

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA MENCIÓN EN SISTEMAS INDUSTRIALES

Tesis previa a la obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO CON MENCIÓN EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TEMA:

"Diseño e implementación de un entrenador de Instrumentación Industrial, con aplicación en los procesos de temperatura, presión y nivel."

AUTORES:

LUIS ALFREDO ROMERO RUGEL EDUARDO RAÚL QUEVEDO MAYA

DIRECTOR:

Ing. Luis Neira

Guayaquil – Ecuador Enero 2014

Declaratoria de Responsabilidad
"Los conceptos desarrollador, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusividad y responsabilidad de los autores."
Guayaquil, 10 de Enero del 2014
(f)Luis Romero Rugel
(f)

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mis padres Luis Romero De la Torre y Mercy

Rugel Rugel, quienes han estado a mi lado en todo momento y me han brindado los

recursos necesarios para culminar mi carrera. Les doy gracias por sus enseñanzas,

por su amor desinteresado y por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona,

estudiante y profesional.

Dedico también este gran logro a quienes se han convertido en mi nueva fuerza de

motivación y superación, por quienes he dado todo de mí para cosechar mis triunfos,

a mi adorada amiga, compañera de vida, mi esposa María Priscila y al sucesor de

todo lo que soy, de todo lo que tengo, mi primogénito y eternamente amado José

Luis por quienes daré mi vida entera de ser necesario para que nunca les falte nada.

Un agradecimiento muy especial para amigos que han estado apoyándome

silenciosamente, sin pedir nada a cambio con tal de ver realizados mis sueños.

Finalmente a mis profesores y amigos de siempre.

También quiero dedicar este logro a mis hermanos y sobrinos que los quiero mucho,

a mi familia, compañeros de aula y amigos, con los que pasé buenos y malos

momentos pero que con la ayuda de Dios supimos enfrentar todas las adversidades

que se nos presento.

Quis Alfredo Romero Rugel

Ш

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto final, primero que nada, a Dios por su constante apoyo

y motivación para continuar en este duro camino. Cuando todo parecía terminar en

un mal fin, el ponía su mano en mi hombro y me animaba con palabras de aliento,

que me motivaron a seguir adelante, por todo eso, gracias Dios.

También quiero darle las gracias a mi hermosa familia, por su apoyo incondicional, a

mi madre Julia Maya, a mi hermana Erika Quevedo y mi padre Eduardo Quevedo,

por ser mi fuente de inspiración para continuar hacia adelante, por que con su

ejemplo en valores y sobre todo por su inmedible amor, me ayudaron a continuar este

camino hacia el triunfo.

A mi compañera incondicional y novia Melissa Montalván, por inspirarme en

conseguir ese futuro ideal, porque juntos diseñamos nuestros objetivos, los que le

dan sentido a la relación que llevamos y juntos trazar el camino que queremos

conquistar, por las metas propuestas y el festejo de lo logrado.

Quiero agradecer a toda mi familia, mis tíos queridos, primos y compañeros que me

ayudaron directa o indirectamente de alguna manera, con sus palabras, con sus actos,

con sus buenos deseos, inspirándome con esa expectativa que tenían de verme

vencedor en este capitulo de mi vida.

A todos ustedes muchas gracias, y tengan por seguro que no me detendré aquí, que

seguiré sembrando triunfos de los cuales seguirán formando parte, para cuando

llegue el tiempo de verlos hechos realidad, disfruten conmigo como lo han hecho

ahora.

Gracias.

Eduardo Quevedo Maya.

IV

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis de ingeniería, que ha requerido de mucho esfuerzo y entera dedicación por parte de los autores y su director de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de muchas personas que mencionaremos a continuación.

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar entre nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido un soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Gracias a nuestros padres que con su amor nos dieron la vida y que nos motivaron a ser útiles ante la sociedad.

También queremos agradecer a nuestros familiares, amigos, a nuestros profesores de cátedra y principalmente a nuestro director de tesis Ing. Luis Neira.

ABSTRACT

AÑO	TÍTULO	ALUMNOS	DIRECTOR	TEMA DE TESIS
			DE TESIS	
Febrero	Ingeniero	Luis Romero	Ing. Luis Neira	Diseño, elaboración e
del 2014.	Electrónico	Eduardo Quevedo		implementación de un
	con			entrenador de
	Mención en			instrumentación industrial
	Sistemas			con aplicación en los
	Industriales.			•
				procesos de temperatura,
				presión y nivel.

La presente tesis: "DISEÑO, ELABORACIÓN E IMPLEMENTACION DE UN ENTRENADOR INDUSTRIAL CON APLICACIÓN EN LOS PROCESOS DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y NIVEL", se basa en aplicaciones específicas de control el cual está implementado con sensores, válvula proporcional, electroválvulas, transmisores de presión, temperatura, de nivel, PLC Compact Logix y HMI Panel View Component (Allen Bradley), etc. con el cual se puede realizar prácticas orientadas a la instrumentación, automatización, etc. La conexión entre de éstos (PLC y HMI) se los realiza a través del puerto Serial. La comunicación se la efectúa con el programa RSlinx.

Este proyecto se creó con la finalidad de que el estudiante se familiarice con la calibración de instrumentos de medición de temperatura, presión y nivel, aprenda a controlar y monitorear dichas variables las cuales son muy utilizadas en la industria, y que mediante la maqueta didáctica se realicen diferentes prácticas ganando destreza con los diversos elementos del módulo.

Al proyecto lo complementa un análisis desarrollado con experimentos y pruebas, que crean un sistema didáctico de prácticas para el estudiante de Ingeniería Electrónica.

Para la programación del PLC se utiliza el software RSLogic 5000 y para el del HMI se emplea el software Panel View Component.

Palabras Claves.

- ✓ Control y monitoreo de variables de temperatura, presión y nivel.
- ✓ Software Panel View Component de Allen Bradley.
- ✓ Software RSLogix 5000.
- ✓ Comunicación Ethernet.
- ✓ PLC Compact Logic 1500 L32E
- ✓ Hacer cambios en línea.
- ✓ Control PID.
- ✓ Bloque seco
- ✓ Válvula proporcional
- ✓ Transmisores análogos.

Fuente: Autores

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en la Universidad Politécnica Salesiana no existen suficientes equipos destinados a la calibración de instrumentos en las magnitudes de temperatura, presión y nivel.

A nivel mundial, las industrias deben someterse a normas de calidad que cada día son más exigentes para satisfacer a los requerimientos de los consumidores por lo que los procesos automáticos vienen con una serie de sensores, los cuales puede variar su funcionamiento pero jamás su propósito. Son estos equipos los que deben estar al 100% de su funcionalidad, para poder garantizar el resultado final y poder cumplir con todas las normas de calidad a las que la compañía sea sometida.

Con este proyecto de tesis, podemos explicar de mejor manera la criticidad de mantener las calibraciones de los instrumentos de medición influyentes en los diferentes procesos.

DELIMITACIÓN

Se realizará el estudio de instrumentación industrial en las magnitudes de temperatura, presión y nivel en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, en el ciclo lectivo del año 2014.

OBJETIVOS:

Objetivo General

➤ Proveer a la Universidad Politécnica Salesiana de un entrenador para procesos de temperatura, presión y nivel con tecnología actualizada y acorde con las cátedras que se imparten actualmente que permitan demostrar el funcionamiento de los dispositivos y controles más utilizados en la industria.

Objetivos Específicos.

- Familiarizarnos con nuevas marcas de instrumentación industrial como lo es Allen Bradley en lo que respecta a PLC y HMI.
- Diseñar e implementar un módulo didáctico industrial que permita adquirir las destrezas necesarias a los estudiantes para enfrentar un problema industrial.
- Explicar cuáles son los criterios de selección de un instrumento de medición industrial.
- Explicar cuáles son los criterios con los que se puede considerar dar de baja a un instrumento de medición industrial.
- Demostrar Teórica y prácticamente un control PID con las variables de temperatura y nivel mediante presión hidrostática.
- ➤ Desarrollar de manera práctica los conocimientos de los estudiantes en las diversas materias relacionadas a la automatización y al control de las variables temperatura y presión.

JUSTIFICACIÓN

Explicar a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana la importancia de los sistemas de gestión metrológica y de los sistemas de control automático, para que, el día que enfrenten un problema en la industria, sepan bajo qué criterio se deba tomar una decisión sin provocar el mayor impacto económico o de calidad para la organización.

ÍNDICE

CAPÍTULO I:

TEORÍA FUNDAMENTAL DEL PROYECTO

1.1	Controlador Lógico Programable.	24
1.1.1	Definición	24
1.1.2	Ventajas y desventajas	24
1.1.3	Campos de aplicación	25
1.1.4	Clasificación del PLC	25
1.1.4.1	Autómata compacto	26
1.1.4.2	Autómata semi modular	26
1.1.4.3	Autómata modular	27
1.1.5	Estructura de un PLC.	27
1.2	Variables de control de procesos.	29
1.3	Clasificación de los instrumentos.	30
1.3.1	Elementos primarios.	30
1.3.2	Transmisores	30
1.3.3	Indicadores Locales	30
1.3.4	Convertidores	31
1.4	Medidas de Presión.	31
1.4.1	Indicadores locales de Presión.	31
1.4.2	Interruptores de Presión.	32
1.4.3	Transmisores de Presión.	33
1.4.3.1	Transmisores de Presión Capacitivos	33
1.4.3.2	Transmisores de Presión Resistivos.	33
1.4.3.3	Transmisores de Presión Piezo eléctricos.	34
1.4.3.4	Transmisores de Presión Piezoresistivos o "StrainGage	34
1.4.3.5	Transmisores de Presión Equilibrio de Fuerzas	34
1.5	Medidas de Temperatura	35
1.5.1	Indicadores locales de Temperatura (termómetros)	36

1.5.2	Elementos Primarios de Temperatura	37
1.5.3	Termopares	37
1.5.4	Termorresistencias	38
1.5.5	Termopares o Termorresistencias.	39
1.5.6	Convertidores o Transmisores de Temperatura	40
1.5.7	Interruptores de Temperatura o Termostatos	41
1.5.8	Calibrador de bloque seco	41
1.6	Medidas de Nivel	42
1.6.1	Indicadores de Nivel de Vidrio	42
1.6.2	Indicadores de Nivel Magnéticos	43
1.6.3	Indicadores de Nivel con Manómetros.	44
1.6.4	Indicadores de Nivel de Cinta, regleta o flotador/ cuerda	44
1.6.5	Transmisores de Nivel por Presión Hidrostática y Diferencial	45
1.6.6	Transmisores de Nivel Capacitivos	45
1.6.7	Transmisores de Nivel Ultrasónicos	46
1.7	Sistemas de Medidas	46
1.7.1	Sistema Inglés	46
1.7.2	Sistema Internacional (SI)	47
1.8	Presión	48
1.8.1	Presión Atmosférica.	49
1.8.2	Vacío	50
1.8.3	Tipos de manómetros	50
1.9	Temperatura	50
1.10	Densidad	51
1.11	Bombas	52
1.11.1	Límites de una bomba	52
1.11.2	Componentes básicos	52
1.11.3	Perdidas de potencia en las bombas	52
1.11.4	Cavitación y Golpe de Ariete	53
1.11.4.1	Cavitación	53
1.11.4.2	Golpe de Ariete	54
1.12	Definiciones de control	55
1.12.1	Campo de medida	55

1.12.2	Alcance (Span)	55
1.12.3	Error	55
1.12.4	Error medio	56
1.12.5	Incertidumbre de la medida	56
1.12.6	Exactitud	57
1.12.7	Precisión	57
1.12.8	Zona muerta	57
1.12.9	Repetibilidad	57
1.12.10	Resolución	57
1.12.11	Linealidad	58
1.12.12	Fiabilidad	58
1.12.13	Ruido	58
1.12.14	Estabilidad	58
1.12.15	Temperatura de servicio.	58
1.12.16	Vida útil de servicio.	59
1.13	Control PID.	59
1.13.1	Significado del PID.	60
1.13.2	Proporcional	61
1.13.3	Integral	62
1.13.4	Derivativo	63
1.13.5	Ajuste empírico del PID con el método de Ziegler-Nichols	65
1.13.5.1	Primer método de Ziegler Nichols en lazo abierto	65
1.13.5.2	Segundo método de Ziegler Nichols en lazo cerrado	67
CAPÍTUL	O II:	
INTRODU	CCIÓN A LOS SOFTWARES DE PROGRAMACIÓN	
2.1	Introducción	70
2.2	Introducción al Rslinx	70
2.2.1	Iniciando el software de Programación Rslinx	70
2.3	Pasos para la comunicación.	71
2.4	Introducción al Rslogix 5000	75

2.4.1	Ventajas del programa RSlogix 5000 enfocado al proyecto	76
2.4.2	Iniciando el software de programación Rslogix 5000	76
2.5	Creando un nuevo proyecto con el controlador	77
2.6	Configuración del módulo de entradas	. 79
2.7	I/O Configuración	79
2.8	Agregar un nuevo Módulo	79
2.8.1	Características del Módulo seleccionado	80
2.9	Propiedad Generales del Módulo	80
2.9.1	Descripción de los comandos de la Fig. 2.19	81
2.10	Propiedades de conexión del módulo	81
2.11	Configuración del módulo de salidas	82
2.12	Propiedades generales del módulo de salidas digitales	84
2.12.1	Descripción de los comandos de la figura 2.20	. 85
2.13	Propiedades de la conexión del módulo de salidas digitales	. 85
2.14	Configuración del módulo de entradas análogas	86
2.15	Configuración del módulo de salidas análogas	89
2.16	Configuración del módulo de entradas – salidas análogas	92
2.17	Base de datos de tags del controlador	. 96
2.18	Creación de alias con el software RSlogix 5000	98
2.19	Creación de lenguaje Ladder	. 100
2.20	Grabar el programa	101
2.21	Descarga del proyecto Rslogix 5000 al controlador	101
CAPÍTUI	LO III:	
IMPLEM	ENTACIÓN DEL PROYECTO Y MONTAJE DE LOS EQUI	POS
3.1	Estructura del proyecto.	106
3.2	Protocolos de comunicación usados en nuestra aplicación	107
3.3	Principio de funcionamiento del proyecto	108
3.3.1	Implementación neumática	108
3.3.2	Implementación del control de temperatura	111
3.3.3	Banco de pruebas	112

3.3.3	Implementación mecánica	115
3.3.5	Montaje y dimensiones de los tanques de la maqueta didáctica.	116
3.3.6	Montaje de los equipos	116
3.3.7	Implementación eléctrica	118
3.4	Pantallas creadas en el HMI.	119
3.5	Programación del proyecto	133
3.5.1	Programación de subrutina principal	133
3.5.2	Programación de selección de prácticas	134
3.5.3	Programación de subrutina de entradas digitales	136
3.5.4	Programación de subrutina de salidas digitales	137
3.5.5	Programación de subrutina de entradas análogas	139
3.5.6	Programación de subrutina de salidas análogas	139
3.5.7	Descripción de tags	140
3.5.8	Programa del PLC Práctica 1	142
3.5.9	Programa del PLC Práctica 2	143
3.5.10	Programa del PLC Práctica 3	144
3.5.11	Programa del PLC Práctica 4.	145
3.5.12	Programa del PLC Práctica 5	145
3.5.13	Programa del PLC Práctica 6.	147
3.5.14	Programa del PLC Práctica 7A	148
3.5.15	Programa del PLC Práctica 7B	150
3.5.16	Programa del bloque PID.	151
CAPÍTU	LO IV:	
DESARI	ROLLO DE LAS PRÁCTICAS DIDÁCTICAS	
4.1	Práctica 1: Calibración de manómetro	155
4.1.1	Objetivos	155
4.1.2	Materiales	155
4.1.3	Recomendaciones generales	156
4.1.4	Inicio de la práctica	156
4.2	Práctica 2: Calibración de presostato	160

4.2.1	Objetivos	160
4.2.2	Materiales	160
4.2.3	Recomendaciones generales	16
4.2.4	Inicio de la práctica	16
4.3	Práctica 3: Calibración de transmisor de presión	164
4.3.1	Objetivos	164
4.3.2	Materiales	16
4.3.3	Recomendaciones generales	16
4.3.4	Inicio de la práctica	16
4.4	Práctica 4: Calibración de termómetro	169
4.4.1	Objetivos	169
4.4.2	Materiales	169
4.4.3	Recomendaciones generales	169
4.4.4	Inicio de la práctica	170
4.5	Práctica 5: Calibración de termostato	17
4.5.1	Objetivos	17
4.5.2	Materiales	17
4.5.3	Recomendaciones generales	17
4.5.4	Inicio de la práctica	17
4.6	Práctica 6: Calibración de transmisor de temperatura	17
4.6.1	Objetivos	17
4.6.2	Materiales	17
4.6.3	Recomendaciones generales	17
4.6.4	Inicio de la práctica	17
4.7	Práctica 7A: Control de nivel con PID	18
4.7.1	Objetivos	18
4.7.2	Materiales	18
4.7.3	Recomendaciones generales	18
4.7.4	Inicio de la práctica	18
4.8	Práctica 7B: Control de temperatura con PID	18
4.8.1	Objetivos	18
4.8.2	Materiales	18
4.8.3	Recomendaciones generales	18

CAPÍTULO V:

ANEXOS

A.1	Especificaciones técnicas de Bomba 1 Paolo	187
A.2	Especificaciones técnicas de Bomba 2 Paolo	187
A.3	Especificaciones técnicas válvula solenoide Granzow	188
A.4	Especificaciones técnicas válvula proporcional Norgren	189
A.4.1	Características	189
A.5	Ficha técnica transmisor de temperatura	192
A.5.2	Conexión del transmisor de temperatura con la PT100	193
A.6	Ficha técnica relé de estado sólido	194
A.7	Ficha técnica calibrador de temperatura TermoWorks	194
A.8	Ficha técnica transmisor de presión Endress + Hausser	196
A.8.1	Descripción	196
A.8.2	Componentes de un sistema medidor de presión	197
A.8.3	Principio de funcionamiento.	197
A.8.4	Operación de las teclas del instrumento	198
A.8.5	Instalación	198
A.8.6	Conexión eléctrica.	201
A.9	Transmisor de nivel Krones.	205
A.9.1	Descripción	205
A.9.2	Características técnicas.	206
A.9.3	Instalación	206
A.10	Resistencia eléctrica tubular sumergible	206
A.11	PLC Compact Logix 5000 serie L32E Allen Bradley	207
A.11.1	Descripción	208
A.11.2	Ventajas PLC Compact Logix Allen Bradley	209
A.12	Módulos a utilizar	210
A.13	PanelView Component C600	211

A.14	Certificado de calibración transmisor de nivel	213
A.15	Certificado de calibración transmisor de presión patrón	214
A.16	Certificado de calibración bloque seco	215
A.17	Certificado de calibración transmisor de temperatura	216
A.18	Presupuesto del proyecto	217
A.19	Planos eléctricos	218
A.20	Bibliografía	234
ÍNDICE D	DE FIGURAS	
Fig. 1.1	Controlador lógico programable	24
Fig. 1.2	Logo	26
Fig. 1.3	Autómata TSX Micro de Telemecanique	26
Fig. 1.4	PLC Mitsubishi	27
Fig. 1.5	Estructura interna de un PLC.	28
Fig. 1.6	Control de procesos en forma manual	29
Fig. 1.7	Tubo de bourdon	32
Fig. 1.8	Manómetro de diafragma	32
Fig.1.9	Presostato	33
Fig.1.10	Transmisor de presión	35
Fig. 1.11	Termómetro de carátula	36
Fig.1.12	Calibrador de bloque seco.	41
Fig.1.13	Indicador de nivel magnético	43
Fig.1.14	Interruptor de nivel flotador	44
Fig.1.15	Transmisor de nivel ultrasónico	40
Fig. 1.16	Manómetro tipo bourdon	50
Fig. 1.17	Termómetro análogo	55
Fig. 1.18	Manómetro	58
Fig. 1.19	Diagrama de bloque de un control PID	60
Fig 1.20	Proporcional	62
Fig. 1.21	Diagrama integral	63
Fig. 1.22	Derivativo	65

Fig. 1.2.3	Curva de respuesta.
Fig. 1.24	Curva de respuesta del sistema.
Fig. 1.25	Gráfica de un sistema oscilatorio sostenido Ziegler-Nichols
Fig. 2.1	Ventana principal de la aplicación Rslinx
Fig. 2.2	Convertidor USB-DB9
Fig. 2.3	Pantalla de inicio a Rslinx
Fig. 2.4	Barra principal RSlinx 2.4
Fig. 2.5	Ventana Configure Drivers
Fig. 2.6	Ventana Available Driver Types
Fig. 2.7	Ventana Add New RSlinx Driver
Fig. 2.8	Ventana Configure RS-232 DF1 Devices
Fig. 2.9	Ventana Conflicto en el Puerto Serial.
Fig. 2.10	Configure Drivers.
Fig. 2.11	Ventana Principal de la aplicación RSlogix 5000
Fig. 2.12	Iniciando el Software de programación RSlogix 5000
Fig. 2.13	Creando un nuevo proyecto en el Controlador
Fig. 2.14	Selección del tipo de controlador
Fig. 2.15	Proyecto Nuevo.
Fig. 2.16	Ventana I/0 Configuración
Fig. 2.17	Agregar un nuevo módulo
Fig. 2.18	Selección del tipo de Módulo
Fig. 2.19	Ventana Módulo Propiedades General
Fig. 2.20	Ventana de Módulo Propiedades Conexión
Fig. 2.21	Configuración del módulo de salidas digitales
Fig. 2.22	Ventana Compact bus Local.
Fig. 2.23	Selección del tipo de módulo análogo
Fig. 2.24	Ventana módulo propiedades general
Fig. 2.25	Ventana módulo propiedades, conexión
Fig. 2.26	Configuración de módulo de entradas análogas
Fig. 2.27	Ventana Compact Bus Local
Fig. 2.28	Selección del tipo de módulo analógico
Fig. 2.29	Descripción del módulo analógico.
Fig. 2.30	Ventana conexión del módulo.

Fig. 2.31	Tipo de señal de entrada.
Fig. 2.32	Configuración de módulo de salidas análogas
Fig. 2.33	Ventana Compact Bus Local
Fig. 2.34	Selección del tipo de módulo análogo
Fig. 2.35	Descripción del módulo análogo
Fig. 2.36	Ventana conexión del módulo
Fig. 2.37	Tipo de señal de entrada
Fig. 2.38	Configuración de módulo de entradas-salidas análogas
Fig. 2.39	Ventana Compact Bus Local
Fig. 2.40	Selección del tipo de módulo analógico
Fig. 2.41	Descripción del módulo I_O analógico
Fig. 2.42	Ventana conexión del módulo
Fig. 2.43	Tipo de señal de entrada
Fig. 2.44	Control de Tags.
Fig. 2.45	Local tags
Fig. 2.46	Configuración del módulo
Fig. 2.47	Localización Slot.
Fig. 2.48	Creación de Nuevo Tag.
Fig. 2.49	Descripción de Nuevo Tag
Fig. 2.50	Crear alias de un tag
Fig. 2.51	MainRoutime.
Fig. 2.52	Lógica escalera.
Fig. 2.53	Descarga del proyecto Rslogix 5000 al controlador
Fig. 2.54	Descarga del proyecto.
Fig. 2.55	Ventana 1 Descarga del proyecto al controlador
Fig. 2.56	Ventana 2 Descarga del proyecto al controlador
Fig. 2.57	Procesador en Run.
Fig. 3.1	Módulo 1769-ENBT
Fig. 3.2	Fuente de aire comprimido de 7 a 9 bares
Fig. 3.3	Esquema de control de presión en el sistema de lazo cerrado
Fig. 3.4	Válvula reguladora de presión de aire
Fig. 3.5	Curva característica de una vñalvula IP
Fig. 3.6	Transmisor de presión E+H

Fig. 3.7	Esquema de control de temperatura en el sistema de lazo abierto
Fig. 3.8	Bloque seco usado en las prácticas de temperatura
Fig. 3.9	Esquema de funcionamiento bloque seco
Fig. 3.10	Transmisor de temperatura
Fig. 3.11	Banco de pruebas de Maqueta didáctica
Fig. 3.12	Válvula proporcional y transmisor de presión
Fig. 3.13	Presostato y unidad de manteniminto
Fig. 3.14	Compresor de aire
Fig. 3.15	Bloque seco.
Fig. 3.16	Tanque 1 con instrumentación
Fig. 3.17	Bombas
Fig. 3.18	Es.tructura mecánica, base y soporte
Fig. 3.19	Estructura de los tanque
Fig. 3.20	Ubicación de equipos 1
Fig. 3.21	Ubicación de equipos
Fig. 3.22	Montaje de electroválvulas
Fig. 3.23	PLC Rockwell Compact Logix
Fig. 3.24	Variador Sinamics G110 de Siemens.
Fig. 3.25	Pantalla principal HMI
Fig. 3.26	Pantalla menú de prácticas
Fig. 3.27	Pantalla prácticas de presión.
Fig. 3.28	Pantalla Calibración de Manómetro
Fig. 3.29	Pantalla Calibración de Manómetro 2C primer ciclo
Fig. 3.30	Pantalla Calibración de Manómetro 2C segundo ciclo
Fig. 3.31	Pantalla Error Manómetro.
Fig. 3.32	Pantalla calibración presostato.
Fig. 3.33	Pantalla calibración transmisor de presión
Fig. 3.34	Pantalla Calibración Transmisor de presión 2C primer ciclo
Fig. 3.35	Pantalla Calibración Transmisor de presión 2C segundo ciclo
Fig. 3.36	Pantalla Errores Transmisor de presión
Fig. 3.37	Pantalla prácticas temperatura
Fig. 3.38	Pantalla calibración termómetro
Fig. 3.39	Pantalla calibración termómetro 1 ciclo

Fig. 3.40	Pantalla tabla de errores termómetro	12'
Fig. 3.41	Pantalla calibración de termostato	12
Fig. 3.42	Pantalla calibración transmisor de temperatura	128
Fig. 3.43	Pantalla calibración transmisor de temperatura 1 ciclo	128
Fig. 3.44	Pantalla de errores transmisor de temperatura	129
Fig. 3.45	Pantallas prácticas general	129
Fig. 3.46	Pantalla práctica PID nivel	13
Fig. 3.47	Pantalla calibración manómetro 1 ciclo	13
Fig. 3.48	Pantalla errores manómetro 1 ciclo	13
Fig. 3.49	Pantalla práctica PID temperatura	13
Fig. 3.50	Pantalla calibración transmisor presión 1 ciclo	13
Fig. 3.51	Pantalla tabla de errores transmisor presión 1 ciclo	13
Fig A.1	Bomba de agua Paolo	18
Fig A.2	Bomba de agua 2 Paolo	18
Fig A.3	Válvula Solenoide	18
Fig A.4	Válvula proporcional Norgren modelo VP50	18
Fig A.5	Figura de terminales de conexión	19
Fig A.6	Reconocimiento del tipo de válvula.	19
Fig A.7	Transmisor de temperatura marca Wika T19.30.1P0-1	19
Fig A.8	Conexión del transmisor de temperatura PT100	19
Fig A.9	PT100	19
Fig A.10	Relé de estado sólido	19
Fig A.11	Calibrador de temperatura DryWell 3004	19
Fig A.12	Transmisor de presión Endress + Hausser PMC 631	19
Fig A.13	Componentes de un sistema de medición de presión	19
Fig A.14	Funcionamiento de transmisor de presión	19
Fig A.15	Uso de teclas de ajuste	19
Fig A.16	Modo de instalar transmisor de presión en gases	19
Fig A.17	Modo de instalar transmisor de presión en gases 2	19
Fig A.18	Modo de instalar. transmisor de presión en vapor	19
Fig A.19	Modo de instalar transmisor de presión en vapor 2	20
Fig A.20	Rotación de la base	20
Fig A.21	Instalación eléctrica en transmisor de presión Cerabar S	20

Fig A.22	Presostato .Festo modelo 175250	201
Fig A.23	Conector acodado	202
Fig A.24	Transmisor de nivel Krones	205
Fig A.25	Instalación de transmisor de presión hidrostática	206
Fig A.26	Resistencia tubular	206
Fig A.27	PLC Compact Logix L32E Allen Bradley	208
Fig A.28	Conexión cable RS-232.	208
Fig A.29	Colocación de módulos	210
Fig A.30	Descripción de componentes PanelView C600	211
ÍNDICE	DE TABLAS	
Tab. 1.1	Tabla de termopares.	38
Tab. 1.2	Termorresistencias	39
Tab. 1.3	Rtd de platino vs Termopar	40
Tab. 1.4	Unidades de medidas inglesas	47
Tab. 1.5	Sistema Internacional (SI)	48
Tab. 1.6	Aproximaciones de presión más comunes	49
Tab. 1.7	Ejemplo de pérdidas de presión	53
Tab. 1.8	Parámetro PID de respuesta escalón de Ziegler-Nichols	67
Tab. 1.9	Parámetros de PID segundo método Ziegler.Nichols	68
Tab. 3.1	Dimensiones y Capacidades de los Tanques y maqueta didáctica	116

CAPÍTULO I

TEORÍA FUNDAMENTAL DEL PROYECTO

CAPÍTULO I TEORÍA FUNDAMENTAL DEL PROYECTO

1.1 Controlador Lógico Programable (PLC)



Figura 1.1 Controlador Lógico Programable

Fuente: www.ab.rockwellautomation.com/es/Programmable
Controllers/MicroLogix-1400

1.1.1 Definición

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo realduro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

1.1.2 Ventajas y desventajas

Entre las principales ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos debido a que no es necesario dibujar el esquema de contactos
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación

- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el PLC queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Entre los inconvenientes podemos citar:

• El adiestramiento de técnicos y su costo. Al día de hoy estos inconvenientes se van haciendo cada vez menores, ya que todos los PLC comienzan a ser más sencillos de programar, algunos se los programa con símbolos. En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay Controladores Lógicos Programables para todas las necesidades y a precios ajustados.

1.1.3 Campos de aplicación

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.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Maniobra de máquinas.
- Señalización y control.

1.1.4 Clasificación del PLC

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, se dividen en:

Autómata compacto

Autómata semimodular

Autómata modular

1.1.4.1 Autómata compacto

Son de estructura compacta. Incorporan en la unidad central los módulos entrada – salida e incluso el acoplador de comunicaciones. Ejemplos de estos autómatas son el LOGO de Siemens. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.



Figura 1.2 LOGO (Ejemplo de autómata compacto)

Fuente: www.spanish.alibaba.com/product-free/siemens-logo-6ed-1052

1.1.4.2 Autómata semimodular

Separa las E/S del resto del Controlador Lógico Programable, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S. Este tipo está limitado en sus posibilidades de ampliación, su potencia de proceso, aunque superior a los compactos es también limitado.



Figura 1.3 Autómata TSX Micro de Telemecanique (semimodular)

Fuente: www.cl.rsdelivers.com/product/telemecanique/tsx3721001

1.1.4.3 Autómata modular

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el PLC como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. Son los PLC de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.



Figura 1.4 PLC Mitsubishi (Autómata modular)

Fuente: www.mewdevenezuela.com/productos/plc/PLCModularesQ.htm

1.1.5 ESTRUCTURA DE UN PLC

Un PLC está constituido básicamente por los siguientes elementos:

- Fuente de Alimentación.- La cual proporciona los voltajes necesarios para el funcionamiento del sistema
- Unidad Central de Proceso (CPU).-Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.
- **Memorias.**-Existen varios tipos de memorias:

RAM. Memoria de lectura y escritura.

ROM. Memoria de solo lectura, no reprogramable.

EPROM. Memoria de solo lectura, reprogramables con borrado por ultravioletas.

EEPROM. Memoria de solo lectura, alterables por medios eléctricos.

- Interface de entrada.- Permiten conectar a los autómatas captadores de tipo todo o nada como por ejemplo sensores, pulsadores en el caso de entradas digitales, y transmisores de presión, temperatura, nivel, etc, en el caso de entradas análogas.
- Interface de salida.- Permite al autómata programable actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admitan ordenes del tipo todo o nada como
 por ejemplo, contactores, válvulas solenoides, etc, en el caso de salidas
 digitales, y control de variadores de velocidad, control de válvulas
 proporcionales, etc, en el caso de salidas análogas.
- Unidad de programación.- Es el programa que se diseña en el cual va todas las lógicas y condiciones para que funcione nuestro sistema.
- **Interface de comunicación.-** Es un medio de comunicación entre todos los módulos de expansión del PLC.

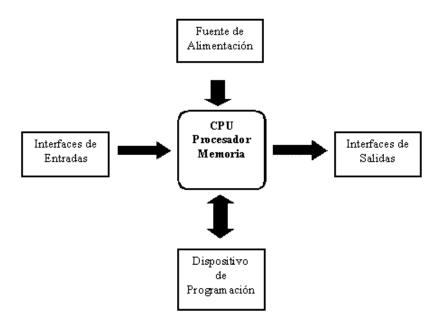


Figura 1.5 Estructura Interna de un PLC

Fuente: Autores

1.2 Variables de control de procesos.

En todos los procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etcétera. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio podría realizar.

En los inicios de la era industrial, el operario llevaba a cabo un control manual de estas variables utilizando solo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales etc., control que era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos.

Sin embargo, la gradual complejidad con que estos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control. Estos instrumentos han ido liberando al operario de su función de actuación física directa en la planta y al mismo tiempo, le han permitido una labor única de supervisión y de vigilancia del proceso desde centros de control situados en el propio proceso o bien en salas aisladas separadas; así mismo, gracias a los instrumentos ha sido posible fabricar productos complejos en condiciones estables de calidad y de características semejantes, condiciones que al operario le serian imposibles o muy difíciles de conseguir, realizando exclusivamente un control manual.



Fig. 1.6 Control de Procesos en forma manual

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

El libro de Instrumentación de Control de Procesos de Juan Carlos Maraña nos presenta una definición muy acertada de lo que es la clasificación de los instrumentos de control.

1.3 Clasificación de los instrumentos

1.3.1 Elementos Primarios

Son aquellos instrumentos que están en contacto con el fluido o variable, utilizando o absorbiendo energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta a la variación de la variable controlada. Los ejemplos más típicos son la placa orificio y los elementos de temperatura (termopares o termoresistencias). Cabe indicar que a los instrumentos compactos como manómetros, termómetros, transmisores de presión, etcétera, ya se supone que el elemento primario está incluido dentro del propio instrumento¹

1.3.2 Transmisores

Son aquellos instrumentos que captan la variable de proceso, generalmente pueden ser a través de un elemento primario, y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3-15 psi), electrónica (4-20mA), pulsos protocolizados (hart) o bus de campo (FieldbusFoundation, Profibus, etc.). Estos instrumentos dan una señal continua de la variable de proceso.

Dentro de los transmisores los hay ciegos (sin indicador local) y con indicador local incorporado.²

1.3.3 Indicadores Locales

Son aquellos que captan la variable de proceso y la muestran en una escala visible localmente. Los indicadores locales más utilizados son los manómetros (presión), termómetros (temperatura), rotámetros (caudal), etc. Normalmente estos instrumentos no llevan electrónica asociada, aunque también se consideran indicadores locales a los indicadores electrónicos conectados a los transmisores. Estos últimos pueden ser analógicos o digitales.³

¹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.18.

²MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.18.

³MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.18.

1.3.4 Convertidores

Son aquellos instrumentos que reciben un tipo de señal de un instrumento y la modifica a otro tipo de señal.

Pueden ser convertidores de señal neumática a electrónica, de mili voltios a miliamperios, de señal continua a tipo de contacto, etc. Se usan habitualmente por necesidades de los sistemas de control homogeneización.⁴

1.4 Medidas de Presión

La medición de presión es una de las variables más utilizadas en los procesos industriales.

Las medidas de presión comúnmente utilizadas en la industria son:

Presión relativa o manométrica

Presión absoluta

Presión diferencial

"En cuanto a las unidades utilizadas para las presiones, las más utilizadas son bar, kg/cm, mm.c.a, para la mayoría de los procesos. En proyectos americanos la unidad de presión por excelencia es el Psi." 5

"Para definir la clasificación de las diferentes tecnologías, diversos autores utilizan diferentes clasificaciones cada una de ellas basadas en diferentes conceptos. Una clasificación acorde con las prácticas más habituales de utilización es la siguiente clasificación."6

1.4.1 Indicadores Locales de Presión

Los indicadores de presión o manómetros más utilizados son los basados en el tubo "bourdon". El tubo bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, este tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora. El metal solo se puede deformar dentro de un rango limitado para evitar la deformación permanente. El material habitualmente utilizado suele ser acero inoxidable o aleaciones especiales tipo hastelloy o monel. Los rangos de utilización son desde 0 bar a cientos de bar.⁷

⁴MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.19.

⁵MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.20.

⁶MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.20.

⁷MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.20.

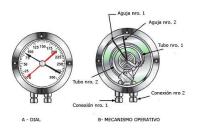


Fig. 1.7 Tubo de Bourdon

Fuente: Internet / /www.sapiensman.com/neumatica/images/Bourdon1

Otra tecnología de medición local de presión, es con la utilización de manómetros de diafragma. El diafragma consiste en una o varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. Al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cero del instrumento. Se suelen emplear para pequeñas presiones.⁸



Fig. 1.8 Manómetro de Diafragma
Fuente: Internet / www. Manómetro tipo diafragma

1.4.2 Interruptores de presión

"Los interruptores de presión o presostatos, utilizan las mismas tecnologías que los manómetros, con la diferencia que se les incluye un contacto eléctrico calibrado a un valor de la presión llegada a dicho valor."

⁸MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.20.

⁹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.21.



Fig. 1.9 Presostato

Fuente: Internet / www.frielectric.com/images/Presostato

1.4.3 Transmisores de Presión

Este tipo de instrumentos de presión convierten la deformación producida por la presión en señales eléctricas. Tiene la necesidad de incluir una fuente de alimentación eléctrica, mientras que tiene como ventaja las excelentes características dinámicas, es decir, el menor cambio producido por deformación debida a la presión, es suficiente para obtener una señal perfectamente detectable por sensor. ¹⁰

A continuación se relata las tecnologías más habituales para los transmisores de presión y diferencial.

1.4.3.1 Transmisores de Presión Capacitivos

Son instrumentos que se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas. De este modo se tiene dos condensadores, uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable. Tienen un tamaño reducido, son robustos y adecuados para medidas estáticas y dinámicas. La precisión es el orden de 0.2 – 0.5% (bastante buena).

1.4.3.2 Transmisores de Presión Resistivos.

Son instrumentos que se consisten en un elemento elástico (tubo bourdon o capsula), que varia la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. Son instrumentos sencillos y la señal de salida es potente, por lo que no requiere de amplificación.

¹⁰MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.21.

¹¹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.21.

Son insensibles a pequeñas variaciones, sensibles a vibraciones y tienen peor estabilidad que otras tecnologías. La precisión es del orden de 1-2% (bastante baja). 12

1.4.3.3 Transmisores de Presión Piezoeléctricos

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión generan una señal eléctrica. Son elementos ligeros, de pequeño tamaño y construcción robusta. Son sensibles a los cambios de temperatura y requieren de amplificadores de señal. La estabilidad en el tiempo es bastante pobre. ¹³

1.4.3.4 Transmisores de Presión Piezoresistivos o "StrainGage"

Están basados en la variación de longitud y diámetro, y por lo tanto de resistencia que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión. El hilo o galga forma parte de un puente de Wheatstone, que cuando está sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente. Una innovación de esta tecnología lo constituyen los transductores de presión de silicio difundido, al que se le añade microprocesadores para añadir inteligencia al instrumento. La precisión es del orden de 0.2%. 14

1.4.3.5 Transmisores de Presión de Equilibrio de Fuerzas

En estos transmisores el elemento mecánico de medición (tubo bourdon, espiral, fuelle, etc.) ejerce una fuerza sobre una barra rígida del transmisor. Para cada valor de presión, la barra adopta una posición determinada excitándose un transductor de desplazamiento tal como un detector de inductancia, un transformador diferencial o un detector fotoeléctrico.

Un circuito oscilador asociado con cualquiera de estos detectores alimenta una unidad magnética y la fuerza generada reposiciona la barra de equilibrio de fuerzas. Se caracteriza por tener un movimiento muy pequeño de la barra de equilibrio, poseen realimentación, buena elasticidad y alto nivel de señal de salida. Son sensibles a las

¹²MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

¹³MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

¹⁴MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

vibraciones, por lo que su estabilidad es pobre. Su precisión es del orden de 0,5-1%. 15



Fig.1.10 Transmisor de Presión

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

1.5 Medidas de Temperatura

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una compresión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado. 16

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases);
- Variaciones de resistencia de un conductor (sondas de resistencia);
- Variaciones de resistencia de un semiconductor (termistores);
- F.e.m creada en la unión de dos metales distintos (termopares);

¹⁵MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

¹⁶MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.37.

- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación);
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal.).

Al igual que casi todas las variables de proceso, las limitaciones de las diferentes tecnologías de medición dependen de la precisión requerida, velocidad de respuesta, condiciones del proceso, etc. A diferencia de otras mediciones, cabe mencionar que las medidas de temperatura, en general, tienen una inercia bastante más elevada que otras variables de proceso como la presión o caudal (casi instantáneas.)¹⁷

Otro factor importante a tener en cuenta en las medidas de temperatura es la necesidad de instalar un elemento de protección entre el sensor y el proceso, llamado termopozo, vaina o "thermowell". Dicho elemento debe diseñarse y coordinarse de acuerdo a las especificaciones mecánicas del proyecto. 18

1.5.1 Indicadores locales de Temperatura (termómetros).



Fig.1.11 Termómetro de Carátula

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

Los indicadores más utilizados en la industria son los termómetros "bimetálicos".

Los termómetros bimetálicos se basan en el diferente coeficiente de dilatación existente entre dos metales diferentes y unidos. La unión mecánica de una aguja al bimetal, hace que por efecto de cambio de temperatura se desplace. Otro tipo de termómetro utilizado es el llamado de termómetro de Bulbo. Estos consisten esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura

¹⁸MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

 $^{^{17}\}mathrm{MARA\tilde{N}A},$ Juan Carlos, Instrumentación Y Control De Procesos, Cap. III, 28/04/2005, pag.22.

del bulbo varía, el volumen del gas interior varía, enrollándose o desenrollándose la espiral moviendo la aguja en consecuencia.19

Además de un gas, también es posible que los bulbos contengan líquido, vapor o mercurio. Saber, que se suele compensar la temperatura por efecto de longitud del capilar (volumen de tubo) y por variaciones de temperatura ambiente. El campo de actuación suele estar entre 0 y 600 °C. ^{20.}

1.5.2 Elementos Primarios de Temperatura.

"En primer lugar cabe indicar que para la transmisión de medidas de temperatura se necesitan dos o tres equipos, que son los termopozo, elemento primario y si se quiere llevar una señal de 4-20 miliamperios, convertidor de temperatura." ²¹

"Existen dos tipos de elementos primarios que son los termopares y las termoresistencias. En ambos casos, la adición de un convertidor basado en microprocesador, hace que las señales se conviertan a una forma más estandarizada (4-20 m A, Hart, etc.)."²²

1.5.3 Termopares

El termopar se basa en el efecto descubierto por Seebeck, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura. Por el efecto Seebeck y una serie de leyes fundamentales, se ha llegado la conclusión de que el circuito correspondiente se desarrolla una pequeña tensión continua proporcional a la temperatura de la unión de medida, siempre que haya una diferencia de temperaturas con la unión de referencia.²³

Los valores de esta f.e.m. están perfectamente tabulados en tablas de conversión. Existen diferentes tipos de termopares, siendo su diferencia en el tipo de bimetales utilizados y por lo tanto en las f.e.m generadas en función de las temperaturas.

¹⁹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.38.

²⁰MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.38.

²¹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.39.

²²MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.39.

²³MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.39.

Se adjunta la tabla de termopares según la denominación, materiales y rangos de actuación.

Termopar Tipo	Aleación	Rango	IEC 584	ANSI 43710
K	Niquel-Cromo Niquel-Aluminio	-150 a 1100°C		
J	Hierro Cobre-Niquel	-40 a 700°C		
T	Cobre Cobre-Niquel	-200 a 350°C		
E	Niquel-Cromo Cobre-Niquel	-150 a 800°C		
N	Niquel-Cromo Niquel-Silicio	-150 a 1100°C		
s	Platino Platino-Rodio10%	0 a 1550°C		
R	Platino Platino-Rodio13%	0 a 1600°C		
В	Platino-Rodio6% Platino-Rodio30%	0 a 1700°C		

Tab. 1.1 Tabla de Termopares

Fuente: http://www.maikontrol.com/temperatura/sondas-de-temperatura

1.5.4 Termo resistencias.

Si se construye una bobina de un hilo metálico y se mide su resistencia a una temperatura conocida, se puede utilizar la medida de la resistencia a otra temperatura para conocer esta temperatura, este es el fenómeno en el que se basan las termo resistencias, es por lo tanto una medida indirecta ya que no se mide directamente. Para ello se requiere un circuito de medida para inferir la temperatura partiendo de la resistencia. El circuito habitualmente utilizado es el puente de Wheatstone. En este caso es necesario compensar la resistencia de los cables que forman la línea desde la termo resistencia al sistema de medida.²⁴

Los materiales que se usan normalmente en las sondas de resistencia son el platino y el níquel. El platino es el elemento más adecuado desde el punto de vista de precisión y estabilidad, pero también es el más caro. La sonda más utilizada es la Pt-100 (resistencia de 100 ohmios a 0°C). El níquel es más barato que el platino y posee una

 $^{24}\mathrm{MARA\tilde{N}A},$ Juan Carlos, Instrumentación Y Control De Procesos, Cap. III, 28/04/2005, pag.41.

resistencia más elevada con una mayor variación por grado, sin embargo tiene la desventaja de la linealidad en su relación resistencia temperatura .El cobre es barato y estable pero tiene el inconveniente de su baja resistividad. ²⁵

Parámetro	Platino	Cobre	Níquel	Molibdeno
Resistividad a 20 °C, μΩcm	10,6	1,673	6,844	5,7
α , $\Omega/\Omega/K$	0,00385	0,0043	0,00681	0,003786
R ₀ , Ω a 0°C	25,100,200, 500	10 (20 °C)	50,100, 120	100, 2000, 500,
Margen, °C	-200 a +850	-200 a +260	-80 a +320	-200 a+200

Tab. 1.2Termoresistencias

Fuente:http://sistemasdemedidasycontrol.blogspot.com

1.5.5 Termopares o Termo resistencias.

En cualquier proyecto surge la eterna pregunta a la hora de especificar los elementos primarios de temperatura, ¿Qué instalamos termopares o termo resistencias?

La respuesta a esta pregunta, habitualmente la contestan las especificaciones del cliente final o unos criterios de diseño de cumplimiento.

"Medir la temperatura con un termopar, requiere medir además la temperatura de la junta fría, siendo ésta una fuente de posibles errores, además, se suele instalar el cable de extensión de termopares lo que suele dar un error adicional. Estos errores secundarios suelen ser más importantes que el propio sensor." 26

"La exactitud de una termoresistencia es mejor que la de un termopar, ya que no requiere de cables de extensión. Otro factor importante es el concepto de la deriva.

²⁶MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.42.

²⁵MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.41.

"Los termopares son propensos a tener deriva, desviación permanente de una señal que se produce de forma muy lenta a lo largo de un cierto periodo de tiempo, producidos por la propia naturaleza de construcción."²⁷

La velocidad de respuesta es similar en ambos casos, siendo el coste del termopar más barato como equipo, aunque más caro como instalación cuando se requiere cable de compensación.

CARACTERÍSTICA	RTD DE PLATINO	TERMOPAR
Rango normal de trabajo	-100 a 600	-200 a 1500
Exactitud típica	+/- 0.1 °C a 0 °C hasta +/-	+/- 2.2 °C a 0 °C hasta
	1.3 °C a 600 °C.	+/- 10 °C a 1200 °C.
Desviación típica	< +/- 0.1 °C / año	< +/- 5 °C / año
(Deriva)		
Linealidad	Excelente.	Buena.
Ventajas	Mejor exactitud y	Mayor rango de medida.
	estabilidad	
Desventajas	Menos robustos que los	Mayor deriva. Requiere
	termopares. Errores por	compensación de la
	auto calentamiento.	unión fría.

Tab. 1.3: Rtd de platino vs Termopar.

Fuente: Instrumentación de control de Procesos / Autor Juan Carlos Maraña

1.5.6 Convertidores o Transmisores de Temperatura.

Estos equipos son instalados cuando se requiere una medida de 4-20 m A a la entrada del sistema receptor.

Lo que hacen es convertir la señal del termopar o termo resistencia a una señal de salida de 4-20 m A.

40

²⁷MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.42.

"Hoy en día, los convertidores son capaces de admitir cualquier tipo de elemento primario, siendo solo necesaria una pequeña configuración y calibración. Estos equipos pueden ser instalados en la propia cabeza de conexiones del elemento primario, en un armario (rail DIN), o con una envolvente tipo transmisor."²⁸

1.5.7 Interruptores de Temperatura o Termostatos.

Las tecnologías son las mismas, con la diferencia que se les incluye un contacto eléctrico calibrado a un valor de temperatura, de tal manera que dicho contacto cambia de estado cuando varía la temperatura.²⁹

1.5.8 Calibrador de bloque seco



Figura 1.12: Calibrador de bloque seco Fuente: http://es.omega.com/ppt/pptsc_es.asp?ref=cl1000

El bloque seco es un equipo patrón de temperatura, el cual es empleado como fuente de calor o frío para calibraciones industriales, con los cuales se busca una estabilidad y uniformidad acorde con la incertidumbre deseada, la cual se recomienda esté en una relación de 10:1. Los bloques secos son usados principalmente para la calibración de RTD's, termómetros, termopares, etc. Estos equipos tienen un sensor interno el cual presenta la lectura respectiva en un display en la parte frontal del mismo. El principio de funcionamiento del bloque seco está basado en el efecto peltier. Este efecto no es más que una propiedad termoeléctrica que consiste en la

²⁹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.43.

²⁸MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.43.

creación de una diferencia térmica a partir de una diferencia de potencial eléctrico. Ocurre cuando una corriente pasa a través de dos metales diferentes o semiconductores que están conectados entre sí en dos soldaduras (Uniones peltier).

Una célula Peltier mueve energía calorífica desde la placa fría a la placa caliente mediante el control de la energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación. El sentido de movimiento de la energía calorífica es marcado por la polaridad de la corriente eléctrica aplicada. Si sobre una placa se dispone un radiador con resistencia térmica nula con el aire externo de un habitáculo, la temperatura de dicha placa coincidirá con la del aire externo.

Entonces, debido al efecto termoeléctrico, la temperatura de la placa opuesta será superior o inferior a la temperatura de ambiente, como consecuencia de la inyección o extracción de calor producida por la corriente eléctrica aplicada. Para favorecer la inyección o extracción de energía, se debe asegurar una baja resistencia térmica de esta segunda placa con el aire del habitáculo, para lo que es necesario el uso de un disipador y un ventilador. En la figura 3 se observa la presencia de un bloque de aluminio en la placa interna del Peltier. Su finalidad es ampliar la separación entre los dos disipadores, permitiendo así una mayor espesor de aislante térmico, lo que se traduce en menores pérdidas caloríficas.

1.6 Medidas de Nivel

La forma de seleccionar la tecnología para la selección del equipo correcto para la medición de nivel casi siempre depende de dos factores como son el precio y la precisión requerida, aparte de la validez de la tecnología para nuestro proceso. A continuación se da una ligera visión de una selección representativa de las técnicas de medición de nivel más comúnmente utilizadas.

1.6.1 Indicadores de nivel de vidrio

Era la medición de nivel más utilizada en la industria para indicaciones locales, aunque cada vez más, es sustituido por los indicadores de nivel magnéticos. El sistema de medición está basado en el principio de vasos de comunicantes. Se utiliza para líquidos "limpios". El depósito requiere de dos conexiones para conectar el nivel, instalando entre las conexiones de nivel y el depósito unas válvulas de aislamiento para poder separar ambos sistemas.³⁰

Ventajas: sencillo de instalar y barato (depende de presiones y temperaturas)

Inconvenientes: no válido para fluidos sucios, viscosos, no permite instalar dispositivos para retransmitir las señales.

1.6.2 Indicadores de Nivel Magnéticos

Es la medición de nivel más utilizada en la industria para indicaciones locales. Al igual que los niveles de vidrio, el sistema de medición está basado en el principio de vasos comunicantes, con la diferencia que se sustituye el vidrio transparente por una serie de láminas magnéticas que van cambiando de posición, y por lo tanto de color, a medida que detectan nivel. Se utilizan para cualquier tipo de líquidos compatibles con los materiales de construcción. El depósito requiere de dos conexiones para conectar el nivel, instalado entre las conexiones del nivel y el depósito unas válvulas de aislamiento para poder separar ambos sistemas.³¹

Ventajas: sencillo de instalar y es posible utilizar con altas presiones y temperaturas. Se le pueden acoplar contactos para utilizar como interruptor de nivel.

Inconvenientes: no válido para fluidos sucios o viscosos.

Fig.1.13 Indicador de Nivel Magnético

Fuente: Internet / http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/indicador-de-nivel-magnetico

³⁰MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.44.

³¹MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.44.

1.6.3 Indicadores de nivel con Manómetros.

Medición de nivel sencilla se puede utilizar en tanques atmosféricos donde no se requiere una alta precisión. El método consiste en instalar un manómetro diferencial en la parte baja del depósito, con una conexión al tanque y la otra a la atmósfera. De esta manera el manómetro medirá la columna de agua correspondiente. En caso de líquido no sea agua, se debe compensar la medida con la densidad del líquido. El manómetro se debe solicitar con la escala en "%" o calibrada en mm.c.a., m.c.a., etc.

Ventajas: sencillo de instalar y muy barato.

Inconveniente: poco preciso y sensible a los cambios de densidad.

1.6.4 Indicadores de Nivel de Cinta, regleta o flotador/ cuerda

Es una forma de medir nivel local de manera sencilla y utilizada principalmente en tanques atmosféricos, donde por la dimensión del mismo no sale rentable la instalación de otra tecnología de medición. El sistema consiste en un flotador, un cable fino, dos apoyos y un contrapeso en la parte exterior del tanque. En la parte exterior del tanque se coloca una varilla graduada, que con la posición del contrapeso indica el nivel del tanque. Este tipo de medición no suele utilizarse en mediciones de unidad de proceso, siendo su uso en grandes depósitos de almacenamiento de agua, gasóleo, etc. 32

Ventajas: Tecnología sencilla, adecuada para diversos productos y precisos.

Inconvenientes: no válida para fluidos sucios o viscosos, y requiere de una instalación mecánica un poco complicada.



Fig. 1.14 Interruptor de Nivel Flotador.

Fuente: Internet / http://mx.magnetrol.com/Images/Products/T20

_

³²MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.44.

1.6.5 Transmisores de Nivel por Presión Hidrostática y Diferencial.

Es una medición de nivel sencilla y basada en el mismo sistema que "Indicadores de nivel con manómetro". La presión hidrostática de la columna de líquido se mide directamente con un transmisor de presión o de presión diferencial. El transmisor se monta en la parte más baja del depósito. En el caso de depósitos presurizados, es necesaria la instalación de un transmisor de presión deferencial, de modo que a un lado de la cámara se mida la presión ejercida por la columna del líquido, más la sobrepresión del proceso, en el otro solo la sobrepresión. De esta manera la diferencia de presión es el peso de la columna de líquido. Lo más habitual es estos casos es la utilización de un transmisor de presión diferencial, pero también se podría utilizar dos transmisores de presión relativa.³³

Ventajas: sistema bastante sencillo y buena precisión.

Inconvenientes: sistema que depende de la densidad y relativamente costos por la instalación requerida.

1.6.6 Transmisores de Nivel Capacitivos.

Es una medición de nivel bastante utilizada y al principio de medición consiste en una sonda metálica (aislada) y la propia pared del depósito actúa como dos placas de un condensador. La capacidad del condensador depende del medio que hay entre la sonda y la pared. Si sólo hay aire, es decir, si el depósito está vacío, la capacidad del conductor es baja. Cuando parte de la sonda esté cubierta por el producto, la capacidad se incrementará. El cambio en la capacidad se convertirá a una medida estándar, habitualmente siendo esta de 4-20 m A. Este es u método de medición de nivel que se utiliza tanto como transmisor de nivel como interruptor de nivel. En aquellos casos en los que se pueda producir una interface de productos (agua-lodo, aceiteagua, etc.) es una tecnología bastante utilizada.³⁴

Ventajas: adecuada para productos corrosivos.

Inconvenientes: por el principio de medición utilizado, está limitado a productos con propiedades eléctricas constantes.

³³MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.50.

³⁴MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.51.

1.6.7 Transmisores de Nivel Ultrasónicos

Es una medición de nivel bastante utilizada cuando se pretende evitar el contacto entre el instrumento y el producto, por problemas de agresividad del producto, etc.

Consisten en que el método de reflexión del sonido se basa en el principio de retorno de un pulso de sonido emitido por un sensor. El pulso ultrasónico emitido se refleja en la superficie del producto y el mismo sensor vuelve a detectarlo después de un tiempo. El tiempo de retorno es proporcional a la altura vacía del tanque y por lo tanto al nivel del mismo. Este tiempo de retorno es convertido a señal estándar de 4-20 m A.³⁵

Ventajas: adecuado para productos que sean problemáticos al contacto.

Inconvenientes: da problemas en aquellos productos que pueden formar espuma. No es apto para fluidos a altas presiones y temperaturas, así como para procesos al vacío.³⁶



Fig. 1.15 Transmisores de Nivel Ultrasónico

Fuente: http://www.koboldmessring.com/fileadmin/koboldfiles/media/medidor_c
ontador_de_flujo_tipo_ultrasonico

1.7 Sistemas de Medidas.

Los sistemas más destacados en nuestro medio son el sistema inglés y el sistema métrico decimal.

1.7.1 Sistema Inglés.

El sistema inglés predominó mucho tiempo sobre todo durante la era de la revolución industrial, tenía como referencia partes del cuerpo humano o cosas que habían en la

³⁵MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación Y Control De Procesos*, Cap. III, 28/04/2005, pag.51.

naturaleza, por ejemplo la unidad para las medidas de longitud es la pulgada, para las de peso es la libra, para las de potencia es el caballo de fuerza etc. Los múltiplos para algunas de las unidades de medidas inglesas son:

MÚLTIPLO	FACTOR	UNIDAD
Pie	x 12	= Pulgada
Yarda	x 36	= Pulgada
Milla	x 63360	= Pulgada
Arroba	x 25	= Libra
Quintal	x 100	= Libra
Tonelada	x 2200	= Libra

Tab. 1.4 Unidades de medidas Inglesas

Fuente: Los Autores

Los submúltiplos generalmente se manejan como fracciones de la unidad, ejemplo ½ pulgada, ¼ de libra, 3/4 de caballo de fuerza o HP etc.

1.7.2 Sistema Internacional (SI).

El sistema de medidas que actualmente tiene el mundo es el sistema Internacional (SI) a pesar de la resistencia que algunos países tienen para adoptarlo y hay otros países como el nuestro que no terminamos de usarlo completamente por la costumbre e influencia de otros países desarrollados.

En 1960 la Décimo Primera Conferencia General sobre pesas y medidas redefinió algunas de las unidades métricas originales y amplió el sistema para incluir otras medidas físicas y de ingeniería. A este sistema se lo llamó el (SI).

Las unidades básicas son: metro, gramo, segundo, ampere, kelvin, mol, candela, radián y estéreo radián.

1000 ⁿ	10 ⁿ	Prefijo	Símbolo	Escala Corta	Escala Larga	Equivalencia Decimal en los Prefijos del SI	Asignación
1000 ⁸	10 ²⁴	yotta	Υ	Septillón	Cuatrillón	1 000 000 000 000 000 000 000 000	1991
1000 ⁷	10 ²¹	zetta	Z	Sextillón	Mil trillones	1 000 000 000 000 000 000 000	1991
1000 ⁶	10 ¹⁸	еха	Е	Quintillón	Trillón	1 000 000 000 000 000 000	1975
1000 ⁵	10 ¹⁵	peta	Р	Cuatrillón	Mil billones	1 000 000 000 000 000	1975
1000 ⁴	10 ¹²	tera	Т	Trillón	Billón	1 000 000 000 000	1960
1000 ³	10 ⁹	giga	G	Billón	Mil millones (o millardo)	1 000 000 000	1960
1000 ²	10 ⁶	mega	М		Millón	1 000 000	1960
1000 ¹	10 ³	kilo	k		Mil	1 000	1795
1000 ^{2/3}	10 ²	hecto	h	Centena		100	1795
1000 ^{1/3}	10 ¹	deca	da / D	Decena		10	1795
1000 ⁰	10 ⁰	nin	guno	Unidad		1	
1000 ^{-1/3}	10 ⁻¹	deci	d	Décimo		0.1	1795
1000 ^{-2/3}	10 ⁻²	centi	С	Centésimo		0.01	1795
1000 ⁻¹	10 ⁻³	mili	m	Milésimo		0.001	1795
1000 ⁻²	10 ⁻⁶	micro	р	M	lillonésimo	0.000 001	1960
1000 ⁻³	10 ⁻⁹	nano	n	Billonésimo	Milmillonésimo	0.000 000 001	1960
1000 ⁻⁴	10 ⁻¹²	pico	р	Trillonésimo	Billonésimo	0.000 000 000 001	1960
1000 ⁻⁵	10 ⁻¹⁵	femto	f	Cuatrillonésimo	Milbillonésimo	0.000 000 000 000 001	1964
1000 ⁻⁶	10 ⁻¹⁸	atto	а	Quintillonésimo	Trillonésimo	0.000 000 000 000 000 001	1964
1000 ⁻⁷	10 ⁻²¹	zepto	z	Sextillonésimo	Miltrillonésimo	0.000 000 000 000 000 001	1991
1000 ⁻⁸	10 ⁻²⁴	yocto	у	Septillonésimo	Cuatrillonésimo	0.000 000 000 000 000 000 000 001	1991

Tab. 1.5 Sistema Internacional (SI)

Fuente: http://es.mediciones/Sistema Internacional de Unidades

1.8 Presión.

Es la unidad de la fuerza normal (perpendicular) que obra sobre una superficie o fluido por unidad de área. En forma de ecuación, se la expresa como:

P=F/A

Donde:

P= presión

F= fuerza

A= área

Para el caso de los fluidos sometidos a presión, estos ejercen una fuerza perpendicular sobre cualquier superficie que esté en contacto con él.

1.8.1 Presión Atmosférica.

Es la que se produce debido al peso que soporta la Tierra y los seres que vivimos en ella, debido a los 2500 Km. de capa de aire o capa atmosférica.

Las aproximaciones de medidas de presión más comunes son:

1atm.	≈ 1 bar
	$\approx 1 \text{ kg/cm}2$
	\approx 14.7 lb/ pulg2
	≈ 100000 Pa.
	≈ 100 KPa.
	≈ 0,1 MPa
	≈ 10 mca

Tab. 1.6 Aproximaciones de Presión más comunes

Fuente: Seminario de Bombas Montepiedra

La presión atmosférica tendrá diferentes valores dependiendo de la posición con respecto al nivel del mar con que se la mida, así la presión atmosférica medida en la sierra será menor que si se mide al nivel del mar dado que soporta menor cantidad de capas de aire atmosférico.

Presión absoluta = Presión atmosférica + Presión manométrica (1)

De donde:

Presión manométrica= Presión absoluta – Presión Atmosférica (2)

1.8.2 Vacío.

Se dice que dentro de un sistema hay "vacío" o presión de vacío cuando su presión

absoluta está por debajo de la atmosférica. En este caso el manómetro marcará

presiones negativas de acuerdo con la ecuación (2).

Estas presiones son muy usadas en los equipos de refrigeración y en los equipos de

transportación neumática por succión, además de las aspiradoras domésticas de

polvo.

1.8.3 Tipos de manómetros.

Los más comunes son los de carátula accionadas interiormente por un tubo de

Bourdon. Hay otros tipos de manómetros como son los de columna de agua y los de

mercurio.

Los manómetros tipo Bourdon se los solicita indicando diámetro, carátula, tipo de

salida (posterior e inferior), escala, material, diámetro de la toma.

Fig. 1.16 Manómetro Tipo Bourdon

Fuente: Autores

1.9 Temperatura.

De acuerdo con la teoría cinética, la temperatura es una medida de la energía cinética

en traslación de la molécula.

Macroscópicamente, temperatura es una medida escalar que se basa en:

50

1. Dos cuerpos en algún momento llevan al equilibrio térmico.

2. Se establece patrones de referencia que arbitrariamente fueron la temperatura

de enfriamiento y ebullición.

3. El elemento que nos va a dar los valores de temperatura tiene que

comportarse proporcionalmente en las variaciones de temperatura.

Es así que nace dos unidades de medidas de temperatura internacionalmente

aceptadas que son los grados Celsius (°C) y los grados Fahrenheit (°F).

• En el primero el agua se congela a 0°C y hierve a 100°C.

• El segundo el agua se congela a 32°F y hierve a 212°F.

Siempre a una presión atmosférica de 1 atm.

La relación entre ambas escalas es:

 $^{\circ}$ C = 5 / 9 ($^{\circ}$ F- 32)

 $^{\circ}$ F= 9 / 5 $^{\circ}$ C + 32

1.10 Densidad.

En el caso de un fluido homogéneo, es su masa dividida para su volumen.

d = m / V

Donde:

d= densidad

m= masa

v= volumen

Para el caso de un fluido la densidad puede depender de muchos factores tales como

la temperatura y presión a la que están sometidos. Para el caso de líquidos la

densidad varía muy poco dentro de amplios rangos de presión y temperatura y por lo

tanto podemos tratarla como constante. En cambio, para el caso de gases, la densidad

es muy sensible a los cambios de presión y de temperatura.

51

1.11 Bombas.

Las bombas como toda máquina, son transformadas de energía, ya que reciben energía mecánica del motor en el eje y la transforman en energía hidráulica entregada al fluido en forma de presión y caudal.

1.11.1 Límites de una bomba.

Las bombas están limitadas al conjunto de elementos que están entre la brida de entrada y brida de salida. Cualquier mal funcionamiento entre estas dos partes es imputada a la bomba, caso contrario el mal funcionamiento sería causado por la instalación.

1.11.2 Componentes básicos.

Partes principales:

- Impulsor (rodete, impeler, turbina)
- Carcasa (voluta)
- Eje

Partes secundarias:

- Sello (sello mecánico o prensa estopa)
- Corona directriz
- Otros (rodamientos, acople o matrimonio, etc.)

1.11.3 Pérdidas de potencia en las bombas.

Las pérdidas de potencia en una bomba pueden deberse a varias causas. El siguiente cuadro resume los motivos por los que una bomba puede entregar menos potencia de la que recibió en el eje.

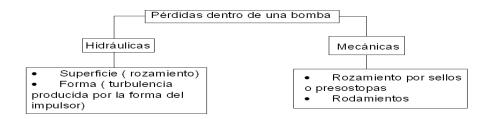


Fig.1.23 Pérdidas de una bomba

Fuente: Autores

1.11.4 Cavitación y Golpe de Ariete.

En el funcionamiento de las bombas centrifugas, existen dos fenómenos poco conocidos que pueden ocasionar serios daños a estos equipos. Son la cavitación y el golpe de ariete.

1.11.4.1 Cavitación.

Son burbujas en el líquido que pueden explotar violentamente contra la superficie. Es un fenómeno que se produce siempre que se produce siempre que la presión en algún punto o zona de la corriente de un líquido desciende por debajo de un valor que es el de vapor saturado (presión a la que hierve el agua).

PRESIÓN (Kg/cm2)	Temperatura a la que hierve el agua (°C)
1.033	100
0.125	50
0.032	25

Tab.1.7Ejemplo de pérdidas de presión

Fuente: Autores

Como se puede apreciar en la tabla, si las pérdidas de presión son tan grandes que el agua llega a la bomba con una presión tan baja como 0.032 kg/cm2 como indica la tabla, el agua puede llegar a hervir incluso a temperatura ambiente. Esta burbuja de vapor puede implotar violentamente al subir la presión bruscamente a su paso a

través de los alabes de la bomba. Este fenómeno suele dejar abolladuras redondas en el metal, que antes se las confundía con corrosión.

El riesgo de cavitación es mayor cuando.

- La presión atmosférica es menor.
- La temperatura del fluido es mayor.
- Las pérdidas en la tubería de succión son mayores

La cavitación se la puede controlar ya sea sobre la presión de aspiración colocando tubería de mayor diámetro, evitando filtro, cheques, válvulas, colocando menor cantidad posible de codos.

También se puede evitar la cavitación cerrando parcialmente la válvula de descarga de la bomba.

1.11.4.2 Golpe de Ariete.

Son sobrepresiones y depresiones momentáneas en el sistema de tuberías.

En un sistema de bombeo, los golpes de ariete se pueden producir por:

- Para el motor de la bomba sin cerrar antes la válvula de descarga si es que no tiene válvula anti retorno o cheque.
- Cortes de energía sin haber realizado el procedimiento anterior.
- Cierre brusco de la válvula de descarga sin tener ningún dispositivo que absorba la sobrepresión.

Soluciones:

- 1 Cerrar lentamente la válvula de descarga.
- 2 Aumentar el diámetro de la válvula de descarga para bajar la velocidad.
- 3 Bombas con volantes que mantengan la inercia en paradas bruscas.

1.12 Definiciones de control

1.12.1 Campo de medida (rango)

Espectro o conjunto de valores que están comprendidos dentro de los limites superior e inferior de la capacidad de medida o de transmisión del instrumento; viene expresado estableciendo los 2 valores extremos. Por ejemplo: En la figura siguiente se observa un termómetro de -20 a 50 C (Rango)



Figura 1.17 Termómetro Análogo

 $\frac{http://spanish.alibaba.com/product-gs-img/analog-thermometer-}{518745350.html}$

1.12.2Alcance (span)

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. Con la grafica anterior podremos decir que el span = 70

1.12.3 Error

Es la diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable medida. Si el proceso está en condiciones de régimen permanente existe el llamado error estático. En condiciones dinámicas el error varía considerablemente debido a que los instrumentos tienen características comunes a los sistemas físicos: absorben energía del proceso y esta transferencia requiere cierto

tiempo para ser transmitida la cual da retardos en la lectura del instrumento, su valor depende del tipo de fluido del proceso, de su velocidad, del elemento primario (bulbo, termopar, etc.).

1.12.4 Error medio

Es la media aritmética de los errores en cada punto de la medida determinados por todos los valores crecientes y decrecientes de la variable medida.

Cuando una medición se realiza con varios instrumentos, colocados uno a continuación de otro, el valor final de la medición estará formado por los errores inherentes a cada uno de los instrumentos.

Si el límite del error relativo de cada instrumentos es \pm a, \pm b, \pm c, \pm d, etc, el máximo error posible en la medición será la suma de los valores anteriores, es decir: \pm (a +b +c +d +, etc)

Ahora bien, como es improbable que todos los instrumentos tengan el mismo el error máximo en todas las circunstancias de la medida, suele tomarse como error total de una medición la raíz cuadrada de la suma algebraica de los cuadrados de los máximos errores de los instrumentos, es decir, la expresión:

$$\pm\sqrt{(a^2}+b^2+c^2+d^2)$$

1.12.5 Incertidumbre de la medida

Es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al valor verdadero de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre intervienen la distribución estadística de los resultados de serie de mediciones, características de los equipos, etc.

Cuando se dispone de una sola medida, la incertidumbre es:

$$i = K\sigma$$

Donde:

K = factor que depende del nivel de confianza (<math>K = 2 para el 95%)

 σ = desviación típica del instrumento dada por el fabricante

1.12.6 Exactitud

Es la concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia. Es función de la repetibilidad y de la calibración del instrumento.

1.12.7 Precisión

Es el grado de concordancia entre una serie de determinaciones obtenidas de repetir la medición y se expresa como la desviación estándar relativa o el coeficiente de variación.

1.12.8 Zona muerta

Es el campo de valores la de variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento de la medida.

1.12.9 Repetibilidad

Es la precisión de resultados de medición expresada como la concordancia entre determinaciones o mediciones independientes realizada bajo las mismas condiciones (operador, tiempo, aparato, lugar, método)

1.12.10 Resolución

Es el mínimo valor confiable que puede ser medido en un instrumento. En el caso de la gráfica la resolución seria 0.2 bar



Figura 1.18 Manómetro (Resolución 0.2)

http://www.directindustry.es/prod/afriso-euro-index/manometros-de-tubo-bourdon-para-alta-presion-16712-355455.html

1.12.11Linealidad

Se define como la cercanía con la cual una curva se aproxima a una línea recta. La linealidad es usualmente medida como una no linealidad

1.12.12Fiabilidad

Medida de probabilidad de que un instrumento continúe comportándose dentro de los límites especificados de error por el lapso determinado de tiempo y bajo condiciones especificas.

1.12.13Ruido

Cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseadas que modifica la transmisión, indicación o registro de datos deseado.

1.12.14Estabilidad

Capacidad de un instrumento para mantener su comportamiento durante su vida útil y de almacenamiento especificadas.

1.12.15Temperatura de servicio

Campo de temperaturas en el cual se espera que trabaje el instrumento dentro de los límites de error especificados.

1.12.16 Vida útil de servicio

Tiempo mínimo especificado durante el cual se aplican las características del servicio continuo e intermitente del instrumento sin que se presenten cambios en su comportamiento más allá de tolerancias especificadas.

1.13. Control PID

Un PID es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso.

El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero. El Derivativo determina la reacción del tiempo en el que el error se produce. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso vía un elemento de control como la posición de una válvula de control o la energía suministrada a un calentador, por ejemplo. Ajustando estas tres variables en el algoritmo de control del PID, el controlador puede proveer un control diseñado para lo que requiera el proceso a realizar. La respuesta del controlador puede ser descrita en términos de respuesta del control ante un error, el grado el cual el controlador llega al "set point", y el grado de oscilación del sistema. Nótese que el uso del PID para control no garantiza control óptimo del sistema o la estabilidad del mismo. Algunas aplicaciones pueden solo requerir de uno o dos modos de los que provee este sistema de control.

Un controlador PID puede ser llamado también PI, PD, P o I en la ausencia de las acciones de control respectivas. Los controladores PI son particularmente comunes, ya que la acción derivativa es muy sensible al ruido, y la ausencia del proceso integral puede evitar que se alcance al valor deseado debido a la acción de control.

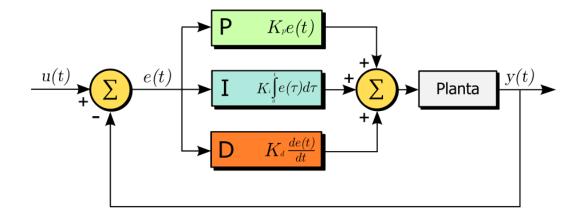


Figura 1.19 Diagrama de bloque de un control PID. http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

1.13.1 Significado de PID.

P constante de proporcionalidad: se puede ajustar como el valor de la ganancia del controlador o el porcentaje de banda proporcional. Ejemplo: Cambia la posición de la válvula proporcionalmente a la desviación de la variable respecto al punto de consigna. La señal P mueve la válvula siguiendo fielmente los cambios de temperatura multiplicados por la ganancia.

I constante de integración: indica la velocidad con la que se repite la acción proporcional.

D constante de derivación: hace presente la respuesta de la acción proporcional duplicándola, sin esperar a que el error se duplique. El valor indicado por la constante de derivación es el lapso de tiempo durante el cual se manifestará la acción proporcional correspondiente a 2 veces el error y después desaparecerá. Ejemplo: Mueve la válvula a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna. La señal I va sumando las áreas diferentes entre la variable y el punto de consigna repitiendo la señal proporcional según el tiempo de acción derivada (minutos/repetición).

Tanto la acción Integral como la acción Derivativa, afectan a la ganancia dinámica del proceso. La acción integral sirve para reducir el error estacionario, que existiría siempre si la constante Ki fuera nula. Ejemplo: Corrige la posición de la válvula

proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada. La señal d es la pendiente (tangente) por la curva descrita por la variable.

La salida de estos tres términos, el proporcional, el integral, y el derivativo son sumados para calcular la salida del controlador PID. Definiendo y (t) como la salida del controlador, la forma final del algoritmo del PID es:

$$y(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

1.13.2 Proporcional.

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional para lograr que el error en estado estacionario se aproxime a cero, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango. Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobreoscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobreoscilación. Hay una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control (la válvula se mueve al mismo valor por unidad de desviación). La parte proporcional no considera el tiempo, por lo tanto, la mejor manera de solucionar el error permanente y hacer que el sistema contenga alguna componente que tenga en cuenta la variación respecto al tiempo, es incluyendo y configurando las acciones integral y derivativa.

La fórmula del proporcional está dada por:

$$P_{\rm sal} = K_p e(t)$$

El error, la banda proporcional y la posición inicial del elemento final de control se expresan en tanto por uno. Nos indicará la posición que pasará a ocupar el elemento final de control

Ejemplo: Cambiar la posición de una válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la desviación de la temperatura (variable) respecto al punto de consigna (valor deseado).

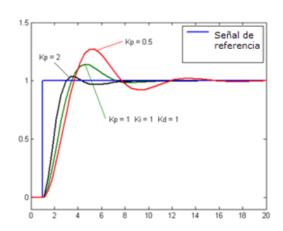


Figura 1.20 Proporcional. http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

1.13. 3 Integral.

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El error es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un período determinado; Luego es multiplicado por una constante I. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

El modo integral presenta un desfasamiento en la respuesta de 90° que sumados a los 180° de la retroalimentación (negativa) acercan al proceso a tener un retraso de 270°, luego entonces solo será necesario que el tiempo muerto contribuya con 90° de retardo para provocar la oscilación del proceso. <<< la ganancia total del lazo de control debe ser menor a 1, y así inducir una atenuación en la salida del controlador para conducir el proceso a estabilidad del mismo. >>> Se caracteriza por el tiempo de acción integral en minutos por repetición. Es el tiempo en que delante una señal

en escalón, el elemento final de control repite el mismo movimiento correspondiente a la acción proporcional.

El control integral se utiliza para obviar el inconveniente del offset (desviación permanente de la variable con respecto al punto de consigna) de la banda proporcional.

La fórmula del integral está dada por:

$$I_{\rm sal} = K_i \int_0^t e(\tau) \, d\tau$$

Ejemplo: Mover la válvula (elemento final de control) a una velocidad proporcional a la desviación respecto al punto de consigna (variable deseada).

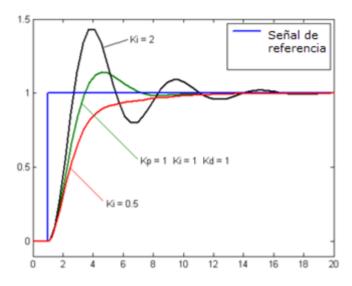


Figura 1.21 Diagrama Integral.

http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

1.13.4 Derivativo.

La acción derivativa se manifiesta cuando hay un cambio en el valor absoluto del error; (si el error es constante, solamente actúan los modos proporcional e integral).

El error es la desviación existente entre el punto de medida y el valor consigna, o "Set Point".

La función de la acción derivativa es mantener el error al mínimo corrigiéndolo proporcionalmente con la misma velocidad que se produce; de esta manera evita que el error se incremente.

Se deriva con respecto al tiempo y se multiplica por una constante D y luego se suma a las señales anteriores (P+I). Es importante adaptar la respuesta de control a los cambios en el sistema ya que una mayor derivativa corresponde a un cambio más rápido y el controlador puede responder acordemente.

La fórmula del derivativo está dada por:

$$D_{\rm sal} = K_d \frac{de}{dt}$$

El control derivativo se caracteriza por el tiempo de acción derivada en minutos de anticipo. La acción derivada es adecuada cuando hay retraso entre el movimiento de la válvula de control y su repercusión a la variable controlada.

Cuando el tiempo de acción derivada es grande, hay inestabilidad en el proceso. Cuando el tiempo de acción derivada es pequeño la variable oscila demasiado con relación al punto de consigna. Suele ser poco utilizada debido a la sensibilidad al ruido que manifiesta y a las complicaciones que ello conlleva.

El tiempo óptimo de acción derivativa es el que retorna la variable al punto de consigna con las mínimas oscilaciones

Ejemplo: Corrige la posición de la válvula (elemento final de control) proporcionalmente a la velocidad de cambio de la variable controlada.

La acción derivada puede ayudar a disminuir el rebasamiento de la variable durante el arranque del proceso. Puede emplearse en sistemas con tiempo de retardo considerables, porque permite una repercusión rápida de la variable después de presentarse una perturbación en el proceso.

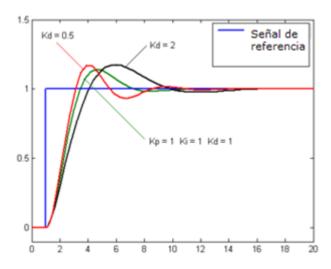


Figura 1.22 Diagrama Derivativo.

http://es.wikipedia.org/wiki/Proporcional_integral_derivativo

1.13.5 Ajuste empírico de las variables PID por el método de ZIEGLER-NICHOLS.

En los intentos de crear un sistema de control autónomo que trabaje confiable y sea estable, ZIEGLER-NICHOLS desarrollaron 2 métodos que actualmente han ayudado a alcanzar el objetivo.

En el año de 1942, para procesos industriales, se dependía mucho de los operadores de procesos y el desarrollo de los primeros sistemas PID demoraban horas e incluso días en ajustarse.

Existen 2 métodos de ZIEGLER-NICHOLS:

- Ziegler-Nichols en lazo abierto.
- Ziegler-Nichols en lazo cerrado.

1.13.5.1 Primer método de ZIEGLER- NICHOLS en lazo abierto.

Se obtiene la respuesta a una entrada escalón unitario de manera experimental.

Si es que nuestro modelo de planta no tiene integradores ni polos dominantes complejos conjugados, la curva de respuesta de escalón unitario puede llegar a tener forma de una S.

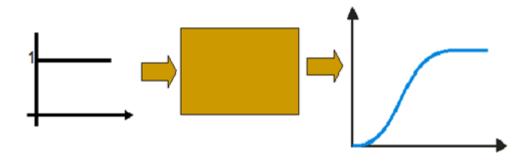


Figura 1.23 Curva de respuesta.

Fuente: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE CONTROL

La prueba consiste en probar, en primera instancia, el sistema en lazo abierto, para obtener los valores de L (tiempo de retardo) y T (constante de tiempo).

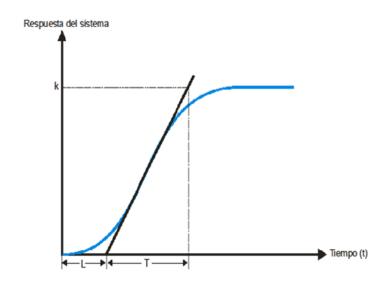


Figura 1.24 Curva de respuesta del sistema.

Fuente: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE CONTROL

Una vez encontrado los valores de T y L, seguimos el procedimiento de sintonización, los valores para el controlador del proceso podrían obtenerse mediante la siguiente tabla:

Controlador	K_p	K_{i}	K_d
P	$\frac{T}{L}$	0	0
PI	$0.9\frac{T}{L}$	$\frac{0.3}{L}$	0
PID	$1.2\frac{T}{L}$	$\frac{1}{2L}$	0.5 <i>L</i>

Tabla 1.8 Parámetros de PID de respuesta escalón de Zigler-Nichols.

Fuente: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE CONTROL

1.13.5.2. Segundo método de ZIEGLER- NICHOLS en lazo cerrado.

La mayoría de los procesos pueden trabajar de manera sostenida a lo largo del tiempo.

Para aplicar este segundo método, debemos hacer que Ti=∞ y Td=0, solamente asignamos valores a Kp hasta obtener una oscilación sostenida. Si de nuestro proceso no se pueden obtener oscilaciones sostenidas, este método no es aplicable.

A este método alternativo de sintonización de PID, también se lo conoce con el nombre de respuesta en frecuencia.

En primer lugar se debe asignar los valores Ki=0 y Kd=0, luego al valor de Kp asignamos un valor bajo y vamos incrementándolo poco a poco hasta lograr un comportamiento oscilatorio mantenido. A este valor lo llamaremos Kcr. Una vez que encontramos este valor, el siguiente dato a conseguir es el Tcr que no es otra cosa, que el tiempo del periodo de oscilación de nuestro sistema.

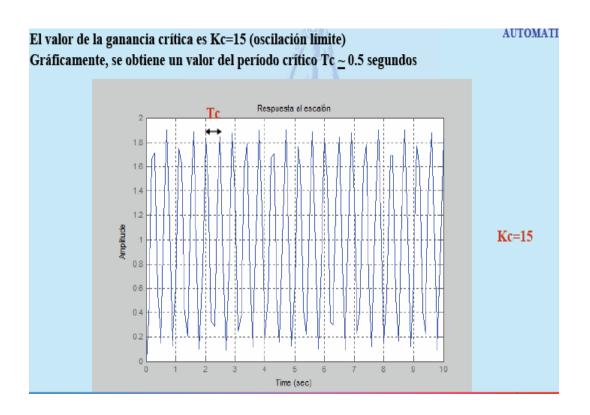


Figura 1.25 Gráfica de un sistema oscilatorio sostenido de Zigler-Nichols.

Fuente: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE CONTROL

Una vez encontrado los 2 valores necesarios, podemos aplicar la siguiente tabla para hallar las variables de proceso de nuestro sistema PID.

	// 1	1 1	
TIPO DE CONTROLADOR	Кр	Ti	Td
Р	0.5* Kc	00	0
PI	0.45 *Kc	1/1.2*Tc	0
PID	0.6* Kc	0.5*Tc	0.125*Tc
	A COLUMN	A Second	

Tabla 1.9: Parámetros de PID segundo metodo Zigler-Nichols.
Fuente: ELECTRÓNICA Y SISTEMAS DE CONTROL

En la práctica real a nivel industrial, se recomienda tratar de no usar el segundo método en sistemas que sean delicados, ya que pueden maltratar sus elementos actuadores o sensores.

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN A LOS SOFTWARES DE PROGRAMACIÓN

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN A LOS SOFTWARES DE PROGRAMACIÓN

2.1 Introducción

Para la realización de este proyecto, se programa con los softwares Rockwell de Allen Bradley, entre ellos, RSlinx, RSlogix 5000, Factory Talk. Cabe resaltar que como para trabajar con estos software se requiere tener instalado el Sistema Operativo Windows XP Servi Pack 1, 2 o 3. No funciona ni con Windows Vista, 7 o Superior.

A continuación se detalla cada uno de los estos.

2.2 Introducción al RSlinx

El RSlinx es el software que permite configurar y supervisar la(s) red(es) de comunicación(es) en la(s) que se encuentra conectado el autómata Compact Logic 1500 L32E, este permite al usuario trabajar sobre las comunicaciones PC-PLC o sobre las comunicaciones entre los dispositivos conectados al backplane del autómata mediante ControlBus.



Fig.2.1 Ventana principal de la aplicación RSLinx
Fuente: Programa RSlinx

Desde la PC se puede entrar en la CPU del autómata con el software de programación RSLogix.

2.2.1 Iniciando el software de programación RSlinx.

Conecte su PC al procesador. Utilice un Puerto serial macho de 9 pines. La mayoría de laptops no tienen un Puerto serial, solo tienen adaptadores de USB. Para conectar su PC al PLC utilice un convertidor de USB a DB9.



Fig. 2.2 Convertidor USB-DB9

Fuente: MLM-47033054-convertidor-para-usb-a-serial-usb-20-rs232

2.3 Pasos para la comunicación.

a) Cierre el RSlogix 5000 si es que esta abierto y abra el RSlinx



Fig. 2.3 Pantalla de inicio a RSlinx Fuente /Programa RSlinx Lite

b) Desde la barra principal, elijase *Communications* enseguida *Configure*Drivers...

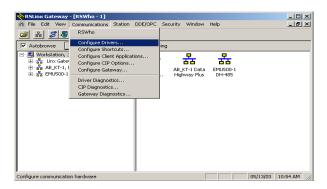


Fig. 2.4 Barra principal RSlinx

Fuente: Programa RSlinx

c) En la ventana de configure Drivers, revise la tabla de abajo, hay algunos de los drivers siguientes AB_DF1 o AB_PIC ya configurados, todos estos deben ser borrados para configurar su nuevo driver.

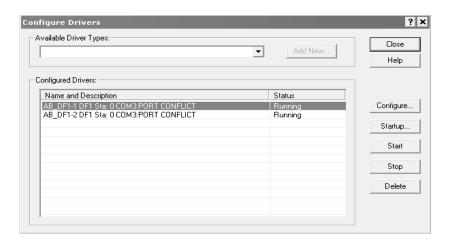


Fig. 2.5 Ventana Configure Drivers Fuente: Programa RSlinxClassic

- d) De un clic en la flecha que esta al lado de la caja *Available Driver Types* y la siguiente lista aparece:
- e) De un clic en la opción *RS-232 DF1 devices* y entonces de un clic al botón *Add New...* localizado a la derecha de la lista.

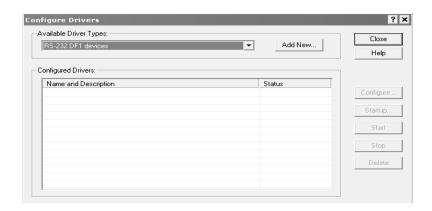


Fig. 2.6 Ventana Available Driver Types
Fuente: ProgramaRSlinx Classic

f) La siguiente ventana que aparece será *Add New RSLinx Driver*. Seleccione el nombre por default *AB_DF1-1* y clic *OK*.

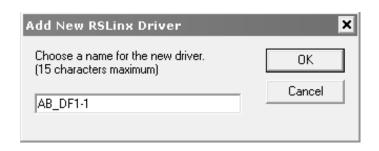


Fig. 2.7 Ventana Add New RSLinx Driver
Fuente: Programa RSlinxClassic

g) Aparecerá le ventana de *Configure RS-232 DF1 Devices*. Deberá asegurarse que este correctamente seleccionado lo siguiente *Comm Port:* (el puerto donde está conectado el PLC a la PC), (para hacerlo puede verificar en la opción Inicio, luego dar click derecho en Mi PC y damos click en administrar, luego a administrador de dispositivos y buscamos en que puerto COM reconoció la PC el adaptador USB-SERIE), *Device* (Muestra el modelo del PLC.), *StationNumber:* (00). Enseguida de un clic en el botón *Auto-Configure* y entonces aparecerá el mensaje final *Auto-Configuration was Successful*.

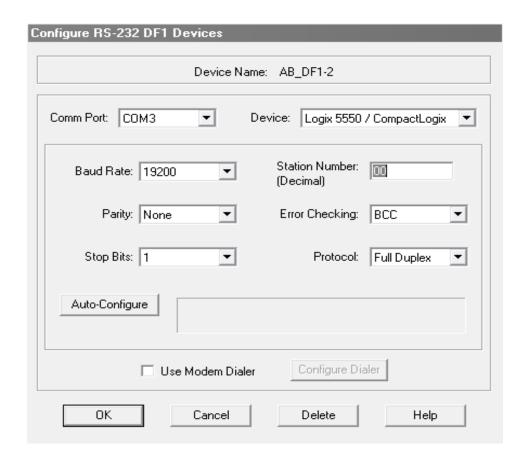


Fig. 2.8 Ventana Configure RS-232 DF1 Devices
Fuente: Programa RSlinxClassic

- h) Si la auto configuración no es exitosa podría aparecer los siguientes mensajes:
- 1) Failed to find baud and parity! Check all cables and switch settings! Esto puede indicar que el Puerto serial para la computadora no está habilitado, el cable está dañado o no está conectado correctamente, o el protocolo para el canal del procesador no está configurado para comunicación RS-232 full dúplex.
- 2) Unable to verify Settings due to packet time-out! (or Unable to verify settings due to a NAK!) Checkall cables and configuration and try again.

Estos dos mensajes usualmente indican que el canal en el procesador no está configurado para comunicación RS-232 full dúplex.

3) Unable to open specified port for configuration testing!

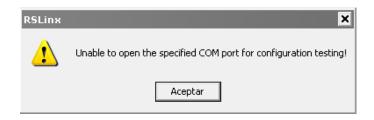


Fig. 2.9 Ventana Conflicto en el Puerto Serial Fuente: Programa RslinxClassic

Hay conflicto en el Puerto serial. Esta siendo usado por otro driver en Rslinx o por un dispositivo diferente tal como un modem.

- i) Asumiremos que la autoconfiguración fue exitosa. Ahora debes cerrar la ventana de *Configure Drivers*, minimice el *Rslinx* y abra el *Rslogix 5000*.
- j) En el lado izquierdo de la pantalla se mostraran un icono de su computadora y un icono del procesador con el cual te estás comunicando:

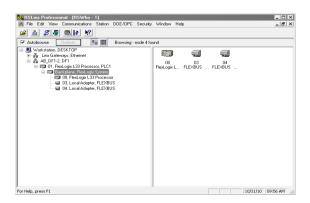


Fig. 2.10Configure Drivers

Fuente: ProgramaRslinx Classic

2.4 Introducción al RSlogix 5000

El RSlogix 5000 es el software que permite configurar, programar y supervisar el funcionamiento del autómata CompactLogix. Para introducirnos en su utilización se crea un proyecto y se configura el módulo de entradas y salidas digitales, y los módulos de entradas y salidas analógicas.



Fig. 2.11 Ventana principal de la aplicación RSlogix 5000 Fuente: Programa RSlinx Profesional

2.4.1 Ventajas del Programa Rslogix 5000 enfocado al proyecto

- Recuperación y almacenamiento automático de proyectos
- Importación y exportación parcial de datos definidos por el usuario.
- Advertencia de verificación de bifurcación en corto de diagrama de lógica de escalera y opción de búsqueda.
- Permite hacer cambio en el programa en línea.
- El software Rslogix 5000 está disponible en chino, inglés, alemán, italiano, japonés, coreano, portugués y español. Las traducciones incluyen ayuda en línea, menús del software, y cuadros de dialogo.
- Permite fragmentar la aplicación en programas más pequeños que pueden volver a utilizarse, rutinas e instrucciones que pueden crearse al utilizar distintos leguajes programación: diagramas de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones, texto estructurado, y diagrama de funciones especiales.
- El aprendizaje es fácil porque cuenta con extenso cursillos y ayudas en línea exhaustivas.
- Permite realizar actualizaciones manuales y automáticas del firmware de módulos.

2.4.2 Iniciando el software de programación RSlogix 5000.

Haga doble clic en el icono *RSlogix 5000* que se encuentra en el escritorio o en el menú de programas, *Inicio* luego *Todos los programas*, clic en *Rockwell Software* clic en *RSlogix Tools* y después en *RSlogix 5000*.



Fig. 2.12 Iniciando el Software de programación RSlogix 5000 Fuente: Programa Rslogix5000

2.5 Creando un nuevo proyecto en el controlador.

1. Haga clic en Archivo y luego en Nuevo en el menú principal.



Fig. 2.13 Creando un nuevo proyecto en el Controlador
Fuente: Programa Rslogix5000

2. Hacer los siguientes cambios:

Type: Aquí escogemos el tipo de controlador que vamos a utilizar de una lista desplegable

Revisión: Se elige la misma para los módulos para su comunicación correcta.

Name: Aquí le ponemos el nombre que queramos a nuestro proyecto que vamos a realizar.

Create In: Aquí nos muestra la ruta donde se va a crear el proyecto y seleccionamos OK.



Fig. 2.14 Selección del tipo de controlador

Para su información:

ChassisType: Este campo esta deshabilitado si se selecciona un controlador del tipo CompactLogix, DriveLogix, o FlexLogix. Estos controladores no tienen chasis físicos, y por tanto no necesita ser seleccionado, en el caso de controladores CompactLogix L4X, sí existe chasis físico, pero son de un tamaño determinado.

Slot: Para CompactLogix, DriveLogix, y FlexLogix el controlador siempre se encuentra en el Slot 0 del chasis virtual y por tanto este campo esta deshabilitado y se muestra el Slot 0. Para CompactLogix L4X, el controlador no reside en el chasis virtual, pero siempre es el Slot 0.

3. El proyecto, ha sido creado.

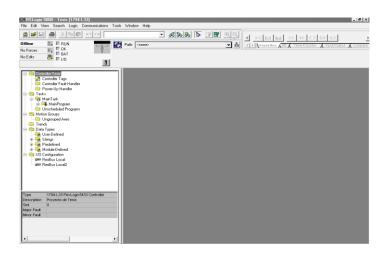


Fig. 2.15 Proyecto nuevo

Fuente: Programa Rslogix5000

4. Ahora tenemos un proyecto para el Compact Logic 1500 creado.

En este momento no tenemos ninguna E/S asociada al proyecto. Además, actualmente no hay código de ejecución (ladder) en el proyecto. Las carpetas más importantes del proyecto son: *controller* donde se definen las variables y los tags del programa y controlador; *tasks* donde se escribirá el código de los algoritmos de

control; *I/O Configuration* donde se definen y se configuran los módulos de entradas y salidas digitales y/o analógicas y cualquier otro tipo de módulos de interacción con el exterior.

2.6 Configuración del módulo de entradas.

Configure el módulo de entrada digital para este controlador, para ello se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1794-L33) y obtener por inspección el slot que ocupa dentro del *backplane*.

2.7 I/O Configuración.

Haga clic en la carpeta *I/OConfiguration* y despliegue las opciones para abrir el bus disponible.

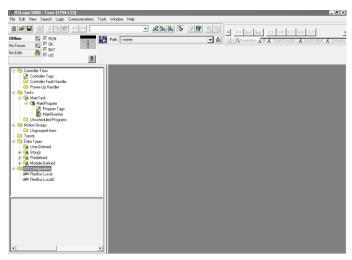


Fig. 2.16 Ventana I/O Configuración.

Fuente: Programa Rslogix5000

2.8 Agregar un nuevo módulo

Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *Compact Bus Local*y seleccione *New module* para abrir una lista de módulos disponibles.

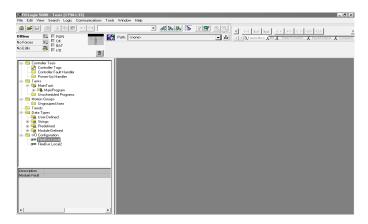


Fig. 2.17 Agregar un nuevo módulo Fuente: Programa Rslogix5000

2.8.1 Características del Módulo Seleccionado.

Haga doble clic en 1769-IQ16 este módulo consta de 16 entradas digitales.

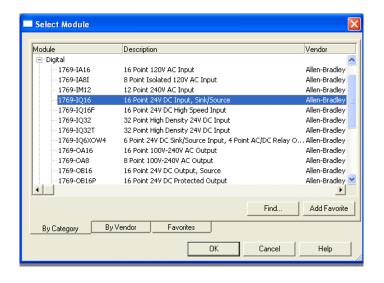


Fig. 2.18 Selección del tipo de módulo Fuente: Programa Rslogix5000

2.9 Propiedades generales del módulo.

Configurar el módulo, para nuestro ejemplo en *Name* colocamos Entradas digitales, seleccionamos el número de slot en el que se encuentra conectado, en este caso 1 ya que corresponde a la primera ubicación..

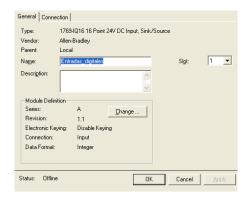


Fig. 2.19 Ventana Módulo Propiedades General.

Fuente: Programa Rslogix5000

2.9.1 Descripción de los comandos de la de la Fig. 2.19.

- Electronic Keying.- evita la inserción de un módulo en una posición incorrecta.
- Rslogix 5000 compara la siguiente información para el módulo insertado: Type, Vendor, Catalog Number, Major Revision and Minor Revision
- *Exact Match.* todos los parámetros descritos anteriormente deben coincidir o la conexión se rechazará.
- *Compatible Modulo.* Los parámetros *Type*, *CatalogNumber y MajorRevision* deben coincidir. La menor revisión del módulo puede ser superior o igual al especificado en el módulo.
- *DisableKeying.* Desactivado.

2.10 Propiedades de la conexión del módulo.

Vaya de **Connectiony** establezca **RPI** la ventana un (RequestPacketInterval), dar 5_{ms} desmarque V "MajorFaultonControllerifConnectionFailsWhile in RunMode". desmarcar esta característica se evita que el controlador entre en fallo mayor si el módulo se desconecta del bastidor.

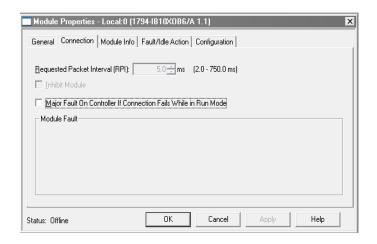


Fig. 2.20 Ventana de Módulo Propiedades, Conexión. Fuente: Programa Rslogix5000

Para su información:

- RequestedPacketInterval (RPI): El RPI es el tiempo que el usuario solicita
 que los datos sean movidos hacia o desde el módulo. Los valores máximos o
 mínimos de RPI se muestran entre paréntesis a la derecha de la casilla de
 control. En RPI es programado por el usuario.
- MajorFaultonControllerifConnectionFails: Cuando se marca esta casilla y
 la conexión con el modulo falla, el controlador entra en fallo mayor.
 Nota: Esta casilla es automáticamente marcada para todos los módulos 1769y
 para el adaptador virtual del bastidor.
- Seleccionamos *OK* para cerrar la ventana de configuración.

2.11 Configuración del módulo de salidas digitales.

Configure el módulo de salida digital para este controlador, para ello se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1769-L32) y obtener por inspección el slot que ocupa dentro del backplane.

a) Haga clic en la carpeta *I/OConfiguration* y despliegue las opciones para abrir el bus disponible.

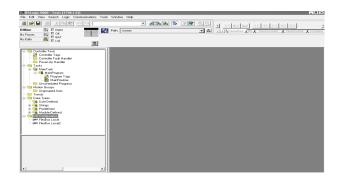


Fig. 2.21 Configuración de módulo de salidas digitales Fuente: Programa RSlogix5000

b) Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *Compact Bus Local*y seleccione *New module* para abrir una lista de módulos disponibles.

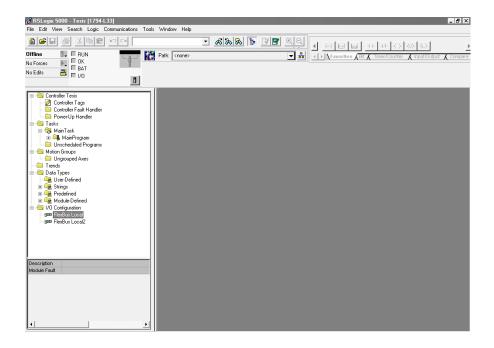


Fig. 2.22 Ventana Compact Bus Local.
Fuente: Programa Rslogix5000

c) Haga doble clic en 1769-OB16 este módulo consta de 16 salidas digitales.

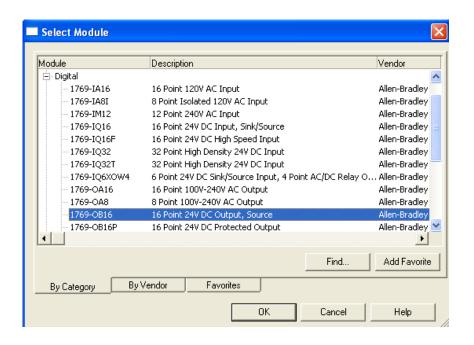


Fig. 2.23 Selección del tipo de módulo Analógico.

Fuente: Programa Rslogix5000

2.12 Propiedades generales del módulo de salidas digitales.

Configurar el módulo, para nuestro ejemplo en *Name* colocamos Salidas digitales, seleccionamos el número de slot en el que se encuentra conectado, en este caso 1 ya que corresponde a la primera ubicación..

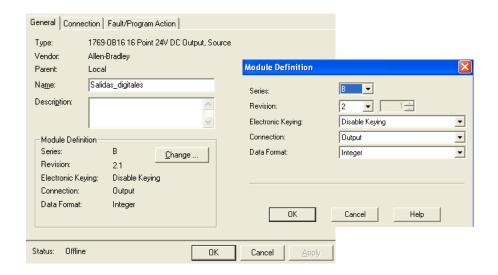


Fig. 2.24 Ventana Módulo Propiedades General.

2.12.1 Descripción de los comandos de la de la Fig. 2.20

- Electronic Keying.- evita la inserción de un módulo en una posición incorrecta.
- Rslogix 5000 compara la siguiente información para el módulo insertado: Type, Vendor, Catalog Number, Major Revision and Minor Revision
- Exact Match.- todos los parámetros descritos anteriormente deben coincidir o la conexión se rechazará.
- Compatible Modulo.- Los parámetros Type, CatalogNumber y MajorRevision deben coincidir. La menor revisión del módulo puede ser superior o igual al especificado en el módulo.
- *DisableKeying.* Desactivado.

2.13 Propiedades de la conexión del módulo de salidas digitales.

Vaya a la ventana de Connectiony establezca un **RPI** (RequestPacketInterval), 5ms dar desmarque y "MajorFaultonControllerifConnectionFailsWhile in RunMode". A1 desmarcar esta característica se evita que el controlador entre en fallo mayor si el módulo se desconecta del bastidor.

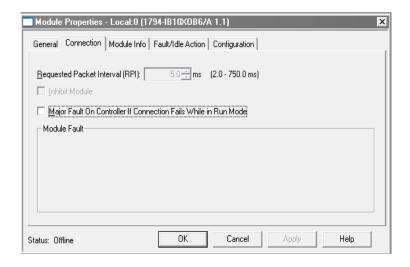


Fig. 2.25 Ventana de Módulo Propiedades, Conexión.

• Seleccionamos **OK** para cerrar la ventana de configuración.

2.14 Configuración del módulo de Entradas Análogas.

Configure el módulo de Entradas análogas para este controlador, para ello se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1769-L32) y obtener por inspección el slot que ocupa dentro del backplane.

a) Haga clic en la carpeta *I/OConfiguration* y despliegue las opciones para abrir el bus disponible.

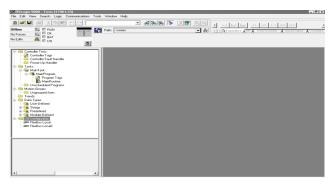


Fig. 2.26 Configuración de módulo de entradas análogas.

Fuente: Programa RSlogix5000

b) Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *Compact Bus Local*y seleccione *New module* para abrir una lista de módulos disponibles.

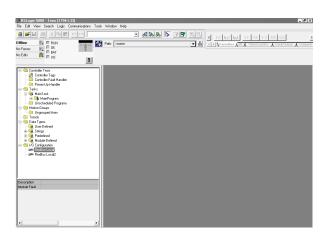


Fig. 2.27 Ventana Compact Bus Local.

c) Haga doble clic en 1794-IE8 este módulo consta de 4 entradas analógicas.

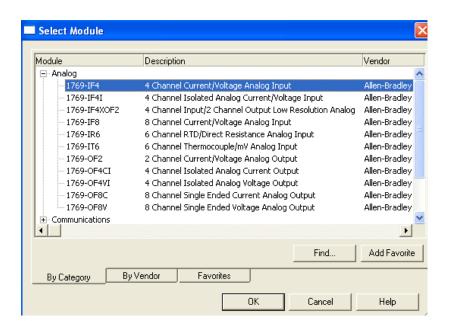


Fig. 2.28 Selección del tipo de módulo Analógico.

Fuente: Programa Rslogix5000

d) Configure el módulo llamándolo "entradas_analógica", seleccionando el número de slot en el que se encuentra conectado, en este caso slot 3 ya que físicamente se encuentra en esa posición.

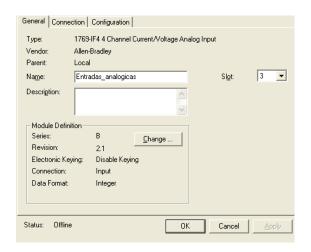


Fig. 2.29 Descripción del módulo Analógico.

Para su información

ElectronicKeying: evita la inserción de un módulo en una posición incorrecta.

RSLogix 5000 compara la siguiente información para el módulo insertado:

Type, Vendor, Catalog Number, Major Revision and Minor Revision

Exact Match: todos los parámetros descritos anteriormente deben coincidir o la conexión se rechazará.

Compatible Módulo: Los parámetros Type, CatalogNumber y MajorRevision deben coincidir. La MinorRevision del módulo puede ser superior o igual al especificado en el modulo.

DisableKeying-Desactivado.

e) Vaya a la ventana de *Connection* y establezca un RPI (*RequestPacketInterval*) de 5ms y desmarque "*MajorFaultonControllerifConnectionFailsWhile in RunMode*". Al desmarcar esta característica se evita que el controlador entre en fallo mayor si el módulo se desconecta del bastidor.

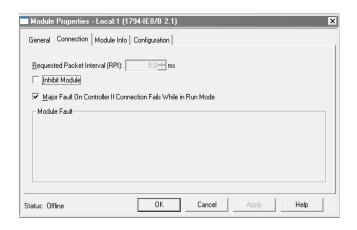


Fig. 2.30 Ventana conexión del Módulo Fuente: Programa Rslogix5000

f) Vaya a la ventana de *Configuration* y establezca el tipo de señal de entrada a utilizarse y el rango.

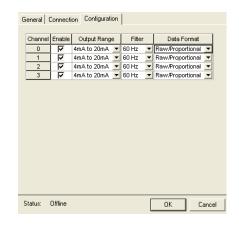


Fig. 2.31 Tipo de señal de entrada.

Fuente: Programa Rslogix5000

g) Seleccionamos *OK* para cerrar la ventana de configuración.

2.15 Configuración del módulo de Salidas Análogas.

Configure el módulo de Salidas análogas para este controlador, para ello se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1769-L32) y obtener por inspección el slot que ocupa dentro del backplane.

a) Haga clic en la carpeta *I/OConfiguration* y despliegue las opciones para abrir el bus disponible.

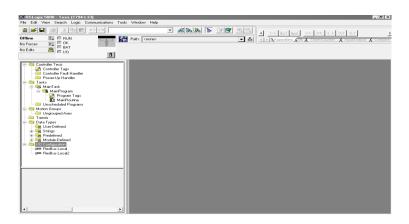


Fig. 2.32 Configuración de módulo de Salidas análogas.

b) Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *Compact Bus Local*y seleccione *New module* para abrir una lista de módulos disponibles.

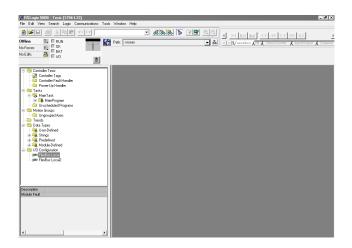


Fig. 2.33 Ventana Compact Bus Local. Fuente: Programa Rslogix5000

c) Haga doble clic en 1769-OF2 este módulo consta de 2 salidas analógicas de corriente y 2 salidas analógicas de voltaje.

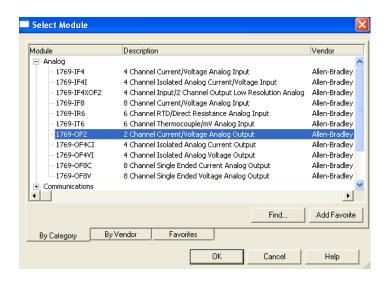


Fig. 2.34 Selección del tipo de módulo Analógico. Fuente: Programa Rslogix5000

d) Configure el módulo llamándolo "salidas_analógicas", seleccionando el número de slot en el que se encuentra conectado, en este caso slot 4 ya que físicamente se encuentra en esa posición.

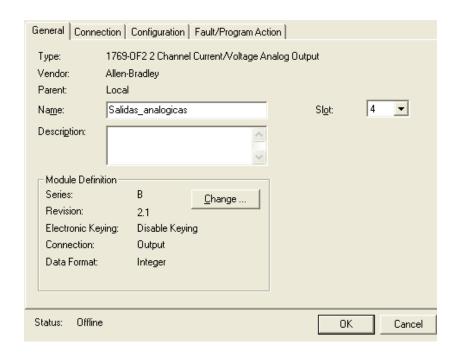


Fig. 2.35 Descripción del módulo Analógico.

Fuente: Programa Rslogix5000

Para su información

ElectronicKeying: evita la inserción de un módulo en una posición incorrecta.

RSLogix 5000 compara la siguiente información para el módulo insertado:

Type, Vendor, Catalog Number, Major Revision and Minor Revision

Exact Match: todos los parámetros descritos anteriormente deben coincidir o la conexión se rechazará.

Compatible Módulo: Los parámetros Type, Catalog Number y Major Revision deben coincidir. La Minor Revision del módulo puede ser superior o igual al especificado en el modulo.

DisableKeying—Desactivado.

e) Vaya a la ventana de *Connection* y establezca un RPI (*RequestPacketInterval*) de 5ms y desmarque "*MajorFaultonControllerifConnectionFailsWhile in RunMode*". Al desmarcar esta característica se evita que el controlador entre en fallo mayor si el módulo se desconecta del bastidor.

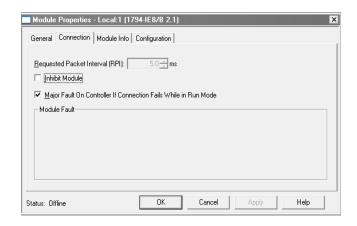


Fig. 2.36 Ventana conexión del Módulo Fuente: Programa Rslogix5000

f) Vaya a la ventana de *Configuration* y establezca el tipo de señal de entrada a utilizarse y el rango.

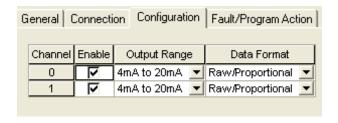


Fig. 2.37 Tipo de señal de entrada. Fuente: Programa Rslogix5000

g) Seleccionamos *OK* para cerrar la ventana de configuración.

2.16 Configuración del módulo de Entradas - Salidas Análogas.

Configure el módulo de Salidas análogas para este controlador, para ello se debe tener especial cuidado en elegir el módulo (por su referencia, por ejemplo 1769-L32) y obtener por inspección el slot que ocupa dentro del backplane.

a) Haga clic en la carpeta *I/OConfiguration* y despliegue las opciones para abrir el bus disponible.

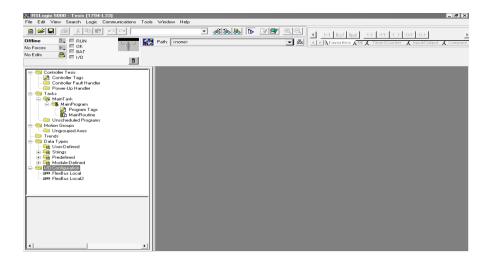


Fig. 2.38 Configuración de módulo de Entradas - Salidas análogas. Fuente: Programa RSlogix5000

b) Haga clic con el botón derecho del mouse en la carpeta *Compact Bus Local*y seleccione *New module* para abrir una lista de módulos disponibles.

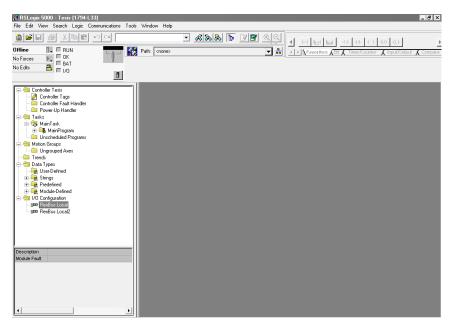


Fig. 2.39 Ventana Compact Bus Local.

Fuente: Programa Rslogix5000

c) Haga doble clic en 1769-OF2 este módulo consta de 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.

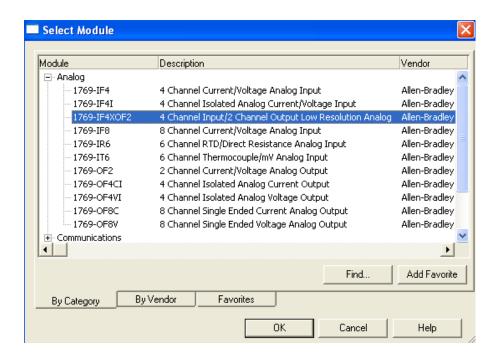


Fig. 2.40 Selección del tipo de módulo Analógico.

Fuente: Programa Rslogix5000

d) Configure el módulo llamándolo "I_O_analógicas", seleccionando el número de slot en el que se encuentra conectado, en este caso slot 5 ya que físicamente se encuentra en esa posición.

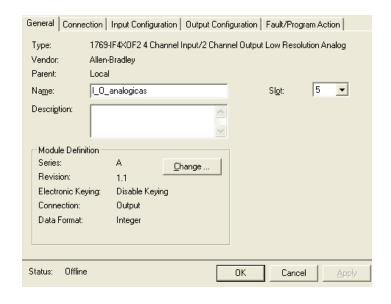


Fig. 2.41 Descripción del módulo I_O_Analógico.

Para su información

ElectronicKeying: evita la inserción de un módulo en una posición incorrecta.

RSLogix 5000 compara la siguiente información para el módulo insertado:

Type, Vendor, Catalog Number, Major Revision and Minor Revision

Exact Match: todos los parámetros descritos anteriormente deben coincidir o la conexión se rechazará.

Compatible Módulo: Los parámetros Type, Catalog Number y Major Revision deben coincidir. La MinorRevision del módulo puede ser superior o igual al especificado en el modulo.

DisableKeying-Desactivado.

e) Vaya a la ventana de *Connection* y establezca un RPI (*RequestPacketInterval*) de 5ms y desmarque "*MajorFaultonControllerifConnectionFailsWhile in RunMode*". Al desmarcar esta característica se evita que el controlador entre en fallo mayor si el módulo se desconecta del bastidor.

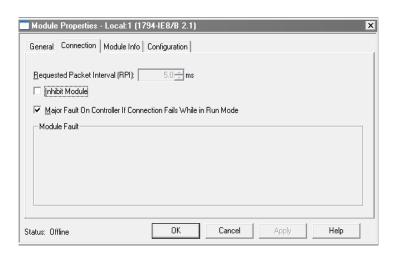


Fig. 2.42 Ventana conexión del Módulo Fuente: Programa Rslogix5000

f) Vaya a la ventana de *Configuration* y establezca el tipo de señal de entrada a utilizarse y el rango.

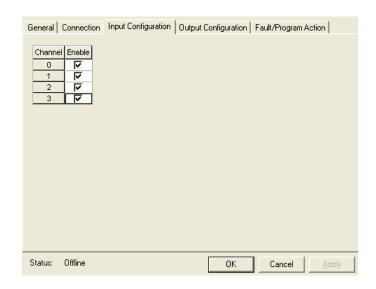


Fig. 2.43 Tipo de señal de entrada. Fuente: Programa Rslogix5000

g) Seleccionamos *OK* para cerrar la ventana de configuración.

2.17 Base de datos de tags del controlador

Pulse dos veces en la carpeta "*ControllerTags*" situada en la parte superior de la ventana de organización del controlador. Aparecerá la siguiente ventana



Fig. 2.44 Control de Tags

Fuente: Programa Rslogix5000

Deben aparecer entradas bajo nombre de Tag del tipo "Local:X:C", "Local:X:I", "Local:X:O". Estas entradas son estructuras de tag y contienen más tags de los que se muestran en la pantalla.

El nombre "Local" indica que estos son tags para un módulo que está en el mismo chasis que el controlador, a través de la red podríamos haber definido otro módulo

conectado físicamente en otro chasis, en este caso aparecerían con el nombre "Remote". El numero X entre los signos de dos puntos será el numero de slot del módulo. Los caracteres después del segundo signo de dos puntos, C, I u O, indican si el dato es de configuración, entrada o salida, respectivamente.

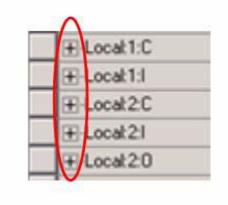


Fig. 2.45 Local tags

Fuente: Programa Rslogix5000

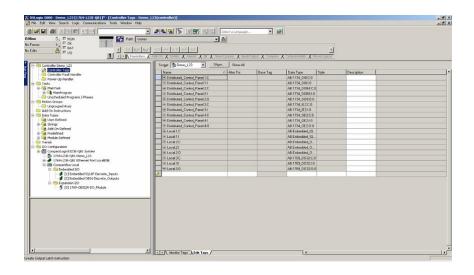


Fig. 2.46 Configuración de módulo

Fuente: Programa Rslogix5000

Cuando un modulo de E/S se añade en la Configuracion de E/S, RSLogix 5000 genera automáticamente los tags correspondientes al módulo que ha configurado. Son los tags que denominamos "*Module DefinedTag*".

El controlador Logix 5000 crea automáticamente los tags necesarios para cada módulo configurado en el alcance del controlador. Cada tag es una estructura de múltiples campos que utilizan el siguiente formato:



Fig. 2.47 Localización Slot

Fuente: Programa Rslogix5000

No hace falta programar para leer o escribir el valor de las entradas o salidas. Los Tags son directamente generados por el software y listos para utilizarse.

2.18 Creación de alias con el software Rslogix 5000

Después de mirar los tags de datos del módulo de entradas y salidas, usted puede pensar que la siguiente sintaxis Local:1:I.Data.0 no es el nombre más explicito para la primera entrada del modulo.

¡RSLogix 5000 le permite crear alias que sustituyan a los tags asociados a los puntos de E/S reales u otros tags de direcciones!

Para su Información:

¿Qué es un alias?

- Un Alias de un tag le permite crear un tag que representa a otro tag.
- Ambos tags comparten un mismo valor.

- Cuando el valor de uno de los tags cambia, el otro tag refleja el cambio.

Utilice alias en las siguientes situaciones:

- Programar la lógica del programa antes de conocer las E/S reales.
- Asignar un nombre descriptivo a un dispositivo de E/S.
- Proporcionar un nombre simple a un tag complejo.
- Utilizar un nombre descriptivo para un elemento de un arreglo(Array).

Vamos a tomar un ejemplo:

Un pulsador está conectado en la primera entrada digital del modulo 17xx-xxx y este pulsador ordena el arranque de su máquina.

¿No sería mejor si en su programa usted utilizara un tag llamado "Marcha" en vez de Distributed_Control_Panel:1:I.Data.0

RSLogix5000 puede hacer esto por usted. Pulse con el botón derecho en el directorio "ControllerTags" desde el Organizador del controlador y seleccione "New Tag..." como se muestra a continuación:



Fig. 2.48 Creación de Nuevo Tag.

Fuente: Programa Rslogix5000

La siguiente ventana aparecerá, completamente como se muestra:

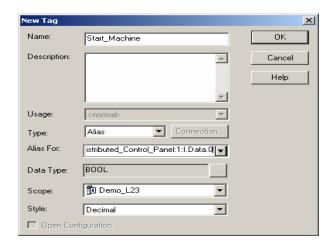


Fig. 2.49 Descripción de Nuevo Tag.

Fuente: Programa Rslogix5000

Pulse *OK* para cerrar la ventana. Acaba de crear un alias de un tag que puede reutilizar en todos los sitios de su programa.

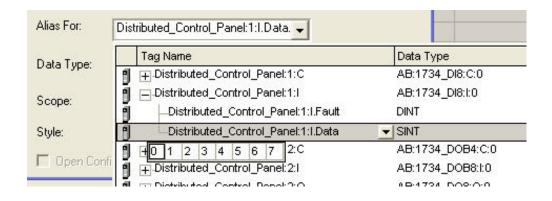


Fig. 2.50 Crear alias de un Tag.

Fuente: Programa Rslogix5000

2.19 Creación de lenguaje Ladder

Vamos a crear ahora una lógica donde utilizaremos estos alias, para hacer esto haga doble clic en *MainRountine* para abrir la ventana de programación.

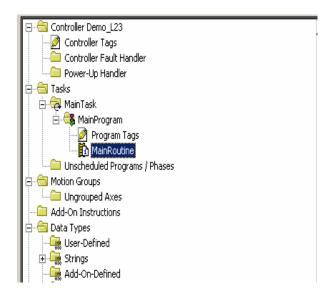


Fig. 2.51 MainRoutime.

Fuente: Programa Rslogix5000

En la ventana de programación cree la siguiente lógica:

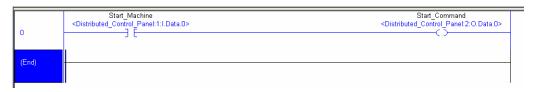


Fig. 2.52 Lógica escalera

Fuente: Programa Rslogix5000

2.20 Grabar el programa.

Grabe su trabajo pulsando en el icono de salvar en la parte superior de la ventana del RSLogix 5000.

2.21 Descarga del Proyecto RSLogix 5000 al Controlador

Para realizar la descarga debemos primero establecer una ruta hasta el Procesador via *RSLinx*.

En el menú principal del software RSLogix 5000 seleccione el menú *Comunications* y el submenú *Who Active*.

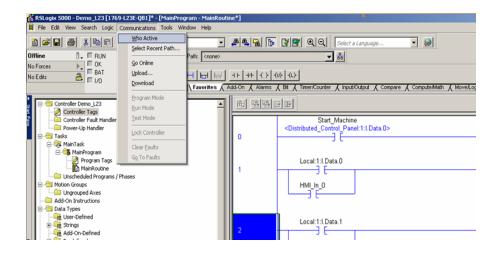


Fig. 2.53 Descarga del proyecto Rslogix 5000 al Controlador. Fuente: Programa Rslogix5000

Avance hasta el procesador CompactLogix, navegue a través del backplane, seleccione el procesador FlexLogix y pulse el botón *Download*.

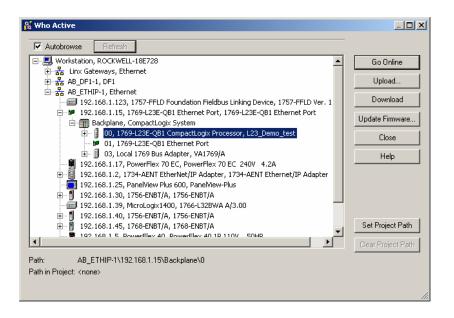


Fig. 2.54 Descarga del proyecto Fuente: Programa Rslogix5000

Cuando aparezca el siguiente cuadro de dialogo, pulse *Download*.



Fig. 2.55 Ventana 1 Descarga del proyecto al controlador Fuente: Programa Rslogix5000

Si aparece este dialogo, pulse *Download* una vez más



Fig. 2.56 Ventana 2 Descarga del proyecto al controlador Fuente: Programa Rslogix5000

Para su información:

- RSLogix 5000 indica el estado de su procesador *Rem Prog, Program, Run, Rem Run o Test.*
- El Color (Azul para Program o Rem Program, Verde para Run o Rem Run,
 Rojo para Faulted) también será igual que el estado del controlador.
- El gráfico de I/O OK es una copia del I/O LED en el frente del controlador. Ambos deberían estar en verde fijo en este momento. Si el LED

de I/O esta titilando eso indica que hay un problema de comunicación entre los dispositivos.

Verifique entonces el estado del controlador



Fig. 2.57 Procesador en Run

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

En este capítulo se explica con detalles las actividades realizadas para la implementación de este proyecto.

3.1 Estructura del proyecto.

Para la implementación de este proyecto se realizó el diseño de la maqueta didáctica y de los planos eléctricos.

Utilizando como referencia los planos eléctricos se procedió a revisar catálogos de proveedores de reconocidas marcas del mercado.

Los equipos seleccionados para la implementación debían cumplir con todas las garantías y fiabilidad al momento de las respectivas prácticas.

Para la ejecución del proyecto, se eligió trabajar con los softwares de programación de la línea Rockwell Automation, tanto en la programación del PLC (Software RS Logix 5000), como en el Sistema Supervisorio HMI (Software Panel View Component).

La interface para la comunicación la se realizo con el software RsLinx, el cual permite configurar y supervisar la(s) red(es) de comunicación(es) en la(s) que se encuentra conectado el autómata CompactLogix 5000 serie L32E, validando al usuario trabajar sobre las comunicaciones PC-PLC o sobre las comunicaciones entre los dispositivos conectados al backplane del autómata mediante ControlBus.

Desde la PC se puede entrar en la CPU del autómata con el software de programación RSLogix 5000.

El sistema actualmente incluye funciones de seguridad, diagnósticos, configuración, alarmas y eventos.

Este enfoque permite que sea mucho más rápido y menos costoso para los usuarios finales que emplean la Arquitectura Integrada de Rockwell Automation incorporar nuevos activos en el entorno de información existente de la planta.

3.2 Protocolos de comunicación usados en nuestra aplicación

En este proyecto se utiliza como elemento principal un PLC CompactLogix 5000 serie L32E, el cual cuenta con dos tipos de comunicación, Ethernet y RS232. En este caso se utilizó dicha comunicación (serial RS232) para el enlace entre el PLC y el HMI modelo Panel View Component C600. El puerto Ethernet del controlador lo usamos para la comunicación entre el PLC y la PC.

La interfaz RS232 se utiliza para distancias cortas, de hasta 15 metros según las recomendaciones para comunicación de datos, y para velocidades de comunicación bajas, de no más de 20 kilobits/segundo.



Fig. 3.1 Modulo 1769-ENBT
Fuente: http://www.automation-drive.com/allen-bradley-1769-l32e

El módulo 1769-ENBT conecta diferentes dispositivos a través de una red de comunicación EtherNet permitiendo la configuración, control de aplicaciones e intercambio de datos a tiempo real entre los dispositivos I/O y los sistemas de control, software de visualización y aplicaciones industriales.

Este módulo de comunicación soporta operación half-duplex 10 MB o full-duplex 100 MB, su conexión física se realiza a través de conectores RJ45 y permite compartir aplicaciones con otras redes como ControlNet y DeviceNet. El módulo

Ethernet/IP trabaja con el Protocolo Industrial Común (CIP) sobre los protocolos de Internet estándar tal como TCP/IP (protocolo para el control del transporte) y UDP (protocolo de datagrama de usuario).

3.3 Principio de funcionamiento del proyecto

Este proyecto se diseño con el objetivo de realizar prácticas didácticas que servirán a los estudiantes obtener destrezas en el área de automatización e instrumentación, además de, explicar la importancia de los sistemas de gestión de calidad por metrología y su nexo con los instrumentos de medición. Reforzar los conocimientos adquiridos en las materias de Sensores, Automatismo, entre otras.

3.3.1 Implementación neumática:

La fuente de aire viene dada a través del compresor de pistones instalado en el modulo. Dicho compresor está en la capacidad de trabajar en un rango de 7 bar (enciende), 9 bar (apaga).



Fig. 3.2 Fuente de aire comprimido de 7 a 9 bar.

Fuente: Autores.

El suministro, luego de ser regulado, pasa a ser controlado por el lazo de presion gobernado por el PLC, en el que el objetivo es mantener en el sistema la presion deseada por el usuario.

El PLC constantemente esta leyendo la informacion ingresada en la pantalla y a su vez comparando lo que el transmisor de presión le esta indicando que hay en el sistema. Si es que falta presion, el PLC envia una señar de consigna a la valvula

Norgren para que ingrese o retire aire del sistema y de esta manera sostener la estabilidad de presion de aire en el sistema.

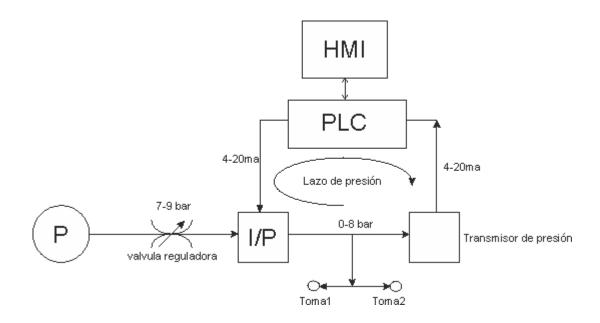


Fig. 3.3 Esquema de control de presión en el sistema en lazo cerrado. Fuente: Autores.

La válvula reguladora al ingreso de aire al sistema, es la encargada de regular la presión hasta 7 bar, ya que esa es el nivel de presión al cual vamos a trabajar.



Fig. 3.4 Válvula reguladora de presión de aire.

La válvula moduladora (Transductor I/P), responde a la necesidad del sistema.

Es proporcional a una consigna analógica eléctrica de 4 a 20 mA enviados por el PLC para que module del 0% al 100% de su apertura correspondientemente y a su vez de 0 a 8 bar a la salida. Todo esto según la necesidad detectada por el PLC.

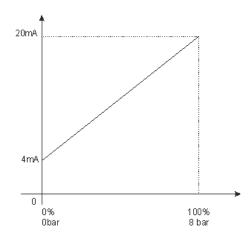


Fig. 3.5 Curva característica de una válvula I/P. Fuente: Autores.

El transmisor de presión E+H es quien envía la señal de retroalimentación del sistema al PLC. Constantemente está leyendo la presión controlada por la válvula moduladora y enviando la retroalimentación del PLC que a su vez ordena al I/P a abrir o cerrar, dependiendo de la necesidad ingresada por el usuario mediante el HMI.



Fig. 3.6 Transmisor de presión E+H.
Fuente: Autores.

3.3.2 Implementación del control de temperatura:

Para la implementación del sistema de temperatura, nos ayudamos con un instrumento especial llamado bloque seco, el mismo que envía una señal de temperatura generada, como propia fuente de temperatura, envía esa señal a un transmisor de temperatura, previamente configurado para la señal de entrada recibida y la salida debidamente programada (4-20 mA). Dicho dato de corriente es enviado directamente al PLC, el mismo que interpreta la lectura y la muestra en el HMI.

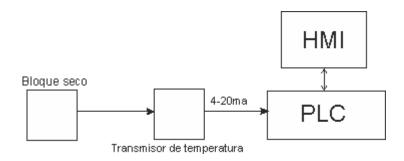


Fig. 3.7 Esquema de control de temperatura en el sistema en lazo abierto. Fuente: Autores.

El bloque seco es un instrumento muy especial, considerado una fuente de temperatura estable para realizar calibraciones. Gobernado por un controlador de procesos, el bloque seco está en la capacidad de brindar un rango de temperatura de 30°C a 300°C, dependiendo de la necesidad del usuario. Está constituido por un controlador de procesos marca BTC2500 ideal para la necesidad. Eléctricamente está compuesto por una resistencia y un sensor de temperatura termocupla tipo J.



Fig. 3.8 Bloque seco usado en las prácticas de temperatura.

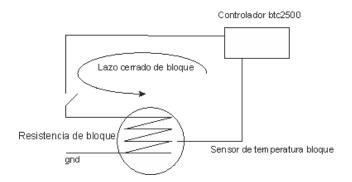


Fig. 3.9 Esquema de funcionamiento bloque seco.

El transmisor de temperatura, nos ayuda a convertir una señal analógica de temperatura, a una señal eléctrica de corriente ya que este es el lenguaje que entiende el PLC. Al recibir una señal de temperatura, esta puede variar de -270/+1200°C y nos arroja una señal equivalente de 4 a 20 mA.



Fig. 3.10 Esquema de funcionamiento bloque seco.

Fuente: Autores.

3.3.3 Banco de Pruebas.



Fig. 3.11 Banco de Pruebas de Maqueta Didáctica

El banco de pruebas está dividido en 3 secciones: la de presión la cual está conformada por el compresor de aire, el presostato, la unidad de mantenimiento, la válvula proporcional, el transmisor de presión patrón, el PLC, el HMI y los instrumentos a calibrar en las prácticas didácticas.



Fig. 3.12 Válvula proporcional y transmisor de presión Fuente: Autores



Fig. 3.13 Presostato y unidad de mantenimiento Fuente: Autores



Fig. 3.14 Compresor de aire Fuente: Autores

La sección de temperatura está conformada principalmente por el bloque seco, el PLC, el HMI y los instrumentos de temperatura a calibrar en las prácticas didácticas.



Fig. 3.15 Bloque seco Fuente: Autores

La sección de prácticas generales está conformada por dos tanques, el 1 es donde va colocada la instrumentación tal como el transmisor de nivel, PT100 con su respectivo transmisor, termopozos para colocación de termómetro, 2 bombas paolo, electroválvulas, mirilla para visualización de nivel, variador de frecuencia, PLC y el HMI.



Fig. 3.16 Tanque 1 con instrumentación
Fuente: Autores



Fig. 3.17 Bombas
Fuente: Autores

3.3.4 Implementación Mecánica:

La base de la maqueta fue diseñada en plancha de hierro negro de 1.9mm, y los bordes con tubo cuadrado de 20mm x 2mm (3/4), la parte inferior donde van los equipos fue construida con una plancha galvanizada de 2.5mm con ángulos de 40mm x 3mm(11/2 x 1/8) para soportar el peso de los mismos.

El acabado se lo dio dos capas de pintura de fondo anticorrosiva y pintura esmalte sintético color gris.



Fig. 3.18 Estructura mecánica, base y soportes.

3.3.5 Montaje y dimensiones de los tanques de la Maqueta Didáctica.

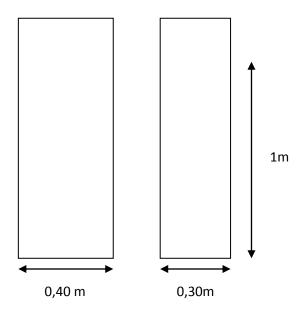


Fig. 3.19 Estructura de los tanques.

Fuente: Autores

Para la construcción de los tanques se utilizó una plancha de 1.9mm y se mando a rolar hasta formar un cilindro.

Para este proceso se implementó 2 tanques cuyas dimensiones y capacidades en litros son las siguientes.

TANQUES	ALTURA	DIÁMETRO	VOLUMEN	CAP/LITROS
TQ1	1 metro	0.40 metros	0.125 m3	89 litros
TQ2	1 metro	0.30 metros	0.070 m3	80 litros

Tabla 3.1 Dimensiones y Capacidades de Tanques Maqueta Didáctica Fuente: Autores

3.3.6 Montaje de los equipos.

Según el funcionamiento de cada práctica se estableció el diseño de la tubería ½" PVC con rosca NPT ya que las válvulas son de las mismas características.



Fig. 3.20 Ubicación de equipos I Fuente: Autores

La instalación de los instrumentos de presión se la realiza de manera cuidadosa, ya que son instrumentos muy delicados y sensibles a la vibración y ruido eléctrico. Se dispone colocarlos de manera frontal a la mesa de trabajo para que el estudiante pueda contrastar los valores tomados en los ensayos, versus los teóricos encontrados.



Fig. 3.21 Ubicación de equipos Fuente: Autores



Fig. 3.22 Montaje de Electro Válvulas
Fuente: Autores

3.3.7 Implementación eléctrica.

Tanto en la instrumentación como en los componentes considerados para la implementación eléctrica, han sido considerados de acuerdo a las necesidades planteadas en este proyecto.

El PLC Rockwell compac logix, lo escogimos por su gran versatilidad en manejo de variables de proceso y capacidad de cálculo al momento del control de procesos.

Esta considerado un plc de gama media dentro de la plataforma rockwell.



Fig.3.23 PLC rockwell compac logix

El variador de frecuencia Siemens Sinamic G110, es uno de los más usados en el medio industrial, por toda la funcionalidad ofrecida en su diseño, tanto de robustez como de control.

Necesitábamos un variador que responda a una consigna analógica que sería proporcional al dato calculado por el PLC en su bloque de funciones de PID. Maneja una configuración muy básica y sencilla.



Fig.3.24 Variador sinamic g110 de siemens.

Fuente: Autores

3.4 Pantallas creadas en el HMI

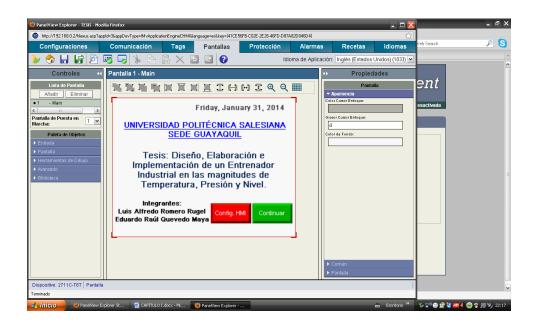


Fig.3.25 Pantalla principal HMI

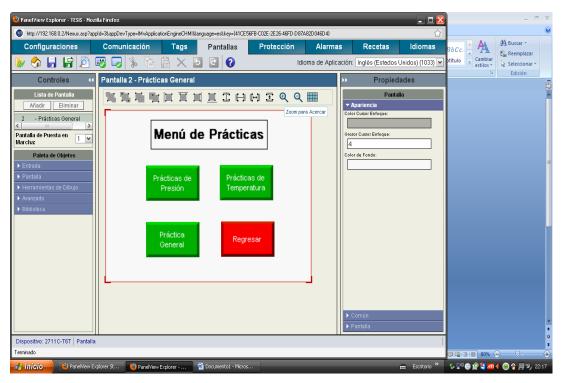


Fig.3.26 Pantalla Menú de Prácticas

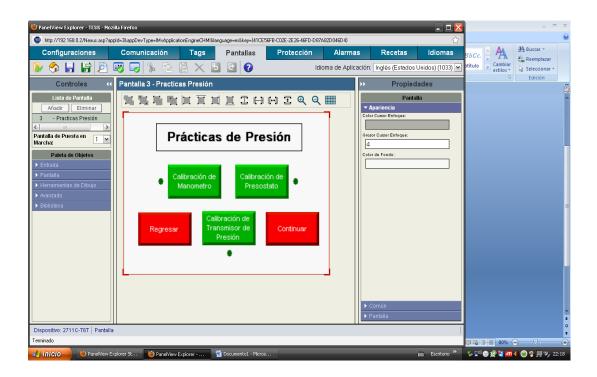


Fig.3.27 Pantalla Prácticas de presión

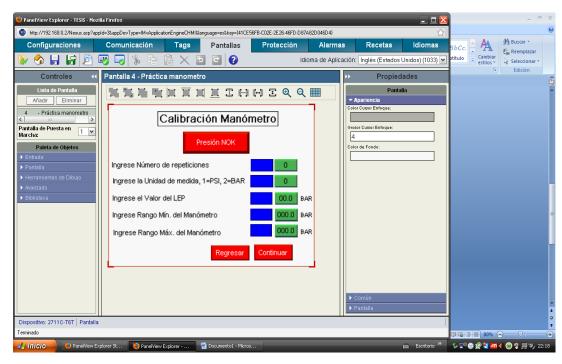


Fig.3.28 Pantalla Calibración de Manómetro

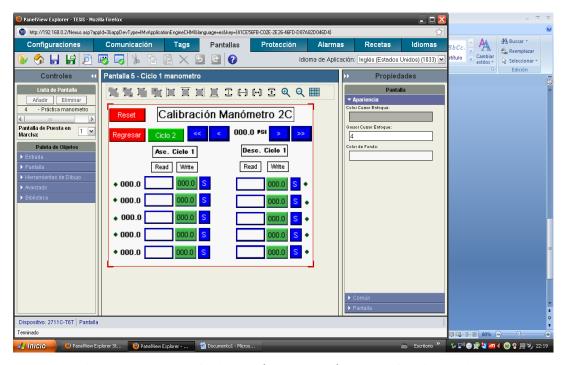


Fig.3.29 Pantalla Calibración de Manómetro 2C primer ciclo

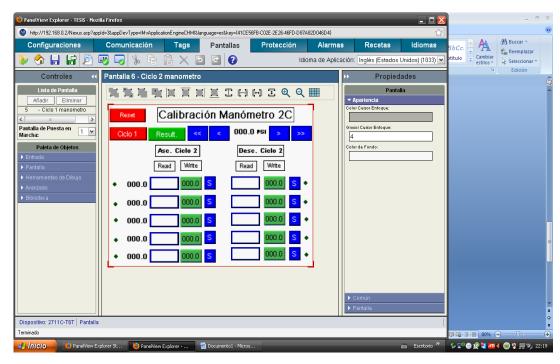


Fig.3.30 Pantalla Calibración de Manómetro 2C primer ciclo

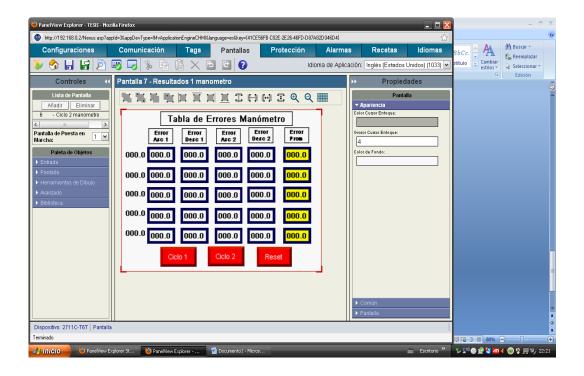


Fig.3.31 Pantalla Error Manómetro

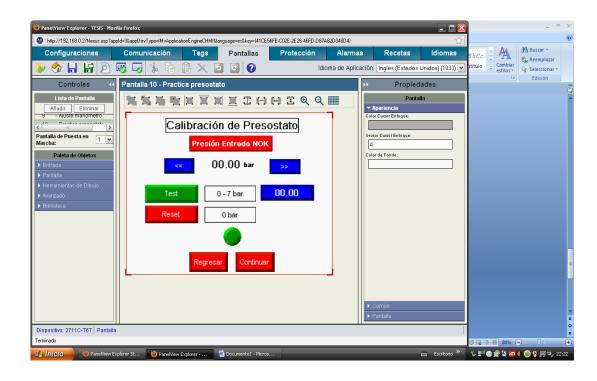


Fig.3.32 Pantalla Calibración presostato

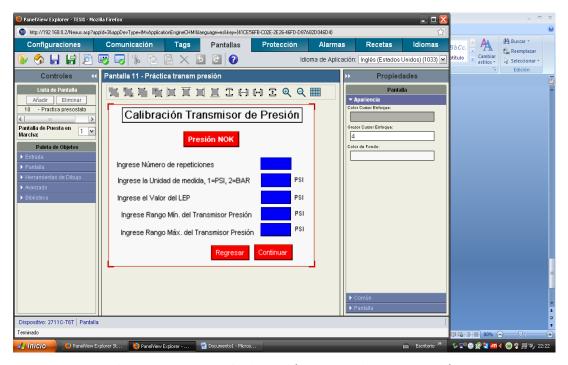


Fig.3.33 Pantalla Calibración transmisor de presión

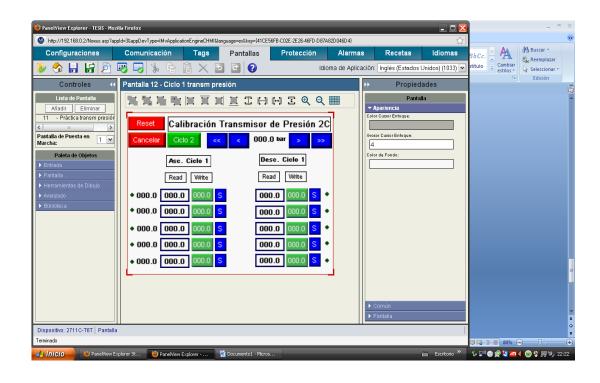


Fig.3.34 Pantalla Calibración de transmisor presión 2C primero ciclo Fuente: Autores

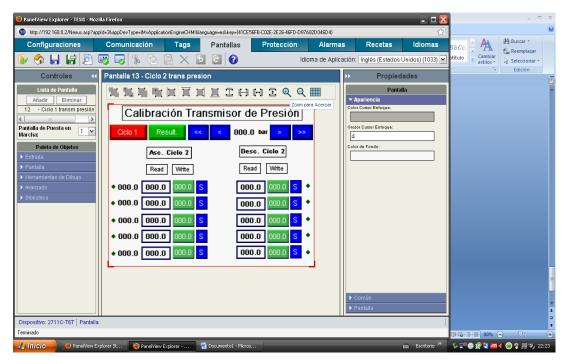


Fig.3.35 Pantalla Calibración de transmisor presión 2C segundo ciclo Fuente: Autores

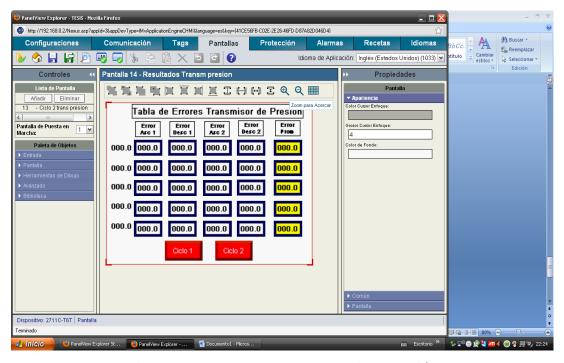


Fig.3.36 Pantalla Errores Transmisor Presión

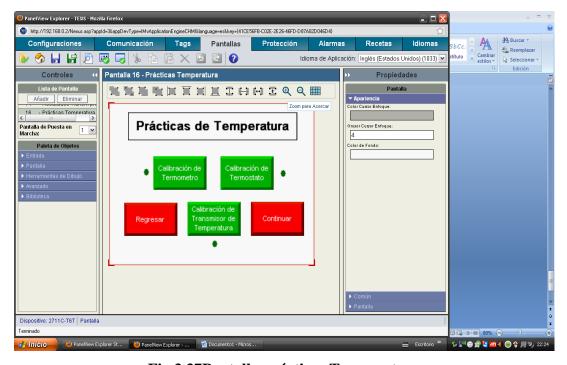


Fig.3.37Pantalla prácticas Temperatura

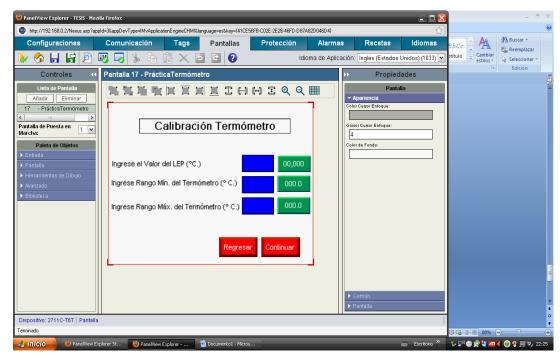


Fig.3.38 Pantalla Calibración termómetro

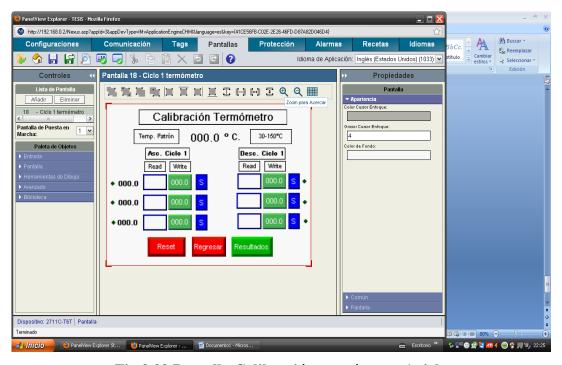


Fig.3.39 Pantalla Calibración termómetro 1 ciclo

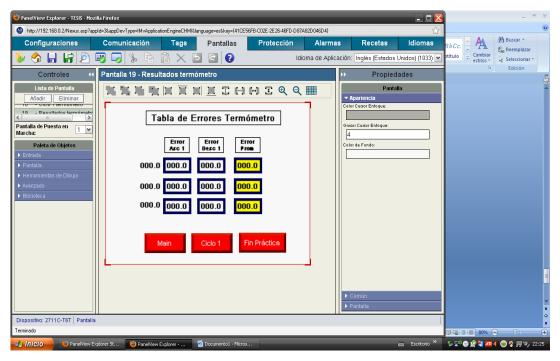


Fig.3.40 Pantalla tabla de errores termómetro

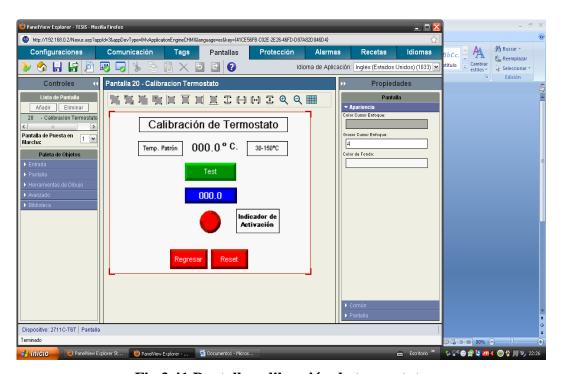


Fig.3.41 Pantalla calibración de termostato

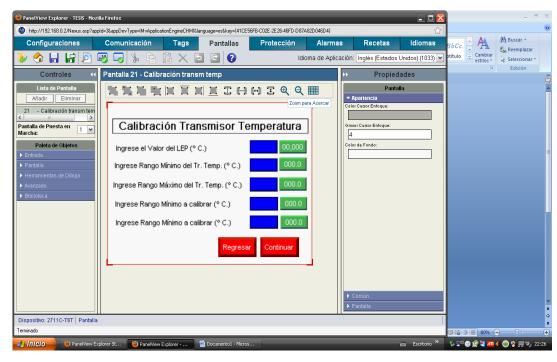


Fig.3.42 Pantalla Calibración transmisor de temperatura

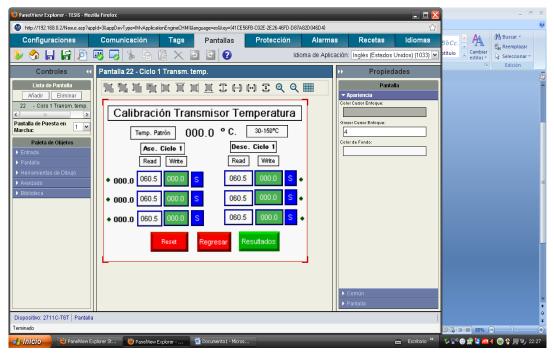


Fig.3.43 Pantalla calibración transmisor temperatura 1 ciclo

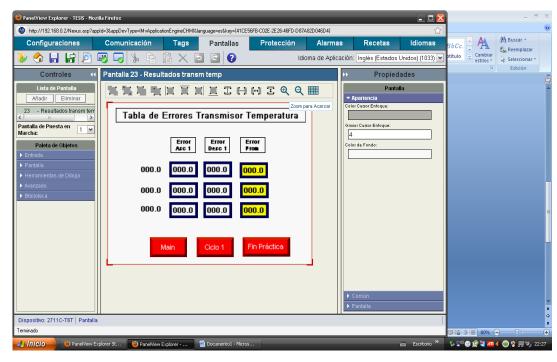


Fig.3.44 Pantalla tabla de errores transmisor de temperatura

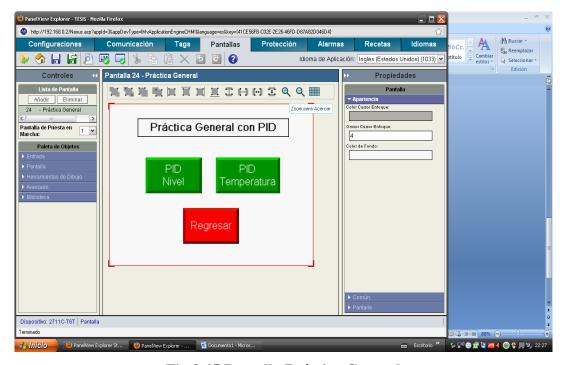


Fig.3.45 Pantalla Práctica General

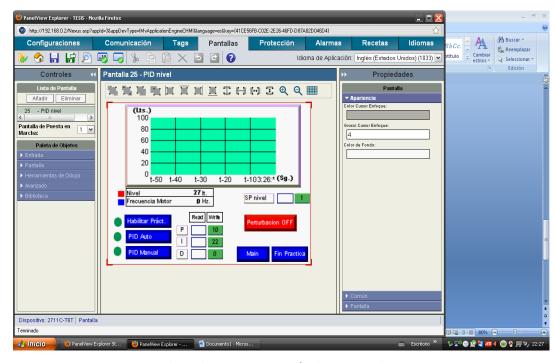


Fig.3.46 Pantalla Práctica PID nivel

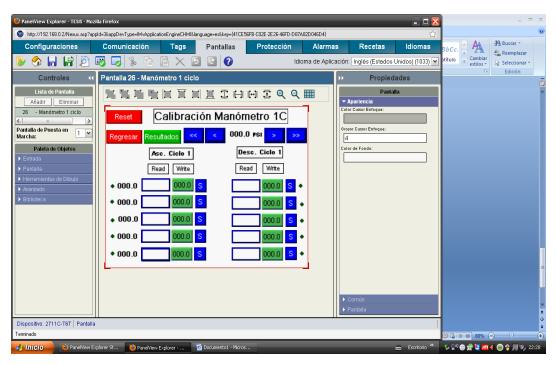


Fig.3.47 Pantalla Calibración manómetro 1 ciclo

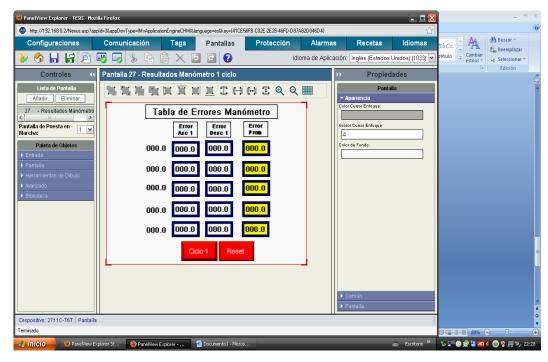


Fig.3.48 Pantalla errores manómetro 1 ciclo

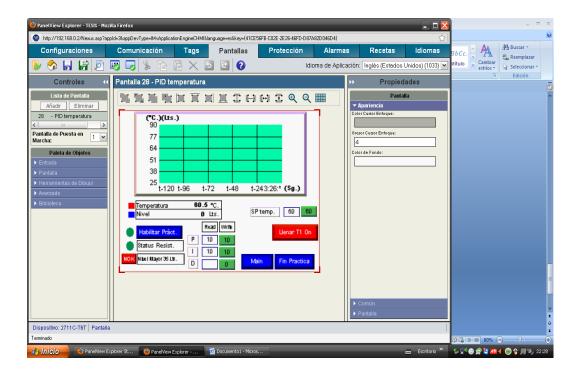


Fig.3.49 Pantalla Práctica PID temperatura

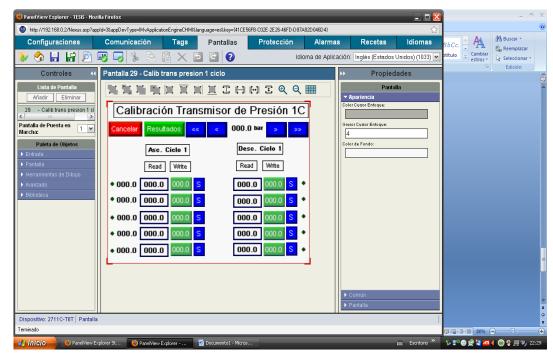


Fig.3.50 Pantalla calibración transmisor presión 1 ciclo

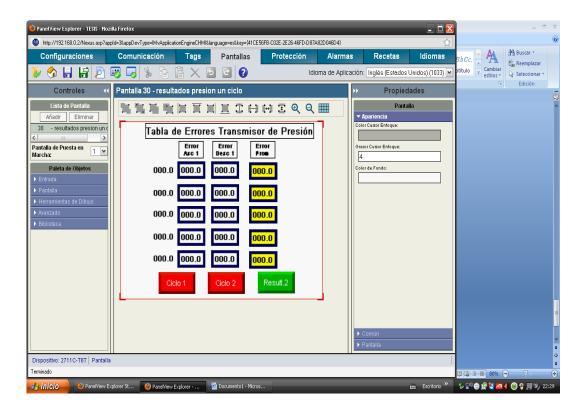
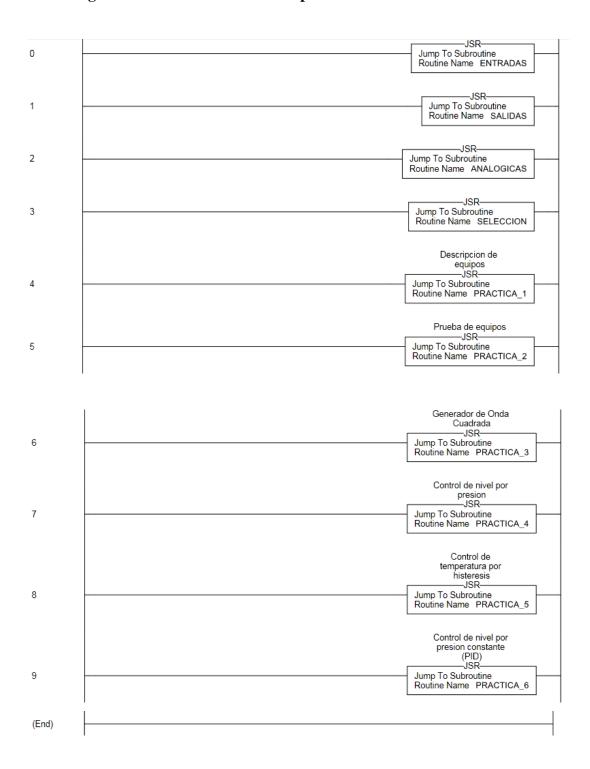


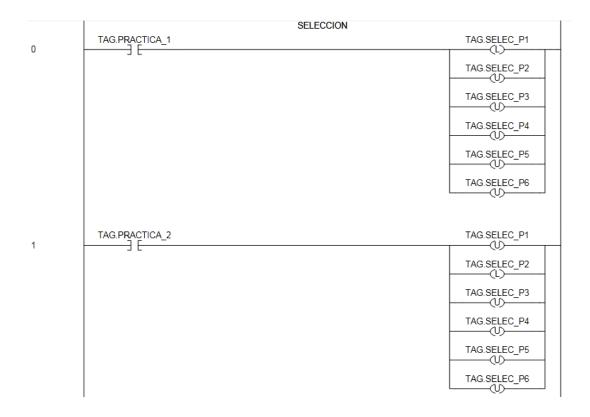
Fig.3.51 Pantalla tabla de errores transmisor de presión 1 ciclo

3.5 Programación del Proyecto.

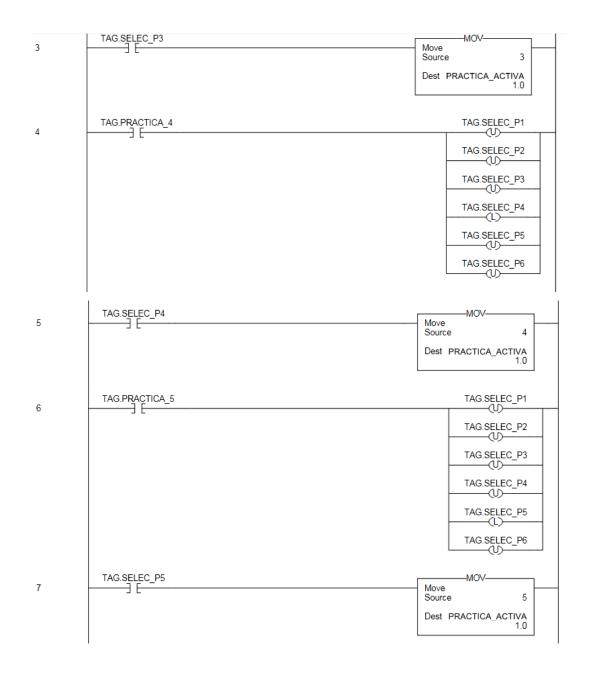
3.5.1 Programación de Subrutina Principal.



3.5.2 Programación de selección de Prácticas







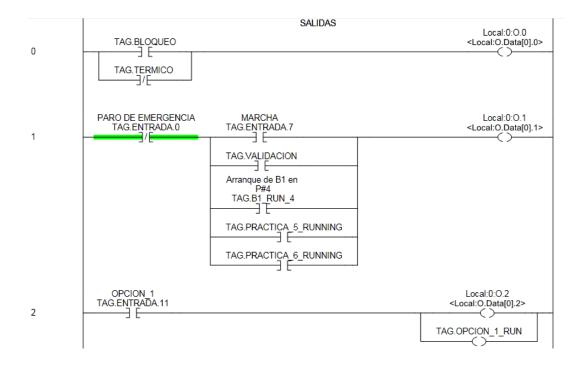
```
TAG.PRACTICA_6
                                                                                    TAG.SELEC_P1
8
                                                                                        -W)-
                                                                                    TAG.SELEC_P2
                                                                                        (U)-
                                                                                    TAG.SELEC_P3
                                                                                       TAG.SELEC_P4
                                                                                    TAG.SELEC_P5
                                                                                       -(U)-
                                                                                    TAG.SELEC_P6
                                                                                        -(L)-
            TAG.SELEC_P6
                                                                                    -VOM-
9
                                                                            Move
                                                                            Dest PRACTICA_ACTIVA
                                                                                       TAG.SELEC_P2
            TAG.PRACTICA_2
10
            TAG.PRACTICA_3
                                                                                       TAG.SELEC_P3
                                                                                           (V)-
11
            TAG.PRACTICA_4
                                                                                       TAG.SELEC_P4
12
                  ]/[
                                                                                           -(V)-
            TAG.PRACTICA_5
                                                                                       TAG.SELEC_P5
13
            TAG.PRACTICA_6
                                                                                       TAG.SELEC_P6
14
(End)
```

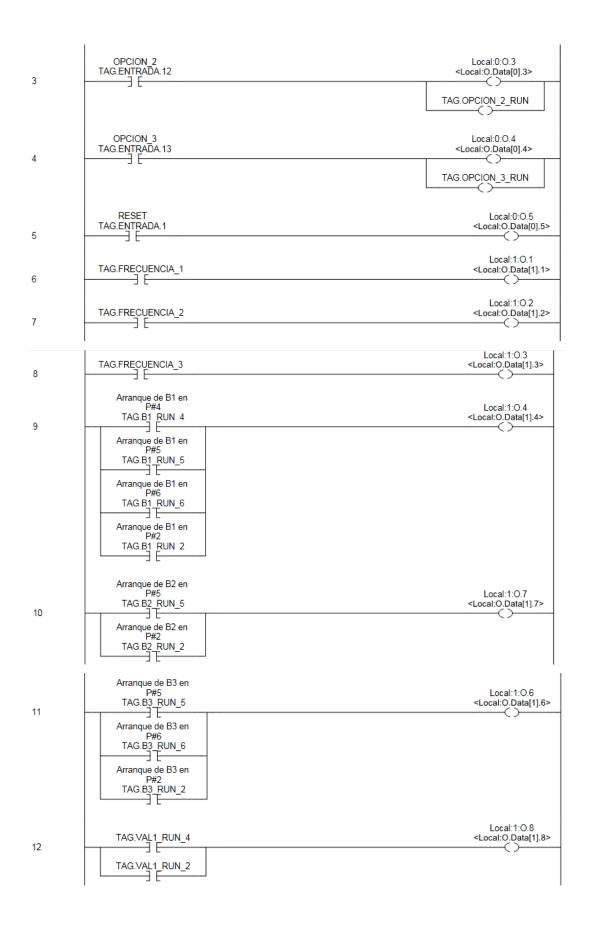
3.5.3 Programación de subrutina de Entradas Digitales

```
ENTRADAS
                                                                                                     PARO DE EMERGENCIA
                       Local:0:1.0
                    <Local:I.Data[0].0>
                                                                                                        TAG.ENTRADA.0
0
                                                                                                              -<>-
                    TAG.PARO
                       Local:0:I.1
                                                                                                                MARCHA
                    <Local:I.Data[0].1>
                                                                                                            TAG.ENTRADA.7
1
                    TAG.MARCHA
                    Local:0:1.2
<Local:I.Data[0].2>
                                                                                                            S2
TAG.ENTRADA.2
2
                        \dashv \vdash
                    TAG.OPCION_1
                                                                                                            S3
TAG.ENTRADA.3
                       Local:0:1.3
                   <Local:I.Data[0].3>
3
                                                                                                                   \langle \rangle
                    TAG.OPCION_2
```

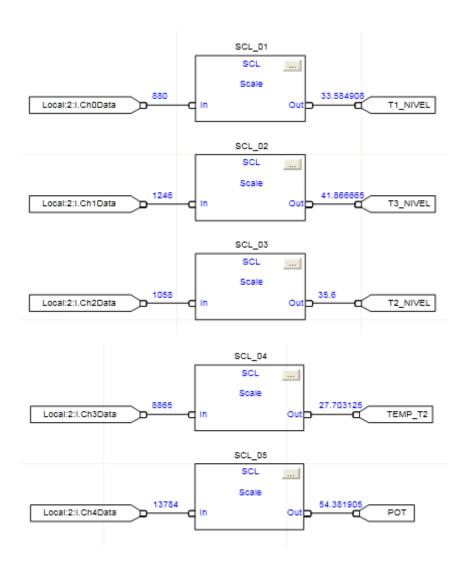
```
Local:0:1.4
                     <Local:I.Data[0].4>
                                                                                                                   TAG.ENTRADA.4
4
                     TAG.OPCION_3
                        Local:0:1.5
                                                                                                                   RESET
                     <Local:I.Data[0].5>
                                                                                                              TAG.ENTRADA.1
5
                     TAG.RESET
                                                                                                                    TAG.PARO
                Local:0:l.6
<Local:I.Data[0].6>
                                                                                                                  S6
TAG.ENTRADA.5
6
                                                                                                                  S7
TAG.ENTRADA.6
                    Local:0:1.7
                <Local:I.Data[0].7>
7
                Local:0:l.8
<Local:I.Data[0].8>
                                                                                                                  TAG.ENTRADA.9
8
                                                                                                                  GUARDAMOTOR
TAG.ENTRADA.8
                    Local:0:1.9
                <Local:I.Data[0].9>
9
(End)
```

3.5.4 Subrutina de Salidas Digitales

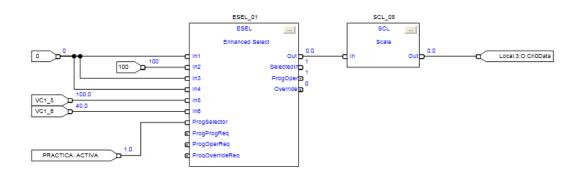


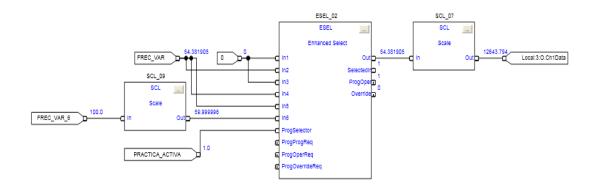


3.5.5 Programación de subrutina de Entradas Analógicas.



3.5.6 Programación de subrutina de Salidas Analógicas.





3.5.7 Descripción de Tags.

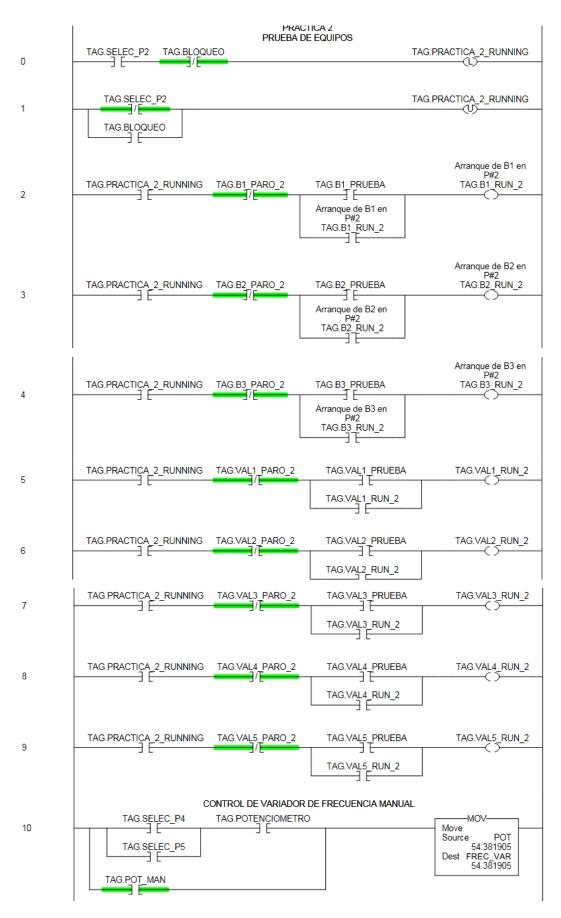
A continuación la lista de tags utilizados en las diferentes prácticas:

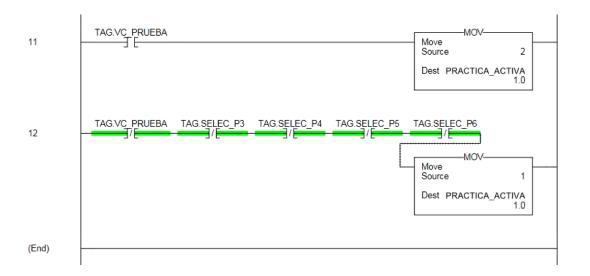
TagName	Tipo	Descripción	Dirección física en PLC
TAG.ENTRADA.1	BOOL	Presostato entrada de aire	Local:0:I.1
TAG.ENTRADA.2	BOOL	Presostato de práctica	Local:0:I.2
TAG.ENTRADA.3	BOOL	Termostato de práctica	Local:0:I.3
TAG.ENTRADA.4	BOOL	Paro de emergencia	Local:0:I.4
TAG.SALIDA 0	BOOL	Activar relé electroválvula 0	Local:1:O.0
TAG.SALIDA 1	BOOL	Activar relé electroválvula 1	Local:1:O.1
TAG SALIDA 2	BOOL	Activar relé electroválvula 2	Local:1:O.2
TAG.SALIDA 3	BOOL	Activar relé electroválvula 3	Local:1:O.3
TAG.SALIDA 4	BOOL	Activar relé zona de calentamiento 1	Local:1:O.4
TAG.SALIDA 5	BOOL	Activar relé zona de calentamiento 2	Local:1:O.5
TAG.SALIDA 6	BOOL	Contactor variador Bomba 1	Local:1:O.6
TAG. SALIDA 7	BOOL	Arranque variador Bomba 1	Local:1:O.7
TAG. SALIDA 8	BOOL	Libre	Local:1:O.8
TAG.SALIDA 9	BOOL	Contactor bomba 2	Local:1:O.9
TAG.SALIDA 10	BOOL	Velocidad fija variador bomba 1	Local:1:O.10
	BOOL	Foco de pulsos de Frecuencia 1	
TAG.FRECUENCIA_2	BOOL	Foco de pulsos de Frecuencia 2	
TAG.FRECUENCIA_3	BOOL	Foco de pulsos de Frecuencia 3	
B1_RUN_3	BOOL	Arranque de B1 en P#3	
B1_RUN_4	BOOL	Arranque de B1 en P#6	
B1_RUN_5	BOOL	Arranque de B1 en P#5	Local:1:O.4
B1_RUN_6	BOOL	Arranque de B1 en P#6	Local:1:O.4
VAL4_RUN_4	BOOL	Comando de apertura solenoide 4 en P#4	Local:1:O.5
VAL4_RUN_5	BOOL	Comando de apertura solenoide 4 en P#5	Local:1:O.5
B3_RUN_4	BOOL	Arranque de B3 en P#4	Local:1:O.6
B3_RUN_5	BOOL	Arranque de B3 en P#5	Local:1:O.6

B3_RUN_6	BOOL	Arranque de B3 en P#6	Local:1:O.6
B2_RUN_4	BOOL	Arranque de B2 en P#4	Local:1:O.7
B2_RUN_5	BOOL	Arranque de B2 en P#5	Local:1:O.7
VAL1_RUN_3	BOOL	Comando de apertura solenoide 1 en P#3	Local:1:O.8
		Comando de apertura solenoide 3 en	
VAL3_RUN_4	BOOL	P#4	Local:1:O.9
VAL3_RUN_5	BOOL	Comando de apertura solenoide 3 en P#5	Local:1:O.9
VAL2_RUN_4	BOOL	Comando de apertura solenoide 2 en P#4	Local:1:O.10
VAL2_RUN_5	BOOL	Comando de apertura solenoide 2 en P#5	Local:1:O.10
VAL2_RUN_6	BOOL	Comando de apertura solenoide 2 en P#6	Local:1:O.10
VAL5_RUN_4	BOOL	Comando de apertura solenoide 5 en P#4	Local:1:0.11
VAL5_RUN_5	BOOL	Comando de apertura solenoide 5 en P#5	Local:1:0.11
VAL5_RUN_6	BOOL	Comando de apertura solenoide 5 en P#6	Local:1:O.11
RES_RUN	BOOL	Encendido de resistencia en P#4	Local:1:O.12
RES_RUN_5	BOOL	Encendido de resistencia en P#5	Local:1:O.12
T1_NIVEL	REAL	Valor actual de nivel de tanque 1	Local:2:I.Ch0Data
T2_NIVEL	REAL	Valor actual de nivel de tanque 2	Local:2:I.Ch1Data
T3_NIVEL	REAL	Valor actual de nivel de tanque 3	Local:2:I.Ch2Data
TEMP_T2	REAL	Valor actual de temperatura de tanque 2	Local:2:I.Ch3Data
POT	REAL	Potenciómetro	Local:2:I.Ch4Data
VC1_4	BOOL	Consigna de val. Proporcional en P#4	Local:3:O.Ch0Data
VC1_5	BOOL	Consigna de val. Proporcional en P#5	Local:3:O.Ch0Data
VC1_6	BOOL	Consigna de val. Proporcional en P#6	Local:3:O.Ch0Data
FREC_VAR	REAL	Consigna de frecuencia desde potenciómetro	Local:3:O.Ch1Data
FREC_VAR_5	REAL	Consigna de frecuencia en P#5	Local:3:O.Ch1Data
FREC_VAR_6	REAL	Consigna de frecuencia en P#6 Local:3:O.Ch	

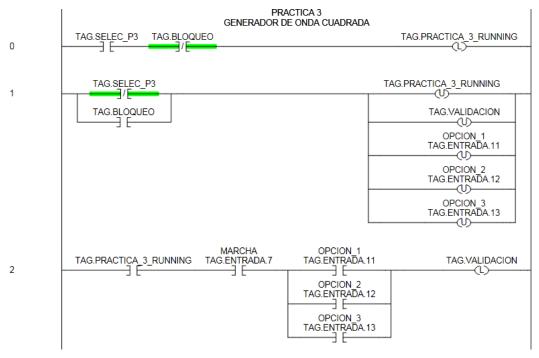
Tab. 4.1 Descripción de tags.

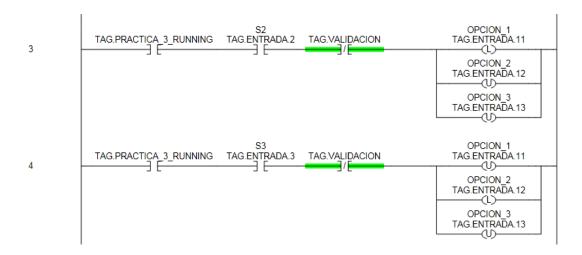
3.5.8 Practica 1: Programa del PLC.



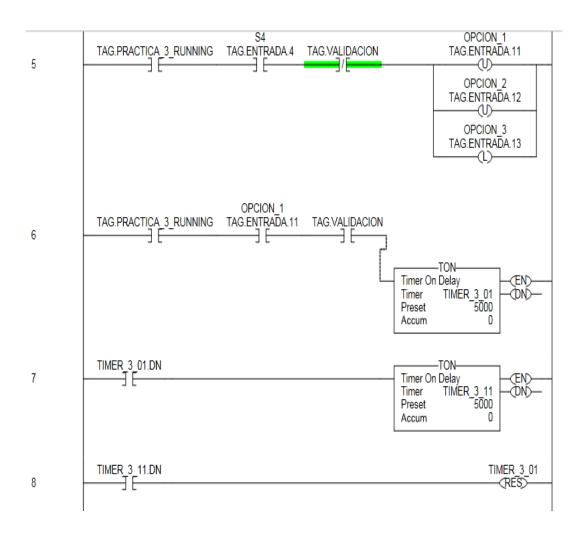


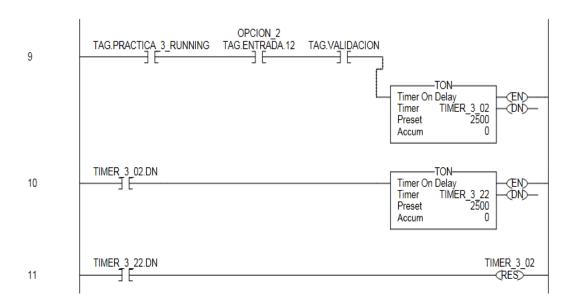
3.5.9 Práctica 2: Programa del PLC.



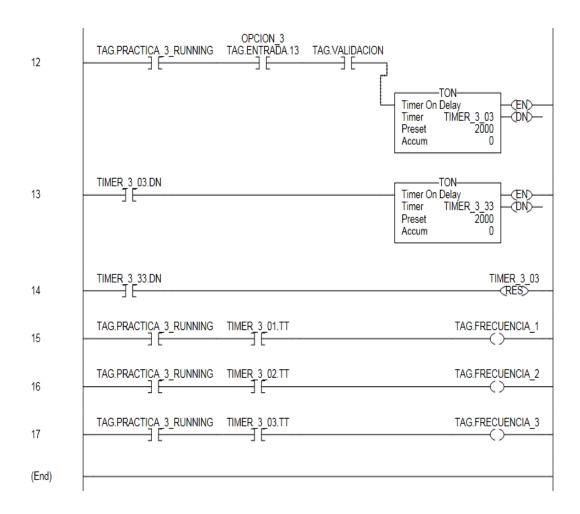


3.5.10 Práctica 3: Programa del PLC.

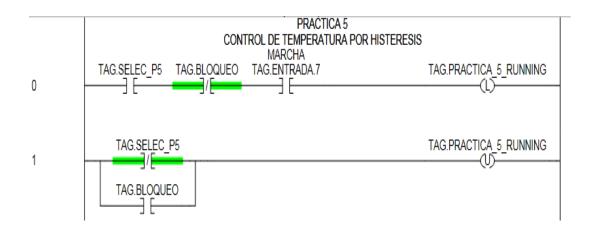


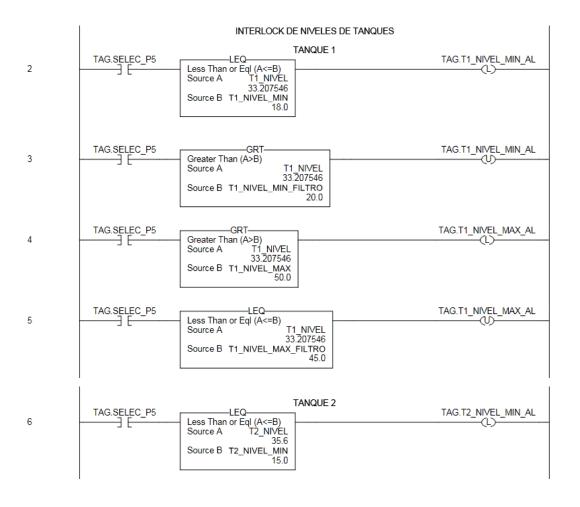


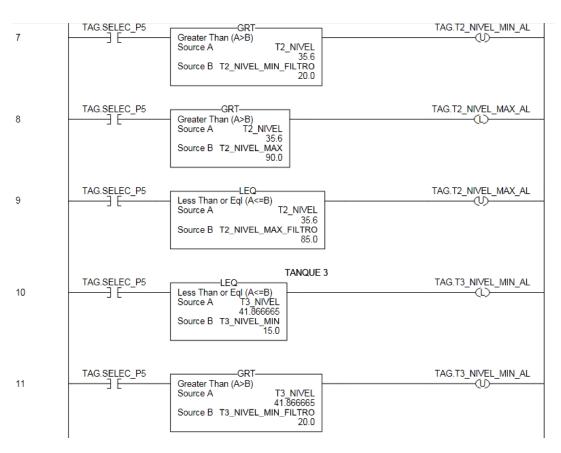
3.5.11 Práctica 4: Programa del PLC.

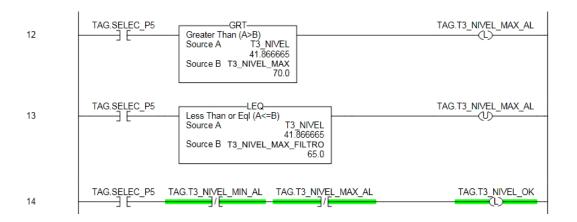


3.5.12 Práctica 5: PROGRAMA EN EL PLC

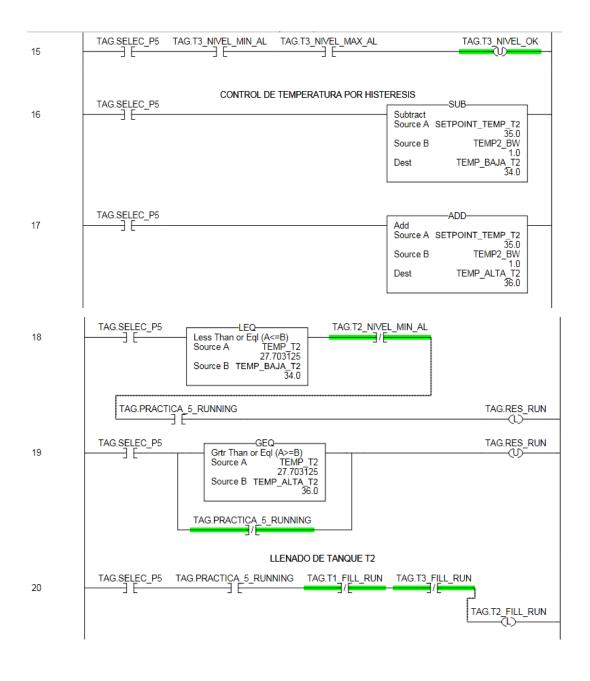


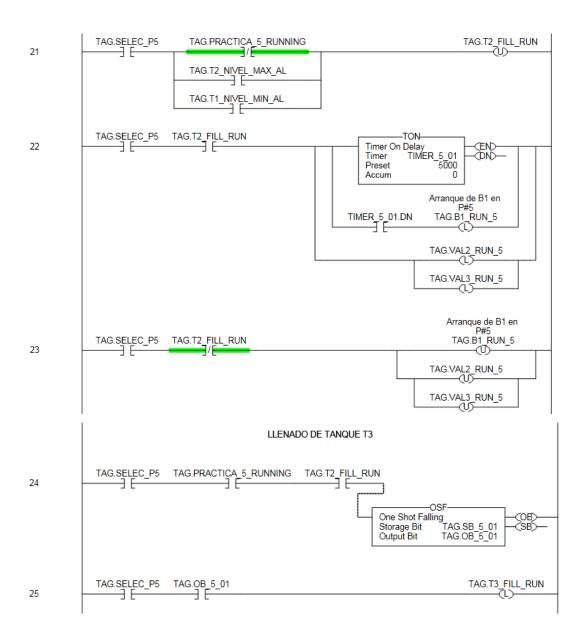




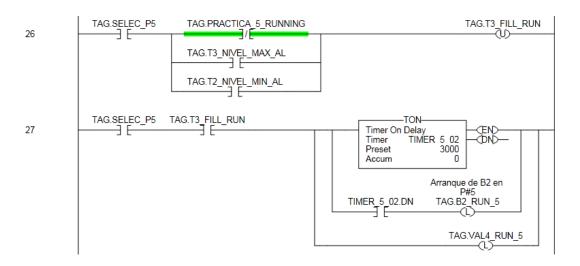


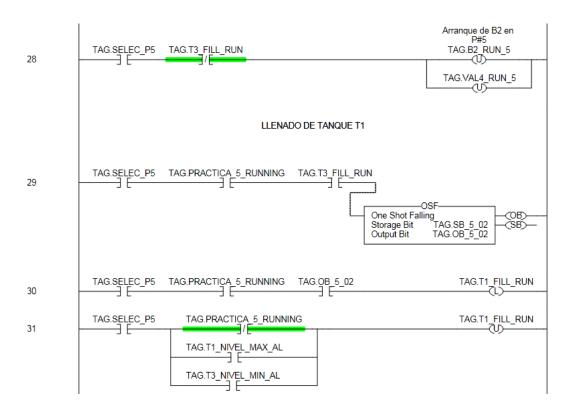
3.5.13 Práctica 6: Programa del PLC.

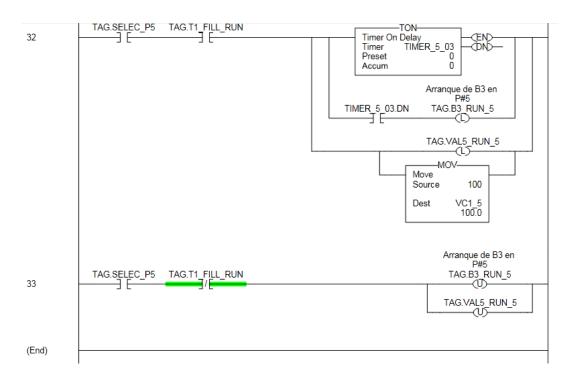




3.5.14 Práctica 7A: Programa del PLC.

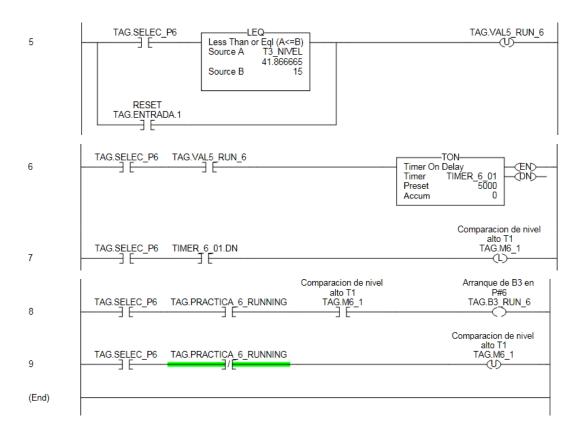




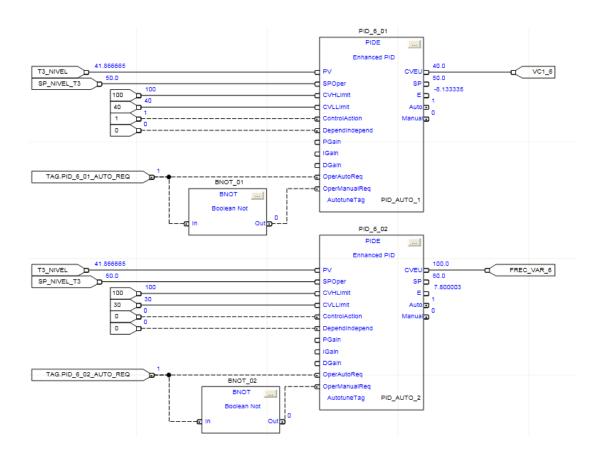


3.5.15 Práctica 7B: Programa del PLC.

```
PRACTICA 6
CONTROL DE NIVEL POR PRESION CONSTANTE (PID)
MARCHA
TAG.BLOQUEO
TAG.ENTRADA.7
TAG.ENTRADA.7
                  TAG.SELEC_P6
                                                                                                            TAG.PRACTICA_6_RUNNING
0
                                                                                                            TAG.PRACTICA_6_RUNNING
                       TAG.SELEC_P6
1
                       TAG.BLOQUEO
                                                                                                                    Arranque de B1 en
P#6
TAG.B1_RUN_6
                  TAG.SELEC_P6
                                       TAG.PRACTICA 6_RUNNING
2
                                                                                                                    TAG.VAL2_RUN_6
                                            GRT—
Greater Than (A>B)
Source A T3 NIVEL
41.866665
Source B SP_NIVEL_T3
50.0
                  TAG.SELEC_P6
                                                                                                                                 TAG.M6_0
3
                                     TAG.M6_0
                                                                                                                        TAG.VAL5_RUN_6
                  TAG.SELEC_P6
```



3.5.16 Bloque PID



Capítulo IV

Desarrollo de las Prácticas

Precauciones de seguridad.

Considerar las siguientes recomendaciones de seguridad para conservar su integridad física y la integridad y buen funcionamiento del equipo.

Seguridad física:

- Mantenerse alejado del punto de calentamiento del bloque seco, ya que es un generador de temperatura potente capaz de provocar una seria quemadura al usuario.
- No elevar la presión del compresor a más de 7 bares, ya que se puede provocar una explosión y provocar lesiones serias.
- No golpear la mirilla de vidrio del tanque 1, ya que puede provocar cortes en la piel del usuario.

Seguridad del equipo:

- No manipular las presiones de ingreso del equipo hasta más allá de su valor seteado, porque pueden dañar los instrumentos de medición.
- Garantizar que el suministro eléctrico sea 220Vac con línea de neutro para poder trabajar de acuerdo a la propuesta planteada y por la seguridad de los instrumentos.
- Si no se va a trabajar por un largo periodo, es recomendable purgar el agua de los tanques 1 y 2 ya que esto puede ser una fuente de deterioro para los mismos.
- No apague el bloque seco si es que no está seteado por lo menos a 30 °C, si se lo apaga a una temperatura más alta de ese valor, se puede dañar.
- No manipular el sensor de presión hidrostático instalado en el tanque 1. Este sensor es ultra sensible y fue calibrado para la aplicación.
- En general, no manipular los valores de zero y span de los instrumentos, ya que esto puede provocar que los tiempos o valores de PID ya no sean los mismos al momento de realizar las prácticas.

Requisitos para el personal:

El personal comprende a todas las personas que efectúen trabajos en o cerca del banco de pruebas.

Tan sólo el personal capacitado o supervisado está autorizado para trabajar con el modulo entrenador.

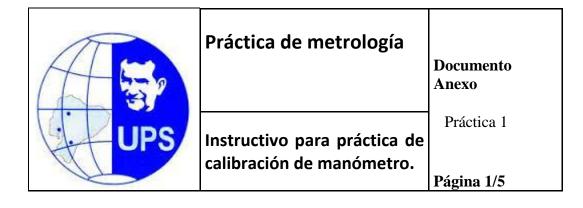
Personal capacitado

El personal capacitado debe tener los conocimientos técnicos y la que le permitan identificar, analizar y evitar los riesgos que pueden crear la electricidad, la mecánica, los sistemas de suministro.

Personal supervisado

El personal supervisado debe estar adecuadamente asesorado o supervisado por personal capacitado de modo que sea capaz de identificar, analizar y evitar los riesgos que pueden crear la electricidad, la mecánica, los sistemas de suministro.

La idea de hacer el banco de pruebas autónomo, sin que necesite fuente de aire o de temperatura externa, fue con la finalidad de que lo puedan mover con facilidad.



4.1 PRÁCTICA #1: Calibración de manómetros

4.1.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento indicador de presión tan utilizado como el manómetro.
- Conocer algunas características técnicas del manómetro, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el manómetro se encuentra en buenas condiciones, si sólo requiere de un ajuste o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.1.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Manómetro de prueba de 0-2 bar (MN-01) con acople de conexión rápida.
- Compresor de aire.
- Válvula proporcional.
- Transmisor de presión patrón.



Documento Anexo

Práctica 1

Instructivo para práctica de calibración de manómetro.

Página 2/5

4.1.3 Recomendaciones generales.

- **4.1.3.1** Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una presión máxima de 9 bares, por lo que no se podrá calibrar instrumentos inferiores a ese rango (700,00 Pa según el SI).
- **4.1.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 1, estos son: un manómetro de 0 a 2 bar (MN-01) y una toma rápida de presión de 1/4.
- **4.1.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.1.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.1.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.1.4 Inicio de la práctica

- **4.1.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el compresor estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.1.4.2** Una vez encendido el compresor, la presión debe comenzar a elevar en el sistema hasta un máximo de 9 bares y el compresor debe apagar (presión de encendido del compresor 7 bares, presión de apagado 9 bar).



Documento Anexo

Práctica 1

Instructivo para práctica de calibración de manómetro.

Página 3/5

- **4.1.4.3** Abra el paso de aire de la unidad de mantenimiento (UM-1) y verificar que en su respectivo manómetro que esté indicando mínimo 7 bares, caso contrario se mostrará el mensaje en la pantalla de **F1:** Falta presión de aire en el sistema. Si es que dicha alarma está presente verificar que no esté accionado el pulsador de emergencia del compresor, si está accionado, hale el pulsador, si el compresor aun no enciende notifique de inmediato al instructor.
- **4.1.4.4** Conectamos a la toma de aire 1 ubicada en la mesa de trabajo el manómetro con acople rápido (MN-01), asegurarse de que esté bien conectado para evitar fugas de aire y así posibles errores en la lectura.
- **4.1.4.5** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de Presión", "Calibración de manómetro" y "Continuar".
- **4.1.4.6** En la pantalla obtenida nos aparecerá un mensaje "Presión OK" en color verde si la presión de nuestro sistema es correcta ó "Presión NOK" en color rojo si la presión es incorrecta. Si ocurre el último caso revisar los puntos 4.1.4.1, 4.1.4.2 y 4.1.4.3.
- **4.1.4.7** Adicional nos pedirá ingresar datos obligatorios para la realización de la práctica, y entre ellos tenemos:
 - Número de repeticiones (Corresponde al número de ciclos ascendente y descendente que se deseen realizar, mínimo 1, máximo dos ciclos).
 - Unidad de medida (1 si es en PSI, 2 si es en Bar).
 - Valor del LEP (Corresponde al error máximo permitido en el manómetro a calibrar)
 - Rango mínimo del manómetro a calibrar (en nuestro caso colocaremos 0 bar).



Documento Anexo

Práctica 1

Instructivo para práctica de calibración de manómetro.

Página 4/5

- Rango máximo del manómetro a calibrar (en nuestro caso colocaremos 2 ya que nuestro instrumento es de 0 a 2 bares)
- **4.1.4.8** Una vez ingresados aparecerá el botón "Continuar" el cual lo presionamos.
- **4.1.4.9** En la siguiente pantalla se definirán automáticamente 5 puntos de calibración simétricos que nos servirá de guía para todo el proceso de calibración.
- **4.1.4.10** En la parte superior derecha se muestra el valor de presión de nuestro transmisor patrón. Junto a él se encuentran flechas indicadoras las cuales hacia la izquierda simbolizan bajar presión y hacia la derecha subir presión.
- **4.1.4.11** Debemos determinar el la hoja de toma de datos (anexo B) los 5 puntos a calibrar y anotarlos en la plantilla "puntos de calibración" de la pantalla del HMI.
- 4.1.4.12 Junto a cada punto se observa un recuadro azul, un recuadro verde y un botón de color azul. El primero es el ingreso numérico, el segundo es el valor escrito en el PLC y el botón azul con la letra "S" nos permite salvar el dato, es decir una vez que lo pulsemos, se grabará el dato ingresado previamente.
- 4.1.4.13 Una vez anotados los 5 puntos de calibración, tanto en la hoja como en la pantalla, comenzamos validando nuestro primer punto de calibración, en nuestro caso 0 bar, luego ingresamos en el campo numérico el valor obtenido en el manómetro y presionamosel botón"S", con esto se graba el primer dato con el valor inicial.
- **4.1.4.14** Incrementamos la presión en el sistema desde el botón de "flecha hacia la derecha, incremento de presión" hasta que la lectura del transmisor patrón sea igual a nuestro segundo punto, es decir, 0.5 bar.



Documento Anexo

Práctica 1

Instructivo para práctica de calibración de manómetro.

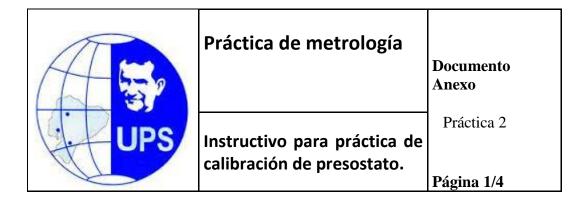
Página 5/5

ingresamos en el segundo campo numérico el valor que observamos en el manómetro y presionamos el segundo "S"

- **4.1.4.15** Cada vez que salvemos el dato aparecerá una indicación color verde que nos confirmará que el dato ha sigo guardado.
- **4.1.4.16** Luego de realizar las mediciones en el ciclo de subida, repetimos el proceso para el ciclo de bajada. Es decir, tomamos la primera lectura del punto máximo y vamos decrementando la presión hasta llegar al punto que deseamos medir, así hasta completar los 5 puntos de medición.
- **4.1.4.17** Una vez salvado el último dato, se habilitará un botón de Ciclo 2 (en caso que hayamos seleccionado 2 ciclos) o "Resultados" si se seleccionó 1 ciclo.
- **4.1.4.18** Una vez finalizado el procedimiento se mostrará la tabla de errores de cada punto donde es estudiante emitirá un criterio en base a los resultados obtenidos.
- **4.1.4.19** Presionamos el botón Reset para que el sistema se encere y se despresurice.
- 4.1.4.20 Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema MN-01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico



4.2 PRÁCTICA #2: Calibración de presostato

4.2.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento de conmutación por presión tan utilizado como el presostato.
- Conocer algunas características técnicas del presostato, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el presostato se encuentra en buenas condiciones, o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.2.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Presostato de prueba (PS-01) con acople de conexión rápida.
- Acople de conexión
- Compresor de aire.
- Válvula proporcional.
- Transmisor de presión patrón.



Documento Anexo

Práctica 2

Instructivo para práctica de calibración de presostato.

Página 2/4

4.2.3 Recomendaciones generales.

- **4.2.3.1** Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una presión máxima de 9 bares, por lo que no se podrá calibrar instrumentos inferiores a ese rango.
- **4.2.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 1, estos son: un presostato marca Festo (PS-01) y una toma rápida de presión de 1/4.
- **4.2.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.2.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.2.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.2.4 Inicio de la práctica

- **4.2.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el compresor estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.2.4.2** Una vez encendido el compresor, la presión debe comenzar a elevar en el sistema hasta un máximo de 9bares y el compresor debe apagar (presión de encendido del compresor 7 bares, presión de apagado 9 bar).



Documento Anexo

Práctica 2

Instructivo para práctica de calibración de presostato.

Página 3/4

- **4.2.4.3** Abra el paso de aire de la unidad de mantenimiento (UM-1) y verificar que en su respectivo manómetro que esté indicando mínimo 7 bares, caso contrario se mostrará el mensaje en la pantalla de **F1:** Falta presión de aire en el sistema. Si es que dicha alarma está presente verificar que no esté accionado el pulsador de emergencia del compresor, si está accionado, hale el pulsador, si el compresor aun no enciende notifique de inmediato al instructor.
- **4.2.4.4** Conectamos a la toma de aire 1 ubicada en la mesa de trabajo el manómetro con acople rápido (MN-01), asegurarse de que esté bien conectado para evitar fugas de aire y así posibles errores en la lectura.
- **4.2.4.5** Conectamos la señal eléctrica proveniente del presostato de prueba al socket etiquetado como presostato.
- **4.2.4.6** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de Presión", "Calibración de presostato" y "Continuar".
- **4.2.4.7** En la pantalla obtenida nos aparecerá un mensaje "Presión OK" en color verde si la presión de nuestro sistema es correcta ó "Presión NOK" en color rojo si la presión es incorrecta. Si ocurre el último caso revisar los puntos 4.1.4.1, 4.1.4.2 y 4.1.4.3.
- **4.2.4.8** Presionamos el botón de test, en ese momento el sistema automáticamente empezará a subir poco a poco la presión de aire en el sistema.
- **4.2.4.9** El sistema se detendrá cuando el presostato cambie de estado lógico, una indicación cambiará de rojo a verde y se mostrará el valor en el que hubo el cambio.
- **4.2.4.10** Aparecerá los botones para subir o bajar presión en el caso que se requiera hallar otro punto de ajuste.



Documento Anexo

Práctica 2

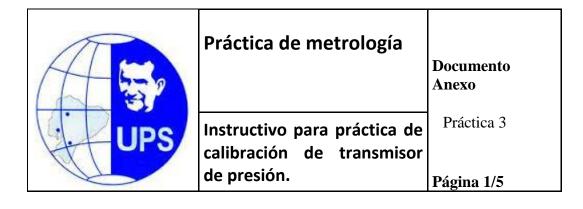
Instructivo para práctica de calibración de presostato.

Página 4/4

- **4.2.4.11** Al terminar de hacer el ajuste presionamos el botón "Reset", con esto se despresuriza el sistema de aire.
- **4.2.4.12** Volvemos a presionar test para verificar el nuevo punto ajustado.
- 4.2.4.13 Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema PS 01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico



4.3 PRÁCTICA # 3: Calibración de transmisor de presión

4.3.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento de presión tan utilizado como el transmisor de presión.
- Conocer algunas características técnicas del transmisor de presión, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el transmisor de presión se encuentra en buenas condiciones o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.3.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Transmisor de prueba de 0 4 bar (PT-01) con acople de conexión rápida.
- Compresor de aire.
- Válvula proporcional.
- Transmisor de presión patrón.



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de presión.

Práctica 3

Página 2/5

4.3.3 Recomendaciones generales.

- **4.3.3.1** Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una presión máxima de 9 bares, por lo que no se podrá calibrar instrumentos inferiores a ese rango.
- **4.3.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 1, estos son: un transmisor de presión Wika de 0 4 bar (PT-01) y una toma rápida de presión de 1/4.
- **4.3.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.3.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.3.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.3.4 Inicio de la práctica

- **4.3.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el compresor estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.3.4.2** Una vez encendido el compresor, la presión debe comenzar a elevar en el sistema hasta un máximo de 9bares y el compresor debe apagar (presión de encendido del compresor 7 bares, presión de apagado 9 bar).



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de presión.

Práctica 3

Página 3/5

- **4.3.4.3** Abra el paso de aire de la unidad de mantenimiento (UM-1) y verificar que en su respectivo manómetro que esté indicando mínimo 7 bares, caso contrario se mostrará el mensaje en la pantalla de **F1:** Falta presión de aire en el sistema. Si es que dicha alarma está presente verificar que no esté accionado el pulsador de emergencia del compresor, si está accionado, hale el pulsador, si el compresor aun no enciende notifique de al instructor.
- **4.3.4.4** Conectamos a la toma de aire 1 ubicada en la mesa de trabajo el transmisor de presión con acople rápido (PT-01), asegurarse de que esté bien conectado para evitar fugas de aire y así posibles errores en la lectura.
- **4.3.4.5** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de Presión", "Calibración de transmisor de presión" y "Continuar".
- **4.3.4.6** En la pantalla obtenida nos aparecerá un mensaje "Presión OK" en color verde si la presión de nuestro sistema es correcta ó "Presión NOK" en color rojo si la presión es incorrecta. Si ocurre el último caso revisar los puntos 4.3.4.1, 4.3.4.2 y 4.3.4.3.
- **4.3.4.7** Adicional nos pedirá ingresar datos obligatorios para la realización de la práctica, y entre ellos tenemos:
 - Número de repeticiones (Corresponde al número de ciclos ascendente y descendente que se deseen realizar, mínimo 1, máximo dos ciclos).
 - Unidad de medida (1 si es en PSI, 2 si es en Bar).
 - Valor del LEP (Corresponde al error máximo permitido en el manómetro a calibrar)
 - Rango mínimo del transmisor de presión a calibrar (en nuestro caso colocaremos 0 bar).



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de presión.

Práctica 3

Página 4/5

- Rango máximo del transmisor a calibrar (en nuestro caso colocaremos 4 ya que nuestro instrumento es de 0 a 4 bares)
- **4.3.4.8** Una vez ingresados aparecerá el botón "Continuar" el cual lo presionamos.
- **4.3.4.9** En la siguiente pantalla se definirán automáticamente 5 puntos de calibración simétricos que nos servirá de guía para todo el proceso de calibración.
- **4.3.4.10** En la parte superior derecha se muestra el valor de presión de nuestro transmisor patrón. Junto a él se encuentran flechas indicadoras las cuales hacia la izquierda simbolizan bajar presión y hacia la derecha subir presión.
- **4.3.4.11** Debemos determinar el la hoja de toma de datos (anexo B) los 5 puntos a calibrar y anotarlos en la plantilla "puntos de calibración" de la pantalla del HMI.
- 4.3.4.12 Junto a cada punto se observa un recuadro azul, un recuadro verde y un botón de color azul. El primero es el valor numérico del transmisor de presión de la práctica, el segundo es el valor escrito en el PLC y el botón azul con la letra "S" nos permite salvar el dato, es decir una vez que lo pulsemos, se grabará el dato leído previamente.
- **4.3.4.13** Una vez anotados los 5 puntos de calibración, tanto en la hoja como en la pantalla, comenzamos validando nuestro primer punto de calibración, en nuestro caso 0 bar, presionamos el botón "S", con esto se graba el primer dato leído en el patrón.
- **4.3.4.14** Incrementamos la presión en el sistema desde el botón de "flecha hacia la derecha, incremento de presión" hasta que la lectura del transmisor patrón sea igual a nuestro segundo punto, es decir, 1 bar.



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de presión.

Práctica 3

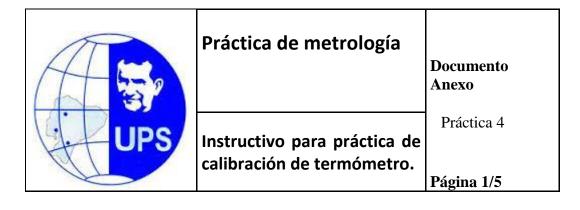
Página 5/5

presionamos la siguiente "S" y se grabará en el PLC el valor actual leído por el transmisor de presión

- **4.3.4.15** Cada vez que salvemos el dato aparecerá una indicación color verde que nos confirmará que el dato ha sigo guardado.
- **4.3.4.16** Luego de realizar las mediciones en el ciclo de subida, repetimos el proceso para el ciclo de bajada. Es decir, tomamos la primera lectura del punto máximo y vamos decrementando la presión hasta llegar al punto que deseamos medir, así hasta completar los 5 puntos de medición.
- **4.3.4.17** Una vez salvado el último dato, se habilitará un botón de Ciclo 2 (en caso que hayamos seleccionado 2 ciclos) o "Resultados" si se seleccionó 1 ciclo.
- **4.3.4.18** Una vez finalizado el procedimiento se mostrará la tabla de errores de cada punto donde es estudiante emitirá un criterio en base a los resultados obtenidos.
- **4.3.4.19** Presionamos el botón Reset para que el sistema se encere y se despresurice.
- 4.3.4.20 Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema PT-01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico



4.4 PRÁCTICA # 4: Calibración de termómetro

4.4.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento de temperatura tan utilizado como el termómetro.
- Conocer algunas características técnicas del termómetro, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el termómetro se encuentra en buenas condiciones o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.4.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Termómetro de 0 100 °C. (TI-01).
- Bloque seco.

4.4.3 Recomendaciones generales.

4.4.3.1 Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una temperatura de 30 – 150 °C., por lo que no se podrá calibrar instrumentos inferiores ni superiores a ese rango.



Documento Anexo

Práctica 4

Instructivo para práctica de calibración de termómetro

Página 2/4

- **4.4.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 4, estos son: un termómetro Reotemp de 0 100 °C. (TT-01) y un insert para colocarlo en el bloque seco.
- **4.4.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.4.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.4.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.4.4 Inicio de la práctica

- **4.4.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el bloque estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.4.4.2** Una vez encendido el bloque seco, colocamos manualmente desde su propio controlador la temperatura de 30 ° C. Mientras estabiliza la temperatura colocamos el termómetro de 0 100°C junto con su respectivo insert en la toma del bloque.
- **4.4.4.3** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de temperatura", "Calibración de termómetro" y "Continuar".



Documento Anexo

Práctica 4

Instructivo para práctica de calibración de termómetro.

Página ¾

- **4.4.4.4** Nos pedirá ingresar datos obligatorios para la realización de la práctica, y entre ellos tenemos:
 - Valor del LEP (Corresponde al error máximo permitido en el termómetro a calibrar)
 - Rango mínimo del termómetro a calibrar (en nuestro caso colocaremos 30 ° C.).
 - Rango máximo del termómetro a calibrar (en nuestro caso colocaremos 100 ° C.).
- **4.4.4.5** Una vez ingresados aparecerá el botón "Continuar" el cual lo presionamos.
- **4.4.4.6** En la siguiente pantalla se definirán automáticamente 3 puntos de calibración simétricos que nos servirá de guía para todo el proceso.
- **4.4.4.7** Debemos determinar el la hoja de toma de datos (anexo B) los 3 puntos a calibrar y anotarlos en la plantilla "puntos de calibración" de la pantalla del HMI.
- 4.4.4.8 Junto a cada punto se observa un recuadro azul, un recuadro verde y un botón de color azul. El primero es el valor numérico del termómetro de la práctica, el segundo es el valor escrito en el PLC y el botón azul con la letra "S" nos permite salvar el dato, es decir una vez que lo pulsemos, se grabará el dato leído previamente.
- **4.4.4.9** En el controlador del bloque seco seteamos el primer valor de nuestra tabla, esperamos un promedio de 5 minutos a partir que la temperatura está llegando a su referencia. Una vez estabilizada la lectura observamos el valor que muestra el termómetro, lo ingresamos en el HMI y presionamos el botón "S", con esto se graba el primer dato leído en el patrón.



Documento Anexo

Práctica 4

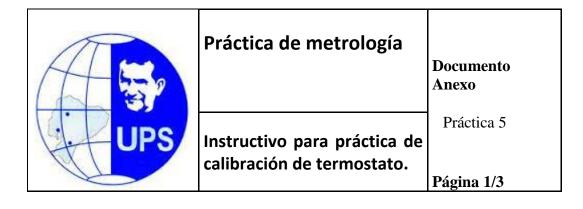
Instructivo para práctica de calibración de termómetro

Página 4/4

- **4.4.4.10** Cada vez que salvemos el dato aparecerá una indicación color verde que nos confirmará que el dato ha sigo guardado.
- 4.4.4.11 Luego de realizar las mediciones en el ciclo de subida, repetimos el proceso para el ciclo de bajada. Es decir, tomamos la primera lectura del punto máximo y vamos decrementando la temperatura hasta llegar al punto que deseamos medir, así hasta completar los 3 puntos de medición.
- **4.4.4.12** Una vez salvado el último dato, se habilitará un botón "Resultados".
- **4.4.4.13** Una vez finalizado el procedimiento se mostrará la tabla de errores de cada punto donde es estudiante emitirá un criterio en base a los resultados obtenidos.
- **4.4.4.14** Presionamos el botón Reset para que el sistema se encere y se despresurice.
- 4.4.4.15 Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema TI 01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico



4.5 PRÁCTICA # 5: Calibración de termostato

4.5.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento de conmutación por temperatura tan utilizado como el termostato.
- Conocer algunas características técnicas del termostato, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el termostato se encuentra en buenas condiciones, o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.5.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Termostato de prueba (TS-01)
- Insert de conexión
- Válvula proporcional.
- Bloque seco.



Documento Anexo

Práctica 5

Instructivo para práctica de calibración de termostato.

Página 2/3

4.5.3 Recomendaciones generales.

- **4.5.3.1** Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una temperatura de 30 a 150 ° C.
- **4.5.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 1, estos son: un termostato marca Danfoss (TS-01) con el insert apropiado para el bloque seco
- **4.5.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.5.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.5.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.5.4 Inicio de la práctica

- **4.5.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el bloque seco estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.5.4.2** Conectamos la señal eléctrica proveniente del termostato de prueba (TS01) al socket etiquetado como termostato.
- **4.5.4.3** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de Presión", "Calibración de termostato" y "Continuar".



Documento Anexo

Práctica 5

Instructivo para práctica de calibración de termostato.

Página 3/3

- **4.5.4.4** Empezamos a subir de 10 en 10°C desde 30 ° como punto inicial, esperamos que la temperatura se estabilice.
- **4.5.4.5** Si no se activa el contacto del termostato, subimos 10°C más y volvemos a esperar a que la temperatura se estabilice.
- **4.5.4.6** Este procedimiento lo realizamos hasta que en la pantalla del HMI cambie el estado de rojo a verde el cual indica que ha cambiado de estado lógico el instrumento.
- **4.5.4.7** En la misma pantalla se observará el valor en ° C en el que activó.
- **4.5.4.8** Podemos ajustar el set point en otro valor, ajustando con la perilla superior que posee el termostato y repetimos el procedimiento anterior
- **4.5.4.9** Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema PS-01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico



4.6 PRÁCTICA # 6: Calibración de transmisor de temperatura

4.6.1 Objetivos:

- Familiarizarse con un instrumento de temperatura tan utilizado como el transmisor de temperatura.
- Conocer algunas características técnicas del transmisor de temperatura, su funcionamiento y aplicaciones.
- Tener el criterio para determinar si el transmisor de temperatura se encuentra en buenas condiciones o si sencillamente ya cumplió su vida útil.

4.6.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Transmisor de temperatura de 0 100 °C. (TT-01).
- Bloque seco.
- PT100

4.6.3 Recomendaciones generales.

4.6.3.1 Se debe considerar que el banco de prueba está limitado a trabajar con una temperatura de 30 – 150 °C.s, por lo que no se podrá calibrar instrumentos inferiores ni superiores a ese rango.



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de temperatura

Práctica 6

Página 2/4

- **4.6.3.2** Solicitar al instructor que dote, al grupo, de los instrumentos requeridos para la ejecución de la práctica 5, estos son: una PT100 con un transmisor de temperatura de 0 − 100 °C (TT-01) y un insert de medida apropiada para el bloque seco.
- **4.6.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.6.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.6.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.6.4 Inicio de la práctica

- **4.6.4.1** Comprobar que el banco de pruebas y el bloque seco estén energizados y encendidos, que el botón de paro de emergencia no esté pulsados en ambos y que no muestre ninguna falla en la pantalla táctil del tablero (HMI).
- **4.6.4.2** Una vez encendido el bloque seco, colocamos manualmente desde su propio controlador la temperatura de 30 ° C. Mientras estabiliza la temperatura colocamos la PT100 con el transmisor de temperatura de 0 100°C junto con su respectivo insert en la toma del bloque. Adicional a esto conectamos el terminal eléctrico donde está etiquetado como "Transmisor de temperatura".



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de temperatura.

Práctica 6

Página ¾

- **4.6.4.3** En la pantalla principal del HMI presionamos en "Continuar", luego en "Prácticas de temperatura", "Calibración de transmisor de temperatura" y "Continuar".
- **4.6.4.4** Nos pedirá ingresar datos obligatorios para la realización de la práctica, y entre ellos tenemos:
 - Valor del LEP (Corresponde al error máximo permitido en el termómetro a calibrar)
 - Rango mínimo del transmisor (en nuestro caso colocaremos 0 ° C.).
 - Rango máximo del transmisor (en nuestro caso colocaremos 100 °
 C.).
 - Rango mínimo a calibrar (en nuestro caso colocaremos 30 ° C.).
 - Rango máximo a calibrar (en nuestro caso colocaremos 100 ° C.).
- **4.6.4.5** Una vez ingresados aparecerá el botón "Continuar" el cual lo presionamos.
- **4.6.4.6** En la siguiente pantalla se definirán automáticamente 3 puntos de calibración simétricos que nos servirá de guía para todo el proceso.
- **4.6.4.7** Debemos determinar el la hoja de toma de datos (anexo B) los 3 puntos a calibrar y anotarlos en la plantilla "puntos de calibración" de la pantalla del HMI.
- 4.6.4.8 Junto a cada punto se observa un recuadro azul, un recuadro verde y un botón de color azul. El primero es el valor de lectura del transmisor de temperatura de la práctica, el segundo es el valor escrito en el PLC y el botón azul con la letra "S" nos permite salvar el dato, es decir una vez que lo pulsemos, se grabará el dato leído previamente.



Documento Anexo

Instructivo para práctica de calibración de transmisor de temperatura

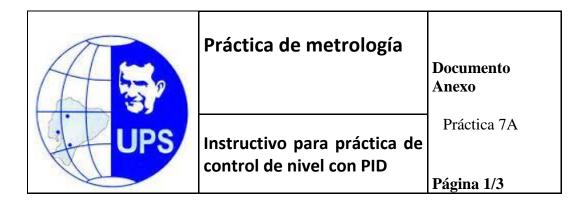
Práctica 6

Página 4/4

- **4.6.4.9** En el controlador del bloque seco seteamos el primer valor de nuestra tabla, esperamos un promedio de 5 minutos a partir que la temperatura está llegando a su referencia. Una vez estabilizada la lectura observamos el valor que muestra el termómetro y presionamos el botón "S", con esto se graba el primer dato leído en el patrón.
- **4.6.4.10** Cada vez que salvemos el dato aparecerá una indicación color verde que nos confirmará que el dato ha sigo guardado.
- **4.6.4.11** Luego de realizar las mediciones en el ciclo de subida, repetimos el proceso para el ciclo de bajada. Es decir, tomamos la primera lectura del punto máximo y vamos decrementando la temperatura hasta llegar al punto que deseamos medir, así hasta completar los 3 puntos de medición.
- **4.6.4.12** Una vez salvado el último dato, se habilitará un botón "Resultados".
- **4.6.4.13** Una vez finalizado el procedimiento se mostrará la tabla de errores de cada punto donde es estudiante emitirá un criterio en base a los resultados obtenidos.
- **4.6.4.14** Presionamos el botón Reset para que el sistema se encere.
- 4.6.4.15 Al término de la práctica, con mucho cuidado retiramos el sistema TT01 para su posterior entrega al instructor del laboratorio y este a su vez lo
 deberá guardar en la caja de instrumentos del módulo de pruebas.

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico.



4.7 PRÁCTICA # 7A: Control de nivel con PID

4.7.1 Objetivos:

- Realizar cálculos teóricos para el cálculo de los valores PID para controlar el nivel de un tanque
- Aplicar conocimientos adquiridos en prácticas anteriores

4.7.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Transmisor de nivel Krones
- Bomba M001
- Variador Sinamics G110
- Bomba M002
- Mirilla

4.7.3 Recomendaciones generales.

4.7.3.1 Tener cuidado ya que en esta práctica habrá circulación de líquido con presión lo que podría causar un accidente en caso de no tomar las debidas precauciones.



Práctica de metrología

Documento Anexo

Práctica 7A

Instructivo para práctica de control de nivel con PID

Página 2/3

- **4.7.3.2** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.7.3.3** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.7.3.4** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.7.4 Inicio de la práctica

- **4.7.4.1** Verificar que el tanque pulmón (tanque 2) está lleno en un 90%.
- **4.7.4.2** Verificar a través de la mirilla que el nivel en el tanque 1 esté vacío
- **4.7.4.3** Verificar que las válvulas manuales de salida del tanque 2 y la de entrada al tanque 1 estén abiertas.
- **4.7.4.4** En la pantalla principal presionamos "Práctica General" y luego "PID Nivel", con esto iremos a la página de la práctica.
- **4.7.4.5** Tendremos que ingresar varios datos como Set Point de nivel que queremos obtener, valor para nuestro PID, es decir Proporcional, integral y derivativo.
- **4.7.4.6** Una vez ingresados los datos presionamos "Habilitar Práctica", con esto arrancará nuestro sistema, el variador empezará a subir la frecuencia la cual se la observará en el HMI (adicional se grafica) y por ende a subir el nivel en el tanque 1.
- **4.7.4.7** El valor del nivel también se graficará con respecto al tiempo.
- **4.7.4.8** Cuando falten 10 litros para que el nivel llegue a nuestro set point, presionamos en el hmi "Encender Bomba M002".



Práctica de metrología

Documento Anexo

Práctica 7A

Instructivo para práctica de control de nivel con PID.

Página 3/3

- **4.7.4.9** Una vez arrancada ubicamos la válvula de perturbación que está ubicada en la parte posterior del tanque 2 hasta que en el manómetro indique una presión de 30 PSI.
- **4.7.4.10** El variador de frecuencia empezará a modular para tratar de mantener el set point ingresado inicialmente.
- **4.7.4.11** Podemos realizar algunas pruebas variando los valores de P, I, o D.
- **4.7.4.12** Anotemos las observaciones al realizar los cambios.
- **4.7.4.13** Presionamos el botón "Fin Práctica" para que se apague la instrumentación utilizada en éstas pruebas
- **4.7.4.14** Al término, con mucho cuidado realizamos la limpieza general del sistema

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico.

	Práctica de metrología	Documento Anexo
UPS	Instructivo para práctica de control de temperatura con PID	Práctica 7B Página 1/3

4.8 PRÁCTICA # 7B: Control de temperatura con PID

4.8.1 Objetivos:

- Realizar cálculos teóricos para el cálculo de los valores PID para controlar la temperatura en un tanque
- Aplicar conocimientos adquiridos en prácticas anteriores

4.8.2 Materiales:

- Maqueta didáctica.
- PLC Compact Logix 5000 serie L32E
- HMI Panel View Component
- Transmisor de nivel Krones
- Bomba M001
- Variador Sinamics G110
- Bomba M002
- Transmisor de temperatura de práctica.
- Resistencias de calentamiento.

4.8.3 Recomendaciones generales.

4.8.3.1 Tener cuidado ya que en esta práctica habrá circulación de líquido con presión lo que podría causar un accidente en caso de no tomar las debidas precauciones.



Práctica de metrología

Documento Anexo

Instructivo para práctica de control de temperatura con PID

Práctica 7B

Página 2/3

- **4.8.3.2** Tener cuidado con la temperatura que se generará en el tanque por el efecto de activación de las resistencias de calentamiento.
- **4.8.3.3** Solicitar además la hoja de anexo B para toma de datos del instrumento y datos prácticos.
- **4.8.3.4** Tener siempre a la mano pluma o lápiz para la toma de datos y una hoja adicional para anotar cualquier novedad encontrada.
- **4.8.3.5** Es importante mantener el orden y la limpieza en la mesa de trabajo para evitar que cualquier evento inesperado pueda causar daño a los instrumentos de medición.

4.8.4 Inicio de la práctica

- **4.8.4.1** Verificar que el tanque pulmón (tanque 2) está lleno en un 90%.
- **4.8.4.2** Verificar a través de la mirilla que el nivel en el tanque 1 esté vacío
- **4.8.4.3** Verificar que las válvulas manuales de salida del tanque 2 y la de entrada al tanque 1 estén abiertas.
- **4.8.4.4** En la pantalla principal presionamos "Práctica General" y luego "PID Temperatura", con esto iremos a la página de la práctica.
- **4.8.4.5** Tendremos que ingresar varios datos como Set Point de temperatura que queremos obtener, valor para nuestro PID, es decir Proporcional, integral y derivativo.
- **4.8.4.6** Una vez ingresados los datos presionamos "Habilitar Práctica", con esto arrancará nuestro sistema, el variador empezará a subir la frecuencia la cual se la observará en el HMI (adicional se grafica) y por ende a subir el nivel en



Práctica de metrología

Documento Anexo

Instructivo para práctica de control de temperatura con PID.

Práctica 7B

Página 3/3

- **4.8.4.7** el tanque 1 hasta un nivel de 30 litros, se escoge dicho valor para el tiempo de calentamiento sea menor que si se tuviera el tanque lleno.
- **4.8.4.8** El valor del nivel también se graficará con respecto al tiempo.
- **4.8.4.9** Luego se observará en la pantalla del HMI un indicador de que las resistencias estén activadas.
- **4.8.4.10** Observamos el comportamiento de la curva verificando que la temperatura llegue al set point que le hayamos colocado
- **4.8.4.11** Podemos realizar algunas pruebas variando los valores de P, I, o D.
- **4.8.4.12** Anotemos las observaciones al realizar los cambios.
- **4.8.4.13** Presionamos el botón "Fin Práctica" para que se apague la instrumentación utilizada en éstas pruebas
- **4.8.4.14** Al término, con mucho cuidado realizamos la limpieza general del sistema

Gracias por seguir paso a paso el procedimiento y por cuidar el equipo para que más compañeros puedan seguir aprendiendo.

Ahora continuamos con el desarrollo teórico.

Capítulo V ANEXOS

A.1 Especificaciones técnicas de Bomba 1 Paolo.



Figura A.1 Bomba de Agua Paolo
Fuente / Autores

Voltaje de Alimentación: 115/230 VAC monofásico

Frecuencia de funcionamiento: 60 Hz

RPM: 3400

Flujo de salida: 40 litros / hora

Capacitor: 18 uf / 400 V

Fases: 1

Altura máxima: 40 metros

Potencia: 0,37 Kw

HP: 1/2

A.2 Especificaciones técnicas de Bomba 2 Marca Paolo.



Figura A.2 Bomba de Agua Paolo
Fuente / Autores

Voltaje de Alimentación: 115/230 VAC monofásico

Frecuencia de funcionamiento: 60 Hz

RPM: 3400

Flujo de salida: 50 litros / hora

Capacitor: 40 uf / 400 V

Fases: 1

Altura máxima: 40 metros

Potencia: 0,37 Kw

HP: 1/2

A.3 Especificaciones técnicasválvula solenoide Granzow



Figura. A.3 Válvula Solenoide Fuente / Autores

Marca:Granzow

Serie: E

Tipo: Multipropósito

Alimentación: de 24 VDC

Conexión: 1/2"

Potencia de consumo = 14 W.

Presión de Operación: 2 – 300 PSI

A.4 Especificaciones técnicas Válvula Proporcional Marca Norgren modelo VP5008BJ411H00



Figura A.4: Válvula Proporcional Norgren Modelo VP50
Fuente: Los Autores

A.4.1 Características

Válvula de control de presión de aire en circuito cerrado con pilotado proporcional.

Gran caudal.

Características de rendimiento excelentes.

Rápido tiempo de respuesta.

Ganancia ajustable y rango de presión.

Bajo consumo de energía.

Señal de realimentación

Medio: Aire comprimido seco y libre de aceite filtrada a 5 micras.

Funcionamiento: Aire pilotado con válvula de carrete electrónico integrado control de presión

De salida (nominal) presión:0 ... 2 bar (0 ... 30 psi); 0 ... 6 bar (0 ... 90 psi); 0 ... 10 bar (0 ... 150 psi)

Presión de suministro: Mínimo 2 bar por encima del máximo Salida Obligatorio,

12 bar max.

Sensibilidad de suministro de aire: Mejor que 0,75% en el rango de salida cambiar

por suministro bar cambio de presión

Flujo: Hasta 1400 N 1 / min

Consumo de aire: <5 N 1 / min

Fluid / Temperatura ambiente: $0 \dots 50 \circ C$

El aire suministrado debe estar suficientemente seco para evitar la formación de

hielo a temperaturas inferiores a +2 ° C.

Sensibilidad a la temperatura: Por lo general mejor que 0,03% del span / ° C

Grado de protección:

IP65 en el funcionamiento normal (Agotar y confundir a proteger la entrada de agua

en temperaturas <5 ° C)

Linealidad:<1%

Histéresis y la banda muerta:<1%

Tiempo de respuesta:

<80 ms (de 10 ... 90% de la producción presión en una carga de 0,1 litros).

Vibración y choque inmunidad:

<3% del span 0,75 m/s², 5 ... 150Hz, 1 m/s², 5 ... 150Hz

Materiales

Cuerpo: Aluminio

Tapa: Zinc fundido

Tapa y Front End cap: Nylon

190

Mantenimiento:

No requiere mantenimiento

Calibración:

Ganancia, Span, Zero

Detalles eléctricos

Compatibilidad electromagnética

Cumple con las exigencias de la CE EN 50081-2 (1994) y EN 50082-2 (1995)

Señal de entrada analógica

4 ... 20 mA o 0 ... 10 V ajustada en fábrica

Entrada de alimentación eléctrica

24 V CC ± 25%, (el consumo de energía <1 W)

Señal de retroalimentación

0 ... 10 gama V, <± 1% Precisión

Conexiones

M12x1, 5 pines

Pin conector eléctrico ubicadoen el extremo del instrumento

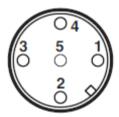


Figura A.5: Gráfica de terminales de conexión

Fuente: Los Autores

Pin-No.	Función
1	24 V Corriente continua
2	0 10 V retroalimentación
3	Señal de control (+ VE)
4	Común (señal de impulsión y retorno de retroalimentación)
5	Chasis

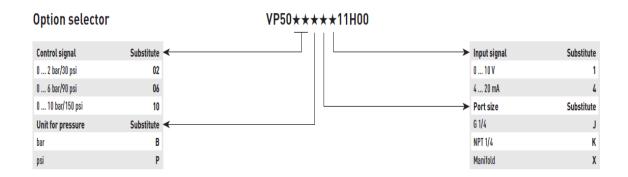


Figura A.6 Reconocimiento del tipo de válvula
Fuente: Manual técnico de válvulas proporcionales Norgren

A.5 Ficha técnica Transmisor de Temperatura Endress + Haussermodelo.



Figura. A.7 Transmisor de temperatura marca Wika T19.30.1P0-1 Fuente / Hoja técnica Wika TE 24.01

Entre sus características tenemos:

- Procesamiento de señales analógicos, óptimo para sistemas múltiplex.
- Configurable con Windows PC, no requiere simulación del sensor.
- Señalización de rotura según NAMUR NE43.

• Transmisor para Pt100 con conexionado de 2 o 3 hilos con salida de 4-20 miliamperios analógica (técnica de 2 hilos alimentado por bucle).

A.5.1 Conexión del transmisor de temperatura con la PT100.

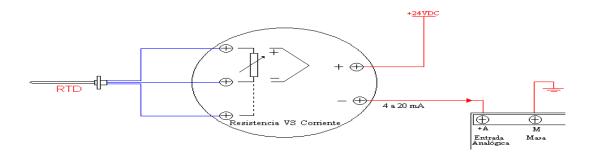


Figura. A.8 Conexión del transmisor de Temperatura (PT-100)

Fuente / Autores

Los tornillos que tienen etiquetado + y - no son como conectar un elemento convencional que es +24VDC en el terminal + y 0V en el terminal -; en este caso si se alimenta por el terminal + pero el terminal - es la salida, es la que proporciona un amperaje de 4 a 20 mA que pueden ir a cualquier entrada analógica de equipos lectores en este caso el PLC.

El cabezal se comporta como una fuente de corriente, por lo cual su carga seria cualquier dispositivo que requiera una señal de 4-20mA como los PLC, Controladores o visores para procesos.



Figura. A.9 PT-100

Fuente: Autores

A.6 Ficha técnica Relé de estado sólido



Figura. A.10 Relé de estado sólido Fuente: Autores

Rango de entrada para conmutación: 2 – 32 VDC

Corriente máxima de carga: 40 A

Rango de tensión en la carga: 40 – 480 VAC

A.7 Ficha técnica Calibrador de Temperatura Termoworks



Figura A.11 Calibrador de Temperatura DryWell 3004

Fuente: Los autores

Las especificaciones técnicas de este calibrador de temperatura de bloque seco son las siguientes:

Alcance	91,4 a 572 ° F (33-300 ° C)
Precisión	± 0.9 ° F (91,4 a 391,8 ° F) y ± 1,8 ° F (392-572 ° F) ± 0.5 ° C (33-199 ° C) y ± 1 ° C (200-300 ° C)
Resolución	0.1 ° C / F
Estabilidad	±0.5 ° C
Tiempo de calentamiento	ambiente a 572 ° F (300 ° C) después de 10 minutos
Tiempo de enfriamiento	572 ° F (300 ° C) a 212 ° F (100 ° C) después de 10 minutos
Estabilización	5 minutos
Profundidad del pozo	4 "(100 mm)
Configuraciones Hole	1x 1/8 "(3,3 mm), 0.51" (13 mm) inserto de latón desmontable Insertos de latón disponibles: 1/8 "(3,3 mm), 5/32" (4,1 mm), 3/16 "(4.8 mm), 1/4" (6,4 mm), 3/8 "(9,6 mm)

Mostrar 0,4 "(10 mm) LED de 4 dígitos

Potencia 230/115 voltios

Dimensiones 2.25 "x 5" x 6.25 "(57 x 125 x 158mm)

Peso 2 libras. (900 g.)

A.8 Ficha técnica Transmisor de Presión E + H Modelo CERABAR PMC 631



Figura A.12 Transmisor de Presión Endress + Hausser PMC 631
Fuente: Los Autores

A8.1 Descripción

El transmisor CERABAR S mide con precisión la presión de gases, vapores y líquidos y se puede utilizar en todas las áreas de proceso químico e Ingeniería. Generalmente utilizado en conjunción con un sello de diafragma, que es resistente a la sobrecarga y puede ser utilizado con protocolos HART o PROFIBUS-PA.

A.8.2 Componentes de un sistema medidor de presión:

El medidor de presión CERABAR S consta de:

- ✓ Señal de salida de corriente de 4 20 mA
- ✓ Fuente de alimentación: 11,5 hasta 45 Vdc

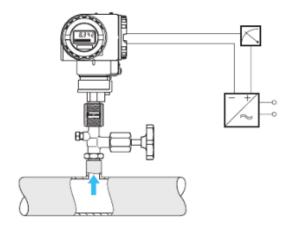


Figura A.13 Componentes de un Sistema de Medición de Presión

Fuente: Guía de UsiuarioEndress + Hausser

A.8.3 Principio de funcionamiento

La presión de proceso desvía lamembrana de separación con un fluido de llenadotransmitiendo la presión a una resistenciapuente.La tensión de salida del puente,que es proporcional a la presión, es luegomedida y procesada

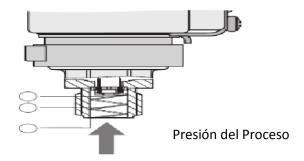


Figura A.14: Funcionamiento de transmisor de presión

Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

A.8.4 Operación de las teclas del instrumento

El CERABAR S se calibra a través de cuatroteclas del instrumento directamente en ellugar de instalación.La presión de Salida para 4 mA o 20 mA puede sertomada directamente de la presión del sistemao bien calibrado sin referenciapresión.

Un desplazamiento del punto cero debido a la orientacióndel instrumento también se puede corregirel uso de estas teclas, así como para bloqueary desbloquear el punto de medición.

- ✓ Inferior del rango del valor: + Z y Z -
- ✓ Superior del rango de valor: S + y S-

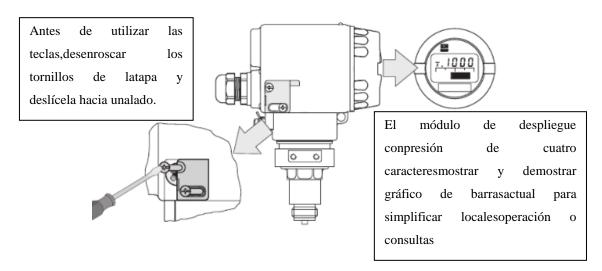


Figura A.15: Uso de teclas de ajuste

Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

A.8.5 Instalación

El CERABAR S está montado de la misma manera como un manómetro. Su posición depende de la aplicación:

Gases: Montar encima del punto de la toma.

Líquidos: Montar debajo o al mismo nivel que del punto de la toma.

Vapor / vapor: Montar con un cable flexible por debajo de la tapping punto.

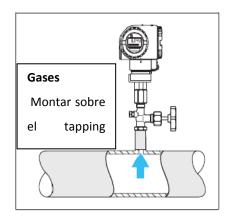


Figura A.16: Modo de instalar Transmisor de Presión en gases Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

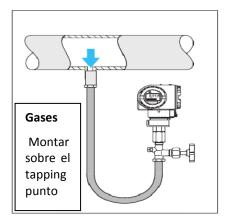


Figura A.17: Modo de instalar Transmisor de Presión en gases Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

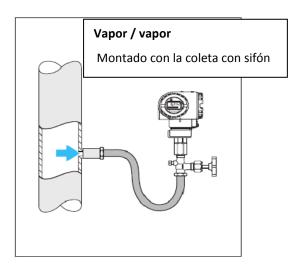


Figura A.18: Modo de instalar Transmisor de Presión en vapor Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

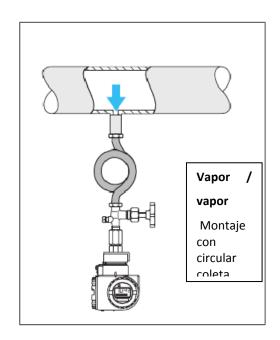


Figura A.19: Modo de instalar Transmisor de Presión en vapor Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

Rotación de la base

Simplemente aflojando el tornillo de sujeción, la carcasa puede girarse max.270 °y aún así permanecer por encima del proceso deconexión, incluso cuando un instrumento esEnchufado

Limpieza

El metal de la membrana de separaciónCerabar S PMP 631 K no debe estarpresionado en o limpiado con puntas u objetos duros.

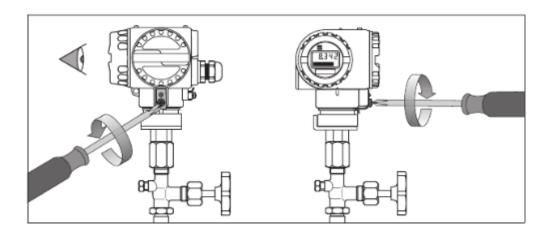


Figura A.20: Rotación de la base

Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

A.8.6 Conexión Eléctrica

A8.6.1 Cableado de 4 a 20 mA

El cable de dos hilos está conectado a terminales de tornillo (sección del cable 0,5 ... 2,5 mm 2 / AWG 20 ... 13) en el compartimento.

Tensión de alimentación: 11,5 ... 45 V DC

Circuitos internos de protección contra polaridad inversa, interferencias de alta frecuencia y picos de sobretensión

Señal de prueba: La corriente de salida se puede medir entre el terminal 1 y 3 sin interrumpir el proceso de medición.

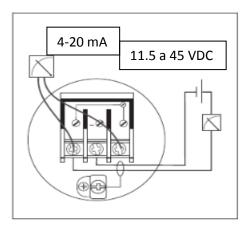


Figura A.21: Instalación Eléctrica en Transmisor de Presión Cerabar S Fuente: Manual de operación Endress + Hausser

A.9Presostato FESTO modelo 175250



Figura A.22: Presostato Festo modelo 175250

Fuente: Los Autores

A.8.1 Funcionamiento y utilización

El presostato PEV-... abre o cierra un circuito eléctrico cuando se alcanza un valor de presión determinado (función de contacto conmutador). A medida que sube la presión, el diafragma se desplaza.La flexión del diafragma depende de la fuerza de la presión y de la tensión del muelle regulable. A una determinada flexión del diafragma, se acciona un microswitch y se invierte el contacto de salida.

A.8.2 Condiciones de seguridad

- Para una utilización correcta y segura del producto, deben observarse en todo momento estas condiciones generales.
- Observar los límites especificados (p.ej. presiones, fuerzas, pares, masas, velocidades, temperaturas).
- Tener en cuenta las condiciones ambientales imperantes.
- Observar las directrices y normas de seguridad nacionales y locales establecidas.
- Retirar todos los elementos auxiliares de transporte tales como ceras protectoras, láminas, caperuzas.
- Los componentes reciclables deben depositarse en contenedores adecuados.

A.8.3 Cableado con conector acodado

El presostatoFesto cuenta con un conector acodado de cuatro pines de acuerdo a la figura mostrada a continuación.

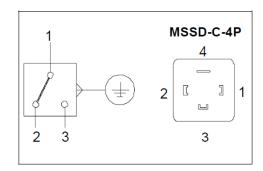


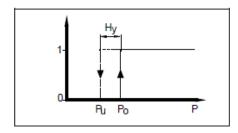
Figura A.23: No. Conector acodado

Fuente: Manual técnico presotatoFesto

A.8.4 Puesta a punto de presostato

PEV-1/4-B(-OD)

Fig. 11



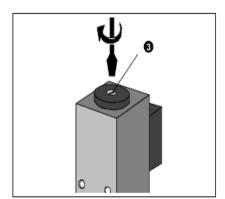
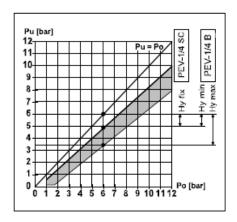


Fig. 14



Puesta a punto

Observar que el tornillo de ajuste sitiene un tope solamente cuando se gira en sentido antihorario.

Ajuste del **punto de conmutación** del PEV-1/4-B(-OD):

- 1. Retirar la tapa de protección 1.
- Girar los elementos de ajuste como sigue (ajuste básico):
 - Girar el tornillo de ajuste 3 en sentido antihorario
 - Girar el tornillo de ajuste 4 en sentido horario [E/C11] hasta su tope.

Datos de la Fig. 12: Reacción de conmutación de un presostato

Presión de conmutación superior : p_0 Presión de conmutación inferior : p_u Histéresis : H_y

 Girar el tornillo de ajuste 3 en sentido antihorario hasta que el PEV-... conmute (alcance el punto de conmutación inferior).

La indicación cambia como sigue:

Zócalo acodado	Zócolo acodado
PEV-WD	MSSD
Luce el LED verde	El multímetro in- dica continuidad

Ajuste de la histéresis:

Aplicar el punto de conmutación superior p_o al PEV-... (punto de conmutación superior p_u más la histéresis deseada Hy

[véase el diagrama de la Fig. 15])

La indicación no cambia.

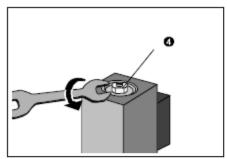
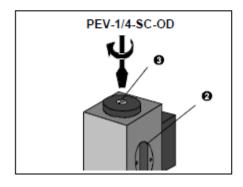


Fig. 16



 Girar el tornillo (E/C 11) en sentido antihorario hasta que el PEV-... conmute (histéresis ajustada).

La indicación cambia como sigue:

Zócalo acodado	Zócalo acodado
PEV-WD	MSSD
Luce el LED amarillo	El multímetro indi- ca discontinuidad

Si debe corregirse el punto de conmutación

- Repetir los siguientes pasos hasta establecer la presión de conmutación inferior y superior:
 - primero la presión inferior con el tornillo
 después
 - la presión superior con el tornillo 4.

De esta forma puede establecerse con precisión el punto de conmutación y la histéresis paso a paso.

Fijar la tapa de protección ①.

Ajuste del punto de conmutación del PEV-1/4-SC-OD:

 Girar el tornillo

 hasta que se obtenga el punto de conmutación superior deseado [ver escala de ajuste 2].
 El ajuste debe verificarse bajo presión.

A.8.5 Funcionamiento:

Con fluctuaciones en la temperatura del fluido:

Observar que el punto de conmutación se verá ligeramente afectado. A una temperatura del fluido < 1 °C:

Evitar alcanzar el punto de rocío. Si se alcanza el punto de rocío, se formará hielo en el diafragma. Esto afectará a los valores característicos del presostato.

Solución: usar aire comprimido previamente secado.

A.8.6 Desmontaje y reparaciones

Si es necesario, limpiar la parte exterior del PEV-... con un paño suave.

Se permite cualquier agente limpiador no abrasivo.

Compensación de desviaciones en los puntos de conmutación con ciclos de conmutación frecuentes

Repetir el ajuste del punto de conmutación (véase "Puesta a punto").

A8.7 Eliminación de fallos

Fallo	Causa posible	Solución		
El PEV no conmuta	Punto de conmuta- ción demasiado alto	Modificar el punto de conmutación (véase Puesta a Punto)		
	Histéresis demasiado grande	Modificar la Histéresis (véase Puesta a Punto)		
	Interruptor defectuoso	Devolver el PEV a Festo		
El interruptor no da señal de salida	Error de conexionado	Comprobar las conexiones eléctricas del PEV		

A.9 Transmisor de nivel KRONES



Figura A.24 Transmisor de nivel Krones
Fuente: Los autores

A.9.1 Descripción

Es un transmisor de nivel por principio hidrostático en el cual la presión ejercida por la columna deforma la membrana del instrumento generando una corriente de salida standard de 4 - 20 mA ya que cual irá colocada a nuestra unidad de control, en este caso a la entrada análoga previamente configurada del PLC.

A.9.2 Características técnicas

Rango de medición: 0 – 160 mbar

Salida de corriente: 4 - 20 mA

Alimentación: 9 – 32 VDC Conexión: 1" macho NPT

A.9.3 Instalación

Se recomienda instalar todo sensor o transmisor de nivel por principio hidrostático en la parte inferior del tanque o recipiente a medir para garantizar en se tenga un nivel de cero.

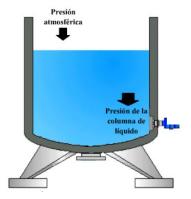


Figura A.25 Instalación de transmisor de presión hidrostática

Fuente: http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control

A.10 Resistencia eléctrica tubular sumergible.



Fig. A.26 Resistencia Tubular

Fuente: http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=resistencia+tubulara

Este tipo de resistencias tienen la ventaja de trabajar en recipientes poco profundos y brindar una extensa zona caliente. Es ideal para calentar líquidos en los cuales es difícil tener un buen control del nivel.

Tubulares acoplados a tapón NPT. Este tipo de resistencias se distinguen de las demás por su modo de sujeción, que forma un sellado perfecto entre el material que va a calentar y el exterior. Otra ventaja es la gran variedad de posiciones que puede adoptar, pues el sistema con el que cuenta, le permite atornillarse a los recipientes.

Los calentadores con brida, le permiten ampliar la capacidad de calentamiento en forma casi ilimitada y además proporciona un sellado al recipiente de muy alta calidad y a prueba de presiones excesivas. Las bridas se pueden proporcionar en Acero al carbón o Acero inoxidable y para presiones de trabajo de 150 a 600 lb/plg².

A.11 PLC Compact Logic 5000 Serie L32E Allen Bradley.

El controlador Flex Logix1533 tiene la gama de funcionalidades necesaria para cubrir diversas aplicaciones. El controlador usa los siguientes tipos de instrucciones:

- Instrucciones básicas (examinar si está cerrado, examinar si está abierto)
- Instrucciones de comparación de datos (igual que, mayor o igual que, menor o igual que)
- Instrucciones de manejo de datos (copiar, mover)
- Instrucciones matemáticas (suma, resta, multiplicación)
- Instrucciones de control de flujo del programa (saltos, subrutinas)
- Instrucciones específicas de la aplicación (es decir, interruptor de final de carrera programable, secuenciador)
- Instrucción del contador de alta velocidad
- Instrucciones de PTO (salida de tren de impulsos) de alta velocidad y PWM (modulada por ancho de impulso)
- Instrucción de control PID
- Instrucción de comunicación



Figura A.27 PLC Compact Logic L32E Allen Bradley

Fuente: http://www.automation-drive.com/allen-bradley-compactlogix-l32e

A11.1 Descripción

Es un PLC de gama alta que permite conectar hasta 16 módulo de entradas – salidas, posee una fuente de poder independiente de 220 / 110 a 24 VDC.Posee indicador luminoso cuando el sistema está en modo run y otro en modo de falla.

Para poder realizar la descarga y comunicación del PLC Compact Logic L32E con un computador se tiene la posibilidad de trabajar con el cable RS 232 o con un cable Ethernet cruzado. Adicional posee una ranura en la CPU para instalación de una tarjeta de memoria externa.

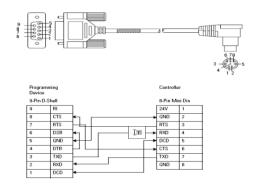


Fig. A.28 Conexión Cable RS-232

Fuente: Manual Compact Logic L32E

En la figura se muestra la conexión para un cable RS 232 Y la conexión para un cable Ethernet FLEX I/O es un sistema de E/S flexible, económico y modular para aplicaciones distribuidas que ofrece todas las funciones de los sistemas de E/S basados en rack de mayor tamaño, sin los requisitos de espacio. Con FLEX I/O, usted puede seleccionar independientemente el tipo de E/S y red para satisfacer las necesidades de su aplicación.

Al seleccionar los módulos 1769 COMPACT I/O, usted selecciona también un módulo adaptador, la base, el riel DIN, la fuente de alimentación eléctrica y los componentes de cableado del adaptador. Es importante anotar que puede usar hasta 16 bases por módulo adaptador. Ello permite un máximo de cualquiera de los siguientes:

- 256 E/S digitales
- 64 entradas analógicas
- 32 salidas analógicas

Al colocar los módulos de E/S 1769, se los montan a la derecha del módulo adaptador.

A.11.2 Ventajas PLC Compact Logix L32E Allen Bradley

- Ahorros en el cableado
- Se distribuye fácilmente
- Reduce las terminaciones a 4 por dispositivo de E/S

1. Fácil de usar

- Combina múltiples E/S con múltiples dispositivos
- Funcionalidad Plug-n-Play

2. Económico

- Desmontaje e inserción con la alimentación eléctrica conectada (RIUP)
- Flexibilidad en el control, la comunicación, las E/S y las terminaciones

• Ahorro de espacio en el tamaño del panel

3. Tipos de E/S

• Digitales, analógicas, temperatura, relé, contadores.

4. Conectividad de red

- E/S remotas universales
- Red Control Net
- Red Device Net

Cuando coloque los módulos de E/S 1769, los módulos se montan a la derecha del módulo adaptador. Si está usando un módulo de fuente de alimentación eléctrica (1769-PS13), coloque la fuente de alimentación eléctrica a la izquierda del módulo, tal como se muestra a continuación.

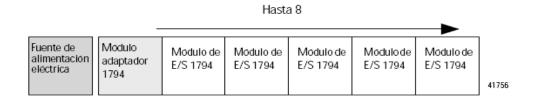


Fig. A.29 Colocación de Módulos

Fuente: Manual CompactLogix L32E

A.12 Módulos a Utilizar

Para la ejecución de este proyecto de tesis se utilizó los siguientes módulos.

- 1769-L32E, CPU
- 1769-IQ16/A, módulo de 16 entradas digitales.
- 1769-OB16/B, módulo de 16 salidas digitales.
- 1769-IF4/B, módulo de 4 entradas analógicas.
- 1769-OF2/B, módulo de 2 salidas análogas de voltaje y 2 de corriente.
- 1769-IF4XOF2, módulo de 2 entradas y 2 salidas análogas configurables.

Deriva de precisión con temperatura Terminal de voltaje Terminal de corriente	0.0045% escala total/°C 0.0069% escala total/°C
Calibración	No se requiere
Voltaje de aislamiento	Probado a 850 VCC durante 1 s entre usua- rio y sistema Sin aislamiento entre canales individuales
Indicadores	1 indicador verde de encendido
Corriente de bus	20 mA @ 5 VCC
Disipación de potencia	Máximo 4.5W @ 31.2 VCC
Disipación térmica	Máximo 15.3 BTU/hr @ 31.2 VCC
Posición del interruptor de llave	4

Tabla:

Fuente: Manual PDF, 1794- td001-es-p[1] cableado, Allen Bradley

A13 PanelView Component C600

Los terminales PanelView Component son dispositivos de interface para el monitoreo y control de máquinas y procesos industriales automatizados mediante controladores lógico programables. El HMI PanelView Component C600 cuenta con puertos de comunicación en serie y Ethernet para la transferencia de programas y archivos para su puesta en funcionamiento.

Entre sus características, se encuentra la comunicación con controladores MicroLogix y SLC mediante redes en serie (RS232 / RS482 / RS485); así como también con comunicación Ethernet y USB.

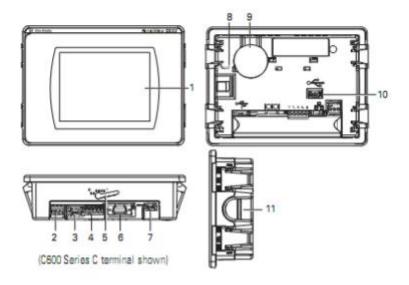


Fig. A.30 Descripción de componentes PaneView C600 Fuente: Manual PanelView Component

Item	Descripción
1	Pantalla táctil
2	Entrada 24 VDC
3	10/100 Mbit Puerto Ethernet
4	Puerto RS482 / RS485
5	Slots de Montaje
6	Puerto RS232
7	Puerto USB
8	Indicador de estado de diagnóstico
9	Batería de alimentación
10	Puerto USB secundario
11	Slot de memoria SD

Tabla Descripción física del HMI PanelView Component C600

Fuente: http://www.docentes.utonet.edu.bo/xtapiag/wp-content/uploads/LABORATORIO 5 ELT3992-2-2012.pdf

Oeste y Av. San Jarge - Condominio 2001 - 6 / Local As PB - E-mail: laboratorio 38 entirm.com - PBX: 2390832 Ext. 109 y 111 - France. 2397803, 2290831 - Casiline. QUITO: Mercano E-9-50 N* 411 y et Vergador - Telefono: 2920000 - Telefon: 2440938 - Equador QUITO: Mercano E-9-50 N* 411 y et Vergador - Telefono: 2920000 - Telefono: 2440938 - Equador

09-04-212

A.14 Certificado de calibración Transmisor de nivel



Certificado de Calibración Equipos padrones de presión N° CC P 2014-5005

Esta calibración ha sido realizada cumpliendo los requerimientos de la Norma Internacional ISO 17025.

DATOS DE CLIENTE

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO Y/O EQUIPO

50.6 + 23.%

Nombre: Luis Romero Equipo: Transmisor de ni
Dirección: Domingo Comin y Chambers Manea: Krones
Cludad y Provincia: Gusyatuál, Gusyas Range: 0 – 160
Fecha de Calibración: 17/03/2014 Unidad: m/8ar
Serfet: 0912012485

DESCRIPCIÓN DE PADRONES UTILIZADOS

Para realizar la calibración del item indicado, se utilizaron los siguientes patrones de referencia, los mismos que están calibrados a partrones recionales e internacionales reconocidos:

 Calibrador de Presión, marca Ashoroft, modelo ATE100, serie 6541, modulo de presión modelo AQS-2, rango 0/30 PSI, serie 17062

Los instrumentos de referencia utilizados en el presente trabajo de calibración son trazables al instituto Nacional de Metrología, Qualidade e Tecnología de Brazil INMETRO, a través del certificado de calibración # 61600.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

Temperature ambiente: 20.8 ± 6 ℃ Humedad Relative del aine:

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida incluye la calibración de los instrumentos de referencia utilizados y del equipo bajo prueba y está calculada de acuerdo a OAE "Guia para la espresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones" OAE 602 Roo versión 2008-05.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Valor	res de	Instrumento en prueba					
Refer	rencia	Ciclo 1 Ciclo :		lo 2	Valor	Error	
Pa	mBar	Subida 1	Sejede 1	Subida 2	Bajada 2	Promedio	mBar
0	0	0.01	0.01	0.01	0.00	0.0075	0.008
4000	40	40.02	40.01	40.01	40.01	40.0125	0.012
8000	80	80.01	80.01	80.01	80.00	80.0075	0.006
12000	120	120.01	120.01	120.02	120.01	120.0125	0.013
16000	160	160.02	160.01	160.02	360.01	160.015	0.015

Especificaciones de fabricante:

± 0.05% en todo el rango ± 0.06% m&Ar Parámetros Analizados:

Repetibilidad: 0.09N Habiresis: 0.11N Clase: 0.19N

ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

Incertidumbre del patrón: 0.0017 Incertidumbre típica: 0.0035 Incertidumbre por históresis: 0.0049 Incertidumbre por resolución: 0.0029 Incertidumbre típica de medida (combinada): 0.0063 Incertidumbre expandida: 0.013

Los resultados contrelidas en el presente documento pertenecen únicomente al equipo calibrado, en el momento y en las condiciones indicadas. Seriam no se responsabilita per en en una celeración después de la fecha de calibración entre el subsecuención para intervales de calibración este a 1 año calendario después de la fecha de calibración entre este certificado. Se enteringo, dicha recomendación guede quadar sin efecto por otra criterio de calidad aplicado por el clienta. Este certificado no puede ser responducido total el passistemente, a menes que ferrien S.A. lo estorice por econto. Ro es militad sub sollo de alto refere.

Carlos EVEZ Calzo Director Técnico de Laboratorio



ë

Kennedy

A.15 Certificado de calibración Transmisor de presión patrón



Certificado de Calibración Equipos padrones de presión N° CC P 2014-1006

Esta calibración ha sido realizada cumpliendo los requerimientos de la Norma internacional ISO 1702S.

DATOS DE CLIENTE

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO Y/O EQUIPO

Dirección

Luis Romero Domingo Comin y Chambers Equipo: Marca: Transmisor de presión

Cluded y Provincia: Fecha de Calibración:

Guayaquii, Guayas 17/02/2014 Rango: Unidad: 0-10 9ar

DESCRIPCIÓN DE PADRONES UTILIZADOS

Para malitar la calibración del item indicado, se utilizaron los siguientes patrones de referencia, los mismos que están calibrados a patrones nacionales e internacionales reconacidos:

 Calibrador de Presión, marca Ashcroft, modelo ATE100, serie 6541, modulo de presión modelo AQS-2, rango 0,500 PSI, serie 17062

Los instrumentos de referencia utilizados en el presente trabajo de calibración son trazables al instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia de Brazil INMETRO, a través del certificado de calibración # 65600.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

Temperatura ambientic

20.8 ± 6 °C

Humedad Rebibo del aire:

0.6 + 23 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida incluye la calibración de los instrumentos de referencia utilizados y del equipo bajo prueba y está calculada de acuerdo a OAE "Guio para la expresión de la incertidambre de medida en las calibraciones" OAE GOZ Roo versión 2008-05.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

Valo	res de	Instrumento en prueba						
Referencia		Cle	fo 1 Ciclo 2		Cide 1		Valor	Error
MPa	Bar	Subida 1	Rajada 1	Subida 2	Bajada 2	Promedio	PSI	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	
0.25	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	0.000	
0.50	5.00	5.01	5.01	5.81	5.01	5.01	0.010	
0.75	7.50	7.51	7.51	7.51	7.51	7.51	0.010	
1.00	10.00	10.00	20.00	10.00	10.00	10.00	0.000	

Especificaciones de fabricame:

1 0.000% WAA

Parámetros Analizados: Repetibilidad 0.07

Repetibilidad: 0.001 Historicais 0.131 Class: 0.191

ANALISIS DE INCERTIDUMBRE

Incertidumbre del patrón: Incertidumbre por histéresis: Incertidumbre típica de medida (combinada): 0.0018 0.0051 0.0058 Incertidumbre tipica: Incertidumbre por resolucido; Incertidumbre expandida: 0.0012

Los neudrados contenidos en el presente documento perteneces (incamento el equipo calibrado, en el namento y en las candiciones indicados. Serlam no se responsabilido por el mel uso del equipo o de este documento. Recomendados para intervados de calibración es de 1 effo caliendario despaís de la fecha de calibración indicada en este certificado. Sin embrago, dicha recomendados puede quellar sin efecto por esto criterio de calidad aplicado por el cliento. Cata certificado no puede ser reproducido total el perquimiento, a mento que Serlam S.A. lo autorios por exorizo. No es válido sin pelo de alto relicue.

Director Técnico de Laboratorio



inte 2001 - 5 / Local Af PB - E-mail: laboratorib@sertam.com - PBX: 2290532 Ext. 1 Mercaro E-0-50 N* 411 y af Wegader - PBARins: 2020000 - Nation: 2440339 - Ecuador www.amfan.com

Condom) QUITO:)

San Jonge

y Au.

Occupan

Cdta. Kennedy Ba.

09-04-212

-Casilla

2287803, 2280631

109 y 111 - Faxes:

A.16 Certificado de calibración Bloque seco



Certificado de Calibración Equipos padrones de temperatura N° CC P 2014-1003

Esta calibración ha sido realizada cumpliendo los requerimientos de la Norma internacional ISO 17025.

DATOS DE CLIENTE

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO Y/O EQUIPO

Nombre: Luis Romero
Dirección: Domingo Comín y Chembers
Cludad y Provincia: Guayaquil, Guayas

Equipo: Marce: Rango:

Fecha de Calibración:

Unidad: Serie: 30 - 300 °C 009230529

Dry Well

DESCRIPCIÓN DE PADRONES UTILIZADOS

Para realizar la calibración del item indicado, se utilizaron los siguientes patrones de referencia:

Indicador de temperatura marca infra, modelo DTI-1000F, serie SSS89-00171 con condo de temperatura patrón RTD tipo Pt100 de 4 hilos, marca infra, modelo STS1004901. Para la calibración se utilizo el carresi 41.

Los equipos patrones utilizados, han sido calibrados por el instituto Ecuatoriano de Riomalización INEN, a través del certificado de calibración UPC-T-2012-044.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

Temperatura ambiente:

20.8±6°C

17/02/2014

Humedad Relativa delaire:

50.6 ± 23 %

INCERTIQUIMBRE DE MEDICIÓN

La incertidambre expandida incluye la calibración de los instrumentos de referencia utilizados y del equipo tago prueba y está calculada de acuerdo a CAE "Guía para la expresión de la incertidambre de medida en las calibraciones" CAE 002 Ros versión 2008-05, el factor de cobertura utilizado es K-Z.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

item en prueba		Patron (Valor medio)	Error	Incertidumbre (K-2)	
K	'C	70	*6	τ	
303.150	10.0	30.015	0.015	20.10	
323,150	50.0	50.021	-0.021	20.10	
373.150	100.0	100.022	-0.022	±0.10	
473.150	200.0	200.033	-0.033	10.10	
573.150	300.0	300.014	-0.024	90.10	
	Uniformidad		Estabilid	ad	
CONTRACTOR OF	±0.20 °C	111 V - 17	#0.13°C		

Neta: Los valores de la calumna "Patrón (valor media)", son obterados a partir de ana serte de 4 mediciones realizadas en condiciones de repetibilidad.

NOTIFICACIONES IMPORTANTES

- Los resultados contenidos en el presente documento pertenecen únicamente al equipo calibrado, en el morsento y en las condiciones indicados. Seríam no se responsabiliza por el mai uso del equipo o de este documento.
- Recomendación para intervalos de calibración en de 1 año calendario después de la fecha de calibración indicada en este certificado. Sin embrago, dicha recomendación puede quedar sin efecto por otro criterio de calidad aplicado por el cliente.
- Este certificado no puede ser reproducido total ni pardalmente, a menos que Serlam S.A. lo autorice por escrito. No es válido sin seño de alto relieve.

Cirios Eliza Citica Director Técnico de Laboratorio



San Jorge

Condominio 2001 - 5 / Local Ad PB - E-mail: laboratorio@sentam.com - PBX: 2280632 Ext. 109 y 111 - Fasses QUITO: Mensuro E-8-50 M 411 y N Vergador - Telefono 2803000 - Telefono 2444998 - Equador www.aefam.com

2250631 - Casille 09-04-212

2287803,

n.

Sen Jonge - Condominio 2001 - 6 / Local AB PB - E-mist: laboration off Sentium, com - PBX; 2280032 Ext. 109 y 111 - Faxos; 2287803, 2280031 - Cavits; 09-04-212 QUITO: Marcurio E-9-50 N* 411 y et Verigalor - Balancom. 2282000 - Tainfac; 2440039 - Equator QUITO: Marcurio E-9-50 N* 411 y et Verigalor - Balancom.

A.17 Certificado de calibración Transmisor de temperatura



Certificado de Calibración Equipos padrones de temperatura N° CC P 2014-1004

Esta calibración ha sido realizada cumpliendo los requerimientos de la Norma internacional ISO 17025.

DATOS DE CUENTE

percentación por meramora vio some

Nombre: Dirección: Luis Romero

Equipor Marca: Transmisor de Temperatura Pyromation

Dirección: Cludad y Provincia: Fecha de Calibración: Domingo Comin y Chambers Guayaquil, Guayas

Rango: Uwidad: 0 - 300

Serie:

441

DESCRIPCIÓN DE PADRONES UTILIZADOS

Para realizar la calibración del Itam indicado, se utilizaron los siguientes potrones de referencia:

 Indicador de temperatura marca Jofra, modelo DTI-30004, seria SSSE9-00171 con xonda de temperatura patrón RTO tipo P1000 de 4 hilos, marco Jofra, modelo STS1004903. Para la calibración se utilizo el cannel VI.

Los equipos potrones utilizados, han sido calibrados por el instituto Ecustoriano de Normalización INEN, a través del certificado de calibración LPC-T-2012-044.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN

Temperatura ambiente:

20.8 ± 6 °C

Humedad Seletive del sine

50.6 ± 23 %

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expendide incluye la calibración de los instrumentos de referencia utilizados y del equipo bajo prueba y está calculado de acuerdo a OAE "Guia para la expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones" DAE GGZ floo versión 2008-05, el factor de cobertura atilizado es Kir2.

RESULTADOS DE LA CALIBRACION

ftem en prueba		Patrón (Valor medio)	tomor	Incertidumbre (K-2)
K	,c	3"	*	Υ
273.150	0.0	0.00	0.000	0.10
298.150	25.0	25.10	-0.100	0.11
323.150	50.0	50.10	-0.100	0.11
348.150	75.0	75.20	-0.200	0.12
373.150	100.0	100.25	-0.200	0.12
Uniformidad		Estabilidad		
	±0.29 °C	#0.12 °C		

Neter Los velento de la columna "Patrón (velor medio)", son obseridos a partir de una serie de a mediciones realizadas en condiciones de repestibilidad.

NOTIFICACIONES IMPORTANTES

- Los resultados contenidos en el presente documento pertanecen únicamente el equipo calibrado, en el momento y en las condiciones indicadas. Serlam no se responsabiliza por el mai uso del equipo o de este documento.
- Recomendación para intervalos de calibración os de 1 año calendario después de la fecha de calibración indicada en este certificado. Sin embrago, dicho recomendación puede quedar sin efecto por otro criterio de calidad aplicado por el cliente.
- Ente certificado no puede ser reproducido total si parcialmente, a menos que Sertam S.A. lo autorice por escrito. No es válido sin sello de alto relieve.

Olinector Técnico de Laboratorio



8

A.18 Presupuesto del proyecto.

La tabla que se presentan a continuación muestran los gastos realizados en compras de equipos, instrumentos, accesorios y montaje de la estructura metálica.

Este proyecto tiene equipos de reconocidas marcas al nivel industrial, para brindar al estudiante la garantía y fiabilidad al momento de realizar las respectivas prácticas.

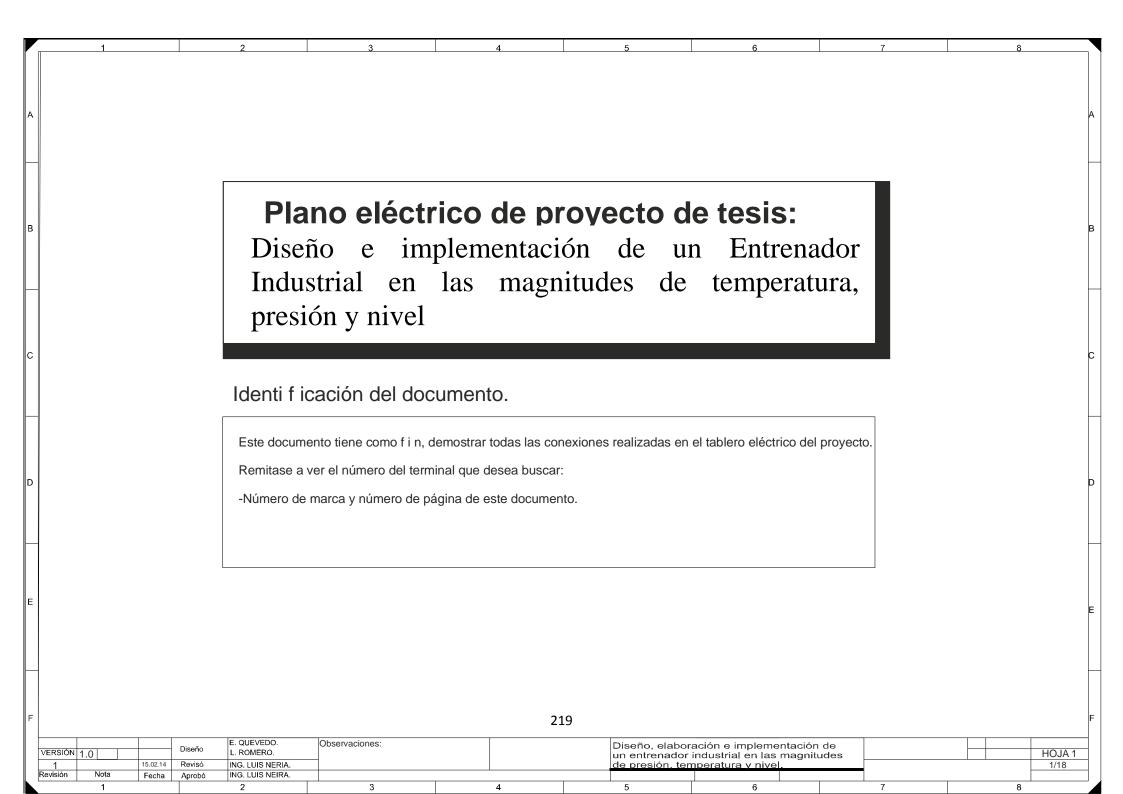
Cantidad	Materiales	Marca	Costo unit.		Costo total	
			\$		\$	
1	PLC Compact Logic L32E	Allen Bradley	\$	1.300,00	\$	1.300,00
1	Módulo 16 DI x 24vdc.	Allen Bradley	\$	250,00	\$	250,00
1	Módulo 16 DO x 24vdc.	Allen Bradley	\$	250,00	\$	250,00
1	Módulo 4 AI	Allen Bradley	\$	450,00	\$	450,00
1	Módulo 4 AO	Allen Bradley	\$	580,00	\$	580,00
1	Módulo 2 I/ 2 O	Allen Bradley	\$	200,00	\$	200,00
1	Fuente de 220v a 24vdc	Siemens	\$	200,00	\$	200,00
1	Variador de Frecuencia.	Siemens	\$	180,00	\$	180,00
1	Bombas Monofásicas	Paolo	\$	40,00	\$	40,00
1	Manómetros	Reotemp	\$	50,00	\$	240,00
4	Válvulas Solenoides	Granzow	\$	100,00	\$	400,00
1	Válvula proporcional	Norgren	\$	850,00	\$	850,00
1	Transmisores de presión	Wika	\$	350,00	\$	350,00
1	Transmisor de nivel	Krones	\$	700,00	\$	700,00
2	Resistencia	Siemens	\$	100,00	\$	200,00
3	Luces pilotos a 24 Vdc	Siemens	\$	9,00	\$	18,00
1	Pulsante tipo hongo	Telemecanique	\$	15,00	\$	15,00
2	Rollos de cable de control #18	Incable	\$	22,00	\$	44,00
20	Metros de cable #14	Incable	\$	0,30	\$	9,00
3	Fundas de terminales de punta	Camsco	\$	2,80	\$	8,40
1	Plancha galvanizados	Sin marca	\$	25,00	\$	25,00
1	Accesorios Hierro negro	Sin marca	\$	50,00	\$	50,00
2	Tuberías agua caliente.	Sin marca	\$	12,50	\$	25,00
1	Accesorios tuberías, codos, uniones universales, neplos	Plastigama	\$	50,00	\$	50,00
5	Relés 24 VDC.	Siemens	\$	20,00	\$	100,00
2	Relé de estado sólido 50 AMP.	Siemens	\$	25,00	\$	25,00
1	Panel de control 42x20cm.	Siemens	\$	45,50	\$	45,00
1	Construcción de maqueta didáctica	S/M	\$	400,00	\$	400,00
1	Construcción de tanques	S/M	\$	200,00	\$	200,00
1	Presostato	Festo	\$	175,00	\$	175,00
1	PT-100	Wica	\$	90,00	\$	90,00
1	Bloque seco	Termoworks	\$	1000,00	\$	1000,00

1	HMI Panel View Component	Allen Bradley	\$ 900,00	\$ 900,00
1	Racores varios	Festo	\$ 100,00	\$ 100,00
1	Borneras varios tipo	Varios	\$ 150,00	\$ 150,00
4	Canaletas ranuradas 40x40cm.	Telemecanique	\$ 7,00	\$ 28,00
30	Metros de cable concéntrico apantallado 3x16.	Electrocable	\$ 1,20	\$ 36,00
1	Cable de comunicación ethernet	S/M	\$ 3,00	\$ 20,00
TOTAL				\$ 9.013,40

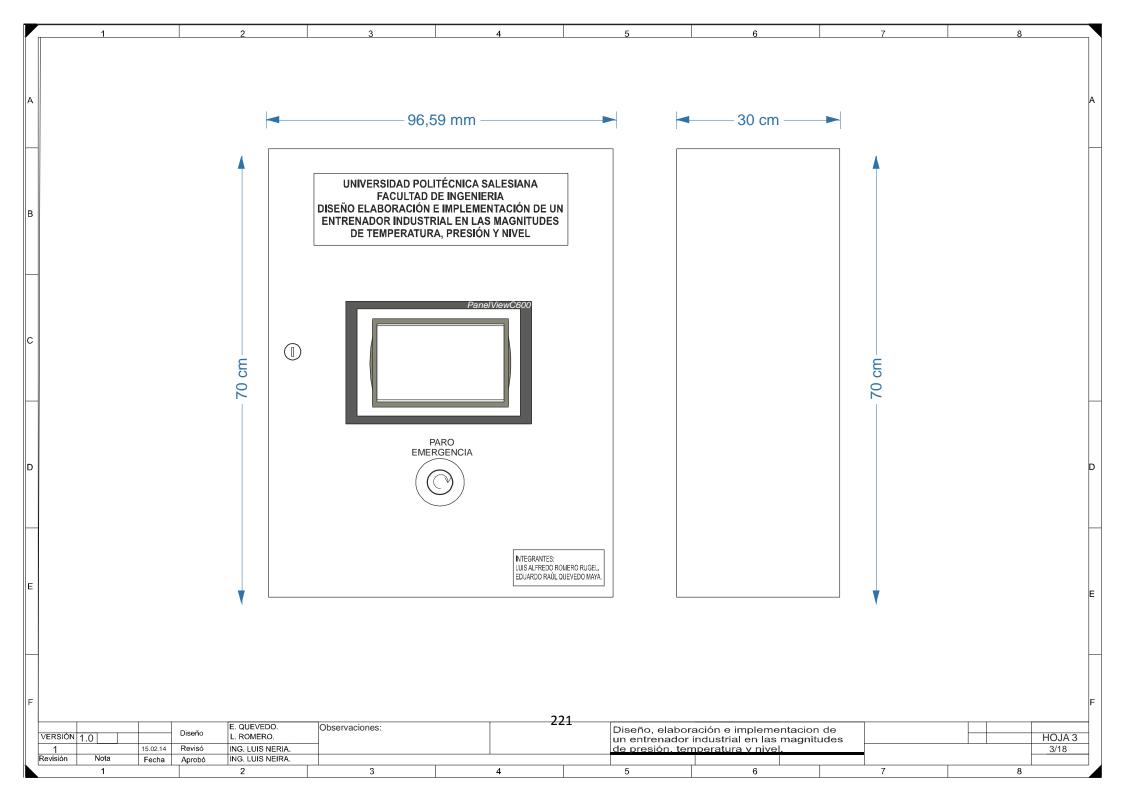
Tab.A.1 Presupuesto del proyecto

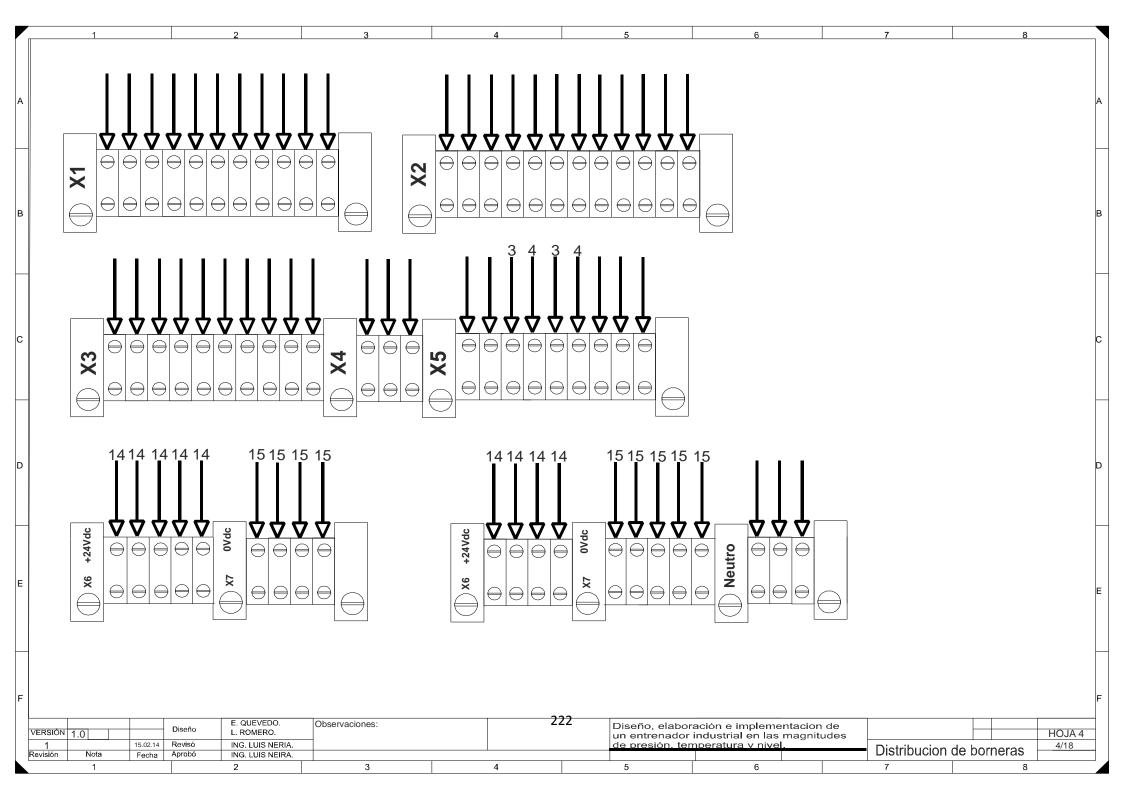
Fuente: Autores

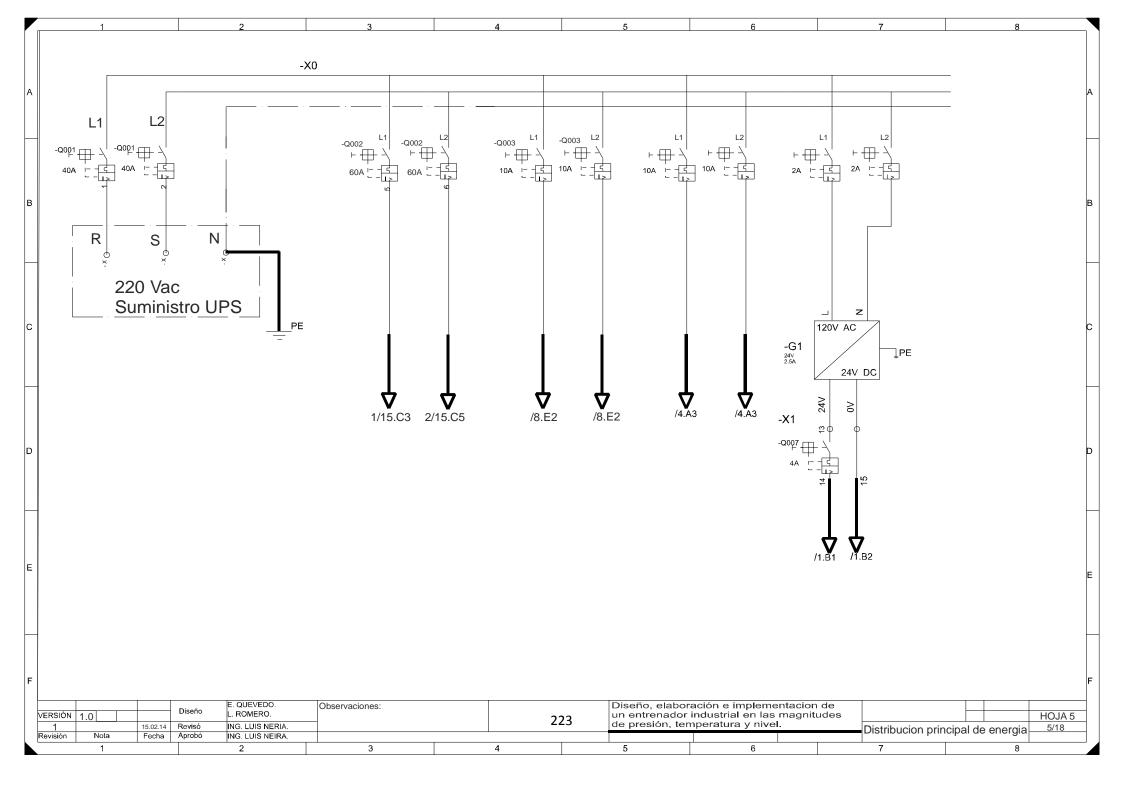
A.19 Planos eléctricos

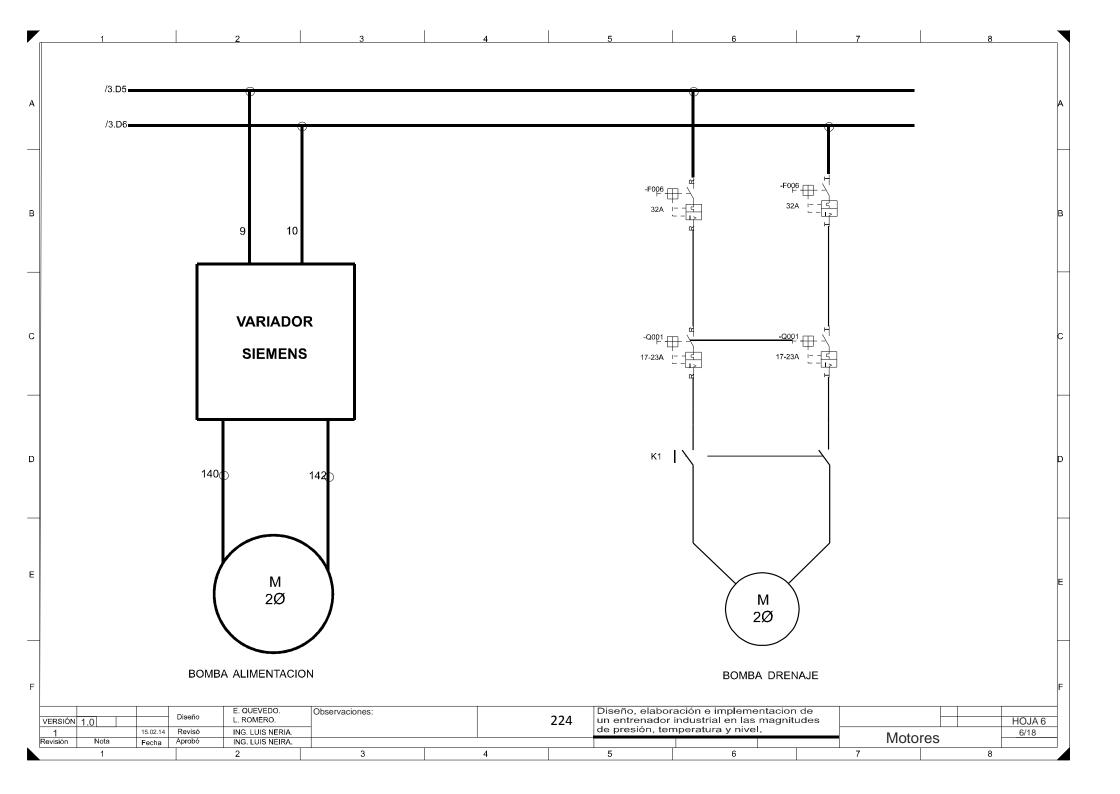


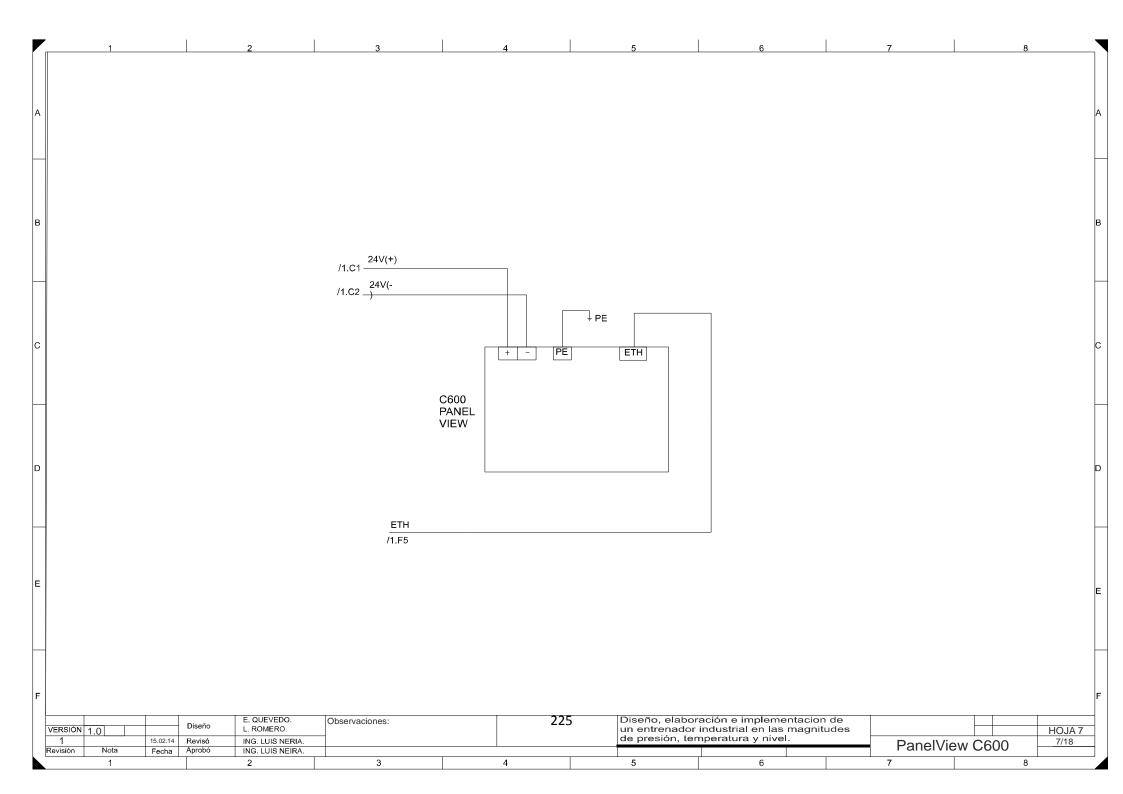
Lista de contenido revisión página contenido Distribución de borneras Distribución principal de energía **Motores** PanelViewC600 Plc Rockwell Entradas digitales A001 Salidas digitales A002 8 Entradas Analógicas A003 Salidas Analógicas A004 Entradas y sallidas Analógicas A005 Elementos de salida 1 Elementos de salida2 14 15 16 220 E. QUEVEDO. Observaciones: Diseño, elaboración e implementación de Diseño VERSIÓN 1.0 L. ROMERO. HOJA 2 un entrenador industrial en las magnitudes Revisó ING. LUIS NERIA 2/18 de presión, temperatura v nive ING. LUIS NEIRA. Fecha Aprobó

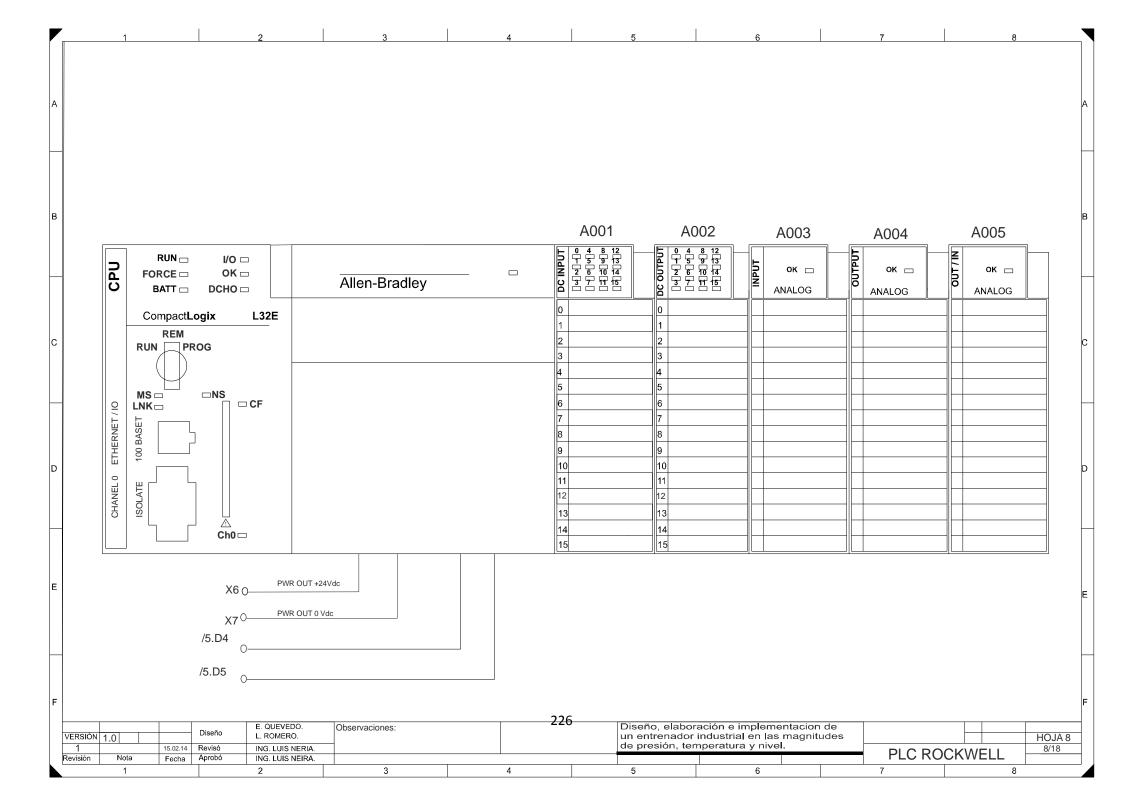


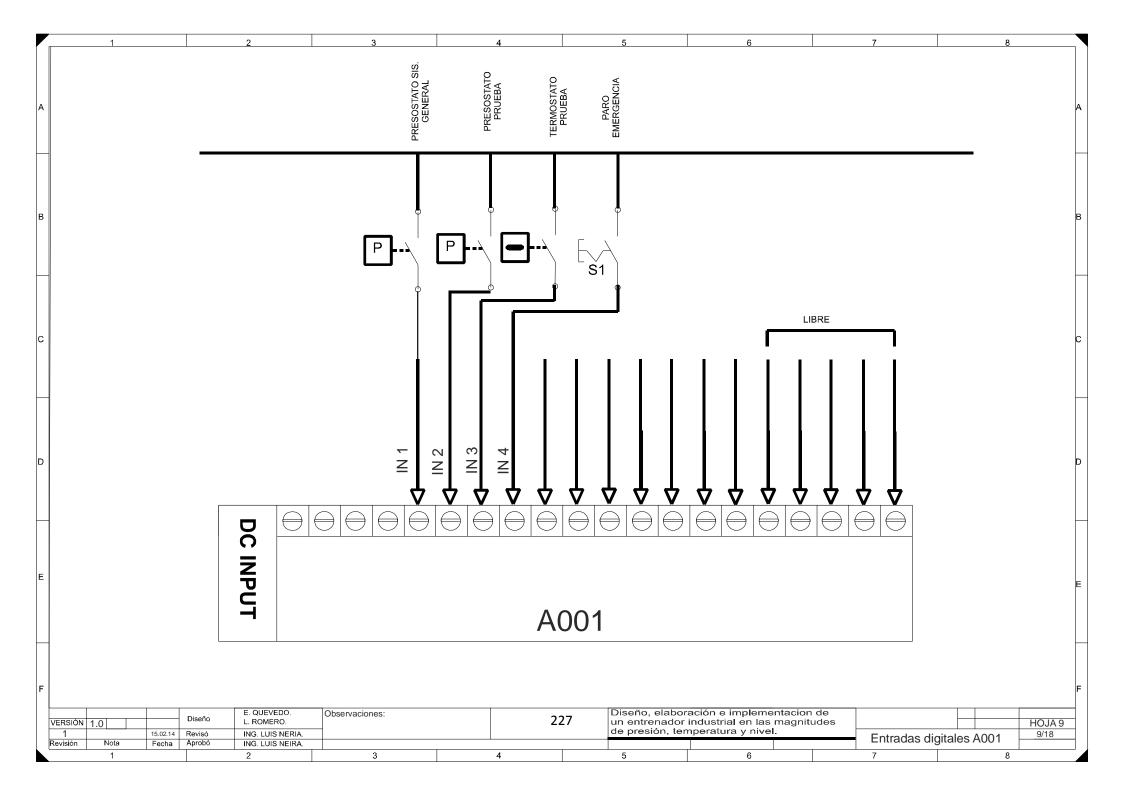


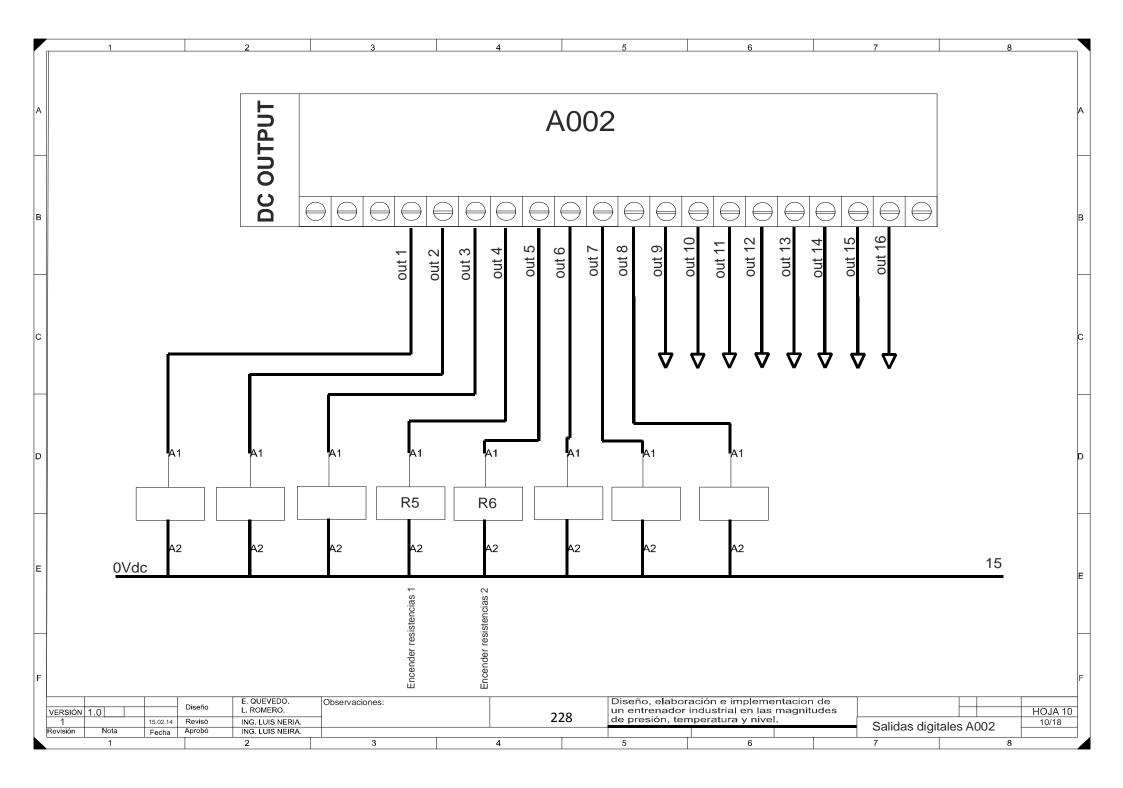


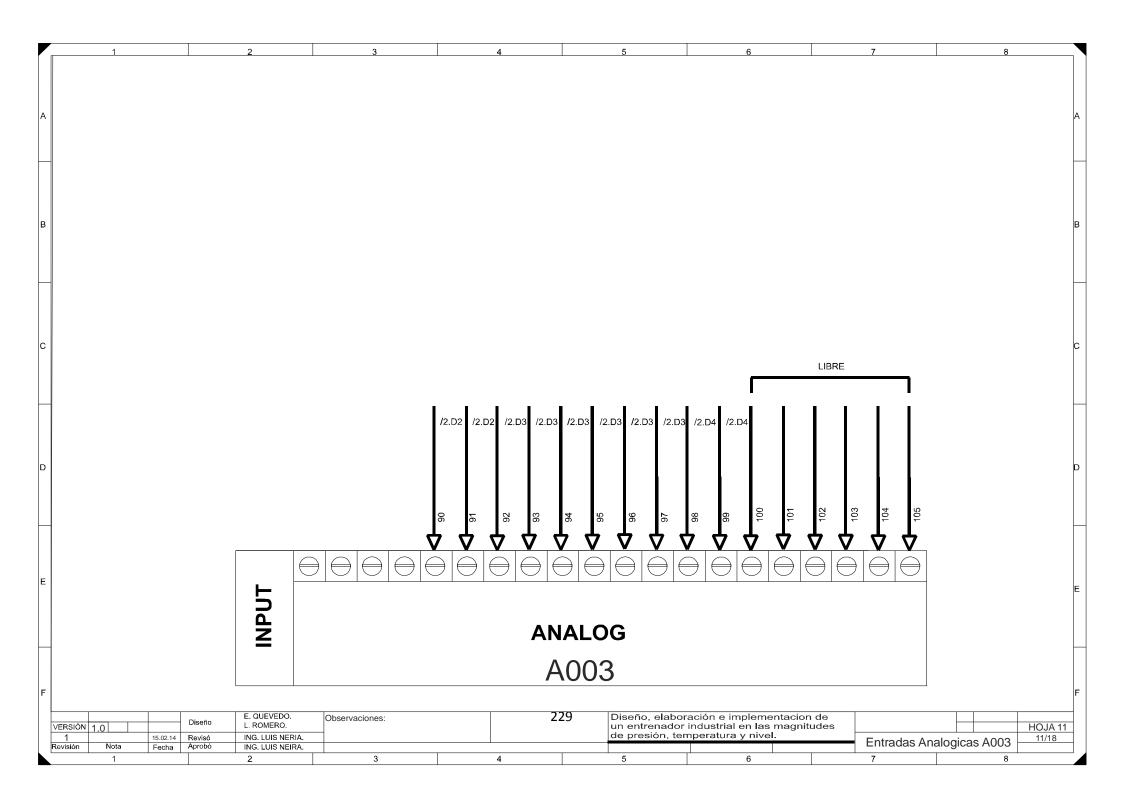


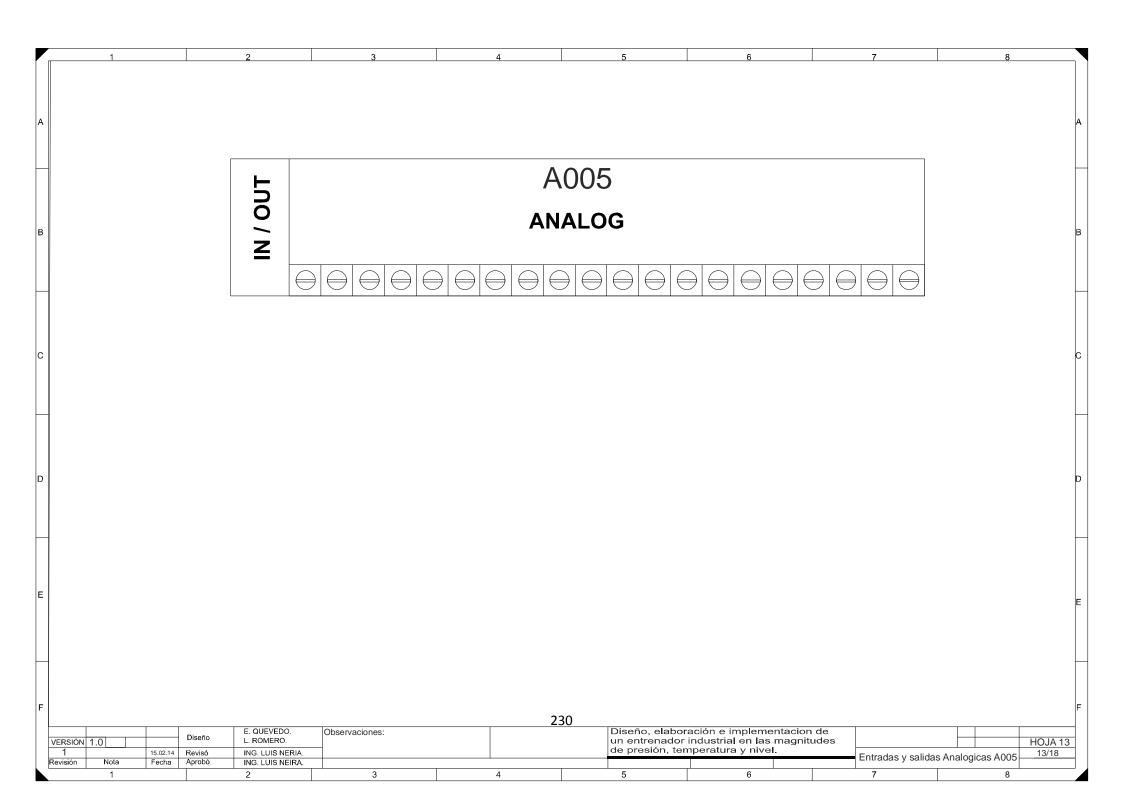


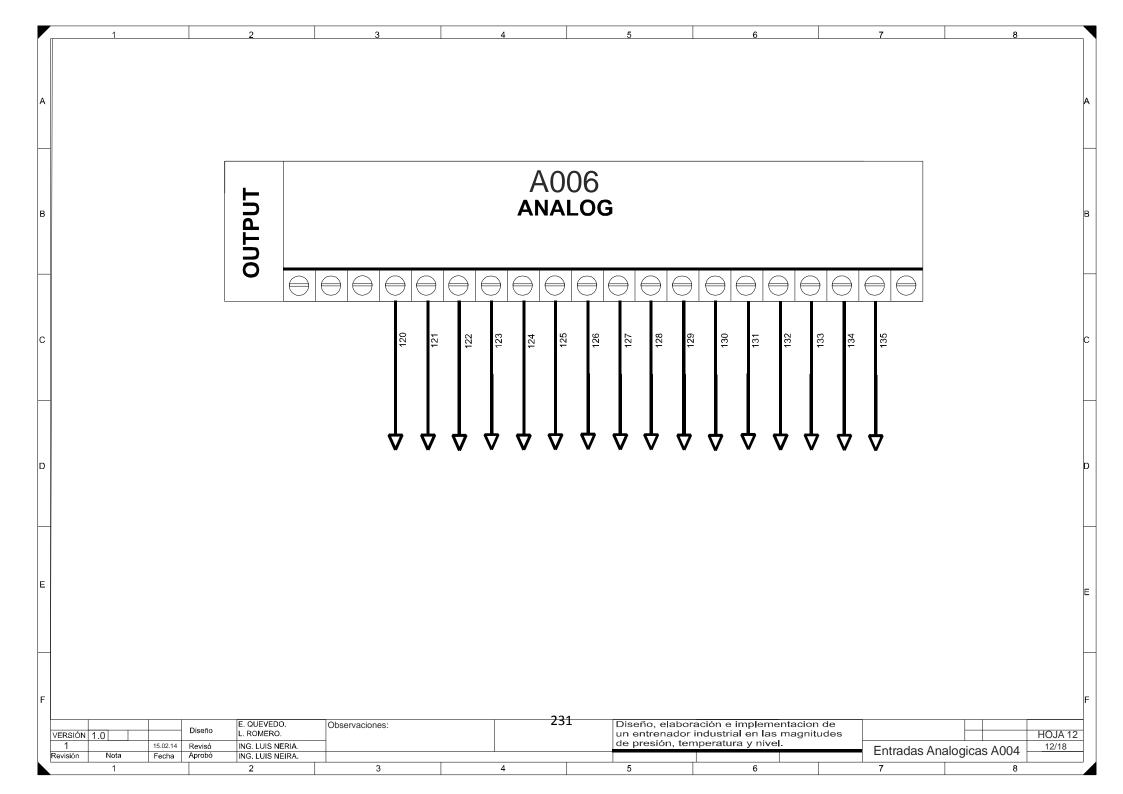


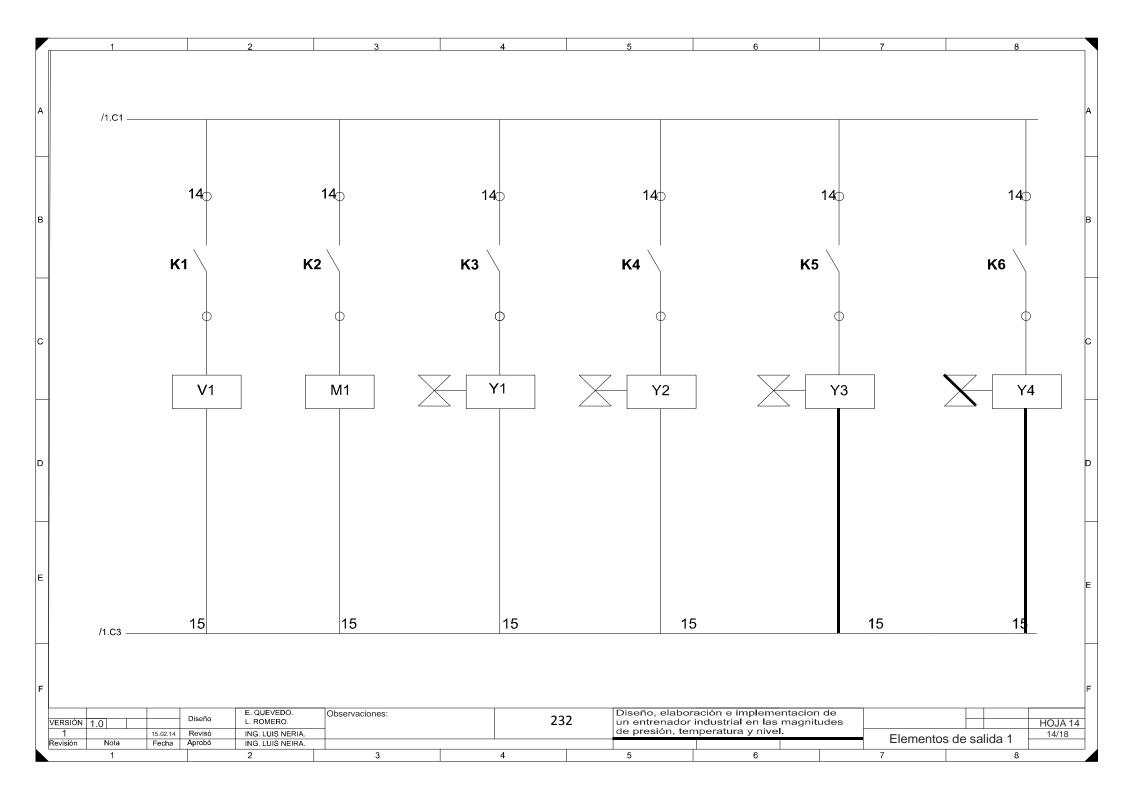


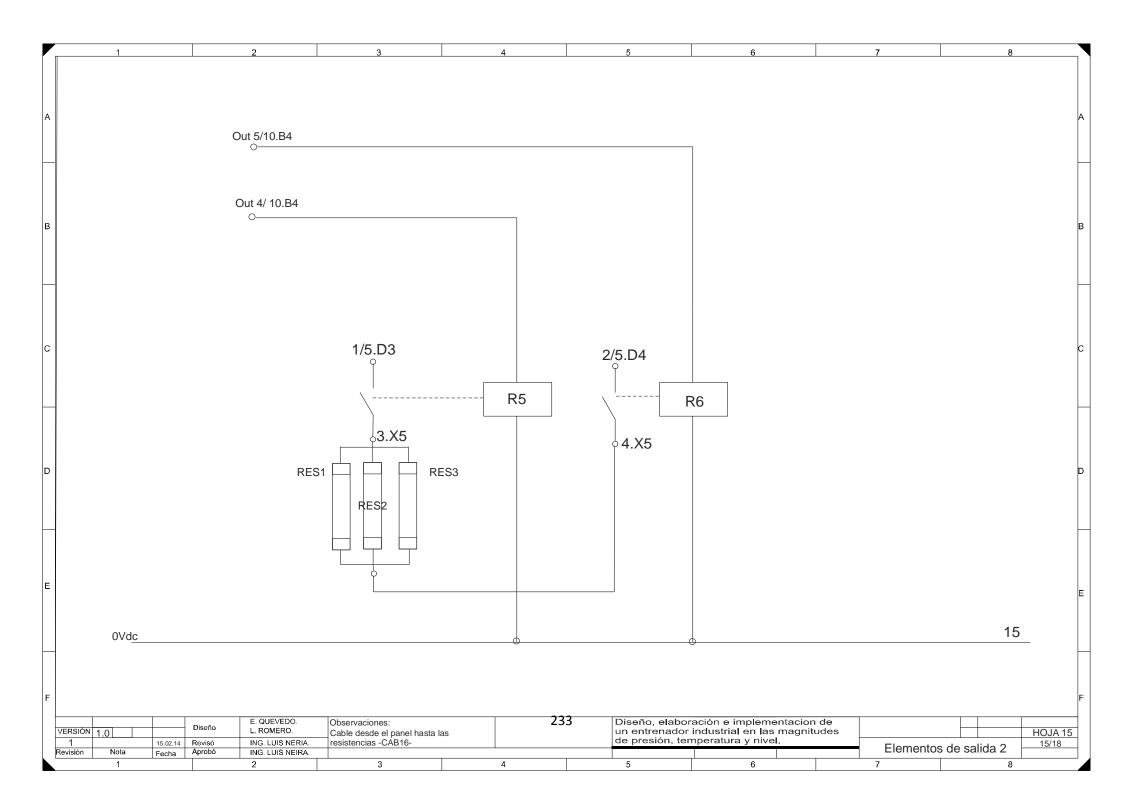












A.20 Bibliografía

SOLÉ, Antonio Creus, *Instrumentación Industrial*, 6ta Edición, Editorial Marcombo Barcelona-España, 1997.

MARAÑA, Juan Carlos, *Instrumentación y control de Procesos*, Edición 28/04/2005.

ALLEN BRADLEY, Guía práctica de programación FlexLogix,

ALLEN BRADLEY, Instrucciones Logix 5000.

ALLEN BRADLEY, Instrucciones para los variadores y control de proceso de los controladores Logix 5000.

SITIOS WEB DE CONSULTA.

www.sapiensman.com/neumatica/images/Bourdon1

http://mx.magnetrol.com/Images/Products/T20

http://depa.pquim.unam.mx/IQ/iq/practica6n.htm

www.frielectric.com/images/Presostato

http://www.fing.edu.uy

http://www.sindyauto.com/wika/datasheet/TE1902.pdf