



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS
NATURALES NO RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TÍTULO:

*“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, CON
AUTÓMATAS PROGRAMABLES”*

**TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL TÍTULO
DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

Autores:

FERNANDO PATRICIO FERNÁNDEZ VALLEJO

LENIN ROGELIO HUALPA CUMBICUS

JOSÉ LUIS LUDEÑA GAONA

DIRECTOR:

ING. DIEGO VINICIO ORELLANA VILLAVICENCIO

LOJA – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES”, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores egresados: Fernando Patricio Fernández Vallejo, Lenin Rogelio Hualpa Cumbicus y José Luis Ludeña Gaona, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 4 de febrero del 2013

Ing. Diego Vinicio Orellana Villavicencio

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La investigación, análisis y conclusiones del presente trabajo de tesis, les corresponden exclusivamente a sus autores y el patrimonio intelectual a la Universidad Nacional de Loja. Autorizamos al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables y por ende a la carrera de Ingeniería Electromecánica, hacer uso del presente documento en lo conveniente.

.....
Fernando Patricio Fernández Vallejo

.....
Lenin Rogelio Hualpa Cumbicus

.....
José Luis Ludeña Gaona

PENSAMIENTO

Avance con confianza en la dirección de sus sueños, y esfuércese para vivir por la vida que siempre ha imaginado, y se encontrará con un éxito inesperado en unas cuantas horas.

Henry David Thoreau

DEDICATORIA

Un especial agradecimiento a nuestro querido compañero Javier Iván Camacho Moreno, que fue el artífice de esta tesis, ofreciendo sus conocimientos y experiencias en este tema, llegando casi a la culminación de la misma hasta su inesperada partida.

Esta tesis la dedico en especial a mi querido Padre, que me acompaña desde el Reino Celestial, a mi Esposa, Hijas y Hermanos que siempre me apoyaron para cumplir con la meta propuesta.

Luis

Esta tesis está dedicada para mis queridos Padres, a Eunice, Lenin Isaac y Jemima que fueron los actores principales para llegar a la culminación de la misma.

Lenin

Esta tesis la dedico a mi Mamá a mi Esposa a mi Hija, porque gracias a ellas y a su comprensión he podido llegar a cumplir esta meta.

Fernando

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primero a Dios sobre todas las cosas y en especial a nuestros tutores de tesis que sin ellos este trabajo no se pudiera realizar, al Ing. Julio Cuenca, al Ing. Diego Orellana y a nuestra querida Universidad Nacional de Loja que nos formó de una manera correcta y como dignos profesionales durante nuestra etapa universitaria.

TABLA DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	1
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
PENSAMIENTO	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
I. INTRODUCCIÓN	i
II. ANTECEDENTES	ii
III. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	iii
III.1 Problema General	iii
III.2 Problemas específicos	iii
IV. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	iv
V. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	iv
VI. HIPÓTESIS	v
VII. ALCANCE DEL PROYECTO	v
VIII. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	v
VIII.1 Objetivo General	v
VIII.2 Objetivos específicos	v
IX. TAREAS PLANTEADAS	vi
X. JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD	vii
X.1 Justificación	vii
X.2 Viabilidad	viii
XI. DELIMITACIONES	ix
XI.1 Espacio	ix
XI.2 Tiempo	ix
XII. UNIDADES DE OBSERVACIÓN	ix
XIII. RESULTADOS ESPERADOS	x
a. Título	1
b. Resumen	2

b. Summary	3
c. Revisión de Literatura	4
c.1 Capítulo I Marco Teórico.....	4
c.1.1 Introducción	4
c.1.2 Automatización Industrial	4
c.1.2.1 Definición.....	4
c.1.2.2 Generalidades.....	5
c.1.2.3 Objetivos de automatización.....	6
c.1.2.4 Niveles de sistema automatizado.....	7
c.1.2.4.1 Nivel de campo.....	8
c.1.2.4.1.1 Sensores.....	8
c.1.2.4.1.2 Tipos de sensores.....	9
c.1.2.4.1.3 Sensores de temperatura.....	11
c.1.2.4.1.4 Termocuplas.....	12
c.1.2.4.1.5 Tipos de Termocuplas.....	13
c.1.2.4.1.6 Sensores de temperatura tipo (J).....	16
c.1.2.4.1.7 Sensores de nivel.....	17
c.1.2.4.1.8 Medidor de presión.....	18
c.1.2.4.1.9 Sensores digitales.....	19
c.1.2.4.1.10 Actuadores.....	22
c.1.2.4.1.11 Bombas hidráulicas.....	24
c.1.2.4.1.12 Resistencia termoelectricas.....	24
c.1.2.4.1.13 Pre-actuadores.....	25
c.1.2.4.1.14 Variador de frecuencia.....	25
c.1.2.4.1.15 Electroválvulas.....	26
c.1.2.4.2 Nivel de control.....	27
c.1.2.4.2.1 Los PLC.....	27
c.1.2.4.2.2 Tipos de controladores lógicos.....	28
c.1.2.4.2.3 Estructura de los autómatas.....	29
c.1.2.4.2.4 Aplicaciones de los autómatas programables.....	31
c.1.2.4.2.5 Ventajas e inconvenientes.....	33
c.1.2.4.2.6 Lenguaje de programación Ladder.....	34

c.1.2.4.3 Niveles de Supervisión	34
c.1.2.4.3.1 Paneles de operador.....	35
c.1.2.4.3.2 Clasificación.....	37
c.1.2.4.3.3 Necesidad de un sistema SCADA.....	38
c.1.3 Comunicaciones.....	39
c.1.3.1 buses de campo.....	40
c.1.3.1.1 MODBUS.....	40
c.1.3.1.2 PROFIBUS.....	41
c.1.3.1.3 FIELDBUS.....	42
c.1.3.1.4 ETHERNET.....	42

c.2. CAPÍTULO II DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRÁCTICAS

c.2.1 Introducción.....	43
c.2.2 Generalidades de un banco de prácticas	43
c.2.3 Diseño preliminar de un banco	44
c.2.4 Distribución de los dispositivos.....	44
c.2.5 Ubicación del sistema hidráulico del tablero.....	45
c.2.6 Diseño general de la instalación del banco de prácticas	46
c.2.6.1 Diseño del circuito de fuerza.....	46
c.2.6.2 Diseño del circuito de control.....	46
c.2.7 Definición del nivel del campo.....	47
c.2.7.1 Selección del tanque de almacenamiento de líquido.....	47
c.2.7.2 Selección de la bomba de agua.....	47
c.2.7.3 Selección de variador de frecuencia.....	48
c.2.7.4 Selección de las electroválvulas.....	49
c.2.7.5 Selección del sensor de temperatura.....	50
c.2.7.6 Selección del sensor de presión.....	50
c.2.7.7 Selección de la resistencia térmica.....	50
c.2.7.8 Selección de la fuente de poder.....	50
c.2.7.9 Diseño eléctrico del tablero	50
c.2.7.10 Diseño hidráulico del tablero	51

c.2.8 Definición del nivel de control.....	51
c.2.8.1. Selección del PLC.....	51
c.2.8.2. Selección del Scada.....	52
c.2.9 Definición de las Prácticas de laboratorio.....	52
c.2.9.1 práctica Nro. 1.....	52
c.2.9.2 práctica Nro. 2.....	53
c.2.9.3 práctica Nro. 3.	55
c.2.9.4 práctica Nro. 4	56
c.2.10 Valoración económica.....	58
c.3 CAPÍTULO III CONFIGURACIONES	62
c.3.1 Configuración de hardware	62
c.3.1.1 Ajustes del variador de frecuencia	62
c.3.1.2 ajustes en el PLC	63
c.3.2 Configuración del software	64
c.3.2.1 Instalación del software del PLC	64
c.3.2.2 Instalación del SCADA	65
c.3.2.3 Configuración del puerto de comunicación en el PCIM SCADA	65
c.4. CAPÍTULO IV, MANUAL DE PRÁCTICAS	66
c.4.1 Práctica Nro. 1	66
c.4.2. Práctica Nro. 2	88
c.4.3. Práctica Nro. 3	110
c.4.4. Práctica Nro. 4	127
d. Conclusiones	144
e. Recomendaciones	145
f. Bibliografía	146
g. Anexos	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Tipos de sensores.....	9
Tabla N°2 Tipos de sensores de temperatura.....	12
Tabla N°3 Tipos de Termocuplas.....	13
Tabla N°4 Configuración de los puentes JP8 y JP9.....	64
Tabla N°5 Configuración del puente JP13 en el OPLC Unitronics.....	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Modelo estructural de un sistema automatizado	5
Gráfico N° 2 Arquitectura de un sistema de control.....	7
Gráfico N° 3 Termocupla tipo J.....	16
Gráfico N° 4 Representación de las señales incrementales A, B y Z	20
Gráfico N° 5. Representación gráfica de las señales incrementales A, B, y Z.....	21
Gráfico N° 6. La codificación absoluta.....	22
Gráfico N° 7. Autómata programable.....	27
Gráfico N° 8. Periféricos.....	31
Gráfico N° 9. Supervisión a través del Scada	37
Gráfico N° 10 Diseño de circuito de fuerza.....	46
Gráfico N° 11 Diseño de circuito de control.....	46
Gráfico N° 17 Bomba de agua.....	48
Gráfico N° 20 Diseño hidráulico del tablero.....	51
Gráfico N° 21 PLC unitronics.....	51
Gráfico N° 22 Esquema de la práctica 1.....	53
Gráfico N° 23 Control y monitoreado del nivel de un tanque.....	54
Gráfico N° 24 Control de la temperatura del líquido del tanque.....	55
Gráfico N° 25 Encendido de luces y piloto a través de grados y posicionamiento.....	57
Gráfico N° 19 Control de un semáforo con tiempos ajustables.....	65
Gráfico N° 20 Conexión de los pulsadores.....	66
Gráfico N° 21 Conexión de las luces piloto.....	67

Gráfico Nº 22 Configuración del hardware de la práctica.....	68
Gráfico Nº 23 Descripción de entradas y salida en el PLC.....	68
Gráfico Nº 24 Descripción de entradas y salidas en el módulo.....	69
Gráfico Nº 25 Selección de operandos y direcciones.....	69
Gráfico Nº 26 Diagrama Ladder de la práctica Nº 1.....	71
Gráfico Nº 27 Navegador del proyecto.....	71
Gráfico Nº 28 Display de la práctica.....	72
Gráfico Nº 29 Variables de la práctica.....	72
Gráfico Nº 30 Agregar un nuevo display.....	74
Gráfico Nº 31 Display de luz verde.....	74
Gráfico Nº 32 Configuraciones de la variable.....	74
Gráfico Nº 33 Nueva variable.....	75
Gráfico Nº 34 Parámetros de la nueva variable.....	75
Gráfico Nº 35 Display luz amarilla.....	76
Gráfico Nº 36 Display luz roja.....	77
Gráfico Nº 37 Acceso directo a PCIM SETUP.....	78
Gráfico Nº 38 Botón Project setup.....	78
Gráfico Nº 39 Ventana de proyectos.....	79
Gráfico Nº 40 Configuración de proyecto por defecto.....	80
Gráfico Nº 41 Tabla de Alias.....	80
Gráfico Nº 42 Acceso directo a animation editor.....	81
Gráfico Nº 43 Ventana animation editor.....	82
Gráfico Nº 44 Barra de herramientas de animation editor.....	82
Gráfico Nº 45 Librería CLIPART.....	83
Gráfico Nº 46 Dibujo del semáforo.....	83
Gráfico Nº 47 Propiedades del objeto.....	84
Gráfico Nº 48 Propiedades del relleno de un objeto.....	85
Gráfico Nº 49 Parámetros de relleno de un objeto.....	85
Gráfico Nº 50 Acceso directo a Workstation.....	86
Gráfico Nº 51 Pantalla de Workstation.....	86
Gráfico Nº 52 Control y monitoreo del nivel de agua de un tanque.....	88
Gráfico Nº 53 Circuito de potencia de la práctica Nº 2.....	88

Gráfico Nº 54 Circuito de control de la práctica Nº 2.....	89
Gráfico Nº 55 Icono de configuración del Hardware.....	91
Gráfico Nº 56 Selección del PLC.....	92
Gráfico Nº 57 Descripción de salida digitales.....	92
Gráfico Nº 58 Descripción de entradas analógicas.....	92
Gráfico Nº 59 Descripción de las salidas analógicas.....	93
Gráfico Nº 60 Selección del módulo.....	93
Gráfico Nº 61 Selección del modelo del módulo.....	94
Gráfico Nº 62 Diagrama de LADDER de la práctica Nº 2.....	96
Gráfico Nº 63 Displays de la práctica Nº 2.....	97
Gráfico Nº 64 Pantalla Presentación de la práctica Nº 2.....	97
Gráfico Nº 65 Pantalla Ajustes de la práctica Nº 2.....	98
Gráfico Nº 66 Pantalla Velocidad Motor de la práctica Nº 2.....	98
Gráfico Nº 67 Pantalla Nivel del Tanque.....	99
Gráfico Nº 68 Variables de la práctica Nº 2.....	100
Gráfico Nº 69 Parámetros de la variable.....	100
Gráfico Nº 70 Variable sensor nivel.....	101
Gráfico Nº 71 Variable v nueva	101
Gráfico Nº 72 Variable v actual.....	102
Gráfico Nº 73 Variable nivel min.....	102
Gráfico Nº 74 Variable nivel max.....	103
Gráfico Nº 75 Variable Nivel cero.....	103
Gráfico Nº 76 Variable nivel centímetros cúbicos.....	104
Gráfico Nº 77 Dibujo de la Práctica Nº 2 en Animation editor.....	105
Gráfico Nº 78 Propiedades fill color.....	106
Gráfico Nº 79 Parámetros fill color.....	106
Gráfico Nº 80 Parámetro digital value.....	107
Gráfico Nº 81 Propiedades fluid fill.....	108
Gráfico Nº 82 Parámetros de fluid fill.....	108
Gráfico Nº 83 Control de temperatura en un tanque de agua.....	110
Gráfico Nº 84 Diagrama de potencia de la práctica 3.....	111
Gráfico Nº 85 Diagrama de control de la práctica 3.....	111

Gráfico Nº 86 Diagrama Ladder de la práctica 3.....	114
Gráfico Nº 87 Pantallas de la práctica N° 3.....	115
Gráfico Nº 88 Pantalla presentación.....	115
Gráfico Nº 89 Pantalla temperatura.....	115
Gráfico Nº 90 Variables de la práctica 3.....	116
Gráfico Nº 91 Configuración de la termocupla.....	116
Gráfico Nº 92 Parámetro de la variable T- nueva.....	117
Gráfico Nº 93 Pantalla alarma.....	117
Gráfico Nº 94 Ubicación en el menú inicio de PCIM SETUP	118
Gráfico Nº 95 Opciones de PCIM SETUP.....	119
Gráfico Nº 96 Árbol de proyectos.....	119
Gráfico Nº 97 Configuración por defectos de proyectos.....	120
Gráfico Nº 98 Ubicación en el menú inicio de animator editor.....	120
Gráfico Nº 99 Ventanas de animator editor.....	121
Gráfico Nº 100 Barras de herramientas de animator editor.....	121
Gráfico Nº 101 Gráfico scada de la práctica 3.....	122
Gráfico Nº 102 Propiedades del objeto resistencia.....	123
Gráfico Nº 103 Configuración de line color.....	123
Gráfico Nº 104 Cambio de color en line color.....	124
Gráfico Nº 105 Configuración del medidor de temperatura.....	125
Gráfico Nº 106 Configuración de parámetros de temperatura.....	125
Gráfico Nº 107 Diagrama de control de la práctica 4.....	127
Gráfico Nº 108 Diagrama Ladder de la práctica 4.....	131
Gráfico Nº 109 Pantallas de la práctica 4.....	131
Gráfico Nº 110 Pantalla presentación.....	132
Gráfico Nº 111 Condiciones de salto.....	132
Gráfico Nº 112 Pantalla luz roja.....	133
Gráfico Nº 113 Variable de la práctica 4.....	133
Gráfico Nº 114 Parámetros de la variable Encoders.....	134
Gráfico Nº 115 Parámetros de la variable on rojo.....	134
Gráfico Nº 116 Parámetros de la variable off rojo.....	135
Gráfico Nº 117 Pantalla luz verde.....	135

Gráfico Nº 118 Variable de la pantalla luz verde.....	136
Gráfico Nº 119 Parámetros de la variable on verde.....	137
Gráfico Nº 120 Parámetros de la variable off verde.....	137
Gráfico Nº 121 Pantalla luz amarilla.....	138
Gráfico Nº 122 Variable de la pantalla luz amarilla.....	139
Gráfico Nº 123 Parámetros de la variable on amarilla.....	139
Gráfico Nº 124 Parámetros de la variable off amarilla.....	140
Gráfico Nº 125 Diseño SCADA de la práctica 4.....	140
Gráfico Nº 126 Configuración de las salidas del objeto luzr.....	141
Gráfico Nº 127 Configuración del objeto luzr.....	141

I. INTRODUCCIÓN

Para mejorar la educación universitaria, no es suficiente con disponer de buenos profesores, contenido bibliográfico e infraestructura educativa, sino que se debe disponer de medios técnicos reales donde los profesores y estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos teóricos recibidos en el proceso de preparación y formación como ingenieros electromecánicos de la Universidad Nacional de Loja.

Los centros de capacitación sobre tecnologías de automatización se encuentran patrocinados fundamentalmente por algunos fabricantes de marcas reconocidas como: Unitronics, Siemens, Telemecanique, Onrom, Legrand, Weg, Endress + Hauser, entre otros, y los mismos se ubican en instalaciones propias de empresas de ingeniería o centros de entrenamiento específicos que poseen poco vínculos con las Universidades, al menos en nuestro medio.

Por ello se pretende proporcionar a la Universidad Nacional de Loja de un banco de entrenamiento de automatización, donde los estudiantes y profesores puedan poner en práctica los conocimientos teóricos que han recibido en el periodo de preparación acerca de lo descrito.

Como proceso tecnológico se escogió las siguientes prácticas: Control de un semáforo con tiempos ajustables, Control y monitoreo del nivel de agua de un tanque, Control y monitoreo de la temperatura de un líquido (agua), Encendido de luces piloto a través de grado de posicionamiento. Estas prácticas se aplican en muchas industrias, tales como la Industria Química, Minera, Metalúrgica, Mecánica, la Agricultura, entre otras.

Para poder mostrar el trabajo desarrollado con este fin, hemos redactado esta memoria con la siguiente metodología:

1. Enumerados, se expone la metodología de investigación y el estado del arte del proyecto, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

2. Enumerados de 1 a 4 y desarrollados en capítulos individuales el procedimiento de trabajo siguiente:
- a) **Capítulo 1:** Marco teórico, donde se exponen algunos de los aspectos teóricos fundamentales que serán el sustento para realizar la selección adecuada de los elementos que formará parte del tablero didáctico.
 - b) **Capítulo 2:** Diseño y descripción del banco de prácticas. Aquí se detalla el diseño de la parte física del tablero, diseño eléctrico e hidráulico. Además la selección específica de cada uno de los elementos de campo, control y supervisión necesarios en la construcción del Banco de Automatización.
 - c) **Capítulo 3:** Configuración del Sistema de Automatización. En el presente capítulo se realizan las configuraciones generales tanto de software como de hardware del sistema de automatización.
 - d) **Capítulo 4:** Manual de prácticas. En donde se detalla el procedimiento, diagramas, y elementos utilizados en cada una de las prácticas.

II.- ANTECEDENTES

En el Área de las Industrias, la Energía y Los Recursos Naturales no Renovables, de la Universidad Nacional de Loja, se han venido realizando trabajos investigativos enfocados en la automatización industrial con el uso de autómatas programables, así proyectos de tesis tanto teóricos como prácticos.

De esta manera se ha ido equipando los laboratorios creados con la construcción de tableros didácticos relacionados con la automatización, también la implementación de software para realizar aplicaciones de automatización compatible con diversas marcas y equipos existentes en el mercado local.

Por otro lado la Universidad se ha visto en la necesidad de preparar el personal docente, e incluir en el pensum de estudio, módulos que involucren directamente a la automatización industrial, con autómatas programables.

En la actualidad el laboratorio de automatización ya se está equipado con elementos como los PLC, que siendo herramientas indispensables para realizar proyectos que involucren el control de procesos así como el uso de software de supervisión, es indispensable seguir implementando tableros de automatización que incluyan este tipo de elementos que al final facilitará comprender esta tecnología.

III.- SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El laboratorio cuenta con poca infraestructura de automatización, así como falta de equipo tecnológico, que permita involucrar al estudiante con casos prácticos y reales, dentro de la automatización industrial. Con la implementación de nuevos trabajos de investigación, así como adquisición de hardware y software orientado al entrenamiento de los estudiantes se mejorará su formación profesional.

III.1.- Problema general

Inexistencia de instalaciones y medios adecuados que incorporen tecnologías avanzadas de automatización con fines didácticos y de formación en la Universidad Nacional de Loja.

III.2.- Problemas específicos

- Carencia en el laboratorio de automatización de la Universidad Nacional de Loja del Área de Energía Industrias y Recursos Naturales no Renovables de un banco didáctico de automatización industrial por lo cual no puede satisfacer las necesidades docentes referente a estas temáticas.
- Debido al avance tecnológico en el área de la automatización industrial las empresas en general han incrementado otros tipos de automatización que permiten mayor versatilidad, agilidad y disminución de costos de producción y mantenimiento; debido a esto es que el profesional se ve en la obligación de actualizar sus conocimientos en este ámbito, para ser cada día más competitivo, que es lo que las empresas requieren.

- Existencia de algunos recursos de automatización presentes en nuestra Área no aprovechados en su totalidad que pueden contribuir a un mejor y mayor aprovechamiento de los conocimientos teóricos recibidos en los actuales.
- Escasa información y difusión de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja hacia la comunidad e industria lojana, es un inconveniente a vencer y una manera efectiva es mediante la difusión de los trabajos de investigación de tesis de grado enfocados a solucionar problemas de automatización industrial.

IV.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Al no existir este tipo de equipamiento para realizar prácticas de automatización industrial en el laboratorio de automatización del área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja se dificulta la enseñanza y aprendizaje sobre la automatización, de esta manera los docentes y los estudiantes no pueden interactuar directamente con los instrumentos de medición y control, así como los lenguajes Ladder, y programas Scada.

V.- PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Diseñar y construir con recursos propios, un Banco de Automatización basado en un autómatas programable, con el cual permita inicialmente introducirnos en el conocimiento y aprendizaje de estas tecnologías modernas de automatización y control y poder apreciar sus ventajas y desventajas sobre las tecnologías que les anteceden.

El Banco de automatización incluirá entradas de corriente 4-20mA, salidas de corriente de 4-20 mA, de voltaje de 0-10VDC y comunicación PLC-PC a través de puerto serial, con un conjunto de elementos de control, referido a una aplicación típica de bombeo y circulación de un fluido líquido (agua) y en la cual se puedan apreciar el tratamiento de señales de entrada/salida digitales, analógicas y las secuencias que se pueden crear entre ellas. Los estudiantes y docentes podrán apreciar algunas prácticas donde se trata de usar todos los elementos mostrando la aplicabilidad en base a procesos reales usados en

nuestras industrias. Se pretende que el Banco de Automatización sea la iniciativa para luego crear otros cada vez mejorados de acuerdo al avance tecnológico tanto en hardware como en software.

VI.- HIPÓTESIS

Mediante la construcción de un banco de automatización industrial, la Universidad Nacional de Loja podrá incrementar el nivel técnico de los estudiantes, obteniéndose mejoras en la enseñanza-aprendizaje, de esta manera también mejorar la formación de los ingenieros electromecánicos y poder ir equiparando conocimientos con respecto a otras universidades del país.

VII.- ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto de investigación tiene como alcance el diseño, construcción tecnológica, instalación del sistema de control, configuraciones generales del sistema de automatización, de tal manera se pueda realizar cualquier diseño de control en base a los presentados inicialmente en este proyecto.

VIII.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

VIII.1.- Objetivo General

Mostrar algunas de las bondades del PLC en un Banco de Automatización que programado y configurado con fines didácticos mediante el cual se muestra aplicaciones de control sencillas, basadas en las existentes en las industrias locales.

VIII.2.- Objetivos Específicos

- Diseñar el banco de automatización (Definición del proceso tecnológico, sistema de control, instrumentación requerida, listado de materiales, diagrama de

montaje, documentación técnica) para un proceso tecnológico común en las industrias locales.

- Construir el banco de automatización (armazón, montaje del tanque y la bomba, PLC, Módulo de entradas y salidas digitales, variador de velocidad, electroválvulas, sensores de presión y temperatura, encoder) con recursos propios y tecnologías a nuestro alcance.
- Realizar la programación con el software U90 Ladder, utilizando el PLC y el módulo de entradas y salidas digitales que a través de procesos lógicos se pueda controlar los elementos del banco, para realizar una determinada práctica.
- Realizar la supervisión y control del proceso tecnológico del Banco de Automatización mediante el SCADA (Pcim Scada) compatible con el PLC Unitronics, utilizando el protocolo RS232 para realizar la comunicación con el PC.
- Realizar el análisis técnico económico correspondiente con la obtención del Banco de Automatización con recursos propios.
- Socializar los resultados alcanzados en el desarrollo de la maqueta y manuales de operación.

IX.- TAREAS PLANTEADAS

- Realizar la investigación y estudio de los instrumentos de campo a utilizar.
- Definir del esquema del Banco de Automatización.
- Consultar a diferentes proveedores nacionales sobre las posibilidades de adquisición sobre esta tecnología y las posibilidades técnicas que los mismos ofrecen. Adquisición del equipamiento requerido para la construcción del banco.
- Iniciar la construcción de la estructura del Banco atendiendo a las bases del diseño.
- Montaje del equipamiento propio del banco de automatización.
- Configuración de los instrumentos de control de acuerdo a los requerimientos de las prácticas y compatibilidad entre equipo tecnológico.
- Realizar la interconexión eléctrica entre todos los dispositivos.

- Estudiar y analizar los programas requeridos para la puesta en marcha del Banco (Programas de configuración, documentación).
- Desarrollo de las aplicaciones Ladder.
- Desarrollo de las aplicaciones Scada.
- Realizar la puesta en marcha del Banco de Automatización cumpliendo con los procedimientos de operación específicos para cada caso.
- Realizar pruebas, para alcanzar futuros errores y su correspondiente corrección.
- Realizar el análisis técnico económico de las variantes de automatización propuestas.
- Realizar la presentación oficial del tema de investigación a través de conferencias a los estudiantes y docentes.
- Disertar la investigación en la comisión académica de la Universidad.

X.- JUSTIFICACIÓN Y VIABILIDAD

X.1.- Justificación

Con el desarrollo del presente proyecto la Universidad Nacional de Loja contará con una instalación muy representativa en los procesos de automatización presentes en las industrias locales. En la automatización de este simple proceso tecnológico intervienen dispositivos de automatización de avanzada tecnología.

De esta manera la Universidad a través de la carrera de Electromecánica y más específicamente mediante el laboratorio de automatización se inserta en la automatización de procesos industriales.

El banco que mostramos en nuestro trabajo constituirá una instalación propia de nuestra carrera en el cual los estudiantes podrán acceder a la tecnología por un costo inferior a lo que puede representar un curso de capacitación de pocas horas en este tema, así como la motivación para realizar procesos cada vez más complejos mejorando de esta manera su nivel académico.

X.2.- Viabilidad

Un aspecto importante en el desarrollo de la carrera de Ingeniería Electromecánica es obtener a través de la formación académico-científico las bases de conocimientos necesarios para realizar proyectos de automatización de procesos industriales, electromecánicos y electro energéticos. Esto se revierten en trabajos atractivos técnica y económicamente, donde la viabilidad es casi evidente.

Las prestaciones y posibilidades que el presente proyecto de tesis le otorgará a los estudiantes para realizar prácticas es notable, para el perfeccionamiento de esta formación ya que este trabajo aporta conocimientos teóricos, técnicos y prácticos sobre una tecnología un poco desconocida aun localmente, en ella se muestran los niveles que conforman los sistemas de supervisión y los acerca a la selección de los componentes de cada nivel, muestra como resultado de un proceso de diseño y configuración a un Sistema de Supervisión y Control basado en un PLC.

Algunos de los beneficios que brinda el presente proyecto a la UNL son:

- Una instalación diferente y en excelente estado técnico que podrá utilizar para el perfeccionamiento en la formación de los estudiantes del área.
- Le permite a la Universidad incursionar en temas nuevos y actualizados sobre la automatización industrial.
- Mantener una actualización tecnológica acorde con los tiempos actuales.
- Los estudiantes y profesores pueden seguir desarrollando proyectos de investigación en esta línea de la automatización industrial teniendo como antecedente a este trabajo de investigación.
- Aprovechar con mayor rigor los recursos obtenidos en el laboratorio por diferentes vías.

Por lo expuesto anteriormente consideramos que el presente proyecto es totalmente viable.

XI.- DELIMITACIONES

XI.1.- Espacio

El presente proyecto de investigación se centra en:

- Un banco de Automatización Industrial con autómeta programable, que se ubicará en el laboratorio de Automatización del Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja.
- No obstante la construcción del banco se ha diseñado con la capacidad de ser trasladado a cualquier otra instalación que así se considere.

XI.2.- Tiempo

El tiempo estimado total utilizado en el desarrollo del proyecto de investigación fue aproximadamente unos 12 meses desde el mes de noviembre de 2010 hasta febrero del 2012.

XII. UNIDADES DE OBSERVACIÓN

Las unidades de relevancia del presente proyecto son:

- La instalación tecnológica del banco.
- El cuadro eléctrico donde se sitúan todos los dispositivos fundamentales que conforman la automática del banco.
- La instrumentación convencional ubicada en el campo como son: La bomba hidráulica, la termocupla, las electroválvulas, el sensor de presión, el variador de frecuencia, el encoder.
- El autómeta programable PLC, que es el instrumento de control del sistema.

XIII.- RESULTADOS ESPERADOS.

Construir con recursos propios un banco de automatización de un proceso tecnológico común de la industria en la que se emplee tecnologías de avanzada, para ello esperamos que:

- La construcción del banco no tenga mucha diferencia con respecto al diseño inicial.
- Que se pueda adquirir todo el equipamiento requerido en el tiempo previsto y en el mercado local.
- Se realice el montaje, cableado a interconexión de todos los equipos y dispositivos adquiridos para la construcción del banco.
- Que las pruebas previstas arrojen resultados positivos.
- Que el equipamiento instalado no sufra ninguna rotura en el proceso de montaje, ajuste y puesta en marcha.
- Que las limitaciones del software Scada (demo) de configuración nos permita cumplir con las expectativas de supervisión y control en las prácticas planteadas para el presente proyecto.
- Que se puedan solucionar todos los inconvenientes que se presenten en los procesos de construcción, montaje, ajuste, puesta en marcha y configuración del banco.
- Que los resultados de las mediciones, de las acciones de control y regulación arrojen un mínimo de errores de manera que los resultados sean comprensibles y aceptables.

a. TÍTULO

“CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA PRÁCTICAS DE
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL, CON AUTÓMATAS
PROGRAMABLES”

b. RESUMEN

La automatización con autómatas programables es lo que hoy en día se usa como tecnología para los procesos industriales existiendo en el mercado una amplia gama de modelos de autómatas. Es por ello que se hace necesario que cada día se profundice en el estudio de estas nuevas tecnologías, así mismo conocer los lenguajes de programación más comunes para las marcas existentes y más conocidas como Siemens, Osrom, Unitronics, Koyo, Lg, entre otras.

Al requerir supervisión, es necesario también que se familiarice con el software Scada para de esta manera realizar el monitoreo de procesos dentro de una planta industrial o remotamente.

Con este trabajo queremos mostrar todo el proceso de diseño, construcción, montaje, programación, supervisión y control de un proceso por medio de un banco de automatización industrial con autómatas programables; que le permita al estudiante de electromecánica de la Universidad Nacional de Loja involucrarse de manera práctica en el conocimiento y perfeccionamiento de estas tecnologías, presentes en los procesos industriales actuales.

b. SUMMARY

The PLC automation is used today as a technology for industrial processes exist in the market a wide range of models of automata. Therefore is necessary that deepens every day in the study of these new technologies, also know the most common programming languages for existing brands and best known as Siemens, Osrom, Unitronics, Koyo, Lg, among others.

By requiring supervision must also become familiar with the software thus Scada to conduct monitoring of processes within an industrial plant or remotely.

With this work we want to show the whole process of design, construction, installation, programming, monitoring and control of a process by means of a bank of industrial automation PLC, which allows the student electromechanical National University of Loja involved in practical form in knowledge and development of these technologies, present in current industrial processes.

c. REVISIÓN DE LITERATURA

c.1 CAPÍTULO I, MARCO TEÓRICO

c.1.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo permite conocer los conceptos teóricos más relevantes, para poder realizar la selección del equipamiento adecuado, que formará parte del banco para prácticas de Automatización y Control Industrial con Autómatas Programables y de esta manera poder obtener mejores resultados. Así mismo se realiza una breve descripción de lo que debe poseer un banco de prácticas.

Es importante conocer las generalidades y niveles que debe poseer un sistema automatizado, de esta manera podemos definir los elementos del nivel de campo, en el presente caso conocer los sensores de temperatura, sensores de presión, encoders. Así mismo definir los actuadores y pre-actuadores que se utilizarán. Esto ayuda además a definir el número de entradas y salidas necesarias en el PLC usado para este trabajo, esto conllevará a familiarizarse con el lenguaje ladder usado en el autómata para diseñar el esquema de control y finalmente escoger los elementos adecuados para realizar la supervisión del sistema, ya sea por panel del operador o a través del software Scada.

c.1.2. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

c.1.2.1. DEFINICIÓN

La automatización es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales substituyendo a operadores humanos.

Un sistema automatizado tiene una parte operativa y una parte de control. Que es lo que se aplicará en el presente proyecto tanto en el diseño general, como en todas las prácticas ha realizar. El gráfico siguiente muestra en forma general este esquema.

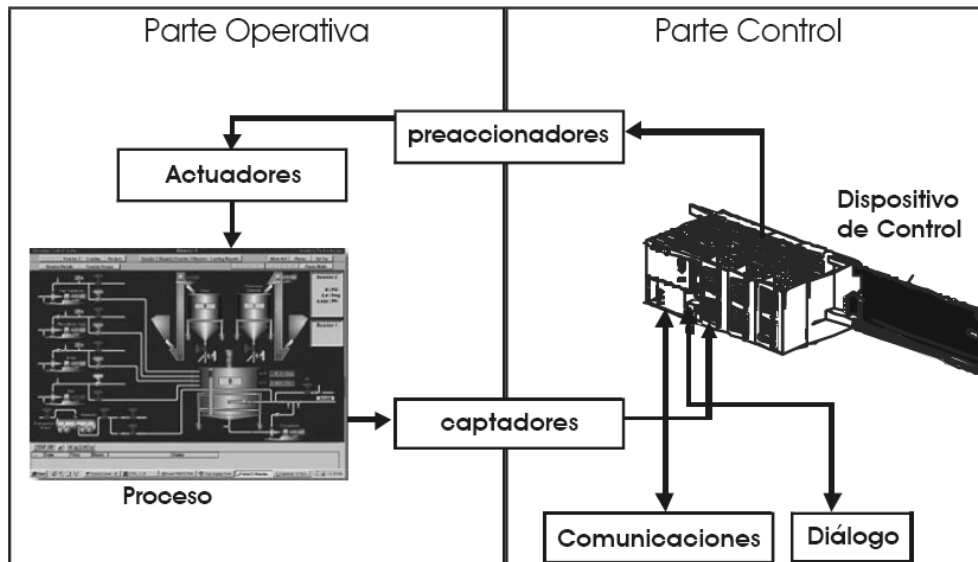


Gráfico N° 1 Modelo estructural de un sistema automatizado

Fuente: <http://www.automatizacionindustrial.com>

c.1.2.2 GENERALIDADES

La automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario puede omitir la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y especialmente aumentar la rentabilidad.

La automatización Industrial en general se basa en la fusión de la electrónica con los antiguos mecanismos automáticos que funcionaban utilizando diferentes medios mecánicos, neumáticos, etc., cuando se habla de automatización inmediatamente pensamos en obtener un gran volumen de información, de forma rápida y segura en muy poco tiempo, procesar dicha información y emitir acciones de control si así se requiere de manera fiable.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estos son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

La automatización en los procesos Industriales, se basa en la capacidad para controlar la información necesaria en el proceso productivo, mediante la aplicación de mecanismos de medición y evaluación de las normas de producción. A través de diversos instrumentos controlados por la información suministrada por la computadora, se regula el funcionamiento de las máquinas u otros elementos que operan el proceso productivo (Pérez, Acevedo, Silva y Quiroga, 2009).

En la práctica, la automatización de la industria alcanza diferentes niveles y grados ya que la posibilidad concreta de su implementación en los procesos de fabricación industrial varía considerablemente según se trate de procesos de producción continua o en serie. En efecto, en el primer caso, el conducto es el resultado de una serie de operaciones secuenciales, predeterminadas en su orden, poco numerosas, y que requieren su integración en un flujo continuo de producción. Los principales aportes de la microelectrónica a este tipo de automatización son los mecanismos de control de las diversas fases o etapas productivas y la creciente capacidad de control integrado de todo el proceso productivo. Por su parte, la producción en serie está formada por diversas operaciones productivas, generalmente paralelas entre sí o realizadas en diferentes períodos de tiempos o sitios de trabajo, lo que ha dificultado la integración de líneas de producción automatización. Desde mediados de los años setenta las posibilidades de automatización integrada han aumentado rápidamente gracias a los adelantos en la robótica, en las máquinas herramienta de control numérico, en los sistemas flexibles de producción, y en el diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM).

c.1.2.3. OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN

Ya definida la automatización podemos decir que los objetivos de automatizar son los siguientes:

- Reducir la mano de obra
- Simplificar el trabajo
- Mayor eficiencia
- Disminución de piezas defectuosas
- Mayor Calidad
- Incremento de la productividad y competitividad
- Control de calidad mas estrecho
- Integración con sistemas empresariales

c.1.2.4 NIVELES DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZADO

Deben existir tres niveles en cualquiera de sus formas para que pueda mostrarse una arquitectura completa de un sistema de control. En el gráfico se puede apreciar la ubicación de cada uno de los elementos según los niveles que conforman la arquitectura.

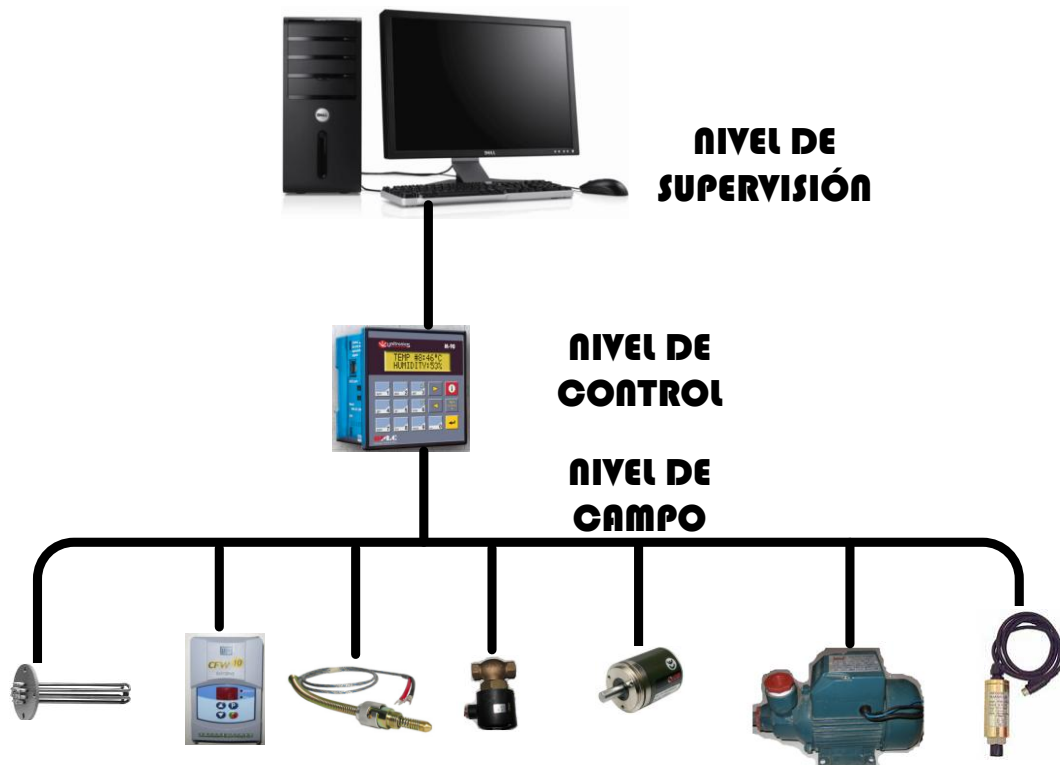


Gráfico N° 2 Arquitectura de un sistema de control

c.1.2.4.1 NIVEL DE CAMPO

En este nivel tenemos el Conjunto de dispositivos, subprocesos, maquinaria en general, con que se realizan las operaciones elementales de producción en la empresa. Así como sensores, actuadores, entre otros.

Hablando de los sensores y actuadores son los dispositivos del sistema de medida y control que interactúan con el sistema físico que se pretende estudiar o controlar: los sensores permiten la toma de medidas de las distintas magnitudes físicas que se van a analizar; mientras que los actuadores posibilitan la modificación de dicho sistema.

c.1.2.4.1.1 SENSORES

El sensor está siempre en contacto con la variable a **medir o a controlar**. Hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla mediante circuitos electrónicos en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango (span), para fines de control de dicha variable en un proceso.

Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura (Pallas, 2003). Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Algunas áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, Industria aeroespacial, medicina, Industria de manufactura, Robótica, etc.

Un sensor tiene las siguientes características:

Rango de medida: es la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

Precisión: Es el error de medida máximo esperado.

Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el *offset*.

Sensibilidad: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.

Resolución: Es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse en la salida.

Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

c.1.2.4.1.2 TIPOS DE SENSORES.

En la tabla Nro.1 se citan algunos tipos y ejemplos de sensores electrónicos:

TABLA N° 1. Tipos de sensores

MAGNITUD	TRANSDUCTOR	CARACTERÍSTICA
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica

Desplazamiento y deformación	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
	Magnetorresistivos	Analógica
	LVDT	Analógica
Velocidad lineal y angular	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
	Servo-inclinómetros	A/D
	RVDT	Analógica
	Giróscopo	
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Servo-accelerómetros	
Fuerza y par (deformación)	Galga extensiométrica	Analógico
	Triaxiales	A/D
Presión	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
	Manómetros Digitales	Digital
Caudal	Turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	RTD	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	Bimetal	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica

Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Procesamiento digital
	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	
	Sensor capacitivo	
	Sensor inductivo	
	Sensor fotoeléctrico	
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	
Sensores de acidez	IsFET	
Sensor de luz	fotodiodo	
	Fotorresistencia	
	Fototransistor	
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

c.1.2.4.1.3 TABLA N° 1. Tipos de sensores

Referencia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

SENSORES DE TEMPERATURA

A menudo la temperatura se define como aquella propiedad que miden los termómetros. También se introduce la temperatura basándose en alguna propiedad termométrica, por ejemplo la expansión de un líquido, un gas, la resistencia de un conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoeléctrico (termocupla), etc. En la práctica existen numerosos tipos de sensores de temperatura o termómetros que, según la aplicación específica, pueden ser los más adecuados. En la tabla Nro. 2 se indican algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura usuales junto a algunas de sus características más notables.

Tabla N° 2. Tipos de sensores de temperatura

Tipo de termómetro	Rango Nominal	Costo	Linealidad	Características
	[°C]			Notables
Termómetro de mercurio	-10 a 300	Bajo	Buena	Simple, lento y de lectura manual.
Termorresistencia (Pt, Ni, etc.) RTD (Resistance Temperature Detectors)	-150 a 600	Medio	Alta	Exactitud
Termocupla	-150 a 1500	Bajo	Alta	Requiere referencia de temperatura.
Termistor	-15 a 115	Medio	No lineal	Muy sensible.
Integrado Lineal		Medio	Muy alta	Fácil conexión a sistemas de toma de datos.
Gas	-20 a 100	Medio	Buena	No muy versátil
Diodos	-200 a 50	Bajo	Alta	Bajo costo

Fuente: *Física re-Creativa* -S. Gil y E. Rodríguez, 2001

c.1.2.4.1.4 TERMOCUPLAS

Este tipo de sensor se fundamenta en la generación de una fuerza electromotriz producida por la unión de dos metales conductores distintos que están sometidos a temperatura, siendo el valor de la fuerza electromotriz, proporcional a ésta. Dependiendo del material de los conductores, podemos encontrar los siguientes tipos más comunes y sus rangos de trabajo (Creus, 2005).

Una definición más sencilla es que una termocupla es un par de alambres de distinto material o composición, unidos en un extremo. En donde al aplicar temperatura en la

unión se genera una tensión en mili voltios, tensión que aumenta proporcionalmente con el aumento de la temperatura.

c.1.2.4.1.5 TIPOS DE TERMOCUPLAS

Hay siete tipos de termocuplas que tienen designaciones con letras elaboradas por el Instrument Society of América (ISA). El U.S. National Bureau of Standard (NBS).

Tabla N° 3. Tipos de termocuplas

Tipo	Denominación	Rango de temp. (°C) aproximada
B	Platino-Rodio 30% vs Platino-Rodio 6%	0-1500
R	Platino-Rodio 13% vs Platino	0-1400
S	Platino-Rodio 10% vs Platino	0-1300
J	Hierro vs Constantán	-200 – 700
K	Níquel-Cromo vs Níquel	0-1000
T	Cobre Vs Constantán	-200 – 700
E	Níquel-Cromo vs Constantán	-200 – 500

Tabla N° 3. Tipos de termocuplas

Referencia: http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm

Como vemos existen varios tipos de termocuplas, puesto que cualquier par de metales conformaría un tipo determinado. Sin embargo, la empírica ha llevado al uso de ciertos tipos estandarizados, a los que se les cita por una letra (las más típicas son las tipo J, K). Cada tipo difiere en el material de los metales A y B. Al diferir los materiales de construcción difieren los rangos de trabajo, el voltaje generado por unidad de grado y la máxima temperatura útil (antes que se funda).

- Tipo K con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de -200°C a $+1.372^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox. Posee buena resistencia a la oxidación.
- Tipo E (Cromo / Constantán (aleación de Cu-Ni)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- Tipo J (Hierro / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a 760°C ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Es afectado por la corrosión.
- Tipo N (Nicrosil (Ni-Cr-Si / Nisil (Ni-Si)): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del platino utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.

Por otro lado, los termopares tipo B, R y S son los más estables, pero debido a su baja sensibilidad ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.) generalmente son usados para medir altas temperaturas (superiores a 300°C).

- Tipo B (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): son adecuados para la medición de altas temperaturas superiores a 1.800°C . Los tipo B presentan el mismo resultado a 0°C y 42°C debido a su curva de temperatura/voltaje, limitando así su uso a temperaturas por encima de 50°C .
- Tipo R (Platino (Pt)-Rodio (Rh)): adecuados para la medición de temperaturas de hasta 1.300°C . Su baja sensibilidad ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) y su elevado precio quitan su atractivo.
- Tipo S (Platino / Rodio): ideales para mediciones de altas temperaturas hasta los 1.300°C , pero su baja sensibilidad ($10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) y su elevado precio lo convierten

en un instrumento no adecuado para el uso general. Debido a su elevada estabilidad, el tipo S es utilizado para la calibración universal del punto de fusión del oro (1064,43° C).

Los termopares con una baja sensibilidad, como en el caso de los tipos B, R y S, tienen además una resolución menor. La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

Las condiciones de construcción de una termocupla son:

- Ser mecánicamente robustos y resistentes químicamente de acuerdo a su aplicación.
- Deben producir una salida de tensión.
- Debe tener la precisión requerida.
- Debe considerarse la transferencia de calor al medio y viceversa para no afectar la lectura.
- Deben, en algunos casos, estar aislados eléctricamente de masa.

Las termocuplas generalmente se construyen:

- a. **Aterrizada.** Construcción especial para lograr una mayor fidelidad de respuesta.
- b. **Aislada.** Construcción normal de las termocuplas.
- c. **Expuesta.** Construcción especial que ofrece la máxima velocidad y fidelidad de respuesta.

El formato de fabricación del sensor o termocupla depende directamente de su aplicación, en términos de obtener una rápida respuesta, por ejemplo, o si está relacionada con equipamiento de automatización, y que esto imponga que el formato sea aislado.

Las termocuplas mayormente utilizadas en el censo de procesos térmicos industriales son las tipo J, y tipo K

c.1.2.5.6 SENSOR DE TEMPERATURA (TIPO J)



Gráfico N° 3. Termocupla tipo J

La termocupla Tipo J, conocida como la termocupla hierro - Constantán, es la de mayor accesibilidad en el mercado y por ende más usada. El hierro es el conductor positivo, mientras que para el conductor negativo se recurre a una aleación de 55 % de cobre y 45 % de níquel (Constantán).

Las termocuplas Tipo J resultan satisfactorias para uso continuo en atmósferas oxidantes, reductoras e inertes y en vacío hasta 760° C. Por encima de 540° C, el alambre de hierro se oxida rápidamente, requiriéndose entonces alambre de mayor diámetro para extender su vida en servicio. La ventaja fundamental de la termocupla Tipo J es su bajo costo.

Las siguientes limitaciones se aplican al uso de las termocuplas Tipo J:

- No se deben usar en atmósferas sulfurosas por encima de 540° C.
- A causa de la oxidación y fragilidad potencial, no se las recomienda para temperaturas inferiores a 0° C.
- No deben someterse a ciclos por encima de 760° C, aún durante cortos períodos de tiempo, si en algún momento posterior llegaran a necesitarse lecturas exactas por debajo de esa temperatura.

El Constantán utilizado para termocuplas Tipo J no es intercambiable con el Constantán de las termocuplas Tipo T y Tipo E, ya que el Constantán es el nombre genérico de aleaciones cobre-níquel con un contenido de cobre entre 45 % y 60 %. Los fabricantes de las termocuplas Tipo J regulan la composición del conductor de cobre-níquel de

manera que la FEM de salida de la termocupla siga la curva de calibración publicada. Los elementos fabricados por las distintas empresas, con frecuencia no son intercambiables para el mismo tipo de termocupla.

c.1.2.4.1.7 SENSORES DE NIVEL

Dentro de los procesos industriales la medición y el control de nivel se hace necesario cuando se pretende tener una producción continua, cuando se desea mantener una presión hidrostática, cuando un proceso requiere de control y medición de volúmenes de líquidos o bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame, la medición de nivel de líquidos, dentro de un recipiente parece sencilla, pero puede convertirse en un problema más o menos difícil, sobre todo cuando el material es corrosivo o abrasivo, cuando se mantiene a altas presiones, cuando es radioactivo o cuando se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles o cuando es prácticamente imposible mantenerlas, el control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos.

Los instrumentos mecánicos de medición y control de niveles o cargas hidrostáticas, incluyen dispositivos visuales e indicadores, el dispositivo más simple para medir niveles es una varilla graduada, que se pueda insertar en un recipiente, la profundidad real del material se mide por la parte mojada de la varilla, este método es muy utilizado para medir el nivel en los tanques de una gasolinera, este método es simple pero efectivo, no es muy práctico, sobre todo si el material es tóxico o corrosivo, ya que el individuo que lo aplica tiene que estar de pie sobre la abertura manejando la varilla con las manos.

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciadas por sus distintas peculiaridades y las aplicaciones particulares de las que son objeto.

Los transmisores de nivel en líquidos a la que está enfocado nuestro trabajo se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Desplazamiento (Flotador)
- Presión diferencial
- Burbujeo
- Radioactivo
- Capacitivo
- Ultrasonido
- Conductivímetro
- Radar
- Servoposicionador

c.1.2.4.1.8 MEDIDOR DE PRESIÓN

La mayoría de los sistemas de control de procesos industriales requieren la medida de presión, por lo que existen diversos tipos de sensores y medidores de presión. Antes de considerar éstos en detalle, es importante explicar algunos términos usados en la medición de presiones, así como establecer la diferencia entre presión absoluta, presión de dispositivo y presión diferencial. La *presión absoluta* de un fluido es la diferencia entre la presión de un fluido y el cero absoluto de presión, mientras que la *presión de dispositivo* indica la diferencia entre la presión del fluido y la presión atmosférica. Por tanto, la presión absoluta y la mostrada por el dispositivo están relacionadas por la expresión:

$$P_{abs} = P_{dis} + P_{at}$$

Donde:

P_{abs} es la presión absoluta, P_{dis} es la presión del dispositivo y P_{at} es la presión atmosférica.

El término presión diferencial se usa para describir la diferencia entre dos presiones absolutas, tales como las medidas en dos puntos de un fluido (a menudo entre los dos lados de un limitador de flujo en un sistema de medida de caudal). El rango de presiones para el que comúnmente se requiere la medida se extiende desde 1,013 a 7000 bares (1 a 6910 atmósferas.)

c.1.2.4.1.9 SENSORES DIGITALES (ENCODERS).

El encoder óptico es un sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje. Es un transductor que convierte una magnitud (posición lineal y angular) en una señal digital.

El encoder opera solidario al eje del elemento cuya posición se desea determinar y utiliza luz para obtener la medida.

El principio de operación se basa en opto acopladores, un diodo foto emisor y un transistor foto receptor que detectan la presencia o ausencia de luz a través de un disco solidario al eje, con ranuras radiales.

Los Tipos de encoders ópticos son: Encoder incremental y encoder absoluto,

El encoder Incremental, proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son "canal A" y "canal B".

Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación, mientras que si se capta también la señal "B" es posible discriminar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible además otra señal llamado canal Z o Cero, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud entrada en el canal A.

La precisión de un encoder incremental depende de factores mecánicos y eléctricos entre los cuales, el error de división del retículo, la excentricidad del disco, la de los rodamientos, el error introducido por la electrónica de lectura, imprecisiones de tipo óptico. La unidad de medida para definir la precisión de un encoder es el grado eléctrico, éste determina la división de un impulso generado por el encoder: en efecto, los 360° eléctricos corresponden a la rotación mecánica del eje, necesaria para hacer que se realice un ciclo o impulso completo de la señal de salida. Para saber a cuántos grados mecánicos corresponden 360 grados eléctricos es suficiente aplicar la fórmula siguiente.

Ecuación Nro. 2

$$360^{\circ} \text{ eléctricos} = \frac{360^{\circ} \text{ mecánicos}}{\text{Nro. impulsos/giro}}$$

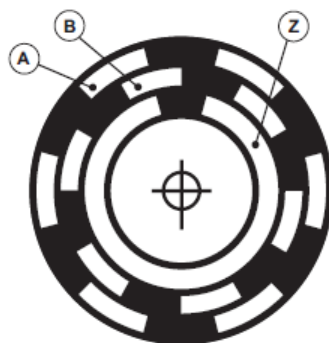


Gráfico No 4. Representación de las señales incrementales A, B y Z en disco óptico

Fuente: SILGE ELECTRONICA S.A, 2000

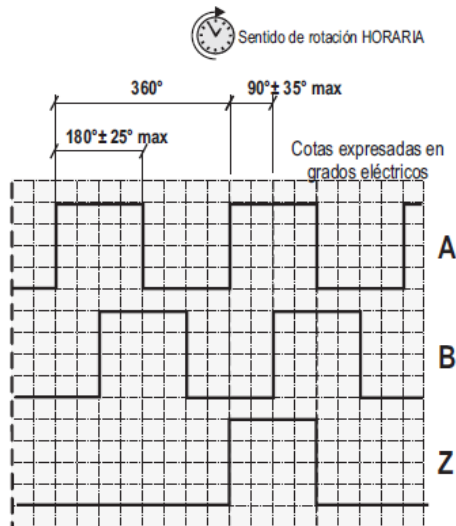


Gráfico No 5. Representación gráfica de las señales incrementales A,B, y Z.

Fuente: SILGE ELECTRONICA S.A., 2000

El principio de funcionamiento de un *encoder absoluto* es muy similar al de un encoder incremental en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por foto receptores, luego estos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida.

Respecto a los encoders incrementales, los encoders absolutos muestran importantes diferencias desde el punto de vista funcional. Mientras en los encoders incrementales la posición está determinada por el cómputo del número de impulsos con respecto a la marca de cero, en los encoders absolutos la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta. Por consiguiente los encoders absolutos no pierden la posición real cuando se corta la alimentación (incluso en el caso de desplazamientos), hasta un nuevo encendido (gracias a una codificación directa en el disco), la posición está actualizada y disponible sin tener que efectuar, como en el caso de los encoder incrementales la búsqueda del punto de cero.

Analicemos ahora el código de salida que se deberá utilizar para definir la posición absoluta. La elección más obvia es la del código binario, porque fácilmente puede ser

manipulado por los dispositivos de control externos para la lectura de la posición, sin tener que efectuar particulares operaciones de conversión. En vista que el código se toma directamente desde el disco (que se encuentra en rotación) la sincronización y la captación de la posición en el momento de la variación entre un código y el otro se vuelve muy problemática. En efecto, si por ejemplo tomamos dos códigos binarios consecutivos como 7(0111) 8(1000), se nota que todos los bit del código sufren un cambio de estado: una lectura efectuada en el momento de la transición podría resultar completamente errónea porque es imposible pensar que las variaciones sean instantáneas y que se produzcan todas en el mismo momento. Debido a este problema se utiliza una variante del código binario: el código Gray, el cual tiene la particularidad que al pasar entre dos códigos consecutivos (o desde el último código al primero), uno sólo cambia su estado.

DECIMAL	BINARIO	GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

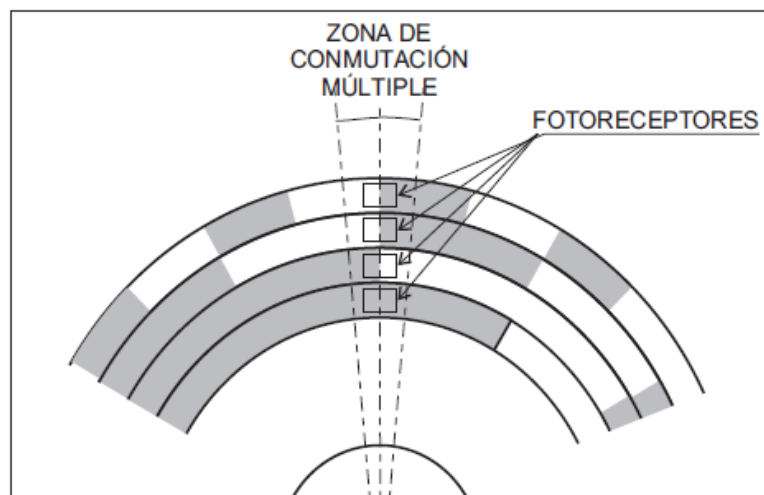


Gráfico No 6. La codificación absoluta.

Fuente: SILGE ELECTRONICA S.A., 2000

c.1.2.4.1.10 ACTUADORES

Los actuadores pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado, los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y

da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- *Hidráulicos*
- *Neumáticos*
- *Eléctricos*

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

Los actuadores más usuales son:

- Cilindros neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos lineales.
- Motores (actuadores de giro) neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos de giro por medio de energía hidráulica o neumática.
- Válvulas. Las hay de mando directo, motorizadas, electro neumáticas, etc. Se emplean para regular el caudal de gases y líquidos.
- Resistencias calefactoras. Se emplean para calentar.
- Motores eléctricos. Los más usados son de inducción, de continua, sin escobillas y paso a paso.

- Bombas, compresores y ventiladores. Movidos generalmente por motores eléctricos de inducción.

c.1.2.4.1.11 BOMBA HIDRÁULICA

Una **bomba** es una máquina hidráulica generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Existe una ambigüedad en la utilización del término **bomba**, ya que generalmente es utilizado para referirse a las máquinas de fluido que transfieren energía, o *bombean* fluidos incompresibles, y por lo tanto no alteran la densidad de su fluido de trabajo, a diferencia de otras máquinas como lo son los compresores, cuyo campo de aplicación es la neumática y no la hidráulica. Pero también es común encontrar el término **bomba** para referirse a máquinas que *bombean* otro tipo de fluidos, así como lo son las bombas de vacío o las bombas de aire.

c.1.2.4.1.12 RESISTENCIAS TERMOELÉCTRICAS

El efecto termoeléctrico en un material relaciona el flujo de calor que lo recorre con la corriente eléctrica que lo atraviesa. Este efecto es la base de las aplicaciones de refrigeración y de generación de electricidad: un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.

Un sistema calefactor bien dimensionado elimina los problemas de condensación y las resistencias calefactoras con ventilación garantizan una temperatura interna constante y equilibrada.

c.1.2.4.1.13 PREAMTUADORES

Un sistema de control obtiene como salida una señal eléctrica, la cual ha de activar un actuador. El **pre-actuador** es el elemento que hace de interfaz, tomando como entrada la señal eléctrica y procediendo en el actuador. Los más usuales son:

- *Electroválvulas*. Son los pre-actuadores de los cilindros y actuadores de giro neumáticos e hidráulicos.
- *Relés y contadores*. Se emplean para conectar y desconectar actuadores eléctricos como resistencias calefactoras o motores.
- *Arrancadores estáticos*. Se emplean para conectar o desconectar motores eléctricos restringiendo las corrientes de arranque.
- *Equipos de control de motores eléctricos*. Se emplean para controlar los diferentes tipos de motores, permitiendo conectarlos o desconectarlos y regular su velocidad de giro. El más habitual es el variador de frecuencia

c.1.2.4.1.14 VARIADOR DE FRECUENCIA

Un **variador de frecuencia** (siglas VFD, del inglés: *Variable Frequency Drive* o bien *AFD Adjustable Frequency Drive*) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

c.1.2.4.1.15 ELECTROVÁLVULAS

Una **electroválvula** es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser *cerradas en reposo* o *normalmente cerradas* lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo *abiertas en reposo* o *normalmente abiertas* que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

c.1.2.4.2 NIVEL DE CONTROL

En este nivel se ubican los dispositivos lógicos de control como son los Automatas programables, tarjetas de control, ordenadores industriales, etc. Estos constituyen los elementos de mando y control de la maquinaria del Nivel de campo, proporciona información de actuación directa a los elementos de este nivel.

c.1.2.4.2.1. LOS PLC



Gráfico N° 7. Autómata programable

Fuente: Automatización de procesos Industriales, M.G. Ortega

Los CLP o PLC (*Programmable Logic Controller* en sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial.

Su historia se remonta a finales de la década de 1960 cuando la industria buscó en las nuevas tecnologías electrónicas una solución más eficiente para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores proporcional integral derivativo (PID).

Los *PLC* actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera (Lenguaje Ladder), preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener. Un lenguaje más reciente, preferido por los informáticos y electrónicos, es el FBD (en inglés Function Block Diagram) que emplea compuertas lógicas y bloques con distintas funciones conectados entre sí.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos.

c.1.2.4.2.2. TIPOS DE CONTROLADORES LÓGICOS

Los controladores lógicos son:

- **No modulares**, en los que no se puede aumentar el número de variables de entrada y o salida sin cambiar el circuito;
- **modulares**, que realizan la entrada y la salida por medio de módulos de un determinado número de variables, módulos que se acoplan a una conexión común y se realizan con multiplexores y registros modulares;

- *semimodulares* que poseen un número total de variables de entrada y salida fijo, pero permiten incrementar el número de variables de entrada disminuyendo el de las de salida y viceversa. Se realizan con dispositivos lógicos programables (DLP).

c.1.2.4.2.3. ESTRUCTURA DE LOS AUTÓMATAS

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- a. Fuente de alimentación
- b. CPU
- c. Módulo de entrada y módulo de salida
- d. Módulos de memoria
- e. Terminal de programación
- f. Periféricos.

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos. Así se pueden distinguir autómatas Compactos y Modulares.

La **FUENTE DE ALIMENTACIÓN**, es la encargada de convertir la tensión de la red (120v o 220v c.a.), a baja tensión de c.c, normalmente + 5 V para alimentar a todas las tarjetas, + 5.2 V para alimentar al programador, + 24 V para los canales de lazo de corriente 20 Ma. . Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

La **CPU**, la Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

La unidad central está diseñada a base de microprocesadores y memorias; contiene una unidad de control, la memoria interna del programador RAM, temporizadores, contadores, memorias internas tipo relé, imágenes del proceso entradas/salidas, etc. Su misión es leer los estados de las señales de las entradas, ejecutar el programa de control y gobernar las salidas, el procesamiento es permanente y a gran velocidad.

MÓDULOS DE INTERFASES DE ENTRADAS/SALIDAS (E/S), Son los que proporciona el vínculo entre la CPU del controlador y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellos se origina el intercambio de información ya sea para la adquisición de datos o la del mando para el control de máquinas del proceso.

Debido a que existen gran variedad de dispositivos exteriores (captadores actuadores), encontramos diferentes tipos de módulos de entrada y salidas, cada uno de los cuales sirve para manejar cierto tipo de señal (discreta o analógica) a determinado valor de tensión o de corriente en DC o AC.

- Módulos de entradas discretas
- Módulos de salidas discretas
- Módulos de entrada analógica
- Módulos de salida analógica

LOS MÓDULOS DE MEMORIAS, Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente

Se cuenta con dos tipos de memorias:

- Volátiles (**RAM**)
- No volátiles (**EPROM y EEPROM**)

LA UNIDAD DE PROGRAMACIÓN, Los terminales de programación, son el medio de comunicación entre el hombre y la máquina; estos aparatos están constituidos por teclados y dispositivos de visualización.

Existen tres tipos de programadores los manuales (**Hand Held**) tipo de calculadora, Los de video tipo (**PC**), y la (**computadora**).

LOS PERIFÉRICOS, no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EEPROM.
- Visualizadores y paneles de operación OP

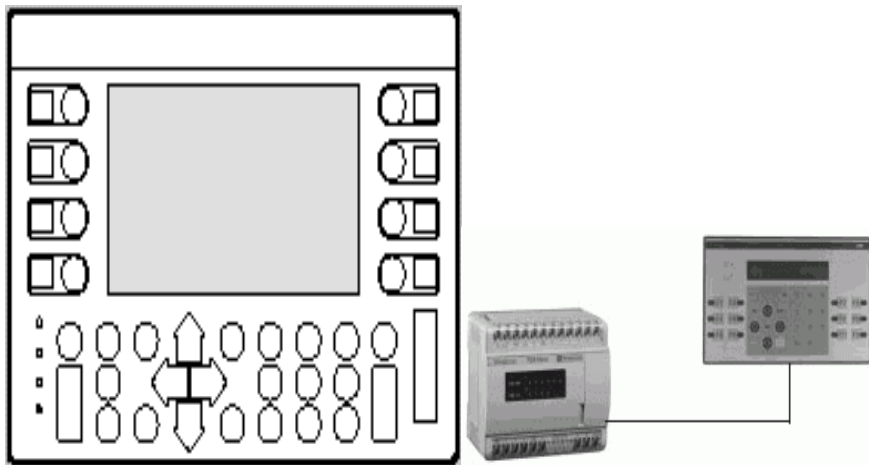


Gráfico N° 8. Periféricos

Fuente: Automatización de procesos Industriales, M.G. Ortega

c.1.2.4.2.4 APLICACIONES DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este

campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc. , por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales
- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso ejemplos de aplicaciones generales.
- Maniobra de máquinas
- Maquinaria industrial de plástico
- Máquinas transfer
- Maquinaria de embalajes
- Instalación de aire acondicionado, calefacción...
- Instalaciones de seguridad
- Chequeo de programas
- Señalización del estado de procesos
- Señalización y control
- Maniobra de instalaciones

c.1.2.4.2.5. VENTAJAS E INCONVENIENTES

a. VENTAJAS:

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:
- No es necesario dibujar el esquema de contactos
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega.
- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor coste de mano de obra de la instalación.
- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.
- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.
- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

b. INCONVENIENTES.

- Podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.
- El costo inicial también puede ser un inconveniente

c.1.2.4.2.6. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN LADDER

El LADDER, también denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Para programar un autómata con **LADDER**, además de estar familiarizado con las reglas de los circuitos de conmutación, es necesario conocer cada uno de los elementos de que consta este lenguaje.

c.1.2.4.3 NIVEL DE SUPERVISIÓN (HMI, SCADA).

En el Nivel de supervisión se realizan las siguientes tareas:

- Adquisición y tratamiento de datos
- Monitorización
- Gestión de alarmas y asistencias
- Mantenimiento correctivo y preventivo
- Programación a corto
- Control de calidad
- Sincronización de células
- Coordinación de transporte
- Aprovisionamiento de líneas
- Seguimiento de lotes
- Seguimiento de órdenes de Trabajo

c.1.2.4.3.1 PANELES DEL OPERADOR

Estos paneles sirven para realizar la gestión y monitorización de procesos, además tienen como objetivo la implantación de funciones HMI (Human Machine Interface) en los procesos productivos.

Se puede decir también que a través de estos paneles podemos saber y sobre todo, ver lo que sucede en torno a las máquinas o en el mismo lugar de los hechos, y reaccionar en consecuencia, a tiempo y con rapidez. Dado que normalmente tienen que trabajar en ambientes hostiles, están dotados del más alto grado de protección.

HMI/SCADA. Es Una interfaz Hombre - Máquina ("Human Machine Interface") es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una "ventana de un proceso". Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un PC. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en el ordenador, PLC's (Controladores lógicos programables), PACs (Controlador de automatización programable), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVER's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples sistemas remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Aunque un PLC realiza automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, normalmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual, los sistemas SCADA lo hacen de manera automática. Históricamente los PLC no tienen una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde

el PLC o desde otros controladores y se realiza por medio de algún tipo de red, posteriormente esta información es combinada y formateada. Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proporcionar las tendencias, los datos de diagnóstico y manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o máquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas. Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfaces por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

SCADA es popular debido a esta compatibilidad y seguridad. Ésta se usa desde aplicaciones pequeñas, como controladores de temperatura en un espacio, hasta aplicaciones muy grandes como el control de plantas nucleares.

Normalmente, el panel estará conectado al PLC, pero en la actualidad, también disponen de salidas de todo tipo como: conexión de impresoras, conexión de varios paneles en red, salidas serie y paralelo, conexión a bus de datos, Ethernet, memorias flash, etc. Incluso los hay que en el mismo panel incorporan un PLC con entradas y salidas.

Las pantallas de visualización van desde display alfanuméricos hasta pantallas TFT táctiles, con alta resolución en color, que permiten la visualización de todo tipo de imágenes, consiguiendo presentaciones en pantalla prácticamente iguales a las obtenidas en el monitor del PC utilizando scada.

c.1.2.4.3.2 CLASIFICACIÓN.

Los paneles, según sus prestaciones los podremos dividir en varios grupos, desde los simple visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla, pasando por los provistos de visualizador Gráfico (a color o B/N) con pulsadores, hasta los paneles programables táctiles de última generación dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones.

Según la necesidad se pueden clasificar de la siguiente manera: Displays de textos. Son los paneles de operación convencionales que permite visualizar como su nombre lo indica únicamente texto.

Multipaneles. Son equipos intermedios entre el panel de operador y la PC, estos pueden incorporar un sistema operativo.

PCs paneles. Para niveles de automatización dónde se requiere una potente capacidad de procesamiento y comunicabilidad conjuntamente con alta capacidad de almacenamiento de datos **SCADA**.

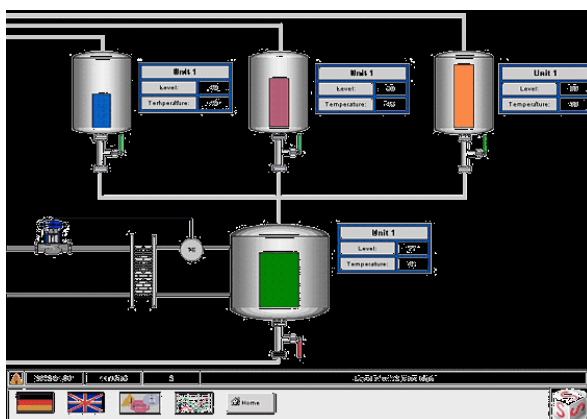


Gráfico N° 9. Supervisión a través del Scada

Referencia: <http://www.monografias.com/trabajos11/sisco/sisco.shtml>

SCADA es el acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). Un SCADA es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, el lazo de control es GENERALMENTE cerrado por el operador. Los Sistemas de Control Distribuido se caracterizan por realizar las acciones de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador.

c.1.2.4.3.3 NECESIDAD DE UN SISTEMA SCADA.

Para evaluar si un sistema SCADA es necesario para manejar una instalación dada, el proceso a controlar debe cumplir las siguientes características:

- El número de variables del proceso que se necesita monitorear es alto.
- El proceso está geográficamente distribuido. Esta condición no es limitativa, ya que puede instalarse un SCADA para la supervisión y control de un proceso concentrado en una localidad.
- La información del proceso se necesita en el momento en que los cambios se producen en el mismo, o en otras palabras, la información se requiere en tiempo real.
- La necesidad de optimizar y facilitar las operaciones de la planta, así como la toma de decisiones, tanto gerenciales como operativas.
- Los beneficios obtenidos en el proceso justifican la inversión en un sistema SCADA. Estos beneficios pueden reflejarse como aumento de la efectividad de la producción, de los niveles de seguridad, etc.
- La complejidad y velocidad del proceso permiten que la mayoría de las acciones de control sean iniciadas por un operador. En caso contrario, se requerirá de un Sistema de Control Automático, el cual lo puede constituir un Sistema de Control Distribuido, PLC's, Controladores a Lazo Cerrado o una combinación de ellos.

Dentro de las *funciones* básicas realizadas por un sistema SCADA están las siguientes:

- a. Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- b. Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, etc.
- c. Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- d. Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

c.1.3 COMUNICACIONES

Básicamente los autómatas de comunican en tres niveles:

- Nivel LAN/WAN
- Nivel LAN
- Nivel bus de campo.

El bus de campo, es el nivel de red más próximo al proceso de Integración de pequeños automatismos (PLCs locales, controladores PID, equipos de medida, entre otros).

En el nivel de LAN se enlaza células de fabricación, está formado por PLCs de gama alta y ordenadores para control de calidad.

El Nivel de LAN/WAN es el nivel próximo al área de gestión, este integra a los anteriores, a nivel de fábrica y/o múltiples factorías, está formado por ordenadores y redes de ordenadores.

c.1.3.1 BUSES DE CAMPO

Los buses de campo se usan como sistema de comunicación entre los elementos de control industrial y los dispositivos de campo. Las aplicaciones basadas en buses de campo, en comparación con los sistemas de cableado tradicionales, reducen el coste de cableado, configuración y mantenimiento.

Los buses de campo permiten la comunicación con dispositivos inteligentes mediante un cable de comunicación serie.

c.1.3.1.1 MODBUS

En su definición inicial Modbus era una especificación de tramas, mensajes y funciones utilizada para la comunicación con los PLCs Modicon. Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP). Cubre grandes distancia entre los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua a velocidades de 1200 baudios por radio y mayores por cable. Debido a que fue incluido en los PLCs de la prestigiosa firma Modicon en 1979, ha resultado un estándar de facto para el enlace serie entre dispositivos industriales.

Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

- Es totalmente público.

- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones

c.1.3.1.2. PROFIBUS

Se desarrolló bajo un proyecto financiado por el gobierno alemán y lanzado al Mercado por SIEMENS. Está normalizado en Alemania por DIN E 19245 y en Europa por EN 50170. El desarrollo y posterior comercialización ha contado con el apoyo de importantes fabricantes como ABB, AEG, Klóckner-Moeller, etc.

Las tres posibilidades tecnológicas de profibus son:

Profibus DP. Periferia descentralizada

- Tiempos de reacción muy pequeños
- Transferencia de pequeñas cantidades de datos
- Conexión de equipos de campo, accionamientos, paneles de operación, autómatas programables y Pc´s.

Profibus FMS. Fieldbus message Specification

- Interconexión en red de autómatas programables, supervisores de proceso, paneles de operación, PC´s, etc.
- Comunicación orientada a objetos.

Profibus PA. Automatización de Proceso

- Conexión de equipos de proceso sobre autómatas programables, supervisores de proceso, PC.
- Datos y alimentación sobre un cable.
- Seguridad Intrínseca.

c.1.3.1.3 FIELDBUS

La comunicación Fieldbus Foundation fue creada como una organización independiente y sin ánimo de lucro para desarrollar un único bus de campo internacional, abierto e interoperable.

La organización se basa en los siguientes principios:

- La tecnología de FF ha de ser abierta y cualquier compañía ha de poder disponer de ella.
- La tecnología de FF ha de estar basada en el trabajo del IEC (International Electrotechnical Commission) y de ISA (International Standardization Association).
- Los miembros de la Fieldbus Foundation apoyan a los comités de estandarización nacional e internacional y trabajan con ellos.

c.1.3.1.4 ETHERNET

La aceptación mundial de Ethernet en los entornos industriales y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Es posible que con los avances de Ethernet y la emergente tecnología Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control, actualmente implementadas con otras redes específicamente industriales existentes, como las que aquí se mencionan.

c.2. CAPITULO II. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRÁCTICAS

c.2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo describe el diseño del banco de prácticas, armado del mismo y la selección de los dispositivos de campo, de control, y de supervisión, así como se define la distribución de los mismos en el tablero. Seguidamente se define las 4 prácticas modelo, denominadas:

- Práctica N°1 Control de un semáforo con tiempos ajustables
- Práctica N°2 Control y Monitoreo del nivel de agua de un tanque
- Práctica N°3 Control y monitoreo de la temperatura de un líquido
- Práctica N°4 Encendido de luces piloto por medio de grados de posicionamiento.

Estas demostrarán el funcionamiento práctico de cada uno de los elementos del banco de prácticas.

c.2.2 GENERALIDADES EN UN BANCO DE PRÁCTICAS

Para la construcción del banco se ha tomado los siguientes parámetros:

El banco de prácticas posee un conjunto de elementos que tratan de simular un área de la vida real, aplicando de esta manera la parte teórica impartida en el aula.

De acuerdo al tipo de función que va a cumplir el banco de prácticas de laboratorio fue diseñado, de tal manera que sus componentes tengan una disposición adecuada de acuerdo al tipo de prácticas que en el mismo se vayan a realizar, también que se optimice el espacio para con ello lograr un banco de dimensiones adecuadas para una mejor observación y evitar la posibilidad de una confusión de cables delante del mismo. Se trató en lo posible que los elementos del banco deban estar en lo posible expuestos para lograr una buena observación por el practicante, también se puso las salidas adecuadas para que se realice el cableado de una forma ordenada.

Con respecto al motor y bomba se colocan en la parte baja del banco tomando en cuenta que es el lugar adecuado para realizar la toma del agua y por su posible vibración no dificulte el trabajo de los demás elementos del banco.

El banco posee también espacios para realizar anotaciones y toma de datos. Así como gambetas para guardar materiales necesarios para la realización de las prácticas. La simbología utilizada es de acuerdo a los estándares correspondientes.

c.2.3 DISEÑO PRELIMINAR DEL BANCO

El banco se construirá en dos partes, la mesa de trabajo con una estructura de madera de melamina de 15mm de espesor, con las siguientes dimensiones: 120cm de ancho x 80cm de alto y 76cm de profundidad, la segunda parte corresponde al tablero de control con una estructura de madera de melamina de 15mm de espesor donde irán montados los dispositivos de control, con las siguientes medidas: 85cm de ancho, 60cm de alto y 30cm de profundidad, vale destacar que las en la parte inferior estarán ubicados el motor y el cpu del computador, en la parte posterior el sistema hidráulico y el tanque secundario y en la parte central el teclado, mouse y cajones para guardar elementos adicionales del tablero.

Además en la parte posterior estará una puerta que permita acceder al las diferentes conexiones de los dispositivos de control.

En el anexo 6 se describe en forma gráfica el prototipo del tablero.

c.2.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS

En el tablero se distribuirán los elementos de la siguiente manera:

En la parte superior irán las redes de corriente R, S, T a 220V, seguidamente tomando como punto de referencia el monitor, los pulsadores y luces de señalización ya que debe

estar al frente del operador, seguidamente se irá ubicando los diferentes dispositivos de acuerdo a su medida tal como indica el anexo 7, tomando como referencia las medidas dadas en los respectivos manuales provistos por los fabricantes.

c.2.5 UBICACIÓN DEL SISTEMA HIDRAULICO DEL TABLERO.

De acuerdo al diseño preliminar, el tablero está equipado con una bomba centrífuga de peso considerable por lo que se la ubicará en la parte inferior del tablero, sujeta mediante una base metálica para darle firmeza y evitar la vibración que puede causar mal funcionamiento en los dispositivos electrónicos.

De esta manera la bomba estará ubicada al mismo nivel del tanque de almacenamiento de agua entrante, el mismo que está ubicado en la parte posterior del tablero, sobre una base metálica con ruedas, que permitirá trasladarse con facilidad para posible desalojo del líquido.

Mientras que en la parte superior, lado izquierdo se ubicará el tanque metálico para pruebas de nivel y temperatura de agua.

Tanto el tanque de entrada de agua como el tanque de prácticas para la realización de pruebas está unido por medio de mangueras, codos y neoplos de PVC de ½ pulgadas, además se ubicarán dos electroválvulas a 220V en un lugar estratégico del circuito hidráulico, que trabajarán en llenado y desalojo del agua.

Para mayor seguridad de los equipos electrónicos en caso de alguna fuga de líquido, estas mangueras estarán ubicadas en la parte posterior del tablero donde no impedirán la visualización de los elementos principales del mismo.

El anexo 8 describe la ubicación de los elementos del banco.

c.2.6 DISEÑO GENERAL DE LA INSTALACIÓN DEL BANCO DE PRÁCTICAS.

c.2.6.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA.

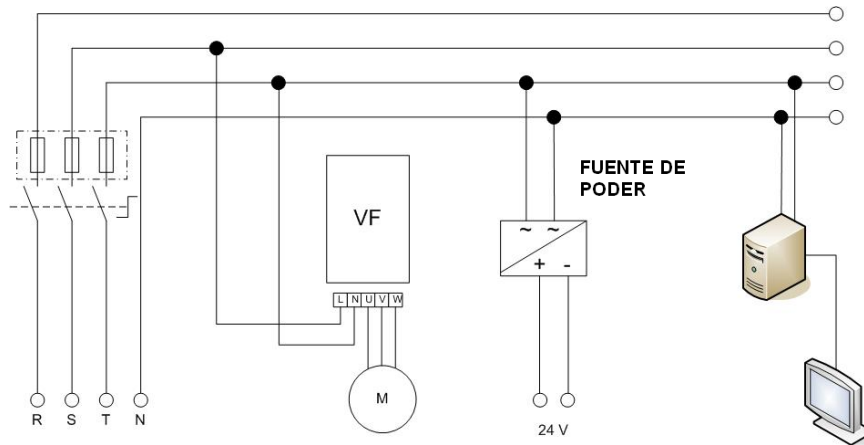


Gráfico N° 10. Diseño del circuito de fuerza

c.2.6.2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

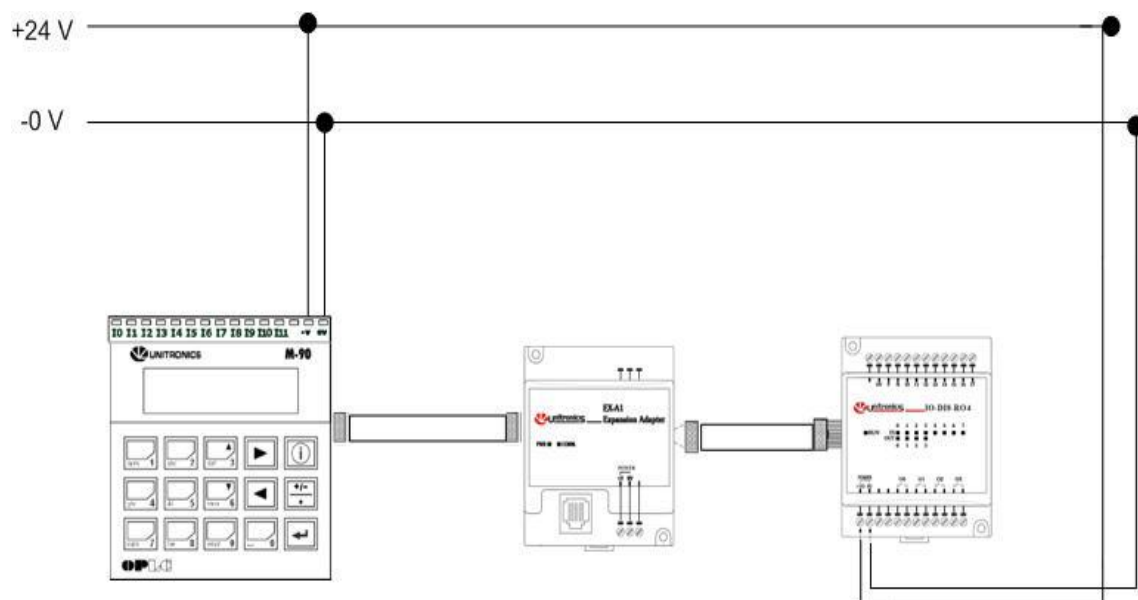


Gráfico N° 11. Diseño del circuito de control

c.2.7 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE CAMPO

c.2.7.1. SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDO

Para la selección del tanque, tomamos en cuenta la cantidad de líquido suficiente para realizar la observación clara de las prácticas, de acuerdo a esto consideramos que el volumen total fuese de 50 litros (0.05 metros cúbicos), realizamos los cálculos siguientes partiendo de estos valores y haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$V = A * H = \frac{\pi * d^2}{4} * H$$

Donde: A área del tanque en m²

H la altura en metros

V el volumen en m³.

d es el diámetro del tanque

$\pi = 3.1416$

Considerando una altura de 0,5 m, el diámetro del mismo estaría dado por:

$$d = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}} = \sqrt{\frac{4 * 0.05 \text{ m}^3}{3.14 * 0.5 \text{ m}}} = 0.35 \text{ m}$$

Las medidas del tanque serán:

Altura: 0.5 metros; *Diámetro:* 0,35 m;

Cuya capacidad es de 50 litros.

Se escoge acero galvanizado, debido a que va estar expuesto a temperaturas de hasta 100 grados centígrados, y el líquido a utilizar el agua, por ser de mayor accesibilidad.

c.2.7.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE AGUA

Tomando en cuenta los siguientes parámetros, la presión, altura, caudal y el líquido a utilizar consideramos utilizar la siguiente bomba, por su fácil disponibilidad en el mercado local:

- Caudal: $Q = 32$ litros/m = aproximadamente unos $1.9\text{m}^3/\text{h}$.
- Altura máxima de impulsión = 35mt.
- Tensión de alimentación de la red eléctrica = 220VCa, Tres fases.
- Potencia= $\frac{1}{2}$ Hp (375W)
- Intensidad Nominal= 3.5Amp.
- Velocidad angular= 3400 revoluciones/ minuto
- Nivel de protección IP=44
- Con tubería en succión y descarga de 1". Por lo tanto necesariamente se puso un reductor de 1" a $\frac{1}{2}$ " en la entrada y salida de la misma. La misma puede apreciarse en la siguiente figura.



Gráfico N° 17. Bomba de agua

c.2.7.3 SELECCIÓN DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

Este actuador responde a variables continuas (4-20mA), para poder variar la velocidad de la bomba y con ello el flujo de circulación del agua. Para la utilización del variador se tomo en cuenta la potencia de la bomba y los datos de chapa del motor eléctrico de la misma, como requisitos fundamentales para su selección

La utilización principal de este variador es aumentar o reducir el flujo de agua a través de la variación de la frecuencia que alimenta al motor trifásico de la bomba, ya que necesitamos tener un llenado exacto.

Escogimos un variador de velocidad con entrada monofásica debido a que todo el sistema esta siendo alimentado por una tensión de alimentación de 220VCA monofásica. La carga conectada a la salida del variador es un motor trifásico (con los siguientes Datos: 220VCA, tres fases, 60Hz, 3.5A, 0.375Kw).

Las características del variador son:

Modelo CFW-10

Fabricante: WEG. Brasil.

Tensión de alimentación: 220Vca, 60Hz, dos fases.

Potencia: 1Hp

Salida del motor

Frecuencia: 0-300Hz (± 2 Hz);

Tensión: 220Vca, tres fases,

Sobretensiones Categoría III (EN 61010/UL 508C);

Entrada analógica: 4-20mA (configurable a 0.10Vdc)

c.2.7.4 SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

La selección de las mismas se basó en el diámetro de la tubería, la tensión de alimentación, la posición inicial del vástago y el tipo de efecto, en nuestro caso simple efecto.

Las características fundamentales de las válvula seleccionadas y adquiridas son:

- Tipo: Simple efecto. Normalmente cerrada cuando está sin energía.
- Conexión eléctrica: ½ pulgada recta, con prensa estopa.
- Tensión de alimentación: 220Vca, 60Hz
- Diámetro: ½” NPT.

c.2.7.5 SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Se decidió escoger la termocupla Tipo J, por su universalidad dentro de los controladores de temperatura en nuestro medio, además es económica y soporta temperaturas altas, por otro lado miden rangos más altos que otros sensores de temperatura, y para el presente trabajo didáctico cumple con el requerimiento.

c.2.7.6 SELECCIÓN DE SENSOR DE PRESION

Por tener muy bajo margen de error en cantidades de agua de 1 a 10 galones, que es ideal para el presente proyecto se selecciona el sensor de presión de 0 a 2,5 bar, de 12 a 30 vdc y de 4-20 mA, además soporta temperaturas de hasta 100 grados centígrados, ya que el líquido va a estar sometido a variación de temperaturas (25 a 90 grados centígrados aproximadamente), a diferencia de otros sensores de nivel existentes en el mercado, este tipo tiene un costo más bajo.

c.2.7.7 SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA TÉRMICA

Se seleccionó una resistencia térmica tubular de 2000 watts a 220 v, la misma que realiza rápidamente el calentamiento de 10 a 20 litros de agua.

c.2.7.8 SELECCIÓN DE LA FUENTE DE PODER

De acuerdo al requerimiento del PLC que opera a 24 V DC, se escogió una fuente con las siguientes características:

Entradas de voltaje CA: 100 – 240V

Salida: +24V DC 4,5 A

c.2.7.9 DISEÑO ELÉCTRICO DEL TABLERO

Véase Anexo 16.

c.2.7.10 DISEÑO HIDRÁULICO DEL TABLERO

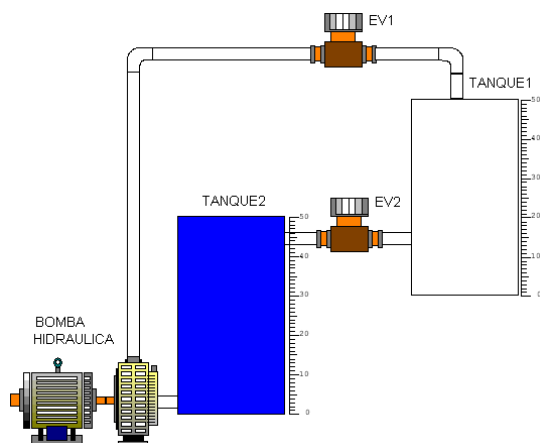


Gráfico Nro. 20 Diseño hidráulico del tablero

c.2.8 DEFINICIÓN DEL NIVEL DE CONTROL Y SUPERVISION

c.2.8.1 SELECCIÓN DEL PLC

Una vez definidas las prácticas y con el número de entradas y salidas requeridas procedimos a escoger el autómata a utilizar, adquiriendo el siguiente:

Marca: Unitronics

Modelo: M91-2-RA22

Voltaje: 24VCD

Entradas

Digitales: 12

Analógicas: 2

2 entradas para medidor de temperatura de alta velocidad

Puertos de expansión para módulos de entradas y salidas

Puertos de comunicaciones RS232, y RS485

El PLC incluye el software U90 Ladder la versión 6.0.1



GRAFICO Nº 21 PLC UNITRONICS

c.2.8.2 SELECCIÓN DEL SCADA

El P-CIM Scada es compatible con varios autómatas, en especial con el Unitronics, por ello se lo escogió, además la versión DEMO nos da un tiempo de 60 minutos para realizar la práctica, tiempo suficiente para que el estudiante realice la observación necesaria de la supervisión.

En nuestro proyecto hemos usado el P-CIM Versión 7.70 Service Pack 2, los requerimientos de hardware del PC son los siguientes:

El software se ejecuta en plataformas: Windows 2000, Windows XP Professional (SP1/SP2) y Windows 2003 Server.

Los requerimientos mínimos de hardware son:

- Intel Pentium 4
- 512MB RAM
- 40GB free disk space for initial installation
- VGA display card with 128MB of memory
- Puerto paralelo o USB
- Tarjeta de red 10/100

c.2.9 DEFINICIÓN DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

c.2.9.1 PRÁCTICA NRO. 1. CONTROL DE UN SEMÁFORO CON TIEMPOS AJUSTABLES

- *Entradas:* Digitales.
- *Salidas:* Digitales
- *Equipamientos:* Luces piloto, Pulsadores normalmente abierto y normalmente cerrado.

Esquema:

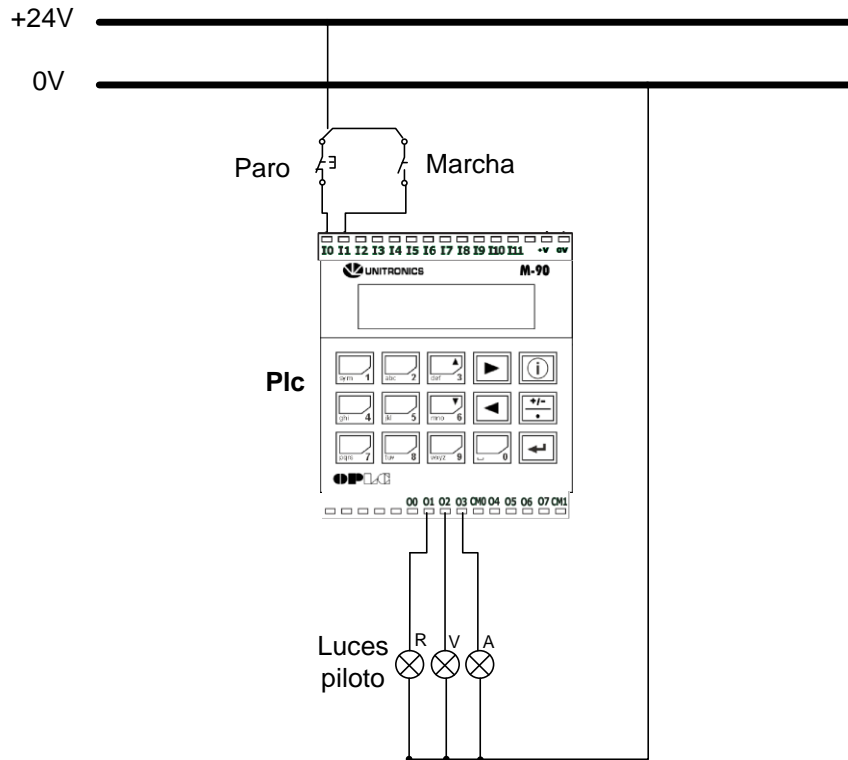


Gráfico N° 22. Esquema de la práctica 1

Descripción:

La presente práctica introduce al estudiante a la utilización de las entradas y salidas digitales del autómata, ya que son utilizadas, una entrada digital por cada pulsador, y una salida digital por cada luz piloto, de la misma manera se indica como realizar la programación ladder y la interactividad con la HMI (pantalla del autómata), mostrando datos de salida e introduciéndolos a través del teclado. Por otro lado también familiarizarse con el software PCIM scada, para realizar la supervisión en el PC.

c.2.9.2 PRÁCTICA NRO. 2

Control y Monitoreo del Nivel de agua de un tanque

- **Entradas:** Analógica 4-20 mA, Digital de 24V DC
- **Salidas:** Digital (electro-válvulas), analógica de 4-20mA (variador de frecuencia)
- **Equipamientos:** Electroválvula de 220V AC, tanque con visualizador, válvula manual On-Off, relé auxiliar de 24V DC, transductor analógico (4-20mA) de presión, bomba hidráulica de ¼ HP, 220V 3~

Esquema:

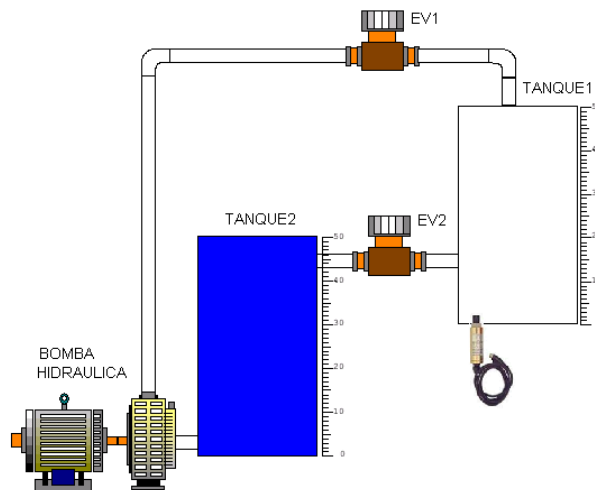


Gráfico N° 23. Control y monitoreo del nivel de un tanque

Descripción:

En la presente práctica se utilizara la totalidad de elementos de campo, además de las entradas y salidas del PLC también se usa la extensión o módulo de entradas y salidas, de esta manera se empleara, en el llenado del tanque elementos como la bomba y el variador de frecuencia, también elementos de paro y marcha como son los pulsadores y luces piloto que pueden indicar el nivel bajo, medio y alto. La parte de programación Ladder se hace un poco más compleja, de la misma manera el scada. La parte esencial es la utilización del transductor de presión, ubicado en la parte inferior del tanque, cuya función principal es de realizar las mediciones del volumen del líquido.

c.2.9.3 PRÁCTICA NRO. 3, CONTROL Y MONITOREO DE LA TEMPERATURA DE UN LÍQUIDO

Entradas:

- Analógica, de 4 - 20 mA
- Analógica, para termopar
- Digital ,a 24V DC

Salidas: Digital, tipo relé

Equipamiento:

- Resistencia
- Relé de estado sólido
- Sensor de temperatura tipo “J”

Esquema:

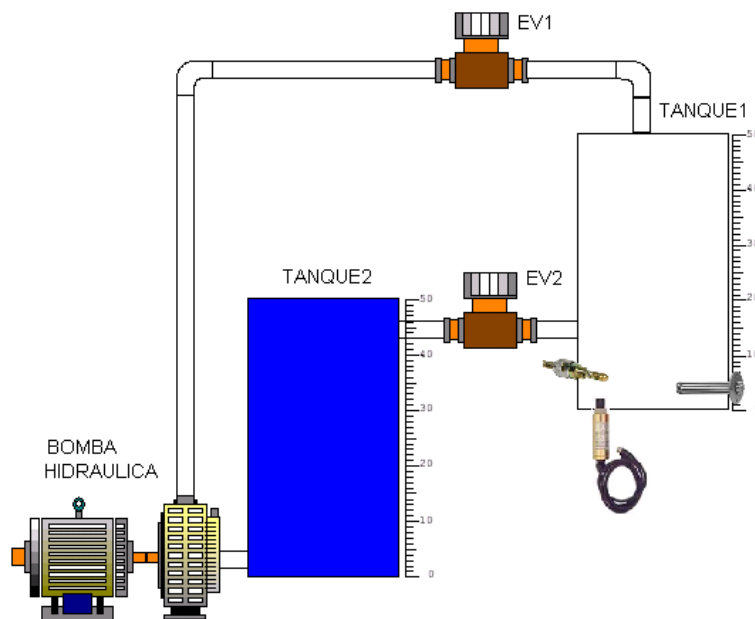


Gráfico N° 24. Control de la temperatura del líquido del tanque

Descripción:

Al igual que la práctica anterior se utiliza la totalidad de elementos de campo, en el llenado del tanque se emplea elementos como la bomba hidráulica y variador de frecuencia, también elementos de paro y marcha como son los pulsadores y luces piloto que pueden indicar el nivel bajo, medio y alto. La parte de programación Ladder se hace un poco más compleja que la práctica anterior, de la misma manera la programación scada, para el monitoreo del proceso. La parte esencial es la utilización de la termo resistencia para el calentamiento del líquido así como la termocupla que nos dará las temperaturas censadas.

c.2.9.4 PRÁCTICA NRO. 4, ENCENDIDO DE LUCES PILOTO A TRAVES DE GRADOS DE POSICIONAMIENTO

Entradas:

- Digital de alta frecuencia 10KZ ,24 VDC
- Digital a 24V DC

Salidas:

- Digitales, tipo relé

Equipamiento:

- Luces piloto, color: (verde , amarillo, rojo)
- Encoder incremental de 1000 p/v,10kz,24V DC

Esquema:

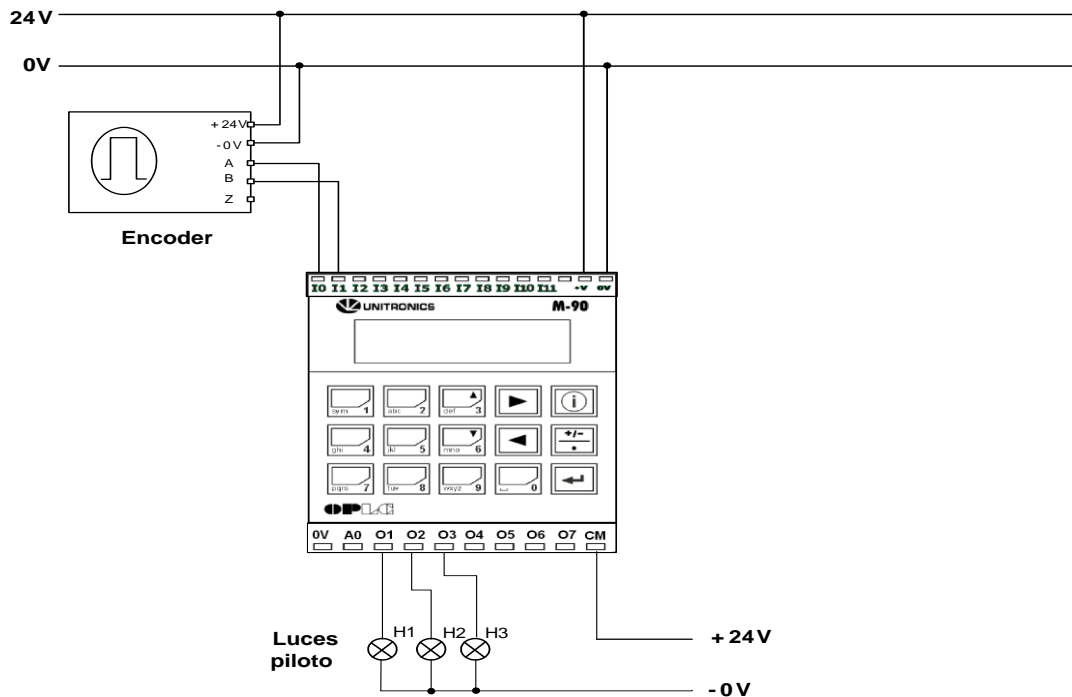


Gráfico N° 25. Encendido de luces piloto a través de grados de Posicionamiento

Descripción:

La presente práctica tiene como finalidad la aplicación y el uso del encoder incremental dentro del campo de automatización es por ello que se utiliza elementos como: luces piloto de color (verde, amarillo, rojo), pulsadores de paro y marcha.

Las luces piloto se encenderán de acuerdo a los grados de posicionamiento programados en la HMI (pantalla del P.L.C), los mismos que son entregados por encoder incremental.

Al igual que las prácticas anteriores, se indicara como realizar la programación en el software U90 Ladder del P.L.C, para el control del proceso, y como aplicar el software PCIM (scada) para realizar el monitoreo de la práctica.

c.2.10 VALORACIÓN ECONÓMICA

Para la construcción del banco de automatización, se determinan los siguientes gastos:

MATERIAL ELECTRICO				
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Valor.U	Valor .T
1	100	Jack tipo banana	0,30	30,00
2	2	Porta fusibles	0,70	1,40
3	1	Breakers de 3 polos 20 ^a	30,00	30,00
4	1	Luz piloto color verde 24V DC	8,90	8,90
5	1	Luz piloto color rojo 24V DC	8,90	8,90
6	1	Luz piloto color amarillo 24V DC	8,00	8,00
7	1	Luz piloto color amarillo 220V AC	8,00	8,00
8	3	Bobillo tipo bayoneta 24V DC	1,80	5,40
9	1	Pulsador color rojo N.C	14,00	14,00
10	1	Pulsador color verde N.O	14,00	14,00
11	1	Selector de 2 posiciones ON-OFF	14,00	14,00
12	1	Selector de fuerza ,3polos, 35 ^a	42,00	42,00
13	1	Acople de termocupla 3/16	19,00	19,00
14	1	Toma corriente polarizado de 120V AC/20A	2,80	2,80
15	4	Borneras N° 8 AWG	1,20	4,80
16	6	Terminales de parlante, 4pines	0,40	2,40
17	4	Terminales de parlante, 2pines	0,25	1,00
18	15	Conductor flexible N° 12AWG	0,40	6,00
19	20	Conductor flexible N° 18 AWG	0,30	6,00
20	10	Conductor flexible N° 22 AWG	0,20	2,00
21	2	Conductor concéntrico N° 3X12 AWG	3,00	6,00
22	1	Conector plástico de cisterna	1,70	1,70
23	1	Conector metálico HG. De ¾	1,75	1,75
			Subtotal	238,05

EQUIPO ELECTRICO				
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Valor.U	Valor .T
1	1	Fuente de poder 24V DC ,4.5 ^a	138,04	138,04
2	1	Resistencia térmica de 1500W/220V AC	40,00	40,00
3	1	Termocupla tipo "J" 3/16	30,00	30,00
4	1	Relé de estado solido, 220V AC/24V DC, 25A	20,00	20,00
5	2	Relay electromecánico de 11 polos,24V DC	16,00	32,00
6	1	Motor trifásico de 1/4hp	200,00	200,00
			Subtotal	460,04

EQUIPO DE AUTOMATIZACION Y CONTROL				
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Valor.U	Valor .T
1	1	Plc Unitronics	900,00	900,00
2	1	Módulo de Expansión de I/O digitales para Unitronics	500,00	500,00
3	1	Variador de Frecuencias	600,00	600,00
4	1	Encoder incremental de 1000p/v ,24V,10khz	250,00	250,00
5	1	Computador Pentium 4, LCD, teclado, mouse	450,00	450,00
6	1	Sensor de Presión	495,00	495,00
			Subtotal	3195,00

MATERIALES PARA CONSTRUCCION DE TABLERO

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Valor.U	Valor .T
-------------	--------------	--------------------	----------------	-----------------

1	1	Spray de pintura color blanco	2,50	2,50
2	3	Marcador permanente punta fina	1,80	5,40
3	1	Plancha de novokor blanco 2.44X2.15X6mm	15,80	15,80
4	1	Esmalte Blanco	4,00	4,00
5	1	pernos, soldimix	4,28	4,28
6	4	Garruchas	2	8,00
7	1	adaptador 1/2, unión 1/2	4	4,00
8	4	Universales de media	1	4,00
9	7	Codos de media	0,4	2,80
10	1	Tubería para agua	21	21,00
11	3	Acoples para tanque	0,95	2,85
12	1	Tanque metálico	20	20,00
13	1	Tanque plástico	6	6,00
14	2	Planchas de melanina	80	160,00
	1	Programación, Ajuste, puesta en marcha.	500	500,00
	1	Diseño y construcción del banco	100	100,00
			Subtotal	860,63
VARIOS				
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	Valor.U	Valor .T
1	1	Transporte	200,00	200,00
1	1	Copias, Impresiones, anillados	300,00	300,00
			Subtotal	500,00

Sumando todos los subtotales tenemos: 5253.72 dólares que equivale al costo total del tablero.

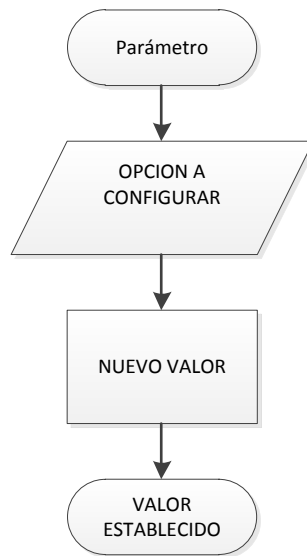
c.3 CAPITULO III, CONFIGURACIONES

c.3.1 CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

c.3.1.1 AJUSTES EN EL VARIADOR DE FRECUENCIA.

Debido que la comunicación PLC – variador de frecuencia es de 4-20 mA se debe configurar los parámetros de fábrica de acuerdo como se detalla en el manual, utilizando el teclado del variador, el gráfico 26 nos indica los componentes del variador utilizado.

El procedimiento para realizar la configuración es el siguiente:



Los parámetros más comunes que se podrían modificar se muestran a continuación:

Parámetro	Descripción
P000	Editar valores de configuración (se escoge la opción 5)
P100	Tiempo de aceleración
P101	Tiempo de desaceleración
P133	Frecuencia Mínima
P134	Frecuencia Máxima
P156	Corriente de sobrecarga del motor

P169	Corriente máxima de salida
P221,P222,P229	Control en forma remota

- P000 el cual permite el acceso, al configurar en la opción 5 que permite la alteración de los valores de configuración.
- P100 nos indica el tiempo de aceleración, en nuestro caso lo ajustamos en 2 segundos.
- El parámetro P101, indica el tiempo de desaceleración, igual que el anterior queda fijado en 2 segundos.
- Con respecto a los límites de frecuencia configuramos el parámetro P133 que nos da la frecuencia mínima (Fmin) en 0 Hz, y el parámetro P134 que nos indica la frecuencia máxima (Fmax) en 60 Hz.
- En lo referente a la corriente de sobrecarga del motor, se configuró el parámetro P156, quedando fijada en 1,7 A, indicada en la placa del motor usado en el presente trabajo.
- La limitación de corriente está dado por P169 (corriente máxima de salida), se ha fijado en 4,5 A.
- Ya que requiere controlar al variador en forma remota se accede al parámetro P221, P222, escogiendo la opción 1=Al 1, que se ajusta al tipo de señal 4-20 mA.
- Para controlar remotamente configuramos desde los bornes en el parámetro P229 opción 1=Bornes.

c.3.1.2 AJUSTES EN EL PLC

Debido a que el PLC Unitronics tiene innumerables aplicaciones, es necesario ajustarlo internamente de acuerdo a los requerimientos específicos (se muestra en anexo 1). De esta manera para el presente trabajo se le hizo las siguientes configuraciones:

Se debe configurar la entrada análoga en corriente de 4 – 20 mA realizando el puentado en la entrada 6 (input #6), colocando el puente JP8 en la posición B, y el Puente 9 (JP9) en la posición B, como se muestra en la tabla siguiente y en el gráfico 28.

To use as	JP8	JP9
Normal digital input*	A	A
Analog input - voltage	B	A
Analog input - current	B	B

TABLA NRO. 4 Configuración de los puentes JP8 y JP9 en el plc Unitronics

Fuente: Manual del PLC Unitronics

Seguidamente puenteamos la salida análoga en corriente (4-20mA), colocando el puente 13 (JP13) en la posición B,

JP13
Analog output #0

To use as	JP13
Voltage*	A
Current	B

TABLA Nro. 5 Configuración del puente JP13 en el plc Unitronics

Fuente: Manual PLC Unitronics

c.3.2 CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

c.3.2.1 INSTALACION DEL SOFTWARE DEL PLC

Para el presente proyecto se ha utilizado el OPLC Unitronics modelo M91-2-RA22, el mismo que usa el software U90 Ladder versión 6.0.1. Para ello se requiere cumplir de ciertos requerimientos en el PC, los requerimientos mínimos son:

- Procesador Intel Pentium 4
- Memoria de 256 MB RAM
- Espacio disponible en disco duro de 15GB
- Tarjeta de video VGA con 16MB de memoria
- Sistema Operativo Windows XP
- Software Adobe Acrobat

El procedimiento de instalación previo al cumplimiento de los requisitos del pc, es muy sencillo y se detalla en el anexo 2.

Al ingresar al software requiere configuraciones iniciales especificadas en el anexo 3.

c.3.2.2 INSTALACIÓN DEL SCADA

Por ser un software compatible con los plc unitronics, se nos facilitó el software pcim Scada, utilizado en el presente proyecto, que es gratuito con la limitación de que puede ser usado por 60 minutos para la simulación, pero es suficiente para realizar la demostración, su instalación se detalla en el anexo 4.

c.3.2.3 CONFIGURACIÓN DEL PUERTO DE COMUNICACIÓN EN EL PCIM SCADA.

Para realizar la comunicación hay que instalar el driver del puerto de comunicación entre el Scada y el PLC por cada proyecto realizado. El anexo 5 describe el procedimiento para realizar esta instalación.

c.4 MANUAL DE PRÁCTICAS

c.4.1 PRÁCTICA NRO 1

CONTROL DE UN SEMÁFORO CON TIEMPOS AJUSTABLES

ELEMENTOS DE CAMPO

- Luces piloto de 24 V (amarilla, verde, roja)
- Pulsador normalmente abierto (Verde)
- Pulsador normalmente cerrado (rojo)

ESQUEMA DE CONTROL

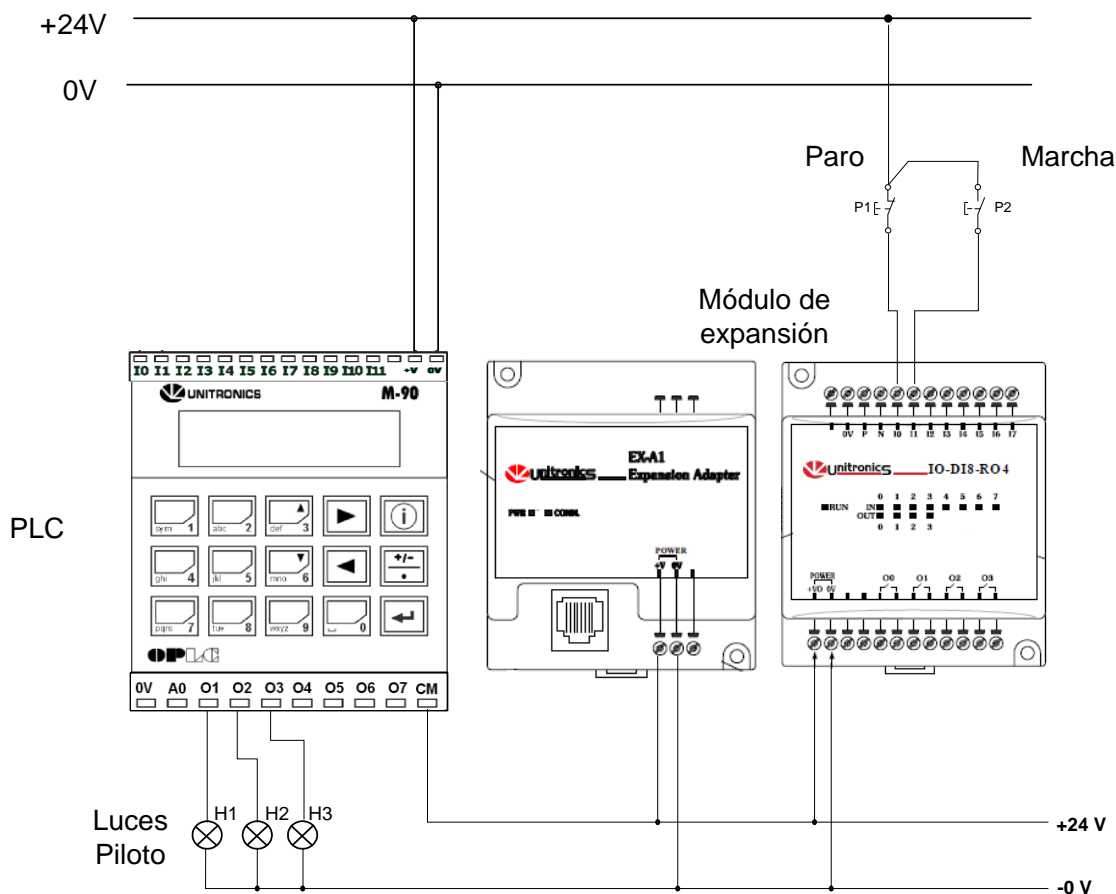


Gráfico N° 19 Control de un semáforo con tiempos ajustables

CONEXIÓN DE LOS ELEMENTOS

Primeramente se realiza la conexión del pulsador P1 del extremo X2 (jack rojo) (paro) a +24V DC, y del extremo X1 (jack negro) a la entrada I32 del Módulo de entradas digitales del PLC, de manera similar se conecta el pulsador de marcha a la entrada I33 del módulo de entradas digitales con un voltaje de +24V DC. Posteriormente se conectan las luces piloto, comenzando por la de color rojo desde el extremo X1 a la salida O1 del PLC, y desde el extremo X2 de esta luz piloto a +0V DC. Así mismo se hace con las luces piloto Verde y Amarilla a las salidas O2 y O3 del PLC respectivamente.

Nota. Vale destacar que se debe alimentar al PLC desde el jack común (CM) a 24V DC.

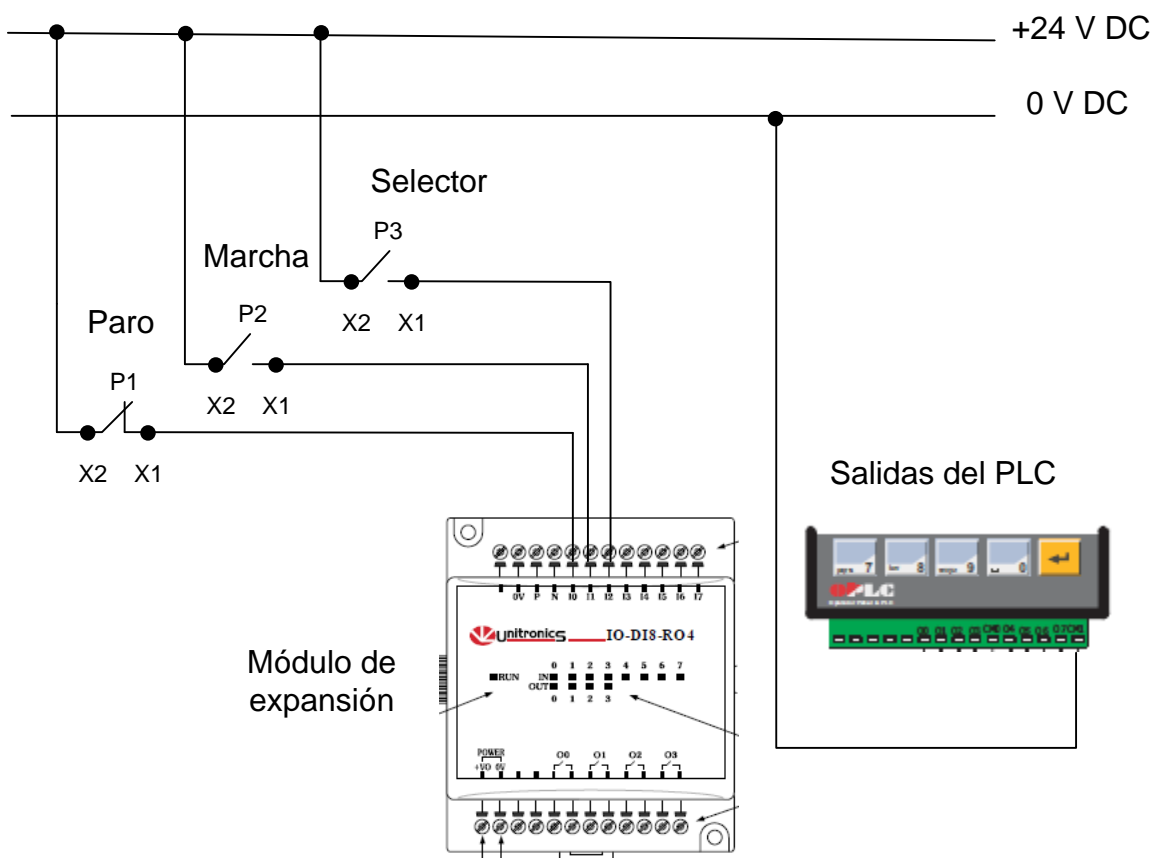


GRÁFICO No 20. Conexión de los pulsadores

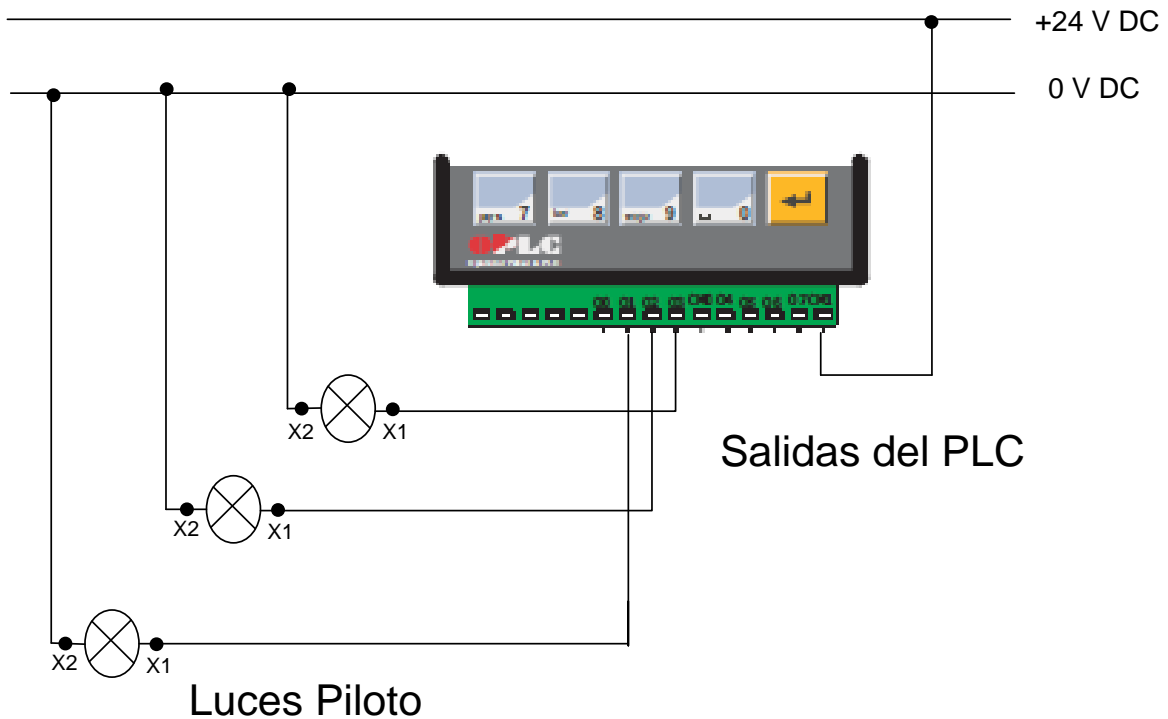


GRÁFICO No 21. Conexión de las luces piloto

PROGRAMACIÓN LADDER

El U90 ladder posee 2 barras de herramientas: la estándar y la barra escalera.

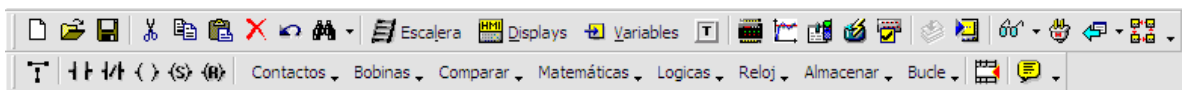


Gráfico N° 61. Barras de herramientas del software Ladder

Para realizar un programa de control seleccionamos “nuevo programa”, en la barra antes mencionada.

Una vez abierta la hoja de trabajo se realiza la configuración de hardware en el programa ladder, para seleccionar el modelo de PLC, tipo de módulo de expansión y se nombra a las entradas y salidas de acuerdo al proyecto a realizar, como se detalla a continuación:

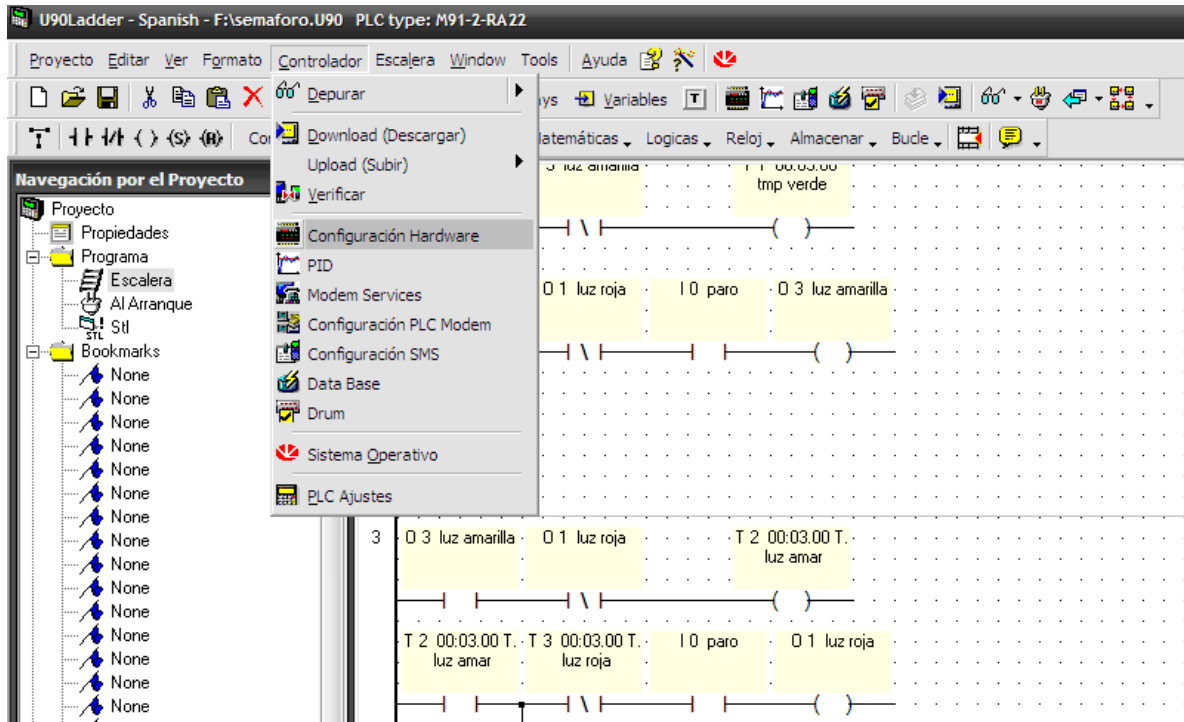


Gráfico N° 22. Configuración del Hardware de la práctica

- En el software U90 Ladder ir al menú Controlador,
- seguidamente escoger Configuración Hardware,
- Clic en el icono M91-2-RA22 para luego escribir la descripción de las entradas y salidas digitales a usar, en este caso se nombra a I32 como “paro”, I33 como “Marcha”, O1 como luz roja, O2 como luz verde y O3 como luz amarilla, como se indica en los gráficos siguientes:

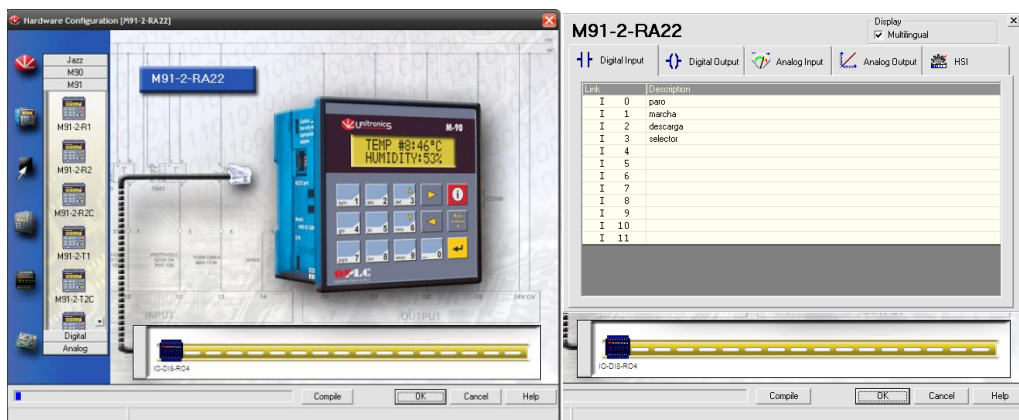


Gráfico N° 23. Descripción de entradas y salidas en el PLC

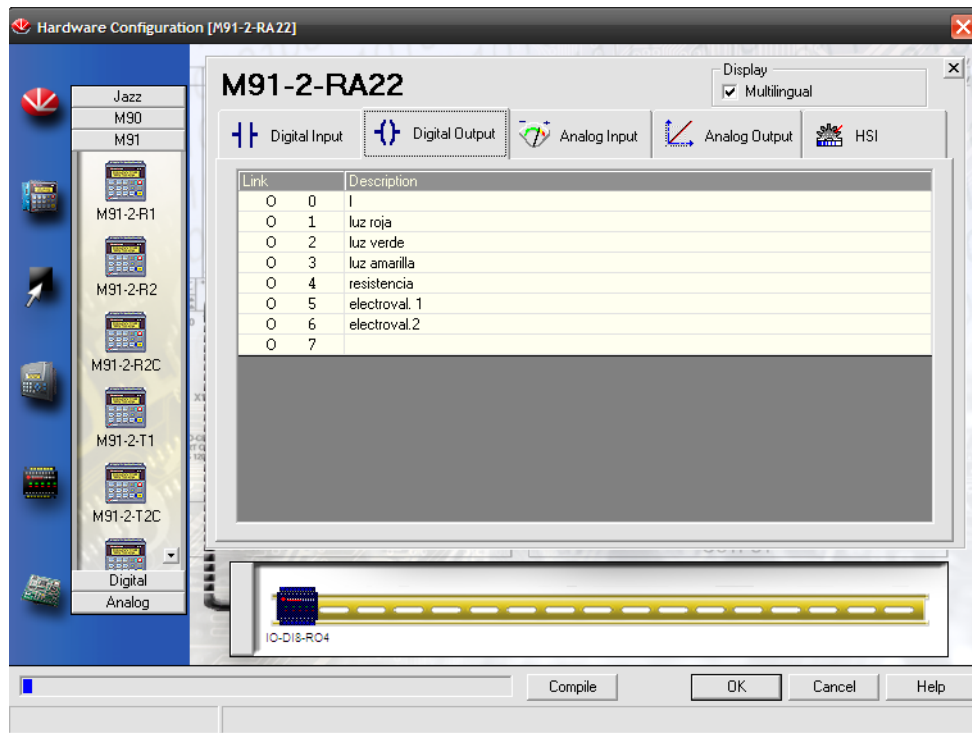


Gráfico N° 24. Descripción de entradas y salidas en el Módulo

En la segunda barra están los elementos básicos para realizar la programación. Al insertar un elemento de esta barra, por ejemplo un contacto directo seguidamente se debe seleccionar los operandos (I entrada, Mb memoria, O salida, SB teclado del plc, T temporizador, etc.) y direcciones.

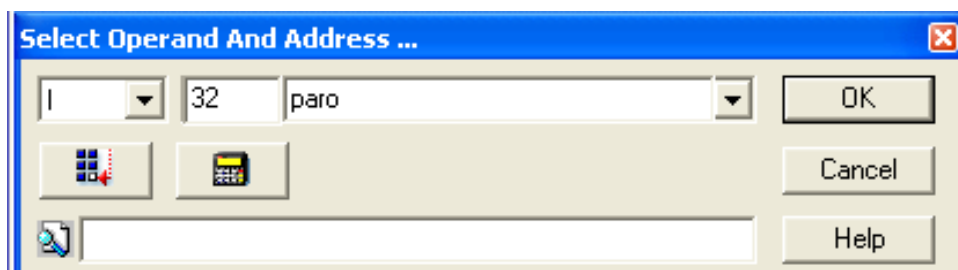
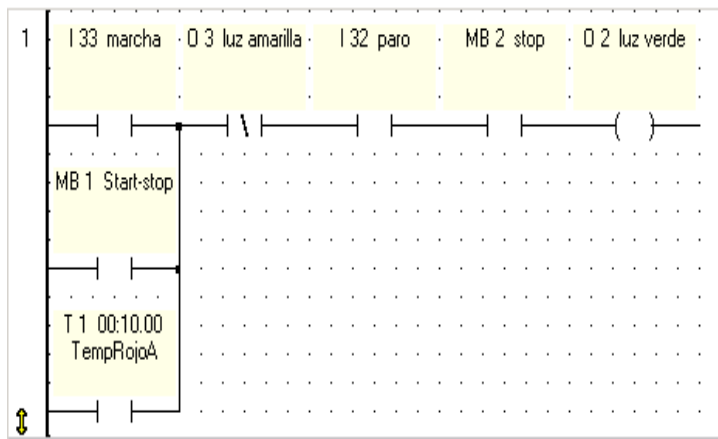
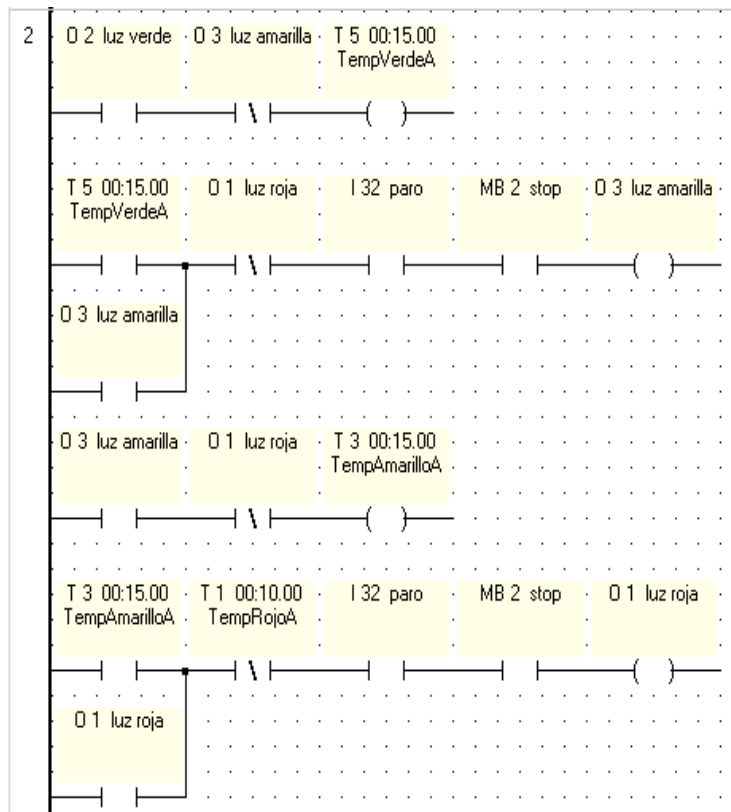


Gráfico N° 25. Selección de operandos y direcciones

DIAGRAMA LADDER



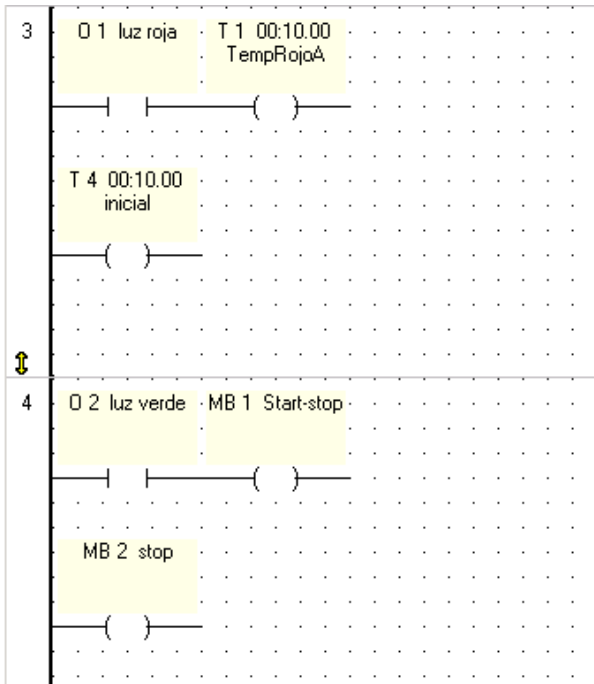
Control y accionamiento de la luz verde



Activación de temporizador 5 que controlará el encendido de la luz amarilla

Activación del temporizador 3

Control y accionamiento de la luz roja



Activación de temporizador 1

Activación de bits de memoria para ser usados en el scada

Gráfico N° 26. Diagrama Ladder de la práctica Nro. 1

Terminada la programación en Ladder se programa los textos que se visualizarán en la pantalla del PLC, haciendo clic en HMI del navegador del proyecto que se está realizando.

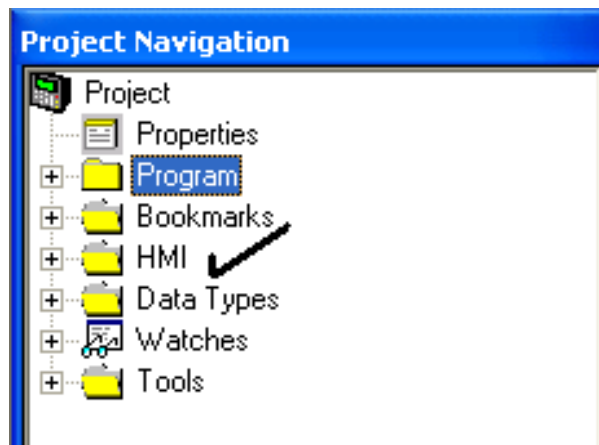


Gráfico N° 27. Navegador del proyecto

En el presente proyecto, se presentan 4 pantallas como se detalla a continuación:

Pantalla 1, se lo ha denominado presentación.

Pantalla 2, ajuste de tiempo de encendido y apagado de la Luz verde.

Pantalla 3, ajuste de tiempo de encendido y apagado de la Luz amarilla.

Pantalla 4, ajuste de tiempo de encendido y apagado de la Luz roja.

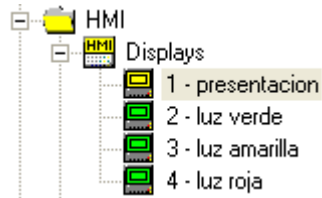



Gráfico N° 28. Displays de la práctica

1. Pantalla Presentación



Gráfico N° 29. Variables de la práctica

Esta es la pantalla principal, que posee una condición de salto la misma que a través de la tecla #1  se puede ajustar los tiempos, accediendo a la siguiente pantalla denominada Luz verde.

Para agregar una nueva pantalla en el software del plc, nos ubicamos con clic derecho en el primer display (en este caso presentación), y luego escoger *Add New Display* y le damos un nombre escribiendo en la barra display.

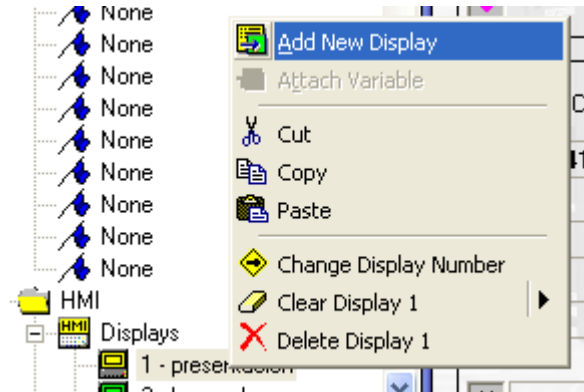


Gráfico N° 30. Agregar un nuevo display

Pantalla Luz Verde






Gráfico N° 31. Display Luz Verde

Esta pantalla posee las siguientes variables:

- 5 (T1), que muestra el tiempo actual.
- 1 tm luz verde, que muestra el tiempo nuevo

Además están las siguientes condiciones de salto:

- Info Key , al presionar esta tecla irá a la misma pantalla con el fin de modificar el tiempo nuevo.
- Tecla flecha derecha , al presionar esta tecla se abrirá la siguiente pantalla (Luz amarilla).
- Tecla flecha izquierda , al presionar esta tecla volverá a la pantalla presentación.
- La presente pantalla nos permite ajustar el tiempo de la luz verde, por lo que se hace necesario además de texto, crear una variable de tiempo, la misma que se la selecciona en el mismo software como se indica:
- Clic en la opción variable del navegador del proyecto.

Observamos que aparece una nueva variable, donde procedemos a configurar de acuerdo al requerimiento, en nuestro caso la configuración es la siguiente:

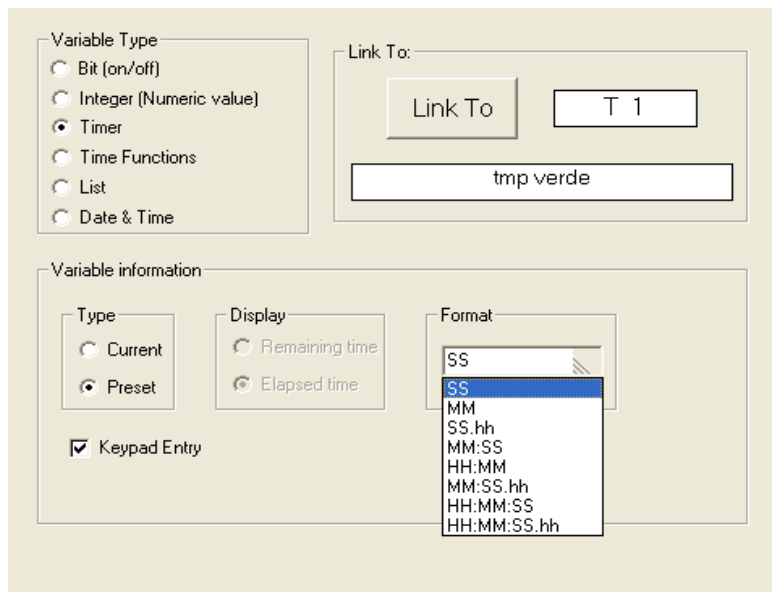


Gráfico N° 32. Configuración de la variable

- El tipo de variable es Timer por que se va a controlar el tiempo de apagado y encendido de la luz verde.
- **T1** es el temporizador que controla a la luz verde en el *diagrama Ladder* anteriormente citado.
- La opción **KeYPad Entry** permite controlar y modificar valores en la pantalla del PLC.
- Display, permite mostrar el tiempo en forma ascendente (Elapsed time) o descendente (Remaining time).

Una vez creada la variable, en la pantalla adjuntamos la misma, de la siguiente manera:

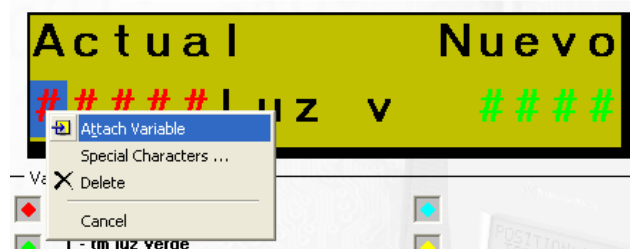


Gráfico N° 33 Nueva Variable

Seleccionando el número de dígitos que se va a utilizar, luego hacemos clic derecho y seleccionamos *Attach Variable* del menú de opciones que aparece, y escogemos la variable deseada, para nuestro caso VR → 1 para el tiempo actual y VR → 5 para el tiempo nuevo.

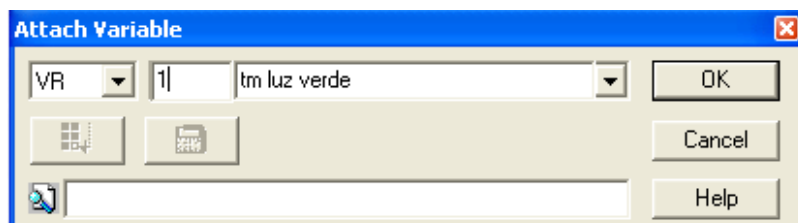





Gráfico N° 34. Parámetros de la nueva variable

2. Pantalla Luz amarilla



Gráfico N° 35. Display Luz amarilla

Esta pantalla tiene 2 variables:

- Variable 6 (T2), que ajusta el tiempo actual de esta luz
- Variable 2 (T2) luz amarilla, que ajusta el nuevo tiempo para esta luz
- También las siguientes condiciones de salto
- Info Key , al presionar esta tecla irá a la misma pantalla con el fin de modificar el tiempo nuevo.
- Tecla flecha derecha , al presionar esta tecla se abrirá la siguiente pantalla (Luz roja).
- Tecla flecha izquierda , al presionar esta tecla volverá a la pantalla anterior (luz verde).

Como se explicó en la pantalla anterior, tenemos que adjuntar las variables VR → 2 para el tiempo nuevo y VR → 6 para el tiempo actual.

3. Pantalla Luz roja






Gráfico N° 36. Display Luz Roja

Esta pantalla tiene 2 variables:

- Variable 7 (T3), que ajusta el tiempo actual de esta luz
- Variable 4 (T3) luz roja, que ajusta el nuevo tiempo para esta luz

También las siguientes condiciones de salto

- Info Key , al presionar esta tecla irá a la misma pantalla con el fin de modificar el tiempo nuevo.
- Tecla flecha izquierda , al presionar esta tecla volverá a la pantalla anterior (luz amarilla).
- Info Key , al presionar esta tecla irá a la pantalla inicial (presentación).
- Como se explicó en la pantalla anterior, tenemos que adjuntar las variables VR → 3 para el tiempo nuevo y VR → 7 para el tiempo actual.

PROGRAMACIÓN SCADA

Primeramente necesitamos Crear un Proyecto Scada, de la siguiente manera:

- Clic en Inicio para ir a todos los programas, y escogemos PCIM SETUP del grupo de programas de AFCON P-CIM.

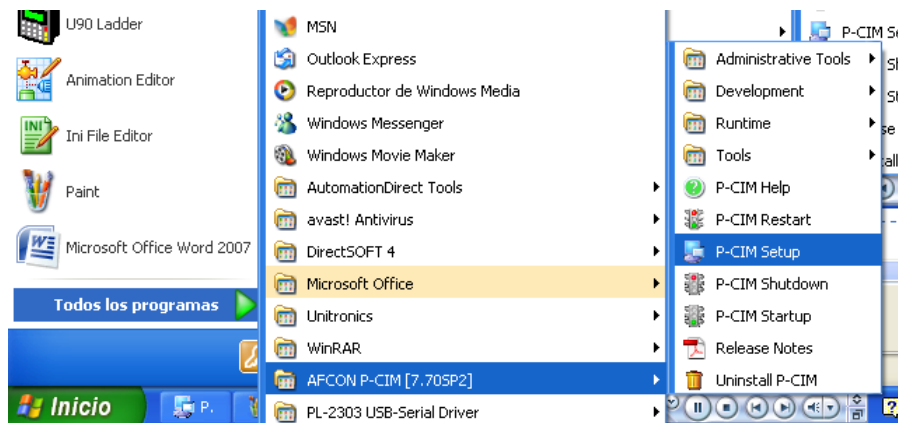


Gráfico N° 37. Acceso directo a PCIM SETUP

- Observamos que se despliega una nueva ventana con el grupo de programas de PCIM SETUP. Ingresando mediante un clic en Project Setup.

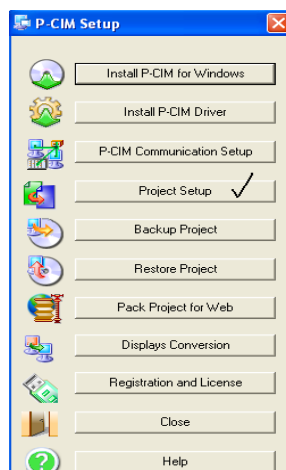


Gráfico N° 38 Botón Project Setup

- En esta aplicación observamos un árbol que contiene los proyectos creados, en nuestro caso procedemos a crear un nuevo proyecto con el nombre de SEMAFORO, haciendo clic en NEW, luego escribiremos el nombre y la descripción.

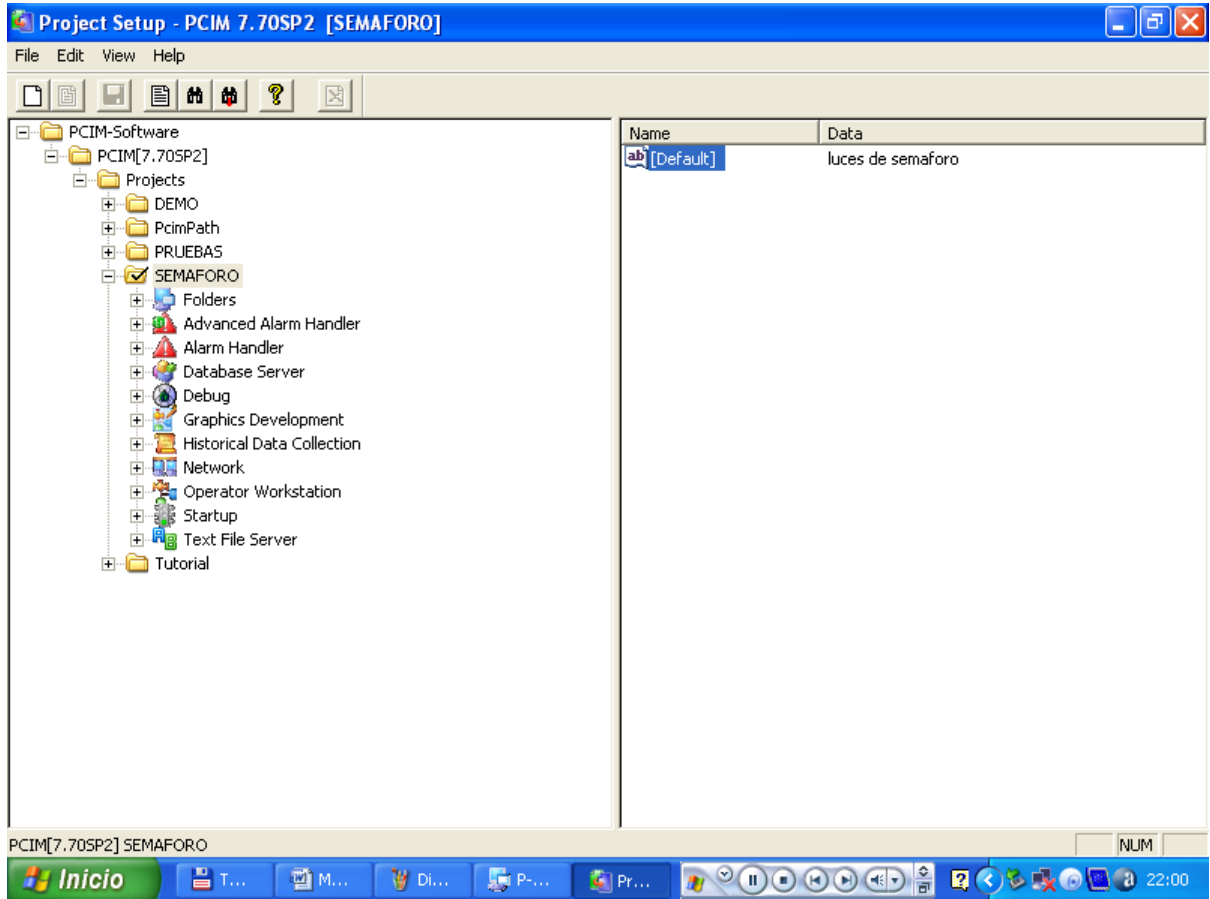


Gráfico N° 39 Ventana de Proyectos

- Lo configuramos como Proyecto por defecto, haciendo clic derecho en el mismo y escogiendo la opción SET AS DEFAULT

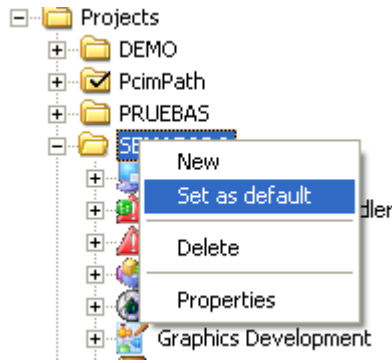


Gráfico N° 40. Configuración de proyecto por defecto

- Para Renombrar las entradas y salidas del PLC mediante un Alias, ejecutamos la aplicación INI FILE EDITOR, ubicado en INICIO, Todos los programas, AFCON PCIM [7.70SP2], Development.

Donde aparece la siguiente ventana

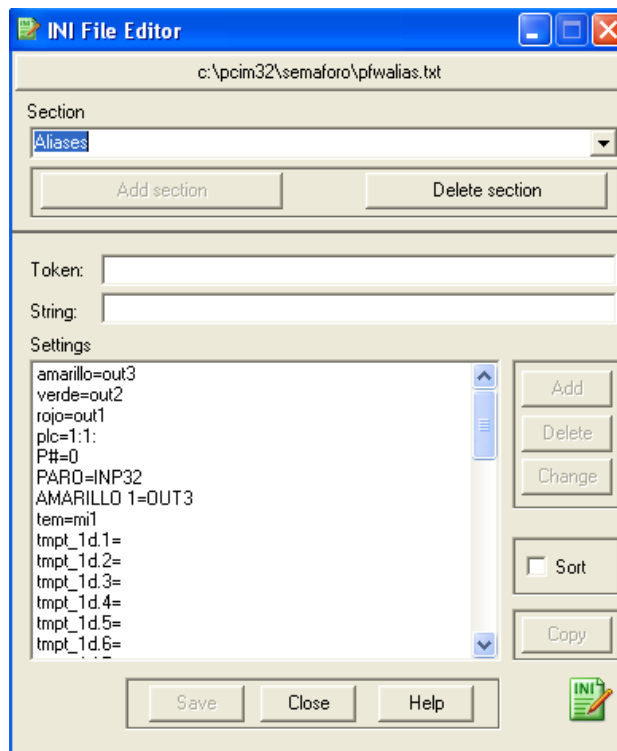


Gráfico N° 41. Tabla de Alias

TOKEN, es donde escribimos el alias (nombre con el que se quiere identificar dicha entrada o salida),

STRING, donde se debe escribir la entrada (INP) o salida (OUT). Según corresponda al numero de salida o entrada.

En el proyecto renombraremos a las entradas del PLC Unitronics, INP32 como Paro, INP33 como marcha y las salidas OUT1 como rojo, out2 como verde y out3 como amarillo.

Seguidamente realizamos los gráficos en el programa ANIMATION EDITOR, ubicado en INICIO, Todos los programas, AFCON PCIM [7.70SP2], Development, como se indica a continuación:

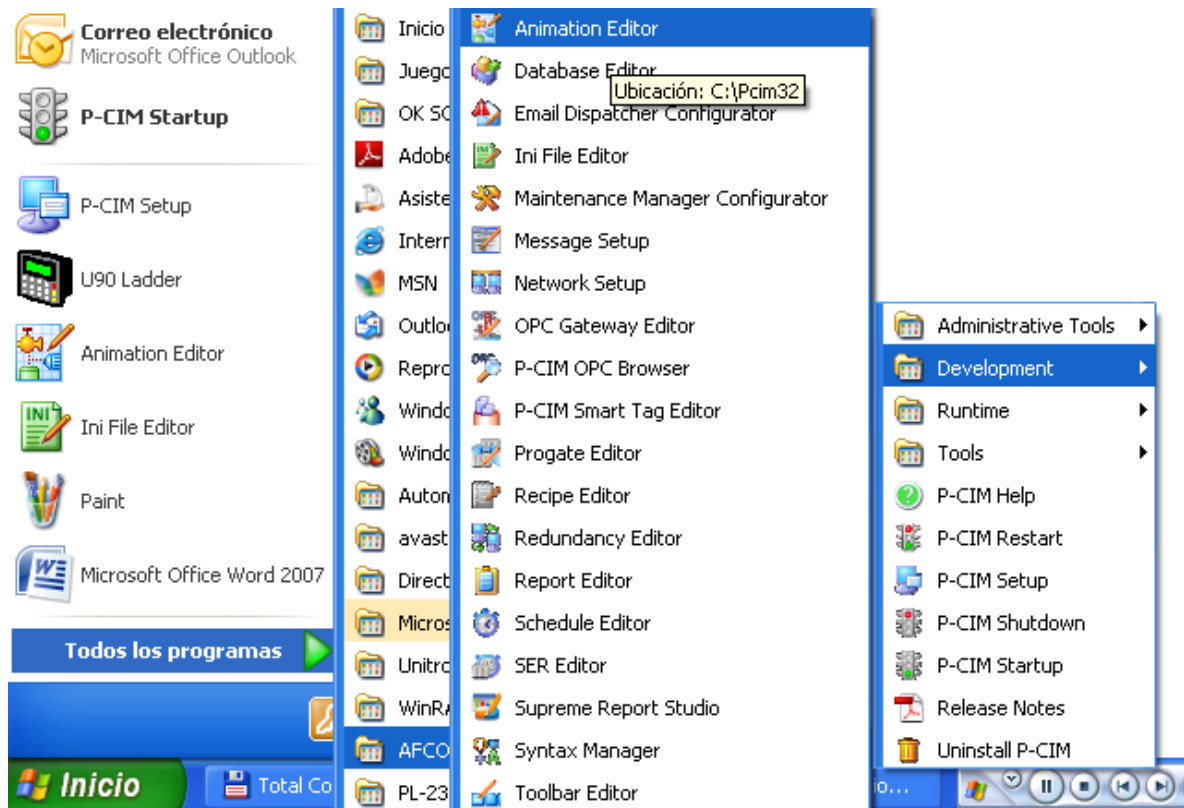


Gráfico N° 42. Acceso directo a Animation Editor

En la ventana que aparece procedemos a realizar los gráficos usando los iconos correspondientes en la barra de herramientas.

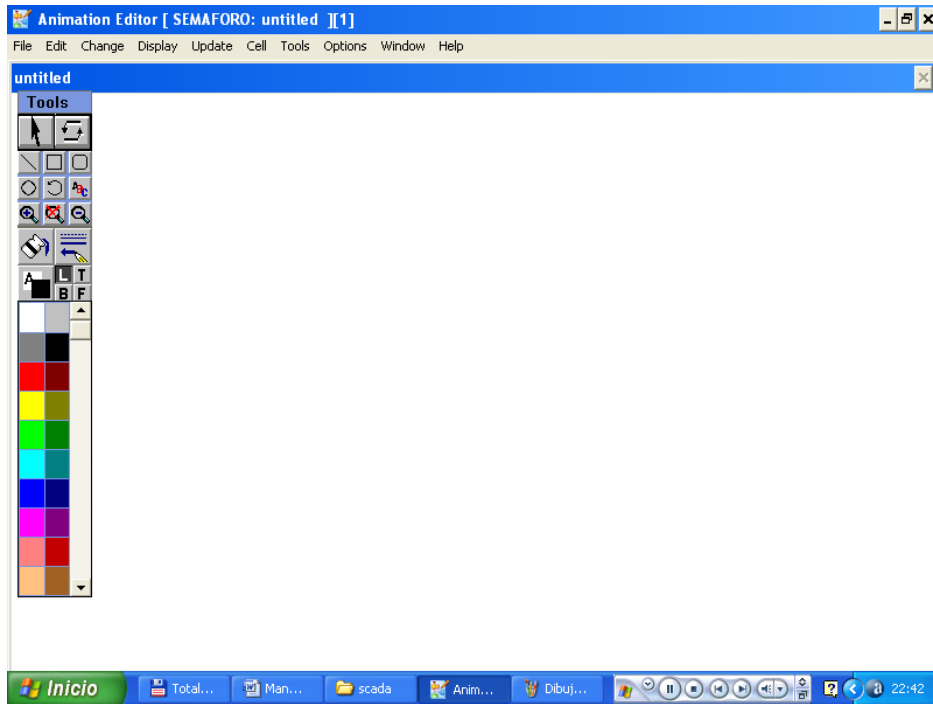


Gráfico N° 43. Ventana Animation Editor

En la presente práctica realizamos un dibujo utilizando la barra de herramientas de PCIM, para acceder a los elementos prediseñados se utiliza el ícono Clipart de la barra de herramientas



Gráfico N° 44. Barra de herramientas de Animation Editor

Seguidamente se escoge los subelementos, para el presente caso la opción Clipart [Buttons], haciendo clic y arrastrándolo hasta el área de dibujo.

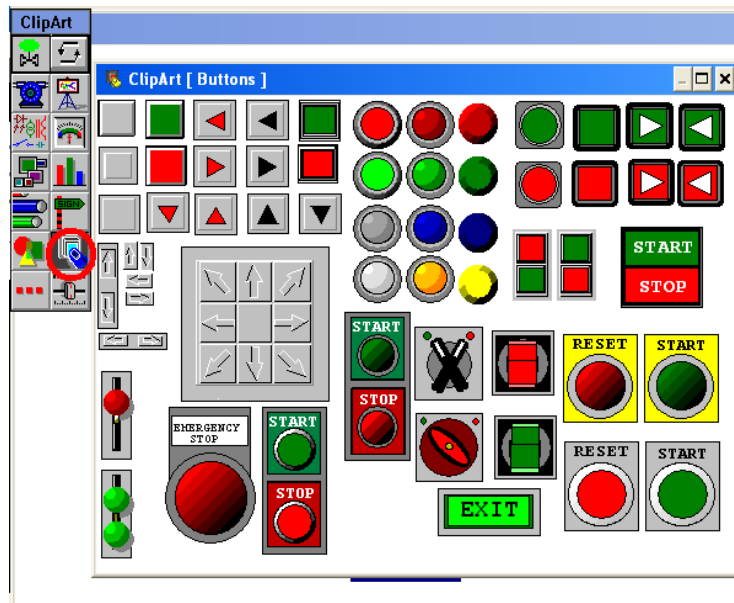


Gráfico N° 45. Librería CLIPART

Y mediante el uso de otros elementos (líneas, relleno) se diseña el gráfico del semáforo. Como se indica a continuación:

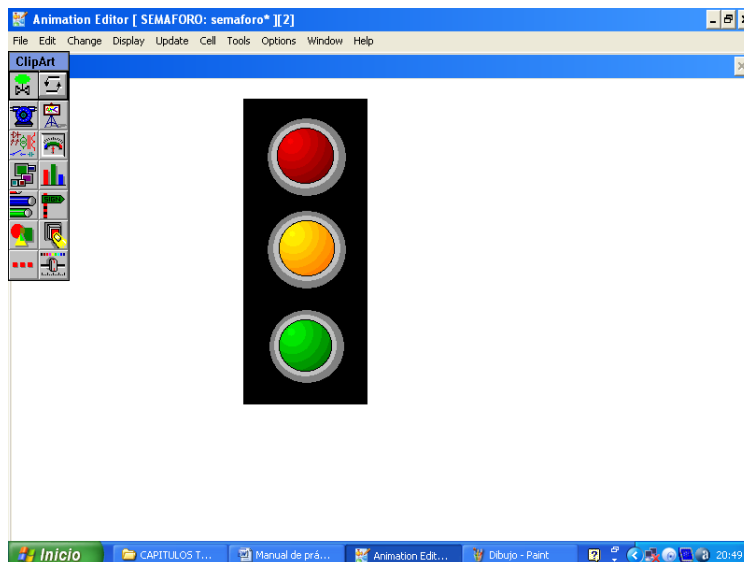


Gráfico N° 46. Dibujo del semáforo

En la combinación de colores se utilizan las opciones:

L: para dar color a la línea de las figuras

T: para dar color al texto

B: Para dar color al fondo del texto

F: Para llenar de color a la figura

Para configurar las acciones que deben tener las figuras se selecciona la misma (en el presente caso cada círculo), luego mediante el comando Ctrl+P, aparecen las propiedades del objeto dibujado, donde cada opción realiza una acción, en este caso se escoge FILL COLOR, luego se configura como se indica:

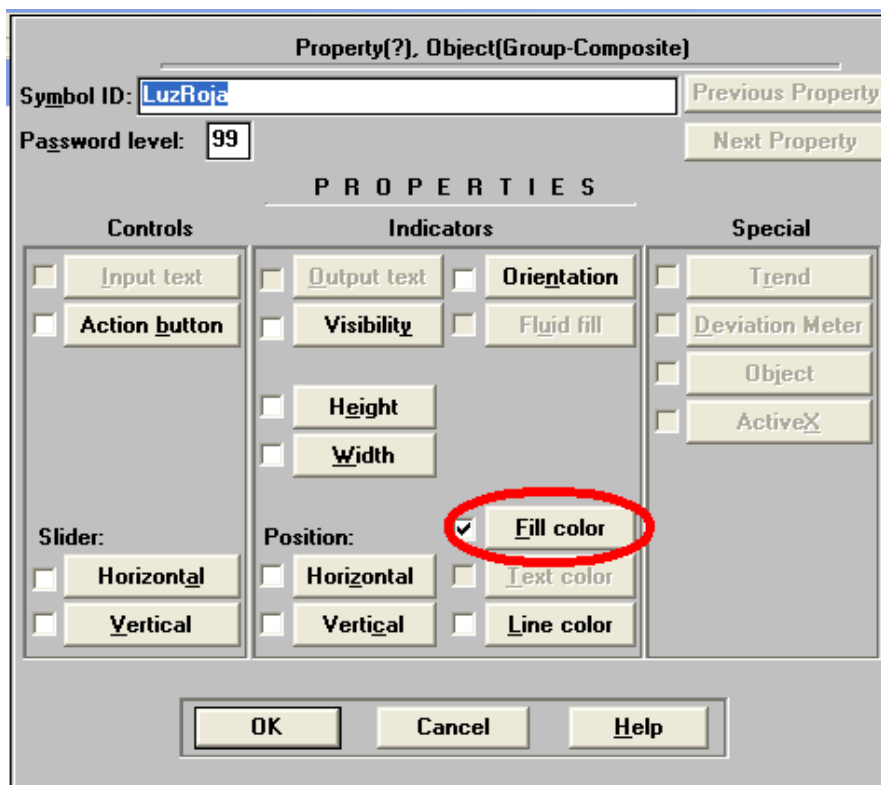


Gráfico N° 47. Propiedades del objeto

Al hacer clic en la opción FILL COLOR, aparece la siguiente pantalla en la cuál se accede mediante un clic a DIGITAL VALUE, para configurar los colores de encendido y apagado de cada luz

Property(Fill Color), Object(Group-Composite)

Symbol ID: LuzRoja Previous Property

Password level: 99 Next Property

Server: Dbsr

Topic: Pcim

Item: 1:1.out01

Color by:

Analog value Analog alarm Digital value Digital alarm

OK Cancel Help

Gráfico N° 48. Propiedades del relleno de un objeto

Property(Fill Color), Object(Group-Composite)

Symbol ID: LuzRoja Previous Property

Password level: 99 Next Property

Server: Dbsr

Topic: Pcim

Item: 1:1.out01

Item1:	Item3	Item2	Item1	Colors
1:1.out01	0	0	0	0
	0	0	1	1
	0	1	0	2
	0	1	1	3
	1	0	0	4
	1	0	1	5
	1	1	0	6
	1	1	1	7

OK Cancel Help

Gráfico N° 49. Parámetros del relleno del objeto

Mediante esta pantalla le colocamos el color de acuerdo al estado de la salida correspondiente (en este caso la salida OUT1), a la cuál se le asigna un rojo opaco o similar cuando está en estado 0 y un rojo claro cuando está en estado 1.

Symbol Id, es la descripción del objeto; que puede ser un nombre descriptivo del objeto, en el presente caso se lo llama LuzRoja

Server, Por defecto es Dbsr;

Topic, Por defecto el nombre del scada “PCIM”

Item, Es la dirección de la entrada o salida en el PLC, en el presente caso 1:1:OUT01.

En el proyecto semáforo se dibujan 3 objetos siguiendo el mismo procedimiento para los dos colores restantes.

Terminada la configuración de los gráficos, se debe proceder a arrancar el P – CIM, a través de la aplicación PCIM STARTUP, ubicado en el grupo de programas de Inicio.

En la barra de tareas se crea PCIM WIN SERVER, en el cual se debe hacer un clic derecho, apareciendo un menú, seleccionando de este OPERATOR y seguidamente WORKSTATION, que es la aplicación encargada de mostrar en forma animada los gráficos creados en ANIMATOR EDITOR, como se indica en la figura.

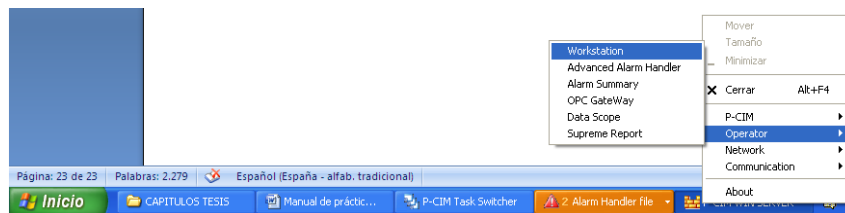


Gráfico N° 50 Acceso directo a Workstation

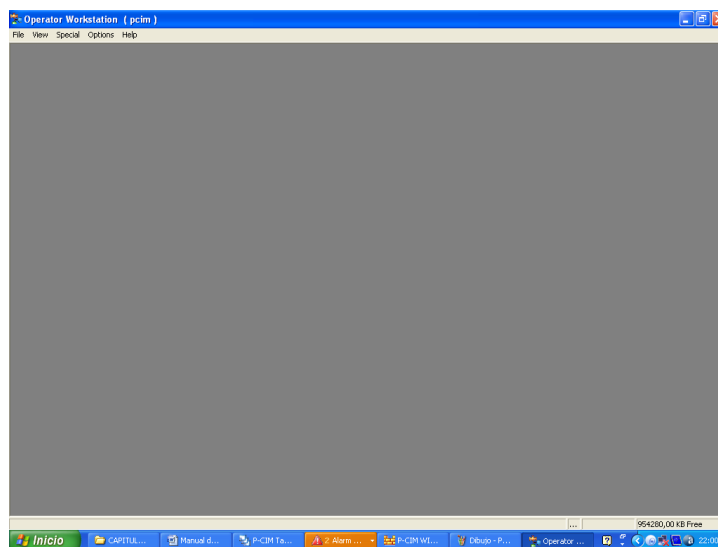


Gráfico N° 51 Pantalla Workstation

La figura muestra la aplicación Workstation, en la cual se debe abrir el archivo creado para el proyecto, en este caso el semáforo:

- Ir a FILE
- Escoger la opción OPEN
- Seleccionar el archivo del proyecto (Semáforo), y clic en ok.

Finalmente se obtiene, el proyecto en forma animada.

CONCLUSIONES:

- Realizar la práctica del semáforo introduce al estudiante a trabajar con los elementos básicos del tablero como son: las luces piloto y los pulsadores.
- Esta práctica muestra las configuraciones iniciales tanto en ladder como en scada.
- Detalla la forma de utilizar los elementos principales (contactos), definición de variables del U90 ladder
- En el caso del Pcim Scada la práctica introduce al conocimiento de las aplicaciones más importantes de este software.

RECOMENDACIONES

- Para la total comunicación entre las aplicaciones ladder como Scada debe verificar que los puertos estén bien configurados en la misma.
- Los diagramas ladder deben contener elementos cuyos nombres deben ser la más descriptivos posibles de acuerdo a la función del mismo.

c.4.2 PRÁCTICA NRO. 2

TEMA: CONTROL Y MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA DE UN TANQUE.

ELEMENTOS DE CAMPO:

- Sensor de Presión
- Bomba de agua
- Electroválvulas
- Variador de frecuencia

ESQUEMA

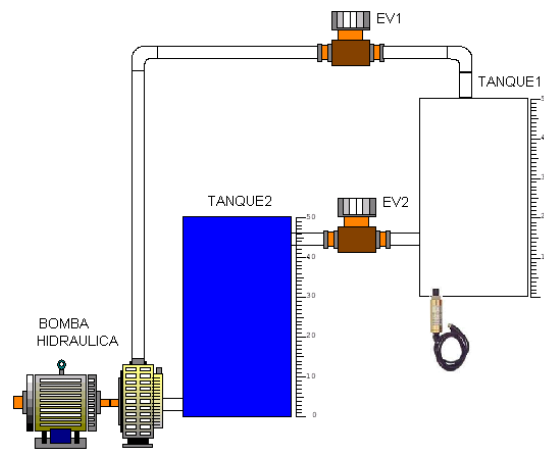


Gráfico N° 52. Control y monitoreo del nivel de agua de un tanque

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

CIRCUITO DE POTENCIA

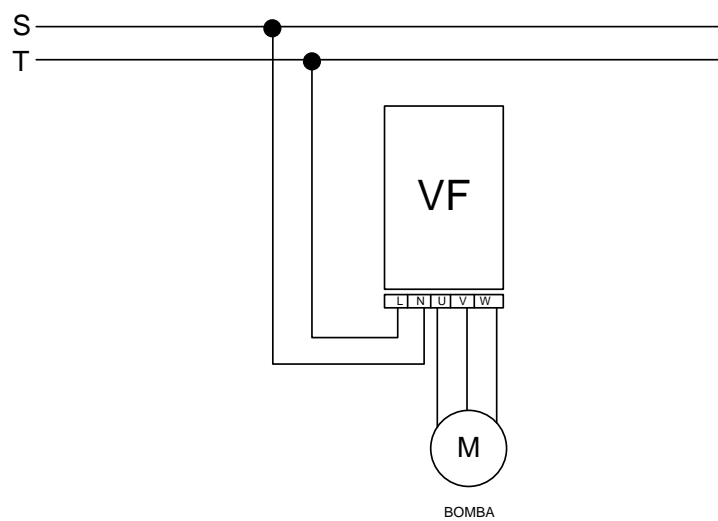


Gráfico N° 53 Circuito de potencia de la práctica 2

CIRCUITO DE CONTROL

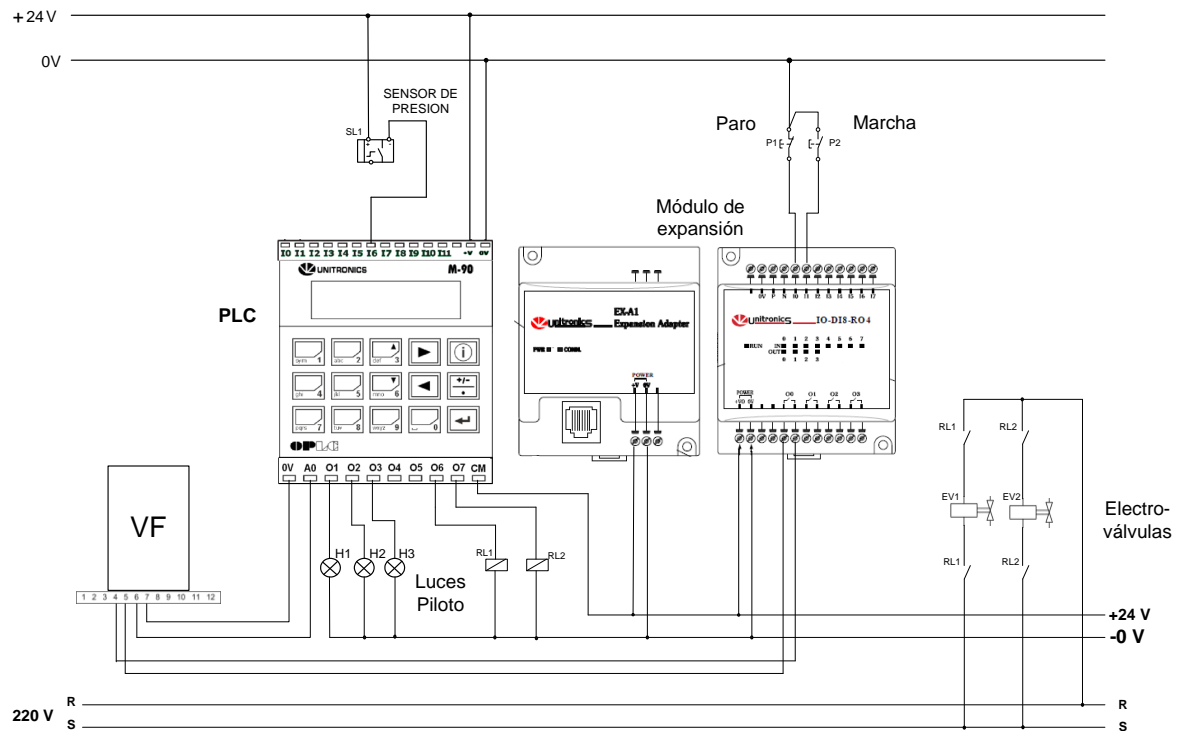


Gráfico N° 54 Circuito de control de la práctica 2

Procedimiento.

Para hacer la conexión del circuito de control se realiza lo siguiente: previamente habiendo conectado el PLC, y módulo de entradas digitales a 24VDC; así como el variador de frecuencia a 240V tomados de la fase S y T.

1. Conexión de los pulsadores y selector.

Alimentamos con 24V DC del extremo X2 del contacto normalmente cerrado (P1), y del extremo X1 a la entrada I32 (terminal I0) del módulo de expansión del PLC. Procedemos de igual forma con el contacto normalmente abierto (P2) a la entrada I33 (terminal I1) del módulo de expansión de PLC. El selector

2. Conexión del sensor de Presión

Conectar el terminal positivo (color rojo) del sensor a 24VDC, y el terminal negativo (color blanco) a 0v, la entrada analógica (color verde) se conecta a I6 (AN) del PLC.

3. Conexión PLC-Variador

De la salida análoga (0V, A0) del PLC, conectamos 0V al terminal #7 (gnd) y de A0 a la entrada 6 (entrada analógica 0.4-20 mA) del variador.

Seguidamente se conecta los terminales 4 y 5 del variador a la salida O32 (terminal O0) del módulo de expansión del PLC.

4. Conexión de luces piloto

Comenzando por la de color rojo desde el extremo X1 a la salida O1 del PLC, y desde el extremo X2 de esta luz piloto a +0V DC. Así mismo se hace con las luces piloto Verde y Amarilla a las salidas O2 y O3 respectivamente.

Cabe destacar que el común (CM) de las salidas del PLC está alimentado a +24VDC

5. Conexión de las electroválvulas.

Las electroválvulas de 220 V AC se encuentran alimentadas por medio de dos relés (RL1 y RL2) de 24V DC que estos a su vez, están controlados por las salidas del PLC, la salida 06 conecta a RL1 para la válvula de entrada de líquido y la salida 07 conecta a RL2 para la válvula de salida de líquido;

Para hacer la conexión del circuito de potencia realizamos lo siguiente:

1. Conexión variador – Bomba

Ya energizado el variador de frecuencia se conecta de las salidas U, V, W del variador a los terminales U, V, W de la bomba hidráulica.

2. Conexión de las electroválvulas

De la fase R se conecta al contacto abierto del relé RL1 y del otro extremo del contacto a la electroválvula 1 (EV1), y de esta a la fase S. Seguidamente se Conecta el contacto abierto de RL2 a la fase R, y de este a la electroválvula 2 (EV2), del otro extremo de EV2 a la fase S. Quedando alimentadas EV1 y EV2 a 220 V AC.

CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Para la realización de la presente práctica, se debe configurar el software de la siguiente manera:

Clic en Hardware Configuration

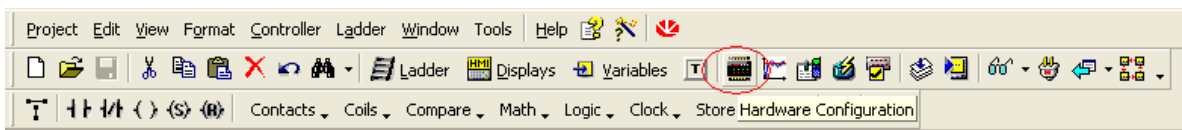


Gráfico N° 55. Icono de Configuración del Hardware

Elegir el modelo del PLC, en este caso M91-2-RA22, como se indica,

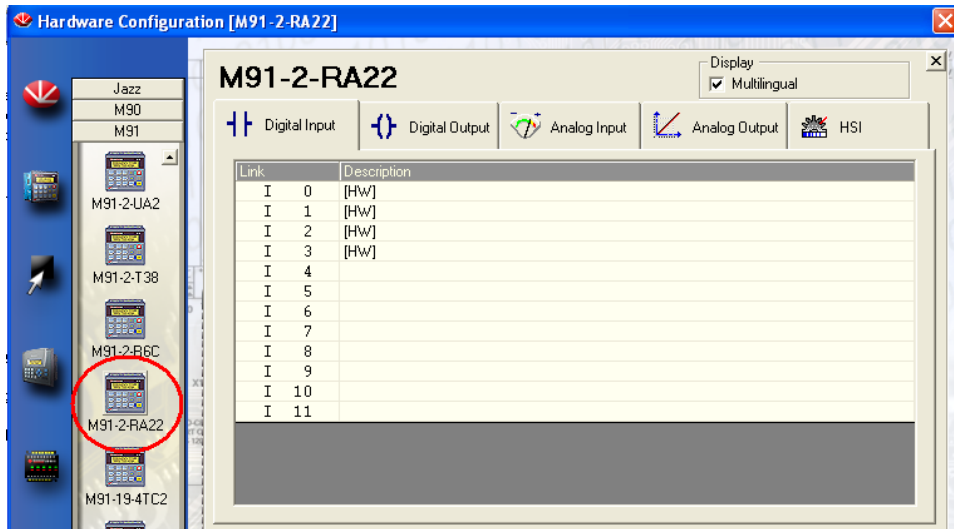


Gráfico N° 56. Selección de PLC

Escribir la descripción de las entradas, salidas digitales y análogas en las sub-ventanas correspondientes.

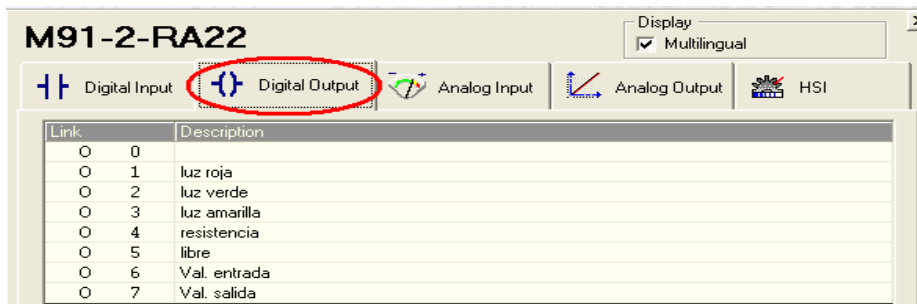


Gráfico N° 57. Descripción de salidas digitales

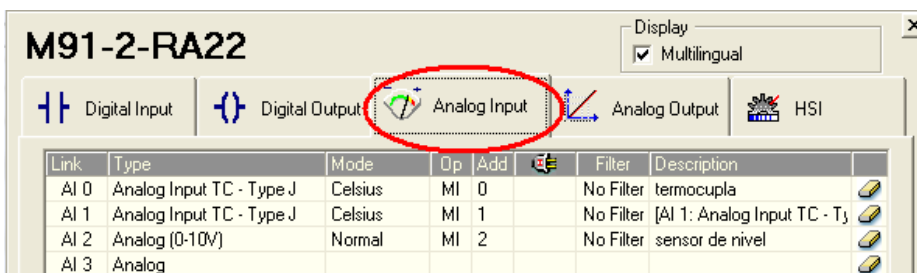


Gráfico N° 58. Descripción de entradas analógicas

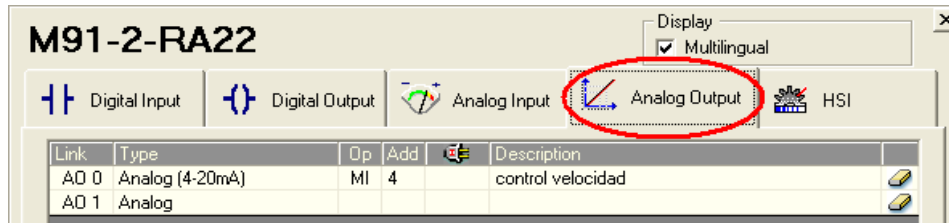


Gráfico N° 59. Descripción de salidas analógicas

Luego se designa el modelo del módulo expansión de entradas y salidas del PLC, haciendo clic en el botón “DIGITAL”

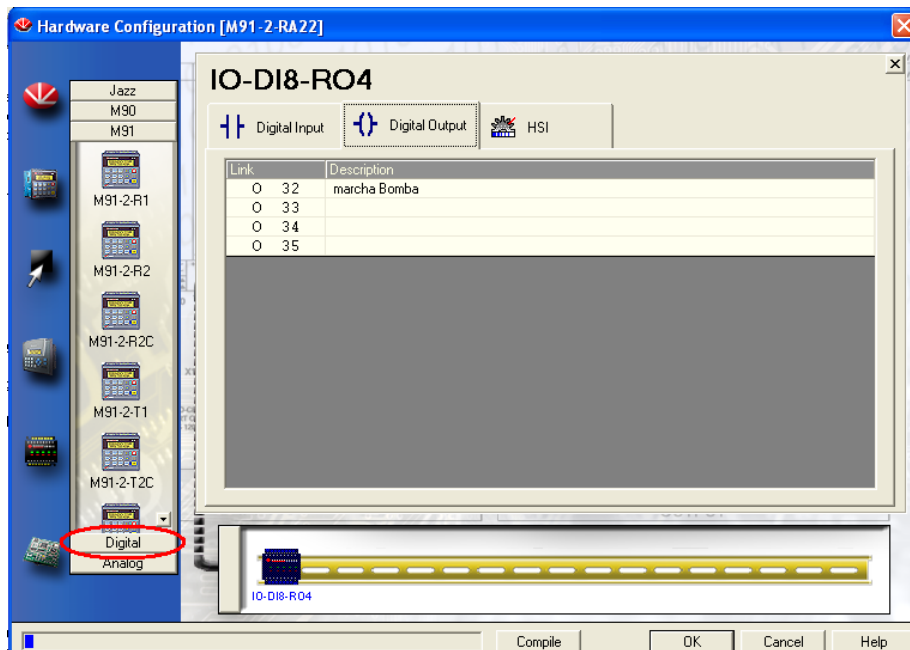


Gráfico N° 60. Selección del Módulo

Donde se busca el modelo IO-DI8-R04

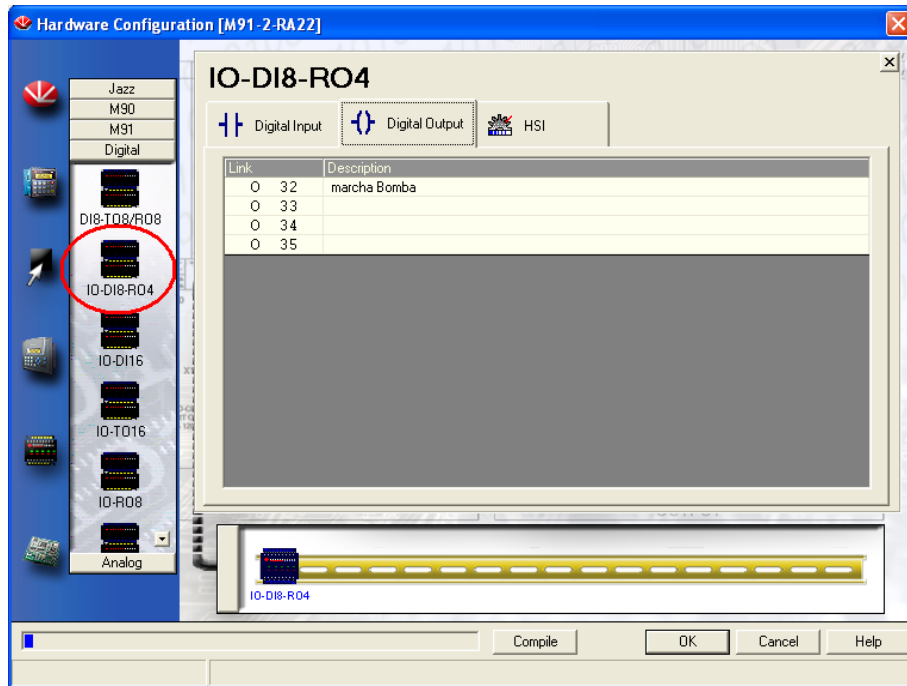
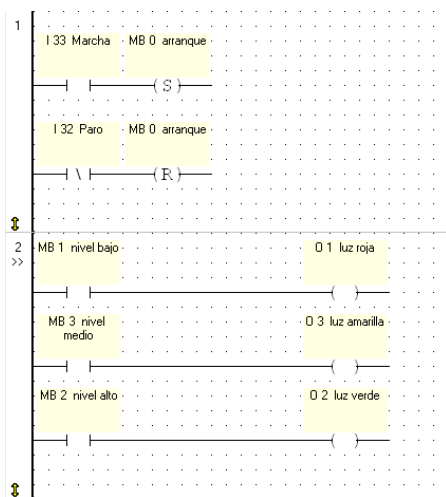


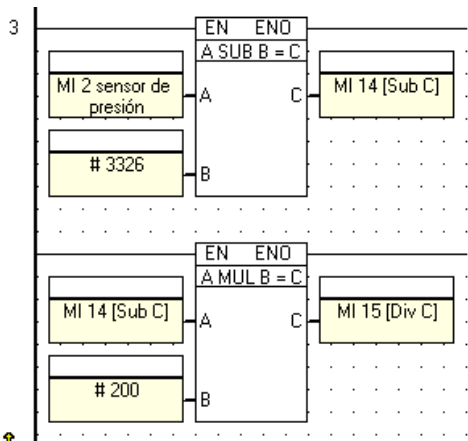
Gráfico N° 61. Selección del modelo del módulo

PROGRAMACIÓN EN LADDER



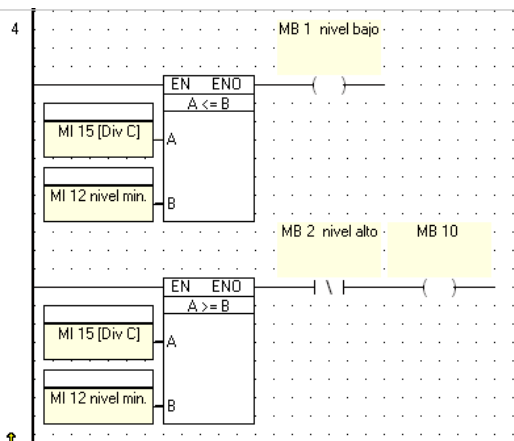
De acuerdo a las conexiones realizadas en el PLC se crea el diagrama en el software U90 Ladder, así vemos que se han designado I33 contacto abierto que activa a la memoria interna MB 0 nombrada como arranque, I32 contacto normalmente cerrado que reseteará a la memoria MB 0.

MB 1, encenderá a la luz O1 luz roja, nombrada nivel bajo. MB 3, encenderá a la luz O3 luz amarilla, nombrada nivel medio. Y MB 2, encenderá a la luz O2 luz verde, nombrada nivel alto.

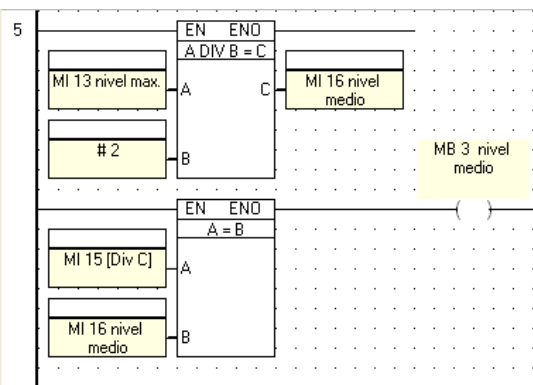


En el presente bloque de programa se hace la operación matemática de resta entre MI2 y 3326, en donde MI2 es la señal del sensor de presión y 3326 es el valor de la señal de corriente del sensor en reposo. Este valor es almacenado en MI14.

Una vez realizada la operación, se creó la función de multiplicación entre MI14 y #200, en donde MI14 es la resultante de la operación anterior y #200 es el valor multiplicador para transformar la señal entregada por el sensor a centímetros cúbicos.

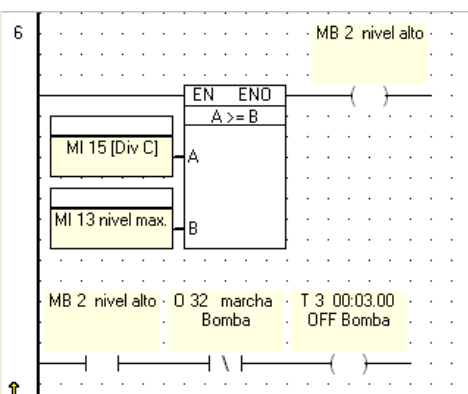


La bobina MB 1 que encenderá a la luz roja (nivel bajo), que se activa con la función de dos comparadores, $A \leq B$ siendo MI15 la resultante de la operación matemática hecho en el bloque de programa anterior y MI12 es la variable creada que representa el valor mínimo de nivel y que puede ser modificada en la pantalla del PLC por el usuario, al cumplirse esta relación se activará MB10.



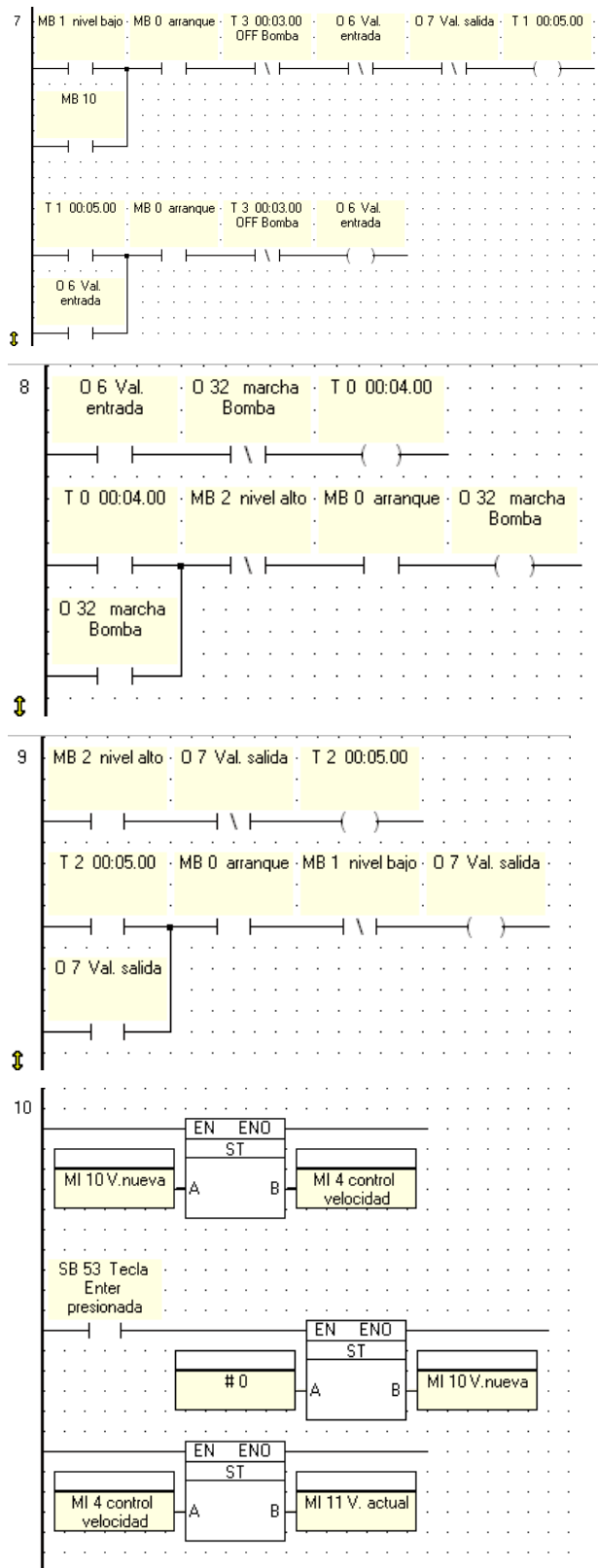
En esta función de división entre MI13 y #2 que da como resultado MI16, siendo MI13 el valor máximo de nivel creado como variable y que puede ser modificado en la pantalla del PLC por el usuario y #2 es el divisor.

La bobina MB 3 encenderá a la luz amarilla (nivel medio), con el comparador $A=B$, en donde MI15 es el valor entregado por el sensor en cm^3 .



La bobina MB2 que encenderá la luz verde la misma que se activará mediante la función comparador $A \geq B$, en donde MI15 es el valor entregado por el sensor en cm^3 y MI13 es la variable creada para representar el nivel máximo y que puede ser modificada por el usuario por medio de la pantalla del PLC.

Una vez alcanzado el nivel alto programado, se activará un temporizador T3 el mismo que se encarga de apagar la bomba.



Una vez activada MB 0 (arranque) se enciende T1 (temporizador) con un tiempo de 10 s para que se active la salida O6 (válvula de entrada).

Activada la salida O6 (válvula de entrada) se encenderá el temporizador T0, el mismo que dará marcha a la bomba en 4 s, hasta alcanzar el nivel alto del tanque. Que se apagará, después de recibir la

Luego de haber llenado el tanque con agua el sensor de nivel MI 15 activa MB 2 (nivel alto) la misma que enciende al temporizador T2 y este a su vez activa la salida O7 (válvula de salida) en 10 s, para el vaciado del tanque.

Aquí se crea el bloque STORE (para almacenar datos), de donde MI 10 se designa como velocidad nueva y MI 4 control de velocidad, luego se coloca un contacto abierto desde la pantalla HMI, tecla enter (SB 53).

Estos bloques harán la función de cambiar los valores de velocidad de la bomba, por medio del variador de frecuencia, desde la pantalla del PLC.

Gráfico N° 62 Diagrama Ladder de la Práctica 2

Terminada la programación en Ladder se programa los textos que se visualizarán en la pantalla del PLC, haciendo clic en HMI del navegador del proyecto que se está realizando

Se crearán las siguientes pantallas:



Gráfico N° 63. Displays de la práctica 2

Pantalla Presentación

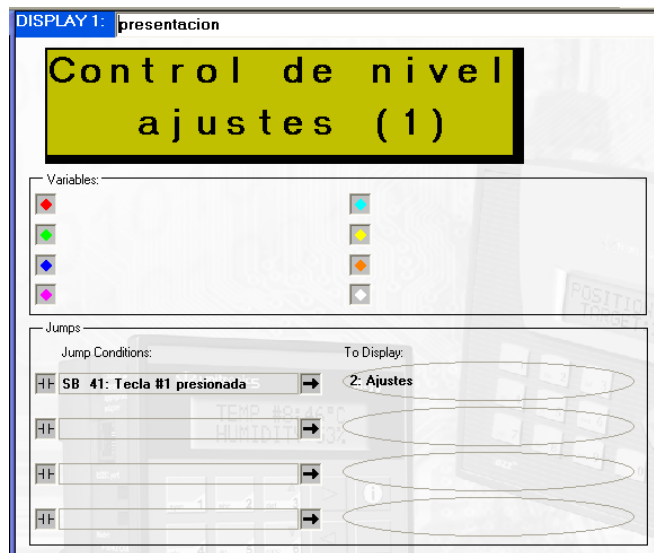


Gráfico N° 64. Pantalla Presentación de la práctica 2

Esta pantalla posee una condición de salto, a través de la tecla #1, que permite saltar a la siguiente pantalla denominada ajustes.

Pantalla Ajustes

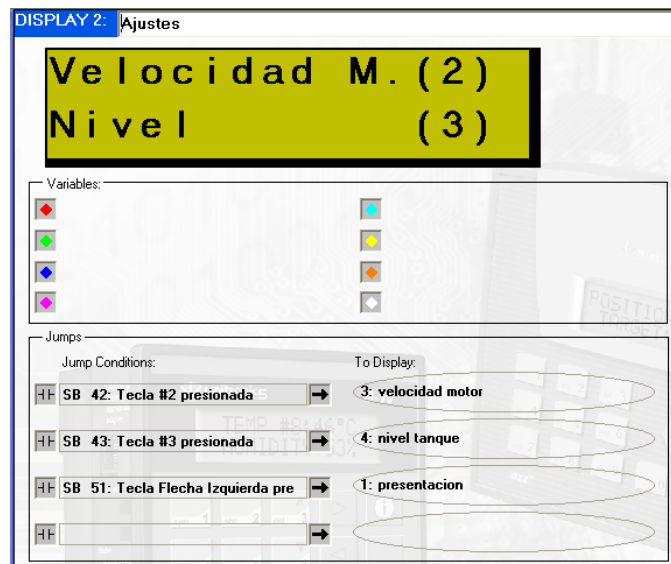


Gráfico N° 65. Pantalla Ajustes de la práctica 2

En esta pantalla se realiza los ajustes de velocidad de la bomba y verificar el nivel en forma numérica, tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla #2 se accede al display “Velocidad Motor”, tecla # 3 al display “Nivel Tanque” y tecla al display Presentación.

Pantalla Velocidad del Motor

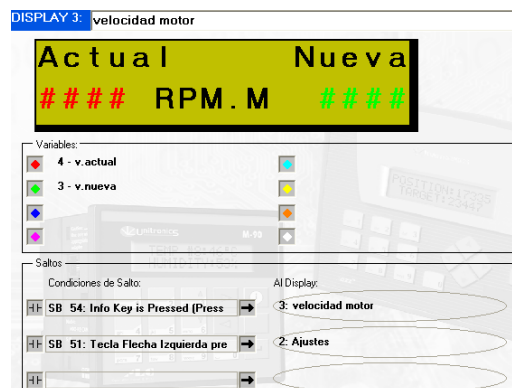




Gráfico N° 66. Pantalla Velocidad Motor de la práctica Nro. 2

En esta pantalla el operador puede realizar cambios de velocidad de la bomba, tiene 2 condiciones de salto, a través de la tecla  se accede a la misma Pantalla “Velocidad Motor” con el fin de modificar los valores para editar el valor, mediante la tecla  salta a la Pantalla Ajustes.

Pantalla Nivel Tanque

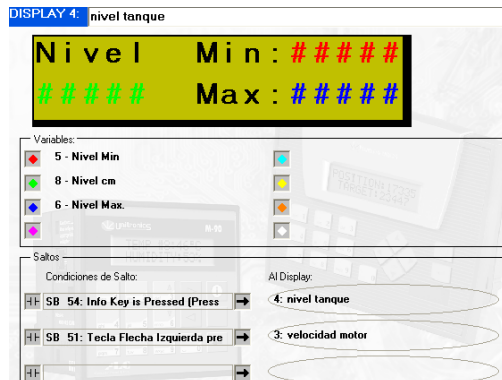





Gráfico N° 67. Pantalla Nivel Tanque

Esta pantalla muestra los valores mínimo, máximo y de nivel, así como el nivel actual del tanque que indica el sensor, además permite ajustar el valor mínimo y máximo requerido por el usuario, posee dos condiciones de salto:

Mediante la tecla  salta a la misma pantalla con la finalidad de permitir modificar los valores, una vez confirmados los valores con la tecla  se puede saltar a la pantalla “Velocidad Motor” a través de la tecla .

Creación de Variables.

Se han definido las siguientes variables en el M90 ladder, como se describe:

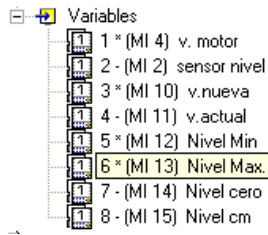


Gráfico N° 68. Variables de la práctica 2

La variable 1 (v. Motor), está configurada con los siguientes parámetros

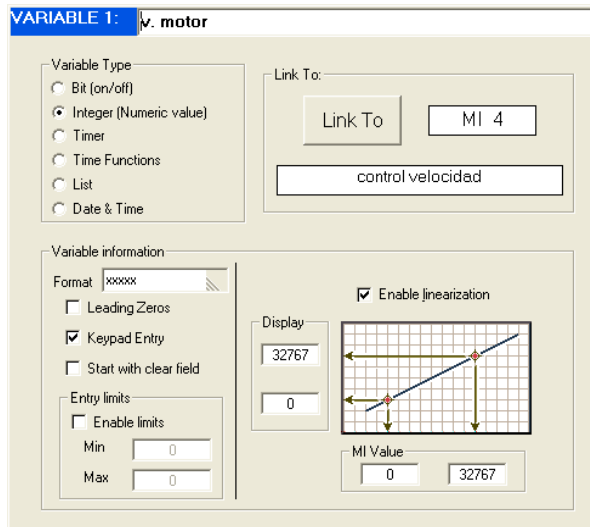


Gráfico N° 69. Parámetros de la variable

La variable 2 (Sensor nivel), está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 2: sensor nivel

Variable Type

- Bit (on/off)
- Integer (Numeric value)
- Timer
- Time Functions
- List
- Date & Time

Link To:

Link To

Variable information

Format

- Leading Zeros
- Keypad Entry
- Start with clear field

Entry limits

- Enable limits
- Min
- Max

Display

Enable linearization

MI Value

Gráfico N° 70. Variable sensor nivel

La variable 3 (v. nueva), está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 3: v.nueva

Variable Type

- Bit (on/off)
- Integer (Numeric value)
- Timer
- Time Functions
- List
- Date & Time

Link To:

Link To

Variable information

Format

- Leading Zeros
- Keypad Entry
- Start with clear field

Entry limits

- Enable limits
- Min
- Max

Display

Enable linearization

MI Value

Gráfico N° 71. Variable v.nueva

La variable 4 (v. actual), está configurada con los siguientes parámetros:

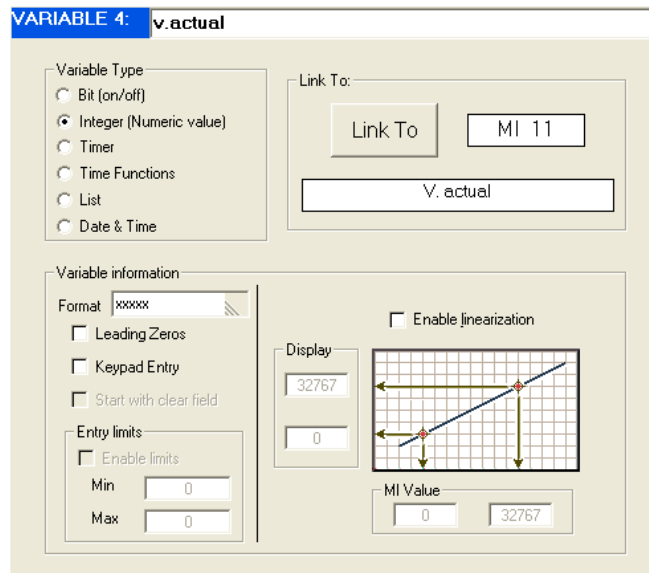


Gráfico N° 72. Variable vactual

La Variable (Nivel Min), está configurada con los siguientes parámetros:

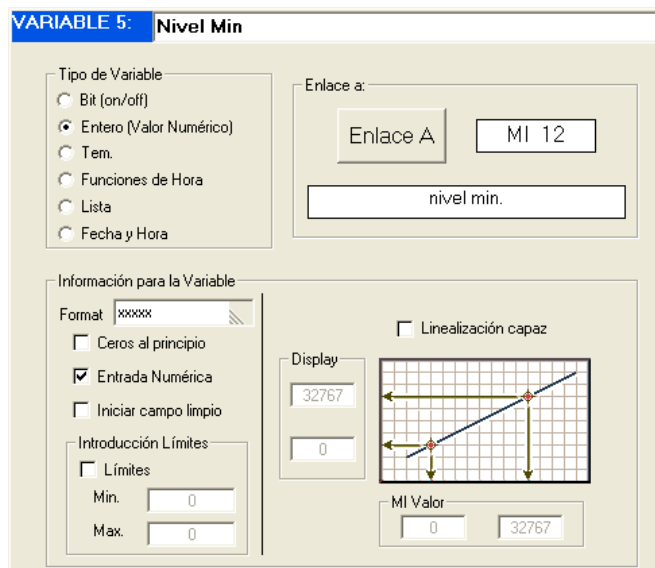


Gráfico N° 73. Variable Nivel Min.

La Variable (Nivel Max), está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 6: Nivel Max.

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A: MI 13

nivel max.

Información para la Variable

Format: xxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min. 0
- Max. 0

Linealización capaz

Display: 32767

0

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 74. Variable Nivel Max

La Variable (Nivel Cero), está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 7: Nivel cero

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A: MI 14

[Sub C]

Información para la Variable

Format: xxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min. 0
- Max. 0

Linealización capaz

Display: 32767

0

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 75. Variable Nivel cero

La Variable (Nivel Cm³), está configurada con los siguientes parámetros:

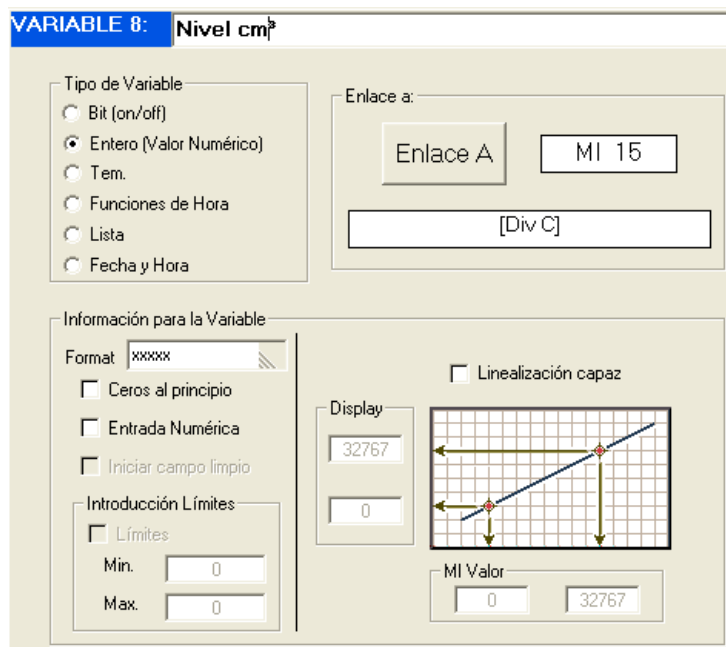


Gráfico N° 76. Variable Nivel Cm³

DISEÑO SCADA

Primeramente necesitamos Crear un Proyecto Scada, de la siguiente manera:

- Clic en Inicio para ir a todos los programas, y escogemos PCIM SETUP del grupo de programas de AFCON P-CIM.
- Observamos que se despliega una nueva ventana con el grupo de programas de PCIM SETUP. Ingresando mediante un clic en Project Setup.
- En esta aplicación observamos un árbol que contiene los proyectos creados, en nuestro caso procedemos a crear un nuevo proyecto con el nombre de NIVEL, haciendo clic en NEW, luego escribiremos el nombre y la descripción.
- Lo configuramos como Proyecto por defecto, haciendo clic derecho en el mismo y escogiendo la opción SET AS DEFAULT

- Seguidamente realizamos los gráficos en el programa ANIMATION EDITOR, ubicado en INICIO, Todos los programas, AFCON PCIM [7.70SP2], Development, como se indica a continuación:
- En la ventana que aparece procedemos a realizar los gráficos usando los iconos correspondientes en la barra de herramientas.
- En la presente práctica realizamos un dibujo utilizando la barra de herramientas de PCIM, para acceder a los elementos prediseñados se utiliza el ícono Clipart de la barra de herramientas

Seguidamente se escoge los subelementos de acuerdo a las necesidades del presente diseño, para el presente se usan elementos como electroválvulas, motor, bomba, líneas, luces piloto, haciendo clic y arrastrándolo hasta el área de dibujo. Dándole la forma, tamaño, color de tal manera que se asemeje al tablero.

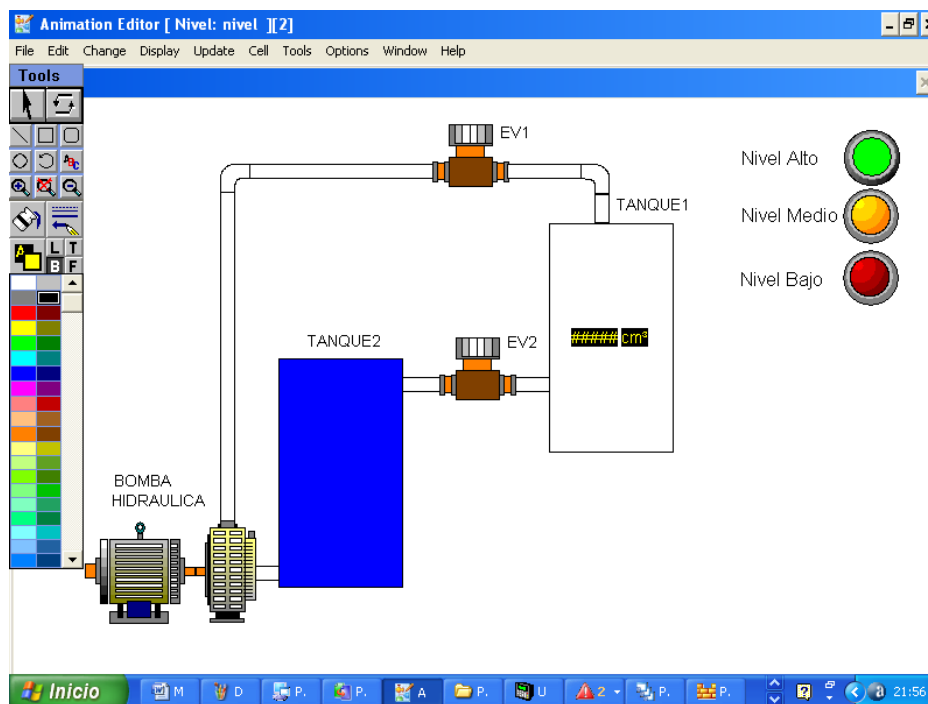


Gráfico N° 77. Dibujo de la PRÁCTICA 2 en animation editor

La configuración de cada elemento se hace como sigue:

Para la Bomba hidráulica, se ingresa a las propiedades para configurar la opción FILL COLOR,

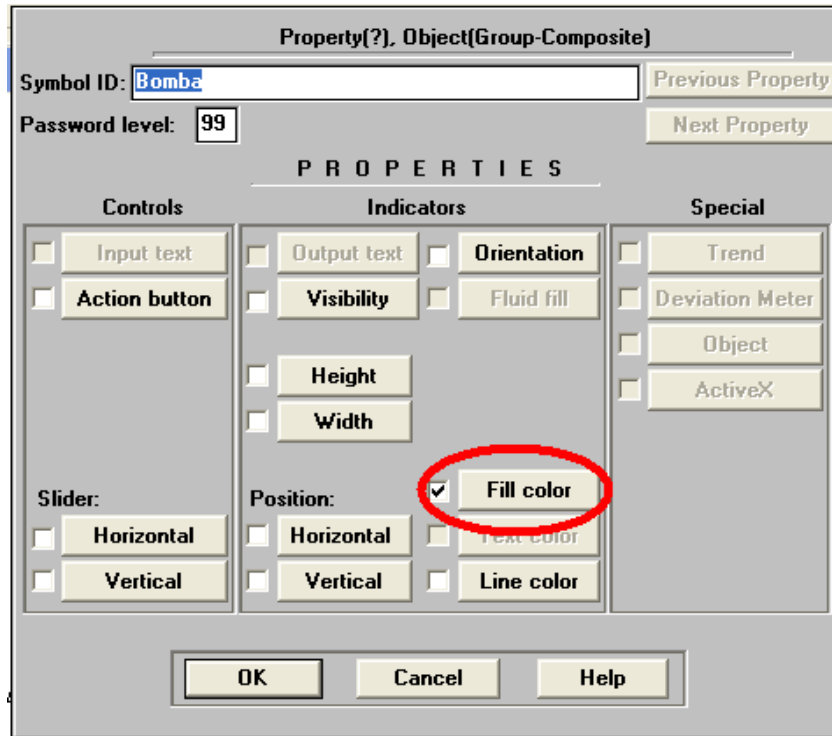


Gráfico N° 78. Propiedad FILL COLOR

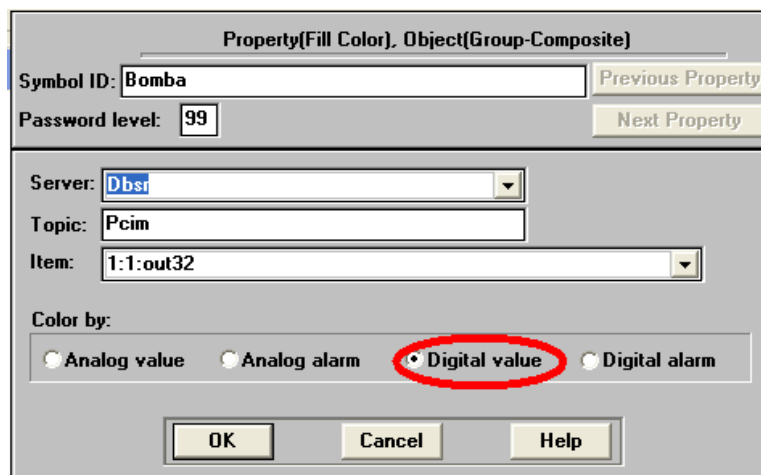


Gráfico N° 79. Parámetros de Fill Color

En la presente pantalla:

Symbol Id, es la descripción del objeto; que puede ser un nombre descriptivo del objeto, en el presente caso se lo llama Bomba.

Server, Por defecto es Dbsr;

Topic, Por defecto el nombre del scada “PCIM”

Item, Es la dirección de la entrada o salida en el PLC, en el presente caso 1:1:OUT32.

(la presente varía de acuerdo a la dirección de entrada, salida o memoria en el ladder)

Luego se hace clic en Digital value para representar el funcionamiento o estado de encendido o apagado.

Item3	Item2	Item1	Color
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Gráfico N° 80. Parámetros de Digital Value.

Mediante esta pantalla le colocamos el color de acuerdo al estado de la salida correspondiente (en este caso la salida OUT32), a la cuál se le asigna un blanco cuando está en estado 0 y un color verde cuando está en estado 1.

Symbol Id, es la descripción del objeto; que puede ser un nombre descriptivo del objeto, en el presente caso se lo llama Bomba

Server, Por defecto es Dbsr;

Topic, Por defecto el nombre del scada “PCIM”

Item, Es la dirección de la entrada o salida en el PLC, en el presente caso 1:1:OUT32.

Para Los siguientes elementos, tuberías, electroválvulas, luces de señalización la aplicación es la misma, tomando en cuenta que se debe variar la dirección, dada por el PLC.

Para realizar la configuración de los gráficos de los tanques se usa la opción FLUID FILL

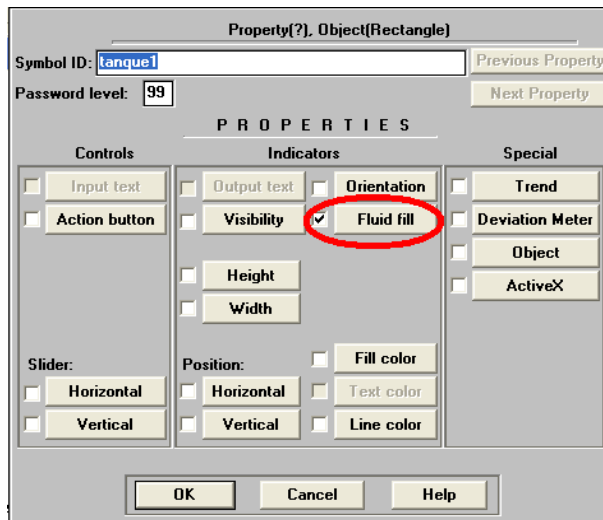


Gráfico N° 81. Propiedad Fluid FILL

Esta propiedad permite rellenar un objeto paulatinamente de acuerdo al valor de la Memoria interna utilizada en el ladder (MI15), que muestra el valor medido por el sensor de nivel.

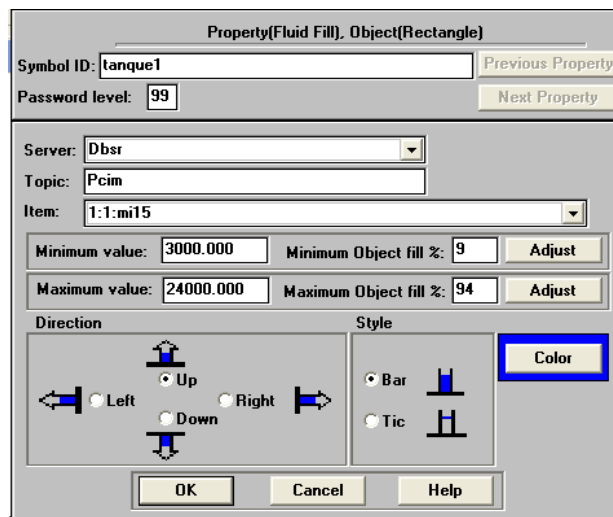


Gráfico N° 82. Parámetros de FLUID FILL

En esta pantalla se configuran el valor mínimo y valor máximo de nivel de tanque. Así como color de relleno que muestra en forma gráfica el llenado y vaciado del tanque.

Symbol Id, Es el nombre del objeto (en el presente tanque1).

Direction, up para rellenar paulatinamente hacia arriba, down para abajo, left para la izquierda, right a la derecha. En el presente tanque se usa *UP*, ya que es llenado.

Procedimiento similar se realiza para el tanque 2, solamente varía *direction* (down) ya que es vaciado.

CONCLUSIONES

- A través de esta práctica el estudiante se familiariza con otro tipo de señal, particularmente el sensor de presión y el variador de frecuencia entrega una señal de corriente al PLC.
- Esta práctica introduce nuevos elementos de campo como son el variador de frecuencia y las electroválvulas.
- Con el uso de los elementos el estudiante puede diferenciar entre el uso de señales digitales y señales analógicas.

RECOMENDACION

Se debe configurar el PLC para las señales de corriente a través del puenteo interno descrito en el capítulo III.

c.4.3 PRÁCTICA N° 3

CONTROL DE TEMPERATURA DE UN TANQUE DE AGUA UTILIZANDO PLC'S

ELEMENTOS DE CAMPO

- Sensor de temperatura
- Resistencia 2000 w
- Bomba de agua
- Electroválvulas de 220V AC

ESQUEMA

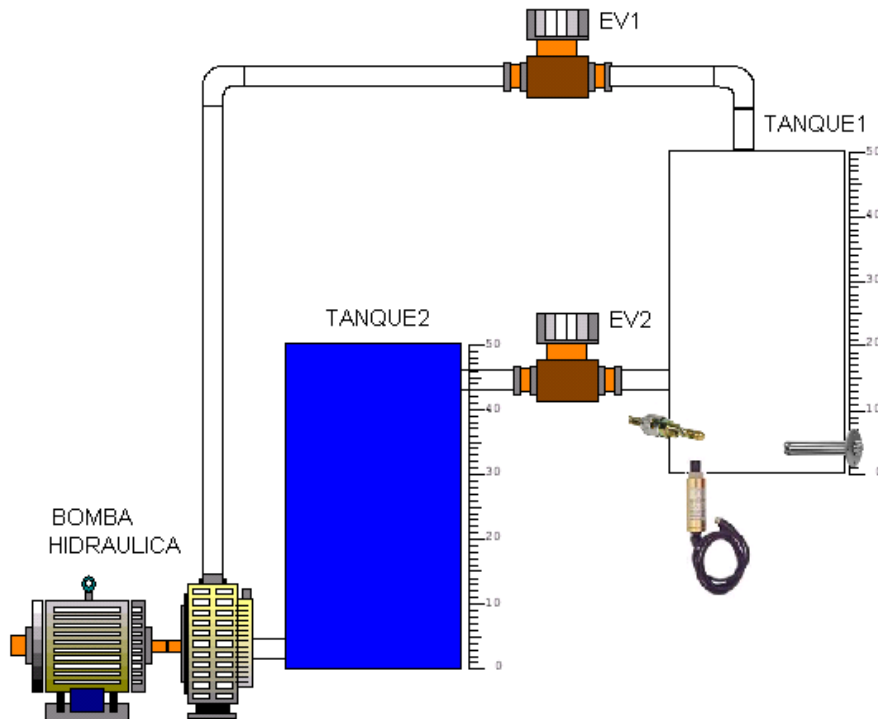


Gráfico N° 83 Control de la temperatura en un tanque de agua

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

DIAGRAMA DE POTENCIA

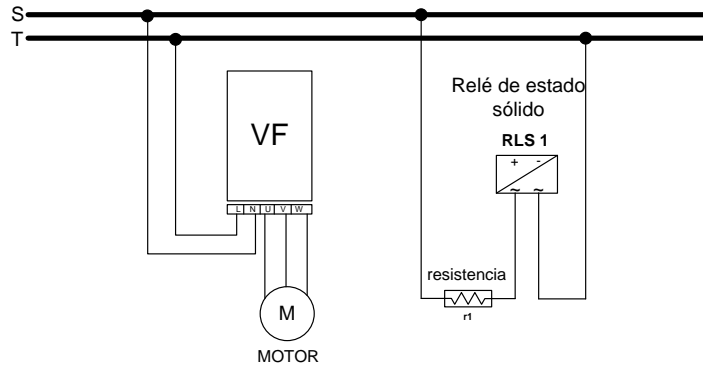


Gráfico N° 84 DIAGRAMA DE POTENCIA DE LA PRÁCTICA 3

DIAGRAMA DE CONTROL

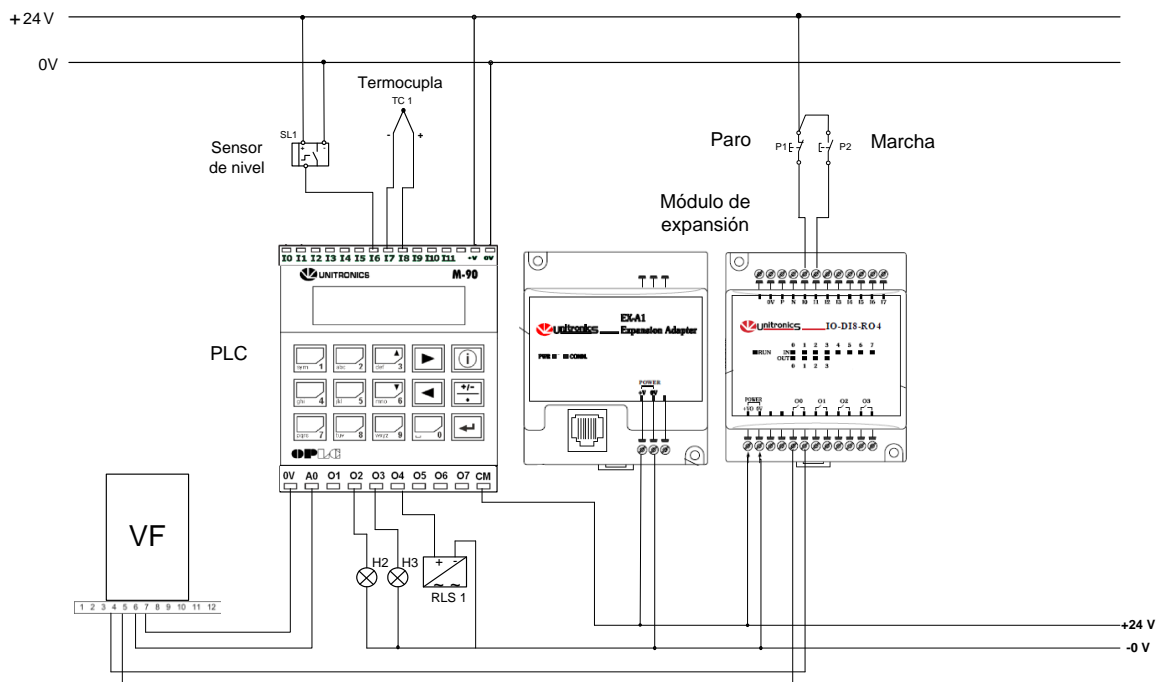


Gráfico N° 85 DIAGRAMA DE CONTROL DE LA PRÁCTICA 3

Procedimiento.

Para realizar la conexión del circuito de control se energiza el PLC a 24V DC y se hace lo siguiente:

1. Conexión de los pulsadores

Primeramente se realiza la conexión del pulsador P1 del extremo X2 (jack rojo) (paro) a +24V DC, y del extremo X1 (jack negro) a la entrada I32 (terminal I0) del Módulo de entradas digitales del PLC, de manera similar se conecta el pulsador de marcha a la entrada I33 (terminal I1) del módulo de entradas digitales con un voltaje de +24V DC.

2. Conexión de la termocupla tipo J – PLC

Se conecta el terminal positivo de la termocupla a la entrada I7 (-T) del PLC, así mismo se conecta el otro terminal negativo de la termocupla a la entrada I8 (+T) del PLC.

3. Conexión se las luces piloto

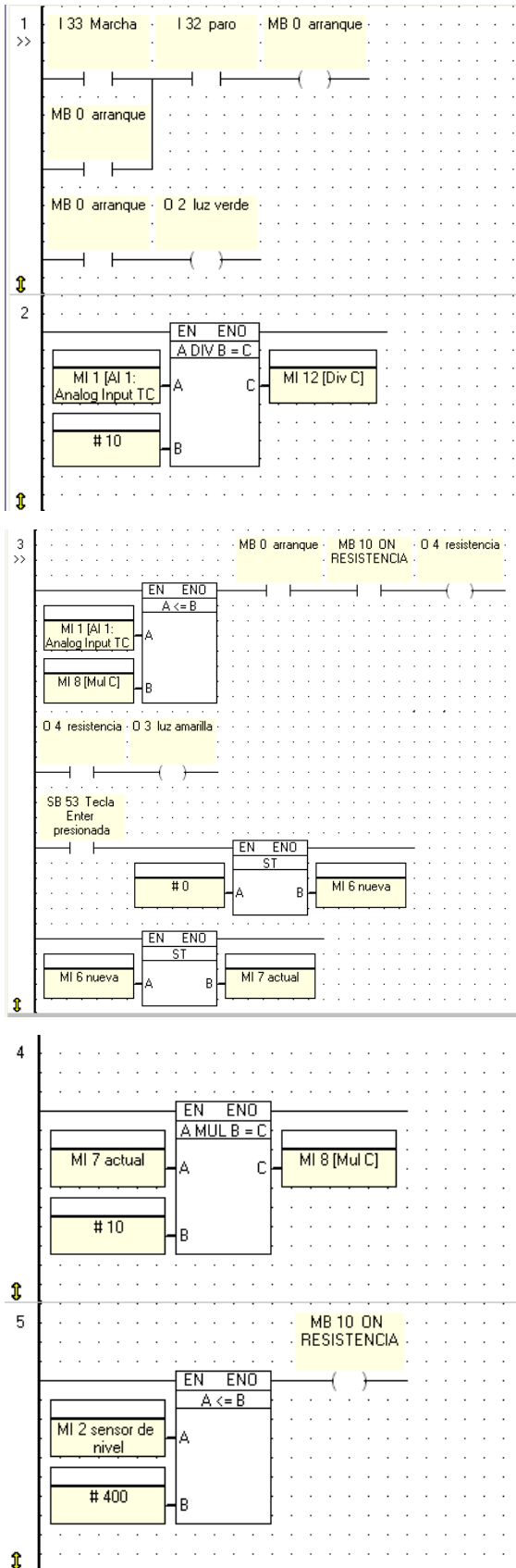
Se conectan las luces piloto, comenzando por la de color rojo desde el extremo X1 a la salida O1 del PLC, y desde el extremo X2 de esta luz piloto a +0V DC. Así mismo se hace con las luces piloto Verde y Amarilla a las salidas O2 y O3 del PLC respectivamente.

Cabe destacar que el común (CM) de las salidas del Plc está alimentado a +24VDC.

4. Conexión del Relé estado sólido al PLC

De la salida O4 (out 4) del PLC se conecta al terminal positivo (+3) del relé de estado sólido y del terminal negativo (-4) del mismo a -0V. Terminada la conexión anterior hay que conectar la fase S a la entrada de 1 del relé de estado sólido, y de la salida 2 a un extremo de la resistencia (r1), del extremo L de esta conectamos a la fase T.

PROGRAMACION EN LADDER



De acuerdo a las conexiones realizadas en el PLC, se procede a diseñar el circuito de control el U90 ladder, como se indica; con I33 se activa la memoria MB 0 de arranque y con I32 se para el proceso. Cuando MB 0 está en estado de arranque se encenderá la salida O2 (luz verde), que indica que el proceso está en marcha.

En el presente bloque se coloca un operador, el mismo que hará la operación de dividir para 10 el valor numérico entregado por la termocupa en MI 1, este resultado será almacenado en MI 12, que será el valor real de la temperatura a medir.

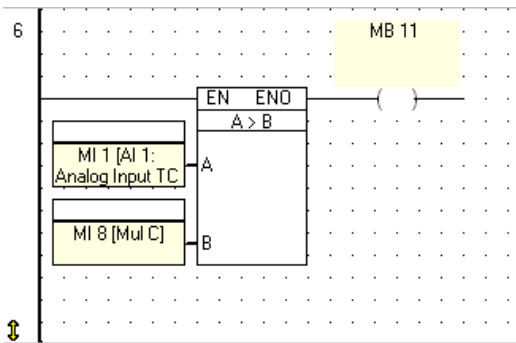
Este bloque contiene un comparador $A \leq B$, para activar a la resistencia de acuerdo al valor de la termocupa entregado en MI 1 y el valor ingresado por usuario en MI 8.

Una activada la resistencia por medio de la salida O4, también se encenderá la luz amarilla por medio de la salida O3.

Además se coloca un bloque Store, para el cambio de valores de la temperatura por medio de la pantalla del PLC, utilizando la tecla Enter. Estos cambios se almacenarán el MI6 para ser luego pasados a MI7 en otro bloque Store como se indica.

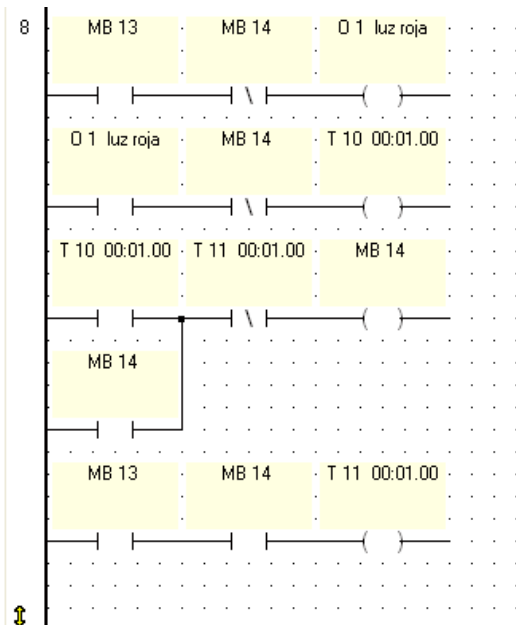
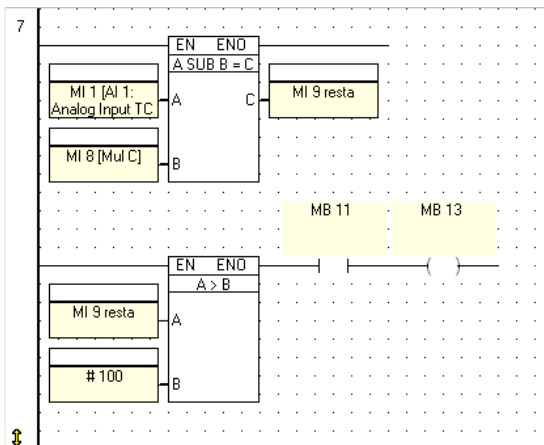
En el presente bloque se utiliza un operador que multiplicará el valor de MI 7 por 10, este resultado será almacenado en MI 8, con el objetivo de alcanzar el valor numérico que nos entrega la termocupa.

Seguidamente se coloca un comparador $A \leq B$, con el objetivo de proteger a la resistencia para que se active solamente cuando MI 2 que es el valor del nivel de agua indique lleno.



En este operador de substracción el valor numérico de MI1 entregado por la termocupla se resta con el valor entregado en MI8, cuya resultante se almacena en MI9, para luego realizar la siguiente operación:

Utilizando el comparador de A > B, se verifica que el valor entregado en MI9 sea mayor que 100, para activar MB13.



Siguiendo la secuencia del programa de MB13, activará la luz roja, indicando así un fallo en el proceso de control.

Al activarse la luz roja, arrancará un temporizador T10, que apagará la luz y otro temporizador T11 hará la función de encender nuevamente dicha luz, con ciclos de tiempo de 1 s.

Gráfico N° 86. Diagrama Ladder de la práctica 3

Terminada la programación en Ladder se programa los textos que se visualizarán en la pantalla del PLC, haciendo clic en HMI del navegador del proyecto que se está realizando.

Se crearán las siguientes pantallas:

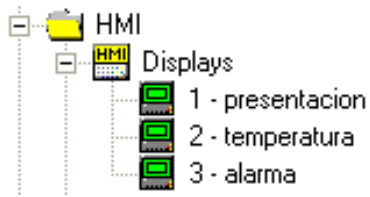


Gráfico N° 87. Pantallas de la práctica 3

1. Pantalla Presentación

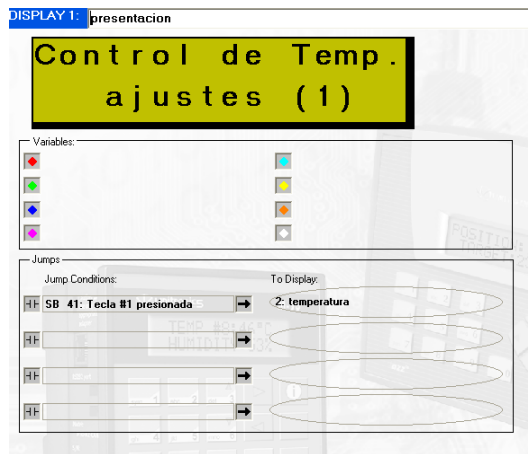




Gráfico N° 88. Pantalla Presentación

Esta pantalla posee una condición de salto, a través de la tecla #1, que permite saltar a la siguiente pantalla denominada Temperatura.

PANTALLA TEMPERATURA



Gráfico N° 89. Pantalla temperatura

En esta pantalla se realiza los ajustes de temperatura y se verifica el valor real de temperatura proporcionado por la termocupla en forma numérica. Tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla  saltará a la misma pantalla **temperatura** para permitir modificar el valor de la temperatura, la tecla  permitirá saltar al display **Presentación**, con la activación de la salida O1 (luz roja), saltará a la pantalla **Alarma**.

Para la creación de la presente pantalla, es necesario definir variables en el M90 ladder, como se describe:

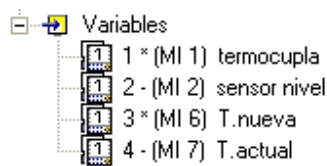


Gráfico N° 90. Variables de la práctica 3

Fuente: Capturado del software

La variable 1 (MI1) Termocupla, está configura con los siguientes parámetros:

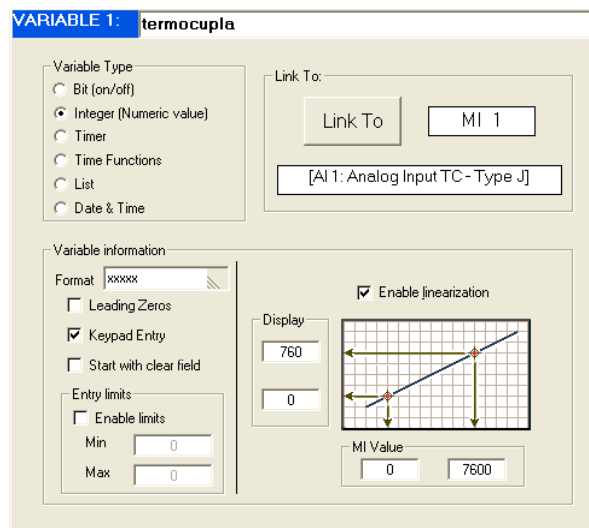


Gráfico N° 91. Configuración de la termocupla

La variable 3 (Tnueva), está configurada con los siguientes parámetros:

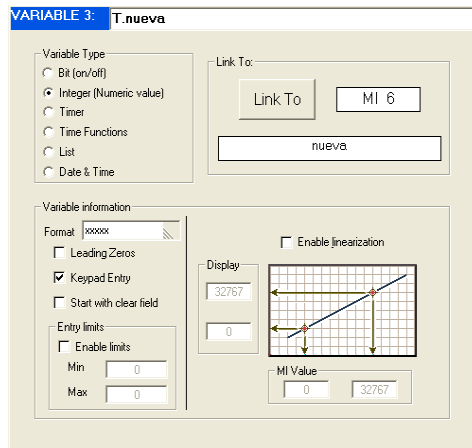




Gráfico N° 92. Parámetros de la variable T_nueva

El Display Temperatura utiliza las variables Termocupla y T. nueva anteriormente definidas, para el ajuste de la temperatura por el usuario. Además posee 3 condiciones de salto;

- Utilizando la tecla , se activa el cursor para modificar el valor. Y mediante el teclado número se ingresa el nuevo valor.
- Con la tecla , se confirmar o guardar el valor ingresado.

PANTALLA ALARMA

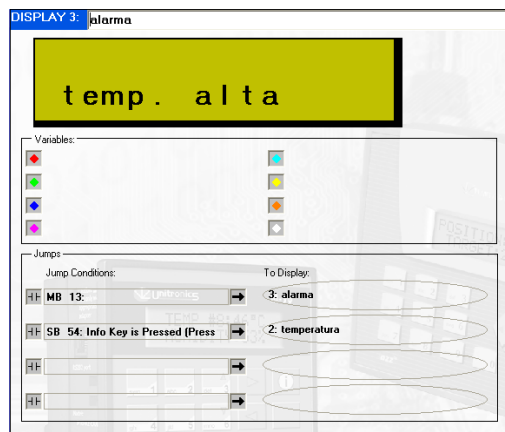



Gráfico N° 93 Pantalla Alarma

En esta pantalla se presenta el mensaje de alarma “**TEMPERATURA ALTA**” , la misma que será activada como se indicó anteriormente cuando se activa MB13, programada en el diagrama ladder, además posee una condición a través de la tecla , que realiza un salto a la pantalla **temperatura**.

DISEÑO SCADA

Se Crea el Proyecto Temperatura:

Clic en Inicio para ir a todos los programas, y escogemos PCIM SETUP del grupo de programas de AFCON P-CIM.

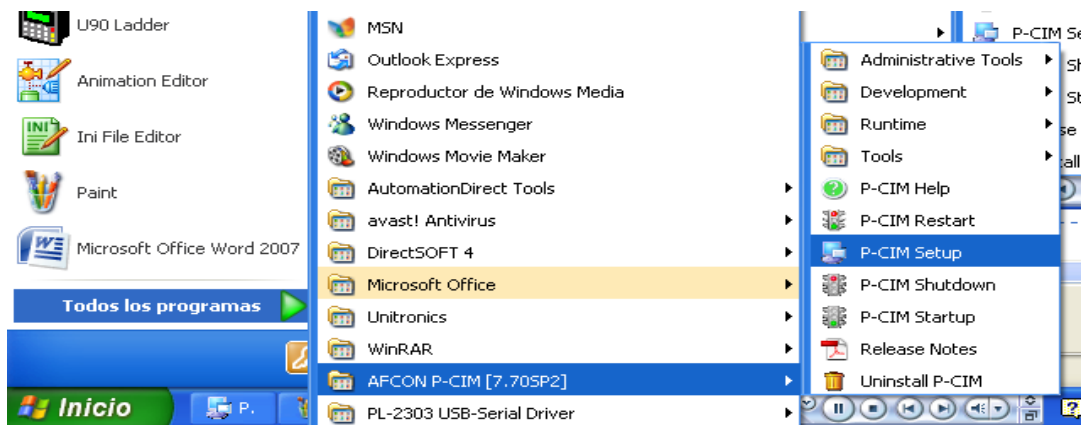


Gráfico N° 94. Ubicación en el menú Inicio de PCIM Setup

Observamos que se despliega una nueva ventana con el grupo de programas de PCIM SETUP. Ingresando mediante un clic en Project Setup.

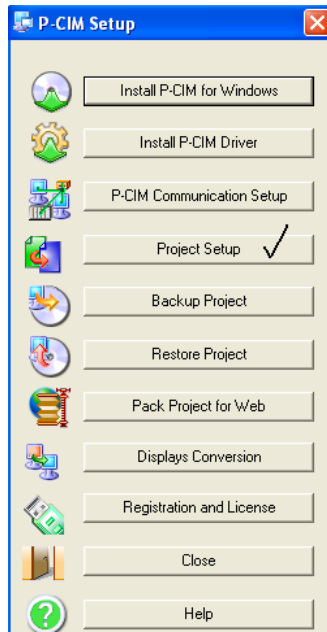


Gráfico N° 95. Opciones de PCIM Setu

En esta aplicación observamos un árbol que contiene los proyectos creados, en nuestro caso procedemos a crear un nuevo proyecto con el nombre de TEMPERATURA, haciendo clic en NEW, luego escribiremos el nombre y la descripción.

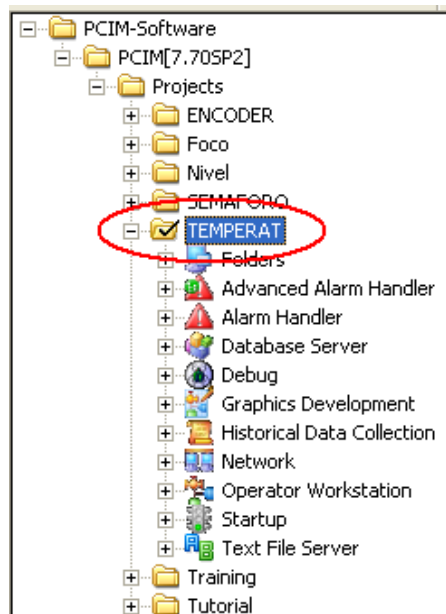


Gráfico N° 96. Árbol de proyectos

Se configura el Proyecto por defecto

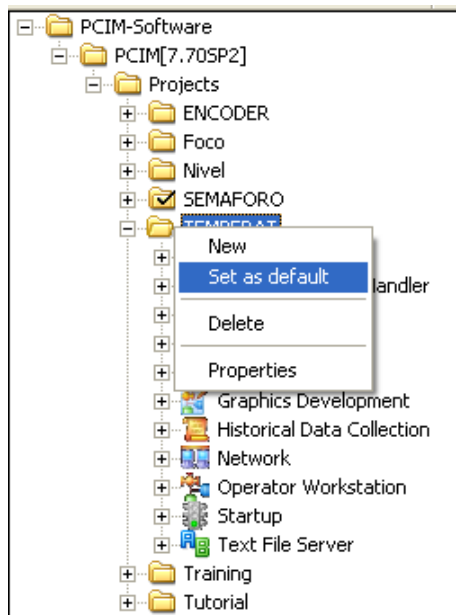


Gráfico N° 97. Configuración por defecto del proyecto

Seguidamente realizamos los gráficos en el programa ANIMATION EDITOR, ubicado en INICIO, Todos los programas, AFCON PCIM [7.70SP2] :

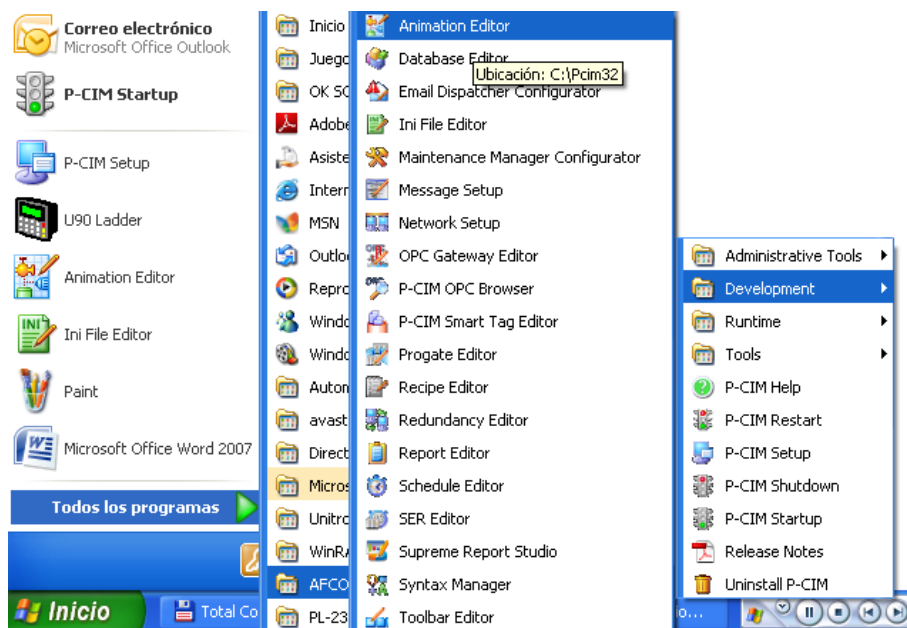


Gráfico N° 98. Ubicación en el menú inicio de Animator Editor

En la ventana que aparece procedemos a realizar los gráficos usando los iconos correspondientes en la barra de herramientas.

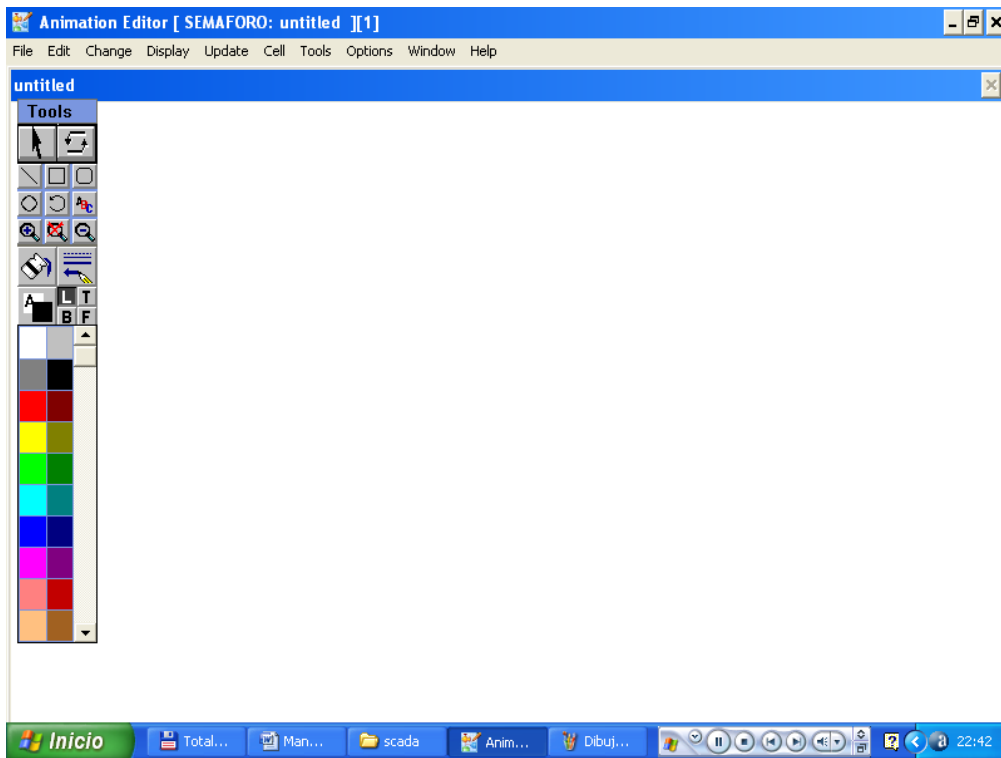


Gráfico N° 99. Ventana Aninmation Editor

En la presente práctica realizamos un dibujo utilizando la barra de herramientas de PCIM, para acceder a los elementos prediseñados se utiliza el ícono Clipart de la barra de herramientas



Gráfico N° 100. Barra de herramientas de Animation Editor

Seguidamente se escoge los subelementos de acuerdo a las necesidades del presente diseño, para el presente se usan elementos como electroválvulas, motor, bomba, líneas, luces piloto, haciendo clic y arrastrándolo hasta el área de dibujo. Dándole la forma, tamaño, color de tal manera que se asemeje al tablero.

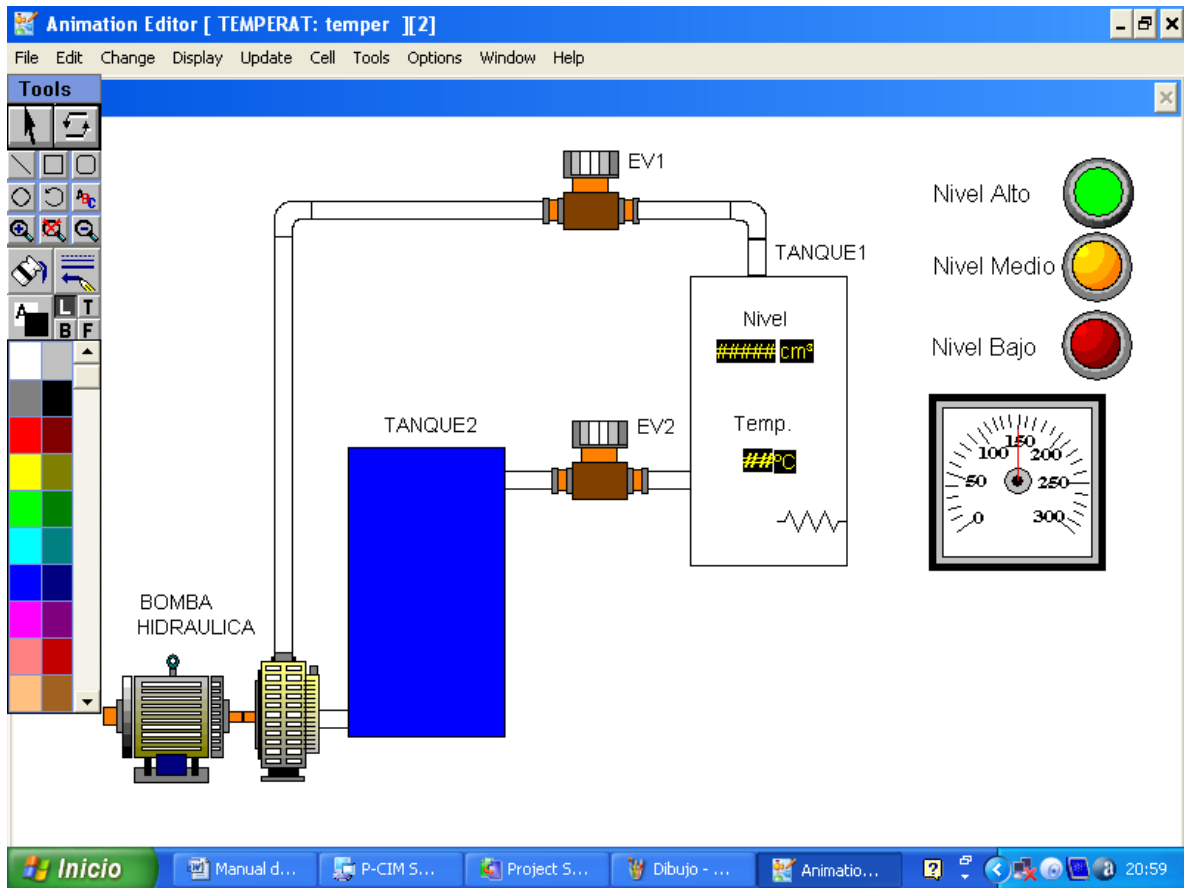


Gráfico N° 101. Gráfico Scada de la práctica 3

La configuración de cada elemento se hace en forma similar a la Práctica “Control de Nivel del Tanque”, con elementos adicionales como son:

La resistencia, se ingresa a las propiedades del objeto, haciendo clic en el mismo y presionar el comando Ctrl+P, para seguidamente hacer clic en la propiedad Line Color.

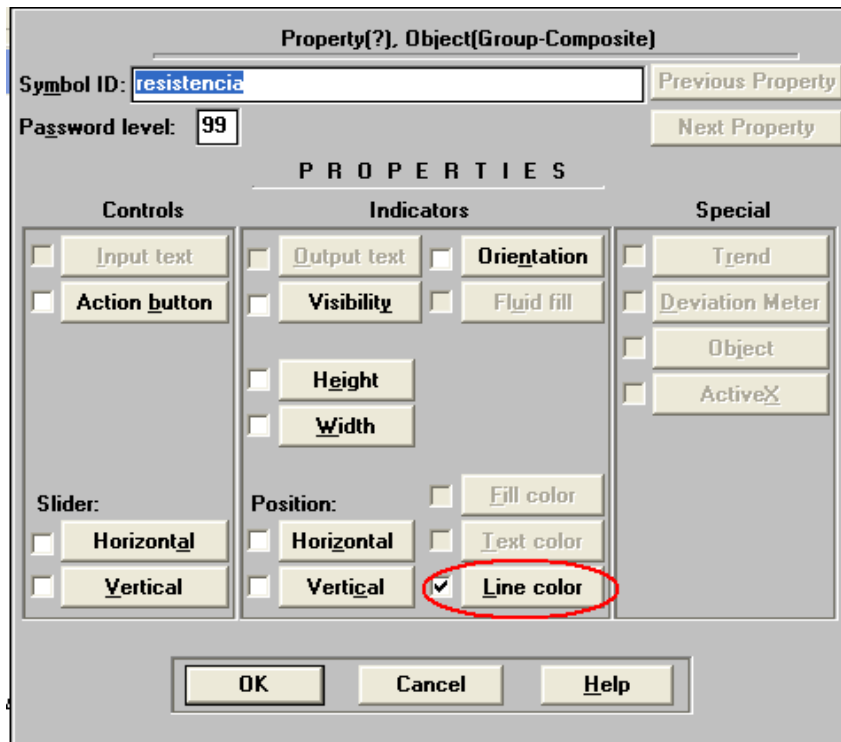


Gráfico N° 102. Propiedades del objeto resistencia

En la propiedad Line Color se escoge Digital Value

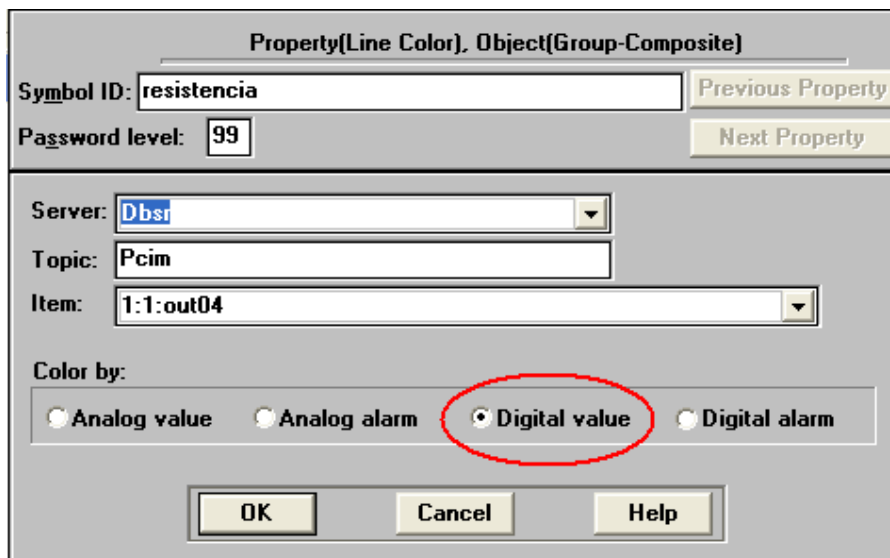


Gráfico N° 103. Configuración de Line Color

Luego se procede a configurar los colores, negro para representar la resistencia apagada y rojo encendida.

The dialog box is titled "Property(Line Color), Object(Group-Composite)". It contains the following fields and controls:

- Symbol ID:** A text field containing "resistencia".
- Password level:** A text field containing "99".
- Server:** A dropdown menu with "Dbstr" selected.
- Topic:** A text field containing "Pcim".
- Item:** A dropdown menu with "1:1:out04" selected.
- Item1, Item2, Item3:** Three dropdown menus, all currently empty.
- Colors:** A table with 8 rows and 3 columns (Item3, Item2, Item1). Each row has a color selection button (0-7). Row 0 is black, row 1 is red, and rows 2-7 are grey.

Buttons at the bottom: "OK", "Cancel", "Help".

Gráfico N° 104. Cambio de color en line color

Symbol Id, es la descripción del objeto; que puede ser un nombre descriptivo del objeto, en el presente caso se lo llama Bomba.

Server, Por defecto es Dbstr;

Topic, Por defecto el nombre del scada "PCIM"

Item, Es la dirección de la entrada o salida en el PLC, en el presente caso 1:1:OUT4. (la presente varía de acuerdo a la dirección de entrada, salida o memoria en el ladder)

Para el objeto medidor de la temperatura, se debe configurar en la propiedad "Orientation"



Gráfico N° 105. Configuración del medidor de temperatura

Con los parámetros del siguiente gráfico:

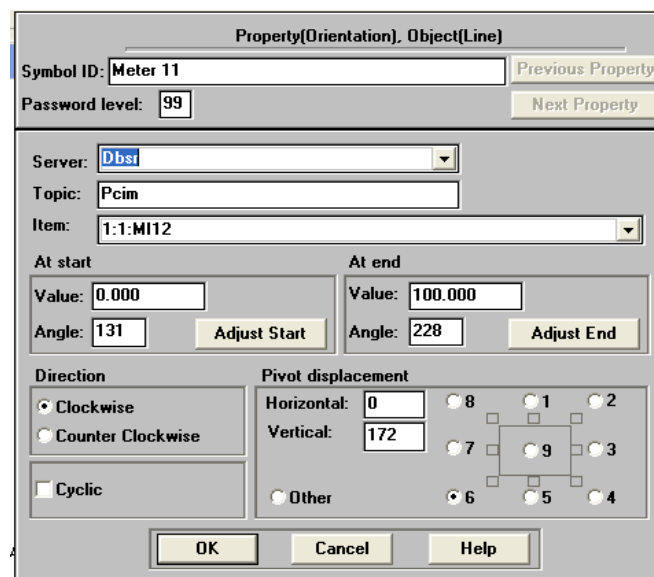


Gráfico N° 106. Configuración de parámetros de temperatura

Nótese que el Item está configurado por 1:1:MI12

CONCLUSIÓN:

Con el uso de la termocupla tipo J, el estudiante puede notar el uso de señal de voltaje entrega por la misma hacia el PLC.

RECOMENDACIÓN:

Configurar en el PLC la entrada analógica en voltaje, como se indica en el capítulo III.

c.4.4 PRÁCTICA N° 4

ENCENDIDO DE LAS LUCES PILOTO A TRAVÉS DE GRADOS DE POSICIONAMIENTO

ELEMENTOS DE CAMPO

- Encoder Incremental.
- Luces piloto.

DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

DIAGRAMA DE CONTROL

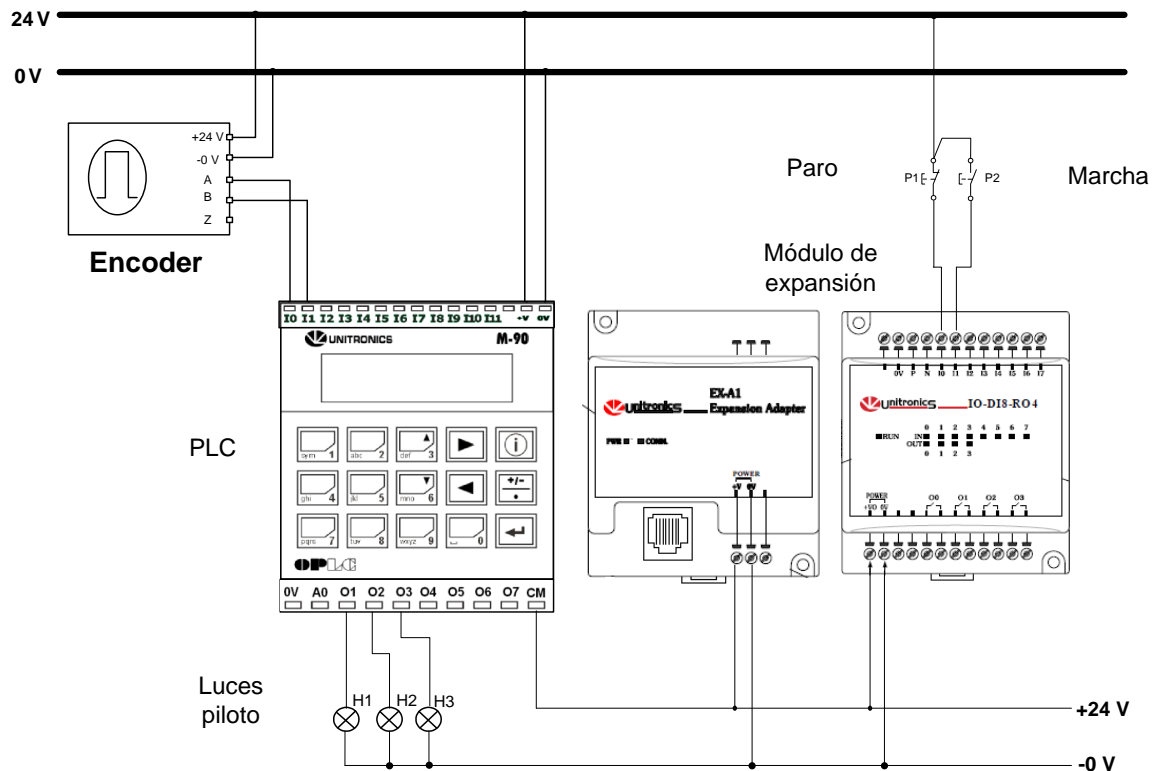


Gráfico N° 107 DIAGRAMA DE CONTROL DE LA PRÁCTICA Nro. 4

Procedimiento.

Para realizar la conexión del circuito de control se energiza el PLC y el módulo de entradas digitales a 24V DC y se hace lo siguiente:

1. Conexión de los pulsadores

Primeramente se realiza la conexión del pulsador P1 del extremo X2 (jack rojo) (paro) a +24V DC, y del extremo X1 (jack negro) a la entrada I32 (terminal I0) del Módulo de entradas digitales del PLC, de manera similar se conecta el pulsador de marcha a la entrada I33 (terminal I1) del módulo de entradas digitales con un voltaje de +24V DC.

2. Conexión del encoder.

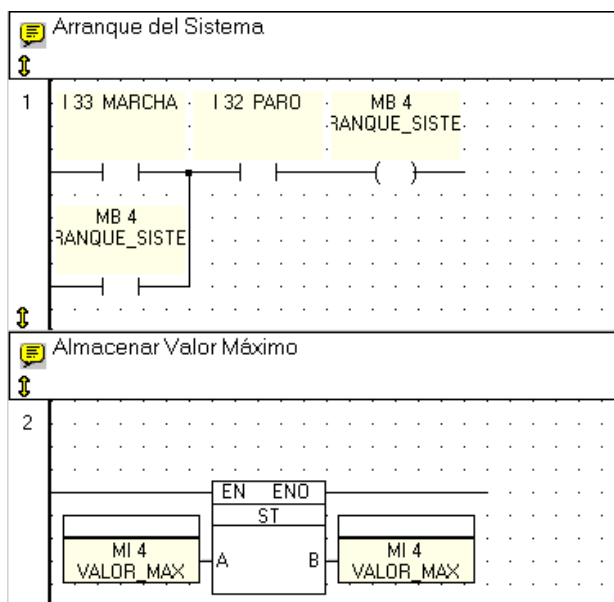
Se conecta los terminales de alimentación del encoder conductor color café a 24 VDC, y el conductor color azul a 0 VDC, el conductor color negro se conecta a I0(A) y el conductor color blanco a la entrada I1 (B) del PLC.

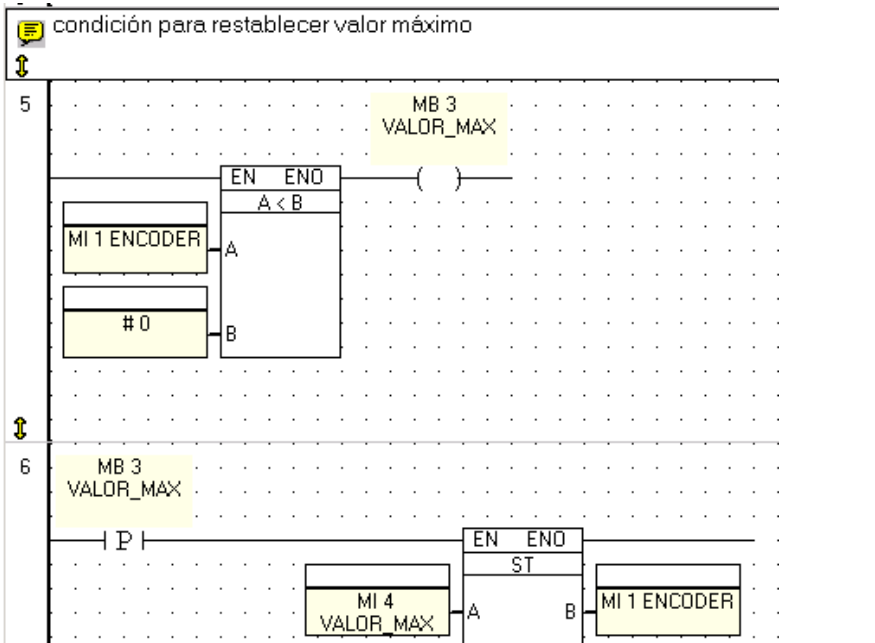
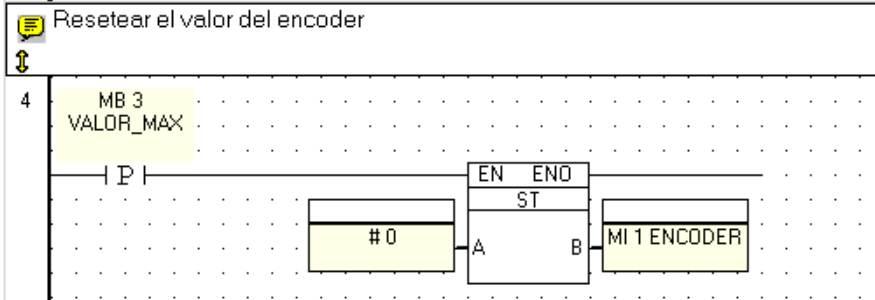
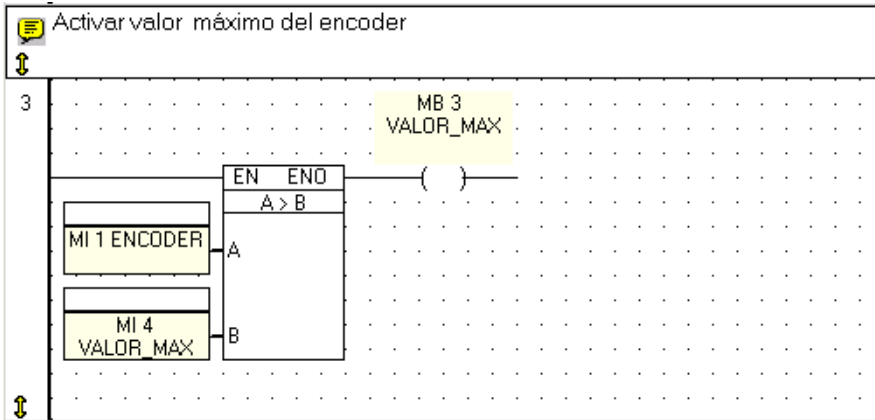
3. Conexión de las luces piloto.

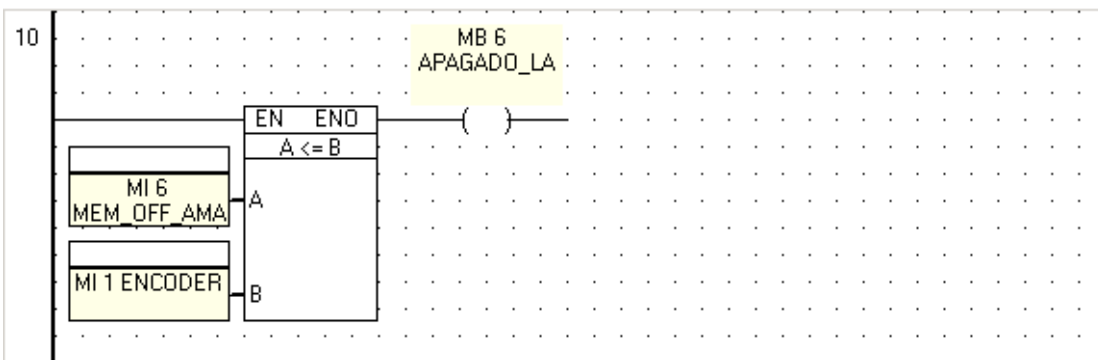
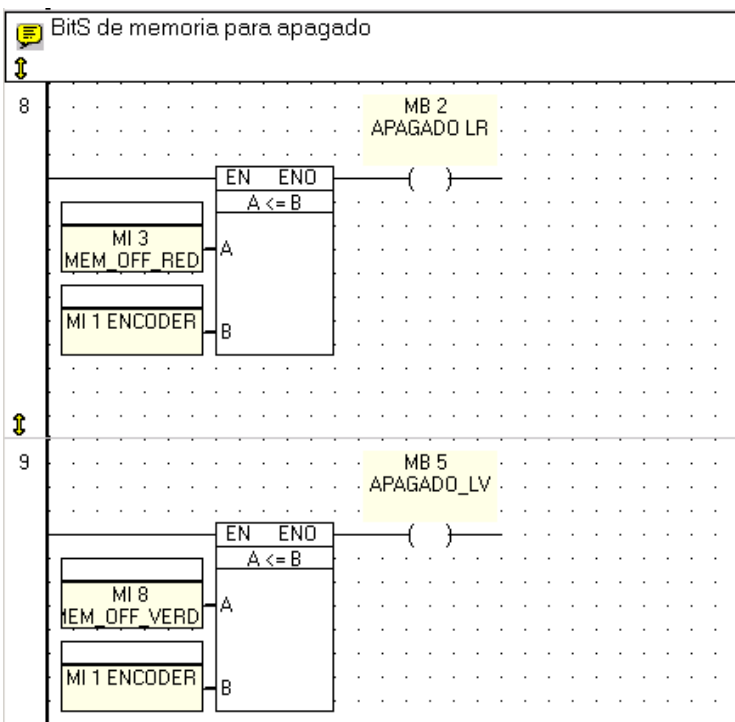
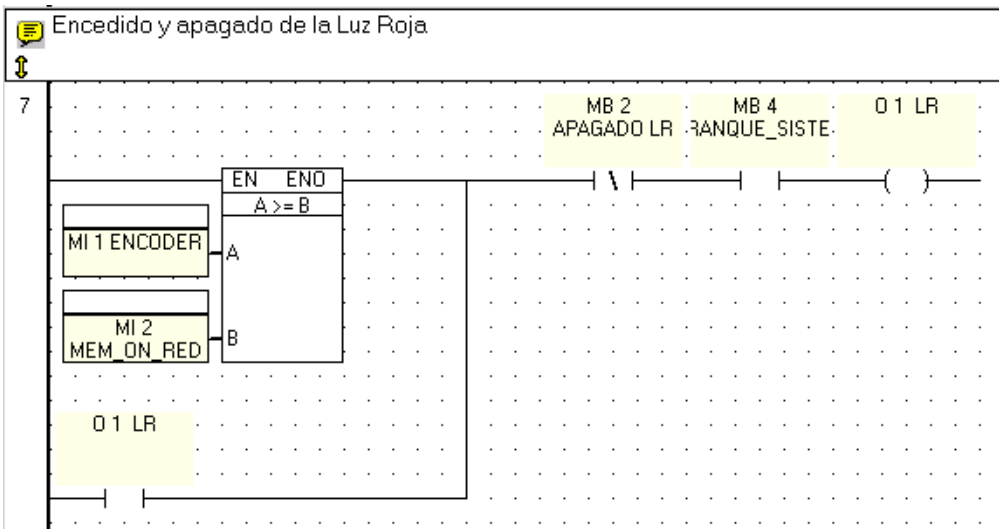
Se conectan las luces piloto, comenzando por la de color rojo desde el extremo X1 a la salida O1 del PLC, y desde el extremo X2 de esta luz piloto a +0V DC. Así mismo se hace con las luces piloto Verde y Amarilla a las salidas O2 y O3 del PLC respectivamente.

Cabe destacar que el común (CM) de las salidas del PLC está alimentado a +24VDC.

PROGRAMACION EN LADDER







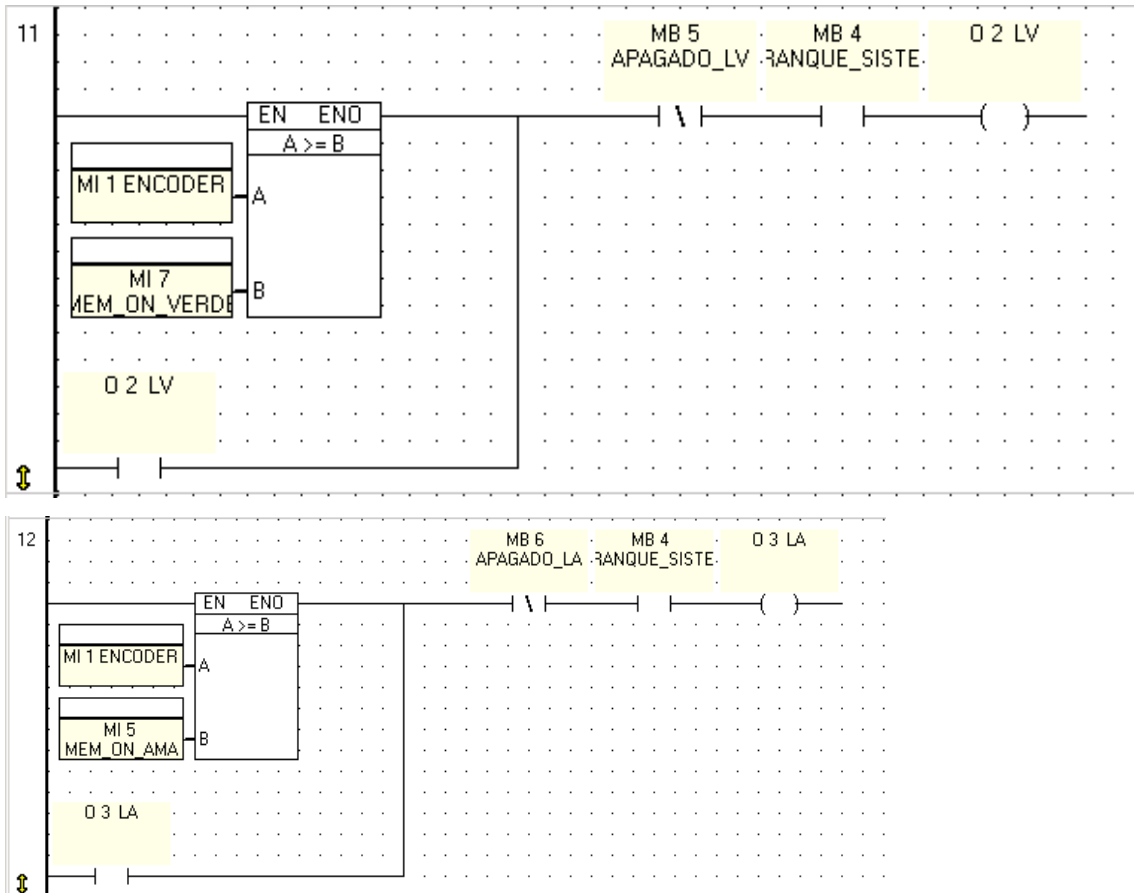


Gráfico N° 108. Diagrama Ladder de la práctica Nro. 4

Terminada la programación en Ladder se programa los textos que se visualizarán en la pantalla del PLC, haciendo clic en HMI del navegador del proyecto que se está realizando

Se crearán las siguientes pantallas:



Gráfico N° 109. Pantalla de la práctica Nro. 4.

1. Pantalla Presentación

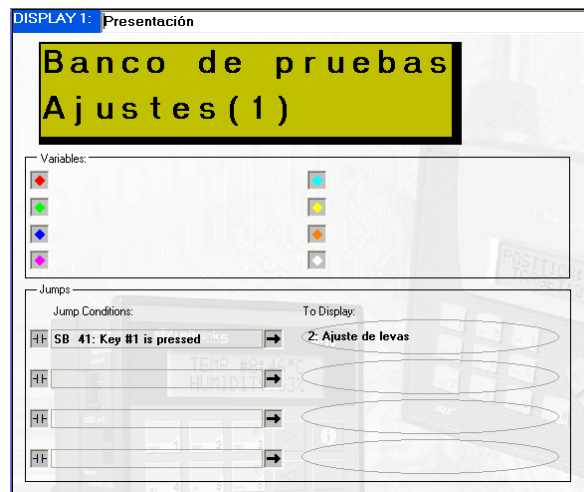


Gráfico N° 110. Pantalla Presentación.

Esta pantalla posee una condición de salto, a través de la tecla #1, que permite saltar a la siguiente pantalla denominada Ajuste de levas

2. Pantalla Ajuste de Levas

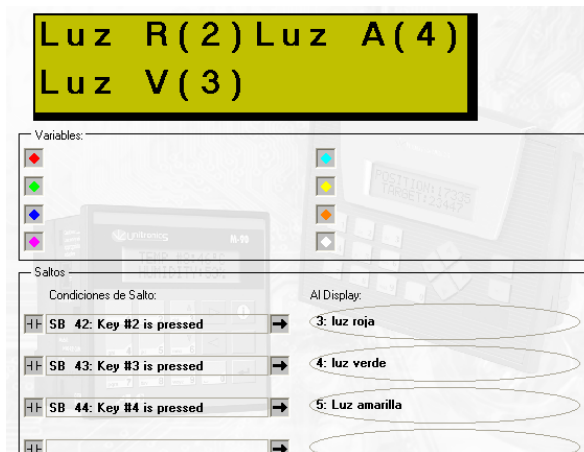





Gráfico N° 111. Condiciones de salto

En esta pantalla se selecciona cada elemento a calibrar (encendido y apagado de cada

luz). Tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla  saltará a la pantalla **Luz**

Roja, mediante la tecla  Saltará a la pantalla Luz Verde, presionando la

tecla  saltará a la pantalla Luz Amarilla.

Pantalla Luz Roja.

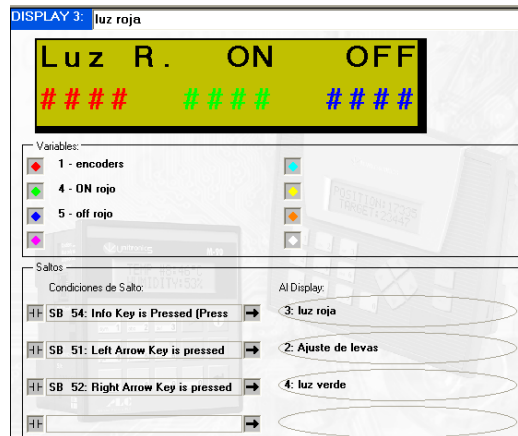





Gráfico N° 112. Pantalla Luz Roja

En esta pantalla se realiza los ajustes de los grados de posicionamiento para activar o desactivar la luz roja, también se verifica el valor de los grados de posicionamiento del encoder en forma numérica. Tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla  saltará a la misma pantalla para modificar el valor de los grados de posicionamiento, una vez cambiado el valor se confirmará con la tecla  para permitir a través de la tecla  saltar al display **Ajuste de levas**, realizando el mismo paso anterior avanzamos al submenú Luz Verde.

Para la creación de la presente pantalla, es necesario definir variables en el M90 ladder, como se describe:

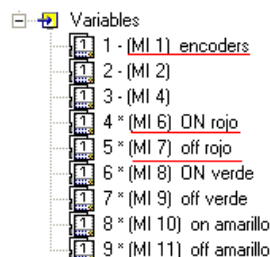


Gráfico N° 113. Variables de la práctica Nro. 4

La variable 1 (MI1) **Encoders**, está configura con los siguientes parámetros, la misma que se usa en las 2 pantallas siguientes:

VARIABLE 1: encoders

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A: MI 1

[0,1: High Speed Shaft Encoder (x2)]

Información para la Variable

Format: xxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min.: 0
- Max.: 1000

Display: 36

0

Linealización capaz

MI Valor: 0 3600

Gráfico N° 114. Parámetros de la variable encoders

La Variable 4 (MI6) **On Rojo** está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 4: ON rojo

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A: MI 6

on rojo

Información para la Variable

Format: xxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min.: 0
- Max.: 0

Display: 32767

0

Linealización capaz

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 115. Parámetros de la variable ON Rojo

La Variable 5 (MI7) **Off Rojo** está configurada con los siguientes parámetros:

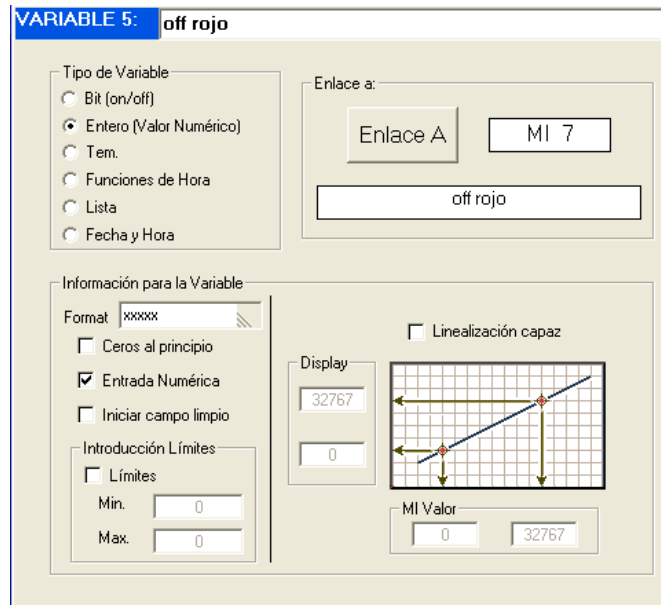


Gráfico N° 116. Parámetros de la variable OFF ROJO

Pantalla Luz Verde.

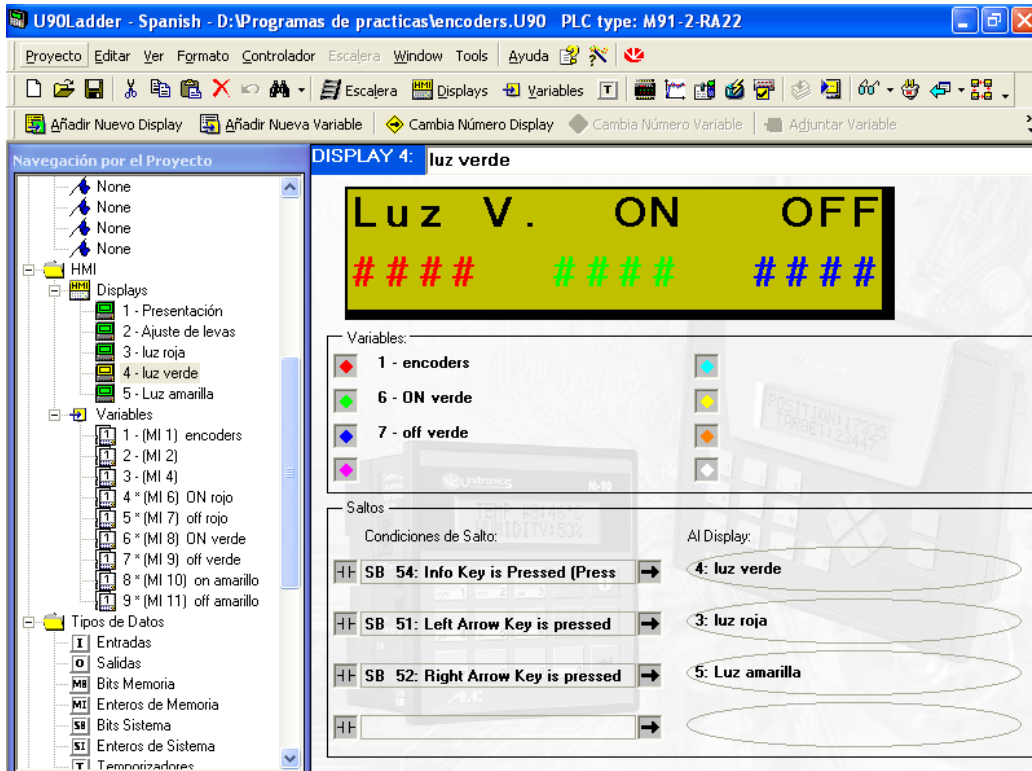






Gráfico N° 117. Pantalla Luz Verde

En esta pantalla se realiza los ajustes de los grados de posicionamiento para activar o desactivar la luz verde, también se verifica el valor de los grados de posicionamiento del encoder en forma numérica. Tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla  saltará a la misma pantalla para modificar el valor de los grados de posicionamiento, una vez cambiado el valor se confirmará con la tecla  para permitir a través de la tecla  retroceder al display **Luz Roja**, y mediante la tecla  accederá al display Luz Amarilla.

Para la creación de la presente pantalla, es necesario definir variables en el M90 ladder, como se describe:

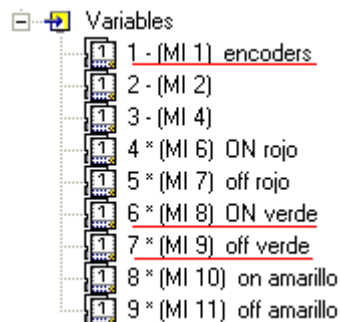


Gráfico N° 118. Variables de la pantalla Luz Verde

La Variable 6 (MI8) **On verde** está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 6: ON verde

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A MI 8

on verde

Información para la Variable

Format: xxxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min. 0
- Max. 0

Linealización capaz

Display: 32767

0

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 119. Parámetros de la variable ON VERDE

La Variable 7 (MI9) **Off Verde** está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 7: off verde

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A MI 9

off verde

Información para la Variable

Format: xxxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min. 0
- Max. 0

Linealización capaz

Display: 32767

0

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 120. Parámetros de la variable OFF VERDE

Pantalla Luz Amarilla.

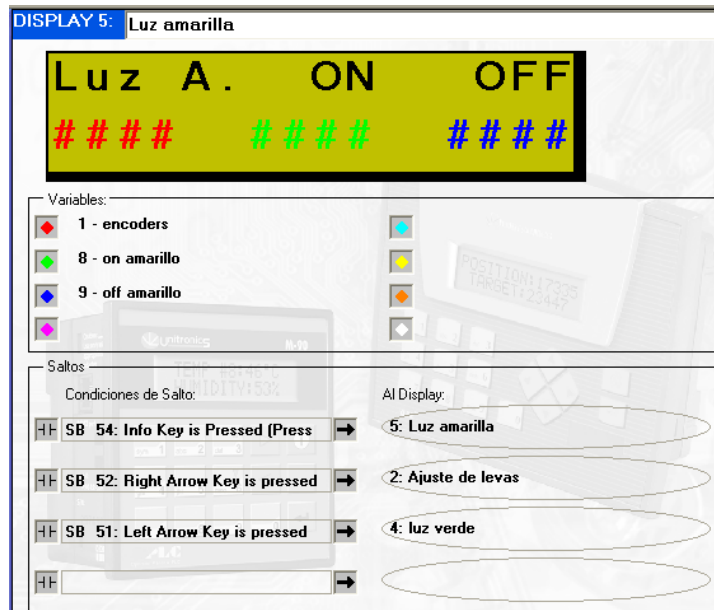






Gráfico N° 121. Pantalla Luz Amarilla

En esta pantalla se realiza los ajustes de los grados de posicionamiento para activar o desactivar la luz amarilla, también se verifica el valor de los grados de posicionamiento del encoder en forma numérica. Tiene 3 condiciones de salto, a través de la tecla  saltará a la misma pantalla para modificar el valor de los grados de posicionamiento, una vez cambiado el valor se confirmará con la tecla  y mediante la tecla  accederá al display Ajuste de levas. Presionando la tecla  se retrocede al display **Luz Verde.**

Para la creación de la presente pantalla, es necesario definir variables en el M90 ladder, como se describe:

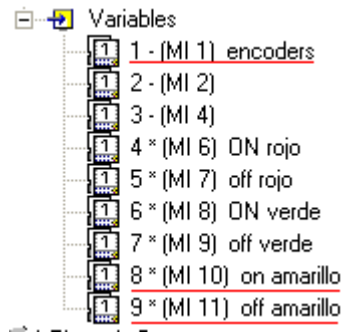


Gráfico N° 122. Variables de la Pantalla Luz Amarilla

La Variable 8 (MI10) **On amarillo** está configurada con los siguientes parámetros:

VARIABLE 8: on amarillo

Tipo de Variable

- Bit (on/off)
- Entero (Valor Numérico)
- Tem.
- Funciones de Hora
- Lista
- Fecha y Hora

Enlace a:

Enlace A: MI 10

ON amarillo

Información para la Variable

Format: xxxxx

- Ceros al principio
- Entrada Numérica
- Iniciar campo limpio

Introducción Límites

- Límites
- Min. 0
- Max. 0

Linealización capaz

Display: 32767

0

MI Valor: 0 32767

Gráfico N° 123. Parámetros de la variable ON AMARILLO

La Variable 9 (MI11) **Off amarillo** está configurada con los siguientes parámetros:

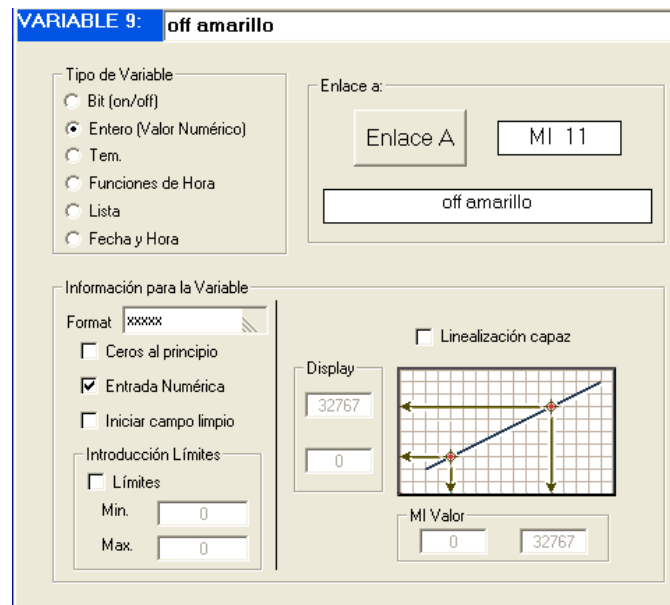


Gráfico N° 124. Parámetros de la variable off amarillo

DISEÑO SCADA

El diseño a realizar en Animation Editor es el siguiente:



Gráfico N° 125. Diseño scada de la práctica 4

La configuración de las luces se hace en forma similar a la de la práctica “Semáforo”, los elementos adicionales son objetos Texto, para cada luz se tiene 3 textos que indican la posición actual del encoder, el estado ON y el estado OFF, que son ajustables por el usuario,

La posición actual del encoder se configura en forma idéntica para las tres luces mediante las propiedades del objeto texto como se muestra a continuación:

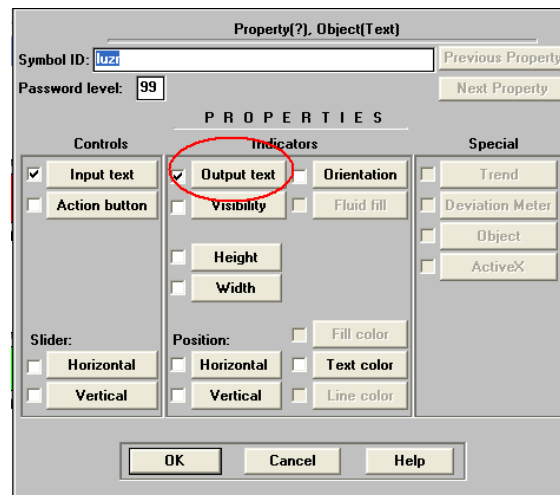


Gráfico N° 126. Configuración de las salidas objeto Luzr

Seguidamente se configura propiedad “Output Text” con los siguientes parámetros

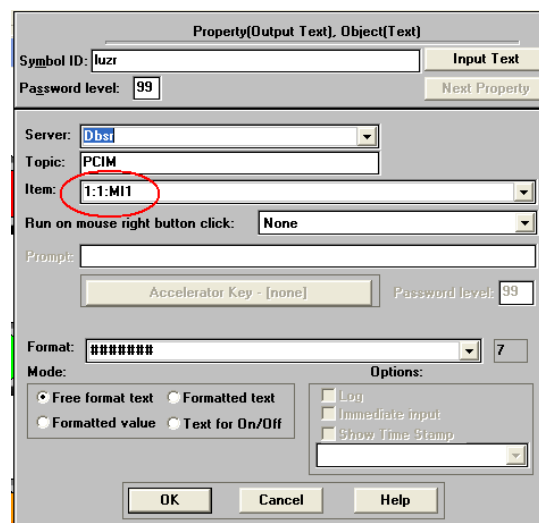


Gráfico N° 127. Configuración del objeto Luzr

Nótese que la dirección del ítem es 1:1:MI1, que es la memoria interna donde se almacena la señal del encoder.

De igual forma para los textos ON y OFF se configuran los parámetros de la propiedad del objeto, tomando en cuenta que la dirección del ítem variará como indica la tabla Nro. 6.

LUZ	ITEM	
	ON	OFF
ROJA	1:1:MI6	1:1:MI7
VERDE	1:1:MI8	1:1:MI9
AMARILLA	1:1:MI10	1:1:MI11

TABLA Nro. 4. Configuración de cada objeto de la práctica 4

CONCLUSIÓN:

Esta práctica describe claramente el funcionamiento del encoder, mediante grados de posicionamiento se pueden activar diferentes elementos, en este caso las luces piloto.

RECOMENDACIÓN:

Tomar en cuenta que el común (CM) de las salidas del PLC deben estar alimentadas a 24 VDC.

d. Conclusiones

- La información obtenida a través del marco teórico, permitió familiarizarnos con algunos conceptos y características para realizar el diseño y la selección de los elementos que finalmente se utilizarán en el banco de prácticas de automatización industrial.
- En la construcción del banco se tomó en cuenta la buena visualización de los elementos por parte de la práctica, la ubicación de cada elemento respecto de otro y el espacio suficiente para ubicar elementos adicionales en la realización de una práctica buscado en el mercado local tecnología actual y que sea factible de acuerdo al presupuesto planteado.
- En la programación ladder, el uso de sus elementos (contactos, comparadores, operadores matemáticos) permitió realizar el control de cada una de las prácticas, tratando de hacer el programa escalera lo más óptimo posible y evitando redundancias en el mismo. Además cuenta con múltiples funciones no usadas en el presente proyecto que pueden servir en futuras prácticas.
- Para cada una de las prácticas se puede realizar la programación de múltiples formas, pudiendo ser más sencillo como más complejo de acuerdo a un diseño propio del programador y el uso de cada uno de los componentes del software.
- El software Pcim Scada es compatible con el plc Unitronics, además no existen problemas de comunicación al utilizar una PC con sistema operativo Windows XP, siempre tomando en cuenta que se trabaje directamente conectado al puerto serial sin utilizar ningún tipo de convertidor o interfaz.
- El software PCIM SCADA permite realizar sin inconvenientes el monitoreo de cada una de las prácticas propuestas, más no el control total de las mismas al no poder realizar la escritura en las variables utilizadas en los temporizadores de la práctica 1 (semáforo con tiempos programables), se puede únicamente modificar desde el PLC.
- A través del monitoreo se puede intervenir en los actuadores sea físicamente o mediante el PLC.

- Al realizar la socialización del proyecto se comprueba el grado de aceptación que tiene el mismo y de acuerdo a esto mejorarlo para su presentación final.
- Al realizar un tablero didáctico mediante auto financiamiento es importante buscar elementos que cumplan las expectativas planteadas, buscando marcas alternativas que no representen gastos exagerado, ya que el objetivo es involucrar al estudiante al aprendizaje más no el uso de estos elementos en procesos industriales demasiado complejos.
- El uso de autómatas programables reduce el empleo de elementos electromecánicos, cableado y espacio físico. Además representa un menor costo en mantenimiento de equipos.

e. Recomendaciones

- Verificar la correcta conexión de los diferentes equipos.
- En el PLC utilizado se debe tomar en cuenta las señales analógicas de entrada (corriente o Voltaje), para realizar el puenteo interno
- Al realizar la configuración de los puertos de comunicación en el ladder como en el scada se debe verificar que sean iguales a los existentes en el administrador de dispositivos del sistema operativo.
- En la programación scada se debe tomar en cuenta la sintaxis correcta.
- En el diagrama ladder no se debe dejar líneas de comunicación abiertas.
- Verificar la conexión correcta de la Termocupla, sensor de presión, ya que al cambiar la polaridad puede generar daño en los equipos.
- Se debe realizar mantenimiento preventivo al sensor de presión, sensor de temperatura, resistencia para no afectar en su vida útil.

f. BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

1. Álvarez, Manuel. Convertidores de frecuencia. Barcelona. 2000.
2. Badsell, Romeral. Autómatas programables. 1997.
3. Creus, Antonio. Instrumentación Industrial. Séptima edición.2005.
4. Mandado y Mandado. Sistemas Electrónicos digitales. Novena Edición. México. 2008
5. Mando Pérez, Acevedo; Silva y Quiroga. Autómatas Programables y Sistemas de automatización. Segunda Edición. Barcelona. 2009.
6. Pallas, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal. Cuarta edición. 2003.
7. Penin y Rodríguez. Sistemas Escada. 2012.
8. Peña, Gámiz; Grau, Martínez. Diseño y aplicaciones con autómatas programables. 2003.
9. Pérez y Pineda. Automatización de maniobras industriales mediante autómatas programables. 2001.
10. Quero, Enrique. Lenguajes de programación. 2005.
11. Tomasi, Wayne. Sistemas de comunicaciones electrónicas. Cuarta Edición. México. 2003.

PAGINAS WEB:

1. www.automatizaciónindustrial.com
2. www.monografias.com/trabajos11/sisco

g. ANEXOS

ANEXO 1

CONFIGURACIÓN DEL PLC



Gráfico N° 27. Desarme del plc Unitronics
Referencia: Manual del PLC Unitronics

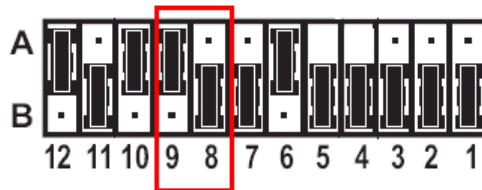


Gráfico N° 28. Puente en la entrada analógica del plc Unitronics
Referencia: Manual PLC Unitronics



Gráfico N° 29. Puenteado de la salida analógica en corriente
Referencia: Manual PLC Unitronics

ANEXO 2

INSTALACIÓN DEL SOFTWARE LADDER

Al insertar el CD provisto por los fabricantes del PLC aparece la pantalla principal que nos da la opción de instalación de software, así como la visualización de la documentación del mismo, en el menú del mismo también nos indica la información del fabricante así como los contactos.

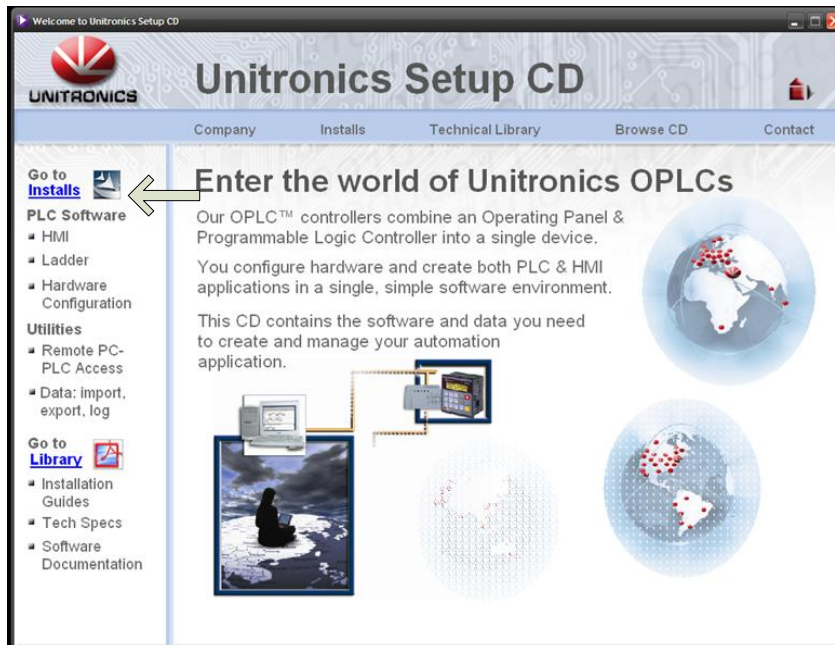


Gráfico N° 30. Pantalla Inicial de instalación del Software del PLC Unitronics
Referencia: Manual PLC Unitronics

Al escoger la opción instalación nos aparecen las dos aplicaciones que utiliza Unitronics en sus oplc, en nuestro caso escogemos Install U90 ladder



Gráfico N° 31. Pantalla Inicial para instalar el software U90 Ladder
Referencia: Capturado del software

En la pantalla ya de instalación escogemos next.

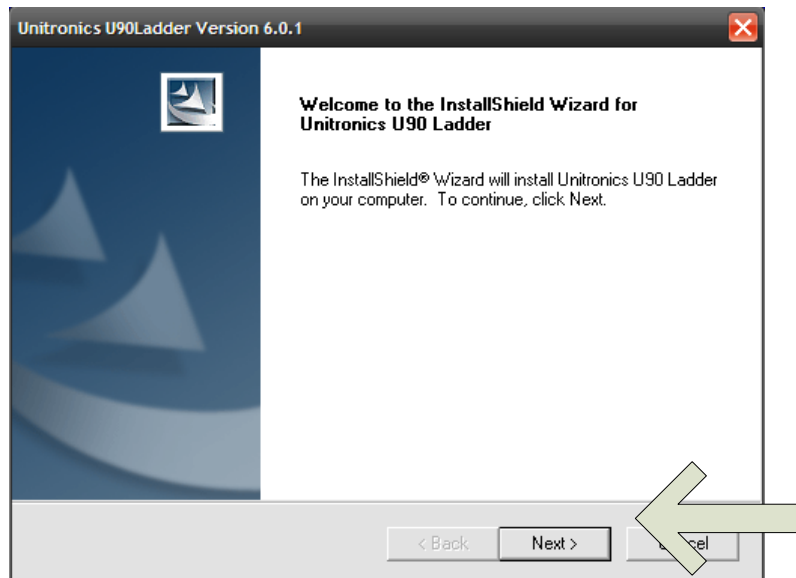


Gráfico N° 32. Pantalla de bienvenida de la instalación
Referencia: Manual PLC Unitronics

Seguidamente aparece el contrato de aceptación de la licencia del software, al mismo que podemos o no aceptarlo, al escoger esta última opción se cancelará la instalación, caso contrario (escoger Yes) continuamos con la instalación.

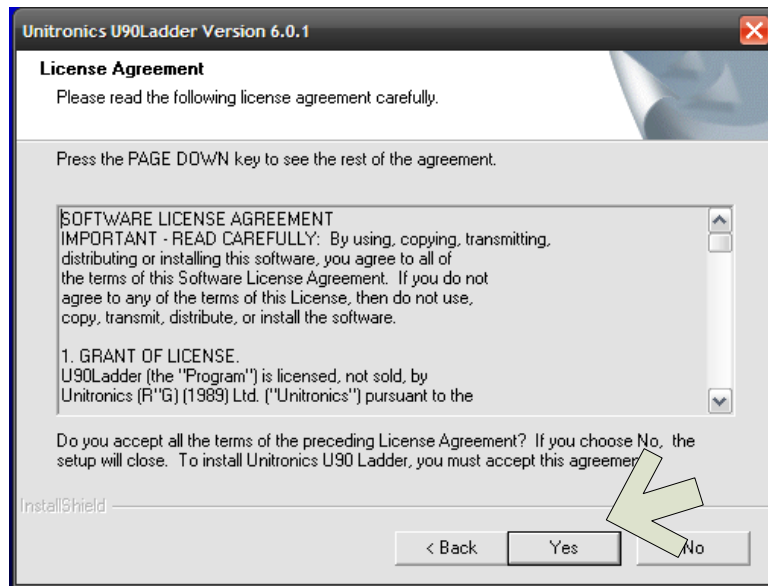


Gráfico N° 33. Pantalla de Licencia del software
Referencia: Manual PLC Unitronics

La próxima pantalla nos indica algunos datos del pc, como son sistema operativo, su ruta de instalación así como de los archivos del sistema, que es donde se guardarán archivos del software, también se indica el tipo de tarjeta de video y su resolución. Continuamos escogiendo Next.

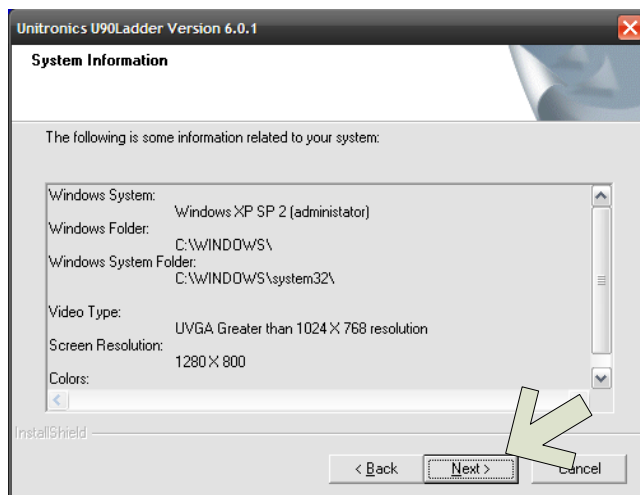


Gráfico N° 34. Pantalla de información del sistema
Referencia: Manual PLC Unitronics

Seguidamente se muestra la ruta de instalación del software, con la posibilidad de personalizarla escogiendo Browse, o continuar presionando en next.

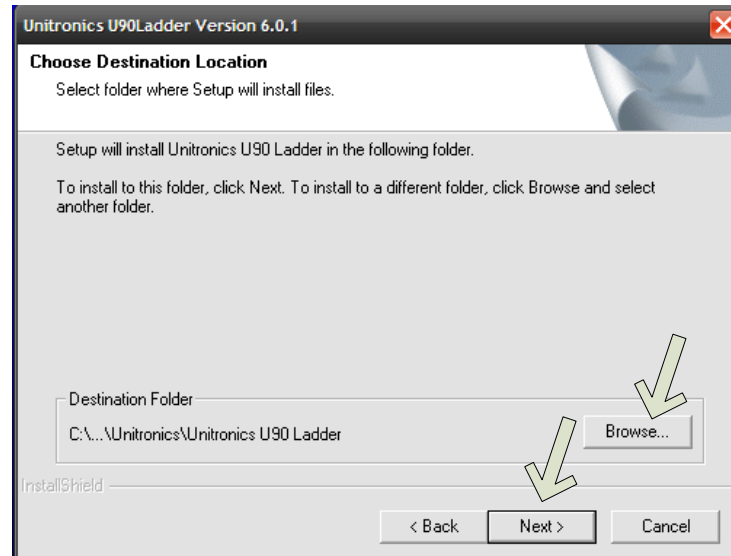


Gráfico N° 35. Pantalla de ubicación de la instalación del software
Referencia: Manual PLC Unitronics

Seguidamente se muestra la dirección electrónica de soporte técnico a sí como la página web del fabricante, continuamos presionando en next.



Gráfico N° 36. Pantalla de presentación del software

Referencia: Manual PLC Unitronics

A continuación se muestra el grupo de programas que se crearán al finalizar la instalación, presionamos en next para continuar.



Gráfico N° 37. Pantalla de creación de archivos de programa
Referencia: Manual PLC Unitronics

Antes de realizar la copia de archivos se muestra la ruta del programa, así como la versión del mismo, continuamos presionando en next.

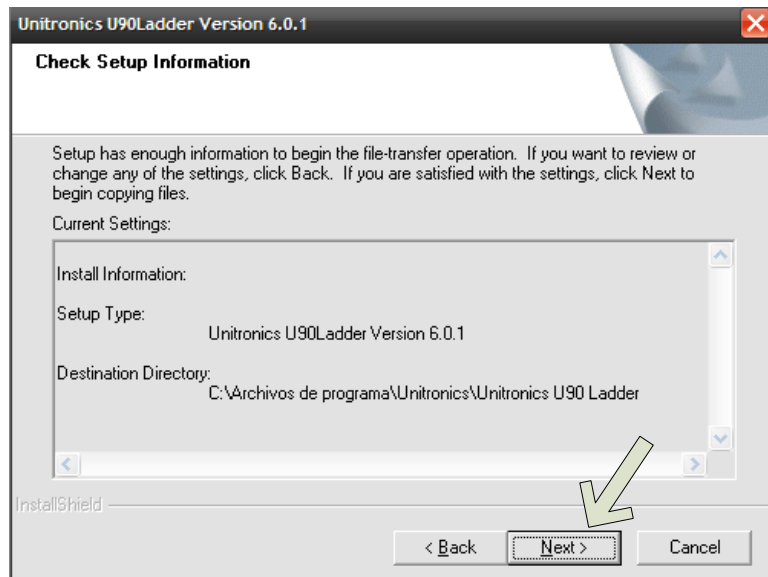


Gráfico N° 38. Pantalla de ubicación de los archivos de programa
Referencia: Manual PLC Unitronics

Luego se copiarán los archivos del programa, archivos del sistema necesarios para Windows, documentación del programa y ejemplos dados por el fabricante que pueden servir de mucha ayuda, finalmente nos da la opción de leer la información resumida acerca del programa o finalizar la instalación.

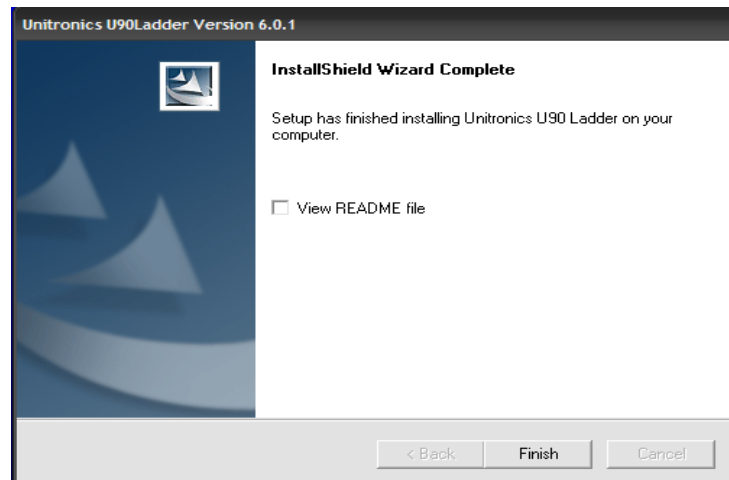


Gráfico N° 39. Pantalla Final de la instalación
Referencia: Manual PLC Unitronics

Los accesos directos que se crearán son:



:

Gráfico N° 40. Iconos del U90 Ladder.
Referencia: Manual PLC Unitronics

Acceso al software U90 Ladder, acceso al archivo de ayuda y la aplicación de desinstalación del software.

ANEXO 3

CONFIGURACIÓN INICIAL DEL LADDER

El primer paso es escoger el idioma preferencial, en nuestro caso el español,

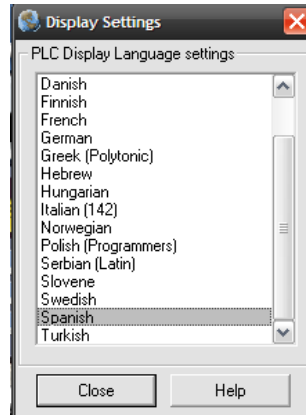


Gráfico N° 41. Configuración Inicial del U90 Ladder

Referencia: Manual PLC Unitronics

A continuación nos pedirá configurar el hardware del PLC, de acuerdo al modelo escogemos M91, luego M91-2-RA22

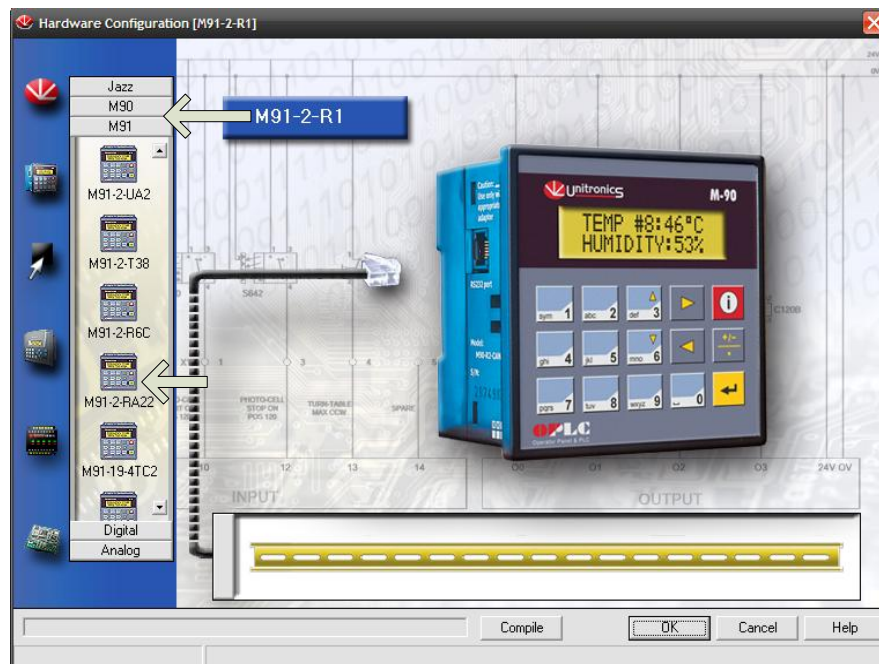


Gráfico N° 42. Selección del PLC M91

Referencia: Manual PLC Unitronics

También configuramos el módulo de entradas digital en nuestro caso escogiendo la opción DIGITAL luego de acuerdo al modelo de nuestro módulo, escogemos IO-DI8-RO4.

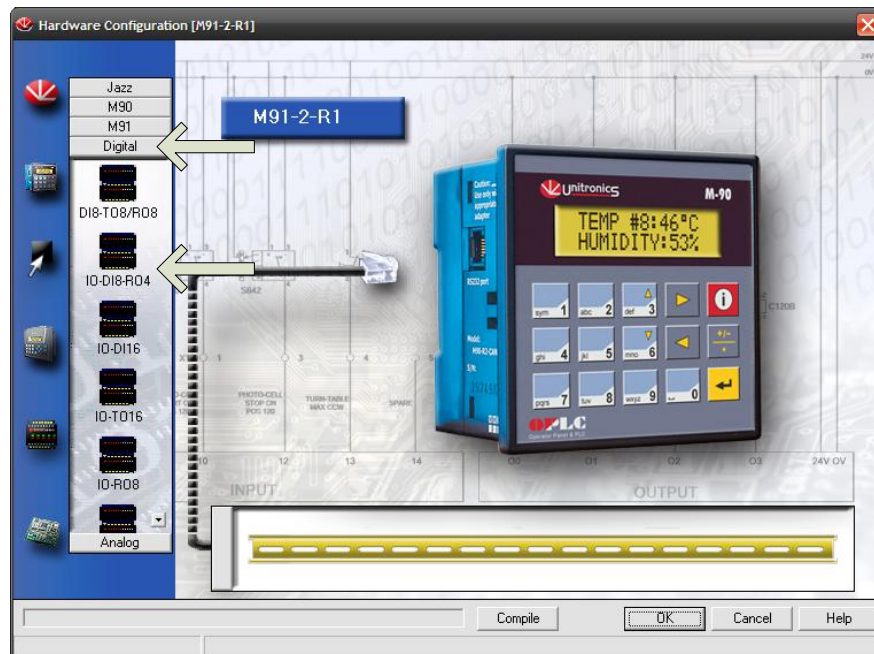


Gráfico N° 43. Selección del módulo de entradas digitales

Referencia: Manual PLC Unitronics

Ya en la interfaz del software, se puede configurar el puerto donde está conectado el PLC, en nuestro caso COM1, para ello ir al Menú Controlador y luego a PLC Ajustes.

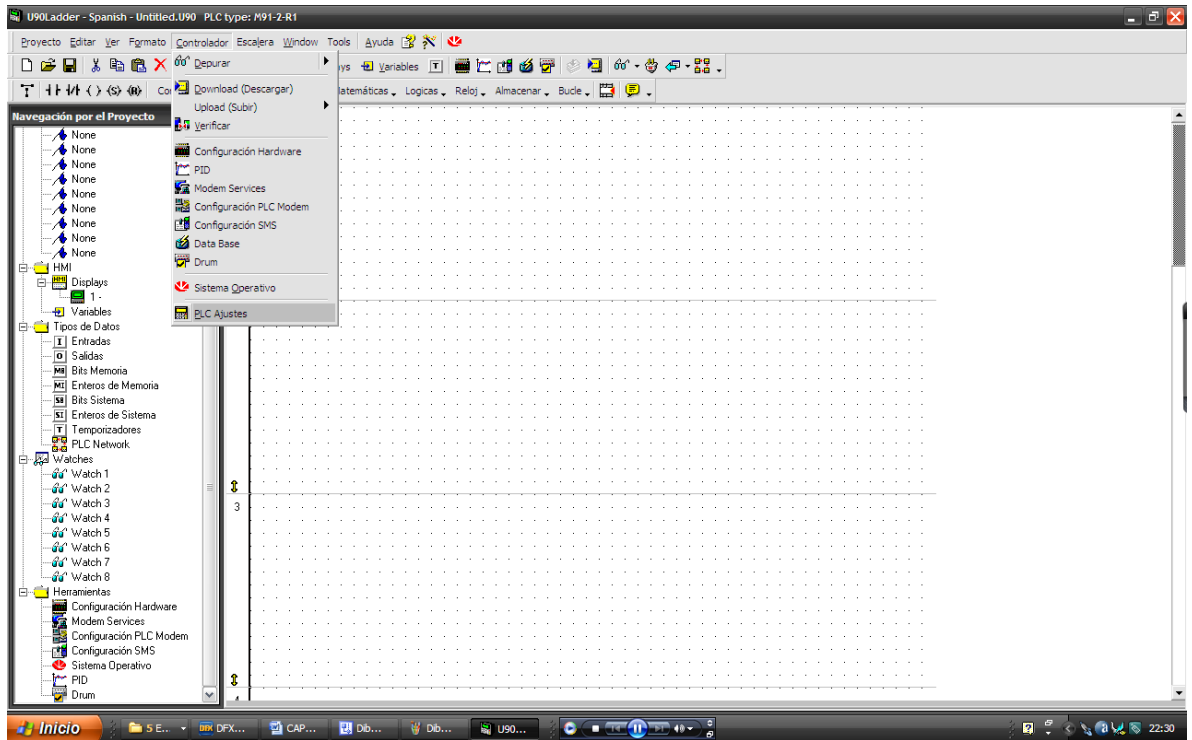


Gráfico N° 44. Ajustes del PLC
Referencia: Manual PLC Unitronics

Luego obtenemos la siguiente pantalla:

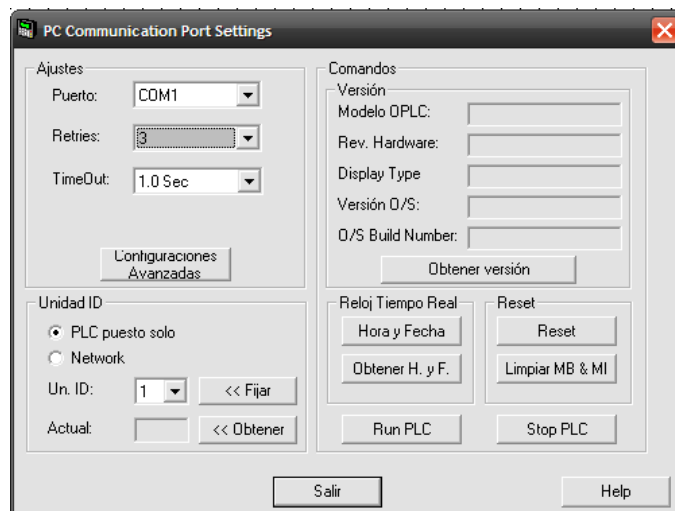


Gráfico N° 45. Ajuste del puerto COM
Referencia: Manual PLC Unitronics

Donde además del puerto podemos verificar la conexión con el plc presionando en Obtener versión, además colocarlo en modo de trabajo solo o en red y correr el software en el plc o detenerlo.

ANEXO 4

INSTALACIÓN DEL PCIM SCADA

Al correr el CD nos presenta la pantalla principal que nos muestra el software PCIM, así como utilidades incluidas en el mismo.



Gráfico N° 46. Pantalla Inicial del Software Scada.

Referencia: Manual PLC Unitronics

La siguiente pantalla nos muestra las opciones de: instalación del software, documentación, instalación de drivers y aplicaciones DEMO incluidas. Para proceder con la instalación escogemos Install P-CIM 7.70 SP2.



Gráfico N° 47. Pantalla Inicial del PCIM SCADA

Referencia: Manual PLC Unitronics

Se presenta la pantalla principal en la cual se escoge Next para continuar,

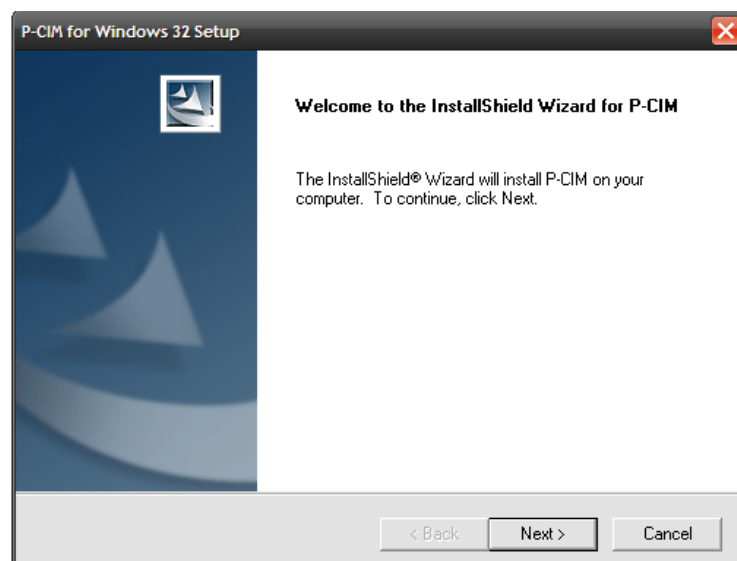


Gráfico N° 48. Pantalla de bienvenida del PCIM

Referencia: Manual PLC Unitronics

Seguidamente se muestra la carpeta destino donde se guardará el programa, teniendo la posibilidad de cambiarlo presionando en browse o continuar escogiendo NEXT.

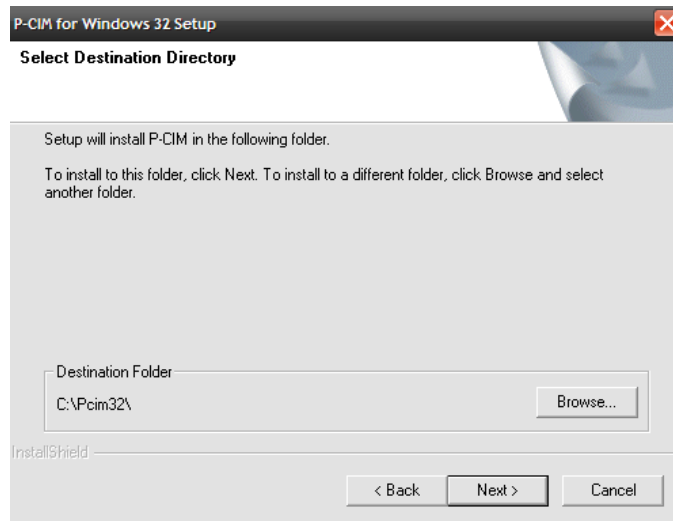


Gráfico N° 49. Directorio destino para la instalación del PCIM
Referencia: Manual PLC Unitronics

Luego se muestra la ruta en el menú de inicio y comenzando de esta manera la copia de archivos.

Finalmente de muestra la pantalla final que indica una instalación exitosa.

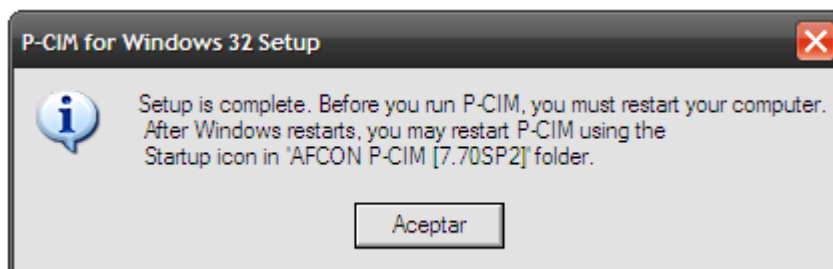


Gráfico N° 50. Pantalla Final de Instalación del PCIM
Referencia: Manual PLC Unitronics

Podemos reiniciar el pc para completar la configuración del sistema presionando en OK o caso contrario hacerlo después escogiendo la opción no en el cuadro de diálogo.



Gráfico N° 51. Pantalla para reiniciar el S.O.

Referencia: Manual PLC Unitronics

El grupo de programas, al ir a Inicio, programas se muestran en la figura

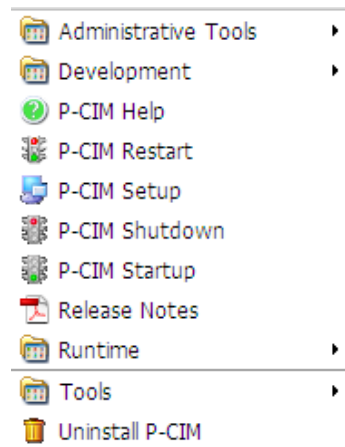


Gráfico N° 52. Grupo de Programas del software Pcim Scada

Referencia: Manual PLC Unitronics

ANEXO 5

CONFIGURACIÓN DEL DRIVER EN UN PROYECTO SCADA

Mediante el software de AFCON provisto en CD, ejecutamos la aplicación COMMUNICATION DRIVER



Gráfico N° 53. Configuración del Driver en el Pcim Scada

Referencia: Manual PLC Unitronics

1. Aparecen varios drivers correspondientes a varias marcas de PLC, en el presente caso buscamos el drivers del PLC Unitronics y hacemos en Install Driver.

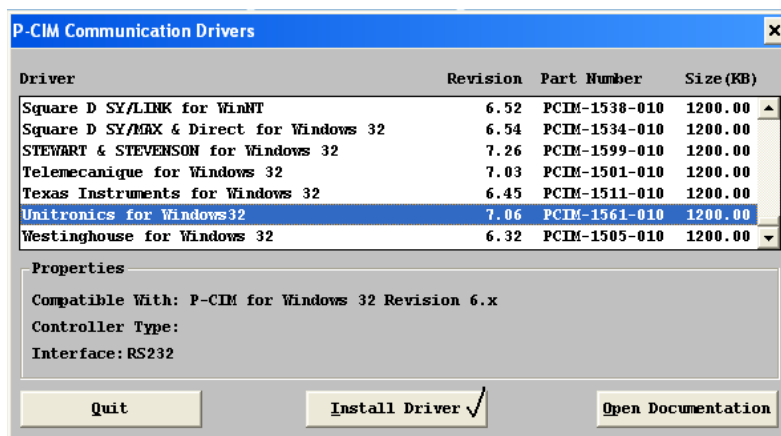


Gráfico N° 54. Instalación del driver Unitronics

Referencia: Manual PLC Unitronics

2. Seguidamente nos pedirá señalar el proyecto en el cual deseamos instalar el driver.
3. Continuamos con la instalación hasta su finalización.

Una vez instalado el driver procedemos a configurar el puerto, ingresando en la aplicación P-CIM Communication Setup, ubicado en el grupo de aplicaciones de PCIM SETUP.

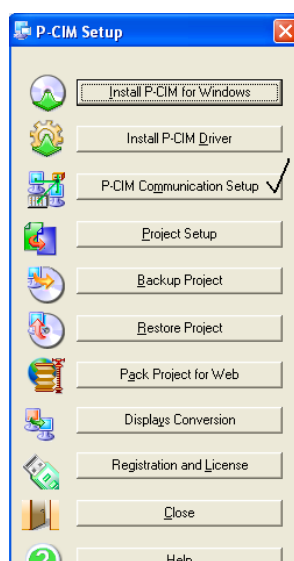


Gráfico N° 55. Configuración del puerto COM

Referencia: Manual PLC Unitronics

En la nueva ventana hacemos clic en NEW para agregar el puerto
UNITRO

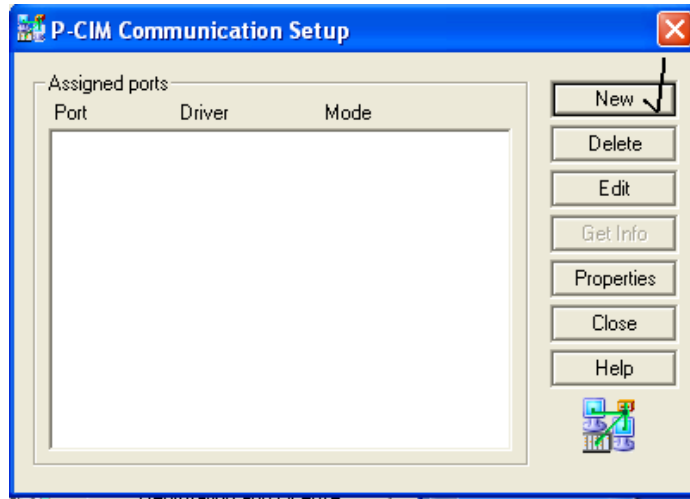


Gráfico N° 56. Creación de un nuevo Puerto de comunicación
Referencia: Manual PLC Unitronics

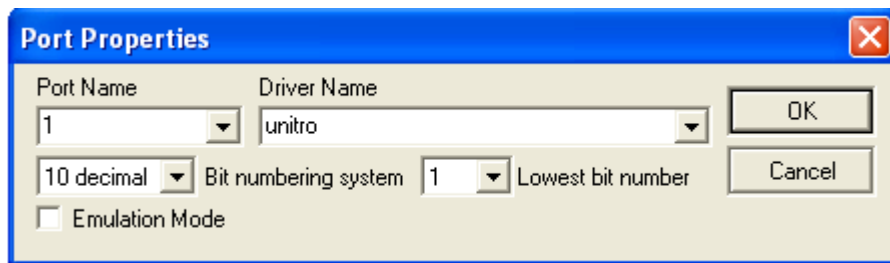


Gráfico N° 57. Propiedades del puerto de comunicación
Referencia: Manual PLC Unitronics

ANEXO 6

PROTOTIPO DEL TABLERO DE PRÁCTICAS

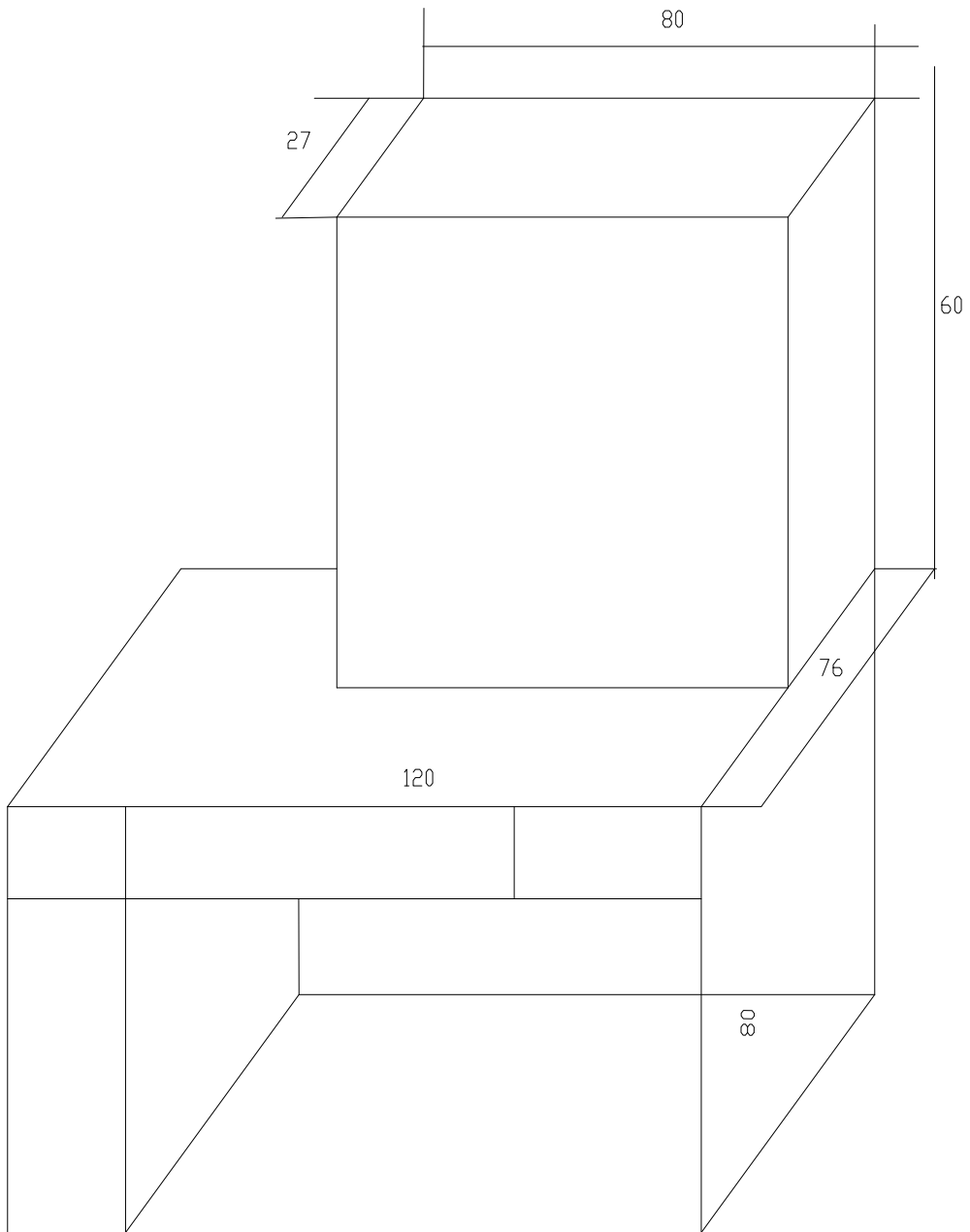


Gráfico N° 12. Diseño preliminar del banco

Referencia: diseñado por los autores

ANEXO 8
DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL BANCO

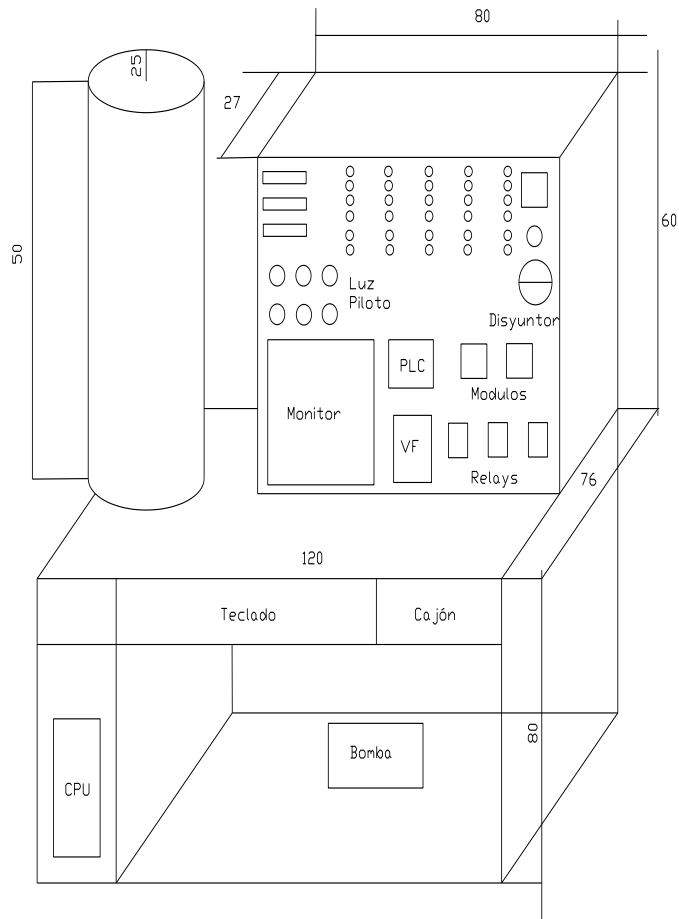


Gráfico N° 14. Ubicación de los elementos del banco
Referencia: Diseñado por los autores