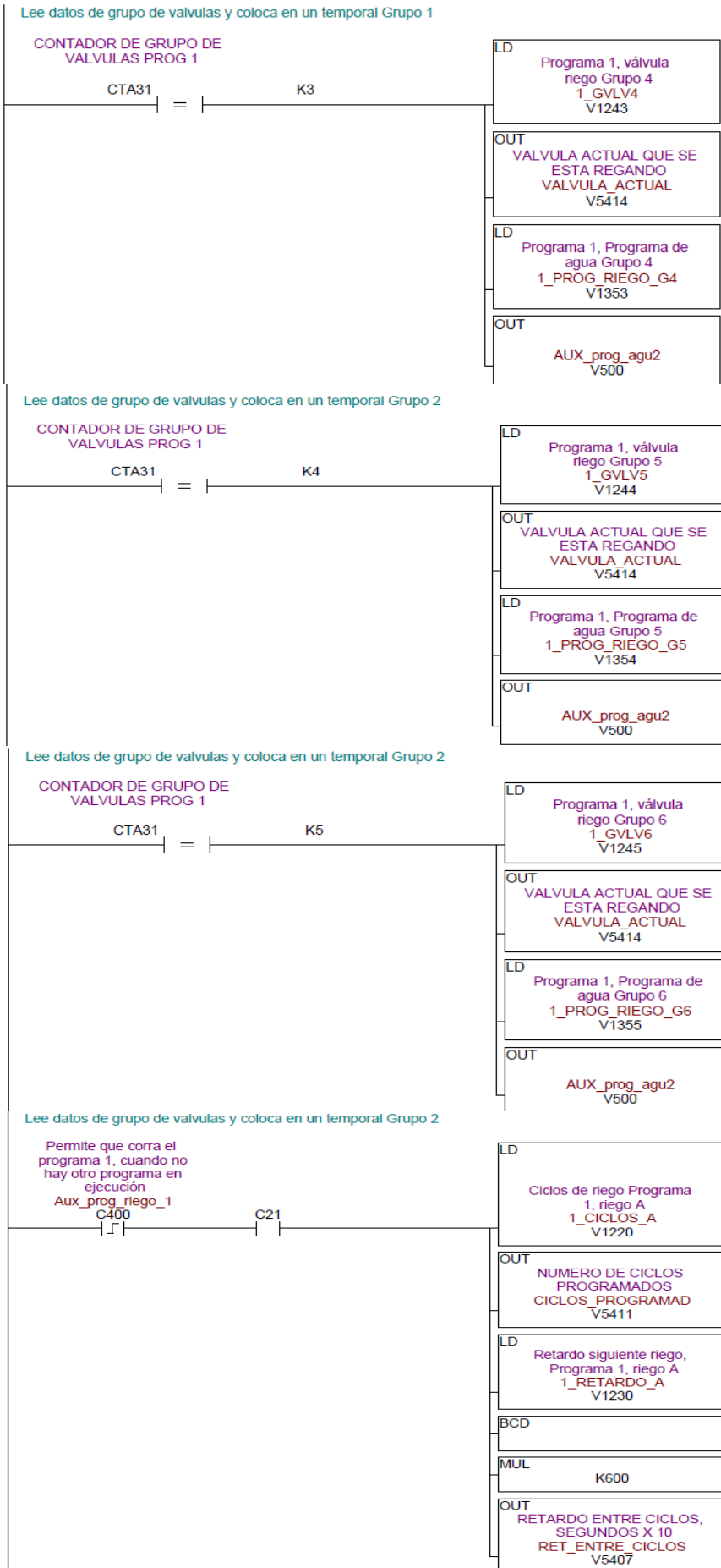
ANEXO G
DISEÑO DEL PROGRAMA DE CONTROL PARA EL
SISTEMA DE RIEGO

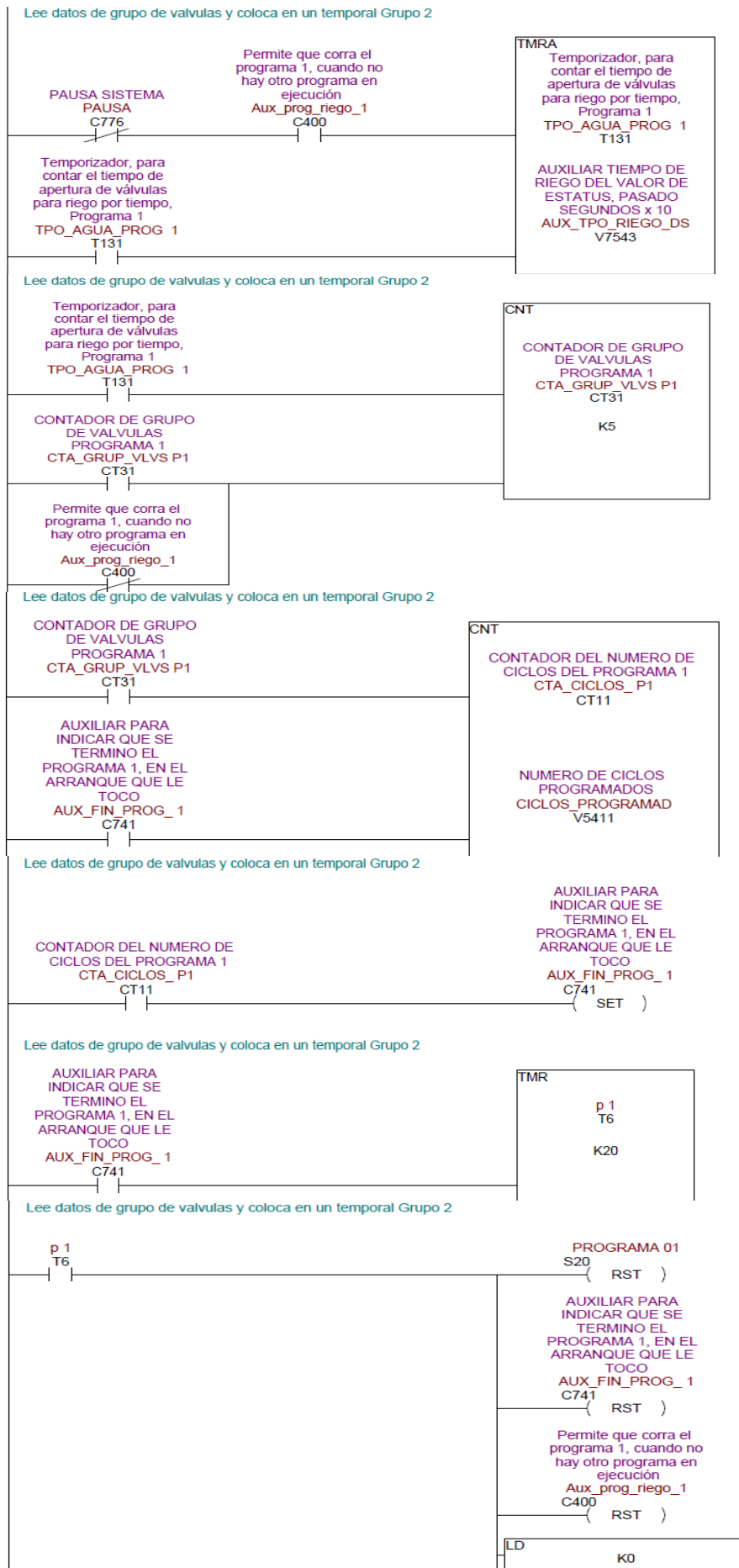
PROGRAMAS DE RIEGO

PROGRAMA 1

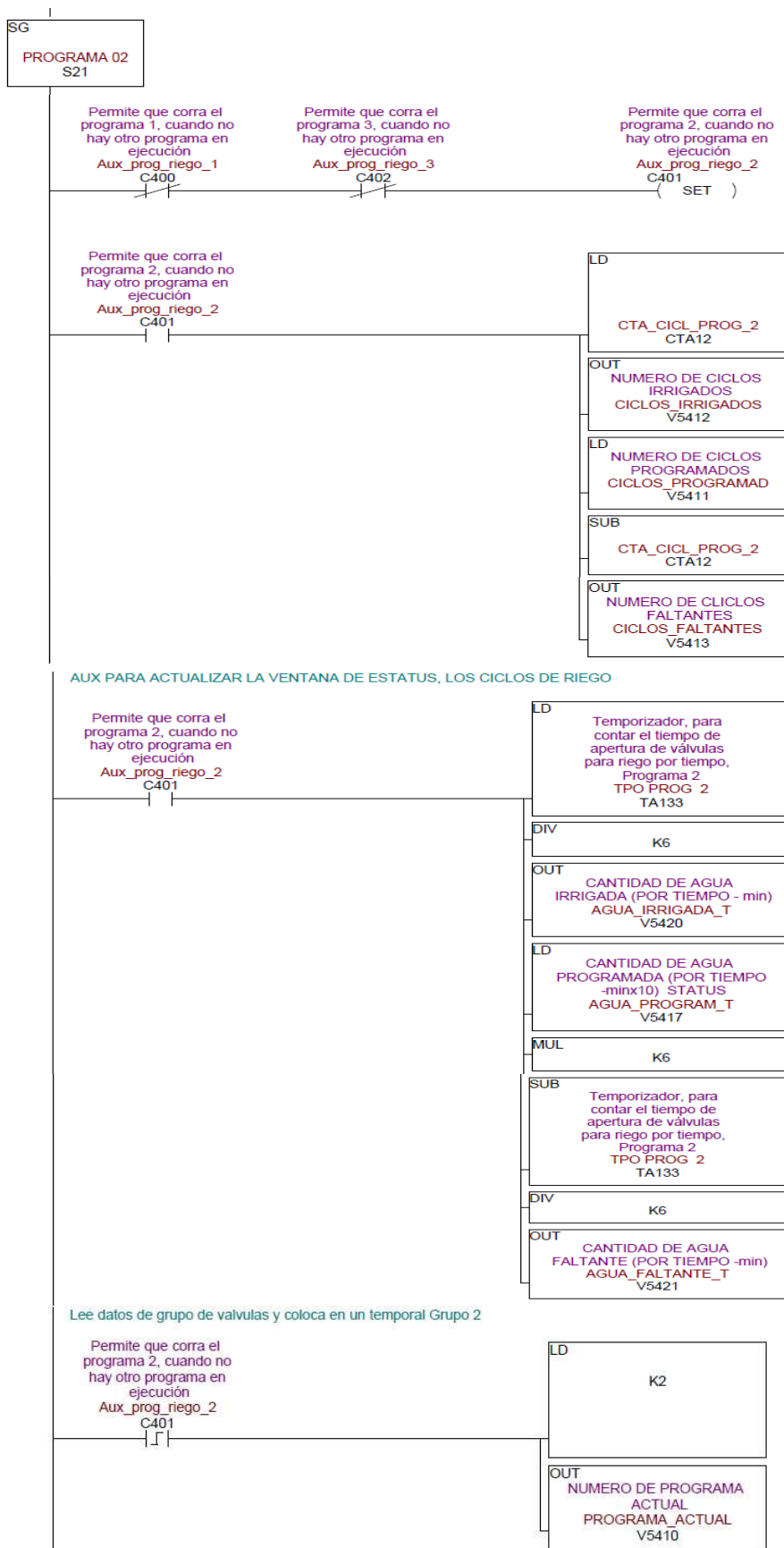


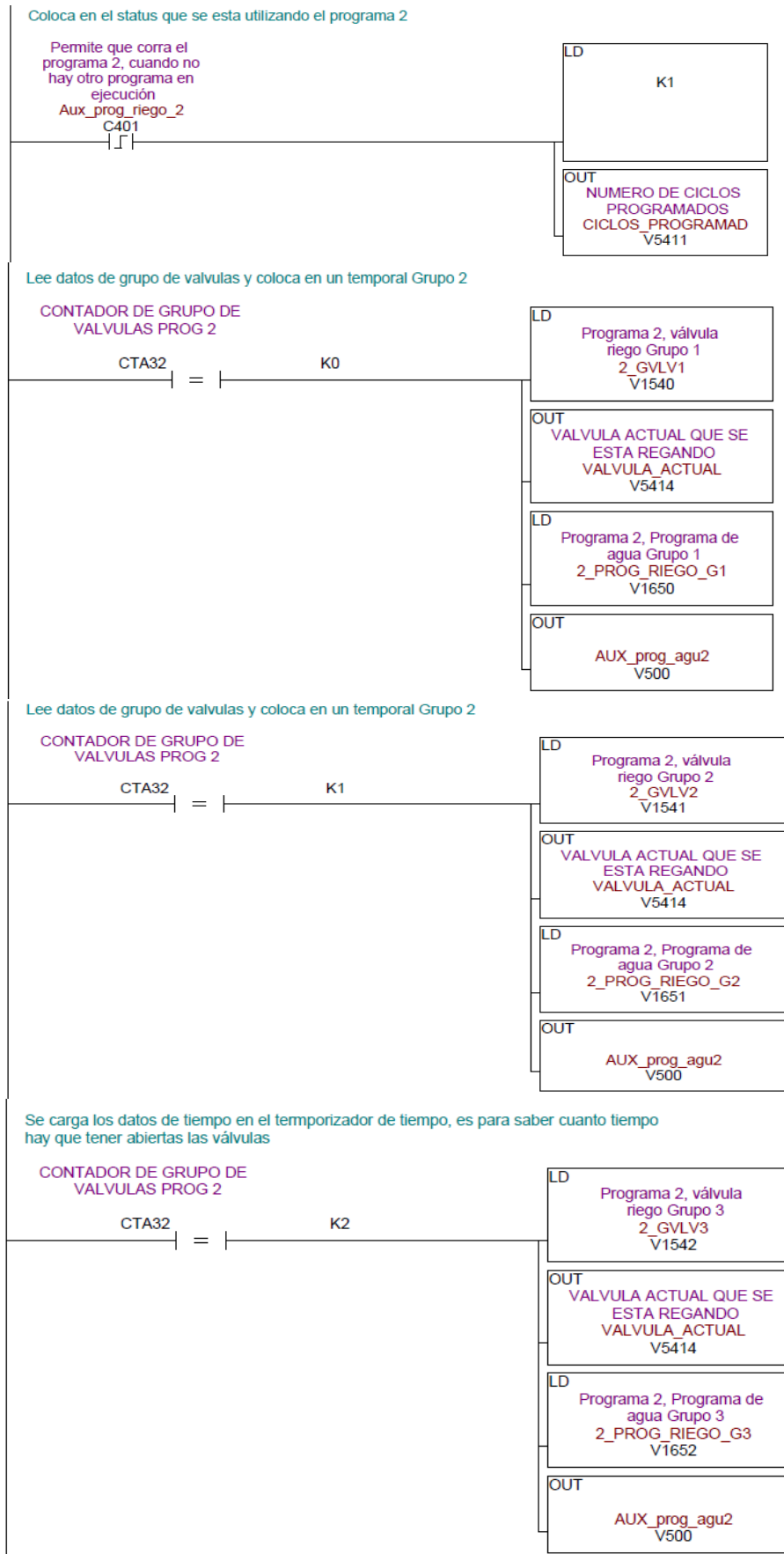


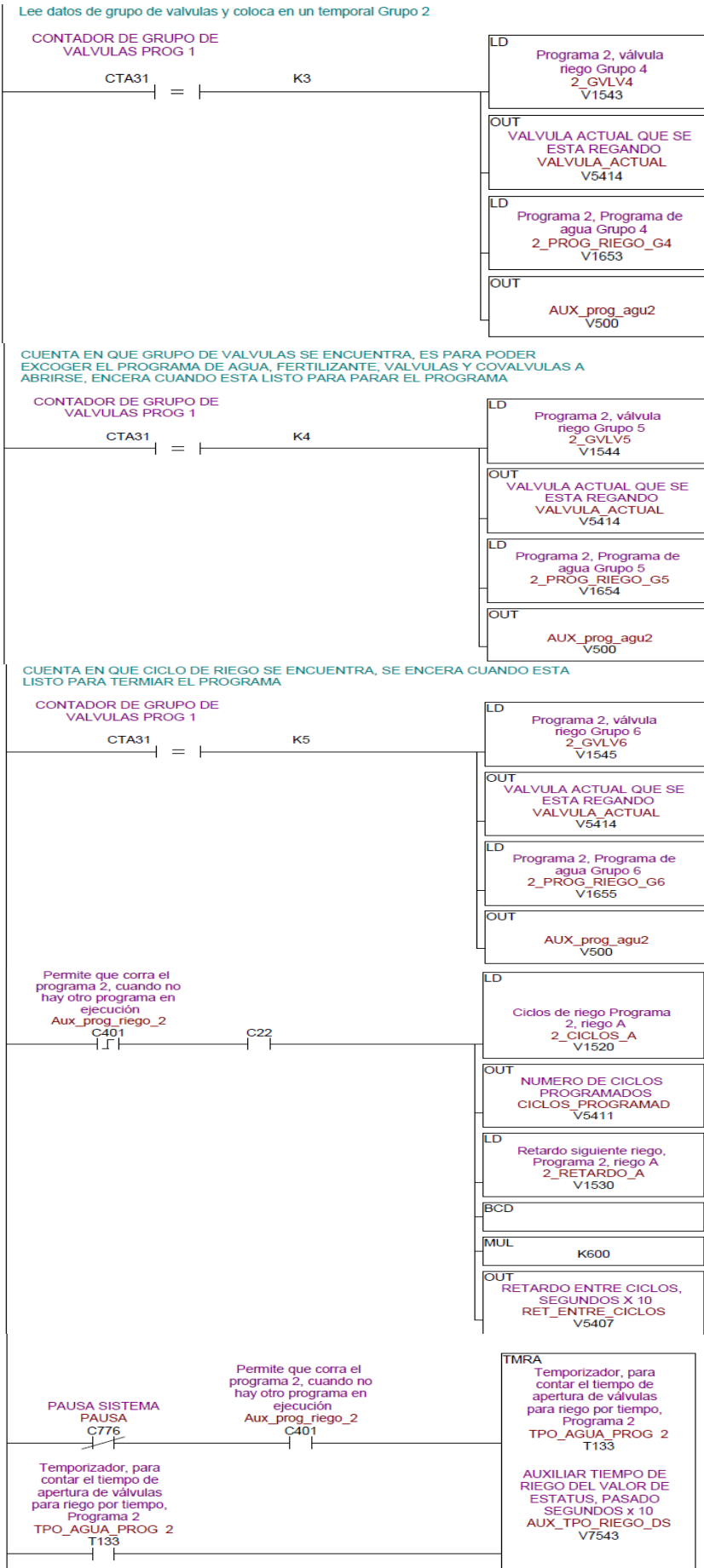


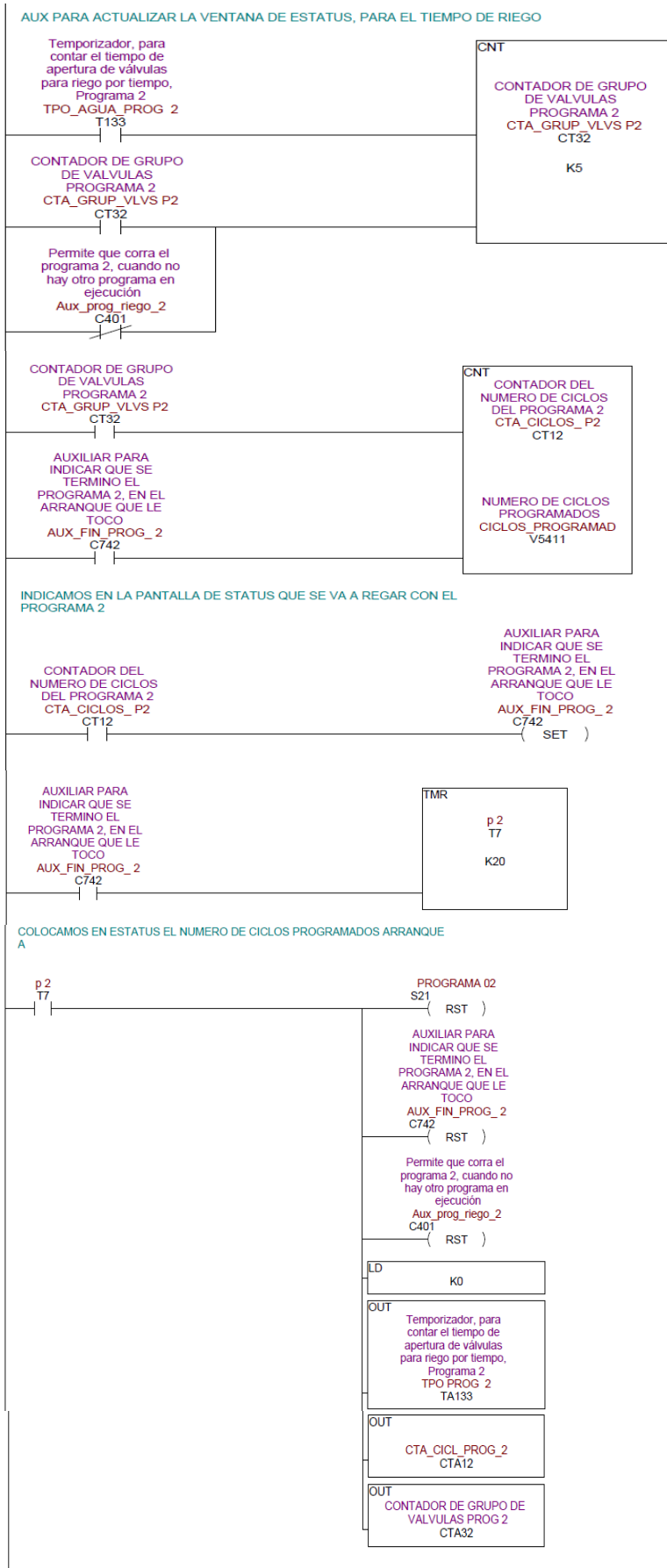


PROGRAMA 2

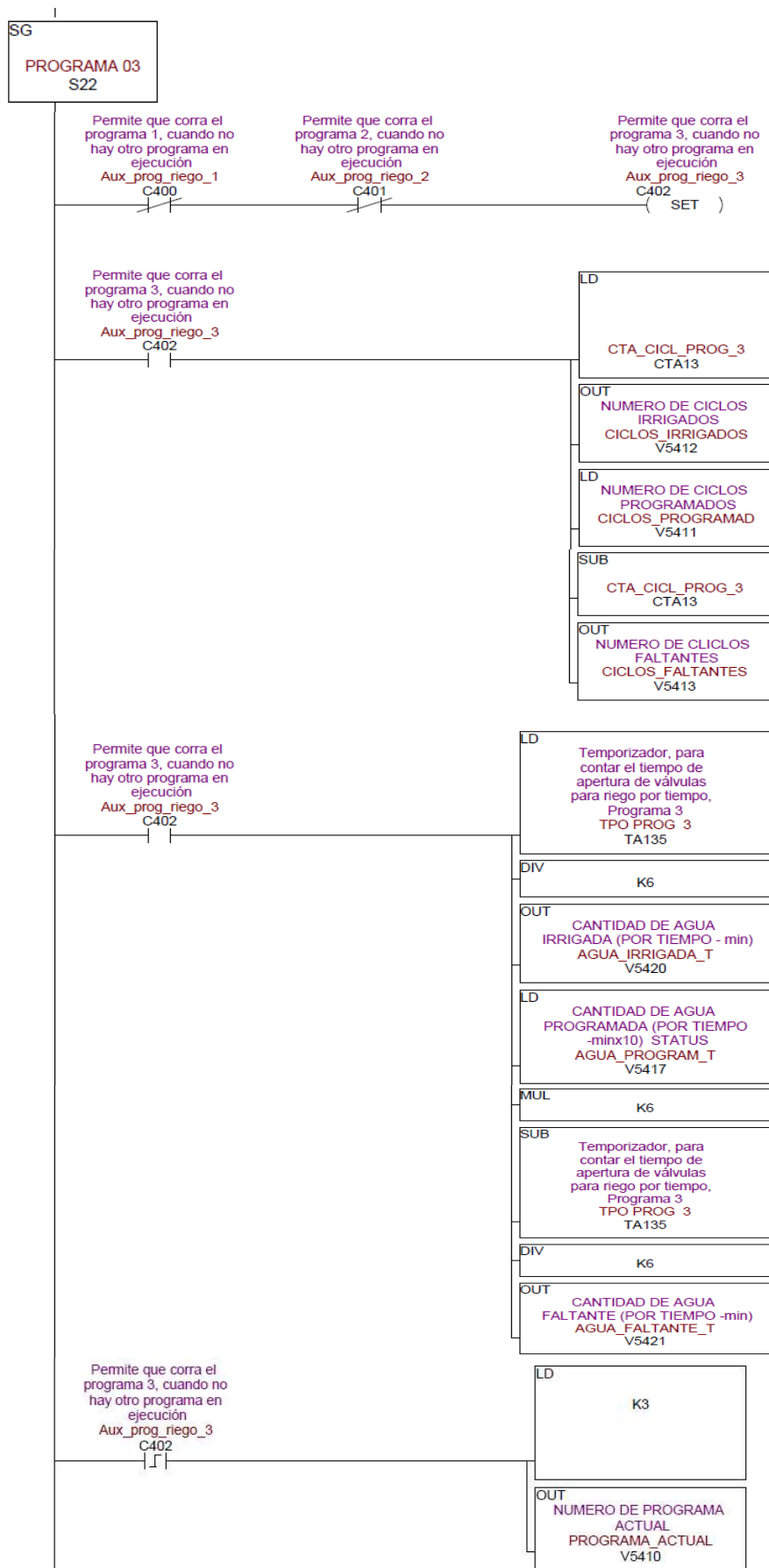


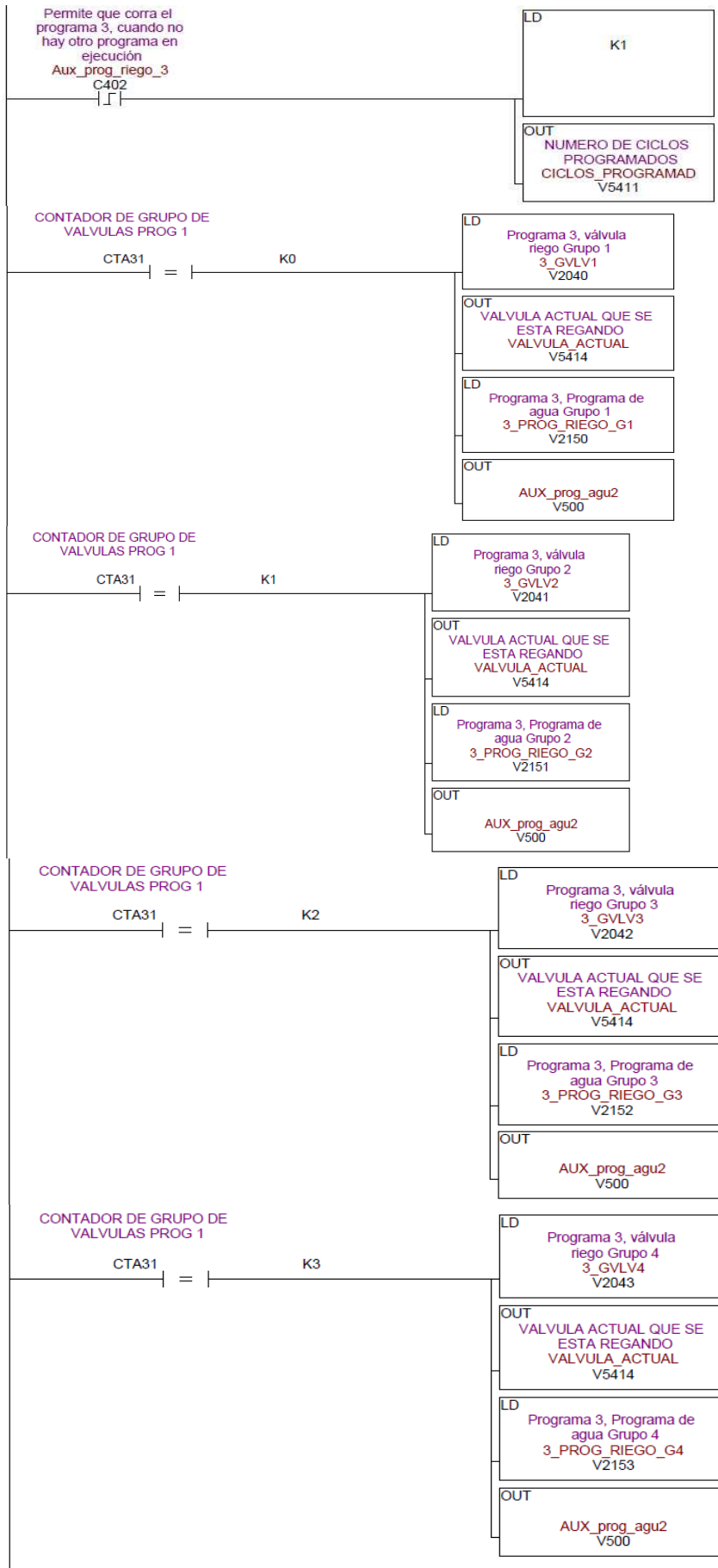


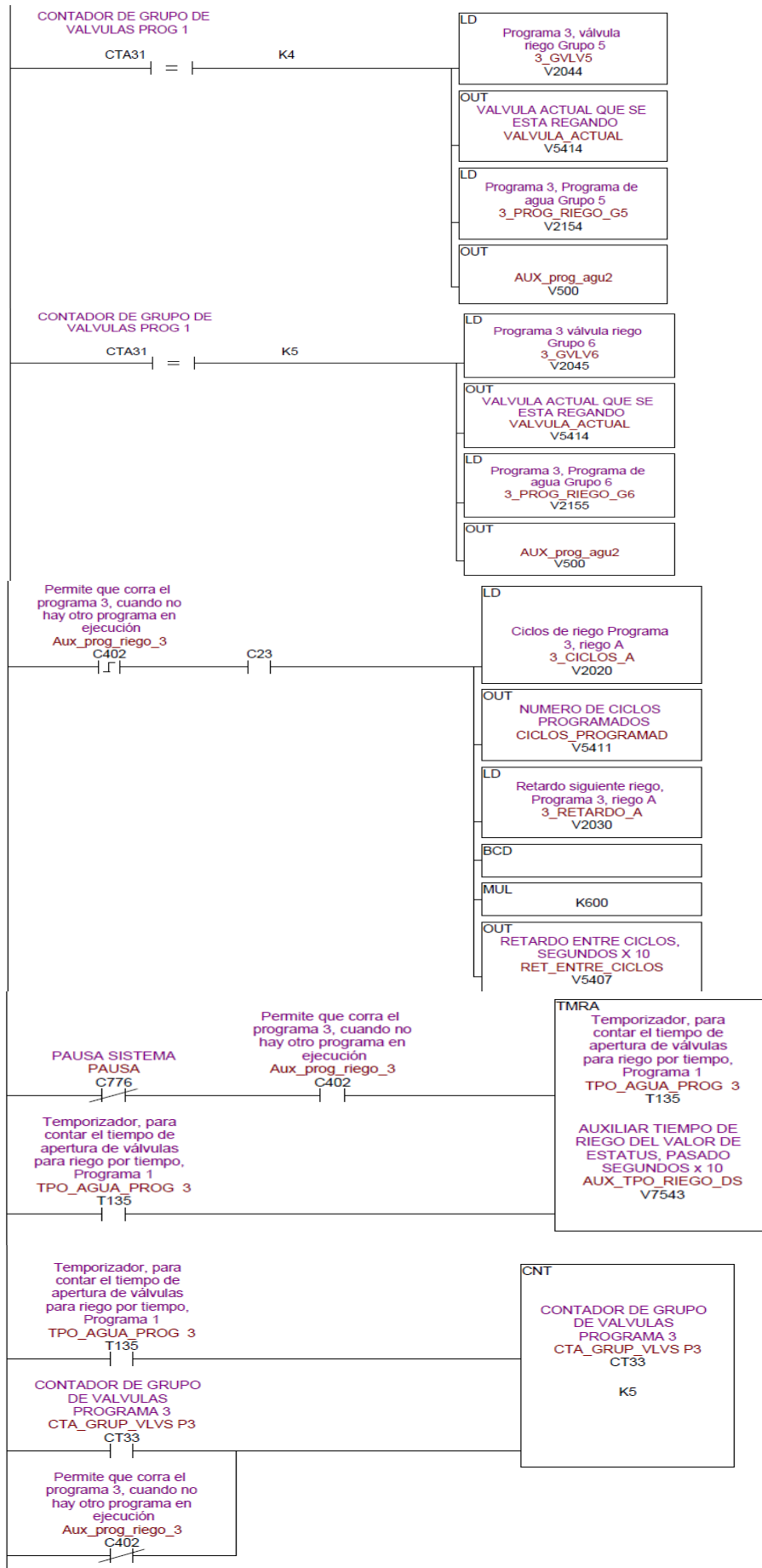


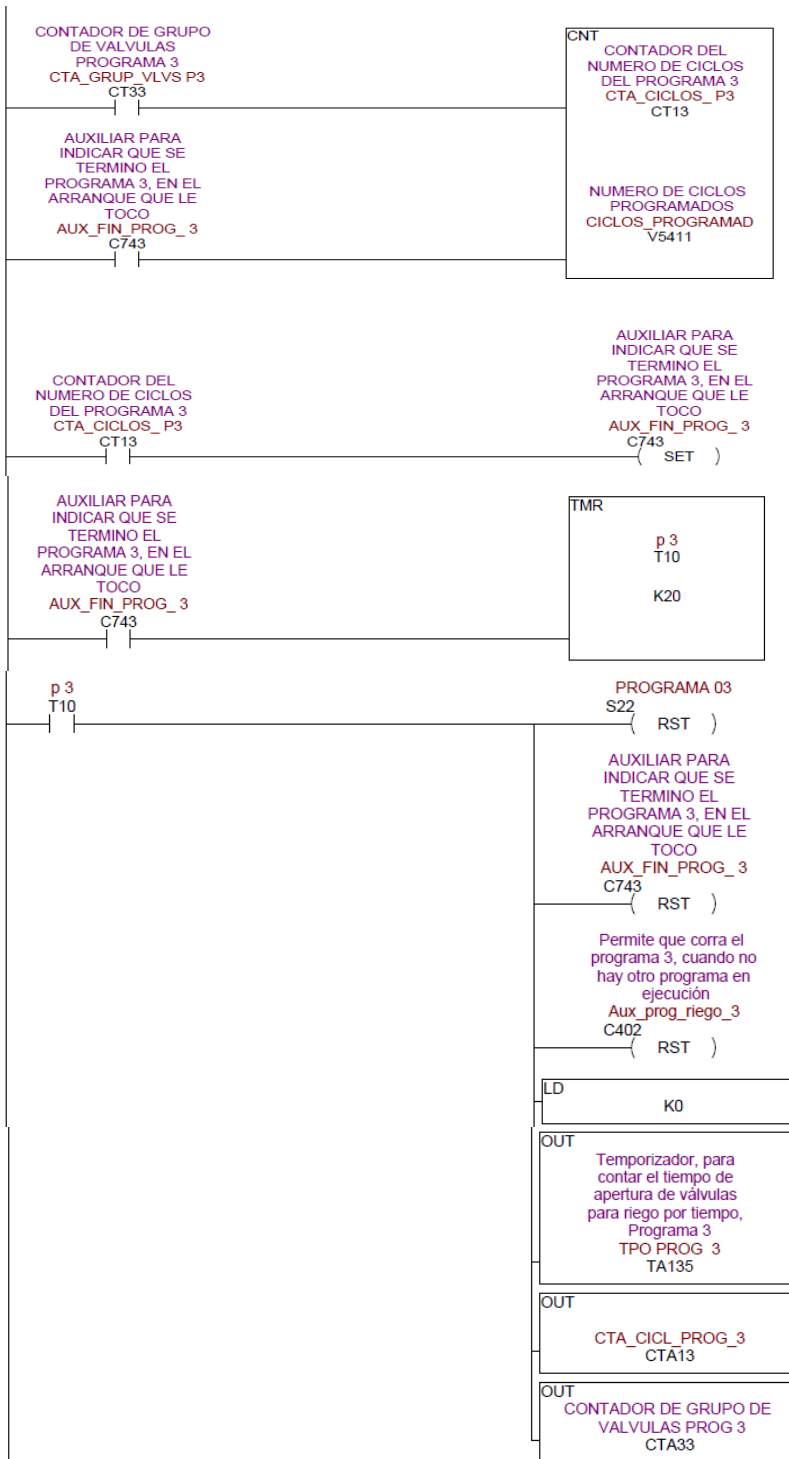


PROGRAMA 3



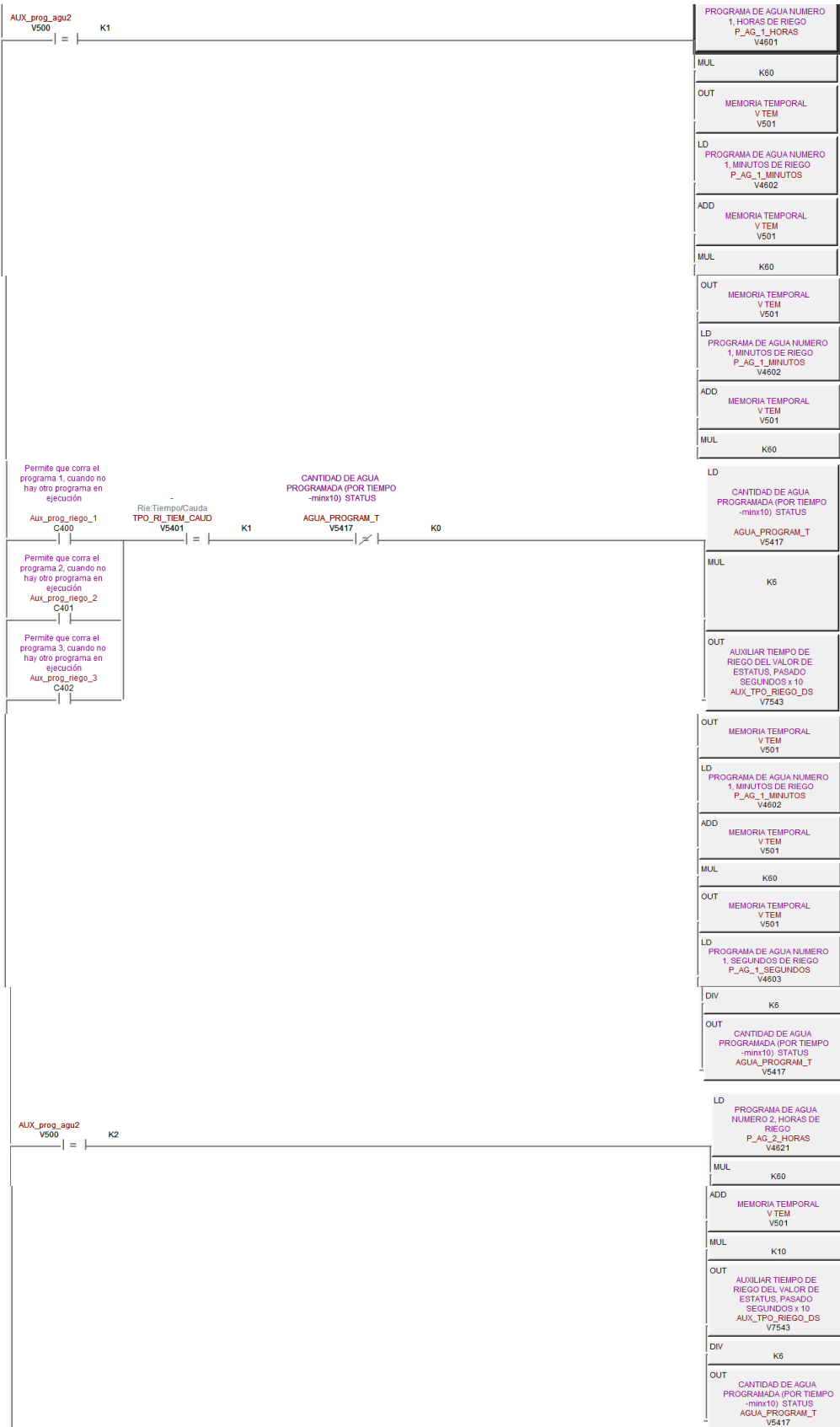






PROGRAMAS DE AGUA

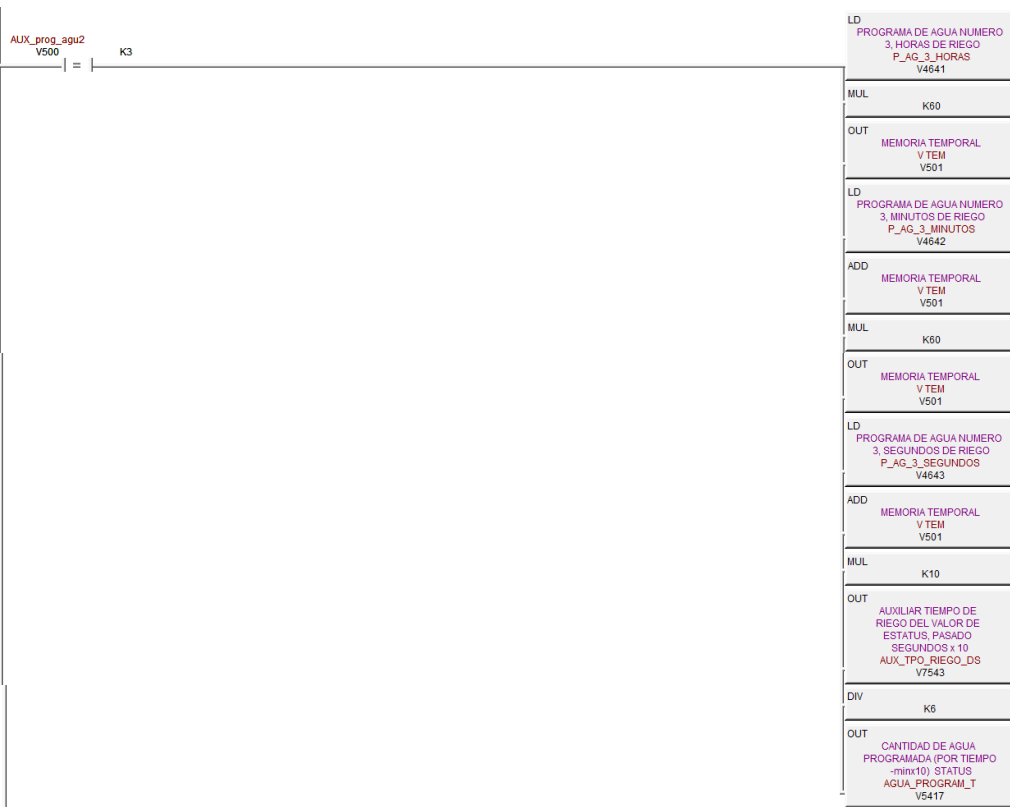
PROG 1



PROG2



PROG 3



RIEGO POR RADIACIÓN SOLAR

Cuando la hora sea la de Salida del sol, entonces se encera el contador de Radiación acumulada, pero primero se graba el valor de RADIACION ACUMULADA EN UN TEMPORAL

AUXILIAR PARA GRABAR LOS DATOS CUANDO SALE EL SOL
AUX_GRA_SAL_SOL
C632

LD
Radiación acumulada Total x día
Radiac_acum_dia
V5440

OUT
Graba el valor de la RAD acumulada, en un aux, para que el contador se resetee, y luego se grabe el historial
PROV_RAD_ACUMULA
V612

LD
K0

OUT
Rad_sol_Acum_BMe
V605

OUT
Rad_sol_acum_BMa
V606

OUT
Rad_tot_dia_BMe
V607

OUT
Rad_tot_dia_BMa
V610

OUT
Radiación solar acumulada para riego
Radiac_acum_rieg
V5437

OUT
Radiación acumulada Total x día
Radiac_acum_dia
V5440

Auxiliar para calculo de la radiacion solar
AUX_CAL_RAD_SOL
C630

TMR
Tpo. para el calculo de la radiacion solar
TPO_CALC_RADIAC
T130
K100

En el cálculo de la radiación acumulada, se está utilizando dos decimales, por eso se us dos direcciones de memoria consecutivas

Tpo. para el calculo de la radiacion solar
TPO_CALC_RADIAC
T130

LDD
K0

LD
Radiación solar actual
Radiación_Actual
V5436

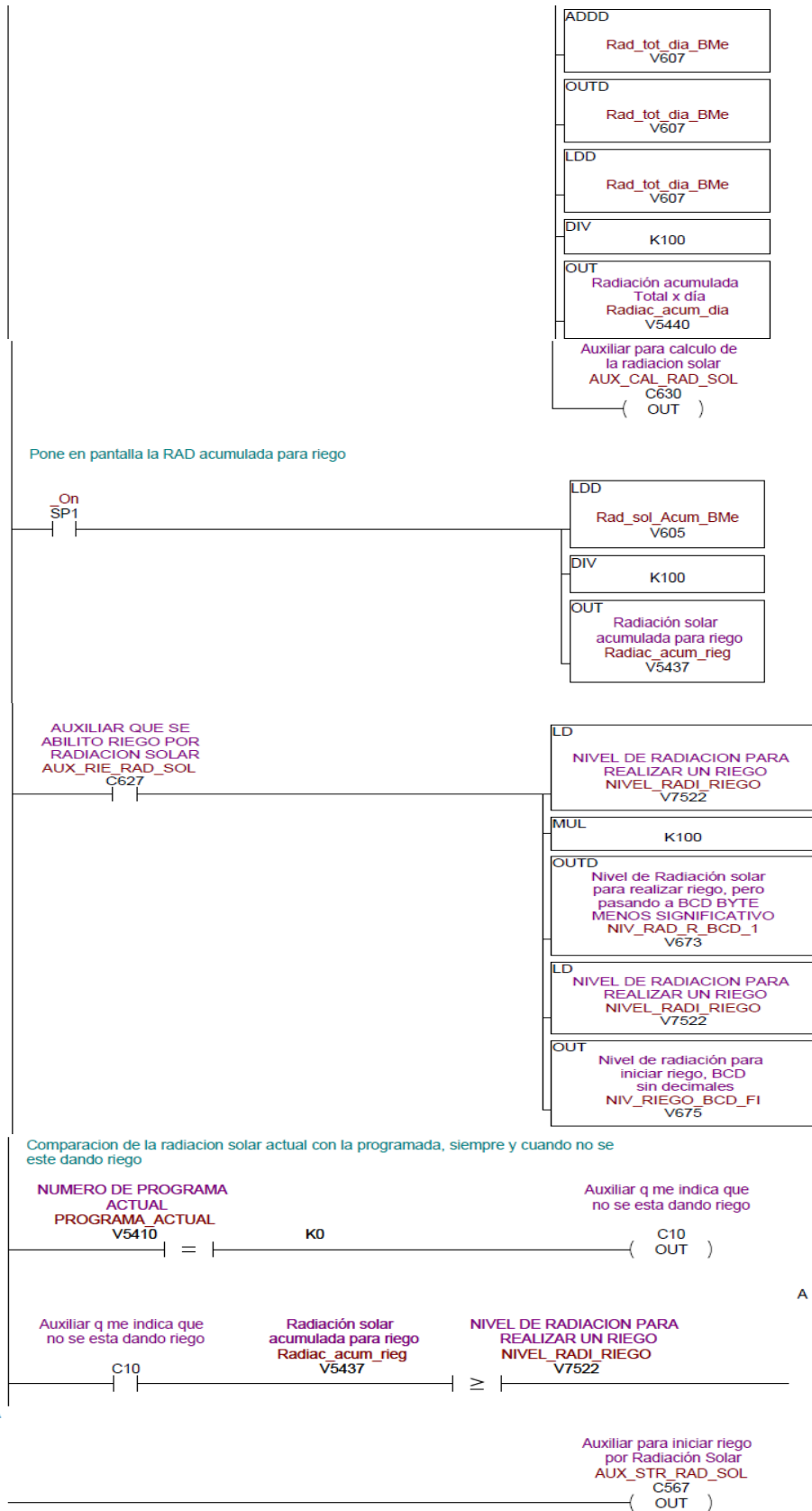
DIV
K10

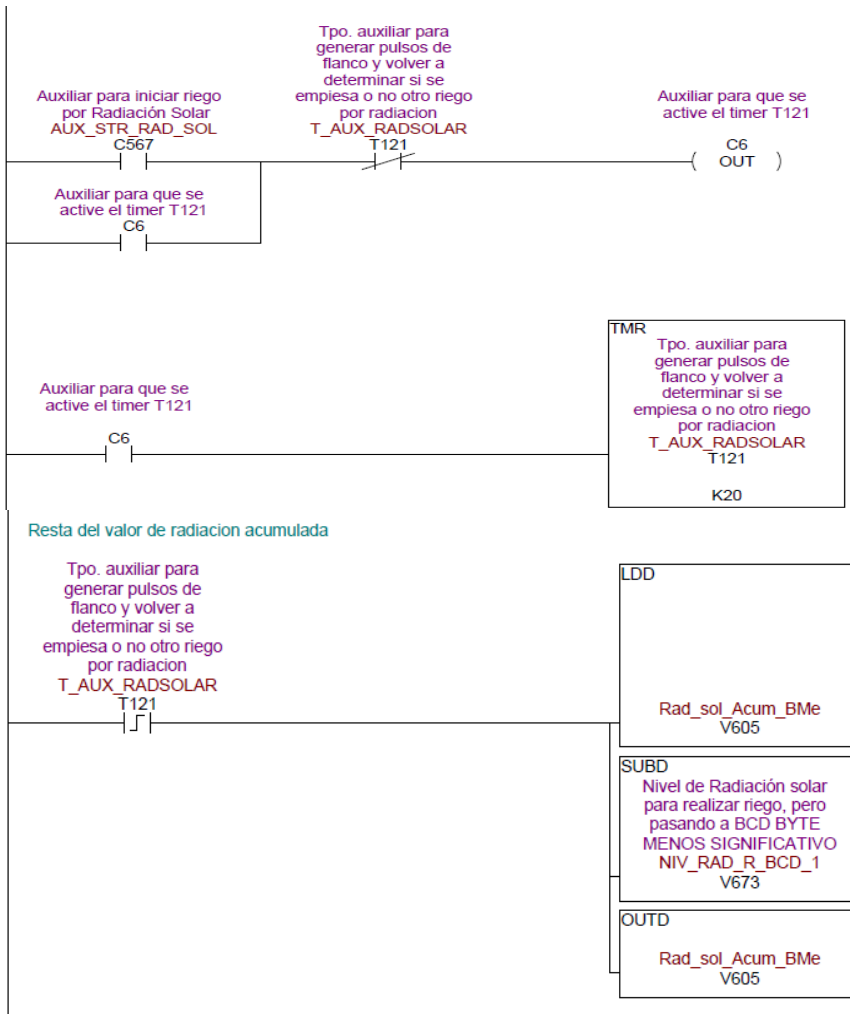
ADDD
Rad_sol_Acum_BMe
V605

OUTD
Rad_sol_Acum_BMe
V605

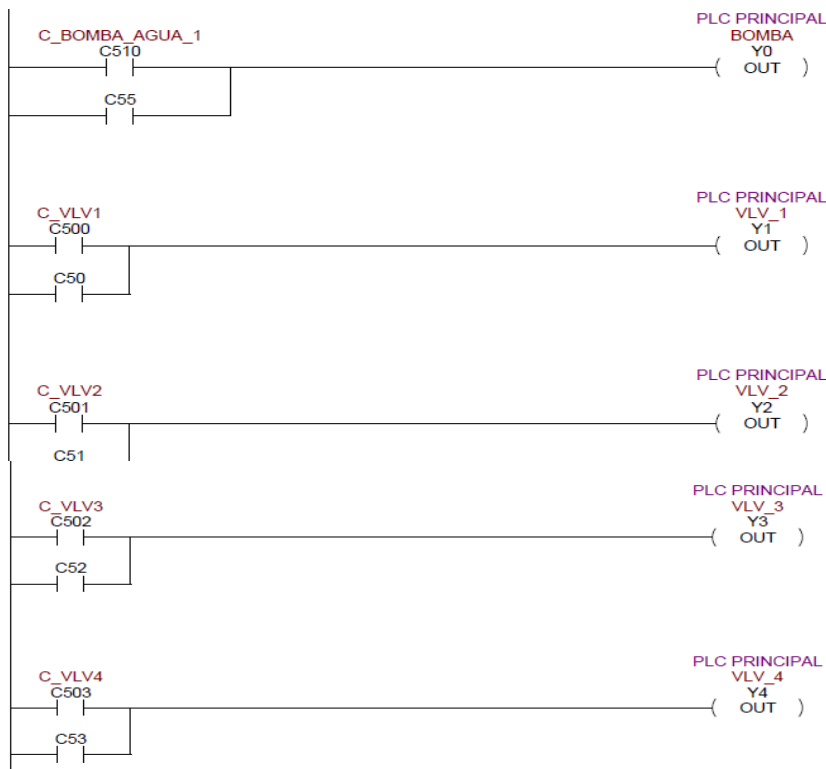
LD
Radiación solar actual
Radiación_Actual
V5436

DIV
K10

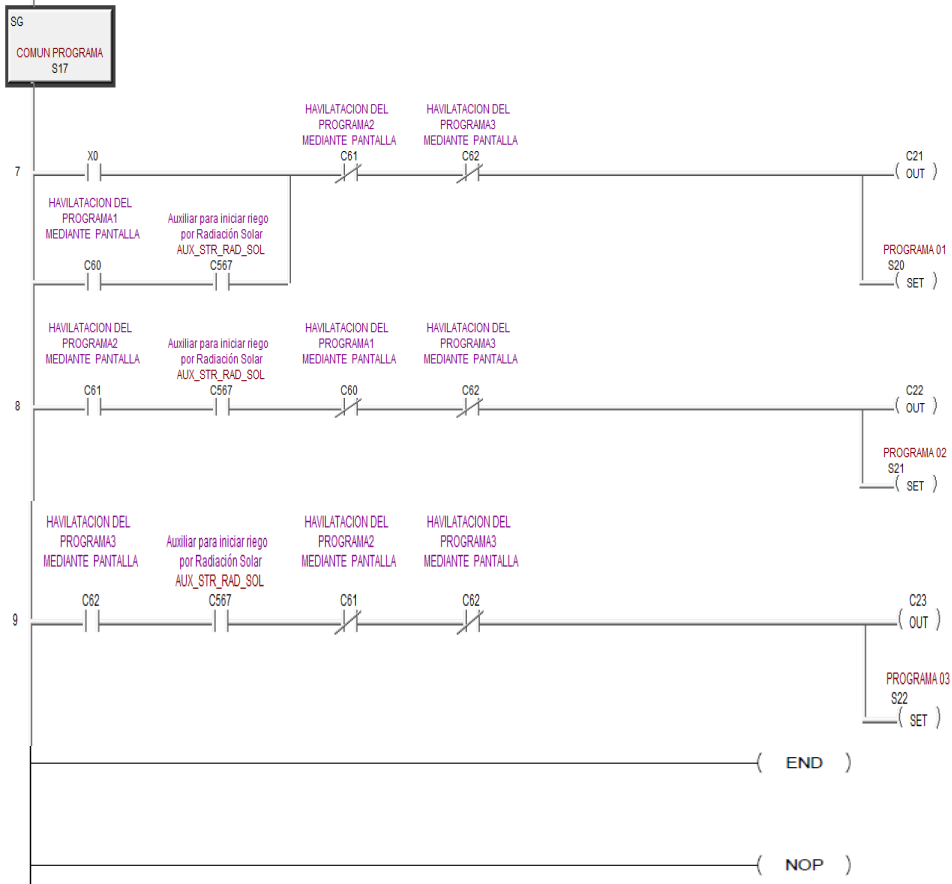




OPERACIÓN MANUAL



HABILITACIÓN DE PROGRAMA



**ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS
CARRERA DE: ELECTROMECHANICA**

ORDEN DE EMPASTADO

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 83 del Reglamento del Sistema de Estudios de las Carreras de Formación Profesional y de Postgrados aprobado por el Consejo Politécnico en sesión del 16 de agosto de 2011 y una vez verificado el cumplimiento del formato de presentación establecido, se autoriza la impresión y encuadernación final del Proyecto de Titulación presentado por los señores:

**WILLIAM PATRICIO GUALPA MEJIA
CESAR WILFRIDO YANCHAPANTA YANCHAPANTA**

Fecha de autorización: Quito, DM. 2 de marzo de 2012



Ingeniero Carlos Posso Játiva
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS