

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
EXTENSIÓN LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**“SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA
ELECTROBOMBAS MEDIANTE UN PANEL DE
VISUALIZACIÓN PARA LA ESPE-L”**

**LARA VIERA RENÁN NICOLÁS
QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO PATRICIO**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL GRADO DE**

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Año 2010

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

ING. MARCO SINGAÑA (DIRECTOR)
ING. FAUSTO ACUÑA (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ELECTROBOMBAS MEDIANTE UN PANEL DE VISUALIZACIÓN PARA LA ESPE-L” realizado por los señores: LARA VIERA RENÁN NICOLÁS y QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO PATRICIO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: LARA VIERA RENÁN NICOLÁS y QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO PATRICIO que lo entregue al ING. JIMÉNEZ MARIO, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Noviembre del 2010

Ing. Marco Singaña
DIRECTOR

Ing. Fausto Acuña
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, LARA VIERA RENÁN NICOLÁS y QUINGATUÑA
SINCHIGUANO ROLANDO PATRICIO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ELECTROBOMBAS MEDIANTE UN PANEL DE VISUALIZACIÓN PARA LA ESPE-L” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Noviembre del 2010

LARA VIERA RENÁN N.
CI: No.- 0502575897

QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO P.
CI: No.- 0503047607

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **LARA VIERA RENÁN NICOLÁS** y **QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO PATRICIO**

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ELECTROBOMBAS MEDIANTE UN PANEL DE VISUALIZACIÓN PARA LA ESPE-L” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2010

LARA VIERA RENÁN N.
CI: No.- 0502575897

QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO P.
CI: No.- 0503047607

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va dirigido de una manera muy especial a la ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJERCITO EXTENSIÓN LATACUNGA y a los profesores de la carrera de Ingeniería en Electromecánica que gracias a sus conocimientos impartidos me permiten cumplir con las metas que me he trazado.

Renán Nicolás

Agradezco primeramente a Dios y a mis padres Patricio y Eugenia, a mi familia quienes fueron el apoyo incondicional para realizar el presente trabajo

Al director y codirector por tomarse el tiempo para guiarnos y aconsejarnos durante el proyecto

A mi compañero y amigo Renán Nicolás Lara por todo el tiempo compartido durante la realización del presente proyecto

A mis compañeros y amigos de la Universidad y del barrio por brindarme su apoyo durante todo este tiempo

Rolando Patricio

DEDICATORIA

A “*Mis Padres Renán y Martha*” y mis hermanos, que con sus consejos y apoyo día a día forjaron en mi un profesional y una persona con muchas cualidades.

Renán Nicolás

El presente trabajo se lo dedico especialmente a mis padres Patricio y Eugenia a mi hermano Danilo y a mi familia quienes me ayudaron en la culminación de este proyecto.

Rolando Patricio

ÍNDICE

	PG
CARÁTULA	ii
CERTIFICACIÓN	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iv
AUTORIZACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xviii
SUMMARY	xix
ANTECEDENTES	xx
OBJETIVO GENERAL	xxi
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xxi
JUSTIFICACIÓN	xxi
ALCANCES Y METAS	xxii

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.

1.1.- Introducción.	1
1.1.1.- Descripción de las instalaciones físicas.	2
1.1.2.- Descripción del software de monitoreo y control.	4
1.1.3.- Operación del proceso.	5
1.1.4.- Control local y automático por medio de LABVIEW 7.	6
1.2.- Bombas centrífugas.	7
1.2.1.- Propiedades de una bomba centrífuga.	7
1.2.2.- Definiciones relacionadas a bombas centrífugas.	8
a.- Fluido.	8
b.- Densidad absoluta.	8
c.- Densidad relativa.	9
d.- Peso específico.	9
e.- Flujo laminar.	10
f.- Flujo turbulento.	10
g.- Caudal.	11
h.- Conservación de la energía.	11
1.2.3.- Partes constitutivas de las bombas centrífugas.	14
1.2.4.- Factores hidráulicos.	15
a.- Cabeza neta positiva de succión (NPSH).	16
b.- Altura.	19
c.- Potencia hidráulica.	19
d.- Rendimiento o eficiencia.	20
e.- Leyes de afinidad.	21
f.- Cavitación en las bombas.	22
1.2.5.- Operación en Serie.	23

1.2.6.- Operación en Paralelo.	24
1.3.- Paneles de visualización.	26
1.4.- Controlador Lógico Programable.	28
1.4.1.- Definición de PLC.	28
1.4.2.- Aplicaciones.	28
a.- Control de procesos.	28
b.- Visualización de instalaciones.	29
1.4.3.- Configuración de un PLC.	29
a.- Hardware.	29
b.- Software.	29
c.- Señales analógicas y digitales.	30
1.5.- Interface de comunicación.	31
1.5.1.- Comunicación serial.	31
1.5.2.- Conectores.	32
1.5.3.- Introducción al USB.	33
1.6.- Componentes de monitoreo y control.	34
1.6.1.- Sensores.	34
1.6.2.- Actuadores.	35
1.6.3.- Transductores	36
1.6.4.- Control Industrial.	36
1.7.- Interface Hombre – Máquina.	38
1.7.1.- Definición de HMI.	38
1.7.2.- Funciones de un HMI.	38
1.7.3.- Tareas de un software de supervisión y control.	39
1.7.4.- Prestaciones de un sistema de supervisión y control.	40
1.7.5.- Sistema SCADA.	40
a.- Componentes asociados a un SCADA.	41
b.- Tiempo real.	42
c.- Hardware.	42
d.- Software.	43
1.8.- Tuberías y accesorios	43
1.8.1.- Válvulas de globo.	44

CAPÍTULO 2

PARÁMETROS DE SELECCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS.

2.1.- Selección del controlador.	45
2.1.1.- Hardware requerido.	48
a.- PLC Direct Logic 06-DR.	48
b.- Módulo F0-08DAH-1.	49
c.- Módulo F0-08ADH-1.	50
2.1.2.- Software.	51
a.- Introducción a DSLaunch 5.	51
b.- Ingreso de entradas de tipo X.	60

c.- Ingreso de salidas de tipo Y.	62
d.- Ingreso de una bobina END.	64
e.- Compilación y almacenamiento del programa.	66
2.2.- Selección del panel de visualización.	67
2.2.1.- Hardware.	68
a.- Operador Grafico LCD Redlion G306A.	68
b.- Características del Operador Gráfico.	69
2.2.2.- Software.	70
a.- Introducción a CRIMSON 2.	70
b.- Descripción de los módulos de aplicaciones.	71
c.- Selección del operador en el software.	75
d.- Configuración del protocolo de comunicación.	77
2.3.- Interfaces y Comunicaciones.	79
2.3.1.- Comunicación entre dispositivos.	79

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS.

3.1.- Descripción de los instrumentos de medición.	81
3.1.1.- Transductor de presión CERABAR T PMC 131-A22F1Q4R.	81
3.1.2.- Transductor de presión CERABAR T PMC 131- A22F1A3C.	82
3.1.3.- Detector de nivel LIQUIPHANT T FTL 20-0214.	83
3.1.4.- Sensor capacitivo CCN5-F46A-E3.16.	84
3.1.5.- Transductor de caudal PROMAG.	84
3.1.6.- Sensor de temperatura TST 41N-DPDM12BAA0.	87
a.- Transmisor de temperatura TMT 181-A31AA.	87
3.1.7.- Actuador lineal ML7420A3055.	88
3.1.8.- Sensor ultrasónico UB800-18GM40-I-V115.	90
a.- Conector macho V1-G-2M-PVC.	91
3.2.- Descripción de los automatismos de control.	92
3.2.1.- Programador Lógico Controlable D0-06DR.	92
a.- Especificaciones y operación de la CPU.	92
b.- Hardware del equipo.	95
c.- Concepto de entradas y salidas surtidoras/drenadoras.	96
d.- Concepto de terminales “Comunes”.	97
e.- Métodos de cableado de entradas de corriente continua.	99
f.- Métodos de cableado de salidas de corriente continua.	101
g.- Tratamiento de señales analógicas.	102
h.- Módulo de entradas de señales análogas del DL06-DR.	103
i.- Módulo de salida de señales análogas del DL06-DR.	105
3.2.2.- Variador de velocidad ATV11HU18M2A.	106
3.3.- Construcción del tablero de control.	109
3.3.1.- Montaje de elementos de control.	110
3.3.2.- Construcción del tablero de supervisión.	112
3.3.3.- Construcción del brazo de apoyo.	112

3.4.- Interfaces y comunicación del proceso.	113
3.4.1.- Configuración de comunicación.	114
a.- Configuración de comunicación del Operador Gráfico.	114
b.- Configuración de comunicación del PLC.	117
3.5.- Diseño de la plataforma de control y monitoreo.	120
3.5.1.- Principios de programación.	120
a.- Diseño de una interfaz de operador.	120
b.- Configuración de variables.	123
c.- Creación de un Data Logger.	125
3.5.2.- Diseño del panel de supervisión y control.	127

CAPÍTULO 4 OPERACIÓN Y PRUEBAS

4.1.- Preliminares.	134
4.2.- Pruebas en dispositivos de medición.	139
4.2.1.- Medición de temperatura.	140
4.2.2.- Medición de nivel.	141
4.2.3.- Medición de caudal.	143
4.2.4.- Medición de presión de succión.	144
4.2.5.- Medición de presión de descarga.	146
4.3.- Pruebas de control.	147
4.3.1.- Pruebas de conexiones eléctricas.	148
4.3.2.- Prueba de derivación de señales análogas y digitales.	149
4.4.- Comunicación entre el PLC y el Panel Operador.	152
4.5.- Pruebas y manejo del proceso.	154
4.5.1.- Funcionamiento de los motores.	155
4.5.2.- Funcionamiento del proceso.	156
a.- Pruebas de funcionamiento Bomba “A”.	157
b.- Pruebas de funcionamiento Bomba “B”.	158
c.- Bombas centrífugas en Serie.	161
d.- Bombas centrífugas en paralelo.	164

CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusiones.	166
5.2.- Recomendaciones.	168

ANEXOS
BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

	PG
Figura 1.1: Banco de pruebas de operación de bombas hidráulicas centrífugas.	2
Figura 1.2: Proceso completo del banco de pruebas.	4
Figura 1.3: Diagrama del circuito hidráulico.	5
Figura 1.4: Selector manual / automático.	6
Figura 1.5: Distribución de velocidades en un tubo con flujo laminar.	10
Figura 1.6: Distribución de velocidades al interior de un tubo con flujo turbulento.	11
Figura 1.7: Elemento de fluido en una tubería.	12
Figura 1.8: Energía de flujo.	14
Figura 1.9: Partes básicas de una bomba centrífuga.	15
Figura 1.10: Energía aplicada a un fluido en un sistema de bombeo.	17
Figura 1.11: NPSH vs Caudal (Q).	18
Figura 1.12: Operación de bombas en serie.	23
Figura 1.13: Rendimiento de dos bombas que operan en serie.	24
Figura 1.14: Operación de bombas en paralelo.	24
Figura 1.15: Rendimiento de dos bombas que operan en paralelo.	25
Figura 1.16: Pequeño visualizador.	26
Figura 1.17: Panel táctil a color con pantalla TFT.	27
Figura 1.18: Puerto serial DB-9 macho.	31
Figura 1.19: Conectores de la serie RJ.	32
Figura 1.20: Diferentes tipos de sensores.	35
Figura 1.21: Diferentes tipos de actuadores.	35
Figura 1.22: Diferentes tipos de transductores.	36
Figura 1.23: Tablero de control industrial.	37
Figura 1.24: Estructura de un proceso SCADA.	41
Figura 1.25: Válvula de esfera o globo.	44

CAPÍTULO 2

Figura 2.1: PLC Direct Logic 06-DR Koyo.	49
Figura 2.2: Módulo de salidas análogas Koyo F0-08DAH-1.	50
Figura 2.3: Módulo de entradas análogas Koyo F0-08DAH-1.	51
Figura 2.4: Icono de instalación del programa DirectSOFT 5.	52
Figura 2.5: Previo reconocimiento de la compatibilidad de la máquina.	53
Figura 2.6: Ventana de bienvenida a la instalación del software.	53
Figura 2.7: Ventana de ingreso de clave del Software.	54
Figura 2.8: Ventana de aceptación de condiciones y términos de instalación.	54

Figura 2.9:	Ventana de Ingreso de nombre de usuario y compañía.	55
Figura 2.10:	Ventana de tipo de instalación.	55
Figura 2.11:	Icono de ingreso al software DirectSOFT 5.	56
Figura 2.12:	Ventana de lanzamiento de DSLaunch.	56
Figura 2.13:	Ventana de ingreso a DirectSOFT5.	57
Figura 2.14:	Ventana de programación en DirectSOFT5.	58
Figura 2.15:	Modo de edición de DirectSOFT.	59
Figura 2.16:	Barra de herramientas (Tool Palette).	60
Figura 2.17:	Ingreso de un contacto X.	61
Figura 2.18:	Entrada de una instrucción.	61
Figura 2.19:	Botón Navegador de bobinas (Browse Coils).	62
Figura 2.20:	Ingreso de una bobina estándar Y.	63
Figura 2.21:	Ingreso rápido de una bobina Y.	63
Figura 2.22:	Programación de un renglón.	64
Figura 2.23:	Selección e ingreso de una bobina "END".	65
Figura 2.24:	Visualización del programa terminado.	65
Figura 2.25:	Programa compilado correctamente.	66
Figura 2.26:	Iconos para guardar o cargar un programa.	67
Figura 2.27:	Operador Gráfico LCD Redlion G306A.	68
Figura 2.28:	Pantalla de inicio de CRIMSON 2.	70
Figura 2.29:	Icono de Comunicaciones.	71
Figura 2.30:	Icono de Etiquetas de datos.	72
Figura 2.31:	Icono de Interface del usuario.	73
Figura 2.32:	Icono de programación.	73
Figura 2.33:	Icono de Data Logger.	74
Figura 2.34:	Icono de Servidor WEB.	75
Figura 2.35:	Icono de Registrador de seguridad.	75
Figura 2.36:	Creación de un nuevo documento.	76
Figura 2.37:	Selección del tipo de operador grafico.	76
Figura 2.38:	Selección del protocolo de comunicación.	77
Figura 2.39:	Selección del protocolo de comunicación según el controlador.	78
Figura 2.40:	Ventana de selección de un protocolo.	79
Figura 2.41:	Comunicación serial (RJ12).	80

CAPÍTULO 3

Figura 3.1:	Transductor de presión, conexión eléctrica y a proceso.	81
Figura 3.2:	Calibración del transductor PMC 131.	82
Figura 3.3:	Conexión del detector de nivel Liquiphant T FTL 20-0214.	83
Figura 3.4:	Sensor capacitivo CCN5-F46A-E3.	84
Figura 3.5:	Componentes del sistema de medición de caudal PROMAG.	85
Figura 3.6:	Conexiones eléctricas en el medidor de caudal PROMAG.	86

Figura 3.7:	Indicador de cristal líquido del medidor de caudal PROMAG.	86
Figura 3.8:	Sensor de temperatura TST 41N-DPDN12BAA0 y transmisor de temperatura TMT 181-A31AA.	88
Figura 3.9:	Válvula de control en conjunto con actuador lineal ML7420A3055.	89
Figura 3.11:	Sensor ultrasónico UB800-18GM40-I-V1.	91
Figura 3.12:	Conector macho V1-G-2M-PVC.	92
Figura 3.13:	Operación de barrido del Koyo DL06.	94
Figura 3.14:	Panel frontal del PLC Koyo D0-06DR.	95
Figura 3.15:	Entradas y Salidas, drenadoras y surtidoras.	97
Figura 3.16:	Terminal común de un bloque de entradas.	98
Figura 3.17:	Bloque de entradas con su común.	98
Figura 3.18:	Terminal común de cada bloque de entradas.	99
Figura 3.19:	Conexión de entradas drenadoras.	99
Figura 3.20:	Conexión de salidas drenadoras.	101
Figura 3.21:	Ubicación del Banco de relés.	103
Figura 3.22:	Conexión eléctrica señal de entrada analógica de corriente.	103
Figura 3.23:	Conexión eléctrica señal de entrada analógica de voltaje.	104
Figura 3.24:	Conexión eléctrica de una salida analógica de voltaje.	105
Figura 3.25:	Panel frontal del variador de velocidad ATV11HU18M2A.	107
Figura 3.26:	Conexión eléctrica del variador de velocidad ATV11HU18M2A.	108
Figura 3.27:	Selección de automatismos de fuerza del variador de velocidad ATV11HU18M2A.	109
Figura 3.28:	Especificaciones de montaje del controlador.	110
Figura 3.29:	Vista frontal del tablero.	111
Figura 3.30:	Vista interna del tablero.	111
Figura 3.31:	Vista del tablero de supervisión.	112
Figura 3.32:	Brazo de apoyo y tablero de supervisión.	113
Figura 3.33:	Cable de comunicación RS232.	114
Figura 3.34:	Pantalla principal CRIMSON 2.	115
Figura 3.35:	Selección del puerto de comunicación.	115
Figura 3.36:	Editor de comunicación.	116
Figura 3.37:	Ventana de selección del tipo y driver del controlador.	117
Figura 3.38:	Ventana de parámetros de la comunicación.	117
Figura 3.39:	Ventana conexión PLC-PC.	117
Figura 3.40:	Ventana de selección de comunicación PLC.	118
Figura 3.41:	Editar comunicación.	118
Figura 3.42:	Configuración de comunicación.	119
Figura 3.43:	Ingreso de parámetros de comunicación.	119
Figura 3.44:	Icono para crear una interfaz.	121
Figura 3.45:	Editor de Interfaz (HMI).	121

Figura 3.46:	Ingreso de un control.	122
Figura 3.47:	Propiedades del control.	122
Figura 3.48:	Programar acción del control.	123
Figura 3.49:	Ingreso de TAGs (Variables).	124
Figura 3.50:	Pantalla para escoger el tipo de variable.	124
Figura 3.51:	Parámetros de la variable.	125
Figura 3.52:	Ingreso a Data Logger.	126
Figura 3.53:	Crear un Data Logger.	126
Figura 3.54:	Configuración de un Data Logger.	127
Figura 3.55:	Pantalla principal del sistema.	127
Figura 3.56:	Ingreso al sistema.	128
Figura 3.57:	Pantalla de cebado.	128
Figura 3.58:	Inicio cebado de la Bomba A y confirmación de arranque.	129
Figura 3.59:	Indicador de cebado finalizado.	129
Figura 3.60:	Continuar la secuencia de cebado.	129
Figura 3.61:	Pantalla de inicio de circuitos.	130
Figura 3.62:	Operación de la Bomba A.	130
Figura 3.63:	Parámetros de operación.	131
Figura 3.64:	Parámetros de operación (Presiones).	131
Figura 3.65:	Data Logger de temperatura.	132
Figura 3.66:	Operación SERIE del proceso.	133

CAPÍTULO 4

Figura 4.1:	Elementos para el monitoreo en forma local.	134
Figura 4.2:	Ubicación del operador gráfico.	135
Figura 4.3:	Ubicación del selector FieldPoint/PLC.	137
Figura 4.4:	Recta corriente vs temperatura.	140
Figura 4.5:	Recta corriente vs longitud.	142
Figura 4.6:	Recta corriente vs caudal.	143
Figura 4.7:	Recta corriente vs presión de succión.	145
Figura 4.8:	Recta corriente vs presión de descarga.	146
Figura 4.7:	Ubicación del banco de relés.	150
Figura 4.8:	Ventana de error de comunicación.	153
Figura 4.9:	Pruebas de velocidad de transmisión.	153
Figura 4.10:	Velocidad óptima seleccionada por el PLC.	154
Figura 4.11:	Registro de temperatura, operación individual de las bombas.	159
Figura 4.12:	Registro de caudal, operación individual de las bombas.	159
Figura 4.13:	Registro de presión de succión, operación individual.	160
Figura 4.14:	Registro de presión de descarga, operación individual.	160
Figura 4.15:	Registro de nivel, operación individual.	161
Figura 4.16:	Registro de presión de descarga, operación serie.	163
Figura 4.17:	Registro de presión de succión, operación serie.	163
Figura 4.18:	Registro de caudal, operación en paralelo.	165

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

	PG
Tabla 1.1: Esquema de pines para un conector USB.	33

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1: Comparación entre tipos de controladores.	46
Tabla 2.2: Recopilación de los controladores de la marca KOYO DL.	47
Tabla 2.3: Descripción del controlador.	49
Tabla 2.4: Descripción del módulo de salidas análogas.	50
Tabla 2.5: Descripción del módulo de entradas análogas.	51
Tabla 2.6: Comparación entre tipos de Operadores Gráficos.	68
Tabla 2.7: Descripción del Operador Gráfico.	69

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1: Especificaciones del PLC Koyo DL06.	93
Tabla 3.2: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR DI.	100
Tabla 3.3: Distribución de salidas del Controlador D0-06DR DO.	102
Tabla 3.4: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR AI.	104
Tabla 3.5: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR AO.	105
Tabla 3.6: Configuración del cable de Comunicación RS232.	113

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1: Conformación de circuitos hidráulicos.	137
Tabla 4.2: Datos obtenidos experimentalmente de temperatura.	138
Tabla 4.3: Datos obtenidos experimentalmente medición de nivel.	141
Tabla 4.4: Datos obtenidos experimentalmente medición de caudal.	142
Tabla 4.5: Datos obtenidos experimentalmente presión de succión .	144
Tabla 4.6: Datos obtenidos experimentalmente presión de descarga.	145
Tabla 4.7: Verificación de continuidad entre relés.	147
Tabla 4.8: Parámetros de ajuste del variador de frecuencia.	148
Tabla 4.9: Pruebas de velocidad de los motores.	150
Tabla 4.10: Parámetros de ajuste del variador de frecuencia.	155
Tabla 4.11: Pruebas de velocidad de los motores.	156
Tabla 4.12: Datos experimentales de operación bomba centrífuga “A”	157
Tabla 4.13: Datos experimentales de operación bomba centrífuga “B”	158
Tabla 4.14: Datos de operación bombas centrífugas en “Serie”	162
Tabla 4.15: Datos de operación bombas centrífugas en “Paralelo”	164

ANEXOS

ANEXOS A: AUTOMATISMOS DE CONTROL

ANEXO A-1: PLC KOYO DO-06DR.

ANEXO A-2: MÓDULO FO-08DAH-1.

ANEXO A-3: MÓDULO FO-08ADH-1.

ANEXO A-4: VARIADOR ATV11-HU18M2A.

ANEXOS B: INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

ANEXO B-1: ML7420A–ML7425A

ANEXO B-2: CCN5-F46A-E3

ANEXO B-3: UB800-18GM40-1-V1

ANEXO B-4: LIQUIPHANT T FTL20

ANEXO B-5: Transductores de Presión PMC131-A22F1

ANEXO B-6: Sensor de Temperatura TST41N- DPD12BAA0

ANEXO B-7: Medidor de caudal PROMAG 50

ANEXOS C: AUTOMATISMOS DE SUPERVISIÓN

ANEXO C-1: OPERADOR GRÁFICO G306A.

ANEXOS D: PROGRAMACIÓN

ANEXO D-1: Programación PLC DO-06DR

ANEXOS E: DIAGRAMAS ELÉCTRICOS.

ANEXO E-1: Circuito de potencia.

ANEXO E-2: Circuito de control.

ANEXO E-3: Conexión FP.

ANEXO E-4: Circuito de derivación.

ANEXO E-5: Conexiones PLC.

ANEXO E-6: Alimentación PLC.

ANEXO E-7: Alimentación Pantalla.

ANEXOS F: MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN.

RESUMEN

El incremento de nuevas tecnologías en el campo industrial, inclina al estudiante y al profesional a estar continuamente adquiriendo conocimientos y evaluar todo este entorno tecnológico, este propósito conlleva a incrementar su campo de acción y la posibilidad de formar un profesional con muchas cualidades para su desarrollo profesional y para nuestra sociedad.

La necesidad de medir e incluso controlar algunas variables físicas o químicas de algún proceso industrial, como presión, temperatura, caudal, nivel, etc., lleva a contar con los conocimientos y con todas las herramientas que estén a nuestro alcance para acondicionar un proceso acorde a nuestra necesidad, poniendo como ejemplo un HMI que haga posible la adquisición y la evaluación de los datos obtenidos en tiempo real de un determinado proceso industrial de una manera sencilla para el operador.

El desarrollo de este proyecto está basada en este planteamiento y tiene como objetivo principal la de ***“Diseñar y construir un sistema de supervisión capaz de brindar muchas utilidades con mínima complejidad”***. Este estudio principalmente se centra entender el comportamiento y la operación energética de dos bombas hidráulicas de tipo centrífugas operándolas individualmente y como sistemas integrados en serie o en paralelo.

SUMMARY

The rise of new technologies in the industrial field, tilted to the student and the practitioner to be continually acquiring knowledge and evaluate all this technological environment, this objective leads to increase its scope and the possibility of forming a professional with many qualities for development professional and our society.

The need to measure and even control some physical or chemical variables of any manufacturing process, such as pressure, temperature, flow, level, etc. Only the needed to have knowledge and with all the tools at our disposal to put an industrial process according to our needs, giving as an example a HMI that enables the acquisition and evaluation of real time data from a specific industrial process in a simple way for the operator.

The development of this project is based on this approach and main objective is to ***"Design and Build a monitoring system capable of providing many utilities with minimal complexity."*** This study mainly generated in understanding the behavior and energy operation of two centrifugal type pumps operated individually and as integrated systems in series or in parallel.

ANTECEDENTES.

El desarrollo de la tecnología y el mercado competitivo, obliga a las industrias ecuatorianas a mejorar sus técnicas de control. Varias empresas tanto públicas como privadas del país usan sistemas de automatización, mediante el uso de paneles de control visual, podemos tener supervisión del estado de los elementos que interactúan en un proceso industrial en tiempo real. Por ello los profesionales estamos en la obligación de generar, mejorar y utilizar tecnología existente.

La automatización y el monitoreo en la actualidad son técnicas muy utilizadas en la industrias, ya que facilitan al operador visualizar y controlar los parámetros importantes que se encuentran dentro de un proceso industrial en tiempo real.

Con estas técnicas se ha logrado disminuir costos y tiempos de operación, elevar la productividad, mejorar la calidad de los productos, disminuir riesgos de operación tanto en el proceso como para los operadores, logrando una mejor y más segura comunicación hombre - máquina.

En el ámbito docente, a veces no se dispone de la infraestructura necesaria para la realización de prácticas específicas, bien porque los prototipos que se requieren son costosos o el número de alumnos al cual va dirigido es mínimo y no justifica la inversión.

Los paneles de visualización son equipos muy poderosos creados, para ser utilizados por las industrias para monitorear y supervisar parámetros de variables físicas como temperatura, presión, nivel, caudal; etc. La implementación de una pantalla táctil, ayudara a centralizar el proceso industrial en una sola pantalla, ahorrando espacio y eficiencia en el trabajo.

OBJETIVO GENERAL.

Supervisar el sistema de banco de pruebas para electrobombas mediante un panel de visualización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Centralizar el control de un proceso industrial, que permita controlar y visualizar los parámetros de funcionamiento de un sistema de bombeo.
- Desarrollar un algoritmo de control que facilite automatizar el proceso.
- Diseñar e implementar las pantallas de visualización para uso didáctico mediante un HMI local.
- Verificar el funcionamiento en tiempo real de los sensores y actuadores que están inmersos en el proyecto.
- Elaborar un sistema capaz de ayudar al desarrollo educativo del alumnado de la ESPE-L.

JUSTIFICACIÓN.

El sistema de electrobombas que cuenta la ESPE-L en su mayoría depende de un software de visualización que no se puede usar de manera sencilla y didáctica, además el prototipo requiere un sistema de control de mando local y un sistema de visualización de las variables, además se requiere observar las curvas de operación de las variables

Un sistema de control automático con la implementación de un sistema de tipo industrial y un panel de supervisión es importante ya que permitirá visualizar los diferentes elementos controlados, así como también el comportamiento de las variables físicas que maneja cada uno de estos elementos.

En este proyecto lo que se pretende realizar es centralizar el proceso mediante un controlador industrial y visualizar su comportamiento en una pantalla industrial así como también generar un monitoreo mediante un HMI.

También consideramos que este proyecto ayudara a tener un mayor conocimiento de lo que hoy se utiliza en las industrias, para poder de esta forma elevar al máximo el aprovechamiento que se da en los procesos industriales.

Brindando facilidad tanto al personal docente como docente de esta institución en el manejo y operación del sistema hidráulico a ser controlado, lograremos que el proceso de enseñanza, aprendizaje se facilite en las diferentes áreas del conocimiento que involucra esta implementación, disminuyendo la complejidad del entendimiento del proceso y su funcionamiento.

ALCANCES Y METAS.

- Llegar a realizar un prototipo didáctico para el sistema de electrobombas que se encuentra en la ESPE-L.
- Realizar pruebas de funcionamiento del controlador y el panel de visualización.
- Alcanzar la construcción de un modulo didáctico, para la implantación de un panel de visualización, y su manejo sea de una manera sencilla y didáctica.
- Elaborar una memoria técnica de la operación y el mantenimiento tanto del sistema de potencia como el de control.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1.- INTRODUCCIÓN.

Con la finalidad de adaptar nuevas tecnologías a sistemas HMI, que hasta la actualidad se han venido desarrollando a través de un PC, con varios problemas que afectan al funcionamiento normal de estos equipos, tales como deterioro y en el mayor de los casos la pérdida de información obtenida de los procesos, pensando en esto, la propuesta innovadora de crear sistemas de supervisión inmunes a problemas de esa índole.

El mercado competitivo, obliga a las industrias a mejorar sus técnicas de control. Varias empresas tanto públicas como privadas usan sistemas de automatización, mediante el uso de paneles de control visual, para poder obtener supervisión del estado de los elementos que interactúan en un proceso industrial en tiempo real.

Los paneles de visualización son equipos muy poderosos creados para ser utilizados por las industrias, para monitorear y supervisar parámetros de variables físicas como temperatura, presión, nivel, caudal, etc. La implementación de un panel operador, ayudará a centralizar el proceso industrial en una sola pantalla, ahorrando espacio y eficiencia en el trabajo.

El sistema de electrobombas existente en la ESPE-L, depende de un software de visualización que no se puede usar de manera sencilla y didáctica, además todos los prototipos que se relacionan requieren un sistema de control lo suficientemente robusto, capaz de que con la ayuda de una PC monitorear y controlar el proceso.

Un sistema de control automático con la implementación de un método de tipo industrial y un panel de supervisión es importante, ya que permitirá visualizar los diferentes elementos controlados, así como también el comportamiento de las variables físicas que maneja cada uno de estos elementos.

1.1.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES FÍSICAS.

El mejoramiento del proceso del Banco de Pruebas de Bombas de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la ESPE, extensión Latacunga, relaciona proyectos anteriores, por tal motivo de la descripción física de cada componente que formó parte de dichos proyectos, en la Figura 1.1, podemos observar la totalidad del proceso existente.

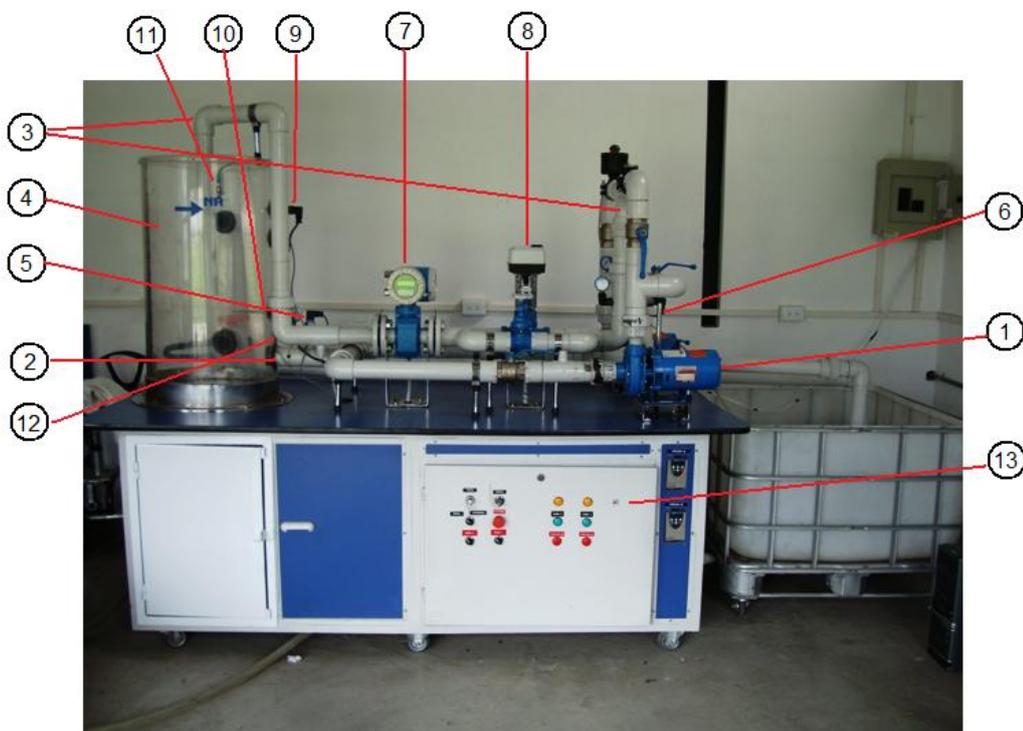


Figura 1.1: Banco de Pruebas de Operación de Bombas Hidráulicas Centrí fugas

Descripción de la Figura 1.1:

1. Bombas centrífugas GOULDS
2. Tubería de succión.
3. Tubería de descarga.
4. Depósito de agua del banco de pruebas.
5. Transductor de presión de descarga Cerabar T PMC 131-A22F1Q4R.

6. Transductor de presión de succión Cerabar T PMC 131-A22F1A3C.
7. Medidor de caudal electromagnético PROMAG.
8. Actuador lineal ML7420A3055, válvula de control V5011R1091 y válvula de compuerta.
9. Detector de nivel Liquiphant T FTL 20-0214.
10. Sensor de temperatura TST 41N – DPDN12BAA0 y el transmisor de temperatura TMT 181 – A31AA.
11. Sensor ultrasónico UB800-18GM40-I-V1.
12. Sensor capacitivo CCN5-F46A-E3.
13. Tablero de control y variadores de velocidad ATV11HU18M2A.

Las bombas (1), son los principales elementos del sistema, con la ayuda de éstas se realizará la circulación del fluido por todas las tuberías del proceso, cada uno de los componentes se encuentran unidos con tubería de 2”, igualmente la tubería de succión (2) y la tubería de descarga (3).

Existe un depósito de agua (4) que es el encargado de suministrar el fluido al sistema, el nivel de este depósito es controlado por un sensor capacitivo (12) para la referencia del nivel mínimo de fluido y un detector de nivel (9) para la referencia del nivel máximo,

En la entrada del depósito se encuentra un medidor de presión de succión (5) que monitorea la presión con la que va a llegar el fluido hacia las bombas, una vez que el fluido tuvo contacto con las bombas, éste va a aumentar su velocidad y su presión por tal motivo existe un medidor de presión de descarga a la salida de las bombas que va a monitorear dicha presión (6).

Cualquier flujo que se realice en este banco de pruebas va a pasar por un medidor de caudal (7) y por una válvula de control (8) las cuales van a servir para determinar la velocidad y para controlar la cantidad del fluido que circula

respectivamente, en esta línea, llamada principal es por donde va a retornar el fluido al depósito para que el circuito se encuentre completo.

Una vez que se ha completado el circuito y con el aumento de velocidad y presión que provoca el sistema, es necesario monitorear la temperatura del depósito (10), ya que ésta va a aumentar, así también el nivel del depósito se monitorea mediante un sensor ultrasónico (11).

Toda la circuitería necesaria para poder controlar el proceso se encuentra en el tablero de control (13), así como también todos los automatismos.

1.1.2.- DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL.

El sistema de monitoreo y control que está esquematizado en la Figura 1.2, se encuentra desarrollado con el software LabView 7 Express, el método utilizado para el control de este proceso está realizado con la ayuda de un FieldPoint que es un sistema muy robusto pero necesita siempre estar conectado a una PC, que es el encargado de comunicar todas las variables a ser utilizadas hacia el computador, así como también se encarga de enviar las señales de mando desde el PC hacia el proceso.

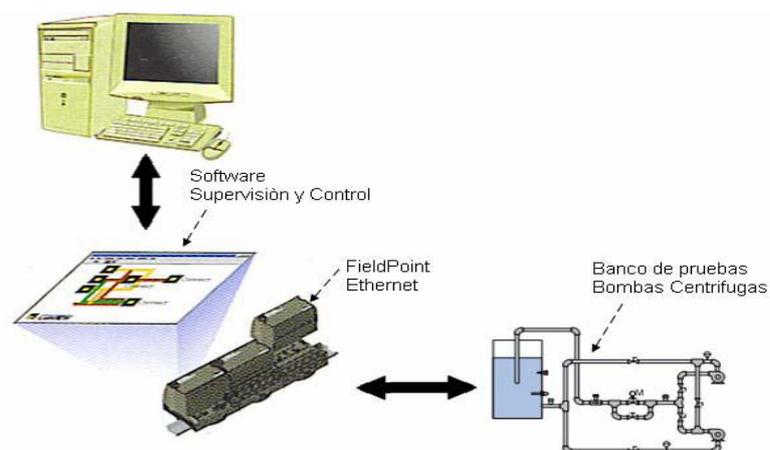


Figura 1.2: Proceso completo del banco de pruebas

La plataforma operativa de monitoreo y control necesariamente requiere de un PC administrador, constantemente activo para realizar sus funciones, por tal motivo se necesita un software mucho más amigable y de fácil manejo del proceso.

1.1.3.- OPERACIÓN DEL PROCESO.

La forma de trabajo de las bombas centrífugas en el sistema hidráulico se seleccionará en forma manual al abrir o cerrar las válvulas de globo instalados en el sistema (Figura 1.3). Es primordial que el usuario identifique las válvulas de globo que se abren y se cierran para realizar cada circuito hidráulico requerido.

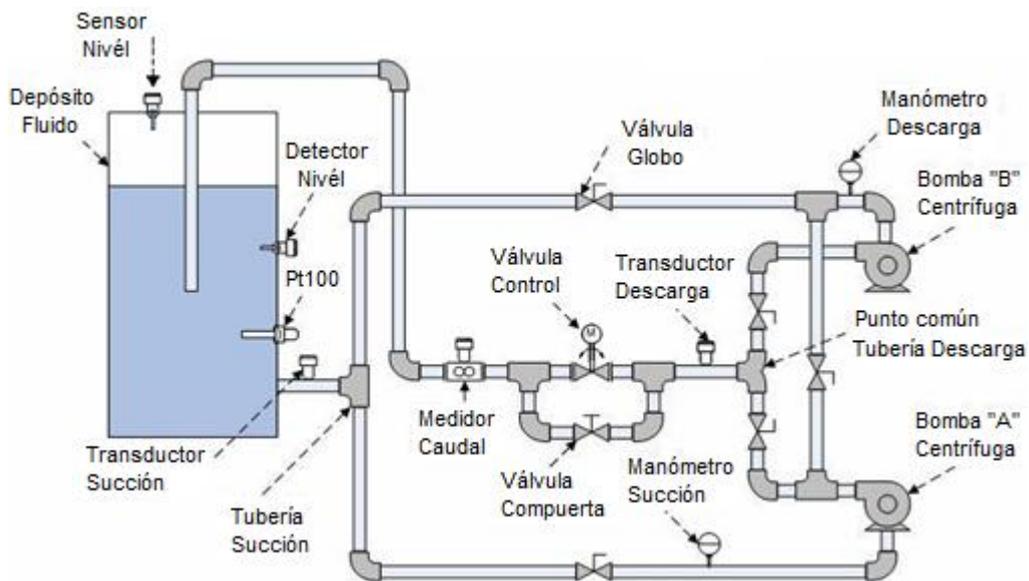


Figura 1.3: Diagrama del circuito hidráulico

En éste sistema hidráulico es preferible que las bombas arranquen sin altura de carga, es decir la válvula de descarga de la bomba cerrada. Con esta acción el motor eléctrico de cualquiera de las bombas arranca en forma nominal y en el sistema hidráulico no se producen sobrepresiones.

Al abrir progresivamente la válvula de control que generan la pérdida de carga o altura en el sistema, desarrollan las bombas centrífugas una altura hidráulica o trabajo, y el consumo de energía en el motor de la bomba se incrementa para

mantener esta altura hidráulica. Los motores eléctricos de las bombas centrífugas permiten un consumo de corriente de hasta 3 amperios en cualquier bomba del proceso, y el usuario debe tenerlo muy en cuenta ya que se visualizará el consumo de corriente cuando trabajen las bombas a través del menú de supervisión de los variadores de velocidad.

1.1.4.- CONTROL LOCAL Y AUTOMÁTICO POR MEDIO DE LABVIEW 7.

El control local del banco de pruebas se lo hace manipulando los selectores de operación manual o automático (Figura 1.4), cambiando parámetros de operación local en los variadores de velocidad y variando las características del sistema con la válvula de compuerta manual. Los indicadores locales del medidor de caudal, manómetros de presión de descarga y la visualización de la frecuencia de trabajo de las bombas en el panel de supervisión del variador de velocidad permiten evaluar y analizar manualmente el trabajo del banco de pruebas.



Figura 1.4: Selector manual / automático.

El control automático del banco de pruebas se lo realiza a través del software de supervisión y control. El desarrollo normal de este software depende de las características o estatus de operación de las variables discretas y análogas ingresadas.

Para la iniciación del proyecto debe tomarse en cuentas los equipos instalados y también el sistema de supervisión realizado para en base a eso generar la instalación del nuevo equipo. En la necesidad de que el equipo trabaje independientemente del método de visualización común que se realiza a través de un PC, y que se adecue a las nuevas tecnologías que se presentan en el medio, un ejemplo claro es la implementación de una pantalla de visualización para un control independiente del proceso. Con el objeto de comprender de mejor manera los componentes del sistema a continuación se exponen los principios, leyes y fundamentos de cada elemento.

1.2.- BOMBAS CENTRÍFUGAS.

Son máquinas capaces de transformar energía mecánica en hidráulica. Un tipo son las denominadas bombas centrífugas que se caracterizan por llevar a cabo dicha transformación de energía por medio de un elemento móvil que se conoce como impulsor, que gira dentro de otro elemento estático denominado carcasa de la bomba. Ambos disponen de un orificio anular para la entrada del líquido. Cuando el impulsor gira, comunica al líquido una velocidad y una presión que se añade a las de inicio.

1.2.1.- PROPIEDADES DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.

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

- Caudal uniforme.
- La presión o altura de elevación disminuye a medida que aumenta el caudal.
- La altura, medida en metros de columna de líquido, a la que eleva una bomba es independiente de la naturaleza del líquido y por tanto, la altura a la que impele una bomba es la misma, prescindiendo de la influencia que ejerce la viscosidad.

- La potencia absorbida por la bomba es proporcional al peso específico del líquido elevado.
- El par requerido para el arranque de una bomba centrífuga es pequeño y la potencia absorbida durante su funcionamiento de régimen es continua y libre de sobrecargas, cuando la altura no varía y no hay perturbaciones ajenas a la bomba en la aspiración.
- La descarga es relativamente constante y libre de pulsaciones de presión.
- El rendimiento de una bomba varía constantemente dependiendo de las condiciones bajo las cuales esté operando.
- La descarga es constante y libre de pulsaciones de presión.

1.2.2.-DEFINICIONES RELACIONADAS A BOMBAS CENTRÍFUGAS¹.

a.- Fluido.

Sustancia o medio continuo que se deforma continuamente en el tiempo ante la aplicación de una sollicitación o tensión tangencial sin importar la magnitud de ésta, además se lo puede considerar a un fluido como cualquier cosa que pueda derramarse si no está en un recipiente, a menos que sea lo suficientemente grande como para mantenerse unido por la gravedad.

b.- Densidad absoluta.

Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente se expresa en g/cm^3 . La densidad es una magnitud intensiva:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Ec. 1.1

¹ MOTT Robert, Mecánica de fluidos. Sexta Edición, Pearson Educación, 2006, Página.-14.

Donde:

ρ = Densidad ($[MT^{-3}]$; kg/m^3).

m = Masa ($[M]$; kg).

V = Volumen del determinado cuerpo ($[L^3]$; m^3).

c.- Densidad relativa.

Relación existente entre la densidad de un fluido y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud a dimensional (sin unidades).

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0} \qquad \text{Ec. 1.2}$$

Donde:

ρ_r = Densidad relativa ($(kg/m^3)/(kg/m^3)$); A dimensional).

ρ = Densidad de la sustancia (kg/m^3).

ρ_0 = Densidad de referencia o absoluta (kg/m^3).

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de $1000 kg/m^3$, es decir, 1 kg/L.

d.- Peso específico.

Cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia. Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo o porción de materia entre el volumen que éste ocupa.

$$\gamma = \frac{w}{V} \qquad \text{Ec. 1.3}$$

Donde:

γ = Peso específico (N/m^3).

w = Peso (N).

V = Volumen (m^3).

Las unidades del peso específico son Newton sobre metro cúbico (N/m^3) en el SI, y libras sobre pie cúbico (lb/pe^3) en el sistema tradicional de Estados Unidos.

e.- Flujo laminar.

Conocido también como corriente laminar, es aquel tipo de movimiento de fluido perfectamente ordenado, estratificado, suave, de manera que se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse si la corriente tiene lugar entre dos planos paralelos, o en capas cilíndricas coaxiales como, ejemplo la glicerina en un tubo de sección circular, tal como se muestra en la Figura 1.5. Las capas no se mezclan entre sí. El mecanismo de transporte es exclusivamente molecular. Se dice que este flujo es aerodinámico. En el flujo aerodinámico, cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente.

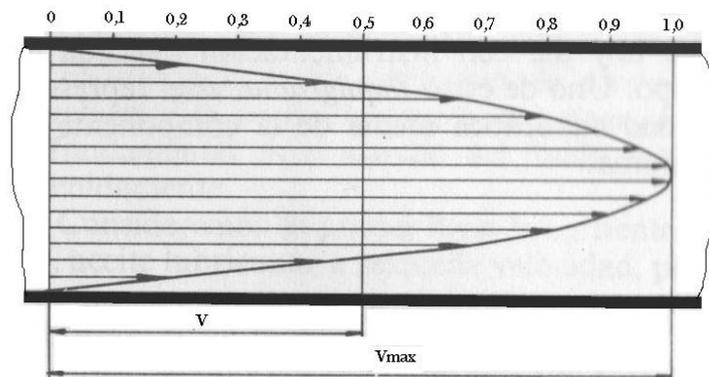


Figura 1.5: Distribución de velocidades en un tubo con flujo laminar

f.- Flujo turbulento.

Conocido también como corriente turbulenta, es aquel movimiento de un fluido que se da en forma caótica, tal como se muestra en la Figura 1.6, consiste en que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando pequeños remolinos aperiódicos. Debido a esto, la trayectoria de una partícula se puede predecir hasta una cierta escala, a partir de la cual la trayectoria de la misma es impredecible, más precisamente caótica.

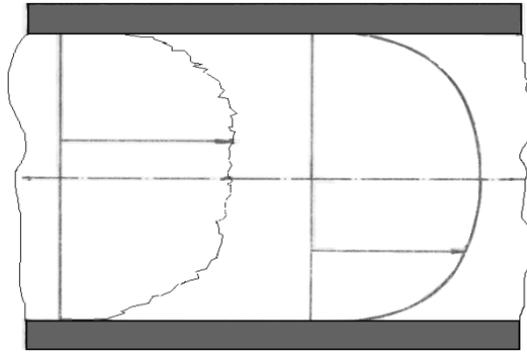


Figura 1.6: Distribución de velocidades al interior de un tubo con flujo turbulento

g.- Caudal.

Cantidad de fluido que circula en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

$$Q = v * A$$

Ec. 1.4

Donde

Q = Caudal (m³/s)

A = Es el área (m²)

v = Es la velocidad lineal promedio. (m/s)

h.- Conservación de la energía.²

Físicamente la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma en otra. Para el estudio de mecánica de fluidos y en especial para el movimiento de líquidos en tuberías se debe tomar en cuenta, que existe tres formas de energía que se toman siempre en consideración cuando se analiza un problema de flujo en tuberías.

²MOTT Robert, Mecánica de fluidos. Sexta Edición, Pearson Educación, 2006, Página.-165.

El elemento de la Figura 1.7, posee las siguientes formas de energía

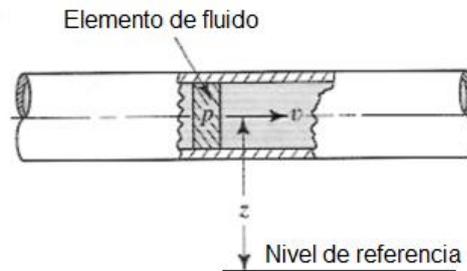


Figura 1.7: Elemento de fluido en una tubería

Considérese un elemento de fluido como él se ilustra en la Figura 1.19, dentro de una tubería en un sistema de flujo. Se localiza a cierta elevación (z), tiene velocidad (v) y presión (p). El elemento de fluido posee las formas de energía siguientes:

Energía potencial.- Debido a su elevación, la energía potencial del elemento en relación con algún nivel de referencia es:

$$EP = w * z \quad \text{Ec. 1.5}$$

Donde:

w = Peso(N)

z = Nivel de referencia (m)

Energía cinética.- Debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es:

$$EC = \frac{wv^2}{2g} \quad \text{Ec. 1.6}$$

Donde:

v = Velocidad (m/s)

g = Gravedad (m/s^2)

Energía de flujo.- A veces llamada energía de presión o trabajo de flujo, y representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la presión (p). La energía de flujo se abrevia EF y se calcula por medio de:

$$EF = \frac{wp}{\gamma} \text{ (Kg)} \quad \text{Ec. 1.7}$$

La ecuación anterior se obtiene como sigue: La Figura 1.6, muestra al elemento de fluido en la tubería mientras se mueve a través de una sección. La fuerza sobre el elemento es pA , donde p es la presión en la sección y A es el área de ésta. Al mover el elemento a través de la sección, la fuerza recorre una distancia L igual a la longitud del elemento. Por tanto, el trabajo que se realiza es:

$$\text{Trabajo} = pAL = pV \text{ (Pa}\cdot\text{m}^3) \quad \text{Ec. 1.8}$$

Donde V es el Volumen del elemento.

El peso del elemento w es:

$$w = \gamma V \text{ (N)} \quad \text{Ec. 1.9}$$

Donde γ es el Peso específico del fluido.

Entonces, el Volumen del elemento es:

$$V = \frac{w}{\gamma} \text{ (m}^3) \quad \text{Ec. 1.10}$$

Y se obtiene:

$$\text{Trabajo} = pV = \frac{pw}{\gamma} \text{ (Joules)} \quad \text{Ec. 1.11}$$

Denominada energía de flujo, y se representa con la Ecuación 1.8.

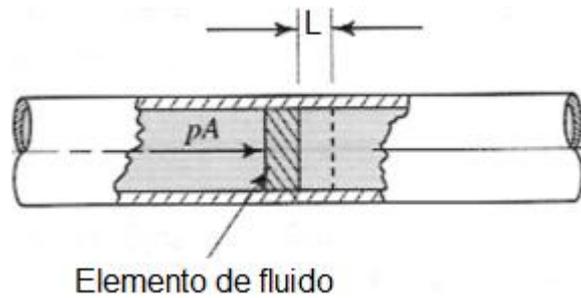


Figura 1.8: Energía de flujo

1.2.3.- PARTES CONSTITUTIVAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS³.

Las bombas centrífugas en su mayoría constan de las siguientes partes básicas, como se muestra en la Figura 1.9 y se describe a continuación:

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

Impulsores.- Parte de la bomba centrífuga que constituye el elemento vital de la bomba en sí misma. Su función es la de recoger el líquido por la boca de la bomba y lanzarlo con fuerza hacia la salida de la bomba. Para hacer esto el impulsor dispone de una serie de pequeñas partes llamada álabes. Con la ayuda de los mismos el impulsor es capaz de darle velocidad de salida al líquido.

Carcasa.- Parte de la bomba que cubre las partes internas de la misma, sirve de contenedor del líquido que se impulsa, y su función es la de convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor en energía de presión. Además permite a la bomba formar el vacío necesario para poder impulsar el líquido, gracias a las partes giratorias.

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

³Internet: <http://bombascentrifugas.info-tecnica.org/introduccion-a-las-partes-de-una-bomba-centrifuga/>

que se encarga de soportar el peso (carga radial y/o axial) de las partes rotatorias de la bomba.

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

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

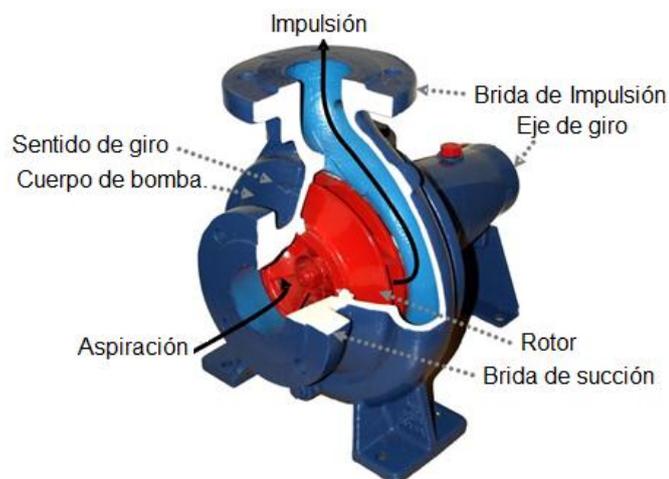


Figura 1.9: Partes básicas de una bomba centrífuga

1.2.4.- FACTORES HIDRÁULICOS⁴.

La acción de bombeo hidráulico es la acción de adición de energías cinética y potencial a un fluido con el fin de moverlo de un punto a otro. Esta energía hará que el fluido efectúe trabajo, tal como circular por una tubería o subir a una altura mayor.

⁴ MCNAUGHTON Kenneth, Bombas Selección, uso y mantenimiento.1998, MacGraw-Hill, Página.- 79.

Para entregar un volumen dado de fluido a un sistema de bombeo, se debe aplicar al fluido una energía denominada como carga del sistema y está formada por los siguientes componentes.

- *Carga estática y diferencia de presiones en las superficies de los líquidos.* Determinada como la diferencia de elevación entre los niveles del líquido en los puntos de descarga y de succión de la bomba.
- *Carga de fricción,* necesaria para contrarrestar las pérdidas por fricción ocasionadas por el flujo de fluido por la tubería, válvulas, accesorios y otros componentes.
- Pérdidas en la succión y en la descarga. Si la toma de la bomba está en un depósito, tanque o cámara de entrada, las pérdidas ocurren en el punto de conexión de la tubería de sección, asimismo en el lado de la descarga. La magnitud de estas pérdidas depende del diseño del sistema.

a.- Cabeza neta positiva de succión (NPSH).

Es la presión por encima de la ejercida por el vapor de líquido medida en el punto de succión. Para que una bomba centrífuga opere satisfactoriamente, es necesario que el líquido no vaporice dentro de la bomba o en la línea de succión ya que provocaría un desgaste prematuro, ruido excesivo y vibración. A este fenómeno se lo conoce como cavitación.

De manera práctica existen dos NPSH, la requerida y la disponible. El NPSH requerido es una característica de la bomba y es proporcionado por el proveedor. El NPSH disponible es una característica del sistema, esto se demuestra en la Figura 1.10. Al momento de seleccionar una bomba debe asegurarse que se cumpla que:

$$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requerido}$$

Ec. 1.12

El valor del NPSH disponible depende de la naturaleza del fluido que se está bombeando, la tubería de succión, la ubicación del depósito del fluido y la presión aplicada al fluido en el depósito.

Para el correcto funcionamiento de una bomba centrífuga, la alimentación del líquido a ser bombeado debe ser de manera natural; para que ello ocurra, la bomba se sitúa debajo del nivel del líquido a ser aspirado; sin embargo, si es el caso que la bomba se encuentre por encima del nivel del líquido a ser bombeado, primeramente se deberá colocar una válvula anti retorno en la tubería de aspiración y llenar el líquido a través de ella; a esto se lo conoce como cebado de una bomba.

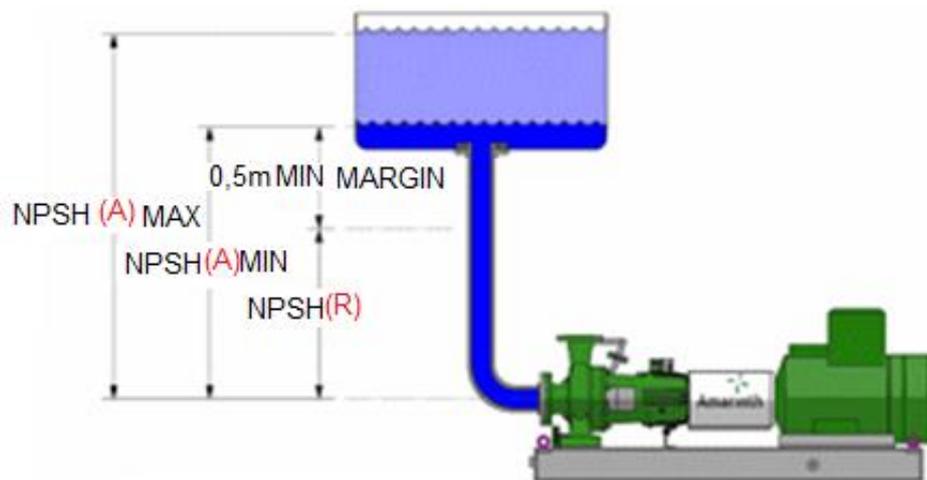


Figura1.10: Energía aplicada a un fluido en un sistema de bombeo

La "Altura Neta Positiva de Aspiración requerida" (NSPHr) por la bomba representa la energía mínima, en la brida de succión de la bomba, por sobre la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo y referido al eje de la bomba:

$$\text{NSPHr} = H_b + h_{sc} - h_v$$

Ec. 1.13

Donde:

H_b = Altura de presión barométrica (Pa).

h_{sc} = Altura mínima necesaria en la entrada de la bomba referida al eje y en valores relativos (Pa).

h_v = Altura de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo (Pa).

La NSPHr es una “*característica particular de cada bomba*” y que contempla una serie de variables características como son la forma, el número de paletas, y el ángulo de ataque del impulsor, las dimensiones de la zona de succión, etc., que configuran en forma general, una pérdida de carga. Generalmente se representa el NSPHr en función del caudal determinando una curva como se indica en la Figura 1.11.

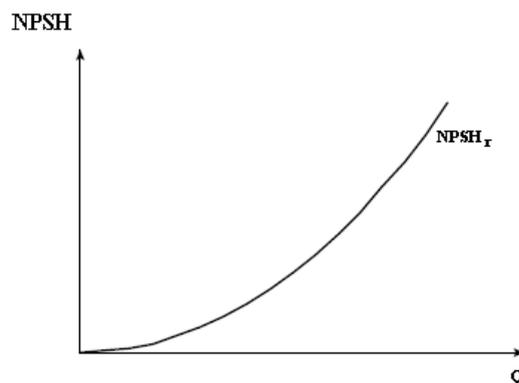


Figura 1.11: NSPH vs Caudal (Q)

La Figura 1.11, junto con los datos de la instalación, permite calcular la altura máxima de succión de la bomba en cuestión, para cada valor de caudal.

El NSPHr contempla una serie de variables características como son la forma, el número de paletas y el ángulo de ataque del impulsor, además las dimensiones de la zona de succión, de modo de mantener la presión en la entrada del rodete de la bomba por encima de la presión de vapor del líquido.

b.- Altura.

La altura (h) desarrollada por una bomba se determina midiendo la presión en la aspiración y en la salida de la bomba, calculando las velocidades mediante la división del caudal de salida entre las respectivas áreas de las secciones transversales y teniendo en cuenta la diferencia de altura entre la aspiración y la descarga. La altura neta h suministrada por la bomba al fluido es:

$$h = H_d - H_{as} = \left(\frac{P_d}{\gamma} + \frac{V_d^2}{2g} + z_d \right) - \left(\frac{P_{as}}{\gamma} + \frac{V_{as}^2}{2g} + z_{as} \right) \quad \text{Ec. 1.14}$$

Donde:

H= Altura (m)

P=Presión (Pa)

γ = Peso Específico (N/m³)

Z=Nivel de referencia (m)

g =Gravedad (m/s²)

Donde los subíndices *d* y *as* se refieren a la descarga y aspiración de la bomba. Si las tuberías de descarga y aspiración son del mismo tamaño, las componentes de la altura correspondiente a la velocidad se cancelan, sin embargo en general la tubería de entrada es mayor que la de salida.

La normativa de ensayo indica que la altura desarrollada por una bomba es la diferencia entre la carga en la entrada y en la salida.

c.- Potencia hidráulica.

La potencia se define como la rapidez a que se realiza un trabajo. En la mecánica de fluidos se modifica dicho enunciado y se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía. La unidad de la potencia en el SI es el watt (W), que es equivalente a (1 Nm/s) o (1 joule (J)/s).

Se relaciona con la siguiente expresión:

$$P_A = h_A W = h_A \gamma Q \quad \text{Ec. 1.15}$$

Donde:

P_A = Potencia que se agrega al fluido (watt).

Q = Flujo volumétrico o caudal del fluido (m^3/s).

γ = Peso específico del fluido (kg/m^3).

d.- Rendimiento o eficiencia.

En las bombas centrífugas el impulsor genera toda la carga. Las demás partes no ayudan a aumentarla, sino que producen pérdidas inevitables, tanto hidráulicas como mecánicas.

Todas las pérdidas que se originan entre los puntos donde se mide la presión de succión y descarga, constituyen las pérdidas hidráulicas.

Estas incluyen pérdidas por fricción a lo largo de la trayectoria del líquido desde la brida de succión hasta la de descarga; pérdidas debidas a cambio brusco, tanto en área como en dirección de flujo; y todas las pérdidas debidas a remolinos, cualquiera que sea su causa.

El rendimiento hidráulico se define como la razón de la altura dinámica total disponible a la altura de entrada, es decir la razón entre la altura neta y la altura útil.

Cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje del impulsor es transferida al fluido. No todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido. Esta pérdida tiene varias componentes, incluyendo las pérdidas por choque a la entrada del impulsor, la fricción por el paso del fluido a través del espacio existente entre las palas o

álabes y las pérdidas de alturas al salir el fluido del impulsor. El rendimiento de una bomba es bastante sensible a las condiciones bajo las cuales esté operando. El rendimiento η de una bomba viene dado por:

$$\eta = \frac{\text{potencia suministrada al fluido}}{\text{potencia en el eje (al freno)}} = \frac{\gamma Qh}{T\omega} \quad \text{Ec. 1.16}$$

Donde:

γ , Q y h se definen de forma habitual.

T = Par ejercido por el motor sobre el eje de la bomba (N).

ω = Régimen de giro del eje en radianes por segundos.

e.- Leyes de afinidad⁵.

La mayoría de las bombas centrífugas se operan a velocidades distintas para obtener capacidades variables. Es importante entender la manera en que varían la capacidad, la carga y la potencia, cuando se modifica la velocidad o el diámetro del impulsor. A continuación se presenta una lista de estas relaciones, denominadas leyes de afinidad. El símbolo N se refiere a la velocidad de rotación del impulsor por lo general en revoluciones por minuto (r/min o rpm).

Cuando la velocidad varía:

- La capacidad varía en forma directa con la velocidad:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{Ec. 1.17}$$

- La capacidad de carga total varía con el cuadrado de la velocidad:

$$\frac{h_{a1}}{h_{a2}} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \text{Ec. 1.18}$$

⁵ MOTT Robert, Mecánica de fluidos. Sexta Edición, Pearson Educación, 2006, Página.-400.

- La potencia que requiere la bomba varía con el cubo de la velocidad:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3 \quad \text{Ec. 1.19}$$

Cuando el diámetro del impulsor varía:

- La capacidad varía en forma directa con el diámetro del impulsor:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad \text{Ec. 1.20}$$

- La carga total varía con el cuadrado del diámetro del impulsor:

$$\frac{h_{a1}}{h_{a2}} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad \text{Ec. 1.21}$$

- La potencia que requiere la bomba varía con el cubo del diámetro del impulsor:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^3 \quad \text{Ec. 1.22}$$

La eficiencia permanece casi constante para cambios en la velocidad.

f.- Cavitación en las bombas.

Cuando la presión de succión en la entrada de la bomba es demasiado baja, se forman burbujas en el fluido, como si hirviera.

El fluido entra a la bomba por el puerto de succión en el ojo central del impulsor. La rotación de éste acelera el líquido hacia fuera, a lo largo de las aspas en dirección de la carcasa, lo que se llama una voluta. La presión del fluido continúa su elevación a través de este proceso. Si se hubieran formado burbujas de vapor en el puerto de succión debido a una presión baja en exceso, colapsarían cuando lleguen a las zonas de presión más alta. El colapso de las burbujas liberaría

cantidades grandes de energía, lo que afectaría las aspas del impulsor y ocasionaría la erosión rápida de su superficie.

Cuando hay cavitación, el rendimiento de la bomba se degrada con severidad conforme el flujo volumétrico desciende. La bomba se hace ruidosa y genera un sonido fuerte e intermitente, como si hubiera grava en el fluido. Si se permitiera que esto continúe, la bomba se destruiría en poco tiempo. Debe apagarse rápido e identificar la causa de la cavitación para corregirla antes de reiniciar la operación.

1.2.5.- OPERACIÓN EN SERIE.

En el caso de una estación de bombeo con dos bombas en serie, es importante conocer el comportamiento del conjunto que se dará sumando el salto de ambas bombas para un caudal constante, en la Figura 1.12., se muestra cómo están conectadas dos bombas en serie. El caudal de cada bomba será el mismo y corresponderá al caudal de funcionamiento.

La Figura 1.13, ilustra el rendimiento de dos bombas en serie. Es obvio que cada bomba conduce el mismo flujo volumétrico Q_{total} . La bomba 1 lleva el fluido desde la fuente, incrementa en algo la presión y entrega el fluido con esta presión a la bomba 2.

La bomba 1 opera contra la carga H_1 que producen las pérdidas en la línea de succión y el incremento inicial de la presión. Después, la bomba 2 toma la salida de la bomba 1, incrementa aún más la presión y envía el fluido a su destino final. La carga de la bomba 2, H_2 , es la diferencia entre la carga dinámica total TDH en el punto de operación para las bombas combinadas y H_1 .

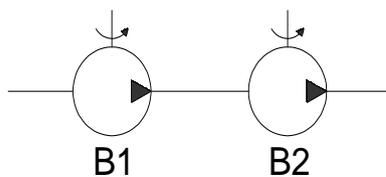


Figura 1.12: Operación de bombas en serie

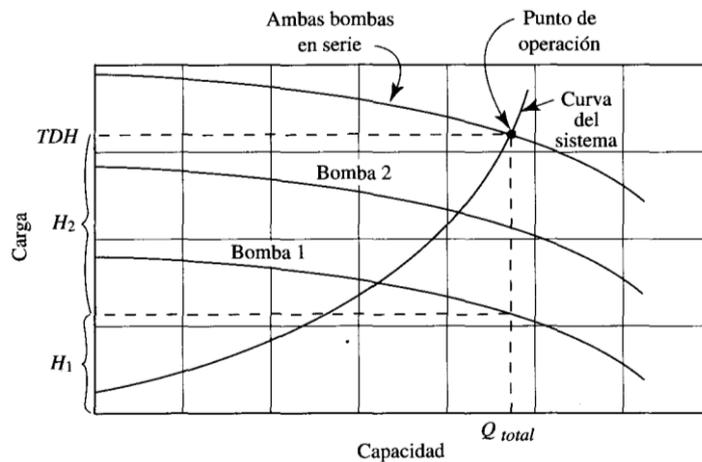


Figura 1.13: Rendimiento de dos bombas que operan en serie

Al igual que en las bombas en paralelo, al colocar bombas en serie debe conocerse perfectamente las características de cada bomba, ya que puede suceder que una de las bombas solamente agregue pérdidas de carga al sistema, además de consumir más energía.

1.2.6.- OPERACIÓN EN PARALELO.

En el caso de una estación de bombeo con dos bombas instaladas en paralelo y para una sola tubería, tal que se muestra en la Figura 1.14, es importante conocer el comportamiento del conjunto, que se dará sumando los caudales de cada bomba manteniendo el salto. El caudal de cada bomba será el que corresponde a cada una, con el salto de funcionamiento.

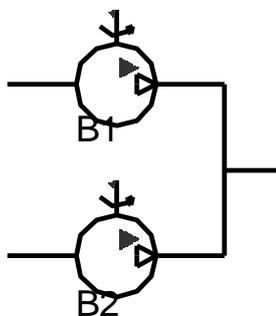


Figura 1.14: Operación de bombas en paralelo

La Figura 1.15 ilustra este concepto. Se observa que la bomba 1 opera sobre la curva de rendimiento más baja y que a una carga H_1 distribuye un flujo volumétrico Q_1 , lo que está cerca de su capacidad máxima práctica en el punto 1 de operación. Si se necesitara un flujo mayor, se activaría una segunda bomba, idéntica a la otra, y el flujo aumentaría. Pero también crecerían las pérdidas de energía debido a la fricción y a las pérdidas menores, como lo indica la curva del sistema, que eventualmente alcanzaría el punto 2 de operación y se entregaría el flujo total Q_2 contra la carga H_2 . Sin embargo, la bomba 1 experimenta la carga más alta y su entrega cae de nuevo a Q'_1 . Una vez que se alcanza la condición de equilibrio nueva, las bombas 1 y 2 distribuyen flujos iguales, cada uno de los cuales es la mitad del flujo total. Debe seleccionarse las bombas de modo que tengan una eficiencia razonable en todas las capacidades y cargas esperadas.

Se aplica análisis similares a sistemas con tres o más bombas, pero es necesario estudiar con cuidado la operación de cada bomba con todas las combinaciones posibles de carga y flujo.

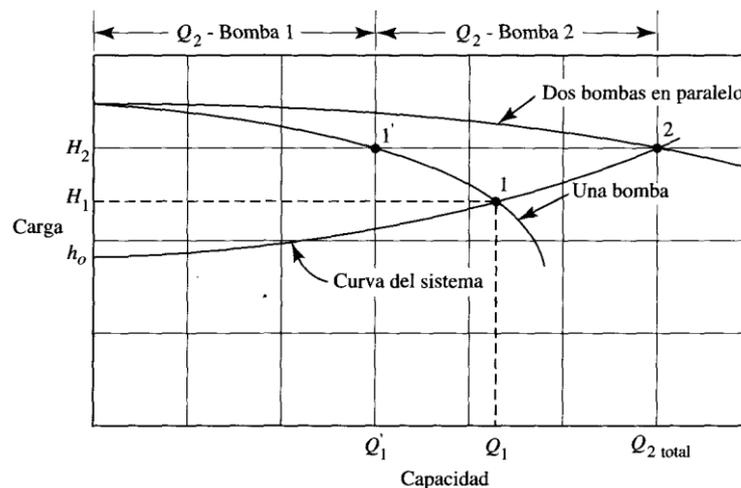


Figura 1.15: Rendimiento de dos bombas que operan en paralelo

Se debe tener cuidado en la instalación de bombas en paralelo respecto a las características de cada bomba, ya que puede suceder que una de las bombas no trabaje correctamente.

1.3.-PANELES DE VISUALIZACIÓN⁶.

En el mundo de la industria actual, es necesario disponer de interfaces de comunicación entre el hombre y la máquina, siendo además imprescindible, que estos aparatos estén a pie de máquina para así, permitir al operario controlar en todo momento el estado actual de la máquina y además, poder emitir órdenes a la misma en función de las necesidades de cada momento. Dado que normalmente tienen que trabajar en ambientes hostiles, están dotados del más alto grado de protección.

Los elementos utilizados para esta comunicación son los llamados paneles de operador o pantallas de visualización de procesos, los cuales, según sus prestaciones se puede dividir en varios grupos, desde los simple visualizadores de mensajes provistos de un número mínimo de pulsadores y una pequeña pantalla mostrado en la Figura 1.16, pasando por los provistos de visualizador gráfico (a color o B/N) con pulsadores, hasta los paneles programables táctiles de última generación dotados de memoria suficiente para almacenar programas de grandes dimensiones.



Figura 1.16: Pequeño visualizador

Normalmente, el panel estará conectado al PLC, pero en la actualidad, también disponen de salidas de todo tipo como: conexión de impresoras, conexión de varios paneles en red, salidas serie y paralelo, conexión a bus de datos, Ethernet,

⁶ Internet: www.etitudela.com/celula/downloads/panelesdeoperador.pdf

memorias flash, etc. Incluso los visualizadores que en el mismo panel incorporan un PLC con entradas y salidas.

Las pantallas de visualización van desde display alfanuméricos hasta pantallas TFT táctiles como se muestra en la Figura 1.17, con alta resolución en color, que permiten la visualización de todo tipo de imágenes, consiguiendo presentaciones en pantalla prácticamente iguales a las obtenidas en el monitor del PC utilizando SCADA.



Figura 1.17: Panel táctil a color con pantalla TFT

Para la programación se utilizan software específicos de cada fabricante que por lo general suelen servir para la mayoría de sus paneles fabricados. Al estar basados en Windows, suelen ser muy intuitivos y fáciles de programar, aunque cuando se trata de trabajar con los paneles más completos, las grandes posibilidades de trabajo de éstos, convierte la programación en algo más complicado al tener que manejar todo tipo de parámetros, con distintos formatos y opciones..

El software utilizado para la programación y configuración de los paneles de operador, debe de reunir las siguientes características:

- Entorno gráfico basado en Windows para facilidad de manejo de forma intuitiva.

- Completas barras de herramientas
- Amplia biblioteca de objetos parametrizados.
- Elementos pre configurados para avisos, alarmas, recetas, etc.
- Vectores gráficos.
- Simulación de funcionamiento en el propio PC.
- Utilización del mismo software para todos los modelos de paneles (del mismo fabricante).
- Fácil conversión de un proyecto realizado en un modelo a otro modelo (distinto tamaño de pantalla).

1.4.-CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE⁷.

1.4.1.- DEFINICIÓN DE PLC.

Dispositivo electrónico operado digitalmente que utiliza la memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones a fin de implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuenciales, tiempo, conteo y aritméticas; y así controlar varios tipos de máquinas o procesos a través de módulos de entrada / salida analógicos o digitales.

1.4.2.- APLICACIONES.

El campo de aplicación del PLC es bastante amplio, pero se utiliza principalmente para las siguientes funciones:

a.- Control de procesos.

En esta función, el PLC se encarga de que cada fase de proceso sea efectuado en el orden cronológico correcto y sincronizado, por ejemplo en un sistema transportador en una cadena de producción automatizada en donde el PLC se

⁷ Internet: www.cetis143.edu.mx/revista/expressa12/plc.pdf

ocupa de controlar todos los electromotores y todos los elementos hidráulicos o neumáticos de la instalación.

b.- Visualización de instalaciones.

El PLC verifica automáticamente ciertas condiciones de la instalación como temperaturas, presiones, niveles y al detectar un exceso en los coeficientes máximos o mínimos de los parámetros, actúa de dos formas; adopta las medidas necesarias para evitar desperfectos, o bien emite señales de aviso para el personal.

1.4.3.- CONFIGURACIÓN DE UN PLC.

De acuerdo al problema técnico que se tenga que resolver con un PLC, su configuración puede ser más o menos compleja. Independientemente del grado de complejidad de la aplicación, el equipo consta siempre de los siguientes componentes esenciales.

a.- Hardware.

Por hardware se entienden los grupos electrónicos. Éstos se encargan de activar o desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada. La parte esencial del hardware PLC es la unidad central de proceso (CPU), por su construcción la CPU es casi idéntica a un ordenador, su actividad interna es idéntica a la de un procesador; los datos que procesa y memoriza la CPU son señales binarias.

Éstas se componen respectivamente casi siempre de un bit de estado cero (inactivo) o estado 1 (activo).

b.- Software.

Programas que determinan los enlaces lógicos, es decir, el mando de los grupos controlables en la instalación o maquinaria. Los programas PLC son elaborados

partiendo de programas o códigos fuente, que el operario programador puede confeccionar de tres formas distintas:

- En forma de programa listado de instrucciones.
- En forma de diagrama de contactos.
- En forma de diagrama de funciones.

c.- Señales Analógicas y digitales.

Las *señales digitales o discretas* como los interruptores, son simplemente una señal de On/Off (1 ó 0, Verdadero o Falso, respectivamente). Los botones e interruptores son ejemplos de dispositivos que proporcionan una señal discreta. Las señales discretas son enviadas usando la tensión o la intensidad, donde un rango específico corresponderá al On y otro rango al Off. Un PLC puede utilizar 24V de voltaje continuo, donde valores superiores a 22V representan un On, y valores inferiores a 2V representan Off. Inicialmente los PLC solo tenían entradas y salidas discretas.

Las *señales analógicas* son como controles de volúmenes, con un rango de valores entre 0 y el tope de escala. Esto es normalmente interpretado con valores enteros por el PLC, con varios rangos de precisión dependiendo del dispositivo o del número de bits disponibles para almacenar los datos. Presión, temperatura, flujo, y peso son normalmente representados por señales analógicas. Las señales analógicas pueden usar tensión o intensidad con una magnitud proporcional al valor de la señal que se procesa. Por ejemplo, una entrada de 4-20 mA o 0-10 V será convertida en enteros comprendidos entre 0-32767.

Las entradas de intensidad son menos sensibles al ruido eléctrico (como por ejemplo el arranque de un motor eléctrico) que las entradas de tensión.

1.5.- INTERFACE DE COMUNICACIÓN⁸.

1.5.1.- COMUNICACIÓN SERIAL.

Es un protocolo muy común para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales. Este tipo de comunicación es también un protocolo común utilizado por varios dispositivos para instrumentación. Además, puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

La comunicación serial consiste en la transmisión y recepción de pulsos digitales, a una misma velocidad entre un DTE (Equipo Terminal de Datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de Datos). Acorde a la comunicación los caracteres pueden enviarse a intervalos variables o de forma continua, con la única condición de que el transmisor y el receptor emitan a la misma velocidad.

Cada pin tiene asignado una función tal y como se muestra en la Figura 1.18. Los nombres de las líneas se determinan desde el punto de vista del DTE. Así, por ejemplo el pin 2 es la línea TxD (transmisión de datos) pero obviamente eso no es cierto en todos los equipos, por el contrario en otro equipo, es la línea por la que recibe los datos del DTE.



Figura 1.18: Puerto serial DB-9 macho

⁸Internet: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>

La longitud máxima del cable entre DTE y DCE depende de la calidad de éste y de la velocidad de transmisión utilizada. En principio se recomienda que no sea superior a 15 metros para una velocidad de 20Kbits/seg.

1.5.2.- CONECTORES.

Los conectores se utilizan para la terminación del cable (montaje del conector en el cabo del cable). Existen diferentes tipos de conectores: en los sistemas de telefonía, de transmisión de datos y de redes informáticas los conectores que más se utilizan son los de tipo RJ-11 (telefónico), RJ-12 (telefónico) y RJ-45 (informático). La designación "RJ" se refiere a las configuraciones denominadas generalmente USOC (Universal Service Ordering Codes); "Códigos Universales de órdenes de Servicio" y significa "conector registrado" (Registered Jack).

Los conectores de la serie RJ están compuestos por la caja, fabricada en plástico transparente y cuchillas de contacto, de distintas configuraciones como se muestra en la Figura 1.19. Las cuchillas de contacto están recubiertas con un revestimiento dorado para conseguir las mejores características físicas de conectorizado. La categoría del conector se determina según la cantidad de oro del revestimiento.

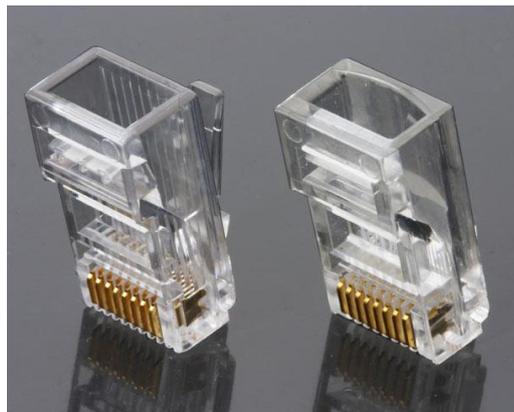


Figura 1.19: Conectores de la serie RJ

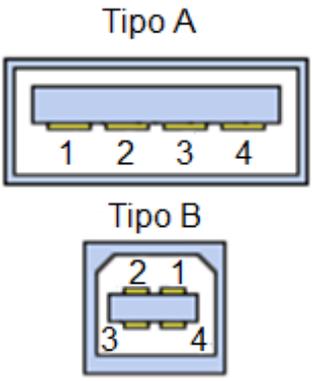
1.5.3.- INTRODUCCIÓN AL USB.

El USB (*Bus de serie universal*), como su nombre lo sugiere, se basa en una arquitectura de tipo serial. Sin embargo, es una interfaz de entrada/salida mucho más rápida que los puertos seriales estándar. La arquitectura serial se utilizó para este tipo de puerto por dos razones principales:

- La arquitectura serial le brinda al usuario una velocidad de reloj mucho más alta que la interfaz paralela debido a que este tipo de interfaz no admite frecuencias demasiado altas (en la arquitectura de alta velocidad, los bits que circulan por cada hilo llegan con retraso y esto produce errores);
- Los cables seriales resultan mucho más económicos que los cables paralelos.

Los pines del conector se identifican a continuación en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Esquema de pines para un conector USB

CONECTOR	PIN	COLOR	SEÑAL
 <p>Tipo A</p> <p>Tipo B</p>	1	Rojo	+5V
	2	Blanco	Datos -
	3	Verde	Datos +
	4	Negro	GND

Los puertos USB admiten dispositivos Plug and play de conexión en caliente. Por lo tanto, los dispositivos pueden conectarse sin apagar el equipo (conexión en caliente). Cuando un dispositivo está conectado al host, detecta cuando se está agregando un nuevo elemento gracias a un cambio de tensión entre los hilos D+ y

D-. En ese momento, el equipo envía una señal de inicialización al dispositivo durante 10 ms para después suministrarle la corriente eléctrica mediante los hilos *GND* y *VBUS* (hasta 100 mA). A continuación, se le suministra corriente eléctrica al dispositivo y temporalmente se apodera de la dirección predeterminada (dirección 0). La siguiente etapa consiste en brindarle la dirección definitiva (éste es el procedimiento de *lista*). Para hacerlo, el equipo interroga a los dispositivos ya conectados para poder conocer sus direcciones y asigna una nueva, que lo identifica por retorno. Una vez que cuenta con todos los requisitos necesarios, el host puede cargar el driver adecuado.

1.6.-COMPONENTES DE MONITOREO Y CONTROL⁹.

1.6.1.- SENSORES.

Son dispositivos capaces de medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc., estos tipos de sensores se los puede apreciar en la Figura 1.20.

⁹ Internet: www.cetis143.edu.mx/revista/expressa12/plc.pdf



Figura 1.20: Diferentes tipos de sensores

1.6.2.- ACTUADORES.

Son los elementos ejecutivos; éstos toman las señales binarias de los módulos de salidas y las amplifican para señales de conmutación o las convierten en señales para otras formas de energía.

Se distinguen actuadores eléctricos, electrónicos, electrohidráulicos y electro neumáticos, los elementos actuadores pueden ser por ejemplo, zumbadores o electroválvulas, tales como se muestra en la Figura 1.21.



Figura 1.21: Diferentes tipos de actuadores

1.6.3.- TRANSDUCTORES.

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente a la salida. El nombre del transductor indica cual es la transformación que realiza (por ejemplo; electromecánica, transforma una señal eléctrica en mecánica o viceversa), aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía, por lo que la señal medida resulta debilitada, estos tipos de transductores se muestran en la Figura 1.22.

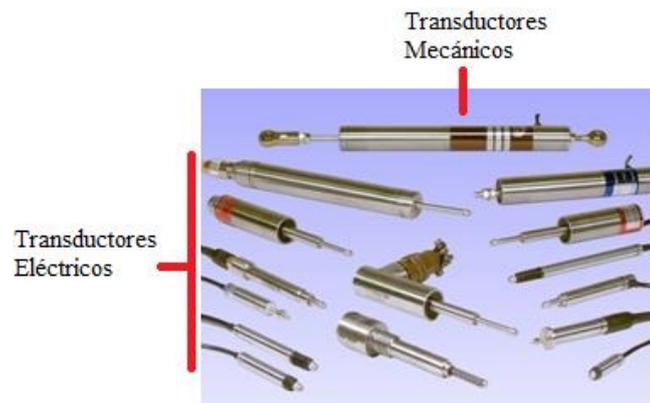


Figura 1.22: Diferentes tipos de transductores

1.6.4.- CONTROL INDUSTRIAL.

El control industrial ha experimentado profundos cambios, entre los que destaca la aparición de la electrónica, que en la actualidad favorece la fabricación de automatismos complejos y que ha permitido a las empresas mejorar sus funciones técnicas.

Las principales funciones de los automatismos son el control de potencia, tratamiento y adquisición de datos, diálogo hombre-máquina y su contenido

abarca desde los variadores de frecuencia, motores eléctricos, autómatas programables, detectores, disyuntores, contadores, interruptores de posición y pulsadores.

El control de potencia es una de las funciones que se conforman en la estructura de un automatismo. Su función básica consiste en establecer o interrumpir la alimentación de los receptores siguiendo las órdenes de la unidad de proceso de datos. Dichas ordenes se elaboran a partir de la información procedente de los captadores (función de adquisición de datos) y de los órganos de mando (función de diálogo hombre-máquina).

El comando y protección electrónica de motores eléctricos provee un desempeño mayor que las soluciones tradicionales electromecánicas. Cuando la necesidad sea arrancar un motor, la opción será elegir entre los métodos tradicionales electromecánicos de arranque (directo o también reducida como estrella triángulo o autotransformador para motores jaula, o con resistencias retóricas para motores de rotor bobinado, entre otros), y en tableros tradicionales que servirán para obtener el propósito deseado, un ejemplo claro de esto se muestra en la Figura 1.23.

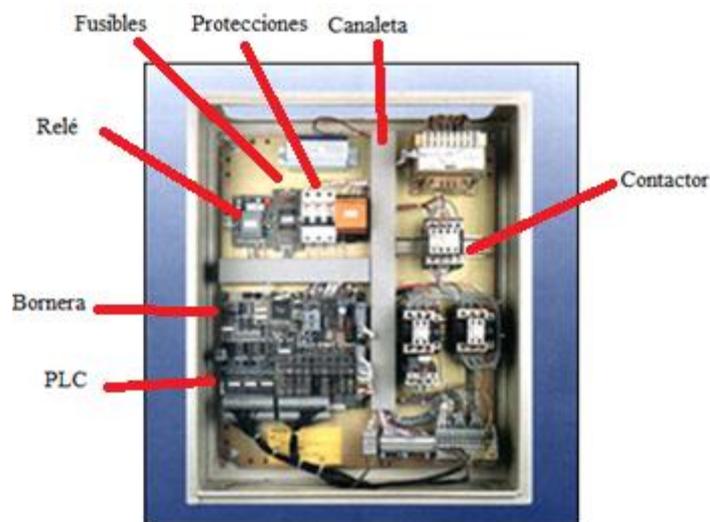


Figura 1.23: Tablero de control industrial

Si las necesidades de la aplicación son de variar velocidad y controlar el par, las opciones son utilizar algunas soluciones mecánicas, un motor especial (de corriente continua, servo, etc.), o un motor asincrónico jaula de ardilla con variador de frecuencia.

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos eliminan estos inconvenientes, adecuados para motores de corriente tanto alterna como continua, garantizan la aceleración y desaceleración progresiva y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa.

1.7.- INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA¹⁰.

1.7.1.- DEFINICIÓN DE HMI.

La sigla HMI es la abreviación en inglés de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión. Las señales de los procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

1.7.2.- FUNCIONES DE UN HMI.

- Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

¹⁰ Internet: iaci.unq.edu.ar/materias/.../HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf

- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos. Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

1.7.3.- TAREAS DE UN SOFTWARE DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).
- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de la variable para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

1.7.4.- PRESTACIONES DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.

Un sistema HMI debe estar en disposición de ofrecer las siguientes prestaciones:

- *Ejecución de programas*, que modifican la ley de control, o incluso anular o modificar las tareas asociadas al autómeta, bajo ciertas condiciones.
- *Crear paneles de alarma*, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada o situación de alarma, con registro de incidencias.
- *Posibilidad de programación numérica*, que permite realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

Todas estas acciones se llevan a cabo mediante un paquete de funciones que incluye zonas de programación en un lenguaje de uso general (como C, Pascal, o Basic), lo cual confiere una potencia muy elevada y una gran versatilidad.

1.7.5.- SISTEMA SCADA.

Es una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores (computadores) en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.), como se muestra en la Figura 1.24.

La realimentación, también denominada retroalimentación o feedback es, en una organización, el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la

mejora continua sea posible, en el escalafón jerárquico, de arriba para abajo y de abajo para arriba.

En teoría de la cibernética y de control, la realimentación es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se dirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema.

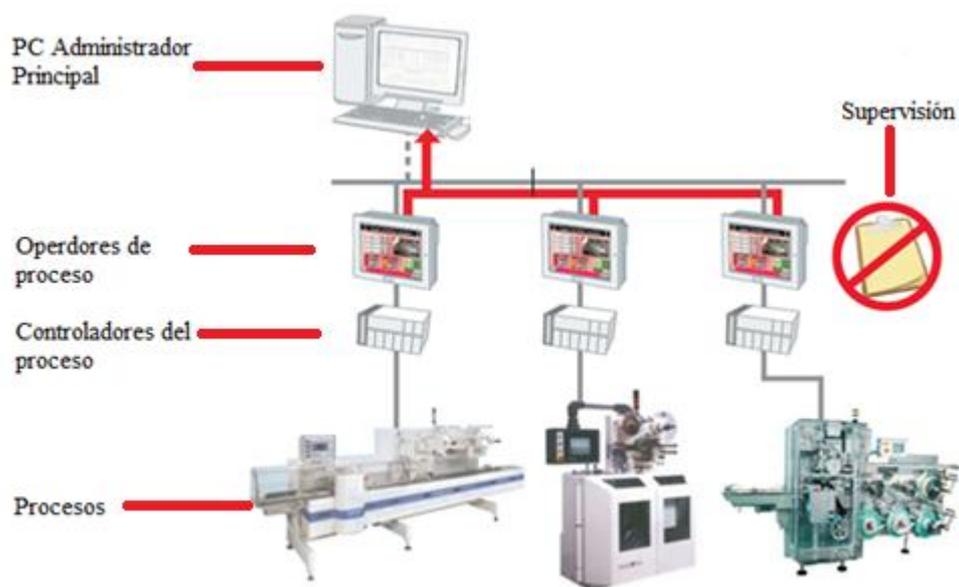


Figura 1.24: Estructura de un proceso SCADA

a.- Componentes asociados a un SCADA.

Los componentes o bloques que encierran generalmente un sistema SCADA que permite al usuario desarrollar las actividades de adquisición, supervisión y control son:

- *Configuración:* Permite al usuario definir el entorno de trabajo de un SCADA, adaptando a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- *Interfaz gráfica del operador:* Proporciona al operador las funciones de control y supervisión de planta. El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador de proceso y generados

desde el editor incorporado en el proceso SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete

- *Módulo de procesos*: Ejecuta las acciones de mando pre-programados a partir de los valores actuales de las variables leídas.
- *Gestión y archivo de datos*: Se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.
- *Comunicaciones*: Se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y entre ésta y el resto de elementos informáticos de gestión.

b.- Tiempo real.

Una definición válida es: respuesta de tiempo real es la capacidad de un sistema de responder a un evento o ejecutar una acción de manera determinada, confiable y garantizada dentro de un periodo de tiempo determinado.

Según esta interpretación, cuando se observa por ejemplo un gráfico que muestra la temperatura en función del tiempo, de modo que en la pantalla aparecerá la temperatura actual, decimos que es un gráfico de tiempo real. Es decir, la pantalla va graficando lo que sucede en este momento, y no solamente datos históricos pasados.

c.- Hardware.

Es el equipo físico que contiene básicamente un procesador, memoria módulos de entradas y salidas de señales sean estas analógicas o discretas y alguna forma de comunicaciones.

Existe actualmente una infinidad de equipos como los PLC'S, las tarjetas de adquisición de datos (DAQ) que van insertadas dentro de los computadores, las

computadoras industriales (PXI), y en algunas aplicaciones donde se necesita la adquisición y análisis de imágenes (Compact Visión).

d.- Software.

La calidad de programas para el diseño de pantallas de monitoreo/control, y supervisión juega un papel muy importante en base a su capacidad de aplicación, en procesos industriales, pues el instrumentista o los usuarios deberían conocer a ciencia cierta cuáles serían los alcances de los programas difundidos por los fabricantes que elaboran estas aplicaciones.

Algunos ejemplos de estas herramientas de desarrollo son: Monitor Pro, OPC Factory Server, RS View, RS Linkx, InTouch, Lookout, SYSMAC SCS, LabView, etc., y muchos más programas que sirven para dicho propósito.

1.8.- TUBERÍAS Y ACCESORIOS.

La mayoría de los problemas concernientes al flujo de fluidos en tuberías implican la predicción de las condiciones en un sistema. En cualquier sección de dicho sistema, por lo general estamos preocupados por la presión del fluido, la velocidad del flujo, la capacidad del flujo y la elevación de la sección.

Para el diseño de un sistema hidráulico, se debe considerar el tipo de fluido, la longitud del sistema del flujo, el tipo de tubería, la caída de presión que se puede tolerar, los dispositivos (como bombas, válvulas, etc.). No obstante se sabe que la velocidad de flujo aumenta a medida que disminuye el área de la trayectoria del flujo. Por consiguiente las tuberías más grandes proporcionarán bajas velocidades, y las pérdidas de energía disminuirán porque existe una relación directa con la velocidad del flujo.

Generalmente en muchas aplicaciones es muy común la utilización de tuberías y accesorios de PVC (cloruro de polivinilo), que es tubería de fácil manipulación; las secciones, té, codos, universales, etc., se pueden formar fácilmente, ya que

son tuberías y accesorios pegables con un solvente o junta fría que ayuda a realizar una unión firme y segura.

La tubería y los accesorios tienen un diámetro nominal de 2 pulgadas y están diseñadas para trabajar a una presión de 1 Mega pascal (145 psi), su caída de presión por longitud es menor al compararse con una tubería de acero.

1.8.1.- Válvulas de globo.

Estas válvulas ayudarán a ejercer un control manual de las líneas hidráulicas (Figura 1.25) y la operación de las bombas, es decir que con ellas habilitaremos los tramos individuales o en tramos unificados al operar las bombas en serie o en paralelo.

Tienen un diámetro nominal de 2 pulgadas y una presión de trabajo de 16 atmósferas (235 psi). En todos los elementos que forman parte de nuestro sistema hidráulico se hace énfasis en tener la presión nominal de trabajo de cada elemento, debido a que se está diseñando a una presión de descarga crítica cuando las bombas centrífugas trabajen en serie (35 psi aproximadamente), entonces nuestro sistema hidráulico está sobredimensionado y con esto se asegura un trabajo óptimo del sistema hidráulico del banco de pruebas.

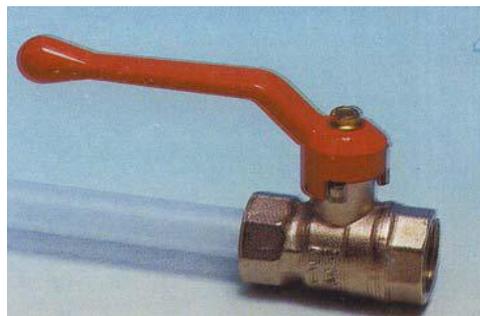


Figura 1.25: Válvula de esfera o globo

CAPÍTULO 2

PARÁMETROS DE SELECCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE ELEMENTOS

2.1.- SELECCIÓN DEL CONTROLADOR.

Dentro de los criterios para escoger el controlador adecuado para el proceso, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Tratar que sea de una marca reconocida y por lo tanto existente en el mercado tal como: Allen Bradley, Koyo DL, Mitsubishi, Omron, Siemens, Telemecanique.
2. En función de la cantidad de entradas/salidas digitales y entradas/salidas análogas se puede elegir entre micro PLC, PLC compactos o PLC modulares.
3. De acuerdo al proceso a realizar, verificar las limitaciones en cuanto a la cantidad de variable internas con que cada PLC puede operar.
4. En cuanto a la capacidad de ampliación del mismo, ya sea con módulos o con tarjetas.
5. Capacidad de comunicación con otros dispositivos.
6. Software incluido con la compra del PLC, debido a que muchos proveedores de PLC venden el software aparte a precios elevados.
7. Posibilidad de capacitación gratuita para programación y configuración.
8. Manuales con información y manual de programación (Escrito o PDF) de simple lectura y con ejemplos de ayuda.

Para abarcar todas las características y las necesidades de control y supervisión mencionadas en el Capítulo I, y con la ayuda de los criterios expuestos anteriormente, la selección del controlador se basará en el funcionamiento, prestaciones, precio, modelos y facilidades que ofrecen las marcas conocidas de controladores.

En la Tabla 2.1, se encuentra una recopilación de los tipos de Controladores más comunes, que existen en el mercado acompañadas de sus características básicas.

Tabla 2.1: Comparación entre tipos de controladores

Marca	Tipo			Módulos		E/S Análoga	E/S Digital	Costo
	Modular	Compacto	Micro	Bloques	Tarjetas			
Allan Bradley		√			√	√	√	Elevado
Koyo DL.		√	√		√	√	√	Moderado
Mitsubishi		√		√	√	√	√	Elevado
Omron	√			√	√	√	√	Moderado
Siemens		√		√	√	√	√	Elevado
Telemecanique			√	√		√	√	Elevado

En base a los requerimientos del proceso, el dispositivo apto para satisfacer las necesidades pertenece al tipo de controlador KOYO DL, debido principalmente al costo moderado que presenta y a las características necesarias para cubrir el proyecto.

En la Tabla 2.2, se encuentra una recopilación de los controladores de la marca KOYO DL y las características necesarias para poder seleccionar el adecuado.

Tabla 2.2: Recopilación de los controladores de la marca KOYO DL

DirectLOGIC 05	DirectLOGIC 06	DirectLOGIC 205	DirectLOGIC 305
La serie PLC DL05 ofrece características que no se encuentra en la mayoría de controladores - 6 I / O combinaciones de AC, DC y relé I / O, y funciones avanzadas de programación como PID y el tambor de secuenciación.	DL06 es el primer micro-PLC, 20 entradas y 16 salidas con cuatro ranuras para tarjeta opcional de expansión (discretas, analógicas, módulos de comunicación), todos en el mismo controlador.	Un PLC DL205 es el más barato del mercado, es la solución más versátil que pueda encontrar.	La serie DL305 es un pequeño PLC modular que ha sido comercializado por varias marcas fabricantes de PLC, revolucionó el pequeño mercado del PLC, y sigue siendo un buen desempeño y un gran valor.
8 entradas y 6 salidas	20 entradas y 16 salidas	AC / DC de entrada discreta / salida, hasta 32 puntos por módulo.	Tres CPUs estándar, incluyendo la D3-350 con control PID y dos puertos de comunicación
2K de memoria de programación	7.5K de memoria de programación	Relé de 10 amperios.	5, 8 y 10 bases por ranura.
Datos de la memoria de 4K	Datos de la memoria 7.3k	Entradas y salidas analógicas de 12-bits y 16-bits	110/220VAC o potencia 24VDC
2 puertos de comunicación	2 puertos de comunicación, incluidos RS232/RS422/RS485	Temperatura de los insumos (t / c, IDT)	Entradas de CC.
129 instrucciones, incluyendo 4 lazos PID	229 instrucciones, incluyendo ocho bucles PID y ASCII	Comunicación de datos, incluyendo CUNet, serial y Ethernet.	AC, DC, y salidas de relé
Bloque de terminales extraíble	Bloques de terminales desmontables	Contador de entrada / salida de impulsos	8 o 12-bit de entrada / salida analógica
12/24VDC alimentado versiones	Incorporado en los artículos, 3A 24VDC fuente de alimentación auxiliar para dispositivos de campo.	E / S remotas patrón y esclavo	Módulos de especialidad incluyen ASCII / módulo de BASIC, contador de alta velocidad,

Módulos opcionales discretos y analógicos.	12/24VDC Voltaje de alimentación.	H2-CTRIO, 4-canal de contador de alta velocidad / salida de impulsos	
Termopar y la temperatura de entrada de los módulos de IDT.	1-canal de entrada de alta velocidad / pulso de salida del módulo (H0-CTRIO)	H2-EBC, esclavo Ethernet controlador base	
1-canal de entrada de alta velocidad / pulso de salida del módulo (H0-CTRIO)	Cartucho de memoria / reloj de tiempo real módulo opcional.		
Cunet, DeviceNet esclavos, Ethernet, Profibus y el módulo de opción	CUNet, DeviceNet esclavos, Ethernet, Profibus y el módulo de opciones varias		

2.1.1.- HARDWARE REQUERIDO.

Con respecto a la manipulación de las señales del proceso; se requiere de 14 señales de entrada, divididas en 8 digitales para utilizarlas en el control del proceso (Relés y contactores) y 6 análogas para las señales que entregan los sensores de temperatura, presión de descarga y de succión, medidor de caudal, actuador eléctrico y ultrasónico; se necesita también de 5 señales de salida, divididas en 2 digitales para los controles de estado sólido de ambas bombas y 3 análogas del actuador eléctrico y de los variadores de frecuencia. Se requiere un hardware que pueda manejar estos parámetros, y que permita la comunicación para implementar un sistema de supervisión HMI (Interface Hombre Máquina), como es un panel de visualización que abarque todo el proceso.

a.- PLC Direct Logic 06-DR¹¹.

Con todas estas necesidades expuestas se utilizará el controlador DirectLogic 06, de la marca Koyo, cuyas características técnicas se puede observar más detalladamente en el Anexo A-1. El controlador se observa en la Figura 2.1, y se

¹¹ Manual del PLC DL06, Manual No.: D0-06USER-M-SP, Volumen 1 de 2, Segunda edición.

describe detalladamente en la Tabla 2.3, este controlador tiene la opción de incrementar el número de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, mediante tarjetas de expansión; los mismos que serán seleccionados de acuerdo a los requerimientos del proceso.



Figura 2.1: PLC DirectLogic 06-DR Koyo

Tabla 2.3: Descripción del controlador

PLC Direct LOGIC 06 (D0-06-DR)	
Entradas:	20 de tipo 24 Vcc
Salidas:	16 de tipo Relevador
Puertos de comunicación:	RS232/RS422/RS485
Opciones de comunicación:	CUNet, DeviceNet esclavos, Ethernet, Profibus
Instrucciones y tipos:	229 Instrucciones, 8 bucles PID y ASCII
Memoria:	7.5K memoria de programación y 7.3 K Datos de memoria
Expansión de entradas y salidas:	Por medio de tarjetas opcionales

b.- Módulo F0-08DAH-1¹².

La elección de este equipo se realizó basándose en la necesidad de incrementar las señales analógicas, ya que el controlador seleccionado no cumplía con los requerimientos de salidas necesarias para el monitoreo y control del proceso. La Figura 2.2 muestra el módulo y la Tabla 2.4 su descripción. En el Anexo A-2 se presenta más detalladamente las características de este módulo.

¹² Manual de módulos opcionales, Manual No: D0-OPTIONS-M-SP, Segunda edición.



Figura 2.2: Módulo de salidas análogas Koyo F0-08DAH-1

Tabla 2.4: Descripción del módulo de salidas análogas

Módulo de expansión F0-08DAH-1	
Salidas:	8 con rango de 4-20 mA
Tipo:	Corriente surtidora a 20mA máximo
Resolución:	16 bits, .244 μ A/bit
Respuesta de salida:	0,5 ms máximo; 5 μ s mínimo
Protección de salida:	Limitado por corriente a 20mA o menos
Formato de datos:	16 bits, Entero sin signo, binario o BCD

c.- Módulo F0-08ADH-1¹³.

La selección de este módulo se realizó debido a la necesidad de obtener más señales análogas del proceso, ya que el controlador elegido no poseía las entradas análogas requeridas. Para esta aplicación se seleccionó el módulo de la Figura 2.3 y cuya descripción se encuentra en la Tabla 2.5. En el Anexo A-3 se presenta más detalladamente las características de este módulo.

¹³ DL05/06 Option Modules, USER MANUAL, Manual Number: D0-OPTIONS-M, 7th Edition.



Figura 2.3: Módulo de entradas análogas Koyo F0-08DAH-1

Tabla 2.5: Descripción del módulo de entradas análogas

Módulo de expansión F0-08DAH-1	
Entradas:	8 con rango de 0-20 mA
Tipo:	Salida independiente con un común.
Resolución:	16-bit, .305 μ A/bit
Impedancia de entrada:	100 ohms, 1/10W, corriente de entrada.
Método de conversión:	Aproximaciones sucesivas.
Formato de datos:	16-bit, Entero sin signo, binario o BCD

2.1.2.- SOFTWARE.

a.- Introducción a DSLaunch 5¹⁴.

Para controlar y programar la familia del PLC DirectLogic, se utiliza el software “DSLaunch 5”, que sirve para realizar la comunicación y programación entre PC y PLC, además de diversas aplicaciones para las cuales es útil, los requerimientos del sistema para la ejecución y la instalación del software de programación son las siguientes:

¹⁴ DirectSOFT 5 Programming Software User Manual, PC-DSOFT5-M, First Edition.

Requisitos recomendados del sistema.

- Procesador Pentium / Celeron, 1 GHz o superior.
- Sistema operativo Windows 98/2000/XP (Home y Pro), no DOS, OS / 2, Macintosh, Linux o versiones Unix, o cualquier versión de 16 bits.
- 512 MB de RAM.
- 20 Mb de espacio disponible en disco duro, 33 MB para una instalación completa.
- CD-ROM o DVD.
- Al menos un puerto libre de comunicación serial, también un puerto USB con adaptador de USB a serial, 10Base-T o 10/100 Tarjeta de red Ethernet.
- 1024 x 768 Resolución de monitor de color SVGA.

La instalación del software es muy sencilla, a continuación se presenta la manera de instalar el software “DirectSOFT5”.

1. Ícono de instalación del software DirectSOFT 5, mostrado en la Figura 2.4, en el cual se da doble clic y empezará la instalación de manera automática del programa.

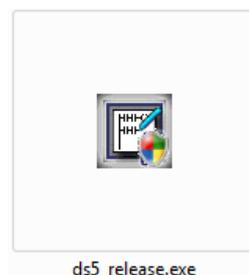


Figura 2.4: Ícono de instalación del programa DirectSOFT 5

2. A continuación aparecerá una pantalla de reconocimiento del software y la compatibilidad de la máquina, para que pueda realizar una instalación correcta del mismo, indicado en la Figura 2.5.

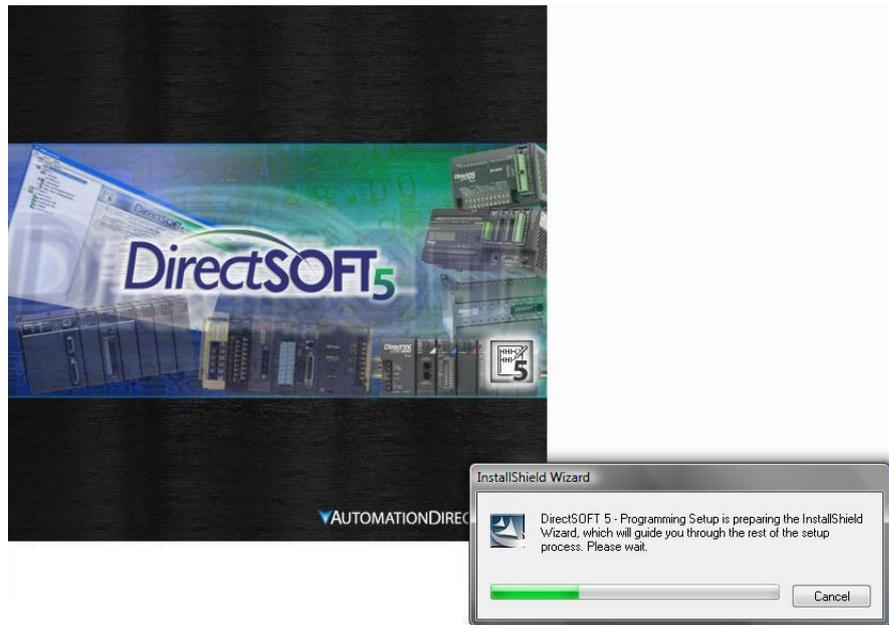


Figura 2.5: Previo reconocimiento de la compatibilidad de la máquina

3. Continuando con la instalación, se podrá apreciar la ventana que da la bienvenida a la instalación del software, esta ventana se muestra en la Figura 2.6.

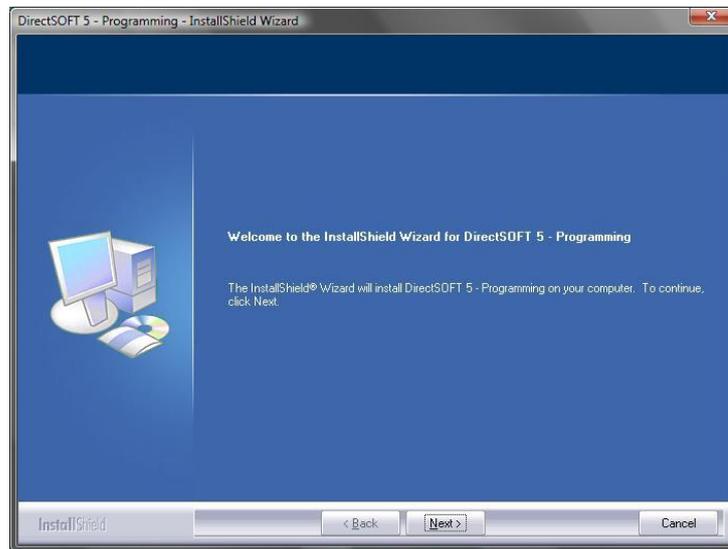


Figura 2.6: Ventana de bienvenida a la instalación del software

- Ingresar la clave del producto (clave JSSC-7SS3-PSS4-RSSY), como se indica en la Figura 2.7, esto permitirá realizar una instalación completa de todos los complementos del software. Luego de ingresar la clave, se dará clic en la pestaña **Next**, para continuar con el proceso de instalación del software.

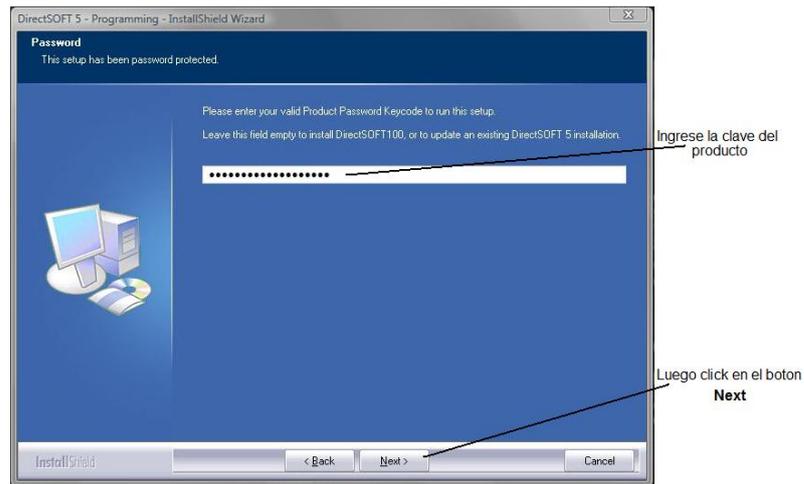


Figura 2.7: Ventana de ingreso de clave del Software

- Luego de haber ingresado el código de activación del software se procederá a aceptar los términos y la licencia del programa para que pueda continuar con la instalación del mismo, (Figura 2.8).

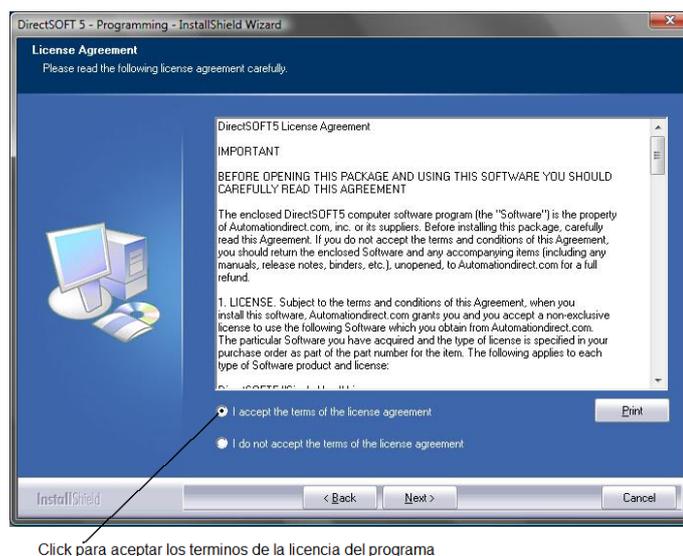


Figura 2.8: Ventana de aceptación de condiciones y términos de instalación

- Después de haber aceptado los términos de instalación se procederá a ingresar el nombre de usuario y de la compañía, para continuar con la instalación dando clic en el botón **Next**, tal como se indica en la Figura 2.9.

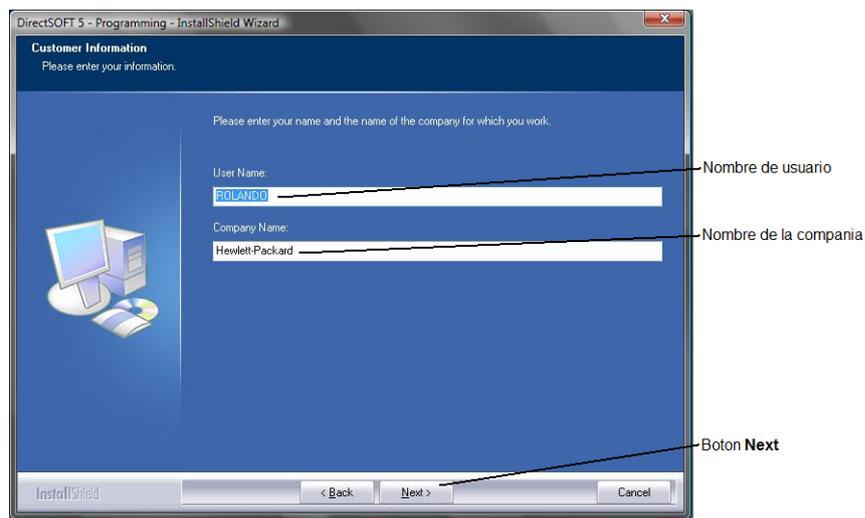


Figura 2.9: Ventana de Ingreso de nombre de usuario y compañía

- A continuación se procederá a escoger el tipo de instalación, en este caso se optará por escoger el tipo de instalación completa. Este tipo de instalación permitirá utilizar todos los componentes del software, tal como se muestra en la Figura 2.10.

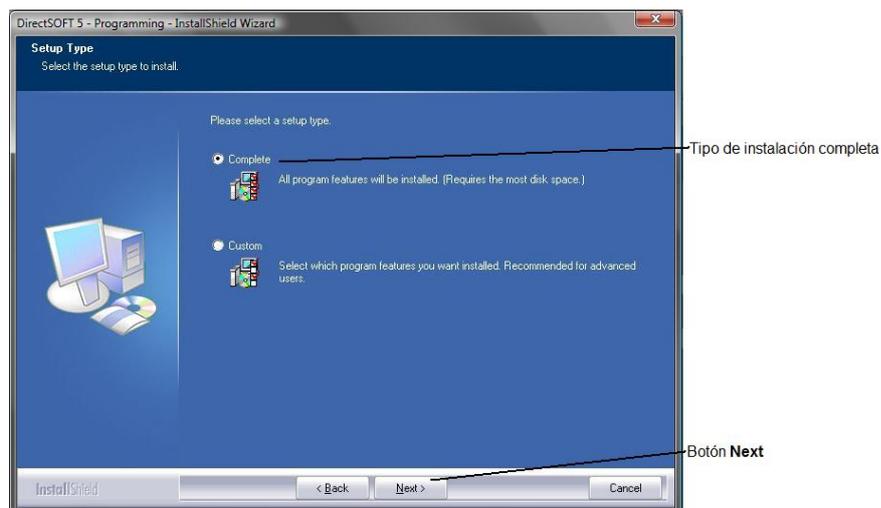


Figura 2.10: Ventana de tipo de instalación

8. Continuando con el proceso de instalación, dando clic en el botón **Next** (Figura 2.10), el programa se instalará correctamente y aparecerá en el escritorio del PC el icono del Software ya instalado, con el cual permitirá usar el programa DirectSOFT 5, (Figura 2.11), con esto finaliza el proceso de instalación del software.



Figura 2.11: Icono de ingreso al software DirectSOFT 5

Al arrancar el programa dando doble clic en el ícono mostrado en la Figura 2.11, se muestra la ventana inicial del programa tal como se indica en la Figura 2.12.

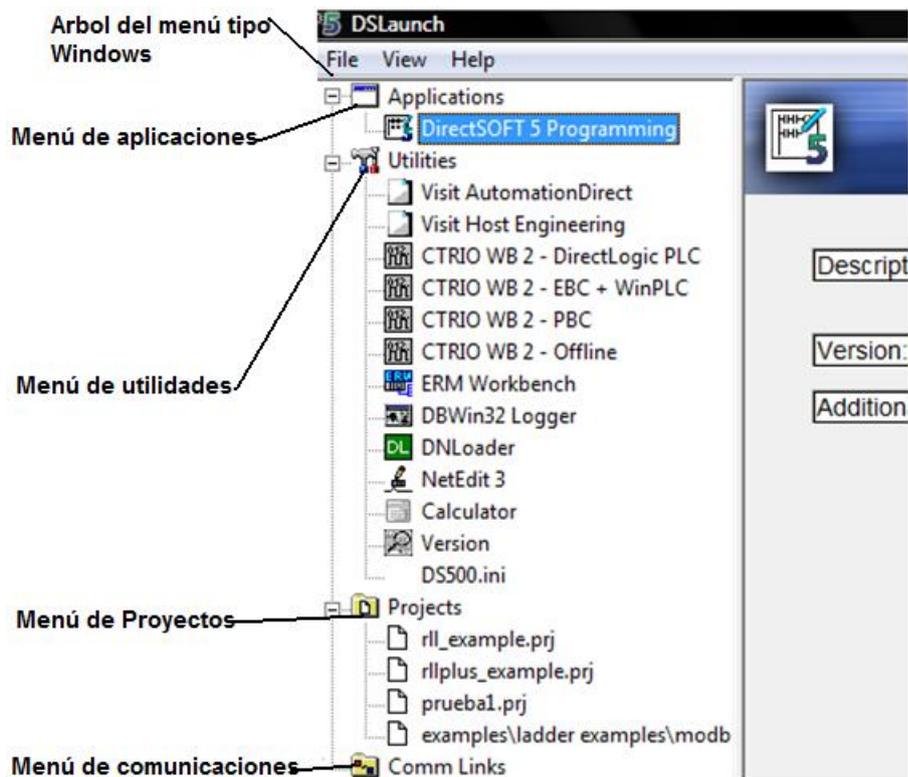


Figura 2.12: Ventana de lanzamiento de DSLaunch

A continuación se realizará la descripción de los íconos mostrados en la Figura anterior.

- *Árbol del menú de tipo Windows.*- Muestra el entorno de observación del programa en donde se observa las diversas utilidades que tiene el software DirectSOFT 5.
- *Menú de aplicaciones.*- Indica el ícono que permitirá acceder al software de programación.
- *Menú de utilidades.*- Muestra la utilidades que cuenta el programa previamente instalado.
- *Menú de proyectos.*- Se presenta los proyectos realizados previamente.
- *Menú de comunicaciones.*- Muestra el tipo de comunicaciones y los equipos reconocidos por el software.

El programa que despliega “DSLlaunch”, brinda varias opciones para utilizar varias gamas de controladores, la necesidad y complejidad del programa y el trabajo a realizarse involucra la utilización de sus aplicaciones con DirectSOFT5”. Como se indica en la Figura 2.13, el ingreso al programa DirectSOFT es sumamente fácil, previo a la selección de la familia del controlador y su tipo.

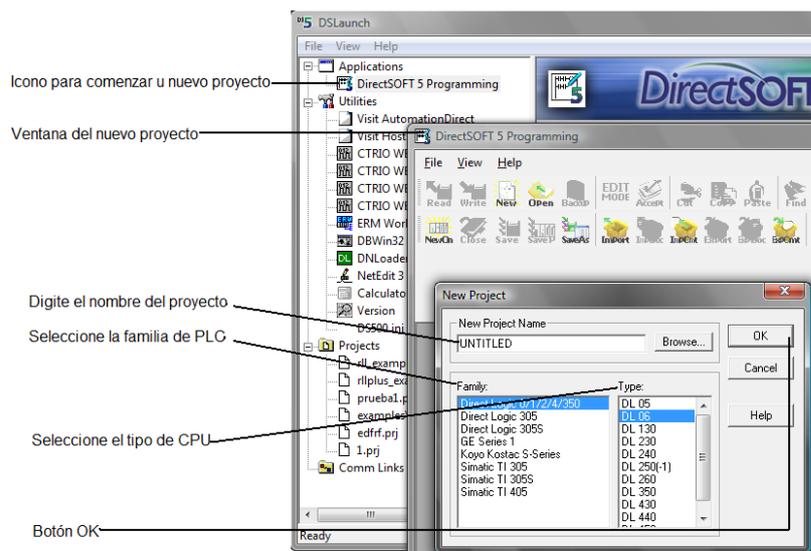


Figura 2.13: Ventana de ingreso a DirectSOFT5

A continuación se realizará la descripción de los parámetros indicados en la Figura 2.13.

- *Ícono para comenzar un nuevo proyecto.*- Dando doble clic en este icono se abrirá automáticamente una nueva ventana de programación.
- *Ventana de nuevo proyecto.*- Esto indica la nueva ventana de programación creada, donde se deberá digitar el nombre del proyecto a realizarse, escoger la familia y el tipo de PLC.
- *Botón Ok.*- Dando clic en este botón se puede ingresar a la ventana de programación.

Luego aparecerá la ventana de la Figura 2.14, donde se muestra los renglones en lenguaje ladder listos para ser modificados; este modo de vista solo sirve para leer el programa, más no para hacer modificaciones. En este modo, el cursor se presenta siempre vacío y no se puede hacer programación, solamente se puede observar un proyecto; el modo de modificación o “EDIT MODE” se utiliza para escribir el programa de control.

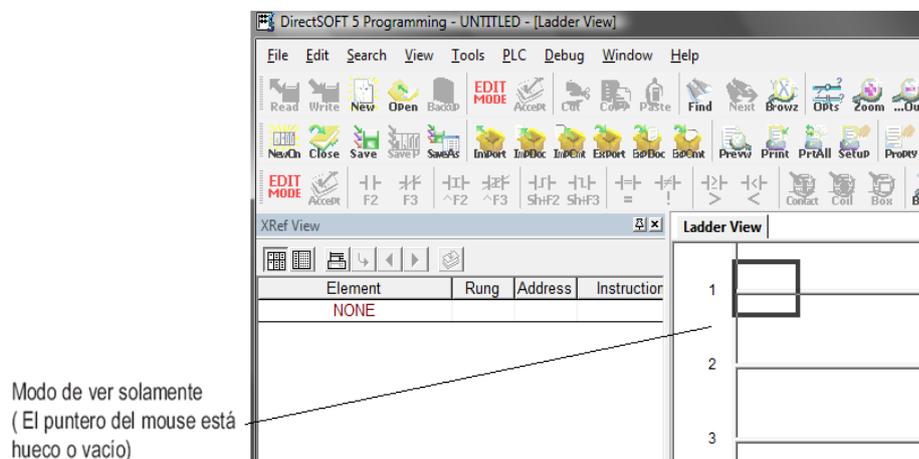


Figura 2.14: Ventana de ingreso a DirectSOFT5

Se ingresa al modo de modificar el programa de varias maneras, siendo la más común haciendo clic en el botón “EDIT MODE” en la barra de herramientas.

DirectSOFT5 indicará el modo de modificación activo cuando la caja del cursor se convierte en sólida y el botón “EDIT MODE” se marca y cambia de OFF a ON, esto se indica en la Figura 2.15.

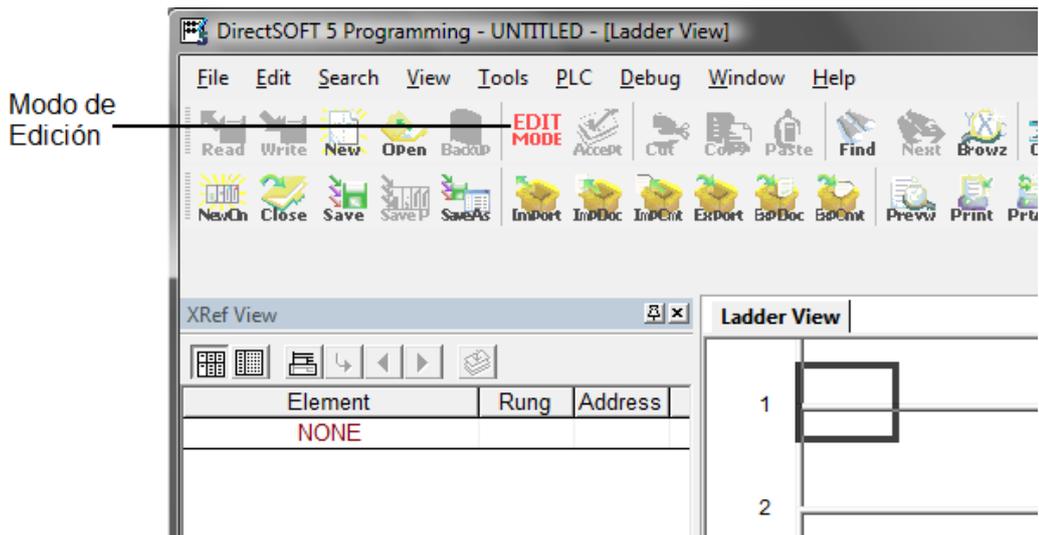


Figura 2.15: Modo de edición de DirectSOFT

La herramienta “TOOL PALETTE”, también aparecerá en la parte inferior de la ventana de programación una vez activado el Modo de Edición, (Figura 2.16); y de esta manera se tiene lista la ventana de programación para la creación de un nuevo programa en lenguaje ladder.

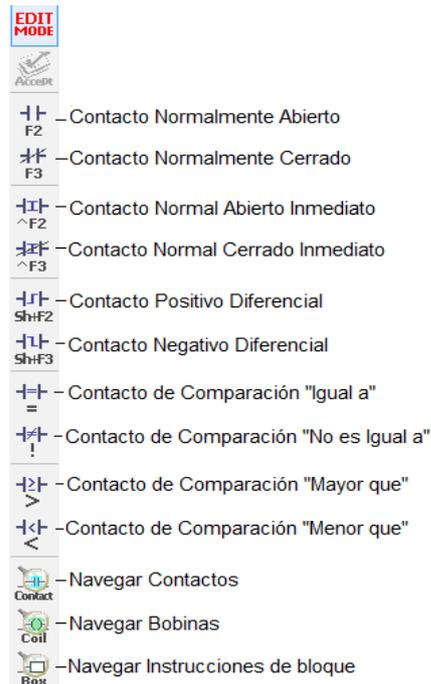


Figura 2.16: Barra de herramientas (Tool Palette)

b.- Ingreso de entradas de tipo X.

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

De tal manera que si se ingresa la letra O en vez del dígito 0, el indicador se torna rojo y permanece así hasta que se corrija el error. Se deberá digitar X0, mientras C0 se muestra destacado de color celeste. Después de haber ingresado la dirección correcta, el indicador de error se tornará verde, lo cual permitirá dar un clic en la marca de verificación (✓), o presionar la tecla ENTER, como se observa en la Figura 2.17.

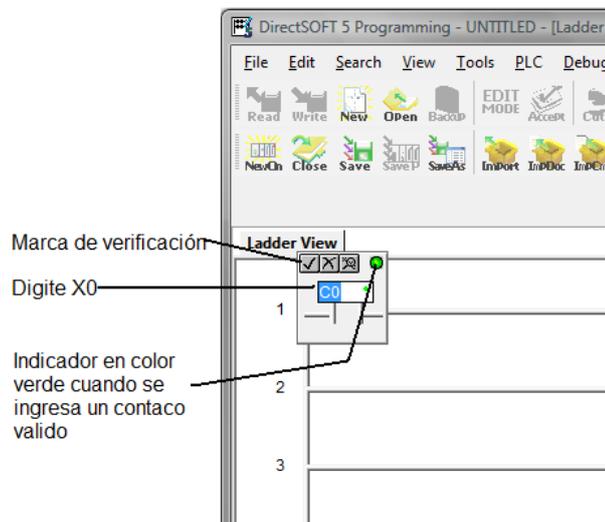


Figura 2.17: Ingreso de un contacto X

Se ha ingresado la instrucción y el cursor se ha desplazado a la posición siguiente de entrada, luego aparece una barra vertical amarilla al lado izquierdo del renglón, lo cual indica que se ha ingresado una instrucción o instrucciones, (Figura 2.18), pero no significa que el programa ha sido aceptado o compilado aún.

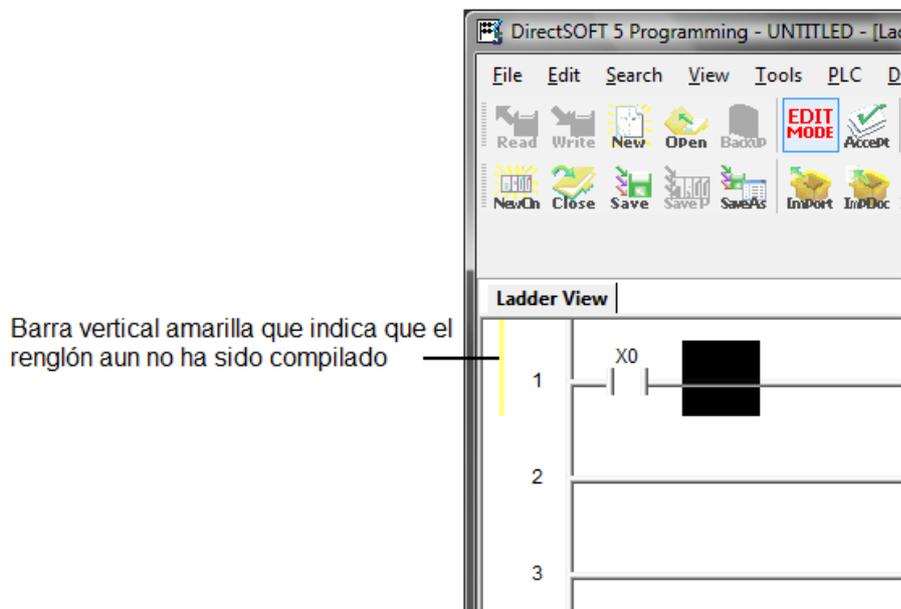


Figura 2.18: Entrada de una instrucción

c.- Ingresando salidas del tipo Y.

El extremo del renglón muestra una instrucción “NOP”, que determina el lugar para el ingreso de bobinas e instrucciones de bloque, después de hacer clic en el botón Navegar o buscar las bobinas (Browser Coils) en la barra de herramientas, como se indica en la Figura 2.19.

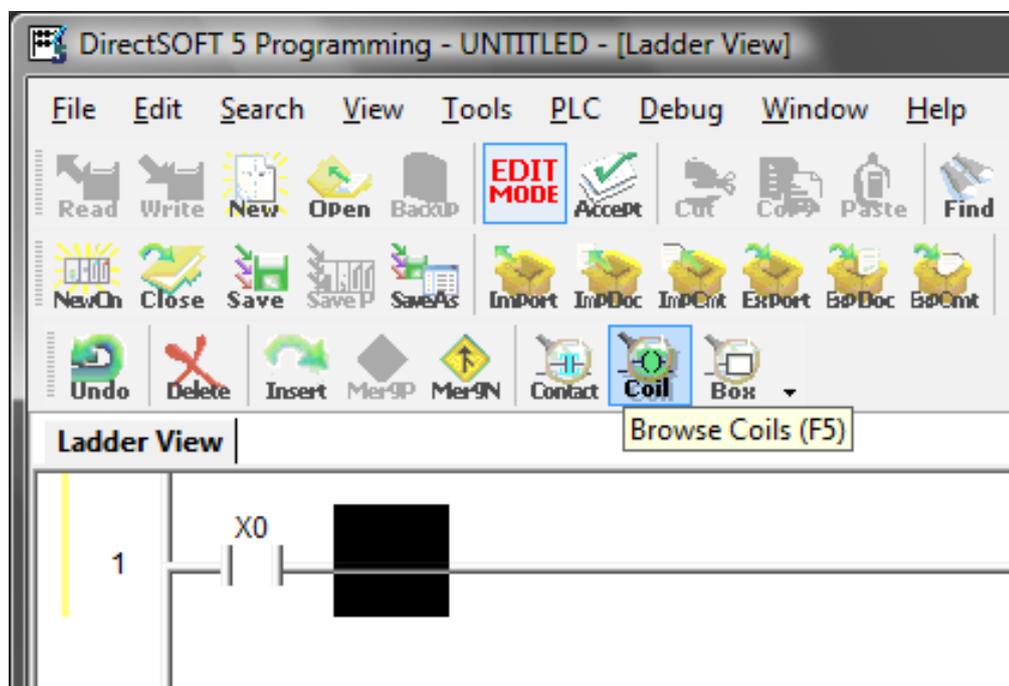


Figura 2.19: Botón Navegador de bobinas (Browser Coils)

El “navegador de instrucciones” (Instruction Browser) aparecerá con la bobina estándar seleccionada por defecto y todas las demás bobinas existentes. Se debe dar clic en OK para ingresar una bobina estándar, como se muestra en la Figura 2.20.

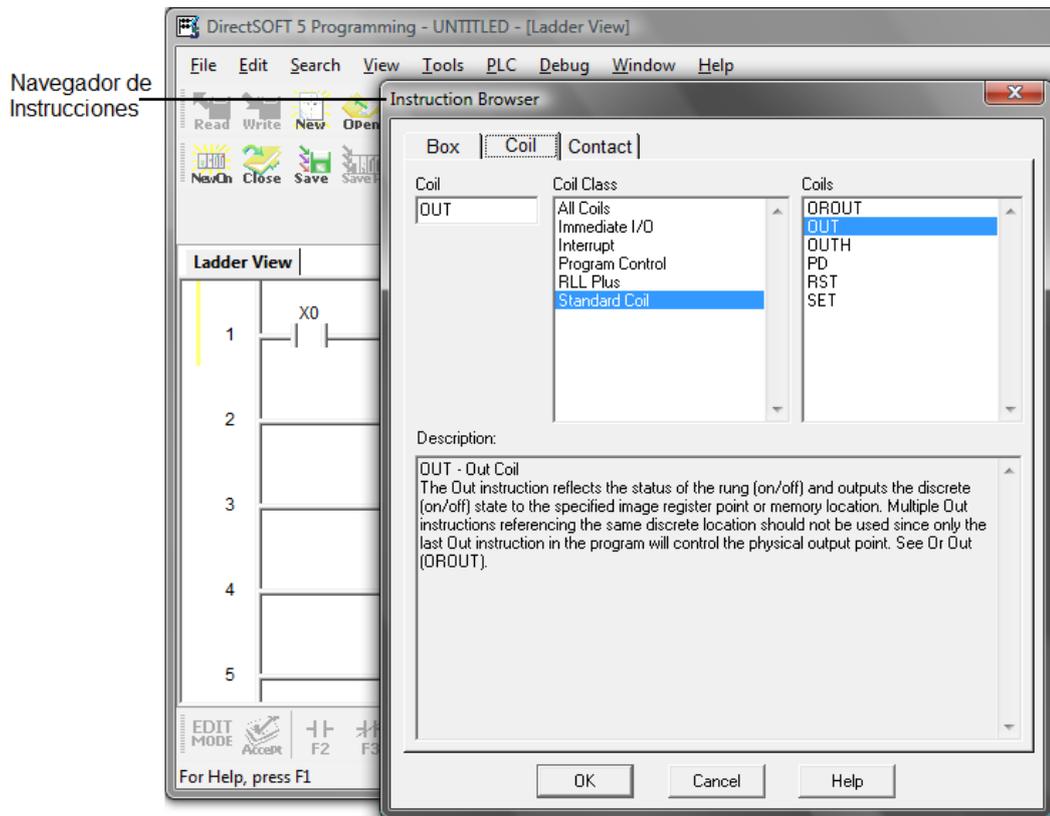


Figura 2.20: Ingreso de una bobina estándar Y

El navegador de instrucciones será substituido por la caja de entrada del elemento rápido, como se muestra en la Figura 2.21.

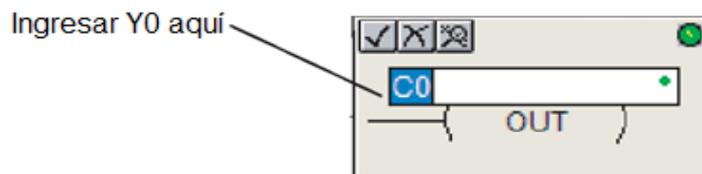


Figura 2.21: Ingreso rápido de una bobina Y

La dirección de la entrada del elemento, por defecto será C0. Se deberá escribir Y0, luego “Enter”. Cuando la dirección es ingresada correctamente, el indicador de error estará verde. Con esto se concluye la programación primer renglón (Figura 2.22).

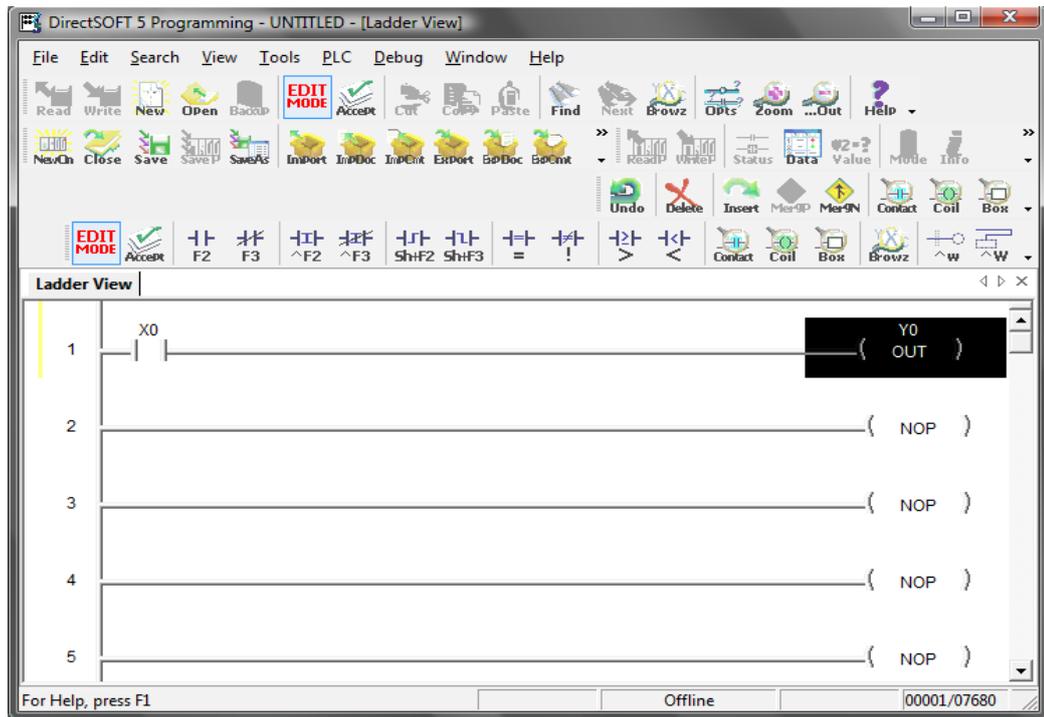


Figura 2.22: Programación de un renglón.

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

d.- Ingreso de una bobina END.

Para programar este renglón, se debe mover el cursor de modo que quede sobre la instrucción “NOP” en el renglón siguiente, y hacer clic en el botón “BROWSER COILS”, como se indicó anteriormente en la Figura 2.19. Aparecerá la ventana “Instruction browser”. Se moverá las flechas hacia arriba o hacia abajo, usar el mouse para seleccionar “Program Control” en la sección de “COIL CLASS” (clase de bobina) de la ventana. A continuación seleccionar la bobina "END", luego dar clic en “OK” para ingresar el elemento, como se visualiza en la Figura 2.23.

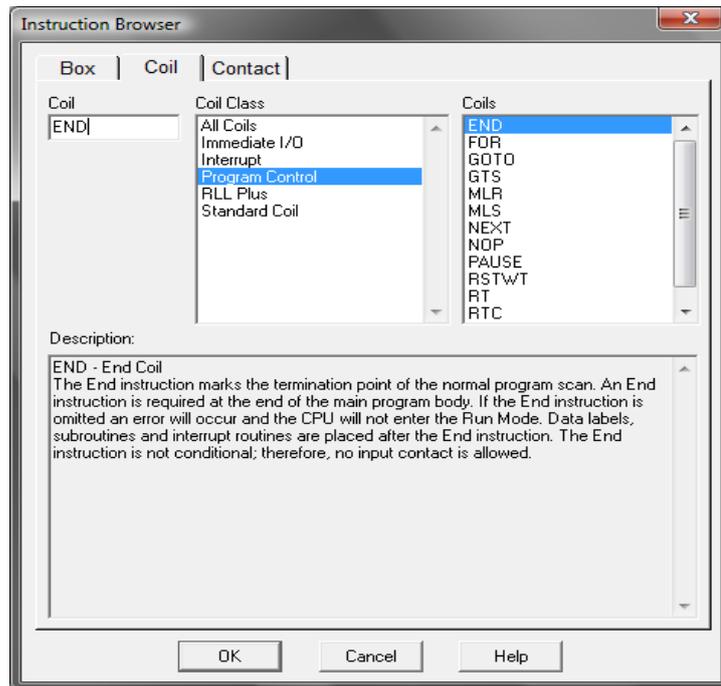


Figura 2.23: Selección e ingreso de una bobina “END”

Ahora hay dos renglones programados, se puede descargar a un PLC de la forma que está, o si desea, se puede agregar renglones adicionales al programa. En la Figura 2.24 se muestra la barra vertical amarilla que indica que el programa no ha sido compilado.

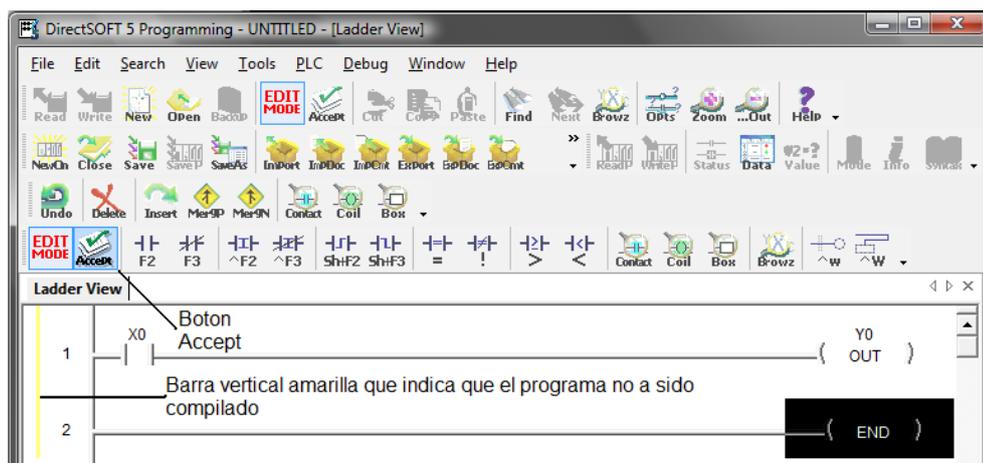


Figura 2.24: Visualización del programa terminado

e.- Compilación y almacenamiento del programa.

El programa necesita ser compilado para descargarlo al PLC; haciendo clic en el botón “ACCEPT” en el menú barra de herramientas mostrado en la Figura 2.24. Luego de esto la barra vertical amarilla se convierte en verde lo cual indica que el programa está sin errores de compilación, y que se puede descargar al PLC, tal como se indica en la Figura 2.25.

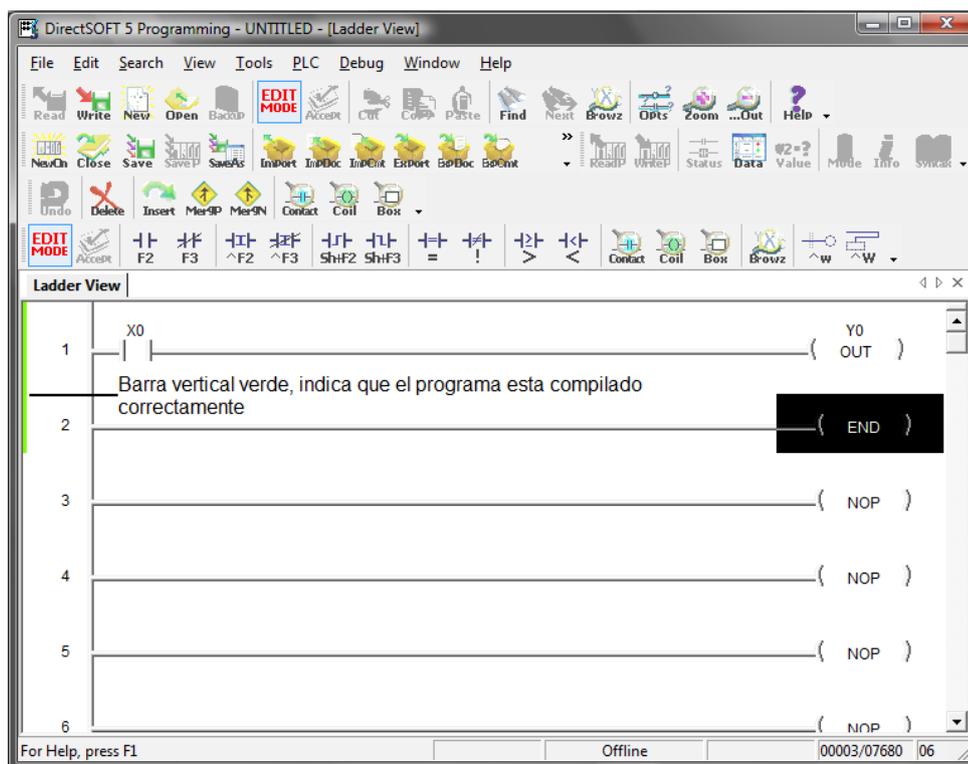


Figura 2.25: Programa compilado correctamente

Se debe notar que los dos íconos de diskette que permiten leer desde el disco (READ FROM DISK) o escribir al disco (WRITE TO DISK), no están "grises", como se observa en la Figura 2.26. En este caso, se debe hacer clic en el botón de escribir para salvar el programa al disco duro (no es necesario salvar el programa para descargar el programa a un PLC).

Es recomendable salvar el trabajo mientras se modifica un programa. Puede haber una equivocación ocasionalmente y puede desear restaurar el programa al estado que estaba antes de que sucediera la equivocación. Para hacer esto, se puede hacer clic en el botón "READ" (leer) y el programa previamente salvado aparecerá en la pantalla y la programación puede continuar.

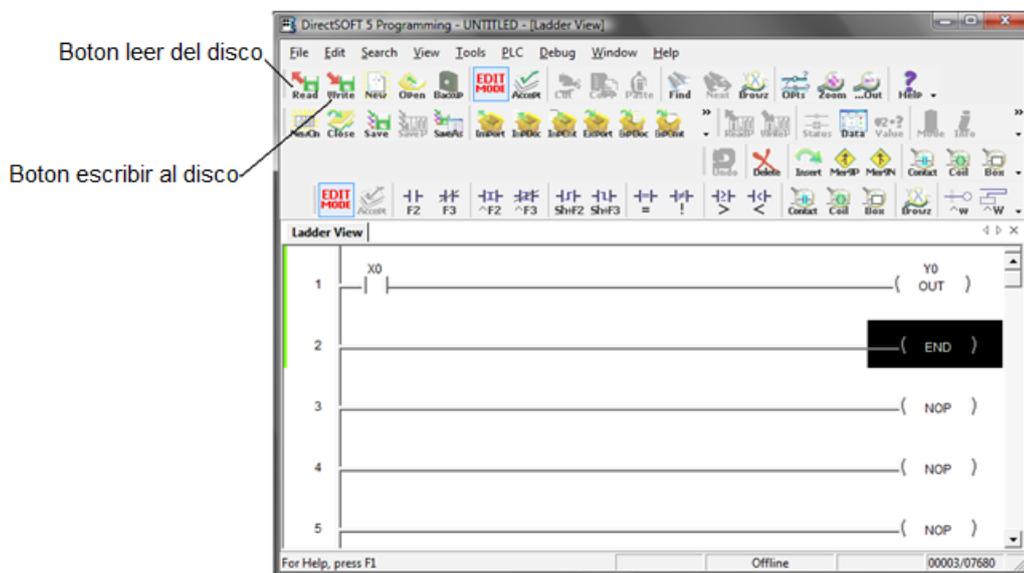


Figura 2.26: Íconos para guardar o cargar un programa

2.2.- SELECCIÓN DEL PANEL DE VISUALIZACIÓN.

El criterio de selección del operador gráfico necesario para manejar el proceso, se basa principalmente en la compatibilidad con el controlador previamente escogido, el costo de adquisición es otro de los parámetros que se debe considerar y la facilidad de manejo conjuntamente con la función de Data Logger, esencial para los objetivos planteados. El mercado ofrece una gama extensa de operadores gráficos que se visualiza en la Tabla 2.6, en ésta se ha seleccionado el de mayor aceptación en la industria.

Tabla 2.6: Comparación entre tipos de Operadores Gráficos

Fabricante	Tipo	Comunicación	Compatibilidad	Data Logger	Costo
Allan Bradley	PanelView	RS-232, DH-485, USB, Ethernet.	Allan Bradley	√	Elevado
Siemens	Simatic	RS-232, DH-485, USB, Ethernet.	Siemens	√	Elevado
Redlion	G3XX	RS-232, DH-485, USB, Ethernet.	Todos los controladores	√	Moderado

2.2.1.- HARDWARE.

Para controlar y monitorear el proceso del banco de pruebas; la necesidad de realizar un HMI (Interface Hombre Máquina), la obtención de curvas de nivel, temperatura, caudal y presión; implica utilizar de un Operador Gráfico, que cubra todos los requerimientos del proceso, y que sea compatible con el controlador previamente seleccionado.

a.- Operador Gráfico LCD Redlion G306A¹⁵.

Debido a los requerimientos indicados anteriormente, se utilizará el Operador Gráfico LCD G306 de la marca Redlion, para más detalles se puede observar en el Anexo C-1. El operador se observa en la Figura 2.27, y su descripción se lo indica en la Tabla 2.7.



Figura 2.27: Operador Gráfico LCD Redlion G306A

¹⁵ Internet: www.redlion.net/Products/Groups/OperatorInterface/G306/.../07043.pdf

Tabla 2.7: Descripción del Operador Gráfico

Tamaño	5.7 pulgadas
Tipo	TFT
Número de colores	256
Número de pixeles	320 x 240
Brillo	500 cd/m ²

b.- Características del Operador Gráfico.

Dentro de las principales características, tanto técnicas como de descripción del operador, se tiene las siguientes:

- Posee hasta cinco puertos de comunicación RS-232/422/485 (2 RS-232 y 1 RS-422/485 instalado, 1 RS-232 Y 1 RS422/485), además de una tarjeta opcional para comunicación.
- Puerto Ethernet para implementación de redes y para publicaciones del operador en páginas web.
- Puerto USB para descargar configuración del operador a un PC o para transferencias de datos al mismo.
- Soporta memoria extraíble de hasta 8 Mbyte.
- Sócalo para incrementar la capacidad de memoria.
- Cinco botones del teclado para menús en pantalla.
- Voltaje de alimentación de 24 VCC \pm 20% de margen de error.
- Soporta un rango de temperatura de entre 0 a 50°C.
- NEMA 4X, Grado IP66.
- Pantalla táctil analógica resistiva.
- Configuración por medio del Software CRIMSON.

2.2.2.- SOFTWARE.

a.- Introducción a CRIMSON 2¹⁶.

Los controladores modulares Redlion, cuentan con un software de programación llamado CRIMSON 2 (Figura 2.28), con la capacidad de manejar varios módulos de aplicaciones, dentro de las cuales se puede destacar la facilidad de realizar una comunicación con cualquier controlador y la opción de Data Logger, necesaria para el almacenamiento de históricos de las variables que se están utilizando en el proceso.

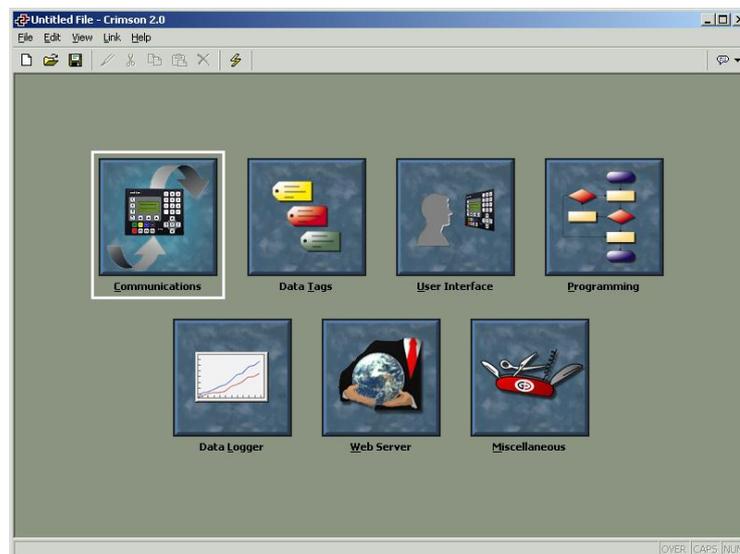


Figura 2.28: Pantalla de inicio de CRIMSON 2

Los requerimientos del sistema para la ejecución y la instalación del software de programación son las siguientes:

- Procesador Pentium para elegir las operaciones del sistema.
- Memoria RAM y espacio libre en el disco, lo suficiente para elegir las operaciones del sistema.
- Un adicional de 50MB en el disco para la instalación del software.

¹⁶ Internet: www.redlion.net/Support/Software/Crimson2.0/.../C2manrev12.pdf

- Una pantalla de características mínimas de 800 por 600 píxeles (1024 x 768 para el G308 y G310), con 256 colores o más.
- Un puerto RS-232 o puerto USB para descargar los programas al panel G3XX.

CRIMSON 2 está diseñado para funcionar con todas las versiones de Microsoft Windows desde Windows 95 en adelante. Si se desea aprovechar el puerto USB proporcionado por el panel operador, se deberá usar como mínimo Windows 98. Si se quiere utilizar el puerto USB para acceder a la tarjeta CompactFlash del panel, se recomienda utilizar Windows 2000 o Windows XP.

b.- Descripción de los módulos de aplicaciones.

Comunicaciones.

El ícono que se muestra en la Figura 2.29, se utiliza para especificar que protocolos están disponibles para ser utilizados en los puertos serie del operador y en el puerto Ethernet. En el caso de utilizar un protocolo máster (por ejemplo, protocolos en los que el hardware de Red Lion inicia una transferencia de datos hacia y desde un dispositivo remoto), se puede utilizar este icono para especificar uno o más dispositivos a los que se accederá. En el caso de utilizar un protocolo esclavo (por ejemplo, protocolos en los que el hardware de Red Lion recibe y responde a solicitudes provenientes de otro sistema), se puede especificar qué ítem de datos se expondrán a accesos de lectura o escritura. También puede utilizar esta categoría para mover datos entre dispositivos remotos, mediante el convertidor de protocolos con el fin de configurar servicios y tarjetas de expansión.



Figura 2.29: Ícono de Comunicaciones

Etiquetas de datos.

Este ícono que se muestra en la Figura 2.30, se utiliza para definir los elementos de datos que estén al alcance de los dispositivos remotos, o para definir los elementos de datos internos para almacenar información en el propio terminal. Cada etiqueta tiene una variedad de propiedades asociadas con ella. La propiedad más básica es el formato de datos, que se utiliza para especificar cómo los datos contenidos en una etiqueta se muestran en la pantalla del terminal. Al especificar esta información en la etiqueta, CRIMSON elimina la necesidad de que vuelva a entrar en el formato de datos cada vez que aparece una etiqueta. Más propiedades de etiqueta avanzadas incluyen alarmas que se pueden activar cuando las condiciones diferentes en relación a la etiqueta se producen, o factores desencadenantes, que realizan acciones programables en condiciones similares.

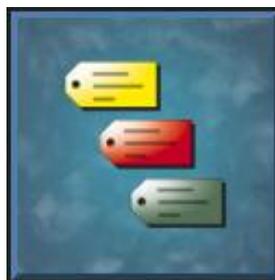


Figura 2.30: Ícono de Etiquetas de datos

Interface del usuario.

Se utiliza para crear y editar páginas de visualización, así para definir qué acciones se deben tomar cuando las teclas del panel del operador son pulsadas, soltadas o apretadas. El editor de la página permite mostrar diferentes elementos gráficos conocidos como primitivos. Este ícono se puede observar en la Figura 2.31. Estos elementos varían de formas simples, como rectángulos y líneas, a más formas complejas que pueden ser atados al valor de una etiqueta en particular o de expresión.



Figura 2.31: Ícono de Interface del usuario.

Programación.

Este ícono (Figura 2.32.), se utiliza para crear y editar programas utilizando CRIMSON 2 del lenguaje único de programación C-like. Estos programas pueden realizar toma de decisiones complejas u operaciones de manipulación de datos en base a cualquier elemento de datos dentro del sistema. Sirven para extender la funcionalidad de CRIMSON más allá de las funciones estándar incluidas en el software, lo que garantiza que incluso las aplicaciones más complejas pueden resolverse con facilidad.

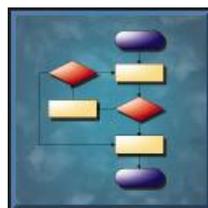


Figura 2.32: Ícono de programación

Data Logger.

Se utiliza para crear y administrar los registros de datos (Figura 2.33), cada uno de los cuales puede registrar cualquier número de variables a la tarjeta Compact Flash G3. Los datos pueden ser registrados una vez por segundo. Los valores registrados se almacenan en formato CSV (variables separadas por comas) y pueden ser fácilmente importados en aplicaciones como Microsoft Excel. A los archivos se puede acceder mediante la tarjeta CompactFlash, o por la conexión de la tarjeta en la PC a través de un puerto USB, también se puede acceder mediante servidores Web CRIMSON a través del puerto Ethernet.

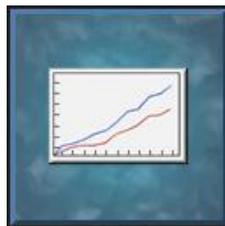


Figura 2.33: Ícono de Data Logger.

Servidor WEB.

El servidor web (Figura 2.34), es capaz de facilitar acceso remoto al dispositivo por medio de varios mecanismos. En primer lugar, se puede utilizar Crimson para crear páginas web que contengan listas de etiquetas, y presenten un formato acorde con las propiedades de la etiqueta. En segundo lugar, se puede crear un sitio web personalizado empleando el editor HTML, por ejemplo, Microsoft FrontPage y, luego, incluir un texto especial para ordenar a Crimson que inserte valores de etiquetas en tiempo real. Finalmente, puede habilitar la función exclusiva de Crimson de acceso y control remotos, la cual le permite a un explorador o buscador web visualizar la pantalla del dispositivo y controlar su teclado.



Figura 2.34: Ícono de Servidor WEB

Registrador de seguridad.

Este ícono (Figura 2.35), se utiliza para crear y gestionar los distintos administradores del panel, así como los derechos de acceso que se le conceden al usuario: también se puede asignar nombres reales, lo que permite que el registrador de seguridad no solamente pueda registrar datos de cuándo y cómo se cambiaron o modificaron; sino también los datos que se han cambiado o modificado. Los derechos para modificar una etiqueta en particular, o para acceder a una página, se establecen a través de las propiedades de seguridad de los datos.



Figura 2.35: Ícono de Registrador de seguridad

c.- Selección del operador en el software.

Cuando se inicia la primera vez el programa, se encuentra que se está trabajando con el modelo de panel operador que se utilizó anteriormente con la base de datos cargados, en este caso aparecerá por defecto el panel G303. Si no se selecciona previamente un panel operador se asumirá que está trabajando con un G303. Si

desea seleccionar un nuevo modelo, se debe seleccionar, el comando **Nuevo** del menú **Archivo**, tal como se indica en la Figura 2.36.



Figura 2.36: Creación de un nuevo documento

Luego aparecerá la ventana mostrada en la Figura 2.37, donde se selecciona el panel de visualización a utilizar.

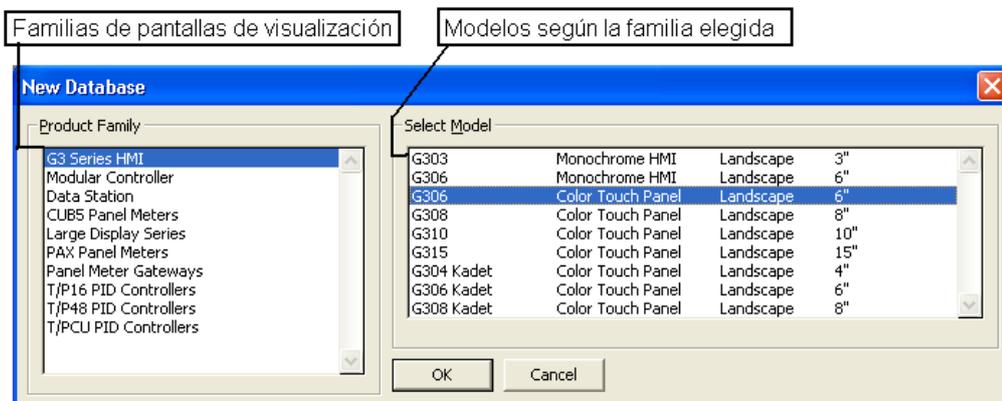


Figura 2.37: Selección del tipo de operador gráfico

El diálogo muestra los modelos soportados por la versión actual del software, proporcionando una descripción de cada terminal y las dimensiones de su pantalla.

d.- Configuración del protocolo de comunicación.

La primera etapa de la creación de una base de datos en CRIMSON es configurar los puertos de comunicaciones, para indicar los protocolos que desea utilizar, y los dispositivos remotos que desea acceder. Estas operaciones se llevan a cabo desde la ventana de Comunicaciones, que se abre al seleccionar el primer ícono de la pantalla principal. Los diferentes tipos de comunicaciones con los que cuentan esta gama de operadores gráficos, brinda facilidades para comunicarse con todo tipo de dispositivo de control o monitoreo, tal como se observa en la Figura 2.38.

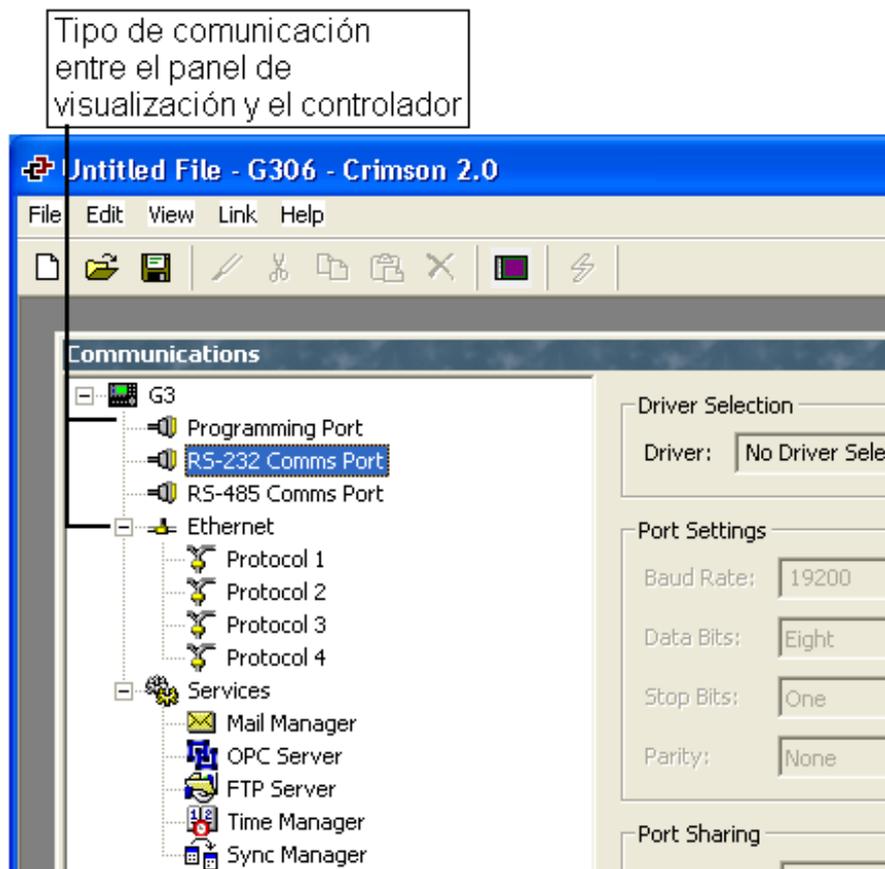


Figura 2.38: Selección del protocolo de comunicación

Como puede verse, la ventana de Comunicaciones enlista los puertos disponibles de la unidad en la forma de una estructura de árbol. Los operadores tienen tres puertos serie, con la opción de añadir otros dos puertos en forma de una tarjeta de expansión. Los dispositivos a controlar a través del panel de visualización, también pueden ofrecer dos o más puertos Ethernet capaces de ejecutar simultáneamente varios puertos de comunicaciones.

Para seleccionar un protocolo para un puerto en particular, se hace clic en el ícono de puerto en el panel izquierdo de la ventana de Comunicaciones y se pulsa el botón **Edit**, como se muestra en la Figura 2.39.

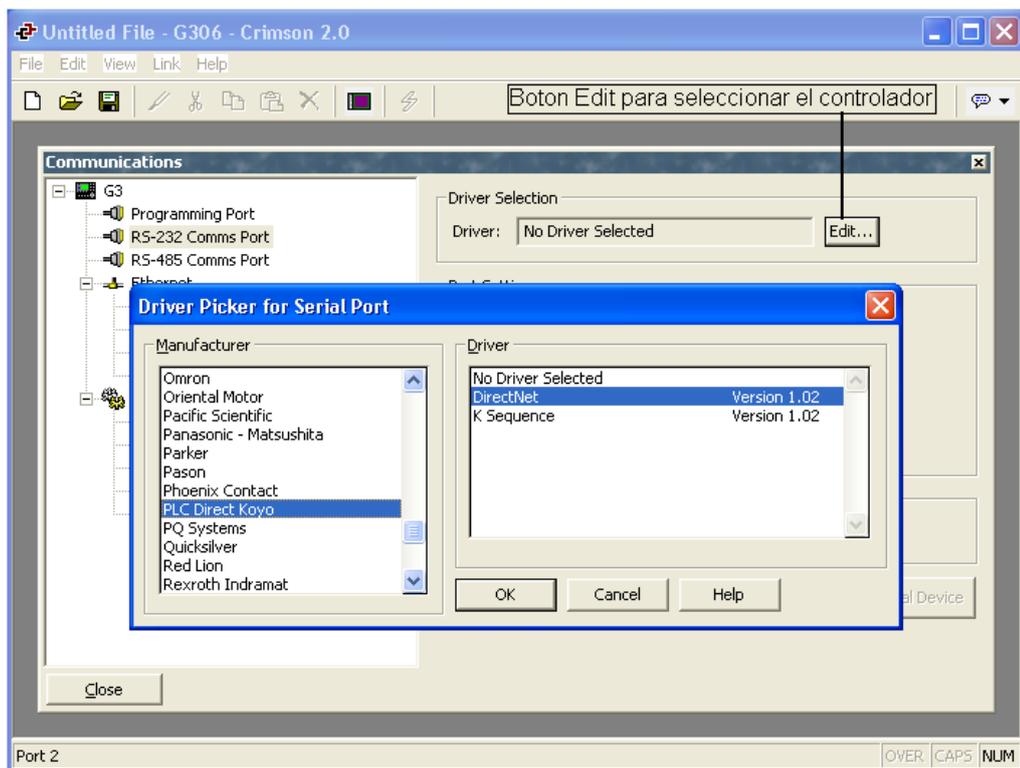


Figura 2.39: Selección del protocolo de comunicación según el controlador

Junto al campo de controladores en el panel de la derecha, el cuadro de diálogo que se muestra en la Figura 2.40, aparecerá.

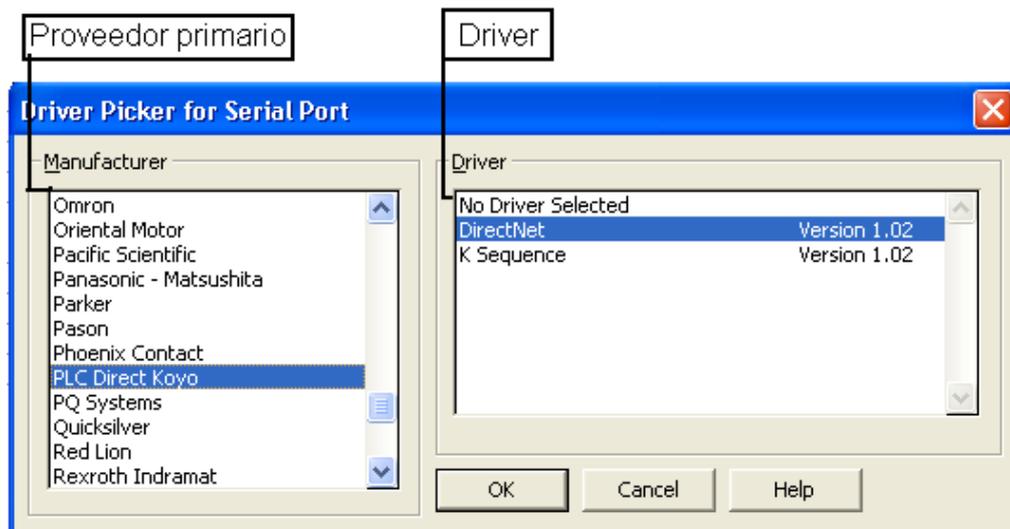


Figura 2.40: Ventana de selección de un protocolo

En esta ventana se deberá seleccionar el proveedor primario y el driver, pulsando el botón **OK** se cierra automáticamente el cuadro de diálogo. El puerto será configurado para utilizar el protocolo apropiado, y un ícono de dispositivo único se creará en el panel de la izquierda. Si se desea configurar un puerto serie, los diversos campos de configuración del puerto (baudios, bits de datos, bits de parada y la paridad) se ajustarán a los valores adecuados para el protocolo en cuestión. Es evidente que se debe revisar estos ajustes para asegurarse que correspondan a los ajustes para el dispositivo que deben abordarse.

2.3.- INTERFACES Y COMUNICACIONES.

2.3.1.- COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS.

Para realizar la comunicación y transmisión de datos desde el controlador hacia el operador gráfico se utiliza una comunicación del tipo serial. El puerto serie del controlador no es más que una interfaz de comunicaciones entre periféricos o terminales, en donde la información es transmitida bit a bit, siendo enviado un solo bit a la vez, además se debe mencionar que esta comunicación ha sido muy utilizada por su simplicidad en la transmisión de datos, ya que puede utilizar desde 3 cables hasta 6. En su forma más básica utiliza un cable para el envío de

datos, otro cable para la recepción de datos y otro cable para la tierra. Para la comunicación serial se utilizan 2 tipos de conectores, como son el conector DB 9 que consta de 9 pines, también se puede lograr este tipo de conexión con conectores RJ12 que para el proyecto será el que presente mayor prestación, en la Figura 2.41 se visualiza el tipo de conector a utilizar.



Figura 2.41: Comunicación serial (RJ12)

CAPÍTULO 3

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS.

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Para la implementación del sistema de monitoreo y control existe la necesidad de conocer y describir cada uno de los elementos involucrados en el proceso, al igual que cada una de las señales a utilizar.

3.1.1.- TRANSDUCTOR DE PRESIÓN CERABAR T PMC 131-A22F1Q4R¹⁷

El transductor de presión cerabar T de la Figura 3.1, está diseñado para medir presión relativa (manométrica) de líquidos. Su funcionamiento es independiente de la orientación del montaje. Tiene un rango de temperatura de trabajo de $-20...85$ ($^{\circ}\text{C}$), un campo de medida de presión de trabajo de la variable física de $0...150$ (psi) y una señal análoga normalizada de corriente 2 hilos de 4 (0 psi).... 20 (150 psi) miliamperios y la alimentación es de voltaje directo de $11...30$ Vdc.

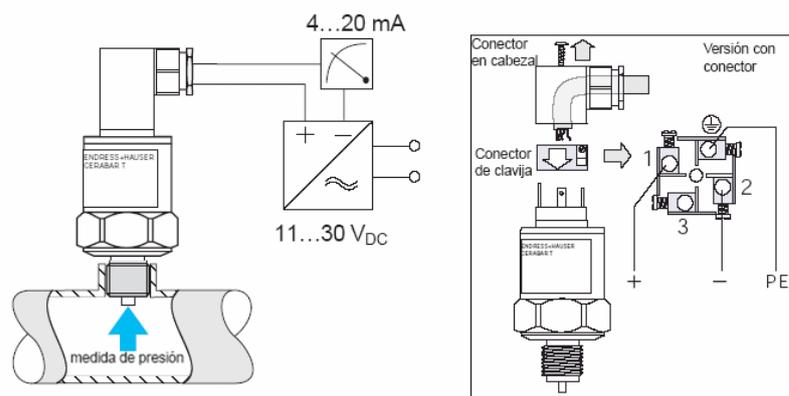


Figura 3.1: Transductor de presión, conexión eléctrica y a proceso

¹⁷ Internet: www.transcom.sk/.../Cerabar_T_PMC_131_PMP_131_PMP_135.pdf

La medida de presión manométrica se refiere a que el sistema hidráulico en condiciones estáticas o sin operar debe registrar el valor de 0 psi (4 miliamperios).

Para el ajuste del punto cero se pueden ajustarse en un rango de $\pm 5\%$ utilizando el potenciómetro que se observa en la Figura 3.2, bajo uno de los tornillos del módulo conectable.

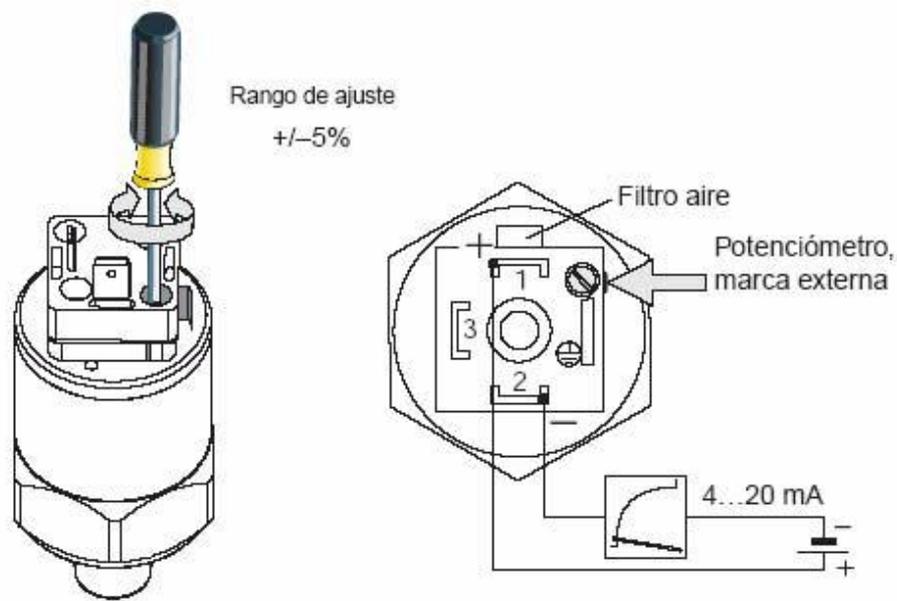


Figura 3.2: Calibración del transductor PMC 131

3.1.2.- TRANSDUCTOR DE PRESIÓN CERABAR T PMC 131-A22F1A3C¹⁸

La medida obtenida por este transductor es la presión de succión o vacío del sistema hidráulico, su magnitud también depende del comportamiento de la pérdida de carga en el sistema. La conexión a proceso, eléctrica y el ajuste a cero son idénticos al transductor de presión anterior. El campo de medida de presión manométrica de succión es de $-1...0$ (bares) y una señal analógica normalizada de corriente 2 hilos de 20 (0 bar)... 4 (-1 bar) miliamperios.

¹⁸ Internet: www.transcom.sk/.../Cerabar_T_PMC_131_PMP_131_PMP_135.pdf

3.1.3.- DETECTOR DE NIVEL LIQUIPHANT T FTL 20-0214¹⁹

El banco de pruebas debe operar de manera segura, la señal discreta (on-off) de este equipo permitirá tener una señal lógica que permite el funcionamiento del banco, ya que lo se lo instalará en el depósito cerca del límite de la referencia de nivel.

Si existe una falla por rotura o fuga del fluido en el depósito y en las tuberías, se tendrá un cambio de estado de esta señal lo que ayudará a realizar acciones para aislar o hacer menos problemático la operación del banco de pruebas. Al operar las bombas centrífugas sin la presencia de fluido, pueden verse afectados los sellos mecánicos y con esto generar la presencia de fugas de fluido en la misma.

El detector de nivel Liquiphant T se puede instalar en cualquier orientación, pero lo importante es tener en cuenta la orientación de la horquillas. Su alimentación es de 19...253 Vac, se debe instalar en serie una carga externa con la alimentación; posee dos indicadores (verde y roja) de estado de operación y salida de la señal discreta y del detector de nivel. El procedimiento para realizar la conexión eléctrica se hace referencia en la Figura 3.3.

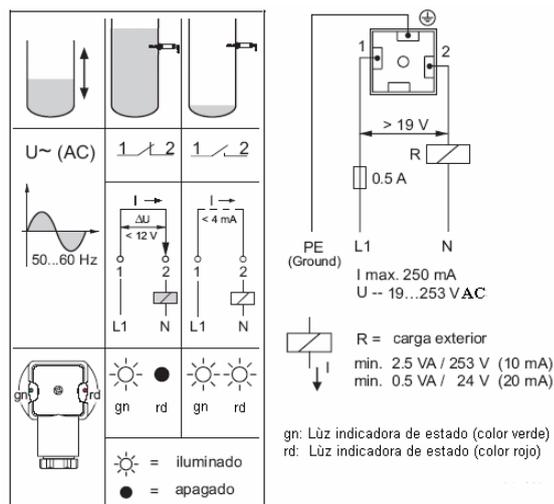


Figura 3.3: Conexión del detector de nivel Liquiphant T FTL 20-0214

¹⁹ Internet: www.miebo.de/upload/TI364Fen.pdf

3.1.4.- SENSOR CAPACITIVO CCN5-F46A-E3.16²⁰

La función del detector capacitivo de la Figura 3.4, consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos no metálicos (en este caso es nivel de agua), midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Datos generales:

- Función del elemento de conmutación: PNP N.C.
- Distancia de conmutación de medición: 5 mm.
- Montaje: no enrasado.
- Polaridad de salida: CC.
- Distancia de conmutación asegurada: 0... 3,5 mm.



Figura 3.4: Sensor capacitivo CCN5-F46A-E3

3.1.5.- TRANSDUCTOR DE CAUDAL PROMAG²¹

Trabaja en la medición del caudal de fluidos en sistemas de tuberías cerrados. Su principio de medida electromagnética del caudal es en base a la ley de Faraday, el campo de medida del transductor de caudal es de 0...160 (gpm), dando origen a

²⁰ Internet: www.gb.pepperl-fuchs.com/selector/navi/productInfo/.../103537_spa.pdf

²¹ Internet: www.aalto.ca/aaltoinc/Datasheets/EHDF50.pdf

una señal de corriente análoga de 4 (0 gpm)...20 (160 gpm) miliamperios, se lo observa en la Figura 3.5.

Las unidades galones por minuto (gpm.), fueron seleccionadas para tener unidades comunes en relación a la curva característica de las bombas hidráulicas.

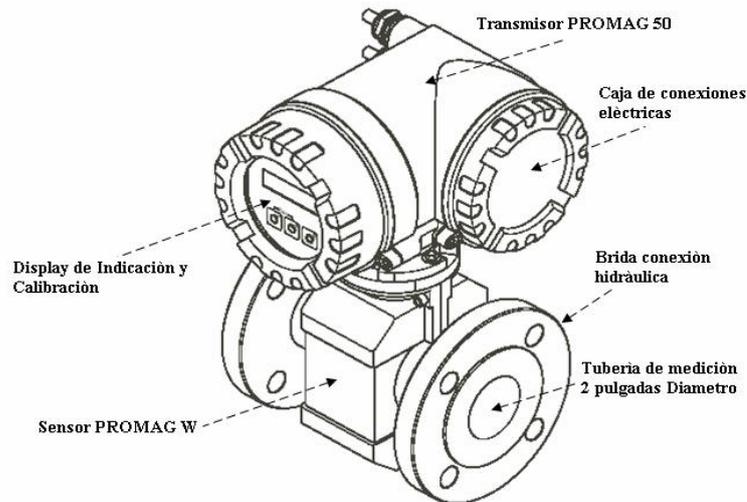


Figura 3.5: Componentes del sistema de medición de caudal PROMAG

En el transmisor del medidor de caudal, se encuentra, la caja de conexiones eléctricas que se visualiza en la Figura 3.6 y se las describe a continuación:

- a) Cable para la fuente de alimentación: 85...260VAC.
 - a. Terminal n° 1: L1 (fase) para AC.
 - b. Terminal n° 2: N (neutro) para AC.
- b) Cable de señal de salida análoga de corriente: terminales 26 (+) y 27 (-).
- c) Terminal de tierra para el conductor de protección.
- d) Terminal de tierra para la pantalla del cable de señal.
- e) Adaptador de servicio para el conexionado de la interfaz de servicio.
- f) Tapa del compartimiento de las conexiones eléctricas.
- g) Presilla de inmovilización.

3.1.6.- SENSOR DE TEMPERATURA TST 41N-DPDN12BAA0²²

El monitoreo de la temperatura del fluido en el sistema hidráulico del proyecto en estudio es muy importante, ya que es un factor a considerar cuando se analiza la cabeza neta de succión de la bomba hidráulica, sin olvidar que es esencial que la presión de succión a la entrada de la bomba tenga un valor más elevado que la presión a la cual se presentaría vaporización a la temperatura de operación del líquido.

Esta medición de temperatura está formada por un sensor termoresistivo denominado RTD de tipo Pt100 de 3 hilos que estará en contacto a la variable física a medir.

Posee una bayoneta de 160 milímetros de largo total y una bayoneta de medida de 30 milímetros de largo con un diámetro de 6 milímetros, con una temperatura de operación de -50 °C...+600 °C.

a.- Transmisor de temperatura TMT 181-A31AA²³

Es un transmisor de temperatura universal, para sensores de temperatura resistivos (RTD). La unidad es para montaje en cabezal, monitoriza y transforma diferentes señales de entrada a una señal de salida analógica de corriente.

El sensor que se observa en la Figura 3.8, es un Pt100 (RTD), modo de conexión de 3 hilos y el transmisor genera un rango de medida de temperatura de 0 °C. (4miliamperios) a +100 °C. (20 miliamperios).

²² Internet: portal.endress.com/wa001/dla/50000005566/000/00/TI_232T_02_en_1198.pdf

²³ Internet: portal.endress.com/wa001/dla/50000004308/000/00/TI070Res.pdf

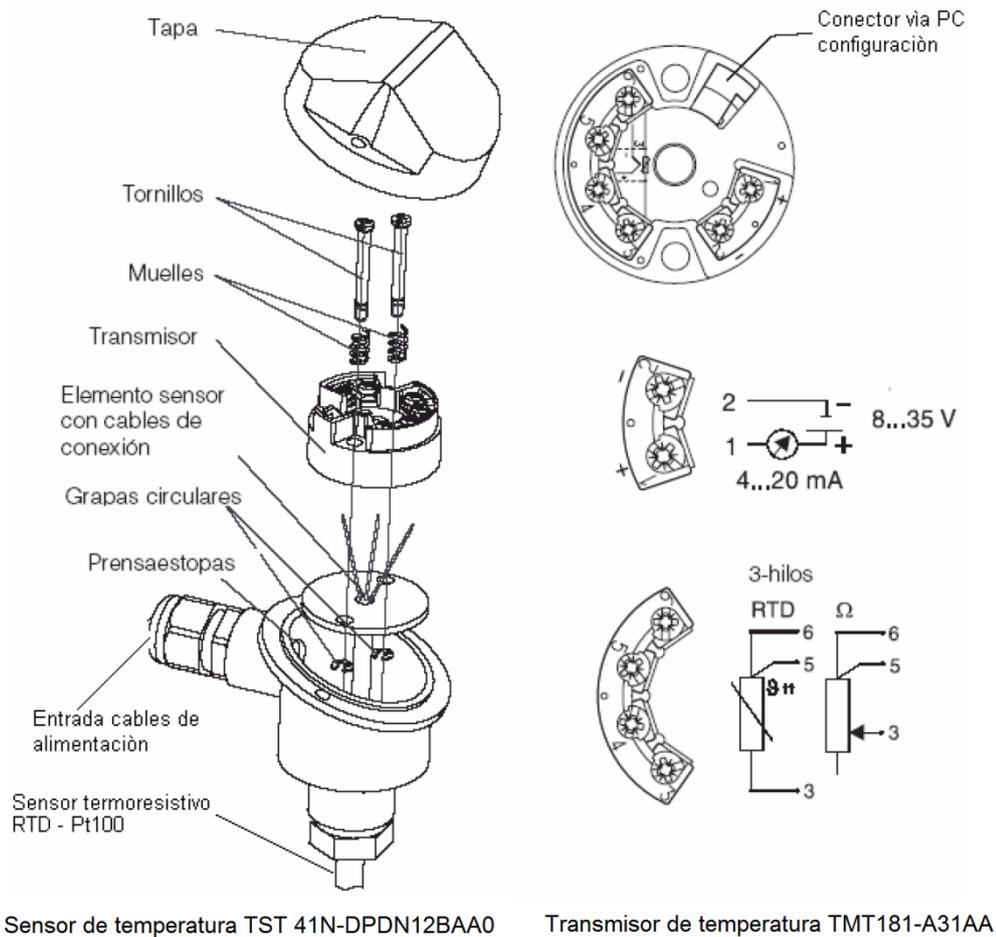


Figura 3.8: Sensor de temperatura TST 41N-DPDN12BAA0 y transmisor de temperatura TMT 181-A31AA

3.1.7.- ACTUADOR LINEAL ML7420A3055²⁴

Los actuadores lineales eléctricos están diseñados para el control modulante con una señal de entrada análoga de voltaje de control de 0...10 Vdc o de 2...10 Vdc, se lo puede observar en la Figura 3.9.

Opera con válvulas de control para aplicaciones de control modulante de flujo y de presión en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

²⁴ Internet: customer.honeywell.com/techlit/pdf/63-0000s/63-2533.pdf

El giro del motor síncrono se convierte en un movimiento lineal del vástago mediante una transmisión de engranajes, el vástago del actuador se une al de la válvula con un retenedor. El sensor interno de fuerza mediante los microinterruptores detiene el actuador de forma precisa cuando se alcanza la fuerza del vástago especificada.



**Figura 3.9: Válvula de control en conjunto con actuador lineal
ML7420A3055**

Entre sus características técnicas se tiene:

- Bajo consumo de energía 5 VA.
- Fuente de alimentación de 24 VAC $\pm 15\%$ - 50/60 Hz.
- 2...10 Vdc señal de salida análoga (feedback) de posición del vástago.
- 0...10 Vdc o 2...10 Vdc señal de entrada análoga seleccionable.
- Carrera de apertura y cierre de 20 milímetros.
- Fuerza de aplicación ≥ 600 Newtons.

Existe una señal de salida de 2...10 Vdc, que representa la posición real del vástago del actuador, que se puede utilizar para una indicación remota. Cuando el vástago está extendido (válvula de control en posición cerrada), la señal de salida es de 10 Vdc. Y cuando el vástago está retraído (válvula de control en posición abierta), la señal de salida es de 2 Vdc.

En la Figura 3.10, se describe la manera de realizar el cambio de rango de medición con el cual puede trabajar este dispositivo, ya sea de 0...10Vdc ó de 2...10Vdc; así como la conexión eléctrica de la entrada analógica y de la salida analógica.

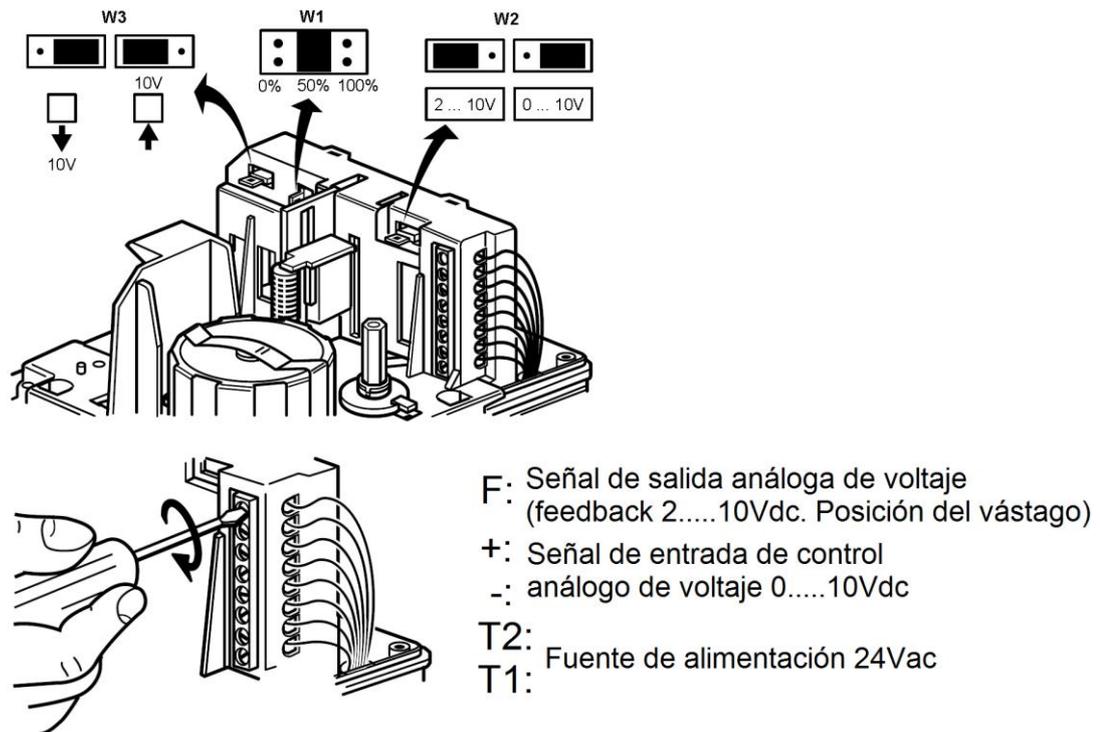


Figura 3.10: Acción del movimiento lineal y conexión eléctrica del Actuador ML7420A3055

3.1.8.- SENSOR ULTRASÓNICO UB800-18GM40-I-V115²⁵

Es un sensor que permite tener una señal continua en su salida de 4-20 mA, su funcionamiento se basa en la emisión de una señal ultrasónica y el tiempo que se demora en enviar y regresar ésta a un receptor, lo que permite medir el nivel. El sensor ultrasónico de la Figura 3.11 dispone de una salida analógica con dos límites de evaluación memorizables.

²⁵ Internet: files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/edb/205340_spa.pdf

Datos generales:

- Rango de detección: 50... 800 mm.
- Rango de ajuste: 70... 800 mm.
- Zona ciega: 0... 50 mm.
- Dimensiones: 100 mm x 100 mm.



Figura 3.11: Sensor ultrasónico UB800-18GM40-I-V1

a.- Conector macho V1-G-2M-PVC.

Para el acoplamiento del sensor ultrasónico se utilizó conector macho, como se observa en la Figura 3.12; sus datos técnicos se indican a continuación.

Datos generales:

- N° de polos: 4
- Conexión: 1
- Conector hembra Rosca: 1 M12
- Conexión: 2 Terminal de línea libre.
- Datos eléctricos Tensión de trabajo UB máx.: 300 V CC.
- Tensión de prueba: > 1500 Vrms CA.
- Corriente de trabajo máx.: 4 A Resistencia de tránsito: < 5 MΩ.



Figura 3.12: Conector macho V1-G-2M-PVC

3.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS AUTOMATISMOS DE CONTROL.

3.2.1.- PROGRAMADOR LÓGICO CONTROLABLE D0-06DR²⁶.

Este PLC permite manejar módulos de expansión de entradas y salidas discretas y análogas, contadores de alta velocidad, matemática de punto flotante, controladores PID, varias opciones de comunicaciones seriales y con Ethernet.

a.- Especificaciones y operación de la CPU.

La unidad central de proceso es el corazón del PLC. Casi todas las operaciones son controladas por la CPU, así que es importante que esté configurada correctamente. Existe una memoria RAM en la cual se almacenará temporalmente los parámetros del sistema, las memorias y otros datos que no están en el programa de aplicación.

El almacenamiento del programa se lo hace en la memoria flash del PLC. Toda la descripción de la memoria del controlador se encuentra en la Tabla 3.1.

²⁶ Manual del PLC DL06, Manual No.: D0-06USER-M-SP, Volumen 1 de 2, Segunda edición.

Tabla 3.1: Especificaciones del PLC Koyo DL06

Especificaciones	
Características	Detalle
Memoria Ladder (palabras)	7680
Memoria V total	7616
Memoria V de usuario (palabras)	7488
Memoria V no volátil (palabras)	128
Tiempo de ejecución de un contacto	0,6 μ s
Tiempo de barrido	Variable o fijo
Puertos de comunicación incluidos (RS232C)	sí
Cantidad de puntos de entradas y salidas locales	20 entradas, 16 salidas
Cantidad de instrucciones disponibles	229
Relevadores especiales (Definidos por el sistema)	512
Temporizadores	256
Contadores	128
Entradas de interrupción (externas o por tiempo)	sí
Subrutinas	sí
Operaciones aritméticas (Con enteros y con punto flotante)	sí

La comprensión de cómo opera la CPU es importante para tener un control apropiado del proceso. Se puede trabajar en dos modos de operación, los cuales tienen su utilidad específica mientras se desarrolla el esquema de control. El diagrama de flujo de la Figura 3.13, muestra cómo se diferencian las tareas, basado en el modo de la CPU y la existencia de cualquier error.

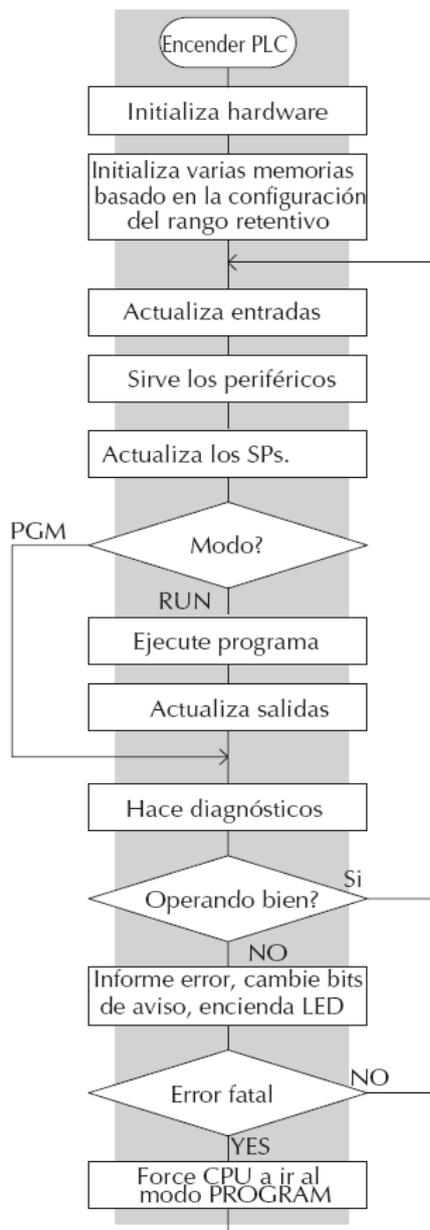


Figura 3.13: Operación de barrido del Koyo DL06

Se usa principalmente el modo **Program** para configurar los parámetros de la CPU. En este modo siempre se están leyendo las entradas, lo que permite que las herramientas de programación supervisen su estado en cualquier momento. En modo **RUN** la CPU actualiza las entradas y salidas, resuelve la lógica del programa, fuerza operaciones, y permite modificar el programa mientras se da el proceso.

La detección de errores tiene dos niveles; se informan los errores no fatales, pero la CPU permanece en su modo normal; si ocurre un error fatal, la CPU es forzada al modo Program y se apagan las salidas. La programación total del controlador se encuentra detallada en el Anexo D-1.

b.- Hardware del equipo.

Las conexiones de entradas (X0 – X23) y salidas (Y0 – Y17), Leds indicadores y etiquetas en el PLC DL06 están situadas en su panel frontal, al igual que los puertos de comunicación, las ranuras de tarjeta de opción y el switch selector de modo; tal como se observa en la Figura 3.14.

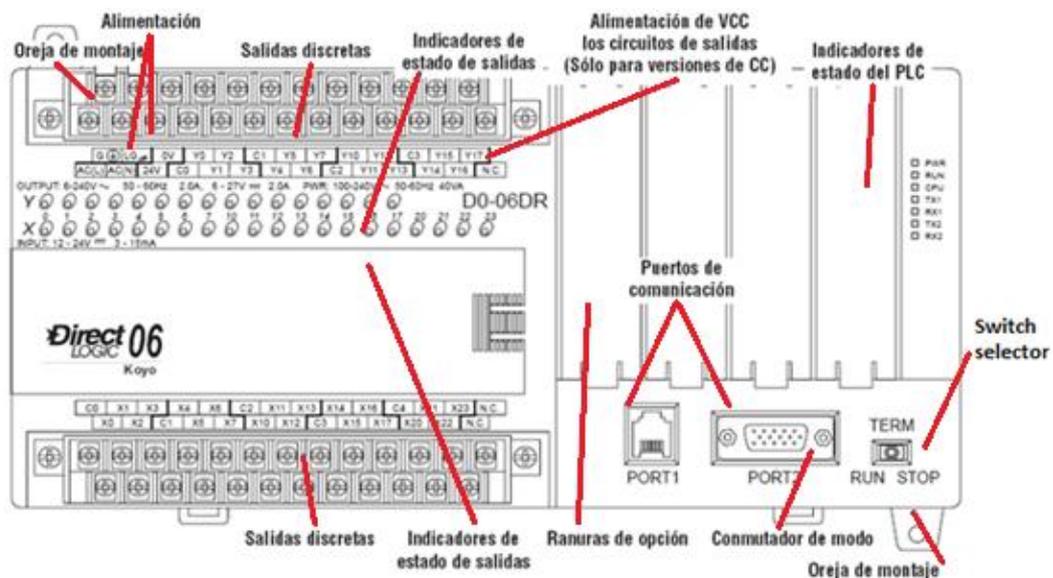


Figura 3.14: Panel frontal del PLC Koyo D0-06DR

Los terminales del DL06 se dividen en dos grupos. Cada grupo tiene su propio bloque de terminales. Las salidas y el cableado de la energía están en un bloque, y el cableado de las entradas está en el otro. Los terminales de tornillo son de tamaño M3, que aceptan alambre trenzado No. 16 a 22 AWG.

c.- Concepto de entradas y salidas surtidoras/drenadoras.

Antes de avanzar en la presentación de estrategias de alambrado, Se necesita introducir los conceptos de "drenadoras" y "surtidoras." Estos términos se aplican a circuitos típicos de entradas o salidas.

Entradas y salidas drenadoras, hace referencia a la conexión para suministrar negativo (-).

Entradas y salidas surtidoras, hace referencia a la conexión para suministrar positivo (+).

Se debe notar la referencia a las polaridades (+) y (-), teniendo en cuenta la aplicación a realizarse. La terminología de drenadoras y surtidoras se aplica sólo a circuitos de entradas y salidas de corriente continua (CC). Los puntos de entradas y las salidas que son drenadoras o surtidoras pueden conducir corriente en una dirección solamente, este concepto se hace referencia en la Figura 3.15.

Esto significa que es posible conectar el aparato externo de suministro y el campo al punto de entradas y salidas, de tal forma que la corriente no fluya en la dirección errada y el circuito no operará. Sin embargo, se puede conectar exitosamente el aparato de suministro y el campo cada vez entendiendo lo que es una entrada o salida "surtidora" y "drenadora".

Aplicando el concepto antes mencionado a las cuatro combinaciones posibles de los tipos de entradas y salidas, drenadoras y surtidoras, se tiene los cuatro circuitos mostrados en la Figura 3.15.

Cualquier par de circuitos de entradas o salidas mostradas a continuación es posible con uno de los modelos DL06.

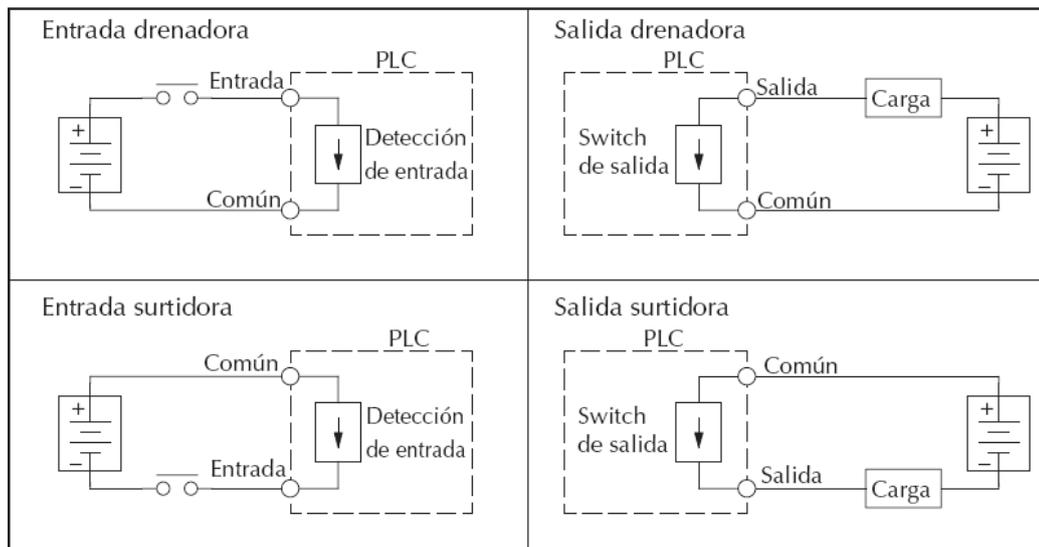


Figura 3.15: Entradas y Salidas, drenadoras y surtidoras

d.- Conceptos de terminales "Comunes".

Para que opere un circuito de entradas y salidas del PLC, la corriente debe entrar en un terminal y salir en otro. Esto significa que por lo menos dos terminales se asocian con cada punto de entrada o salida. En la Figura 3.16, el terminal de entrada o salida es el camino principal para la corriente. Un terminal adicional debe proporcionar el camino de regreso a la alimentación. Éste es el terminal común.

La mayoría de los puntos de entradas o salidas se agrupan en los PLC's en el camino de regreso entre dos o más entradas o salidas. La Figura 3.16, muestra a un grupo (el banco) de 4 puntos de entradas que comparten un camino común de regreso. De esta manera, las cuatro entradas requieren sólo cinco terminales en vez de ocho.

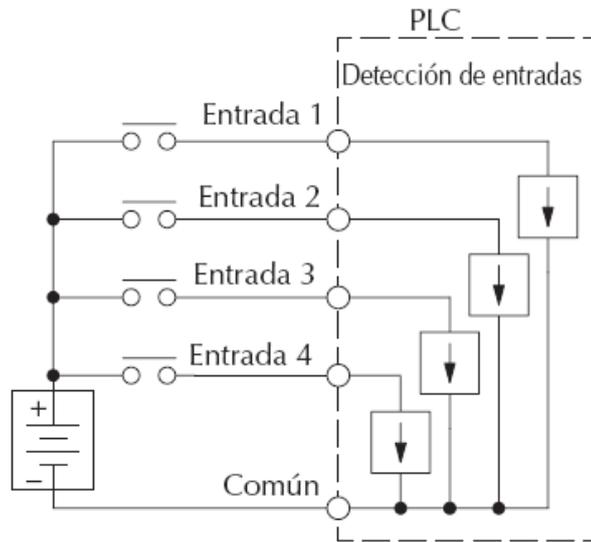


Figura 3.16: Terminal común de un bloque de entradas

La mayoría de los circuitos de entradas y salidas del PLC DL06 se agrupan en bancos que comparten un camino común de regreso. La mejor indicación del agrupamiento común está en el rótulo de alambrado en el PLC. Los grupos comunes son separados por una línea más gruesa. Una línea más delgada separa las entradas asociadas con aquel común. En la Figura 3.17, se observa que X0, X1, X2, y X3 comparten el común terminal C0, localizado a la izquierda de X1.

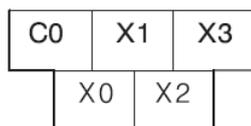


Figura 3.17: Bloque de entradas con su común

En la Figura 3.18, se indica conjunto completo de etiquetas, muestra cinco bancos de cuatro entradas y cuatro bancos de cuatro salidas.

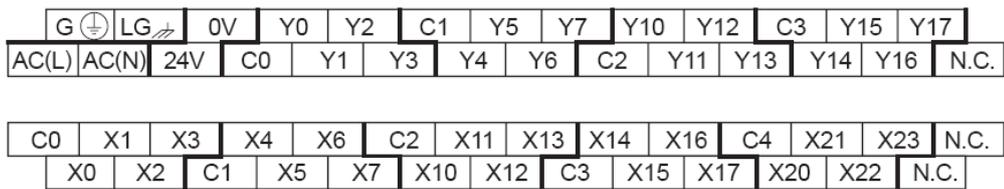


Figura 3.18: Terminal común de cada bloque de entradas

e.- Métodos de cableado de entradas de corriente continua.

Los PLC DL06 con este tipo de entradas, son particularmente flexibles porque ellas pueden ser conectadas como se menciona anteriormente. Se pretende usar en el rango de +12 VCC y +24 VCC. Se puede conectar cada grupo de entradas asociadas con el común como drenadoras y la otra mitad como surtidoras. Las entradas agrupadas por un común deben ser todas drenadoras o todas surtidoras.

En la Figura 3.19, todos los comunes están conectados y todas las entradas son drenadoras.

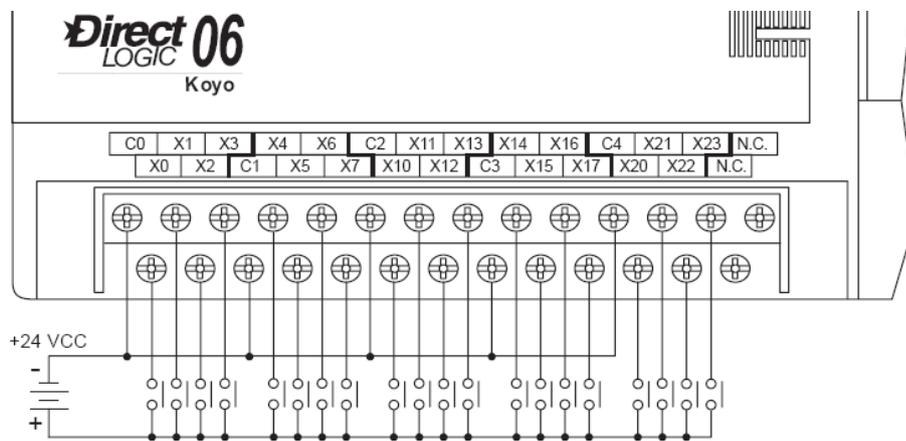


Figura 3.19: Conexión de entradas drenadoras

Las entradas discretas utilizadas para el mando control y supervisión del proyecto, tales como paros, encendidos, protecciones, etc.; se encuentran resumidas en la Tabla 3.2, además de cada una de los canales de entradas “X” del controlador a los cuales se realizarán las conexiones respectivas.

Tabla 3.2: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR DI

Asignación del equipo	IN	Señal Discreta: Función	Operación
Liquiphant T FTL 20-0214	X0	On: Censado del nivel superior de agua Off: Ausencia del nivel máximo de agua	Detector de nivel máximo de agua
Sensor capacitivo CCN5-F46A-E3.16	X7	On: Censado del nivel máximo de agua Off: Ausencia del nivel mínimo de agua	Detector de nivel mínimo de agua
Pulsador de paro de emergencia	X1	On: Paro de emergencia Off: Operación normal	Operación normal del sistema
Selector de automático	X2	On: Operación con software Off: Operación local	Nodo de operación del banco
Contactador A	X3	On: Energizado variador y motor Off: Desenergizado variador y motor	Energizado circuito de fuerza Bomba centrífuga A
Contactador B	X4	On: Energizado variador y motor Off: Desenergizado variador y motor	Energizado circuito de fuerza Bomba centrífuga B
Relé térmico A	X5	On: Sobrecarga variador y motor Off: Operación normal variador y motor	Operación Bomba centrífuga A
Relé térmico B	X6	On: Sobrecarga variador y motor Off: Operación normal variador y motor	Operación Bomba centrífuga B

f.- Métodos de cableado de salidas de corriente continua.

Los circuitos de salida C.C. DL06 son transistores de alto rendimiento con resistencia baja en el estado ON y tiempos rápidos de conmutación. A continuación se observan las características siguientes que son únicas para las salidas de estos modelos de controladores:

- Hay solamente un común eléctrico para las 16 salidas, también estas pertenecen a un mismo banco.
- El circuito de salida dentro del PLC requiere energía externa. La fuente (-) debe estar conectada a un terminal común y la fuente (+) se conecta al terminal de la extrema derecha en el terminal superior (+V) mostrado en la Figura 3.20.

En el ejemplo siguiente, las 16 salidas comparten una fuente común.

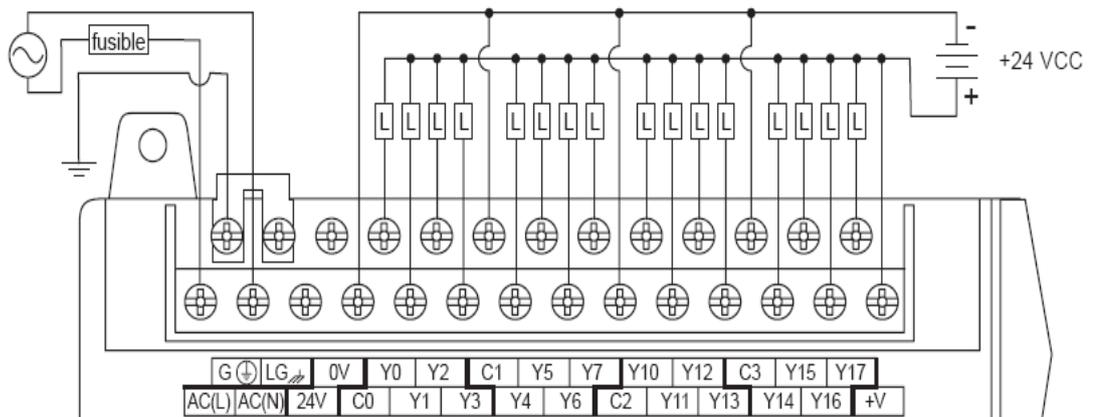


Figura 3.20: Conexión de salidas drenadoras

Las salidas digitales que son de utilidad para la protección de las bombas del proyecto se observan en la Tabla 3.3; además de cada uno de los canales del controlador a los cuales han sido asignadas.

Tabla 3.3 Distribución de salidas del Controlador D0-06DR DO

Asignación del equipo	OUT	Señal Discreta: Función	Operación
Relé de estado sólido A	Y1	On: Energizado contactor A Off: Desenergizado contactor A	Energizar variador - motor Bomba centrífuga A
Relé de estado sólido B	Y2	On: Energizado contactor B Off: Desenergizado contactor B	Energizar variador - motor Bomba centrífuga B

g.- Tratamiento de señales analógicas.

Para la manipulación y el tratamiento de las señales provenientes de los sensores y para no afectar las conexiones de los proyectos previos, se debe construir un circuito de derivación de señales, éste servirá para no interferir las señales que entran y salen del FieldPoint, ya que éste trabaja con señales de transistor y la más mínima variación de tensión o corriente provocará un daño al equipo.

La manera más factible para el presente proyecto de derivar las señales, es utilizando relés conmutados, que servirán para desviar la señal, tanto para el PLC como para el FieldPoint, por lo tanto a cada una de las señales de entrada y salida se le asociará un relé conmutado para distinguir las y utilizarlas en el controlador, al igual que a cada una de las fuentes de alimentación de los proyectos antecesores

A dicho grupo de relés se realizó la coordinación para que actúen al mismo tiempo; es decir que en el instante de activar el tablero de control del proyecto, se transmitan las señales hacia nuestro proyecto, y al mismo tiempo se desactiven las señales y las alimentaciones del proyecto anterior. El circuito de derivación se muestra en la Figura 3.21; y con mayor detalle en el Anexo E-4 se presenta el esquema eléctrico del banco de relés.



Figura 3.21: Ubicación del Banco de relés

h.- Módulo de entradas de señales análogas del DL06-DR.

Cada una de las señales provenientes del proceso se encuentran estandarizadas de 4.....20 mA a excepción del actuador eléctrico, por tanto se recibirá en cada canal las señales de entrada de corriente análogas del monitoreo de las variables físicas del sistema hidráulico, señales como temperatura, presión de descarga, presión de succión, nivel y caudal, para cada una de las señales se ha seguido un mismo esquema de conexión, el cual se indica en la Figura 3.22.

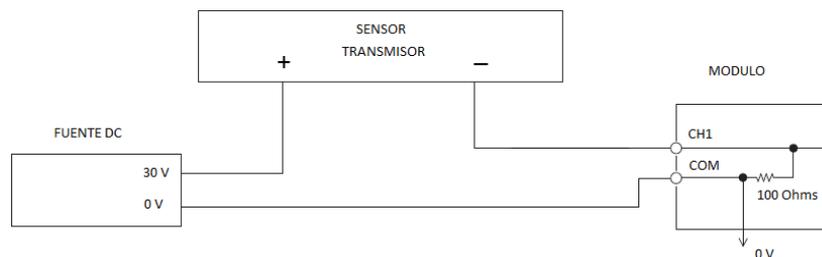


Figura 3.22: Conexión eléctrica señal de entrada analógica de corriente

En el caso del actuador eléctrico existe el inconveniente que al igual que los sensores, éste también ingresa una señal análoga al PLC, dicho inconveniente presenta una dificultad ya que la salida del actuador es de 2....10 V. Para poder

trabajar como una señal de corriente se ha visto la necesidad de incrementar una resistencia de 500Ω , para obtener una salida de $4\dots\dots 20\text{ mA}$; existe un control interno del actuador que permite enviar una señal de $0\dots\dots 10\text{ V}$ que es útil para obtener la señal necesaria con la ayuda de la resistencia. El esquema de conexión se indica en la Figura 3.23.

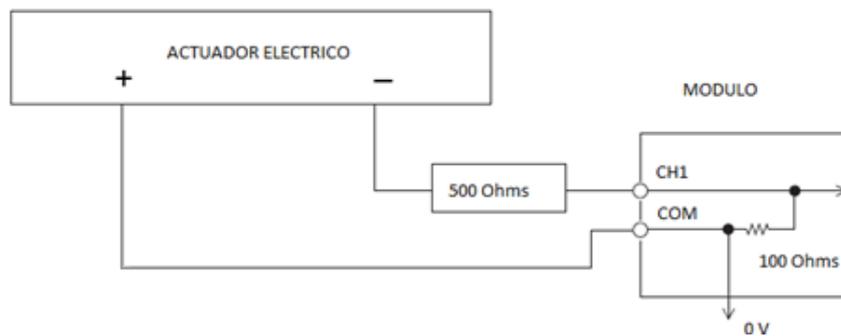


Figura 3.23: Conexión eléctrica señal de entrada analógica de voltaje.

En la Tabla 3.4 se resumen todas las señales de entrada análogas, las cuales serán de utilidad para el monitoreo y control del proceso al igual que cada uno de los canales que ocuparán del módulo de entradas análogas F0-08ADH-1.

Tabla 3.4: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR AI

Asignación del equipo	Canal	Señal análoga (rango de medida)	Operación
TMT 181-131AA	1	4.....20 mA 0.....100 °C	Temperatura Grados centígrados (°C)
Cerabar TPMC 131- 122F1A3C	3	20.....4 mA 0.....1 bar	Presión negativa manométrica de succión Unidad de presión (bar)
Cerabar TPMC 131- 122F1Q4R	6	4.....20 mA 0.....150 psi	Presión positiva manométrica de descarga Unidad de presión (psi)
PROMAG	5	4.....20 mA 0.....160 gpm	Caudal Galones por minuto (gpm)

MLT7420A3055	7	10.....2 Vdc 0.....100 %	Posición del vástago de la válvula Apertura y cierre de válvula (%)
UB800-18GM40-I-V1	2	4.....20 mA 50.....800 mm	Nivel Milímetros (mm)

i.- Módulo de salida de señales análogas del DL06-DR.

Cada una de las señales que serán enviadas hacia el proceso analógicamente, se encuentran estandarizadas de 0.....10 V, por tanto se enviará desde cada canal las señales hacia los dispositivos tales como variadores de frecuencia y el actuador lineal, el patrón que se ha seguido de conexión es el mismo para cada una de las salidas análogas, el cual se indica en la Figura 3.24.

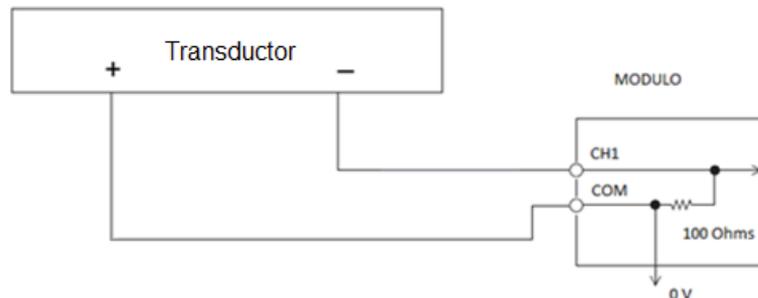


Figura 3.24: Conexión eléctrica de una salida analógica de voltaje

En la Tabla 3.5 se encuentran todas las señales de salida análogas, las cuales serán de utilidad para el control del proceso al igual que cada uno de los canales que ocuparán del módulo de entradas análogas F0-08DAH-1.

Tabla 3.5: Distribución de entradas del Controlador D0-06DR AO

Asignación del equipo	Canal	Señal análoga y rango de medida	Operación
MLT 420A3055	1	0.....10 Vdc 0.....100 %	Posición de la válvula Apertura y cierre en %

ATV11HU18M2A (Bomba A)	3	0.....10 Vdc 0.....3450 rpm	Velocidad en la bomba centrífuga A Revoluciones por minuto
ATV11HU18M2A (Bomba B)	6	0.....10 Vdc 0.....3450 rpm	Velocidad en la bomba centrífuga B Revoluciones por minuto

3.2.2.- VARIADOR DE VELOCIDAD ATV11HU18M2A

Variando la velocidad de operación de las bombas centrífugas, se obtiene diferentes capacidades técnicas a los nominales que trabaja el equipo, manipulando el comportamiento hidráulico de las bombas en el sistema hidráulico, es decir que esta aplicación ayudará a trabajar con bombas hidráulicas de iguales o diferentes características.

El variador de velocidad **ATV11HU18M2A**, es un convertidor de frecuencia con alimentación monofásica, el rango de trabajo es de 200...240 Vac para motores trifásicos asíncronos de jaula de ardilla.

Las funciones principales integradas del variador son las siguientes:

- Arranque y control de velocidad.
- Aceleración, desaceleración, y diversos tipos de frenado.
- Protección térmica del motor y del variador.
- Control de 2 y 3 hilos.
- 4 velocidades preseleccionadas.
- Memorización de la configuración en el variador.
- Inyección de corriente continua para el frenado
- Regulación de velocidad por control vectorial de flujo.
- Recuperación automática y recuperación al vuelo.
- Controles locales marcha y paro, y potenciómetro para consigna de velocidad.
- Supervisión de estado del variador.

El menú de programación y el ingreso de datos al variador dependerán de las características técnicas del motor eléctrico de la bomba hidráulica.

Algunas características principales de operación de este variador de velocidad, son el control local (pulsantes de marcha, parada, y potenciométrico para la consignación de la velocidad) y el control remoto (control a 2 hilos permitiendo controlar el sentido de la marcha mediante un contacto de posición o señal discreta y la consigna de velocidad a través del ingreso de una señal análoga de voltaje 0...10 Vdc.).

La configuración del variador de velocidad, se debe realizar a través del menú del panel frontal del mismo, que tiene los componentes que se describen a continuación y se pueden observar en la Figura 3.25.

1. La información aparece como códigos o valores en tres pantallas de 7 segmentos.
2. Botones para desplazarse por los menús o modificar los valores.
3. “**ESC**”: Botón para salir de los menús (sin confirmación).
4. “**ENT**”: Botón de validación para entrar en un menú o confirmar el valor seleccionado.
5. “**RUN**”: Control local de marcha del motor.
6. “**STOP**”: Control local de la parada del motor.
7. Potenciómetro de consigna de velocidad.

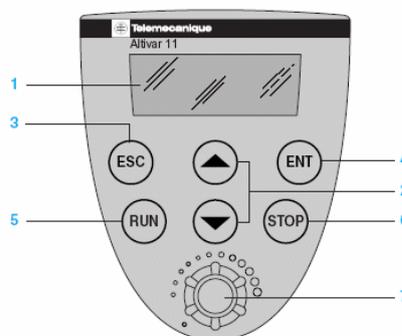


Figura 3.25: Panel frontal del variador de velocidad ATV11HU18M2A

En relación a la normativa para la instalación eléctrica de los automatismos de fuerza y control, en la Figura 3.26 presenta la descripción de la conexión eléctrica.

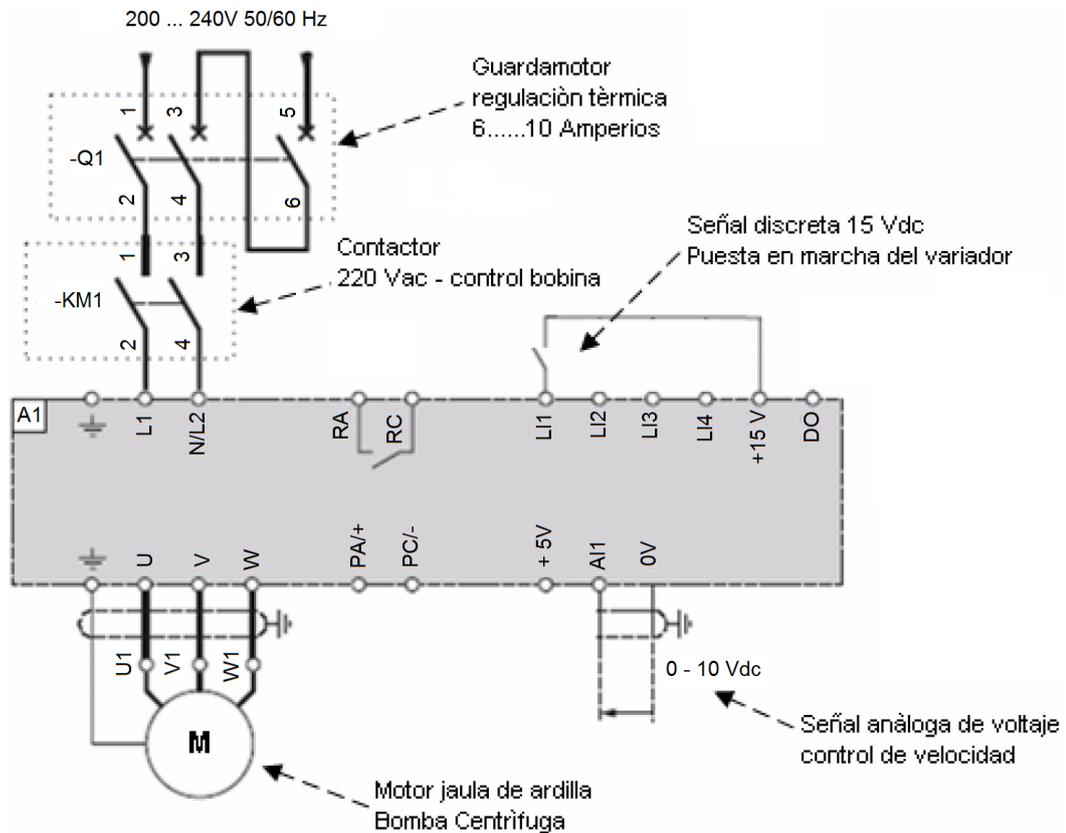


Figura 3.26: Conexión eléctrica del variador de velocidad ATV11HU18M2A

La potencia eléctrica de $\frac{3}{4}$ de HP o 0,75 kilovatios del motor eléctrico de la bomba centrífuga Goulds, es uno de los principales aspectos que se debe tomar en cuenta para la selección de los componentes de control de la bomba, así como también, las características de compatibilidad con equipos de la misma casa fabricante.

Actualmente esta selección es normalizada y hace referencia a la Figura 3.27.



MODELOS CON PULSANTE MARCHA/PARO Y POTENCIÓMETRO INCLUIDOS					
Motor	Red	Altiar 11		Potencia disipada a carga nominal	Referencia
Potencia indicada en placa	Corriente de línea máxima	Corriente de salida permanente	Corriente transitoria máxima		
kW	A	A	A	W	
Tensión de alimentación monofásica: 200...240 V 50/60 Hz					
0,75	8,6	3,6	6	40	ATV11HU18M2A
Asociaciones arranque-motor					
Variador	Potencia motor		Guardamotor	Contactor	
	kW	HP		A	
Tensión de alimentación monofásica: 200...240 V					
ATV11HU18M2	0,75	0,75	GV2 ME14	6...10	LC1 D09 M7
Circuito de comando en corriente alterna					
	Volts AC			220	
LC1 D09	50/60 Hz			M7	

**Figura 3.27: Selección de automatismos de fuerza del variador de velocidad
ATV11HU18M2A**

3.3.- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.

Para la construcción del mismo se deberá revisar, tanto los manuales del Controlador como del Operador Gráfico, ya que al ser los principales elementos del proyecto, en éstos se muestran especificaciones técnicas para el montaje en tableros o en instalaciones aisladas indistintamente.

La selección de un gabinete o cubículo apropiado es importante para obtener una operación segura y apropiada del sistema. El uso de los sistemas DirectLogic varían y pueden requerir características adicionales. Las consideraciones mínimas para los gabinetes incluyen:

- Conformidad a las normas eléctricas.
- Protección contra los elementos en un ambiente industrial.
- Referencia común de la tierra.
- Mantenimiento de la temperatura ambiente especificada.
- Seguridad con acceso restringido.
- Suficiente espacio para la instalación y mantención apropiada del equipo.

3.3.1.- MONTAJE DE ELEMENTOS DE CONTROL.

El gabinete de control necesario para el proyecto requiere de especificaciones directamente relacionadas con el controlador que se presentan en la Figura 3.28, el material utilizado para la construcción será Tool de 0,7mm de espesor, relacionándolo con la construcción del gabinete existente, y además debido a que este tipo de material es utilizado para construcción de armarios eléctricos.

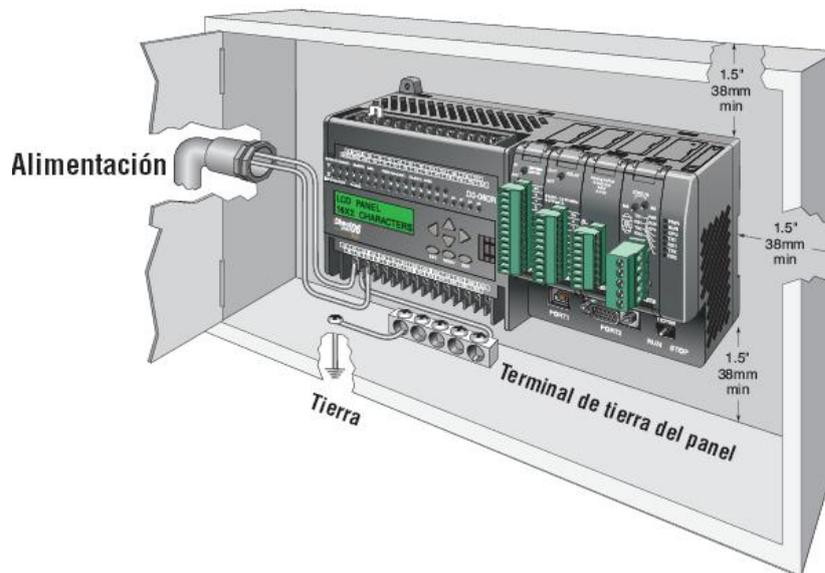


Figura 3.28: Especificaciones de montaje del controlador

Para facilidad, en el momento de manipular los controles del banco de pruebas; éste el segundo tablero de control, se ubicará en la parte inferior izquierda del mismo, y permitirá la incorporación del sistema de control previamente seleccionado, además se incorporará en la parte frontal un selector con el cual se elegirá el sistema con el que se desea trabajar, esto se indica en la Figura 3.29. Para mayor información acerca del tablero de supervisión se puede revisar el Anexo E-5, el cual contiene los esquemas eléctricos.



Figura 3.29: Vista frontal del tablero

Todos los equipos que componen el tablero se encuentran distribuidos adecuadamente y fijados a la misma con canaletas estandarizadas para la distribución de los cables eléctricos y riel tipo DIN para facilidad de instalación de los equipos, esto se visualiza en la Figura 3.30.

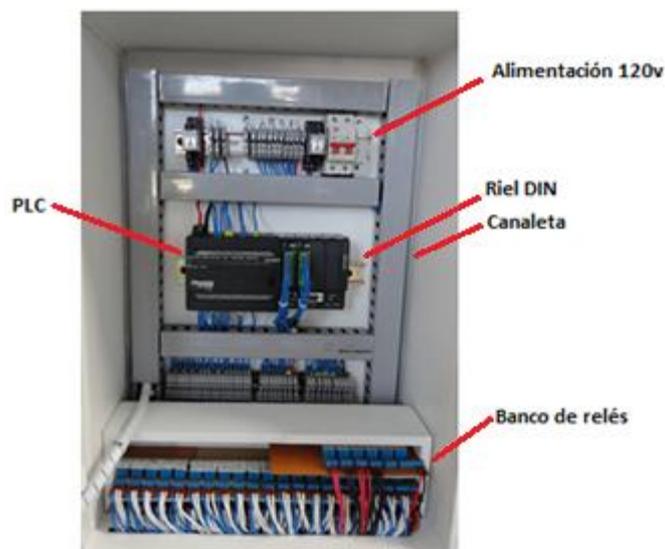


Figura 3.30: Vista interna del tablero

3.3.2.- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE SUPERVISIÓN.

El operador gráfico debe cumplir algunas condiciones básicas para su normal funcionamiento, la construcción de este gabinete (Figura 3.31) se debe realizar con varios criterios técnicos como son la estabilidad, vibración y humedad; también criterios de operación como es la facilidad para poder manejarlo, para lo cual son de mucha ayuda las especificaciones técnicas del operador que se las puede encontrar en el Anexo C-1.



Figura 3.31: Vista del tablero de supervisión

3.3.3.- CONSTRUCCIÓN DEL BRAZO DE APOYO.

Para la construcción del brazo de apoyo se utilizará tubo reforzado de 1.5 pulgadas de diámetro exterior, este tipo de material es muy resistente a la tensión, además es muy fácil de encontrar y de trabajar, adicionalmente es el material indicado para cubrir todas las necesidades de las cuales depende el panel de supervisión.

El brazo quedará sujeto en la parte inferior del banco de pruebas (Figura 3.32), además se incorpora un sujetador que permitirá disponer otro punto de apoyo, reduciendo así posibles vibraciones.

El brazo de apoyo deberá permitir el movimiento del tablero de visualización en un ángulo de 180°, para una mayor comodidad del operador y demás.



Figura 3.32: Brazo de apoyo y tablero de supervisión

3.4.- INTERFACES Y COMUNICACIÓN DEL PROCESO.

De acuerdo a especificaciones técnicas, tanto del controlador como del operador gráfico, existen varias formas de comunicarse; la más factible para este proceso y por la facilidad que prestan los automatismos es la comunicación SERIAL-RS232, para la cual en la Tabla 3.6 se indica los pines relacionados para la comunicación con conector RJ-12.

Tabla 3.6: Configuración del cable de Comunicación RS232

CONEXIÓN			
NUMERO	NOMBRE	CONEXIÓN PIN DE SALIDA	
		RJ12	RJ12
1	CTS	1	5
2	Rx	2	4
3	COMM	3	-
4	COMM	4	1
5	Tx	5	3
6	RTS	6	-

El cable para realizar la comunicación posee dos terminales, uno para el PLC y otro para el operador gráfico, en la Figura 3.33 se puede visualizar.

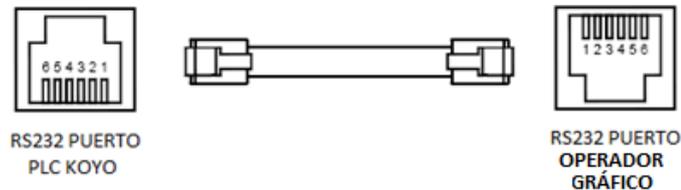


Figura 3.33: Cable de comunicación RS232

3.4.1.- CONFIGURACIÓN DE COMUNICACIÓN.

Para realizar una comunicación exitosa entre el controlador y el operador gráfico se deben tomar en cuenta varios parámetros que distinguen al tipo de comunicación RS-232, tales como son:

- Velocidad de transmisión de datos: 9600 (Bits/seg)
- Número de bits: 8 bits
- Bit de parada: 1
- Bit de paridad: Odd

Estos parámetros se encuentran involucrados en el proceso, para completar el proceso de comunicación, deben coincidir los parámetros tanto del Operador gráfico como del PLC, y así lograr el monitoreo y control del proceso.

a.- Configuración de comunicación del Operador Gráfico.

Los tipos de comunicación, así como la configuración de los mismos que presenta el software CRIMSON 2 con dispositivos periféricos, conlleva el desarrollo de una serie de pasos que se describen a continuación:

1. Iniciar el programa CRIMSON 2 (Figura 3.34) e identificar el icono de comunicaciones.

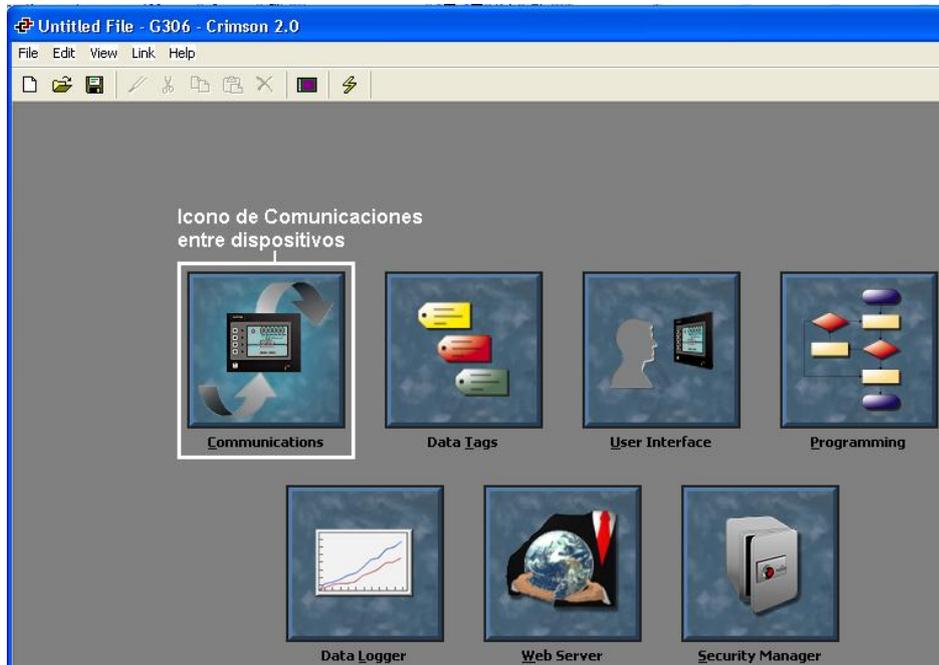


Figura 3.34: Pantalla principal CRIMSON 2

2. Seleccionar el puerto de comunicación a utilizar (Figura 3.35).

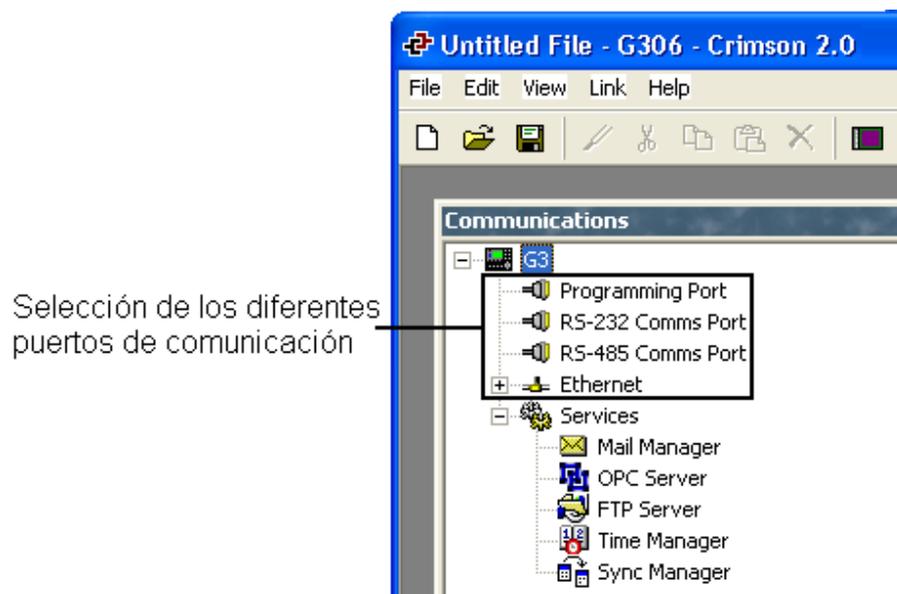


Figura 3.35: Selección del puerto de comunicación

3. Editar las características de la comunicación RS-232 seleccionada (Figura 3.36).

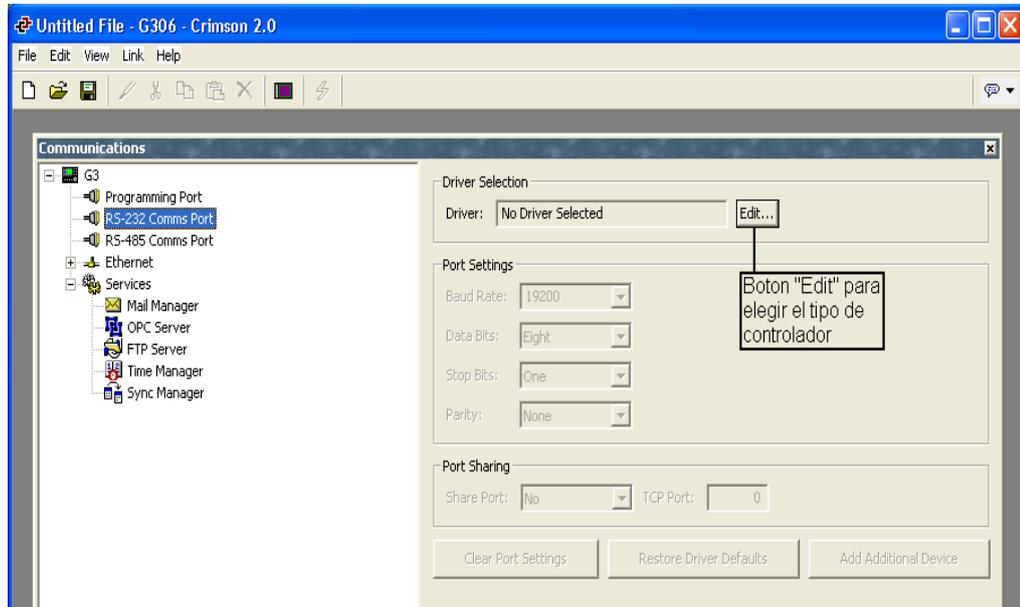


Figura 3.36: Editor de comunicación

4. Seleccionar el tipo de controlador y el driver de comunicación (Figura 3.37).

Selección del tipo de controlador

Selección del Driver de comunicación

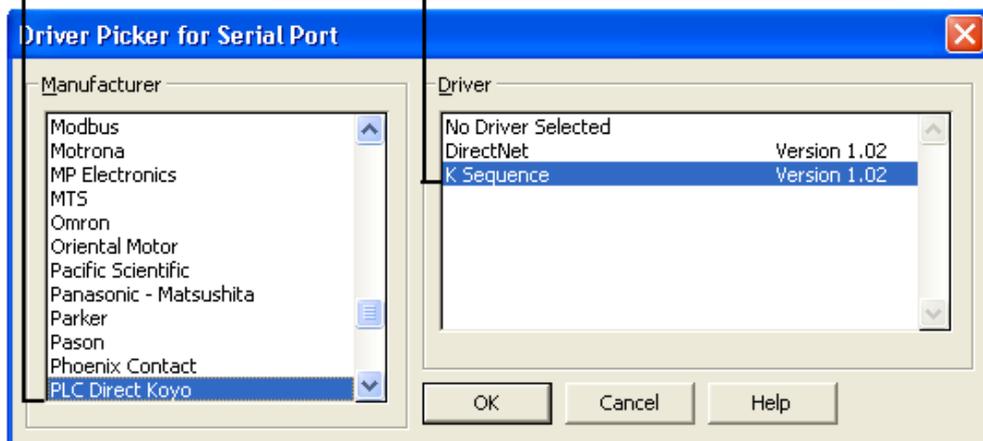


Figura 3.37: Ventana de selección del tipo y driver del controlador

- Ingresar y seleccionar las características de la comunicación especificadas anteriormente (Figura 3.38).

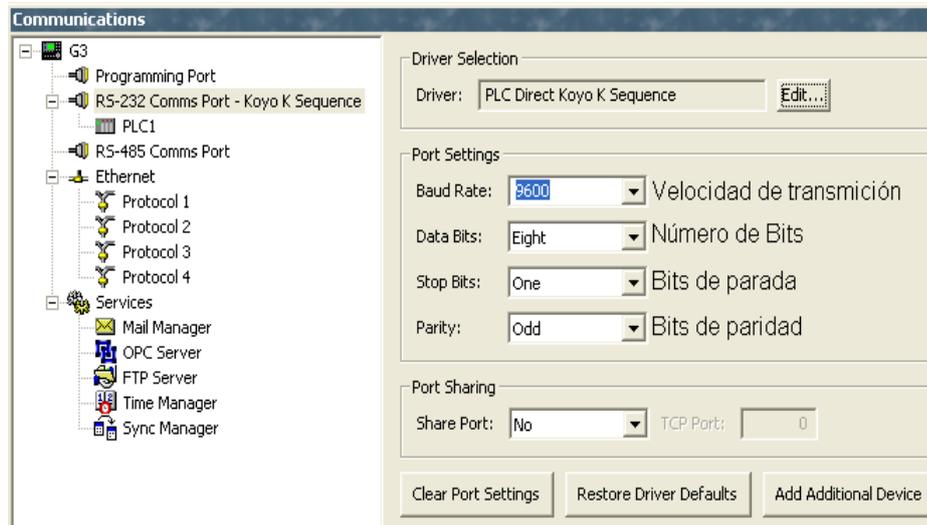


Figura 3.38: Ventana de parámetros de la comunicación

b.- Configuración de comunicación del PLC

Al igual que el Operador Gráfico, el PLC necesita de una serie de pasos para realizar la comunicación mencionada, los cuales se presentan a continuación:

- Una vez iniciado el programa DirectSOFT 5, se procede a conectar al PLC (Figura 3.39).

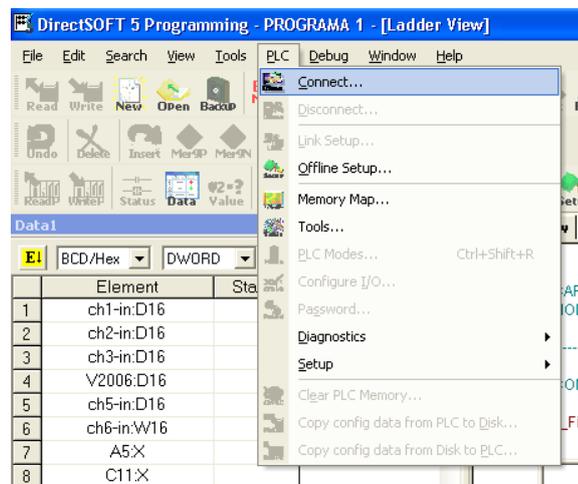


Figura 3.39: Ventana conexión PLC-PC

- Una vez que se seleccione en el menú principal **PLC**, se selecciona la opción **Connect** luego se aparecerá esta pantalla (Figura 3.40).

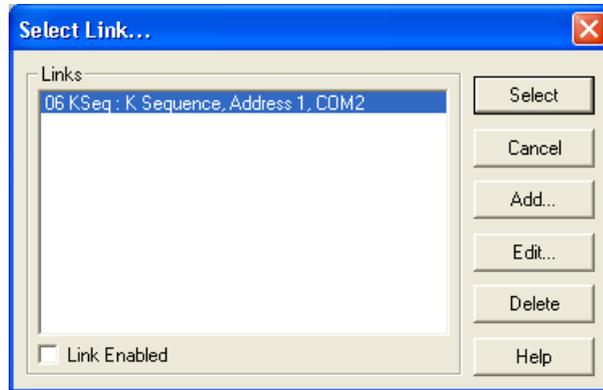


Figura 3.40: Ventana de selección de comunicación PLC

- Para Editar la comunicación que se va a utilizar se deberá oprimir el botón **Edit**, como se muestra en la Figura 3.41.

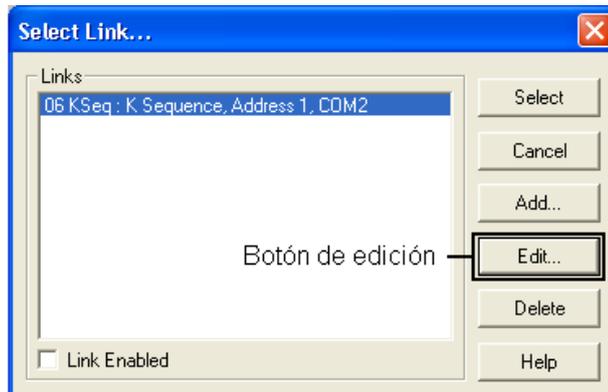


Figura 3.41: Editar comunicación

- Luego de dar clic en el botón **Edit** se despliega la pantalla (Figura 3.42) en la cual aparecerá la familia de PLC con la que se desea trabajar, además aparecerá la configuración del puerto de comunicación y el protocolo de comunicación.

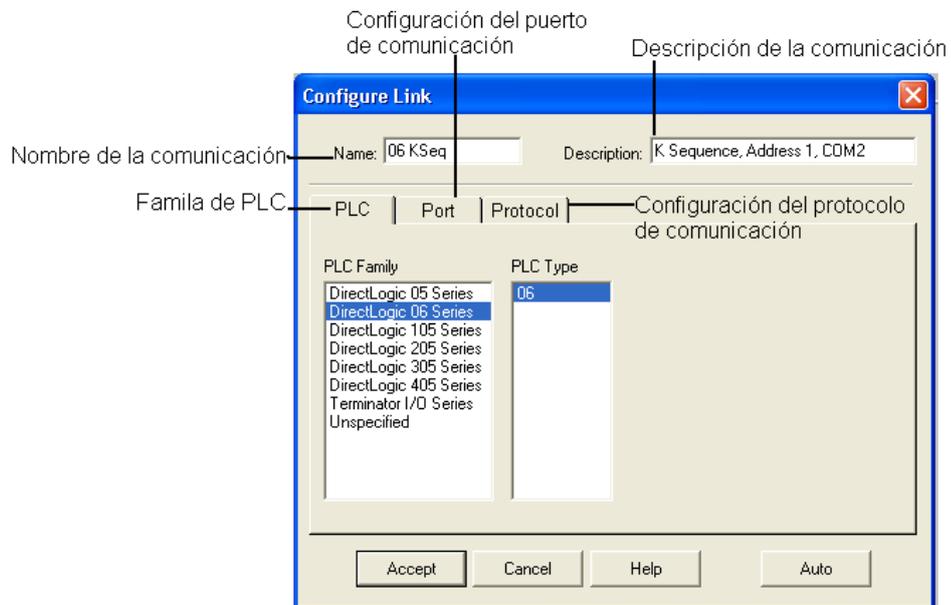


Figura 3.42: Configuración de comunicación

- Una vez seleccionada la familia y el tipo de PLC a usar, se deberá configurar los parámetros que se habían mencionado inicialmente (Figura 3.43).

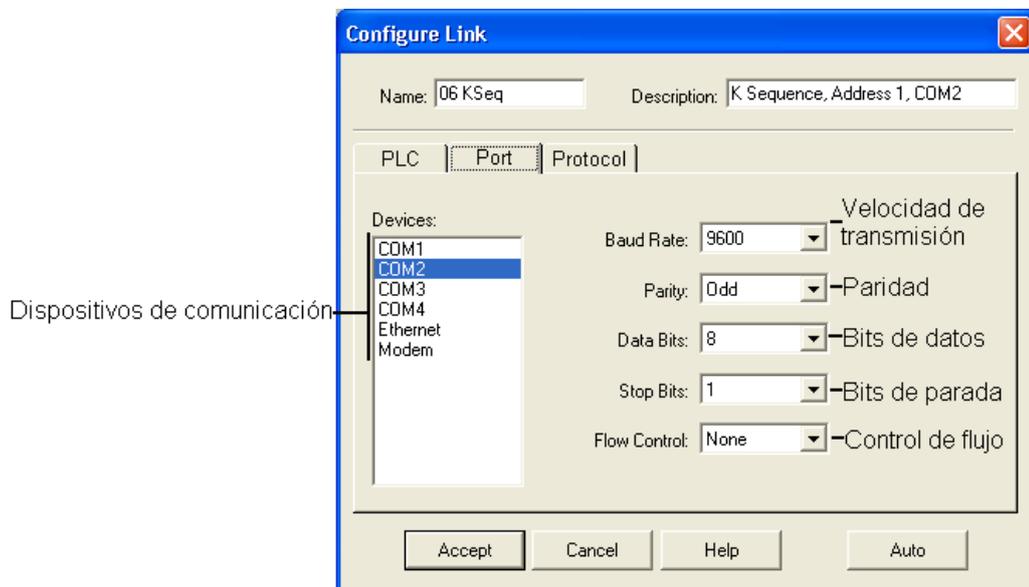


Figura 3.43: Ingreso de parámetros de comunicación

Una vez concluida la configuración de la comunicación del Operador Gráfico y del PLC, solo resta la conexión de la interfaz y automáticamente los dispositivos comenzarán a enviar y recibir datos.

3.5.- DISEÑO DE LA PLATAFORMA DE CONTROL Y MONITOREO.

El software de diseño CRIMSON 2, de RED LION proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de adquisición y presentación de datos, ofreciendo una gran flexibilidad gracias a un lenguaje de programación sin la complejidad de las herramientas de desarrollo tradicionales.

3.5.1.- PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN.

Una vez que se ha concluido la programación del controlador y se asignaron cada una de las variables que intervienen en el sistema, el siguiente paso es la creación de la plataforma de supervisión; para comodidad del operador del proceso, este sistema debe ser lo más versátil posible para facilidad de manejo, términos que involucran la creación de imágenes y controles muy apegados a la realidad del proceso.

a.- Diseño de una interfaz de operador.

Para realizar la interfaz, existe una gran biblioteca de imágenes, con las cuales se puede crear los controles similares a la realidad.

1. Para comenzar a crear la interfaz, existe un ícono que permite dicha programación en el software CRIMSON 2 (Figura 3.44).

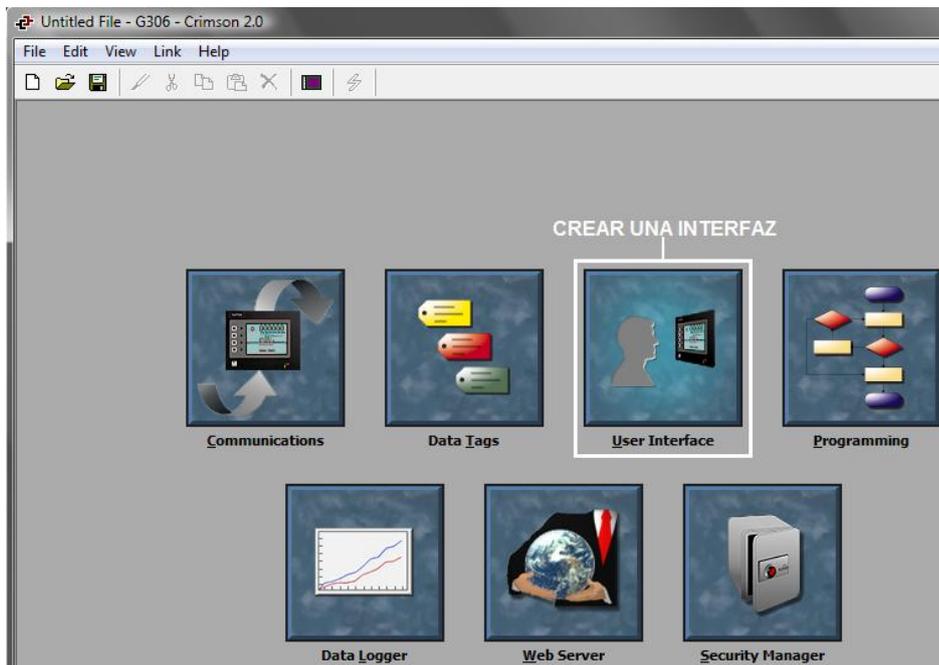


Figura 3.44: Ícono para crear una interfaz

2. Una vez iniciado el editor de interfaz, se despliega la biblioteca de medios en la cual se muestran todas las opciones y controles a usarse para realizar un HMI (Figura 3.45).

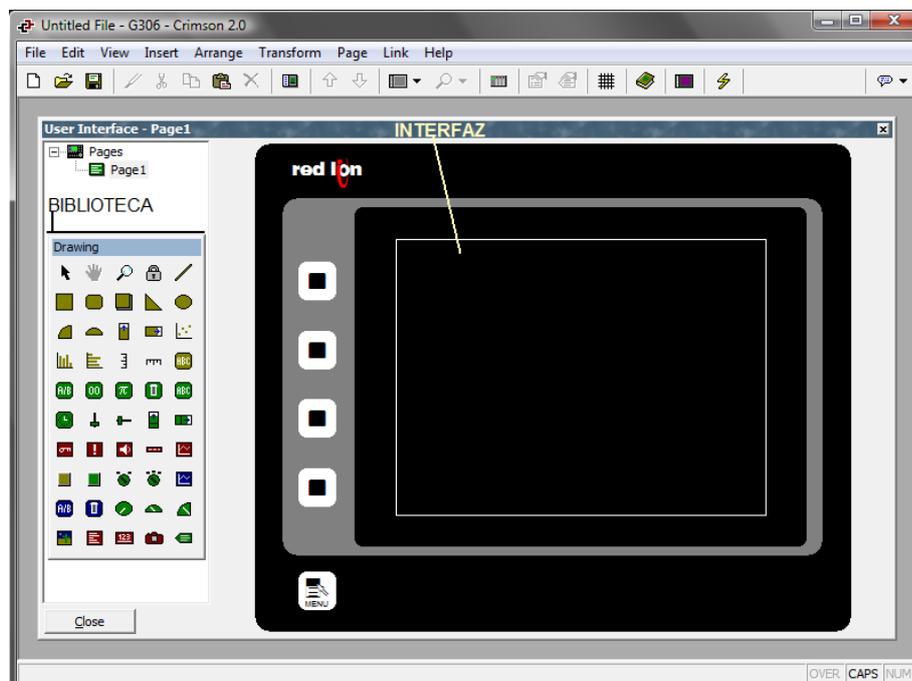


Figura 3.45: Editor de Interfaz (HMI)

3. El ingreso de un control hacia la interfaz del proceso, se realiza mediante la Biblioteca de medios, en la cual se encuentran todos los controles que se pueden utilizar (Figura 3.46).



Figura 3.46: Ingreso de un control

4. Cuando ya se ha ingresado el control, es necesario programar la acción que se desea que realice, con un doble clic sobre la imagen insertada en la ventana de programación, se despliegan una serie de propiedades los cuales ayudan a esta tarea (Figura 3.47).

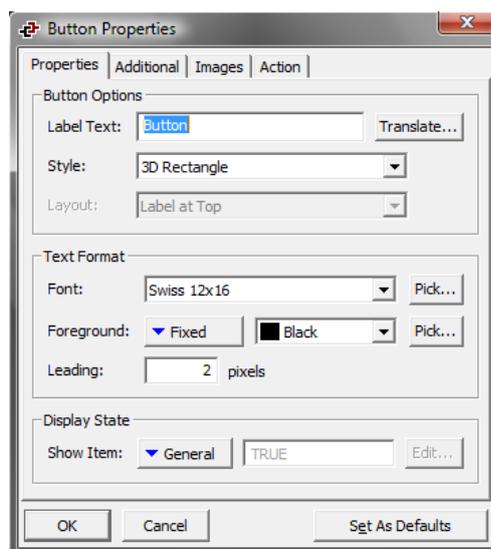


Figura 3.47: Propiedades del control

5. Todos los controles poseen una serie de acciones, con las cuales se puede realizar varios procedimientos en cuanto al aspecto, pero la necesidad de realizar la interfaz, presenta una acción diferente para cada control (Figura 3.48).

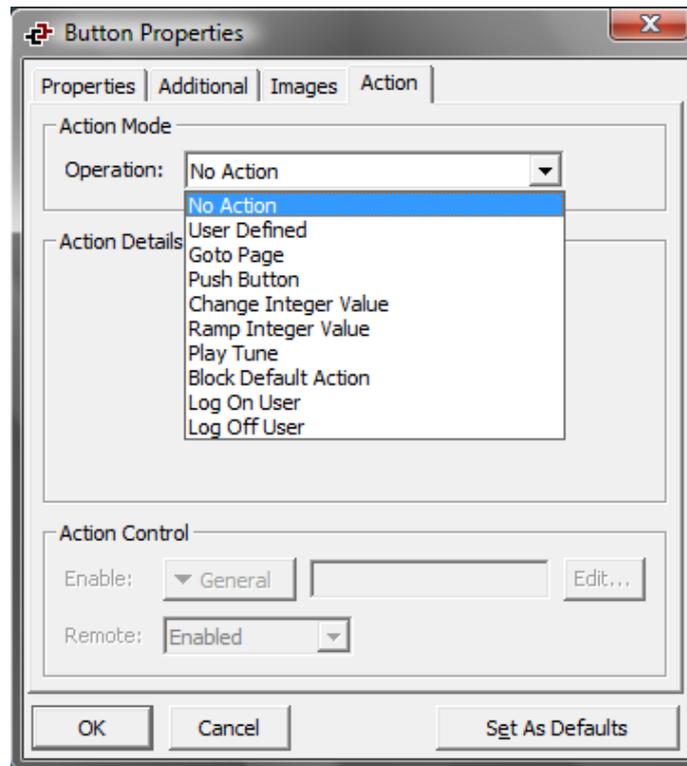


Figura 3.48: Programar acción del control

Cada uno de los controles que se han configurado, para realizar el HMI ó Interfaz del Operador, han seguido el mismo procedimiento.

b.- Configuración de variables.

1. Para activar cualquier función del proceso se debe configurar un **TAG** o nombre de una variable con la cual está trabajando el controlador. El software CRIMSON 2 en su ventana de inicio indica el ícono en donde se puede crear y configurar los **TAG'S** (Figura 3.49).



Figura 3.49: Ingreso de TAGs (Variables)

2. Una vez que se ha ingresado, se debe crear las variables con las que está trabajando en el controlador, para que en el momento de comunicar los dispositivos sean reconocidos (Figura 3.50).

Existen diferentes tipos de variables, a los que hay que diferenciar al momento de escoger el tipo a crear.

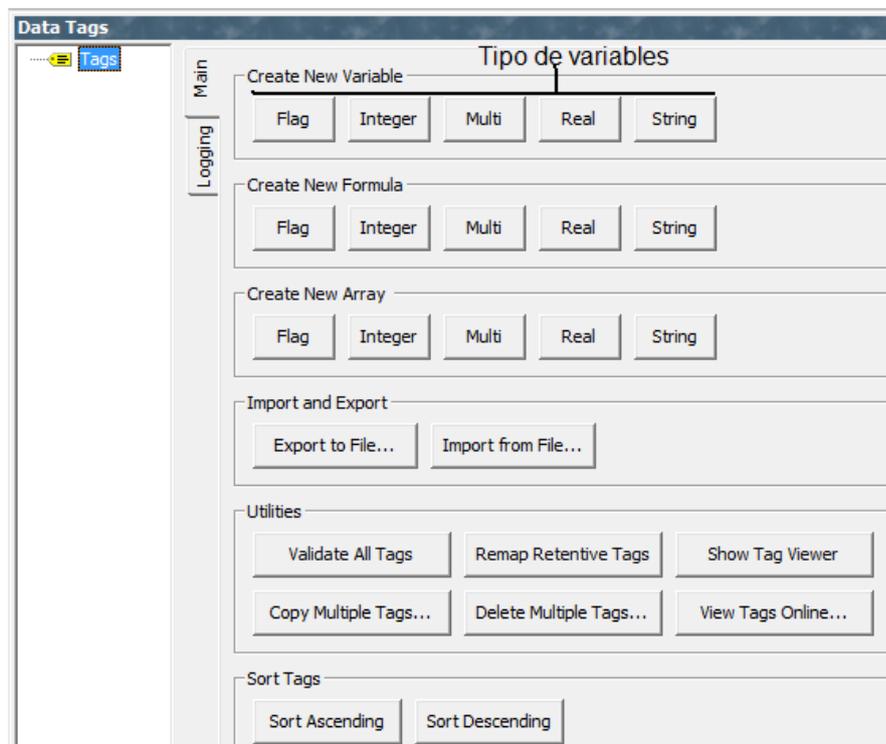


Figura 3.50: Pantalla para escoger el tipo de variable

3. Una vez seleccionado el tipo de variable (**Flag, Integer, Multi, Real, String**), se presenta una pantalla de configuración, en la que se deben escoger todos los parámetros necesarios que corresponden a dicha variable (Figura 3.51).

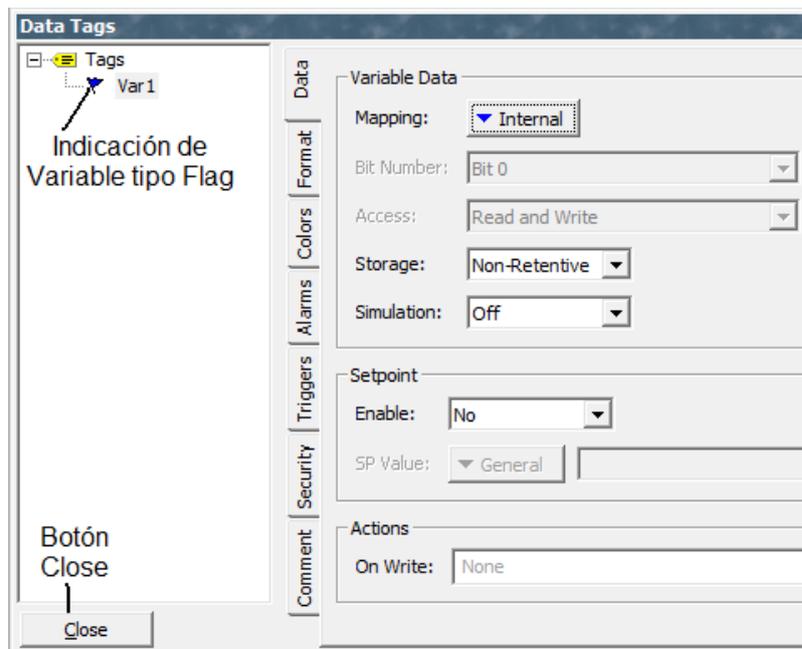


Figura 3.51: Parámetros de la variable

Para cada una de las variables que involucran el proceso se ha seguido el mismo procedimiento mencionado.

4. Para regresar a la pantalla principal sólo se debe dar clic en el botón “Close” que se muestra en la Figura 3.51.

c.- Creación de un Data Logger.

1. Una vez establecidas las variables que utiliza el proceso, a continuación se debe crear un Data Logger, para lo cual se procede a dar un doble clic en el ícono que indica la Figura 3.52.



Figura 3.52: Ingreso a Data Logger

- Al ingresar, se desplegará una pantalla, que de forma rápida permite la creación de un Data Logger, como se muestra en la Figura 3.53.

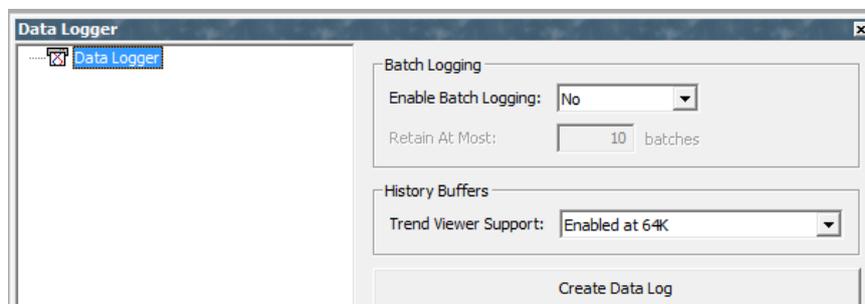


Figura 3.53: Crear un Data Logger

- Una vez que se ha creado la variable, y previamente se ha ingresado cada una de los parámetros, tan solo se debe seleccionar la variable a la cual se desea dar este tratamiento (Figura 3.54), y el Data Logger queda configurado para esa variable. No se debe pasar por alto la configuración, debido que los datos establecidos en la misma, son los que se va almacenar en la memoria del operador, para el posterior análisis.

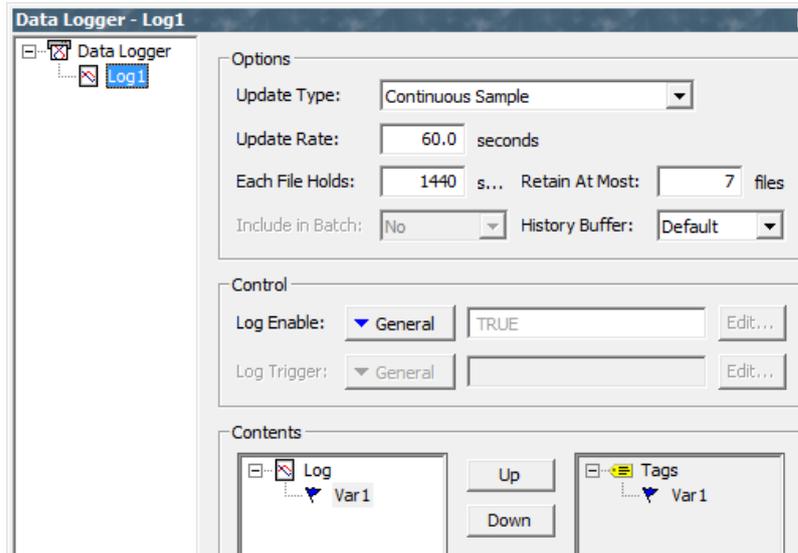


Figura 3.54: Configuración de un Data Logger

3.5.2.- DISEÑO DEL PANEL DE SUPERVISIÓN Y CONTROL.

Dentro del sistema de supervisión se encuentran varias opciones para realizar el manejo, control y análisis. Para el ingreso se encuentran establecidos ciertos parámetros de manejo a seguir. Una vez energizado el banco de pruebas, automáticamente el Operador Gráfico se activa y despliega la pantalla principal (Figura 3.55).

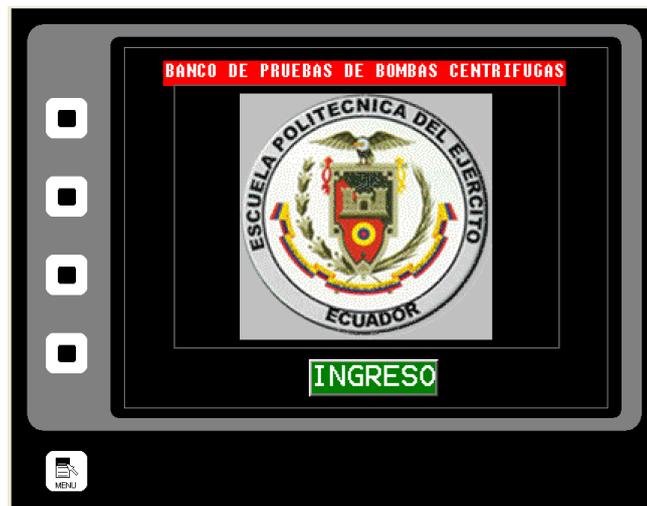


Figura 3.55: Pantalla principal del sistema.

En la pantalla principal se encuentra un botón, que permite arrancar el sistema de supervisión y control (Figura 3.56).



Figura 3.56: Ingreso al sistema

Previo a la manipulación del banco y por requerimiento de las bombas centrífugas, se debe realizar una circulación de fluido (cebado). Una vez ingresado al sistema, automáticamente se presenta las pantallas para realizar dicho procedimiento en ambas bombas (Figura 3.57).

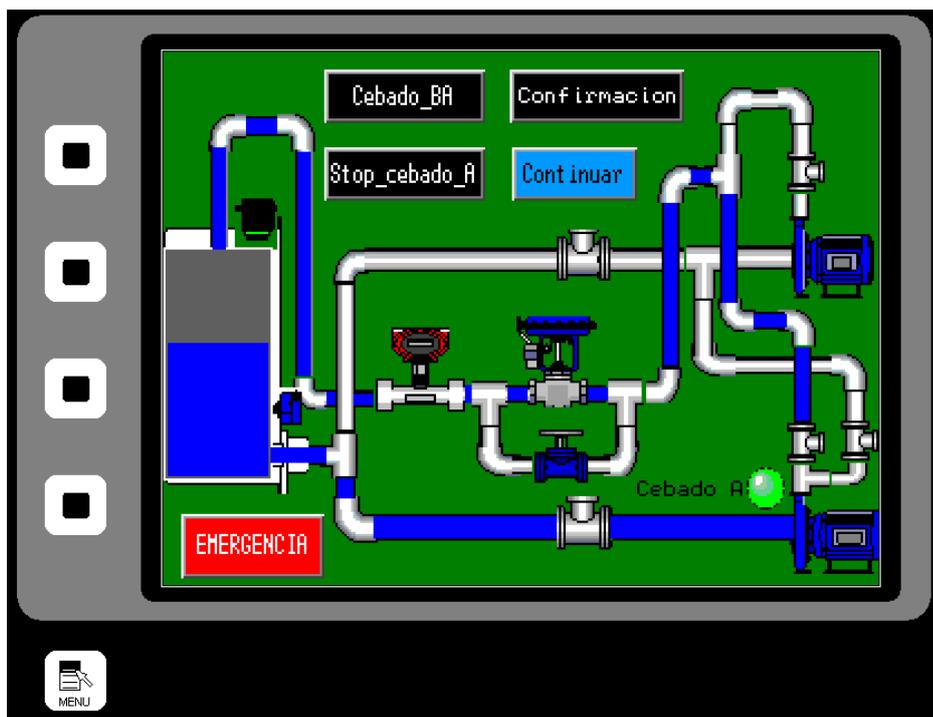


Figura 3.57: Pantalla de cebado

Para cebar la bomba se debe presionar el botón correspondiente que realiza esta acción a través del controlador, para cada acción que se desee realizar se debe realizar una confirmación (Figura 3.58), que permite iniciar la acción requerida, esto ayuda a fijar las válvulas de acuerdo al circuito hidráulico deseado.



Figura 3.58: Inicio cebado de la Bomba A y confirmación de arranque

El procedimiento para realizar el cebado es el mismo para las dos bombas, el contador mostrado en la Figura 3.59, es el encargado de activarse cuando el circuito ha finalizado el cebado.



Figura 3.59: Indicador de cebado finalizado

Para realizar el cebado en la Bomba B y permitir la circulación de fluido existe un botón de continuar (Figura 3.60), éste ayuda a continuar la secuencia del cebado.



Figura 3.60: Continuar la secuencia de cebado

Una vez que se ha concluido con el cebado en ambas bombas, el sistema estará listo para funcionar en cualquiera de los circuitos hidráulicos; se desplegará la pantalla que se muestra en la Figura 3.61, que es el enlace para realizar cualquiera de las operaciones existentes en el banco.

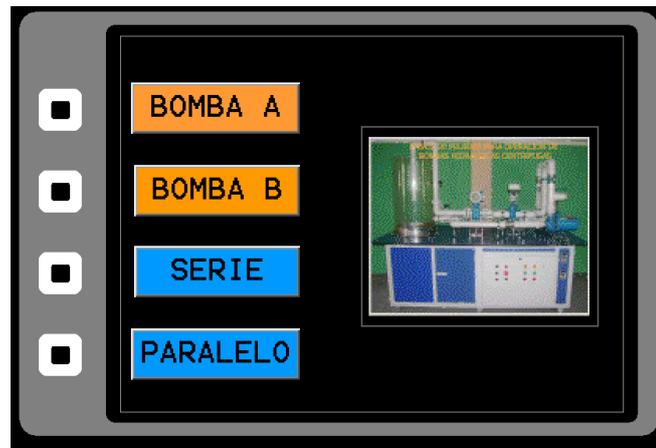


Figura 3.61: Pantalla de inicio de circuitos

Mediante esta pantalla se puede ingresar a todos los circuitos hidráulicos que se pueden desarrollar, previamente en la instalación física se debe manipular las válvulas de globo para formar estos circuitos, siguiendo la secuencia de manipulación que se encuentra en la Tabla 4.1.

Una vez que se ingrese a cualquier circuito se visualiza un botón donde se puede acceder a todos los parámetros de funcionamiento del sistema, como se muestra en la Figura 3.62.

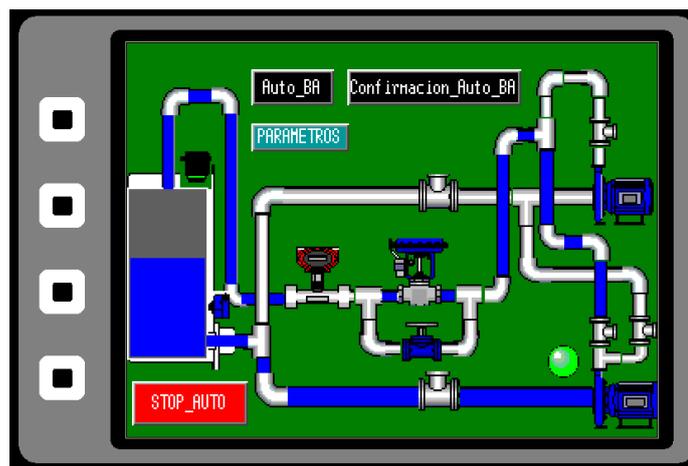


Figura 3.62: Operación de la Bomba A

Para operar indistintamente la Bomba A ó la Bomba B, se tienen las mismas pantallas de supervisión. En cada una de las pantallas existe un ingreso a los parámetros de monitoreo que al momento de dar un pulso en el botón **PARÁMETROS** se despliega una pantalla que permitirá el acceso a todos ellos (Figura 3.63).

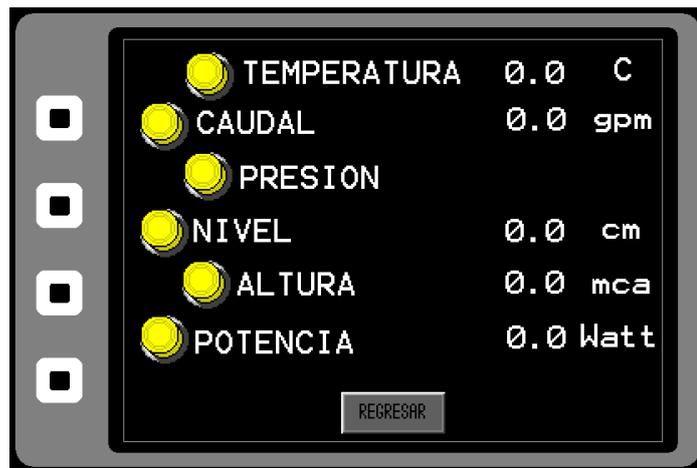


Figura 3.63: Parámetros de operación

Cada uno de estos botones permite el ingreso para visualizar la curva de la variable en función del tiempo, excepto el botón de Presión que es el enlace para ingresar a otra pantalla a revisar ya sea Presión de Succión o Descarga (Figura 3.64).



Figura 3.64: Parámetros de operación (Presiones)

El monitoreo de todas las variables se realiza mediante la opción de Data Logger, que es la encargada de mostrar en la pantalla la curva respectiva del sensor en función del tiempo, también almacena los valores obtenidos en la memoria expansible del operador gráfico (Figura 3.65).

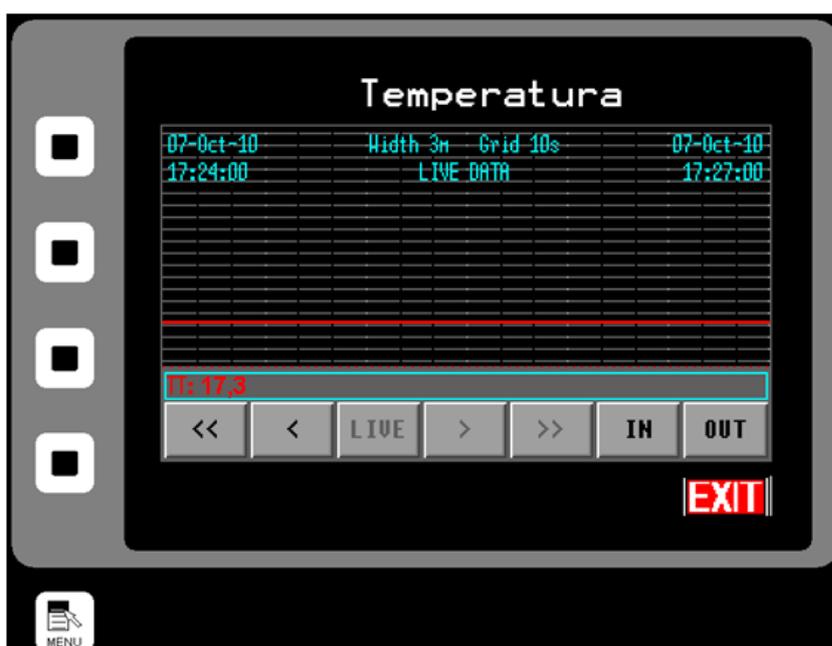


Figura 3.65: Data Logger de temperatura

Se debe notar que en cada una de las pantallas que se van desplegando existe botones de retorno, tanto a pantallas anteriores como a la pantalla principal.

A diferencia de la operación individual, en las pantallas de operación serie y paralelo, existe un botón de **AUTO_AyB**, que activa al actuador lineal para obtener los datos con un control de flujo que proporciona esta válvula, esto se presenta en la Figura 3.66.

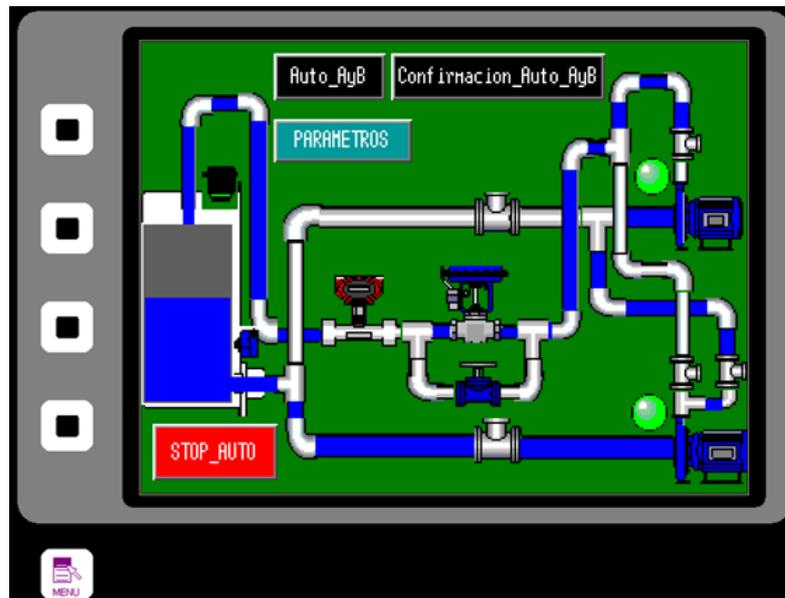


Figura 3.66: Operación SERIE del proceso

Como se indicó anteriormente para el funcionamiento de las bombas en forma individual, se debe realizar el mismo procedimiento; esto también se aplica para los circuitos hidráulicos serie y paralelo, en cada una de las pantallas se encuentran los botones para iniciar el sistema, confirmar el sistema y parar el sistema.

En el sistema de supervisión si se ha cebado correctamente permanecerán activos los indicadores para ambas bombas, y así para todos los circuitos.

CAPÍTULO 4

OPERACIÓN Y PRUEBAS

4.1.- PRELIMINARES.

Para realizar pruebas en el banco, existe la posibilidad de efectuarlas de diferentes maneras, ya sea de forma local o remota, estos tipos de operación se realiza mediante los selectores ubicados en la parte frontal de los tableros de control, o también mediante el software de supervisión y control, a continuación se explica las formas de manejo del banco de pruebas.

La primera opción es de forma local, sin el manejo del software de supervisión y control, utilizando el selector de mando “**Manual**”. Para el monitoreo de las variables físicas en el sistema hidráulico, el usuario lo visualizará en el display del medidor de caudal, en los marcadores de medida de los manómetros de presión o de vacío y en el display de los variadores de velocidad, todos estos elementos se muestran en la Figura 4.1.



Figura 4.1: Elementos para el monitoreo en forma local

La segunda opción es utilizando el mando “**Automático**”, ya sea con la aplicación del software de National Instruments mediante un PC, o por medio de un Operador Gráfico que se encuentra en la parte frontal izquierda como se puede apreciar en la Figura 4.2, en donde el usuario realizará la operación del banco de pruebas, y obtendrá los datos de las variables físicas a través del manejo del proceso.

En general, para cualquier forma de control que se desee utilizar, existe un procedimiento a seguir.



Figura 4.2: Ubicación del Operador Gráfico

La operación del banco de pruebas, ya sea de forma local o de forma remota debe cumplir el siguiente procedimiento:

1. Suministrar de líquido (agua) al depósito del banco por medio de una instalación hidráulica externa, hasta llegar al nivel en donde el agua empieza a desbordarse. Durante el suministro de agua se deberá abrir todas las válvulas de globo para que el agua llene las tuberías y desplace el aire, que se ubica en el interior de éstas, además con esta acción se ejecutará el cebado manual que necesitan las bombas centrífugas para que no trabaje en vacío, evitando así fallas innecesarias en los componentes mecánicos de las mismas. Al concluir todas las pruebas en el banco es recomendable evacuar el agua que contiene el depósito, evitando así que las partes mecánicas de las bombas centrífugas, empiecen a corroerse.
2. Una vez concluido este procedimiento, se debe accionar los interruptores termomagnéticos ubicados en cada tablero de control, indicado en la Figura 2 del Anexo F, con el cual se habilitarán los componentes de accionamiento. Luego se deberá accionar el selector de potencia (fuerza), mostrado en la Figura 3 del Anexo F, para suministrar energía eléctrica a todos los componentes eléctricos ubicados en el banco de pruebas.
3. Para habilitar los motores de las bombas es necesario manipular el selector de control ubicado visiblemente en el tablero (Figura 4, Anexo F). Si existe algún problema con el censado de nivel o presencia excesiva de agua, se deshabilitará en forma automática el circuito de control, ya sea por parte del sensor de nivel Liquiphant para un nivel máximo (excesivo) o el sensor capacitivo para un nivel mínimo (insuficiente).
4. Un selector (**Manual / Automático**) ayuda a ejercer el tipo de operación del banco de pruebas. Cuando este selector se encuentre en la posición **Automático** permite dos opciones, ya sea con la plataforma de National Instruments desde un PC o con el Operador Gráfico que se encuentra en la parte izquierda del banco de pruebas. La selección de los sistemas de operación de mando Automático se realiza activando el selector **FIELD POINT/PLC**, que se muestra en la Figura 4.3.

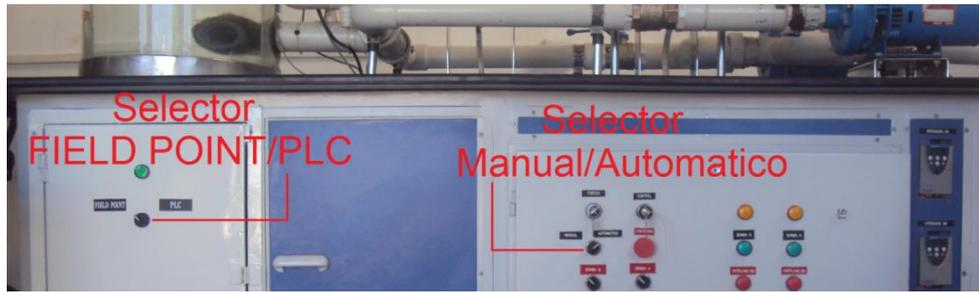


Figura 4.3: Ubicación del selector FieldPoint / PLC

5. Si algún componente eléctrico no está energizado, se debe revisar físicamente los circuitos eléctricos de manera cuidadosa, verificando los esquemas eléctricos, presentados en el Anexo E.
6. El control de las válvulas es manual, por tal motivo se debe fijar las válvulas de acuerdo al circuito hidráulico que se desee analizar. Cada una de las explicaciones de los circuitos hidráulicos que forman parte del banco de pruebas se encuentran especificadas en la Tabla 4.1. En la Tabla 4.2 se muestra el gráfico de los circuitos Hidráulicos, y con la ayuda del software de Supervisión implementado en el Operador Gráfico se pueden realizar todas estas pruebas.

Tabla 4.1: Conformación de circuitos hidráulicos

Modo de operación	Manipulación de las válvulas de globo	
	V. Abiertas	V. Cerradas
Sistema de operación del cebado (Bomba A)	V1 - V2 - V6	V3 - V4 - V5 - V7 - V8
Sistema de operación del cebado (Bomba B)	V4 - V5 - V6	V1 - V2 - V3 - V7 - V8
Sistema de operación individual (Bomba A)	V1 - V2	V3 - V4 - V5 - V6 - V7 - V8
Sistema de operación individual (Bomba B)	V4 - V5	V1 - V2 - V3 - V6 - V7 - V8
Sistema de operación Serie	V1 - V3 - V4	V2 - V5 - V6 - V7 - V8
Sistema de operación Paralelo	V1 - V2 - V4 V5	V3 - V6 - V7 - V8

Tabla 4.2: Gráfico de circuitos hidráulicos

Circuito Hidráulico	Gráfico del circuito hidráulico
<p>Sistema de operación individual (Bomba A)</p>	
<p>Sistema de operación individual (Bomba B)</p>	
<p>Sistema de operación Serie</p>	
<p>Sistema de operación Paralelo</p>	

- Al iniciar la operación de las bombas centrífugas, se recomienda mantener abiertas las válvulas que originan la pérdida de carga, que en este caso son las válvulas de compuerta manual y la de control. Con esta acción se reducen los picos de consumo de corriente eléctrica en el arranque de los

motores eléctricos y se eliminan sobrepresiones en el sistema hidráulico originadas por las bombas centrífugas en este arranque.

8. Revisar si el caudal registrado localmente en el display es cero, cuando la válvula de compuerta manual y la válvula de control estén en posición cerradas. Si se detecta algún registro de caudal, existe algún problema en la válvula de control. Para operar el banco de pruebas mediante el Operador Gráfico se ha realizado un manual de operación que se encuentra en el Anexo F.
9. Una vez cebadas las bombas centrífugas, el nivel de referencia del volumen de agua que contiene el depósito se reducirá. Entonces el usuario debe incrementar este volumen hasta la referencia indicada en el paso 1.
10. Se debe monitorear continuamente el consumo de corriente del motor eléctrico de la bomba centrífuga, el valor nominal de corriente en el motor de esta bomba es de 2,7 a 3 amperios. Si la bomba trabaja a más de 3 amperios existe un mayor consumo de corriente y se estaría trabajando fuera de la potencia eléctrica nominal del motor de la bomba, produciendo un calentamiento excesivo en el motor y ocasionando que los guardamotors actúen, dejando fuera de servicio a las bombas hasta que el usuario restablezca a los mismos. Tomar muy en cuenta que las unidades de medida normalizadas de las variables físicas monitoreadas en el sistema hidráulico se han descrito anteriormente.

4.2.- PRUEBAS EN DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN.

Una parte fundamental de este proyecto son los registros o medidas de las variables físicas que se obtienen cuando se realizan pruebas de operación en el banco, ya que una mala calibración de los sensores podría producir una deficiente apreciación de resultados. Estos registros permiten al usuario fundamentar un análisis y evaluar si los resultados medidos manualmente coinciden con los datos obtenidos en el software de supervisión, este procedimiento permitirá obtener

conclusiones del comportamiento de todo el sistema hidráulico. Las pruebas realizadas en los instrumentos de medición se indican a continuación.

4.2.1.-MEDICIÓN DE TEMPERATURA.

La medición registrada y presentada por el software, es la temperatura del agua en el sistema. En condiciones iniciales el agua registra una temperatura en base al medio en que se encuentra; durante la operación del banco de pruebas la temperatura del agua aumentará. Para la medición externa de temperatura se utilizó una termocupla, cuyos datos se encuentran registrados en la Tabla 4.3.

La señal analógica proveniente del sensor de temperatura cumple una ecuación de interpolación (Ecuación 4.1) para convertir la señal de corriente en un valor de temperatura, dicha señal de corriente recibe este tratamiento en la programación del PLC a través de la ecuación de la recta (Figura 4.4).

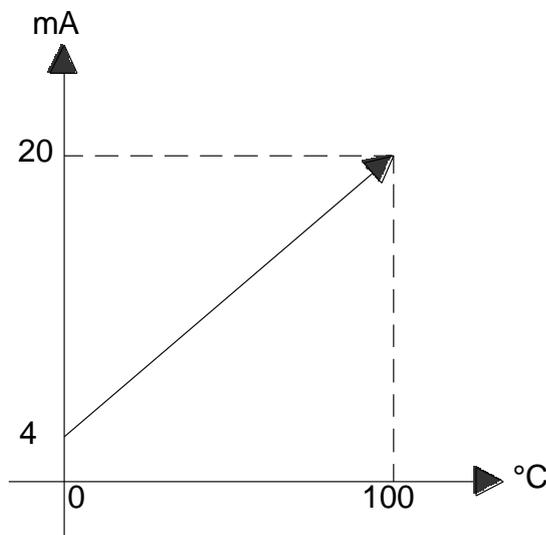


Figura 4.4: Recta corriente vs temperatura

$$X_1 = 100 - (6.25(20 - Y_1))$$

Ec. 4.1

Donde:

X_1 = Valor de temperatura a calcular.

100 = Valor máximo de temperatura del sensor.

6.25 = Pendiente de la recta.

20 = Valor máximo de corriente en miliamperios que ofrece el sensor.

Y_1 = Valor de la señal analógica registrada

Tabla 4.3: Datos obtenidos experimentalmente de temperatura

Señal análoga registrada (mA)	Temperatura calculada (°C)	Temperatura medición externa (°C)
6.528	15.8	16
6.721	17.006	16.9
7.107	19.41	19.3
7.25	20.31	20.5
7.493	21.83	21.6
7.564	22.27	22.4

En el caso de la medición de temperatura, existe un margen de error muy pequeño y está apegado a la realidad del proceso.

4.2.2.-MEDICIÓN DE NIVEL.

Los datos que se visualizan en el Panel Operador, es el nivel de líquido que se presenta en el tanque, para las pruebas de medición se deberá tomar en cuenta de no trabajar tanto en el nivel mínimo como en el máximo, ya que al trabajar en estos niveles el proceso sufre una parada y no permite su funcionamiento de manera correcta.

Este registro de nivel se realizó de forma manual utilizando una regla graduada externa, las mediciones se registran en la Tabla 4.4.

A la señal analógica proveniente del sensor de nivel se hizo el mismo tratamiento de la señal de temperatura, sólo que en este caso cambia los parámetros de interpolación, pero la ecuación es la misma (Ecuación 4.2). De la misma manera,

el PLC hace el tratamiento de la señal de nivel. En la Figura 4.5 se muestra el gráfico de corriente vs longitud.

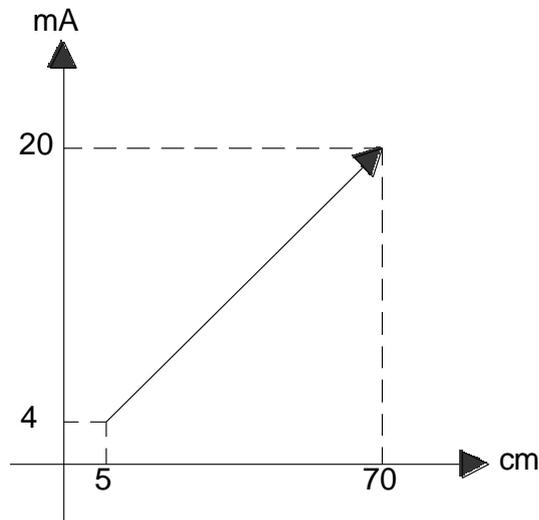


Figura 4.5: Recta corriente vs longitud

$$X_1 = 70 - (4.0625(20 - Y_1)) \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde:

X_1 = Valor del nivel a calcular.

70 = Valor máximo de nivel al que está calibrado el sensor.

4.0625 = Pendiente de la recta.

20 = Valor máximo de corriente en miliamperios que ofrece el sensor.

Y_1 = Valor de la señal analógica registrada

Tabla 4.4: Datos obtenidos experimentalmente medición de nivel

Señal analógica registrada (mA)	Nivel calculado (cm)	Nivel medido externamente Regla graduada (cm)
17.27	58.90	58.6
16.67	56.47	56.5
15.55	51.92	51.8
15.16	50.33	50
14.91	49.32	49.1
14.65	48.26	48.3

El registro de nivel que se verificó en todas las pruebas, es muy similar al registro visual con respecto a la regla graduada que se encuentra en el depósito de fluido.

4.2.3.- MEDICIÓN DE CAUDAL.

Para las pruebas se deberá considerar los registros de caudal que se presenta en el Operador Gráfico, además para realizar la comparación se tendrá en cuenta los datos proporcionados por el display local del medidor, éstos se presentan en la Tabla 4.5.

La señal analógica proveniente del sensor de caudal es de 4 a 20 mA. De igual manera se debe hacer una interpolación, proceso que se hace en el PLC a través de la recta mostrada en la Figura 4.6.

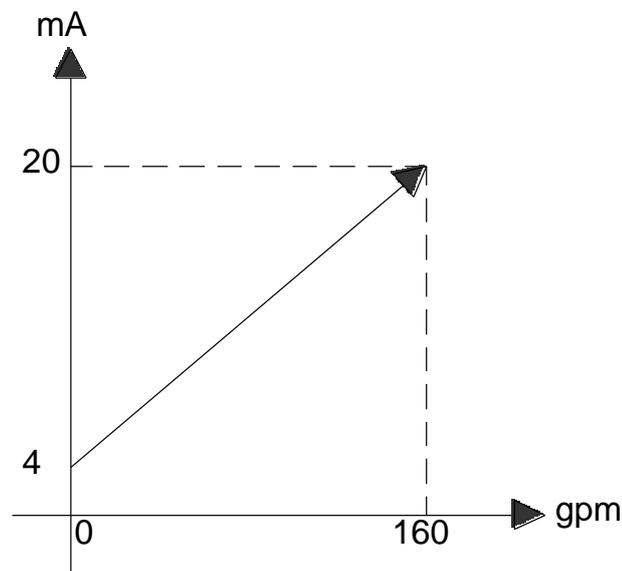


Figura 4.6: Recta corriente vs caudal

$$X_1 = 160 - (10(20 - Y_1))$$

Ec. 4.3

Donde:

X_1 = Valor del caudal a calcular.

160 = Valor máximo de caudal que proporciona el equipo.

10 = Pendiente de la recta.

20 = Valor máximo de corriente en miliamperios que ofrece el equipo.

Y_1 = Valor de la señal analógica registrada

Tabla 4.5: Datos obtenidos experimentalmente medición de caudal

Señal análoga registrada (mA)	Caudal calculado (gpm)	Caudal mostrado en el Display (gpm)
10.65	66.5	66.3
10.75	67.5	67.2
10.85	68.5	68.2
10.95	69.5	69.3
11	70	69.7
11.05	70.5	70.3

Comparando los valores obtenidos entre el caudal calculado por el PLC y los valores obtenidos en el display del medidor de caudal, se puede determinar que estos valores se sujetan al caudal que circulan por las tuberías.

4.2.4.-MEDICIÓN DE PRESIÓN DE SUCCIÓN.

Los datos obtenidos por el transductor de presión de succión, se comparan con los valores que se registran en el manómetro de presión de succión o vacuómetro externo instalado en la línea de succión de una de las bombas. En la Tabla 4.6 se presentan datos experimentales del registro de presión manométrica de succión.

La señal analógica proveniente del sensor de presión de succión es de 4 a 20 mA, este sensor según la especificación del fabricante da valores negativos ya que el valor mínimo se da en 20 mA y el valor máximo se da en 4 mA. De igual manera se debe hacer una interpolación, proceso que realiza el PLC a través de la recta mostrada en la Figura 4.7.

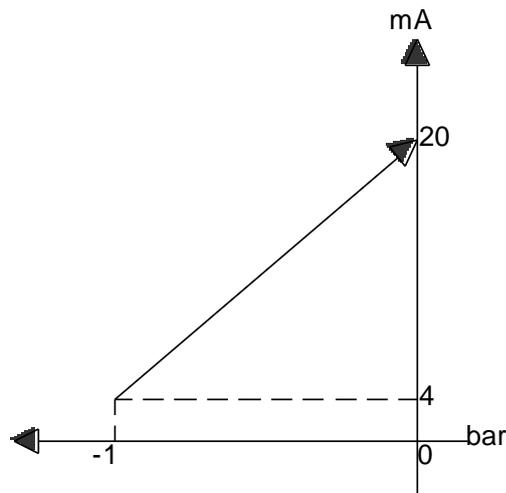


Figura 4.7: Recta corriente vs presión de succión

$$X_1 = 0 - (0.625(20 - Y_1))$$

Ec. 4.4

Donde:

X_1 = Valor de presión de succión a calcular.

0 = Valor máximo de presión de succión que proporciona el sensor.

0.625 = Pendiente de la recta.

20 = Valor máximo de corriente en miliamperios que ofrece el sensor.

Y_1 = Valor de la señal analógica registrada.

Tabla 4.6: Datos obtenidos experimentalmente presión de succión

Señal análoga registrada (mA)	Presión de succión calculada (mbar)	Presión de succión calculada (pulgadas H2O)	Presión de succión Manómetro (pulgadas H2O)
20	0	0	0
19.895	-6.56	-2.63	-2.5
19.834	-10.38	-4.16	-4
19.712	-18	-7.23	-7
19.517	-30.18	-12.12	-12.5
19.448	-34.5	-13.85	-13

Los valores registrados en la Tabla 4.5, son valores de presión de succión que se asemejan a las presiones indicadas en el manómetro ubicado en la línea de succión de la bomba centrífuga.

4.2.5.- MEDICIÓN DE PRESIÓN DE DESCARGA.

Los datos obtenidos en el software de visualización se compararán con los datos obtenidos el manómetro externo ubicado en la parte de descarga de una de las bombas centrífugas. En la Tabla 4.7 se indican datos experimentales de la presión de descarga.

La señal analógica proveniente del sensor de presión de descarga es de 4 a 20 mA, según las especificaciones del fabricante. De igual manera se debe hacer una interpolación, proceso que realiza el PLC a través de la recta mostrada en la Figura 4.8.

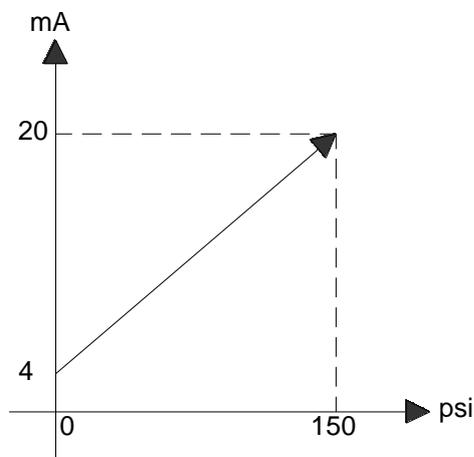


Figura 4.8: Recta corriente vs presión de descarga

$$X_1 = 150 - (9.375(20 - Y_1))$$

Ec. 4.5

Donde:

X_1 = Valor de presión de descarga a calcular.

150 = Valor máximo de presión de succión que proporciona el sensor.

9.375 = Pendiente de la recta.

20 = Valor máximo de corriente en miliamperios que ofrece el sensor.

Y_1 = Valor de la señal analógica registrada.

Tabla 4.7: Datos obtenidos experimentalmente presión de descarga

Señal analógica registrada (mA)	Presión de descarga calculada por PLC (psi)	Presión de descarga Manómetro (psi)
4	0	0
4.551	5.17	5
5.12	10.5	11
5.329	12.46	12
5.452	13.61	13
5.498	14.04	14

Comparando los datos obtenidos con el manómetro y la presión calculada por el PLC, se puede concluir que son similares.

4.3.- PRUEBAS DE CONTROL.

Para las pruebas de control se debe tomar en cuenta las conexiones eléctricas, así como también las señales obtenidas de los sensores, tanto para el PLC como para el FieldPoint.

Con estas pruebas se logrará determinar si el proceso funciona correctamente y no existen errores de conexión y comunicación entre los diferentes dispositivos instalados en el banco de pruebas.

4.3.1.- PRUEBAS DE CONEXIONES ELÉCTRICAS.

Todas las conexiones eléctricas se realizaron en un gabinete de control diseñado para albergar en su interior los diferentes elementos; tanto eléctricos, electromecánicos, como electrónicos; al realizar las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta las caídas de tensión que se producen en los conductores, sobre todo en el caso de los sensores.

Los demás elementos eléctricos necesitan ser cableados con un conductor adecuado que reduzca las caídas de tensión.

Para obtener una derivación segura desde los diferentes elementos conectados, se debe tener en cuenta qué elemento está conectado en cada canal del FieldPoint. Para verificar el estado de las conexiones eléctricas, referirse al Anexo E.

La prueba para determinar si cada uno de los cables están derivados de forma correcta, se la realizó con un medidor de continuidad resistiva y por medio de una verificación visual de una perfecta conexión, dichos resultados se muestran en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8: Verificación de continuidad desde el FieldPoint al banco de relés

Elementos conectados al banco de relés	Continuidad			
	Señal del FieldPoint - C		Señal del FieldPoint - NC	
	Si	No	Si	No
Sensor de temperatura	Ok		Ok	
Sensor de nivel	Ok		Ok	
Sensor de caudal	Ok		Ok	
Sensor de presión de succión	Ok		Ok	
Sensor de presión de descarga	Ok		Ok	
Sensor ultrasónico	Ok		Ok	
Variador ATV 11 Bomba A	Ok		Ok	
Variador ATV 11 Bomba B	Ok		Ok	

Relé auxiliar detector de nivel	Ok		Ok	
Relé auxiliar paro de emergencia	Ok		Ok	
Relé auxiliar A2	Ok		Ok	
Contactador Bomba A	Ok		Ok	
Contactador Bomba B	Ok		Ok	
Guardamotor Bomba A	Ok		Ok	
Guardamotor Bomba B	Ok		Ok	
Auxiliar sensor capacitivo	Ok		Ok	
Relé de estado sólido Bomba A	Ok		Ok	
Relé de estado sólido Bomba B	Ok		Ok	
Alimentación del FieldPoint	Ok		Ok	
Fuente de 24 Vdc	Ok		Ok	
Actuador eléctrico	Ok		Ok	

Con esta prueba se logró determinar que los elementos provenientes del FieldPoint tienen una derivación segura y están listos para conectarse al banco de relés. También con esta prueba se evita cada uno de los fallos instantáneos que se produce al momento de conectar los diferentes elementos hacia el PLC.

4.3.2.- PRUEBA DE DERIVACIÓN DE SEÑALES ANÁLOGAS Y DIGITALES.

Para la derivación de señales se utilizó relés conmutados conectados en paralelo, para que trabajen de forma instantánea, éstos se encuentran ubicados en la parte inferior del tablero de control (Figura 4.7) y es activado por el selector ubicado en la parte frontal del tablero; esto permite trabajar tanto en la plataforma de National Instruments, como en el Panel Operador.



Figura 4.7: Ubicación del banco de relés

La disposición de los contactos del relé es la siguiente:

El contacto normalmente cerrado se utiliza para que el proceso trabaje con la plataforma de National Instruments, y el contacto normalmente abierto servirá para que trabaje con la plataforma del Panel Operador, mientras que el contacto común será para la recepción de la señal proveniente del FieldPoint, esto para todos relés y sus respectivas señales. La prueba de estos relés se realizó utilizando un medidor de continuidad resistiva, los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 4.9

Tabla 4.9: Verificación de continuidad de relés

Relé	Continuidad relés desenergizados				Relé	Continuidad relés energizados			
	NA-Común		NC-Común			NA-Común		NC-Común	
	Si	No	Si	No		Si	No	Si	No
KTT (+)		Ok	Ok		KTT (+)	Ok			Ok
KTT (-)		Ok	Ok		KTT (-)	Ok			Ok
KTS (+)		Ok	Ok		KTS (+)	Ok			Ok
KTS (-)		Ok	Ok		KTS (-)	Ok			Ok
KTD (+)		Ok	Ok		KTD (+)	Ok			Ok
KTD (-)		Ok	Ok		KTD (-)	Ok			Ok

KMC (+)		Ok	Ok		KMC (+)	Ok			Ok
KMC (-)		Ok	Ok		KMC (-)	Ok			Ok
KAE "AI" (+)		Ok	Ok		KAE "AI" (+)	Ok			Ok
KAE "AI" (-)		Ok	Ok		KAE "AI" (-)	Ok			Ok
KSU (+)		Ok	Ok		KSU (+)	Ok			Ok
KSU (D)		Ok	Ok		KSU (D)	Ok			Ok
KSU (-)		Ok	Ok		KSU (-)	Ok			Ok
KAE "AO" (+)		Ok	Ok		KAE "AO" (+)	Ok			Ok
KAE "AO" (-)		Ok	Ok		KAE "AO" (-)	Ok			Ok
KATV11 A (+)		Ok	Ok		KATV11 A (+)	Ok			Ok
KATV11 A (-)		Ok	Ok		KATV11 A (-)	Ok			Ok
KATV11 B (+)		Ok	Ok		KATV11 B (+)	Ok			Ok
KATV11 B (-)		Ok	Ok		KATV11 B (-)	Ok			Ok
KA5 (I)		Ok	Ok		KA5 (I)	Ok			Ok
KA5 (O)		Ok	Ok		KA5 (O)	Ok			Ok
KA4 (I)		Ok	Ok		KA4 (I)	Ok			Ok
KA4 (O)		Ok	Ok		KA4 (O)	Ok			Ok
KA2 (I)		Ok	Ok		KA2 (I)	Ok			Ok
KA2 (O)		Ok	Ok		KA2 (O)	Ok			Ok
KC1 (I)		Ok	Ok		KC1 (I)	Ok			Ok
KC1 (O)		Ok	Ok		KC1 (O)	Ok			Ok
KC2 (I)		Ok	Ok		KC2 (I)	Ok			Ok
KC2 (O)		Ok	Ok		KC2 (O)	Ok			Ok
KQ2 (I)		Ok	Ok		KQ2 (I)	Ok			Ok
KQ2 (O)		Ok	Ok		KQ2 (O)	Ok			Ok
KQ3 (I)		Ok	Ok		KQ3 (I)	Ok			Ok
KQ3 (O)		Ok	Ok		KQ3 (O)	Ok			Ok
KAUX C. 1		Ok	Ok		KAUX C. 1	Ok			Ok
KAUX C. 2		Ok	Ok		KAUX C. 2	Ok			Ok
KAUX C. 3		Ok	Ok		KAUX C. 3	Ok			Ok
KRES. A (I)		Ok	Ok		KRES. A (I)	Ok			Ok

KRES. A (O)		Ok	Ok		KRES. A (O)	Ok			Ok
KRES. B (I)		Ok	Ok		KRES. B (I)	Ok			Ok
KRES. B (O)		Ok	Ok		KRES. B (O)	Ok			Ok
KAFP (I)		Ok	Ok		KAFP (I)	Ok			Ok
KAFP (O)		Ok	Ok		KAFP (O)	Ok			Ok
KSP (I)		Ok	Ok		KSP (I)	Ok			Ok
KSP (O)		Ok	Ok		KSP (O)	Ok			Ok

La verificación de continuidad también se hace entre las bobinas de los relés para evitar un cortocircuito entre éstas; cabe recalcar que si existe excesiva resistencia entre cada uno de las entradas de las bobinas, puede dar una lectura errónea de continuidad, lo cual no significa que los relés estén en mal estado, es solo la percepción del aparato de medida.

4.4.- COMUNICACIÓN ENTRE EL PLC Y EL PANEL OPERADOR.

La principal característica para comunicar dispositivos es la concordancia en los parámetros de ajuste del tipo de comunicación. Se debe tomar en cuenta la velocidad de transmisión de datos que proporcionan cada uno de ellos, ya que una velocidad errónea podría traer complicaciones y generar márgenes de error que producirían una lectura equivocada de los datos mostrados y almacenados en el Panel Operador, para esto se realizó pruebas a diferentes velocidades de transmisión (Baud Rate), para determinar cuál de éstas es la más óptima.

La recomendación del fabricante del PLC es una velocidad de transmisión de 9600 Baudios, utilizando una comunicación serial; la velocidad de transmisión se puede modificar desde 300 hasta 38400 Baudios.

Existe un Test del software del PLC (Figura 4.8) que ayuda a determinar la velocidad adecuada para la transmisión de datos.

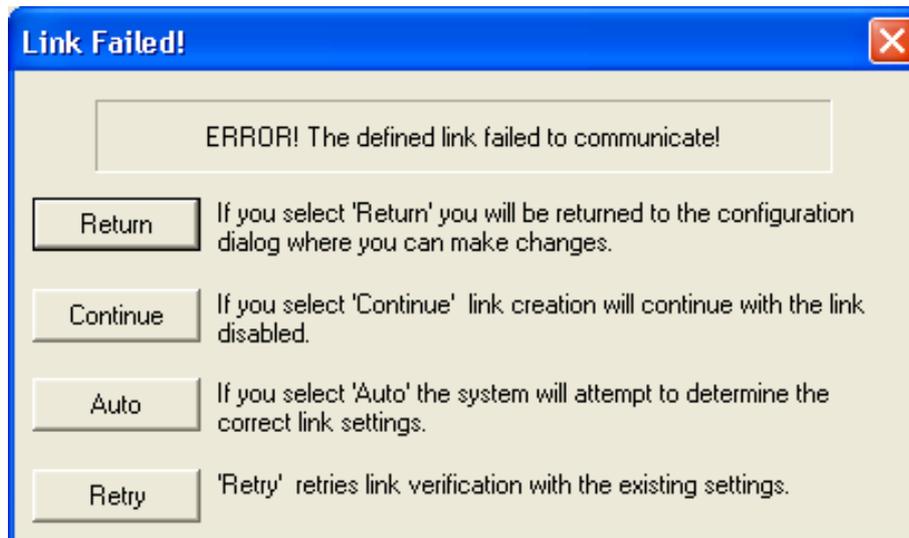


Figura 4.8: Ventana de error de comunicación

Para determinar la velocidad correcta se debe dar un clic en el botón “**Auto**”, éste detecta automáticamente cual es la velocidad ideal para la comunicación.

El PLC hace pruebas automáticamente, como se muestra en la Figura 4.9, para cada una de las velocidades con las cuales se puede comunicar con el Operador Gráfico especificado.

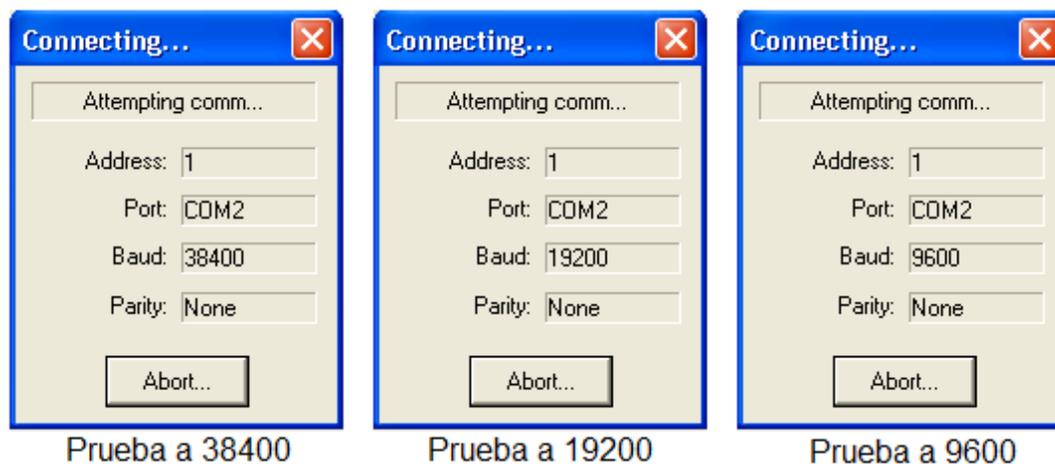


Figura 4.9: Pruebas de velocidad de transmisión

Luego de realizar las pruebas correspondientes, el PLC detecta automáticamente la velocidad óptima, la paridad, los bits de datos y el bit de parada, siendo las características óptimas las mostradas en la Figura 4.10.

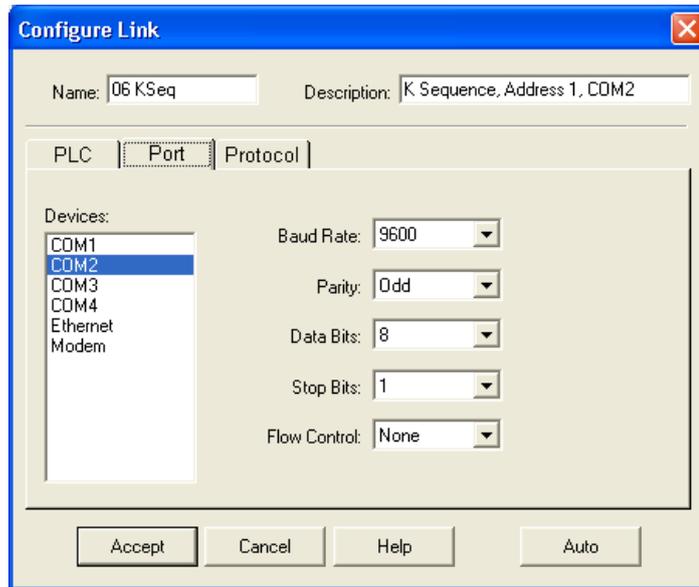


Figura 4.10: Velocidad óptima seleccionada por el PLC

En cuanto al Operador Gráfico, acepta de forma automática la velocidad de transmisión proporcionado por el PLC, la velocidad de transmisión también se puede modificar desde 300 hasta 115200 Baudios.

En este caso como la velocidad de transmisión del PLC es de 9600 Baudios, con esta velocidad el Operador Gráfico también trabaja en forma correcta.

4.5.- PRUEBAS Y OPERACIÓN DEL PROCESO.

El software de supervisión permite operar el proceso en tiempo real, para la obtención de curvas y datos característicos del sistema para un análisis minucioso de dichas variables. Las pruebas de operación que se realizaron en esta sección, corresponden netamente a la aplicación del software de supervisión.

Una explicación más detallada del funcionamiento del software de supervisión y control, se encuentra en el manual de operaciones que se indica en el Anexo F.

4.5.1.- FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES.

Para el funcionamiento de los motores de manera correcta, se deberá configurar los variadores de velocidad como se indica en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10: Parámetros de ajuste del variador de frecuencia

Parámetros de ajuste	Asignación
Frecuencia del motor	60 Hz
Tiempo de rampa de aceleración	6 segundos
Tiempo de rampa de desaceleración	6 segundos
Mínima velocidad	0 rpm a 0Hz
Máxima velocidad	3450 rpm a 60Hz
Corriente térmica del motor	3.6 amperios
Configuración de entrada análoga	4.....20 mA
Tensión nominal del motor	230 Vac
Frecuencia nominal del motor	60 Hz
Factor de potencia	0.8
Tipo de control	Control a 2 hilos
Modo de referencia de control	Entrada análoga 4.....20 mA

Una vez configurados los variadores, se obtiene un manejo adecuado desde el operador, el cual muestra los valores requeridos para las pruebas a diferentes velocidades, tanto para la Bomba A, como para la Bomba B (referirse a la Figura 1.1 del Capítulo 1).

El control de velocidad en los motores eléctricos de las bombas, tienen relación directa con la señal de control que entran a los variadores de velocidad.

La velocidad nominal, indicada en la placa de características del motor de las bombas, es de 3450 revoluciones por minuto, el software de aplicación ejecuta tres rangos de velocidad incluida la nominal que serán normalizadas en las operaciones de los motores de las bombas centrífugas.

El variador de velocidad utilizado en el banco de pruebas, posee un menú de supervisión de las características técnicas de operación del variador hacia el motor eléctrico de la bomba. En este menú se puede monitorear la consigna de velocidad con que trabaja el motor en unidades de frecuencia, el consumo de corriente en el motor, suministro de voltaje, etc.

Con un tacómetro digital se obtiene una medida externa de las revoluciones de trabajo del motor, estas pruebas se encuentran resumidas en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11: Pruebas de velocidad de los motores

Señal análoga control	Velocidad calculada (PLC)		Velocidad display variador	Velocidad Tacómetro
	mA	rpm	Hz	rpm
Bomba centrífuga "A"				
20.048	3449.99	60	60	3450.2
18.8864	3200.27	55.66	55.7	3200.1
17.7232	2950.21	51.31	51.3	2950.1
Bomba centrífuga "B"				
20.0048	3450.03	60	60	3450.1
18.84496	3200.01	55.65	55.7	3200.2
17.68288	2949.51	51.3	51.3	2950

4.5.2.- FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO.

El funcionamiento del proceso se basa en los resultados obtenidos en las pruebas de los sensores, tarjetas de derivación de señales y también de la comunicación entre el PLC y el Operador Gráfico. En esta sección se deberá tener en cuenta los parámetros y los resultados de las diferentes pruebas, de acuerdo a esto se procederá a determinar que el proceso se encuentra en perfectas condiciones, para lo cual a continuación se realizaron las pruebas de cada uno de los circuitos hidráulicos que se pueden formar en el proceso.

a.- Pruebas de funcionamiento Bomba “A”.

La operación individual de esta bomba centrífuga en el sistema hidráulico, presenta las siguientes características:

- Se debe abrir la válvula de compuerta (seteo de apertura) hasta que el medidor de caudal registre un valor de “**70 galones por minuto**”, con una velocidad de trabajo nominal en la bomba de “**3450 revoluciones por minuto**”, dentro de este límite la bomba centrífuga trabajó en condiciones normales. Estos valores constituyen el límite máximo que el usuario debe trabajar en el sistema hidráulico cuando se esté realizando pruebas de operación en forma manual con esta bomba centrífuga.

Si se modifica la velocidad nominal de operación de la bomba, también se debe mantener el seteo de apertura de la válvula de compuerta en el valor de caudal establecido anteriormente.

Con estos límites máximos de trabajo para esta bomba centrífuga, se registran los datos que se presentan en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12: Datos experimentales de operación bomba centrífuga “A”

Velocidad (rpm/Hz)	T (°C)	Caudal (gpm)	Presión Descarga (psi)	Presión Succión (mbar)	Nivel (cm)	I (A)	V (Volt)
3450/60	17	70	10	-2,8	65	2,7	205
3200/55.7		63	9.5	-2,3		2,3	207
2950/51.3		57	8	-1,9		2,1	208

Si se abre esta válvula a su totalidad se presentan anomalías en la operación normal de la bomba. Dentro de este rango la bomba empieza a cavitarse, esta cavitación se visualiza con la presencia de burbujas en el sistema hidráulico y con el ruido que se escucha en el interior de la bomba.

b.- Pruebas de funcionamiento Bomba “B”.

Siguiendo las sugerencias dadas en la operación de la bomba centrífuga A, se evaluará la característica de trabajo de la bomba centrífuga B en el sistema hidráulico.

La Tabla 4.13, que se indica a continuación, registra datos de operación de la bomba en el sistema.

Tabla 4.13: Datos experimentales de operación bomba centrífuga “B”

Velocidad (rpm/Hz)	T (°C)	Caudal (gpm)	Presión Descarga (psi)	Presión Succión (mbar)	Nivel (cm)	I (A)	V (Volt)
3450/60	17,5	70	2,1	-0,7	65,5	2,8	205
3200/55.7		64	1,8	-0,6		2,4	209
2950/51.3		59	1,7	-0,5		2,2	208

Dentro de las pruebas realizadas en cuanto al monitoreo de las variables en la operación de las bombas de forma individual, se obtuvieron las siguientes curvas (Figura 4.11) con la opción de Data Logger. Es importante hacer referencia que las graficas que se realizaron son iguales para ambas bombas, por concepto de iguales características de construcción y funcionamiento, y como se ha indicado anteriormente por similar formación de los circuitos hidráulicos.

En la Figura 4.11, se visualiza la variación de temperatura. Se nota un mínimo margen de variación debido a que el fluido se encuentra a temperatura ambiente.

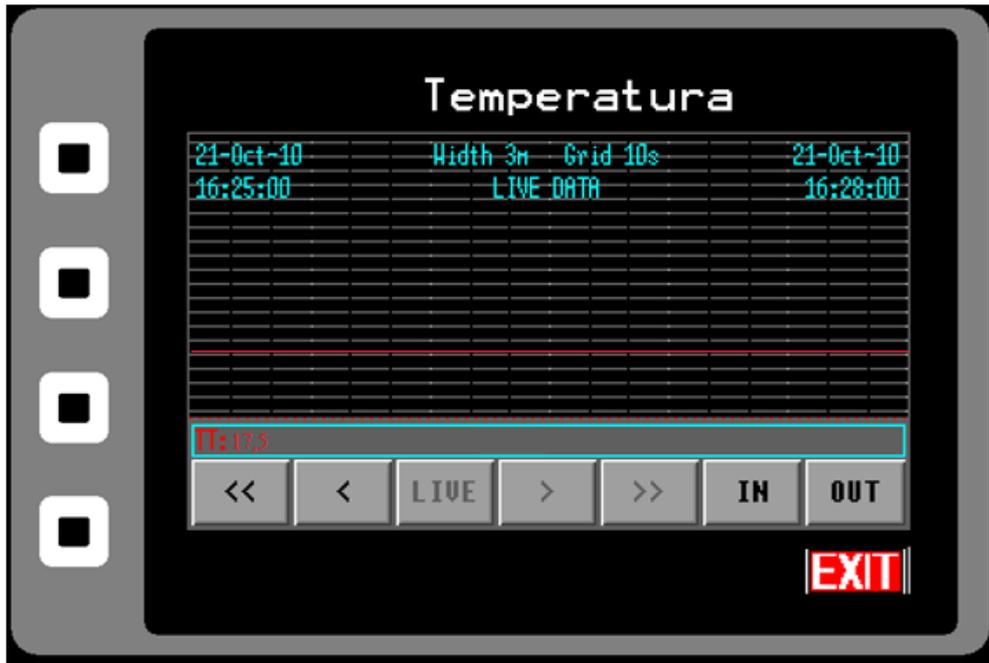


Figura 4.11: Registro de temperatura, operación individual de las bombas

Otro de los parámetros, es el que se visualiza en la Figura 4.12, que representa el Caudal de fluido que está entregando la Bomba individualmente al sistema.

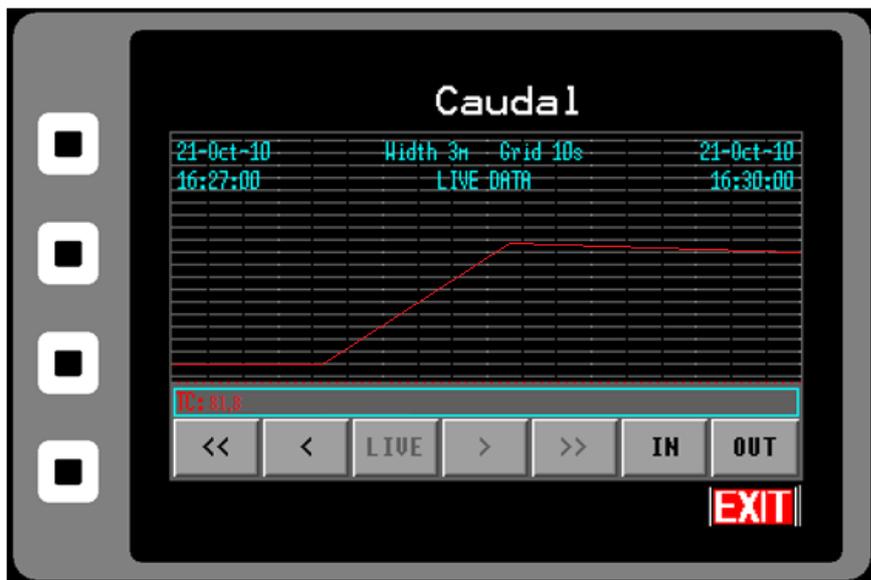


Figura 4.12: Registro de caudal, operación individual de las bombas

En las Figuras 4.13 y 4.14, se representa el desempeño de las presiones, tanto de succión como de descarga, en la configuración del circuito hidráulico que se esté trabajando.

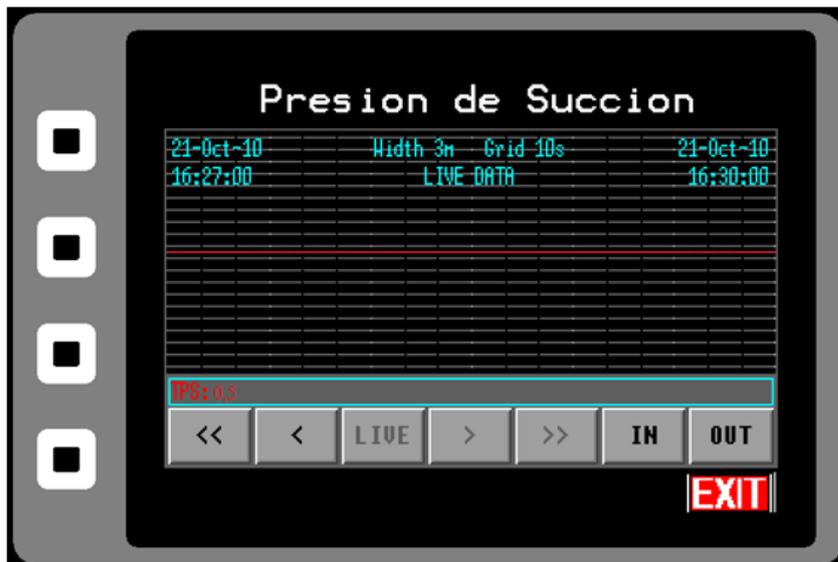


Figura 4.13: Registro de presión de succión, operación individual



Figura 4.14: Registro de presión de descarga, operación individual

El monitoreo del Nivel de fluido (Figura 4.15), con el que cuenta el tanque es muy importante, ya que en base este valor se proporciona una operación segura de las bombas. Adicionalmente este depósito cuenta con alarmas de nivel mínimo y máximo propias del proceso.

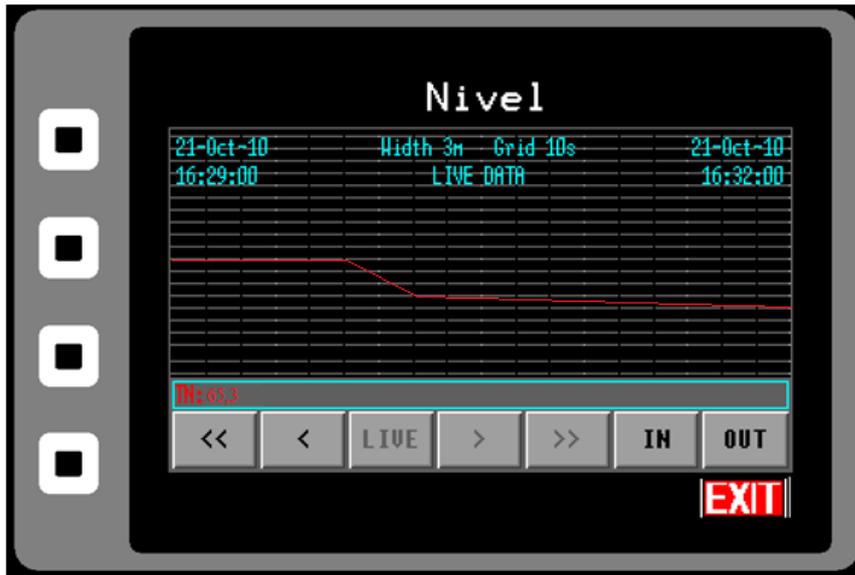


Figura 4.15: Registro de nivel, operación individual

c.- Bombas centrífugas en Serie.

La operación en serie de las bombas centrífugas en el sistema hidráulico, presenta las siguientes características:

- Cuando se trabaje en forma manual, se debe mantener la apertura de la válvula de compuerta hasta un registro de caudal de **“70 galones por minuto”**. Dentro de este rango se mantiene la operación normal de las bombas; si se trabaja fuera de este límite se presentan fenómenos de cavitación en las bombas.

Al variar la velocidad de las bombas se debe mantener el seteo de apertura de la válvula de compuerta. El cambio de velocidad en las bombas se debe mantener en una relación de mayor a menor velocidad, para evitar problemas en la operación en serie de las bombas. Por ejemplo, si la relación fuera de menor a mayor, la

tubería que abastece a la segunda bomba se quedaría sin flujo de agua debido a que esta bomba está girando a mayores revoluciones y requiere de un flujo mayor en la entrada de la bomba en comparación al flujo que está entregando la primera bomba que gira a menos revoluciones que la segunda bomba.

Al trabajar con dos bombas centrífugas en serie en el sistema hidráulico, se desarrolla un aumento en la presión de descarga o altura del sistema. Este aumento está relacionado con la suma de presiones de descarga que suministra cada bomba centrífuga.

En la Tabla 4.14, se resume los datos registrados de la operación de las bombas centrífugas en serie en el sistema hidráulico.

Tabla 14: Datos de operación bombas centrífugas en “Serie”

	Velocidad (rpm/Hz)	T (°C)	Caudal (gpm)	Presión Descarga (psi)	Presión Succión (mbar)	Nivel (cm)	I (A)	V (Volt)
Bomba A	3450/60	17,5	70	2,5	-2,7	65	2,8	200
Bomba B	3450/60						2,9	202
Bomba A	3450/60		67	2,3	-2,6		2,7	201
Bomba B	3200/55,7						2,5	204
Bomba A	3450/60		64	2,2	-2,5		2,7	202
Bomba B	2950/51,3						2,2	206
Bomba A	3200/55,7		64	1,8	-2,3		2,3	203
Bomba B	3200/55,7						2,4	204
Bomba A	3200/55,7		62	1,5	-2,1		2,3	203
Bomba B	2950/51,3						2,1	206
Bomba A	2950/51,3		59	1,4	-2		2,1	205
Bomba B	2950/51,3						2,2	207

Por concepto de fluidos se sabe que la operación de las bombas en serie, hace que la presión aumente, por tal razón se realizó únicamente la verificación de las dos presiones del sistema, ya que los otros parámetros permanecen igual al de la operación individual.

La presión de descarga aumenta por la acción de dos bombas en serie (Figura 4.16).



Figura 4.16: Registro de presión de descarga, operación serie

La presión de succión (Figura 4.17), también incrementa (en sentido contrario) en mayor cantidad que la de descarga.



Figura 4.17: Registro de presión de succión, operación serie

Es notable el incremento de la presión que sufre el sistema cuando las Bombas “A” y “B” se encuentran trabajando en el sistema hidráulico serie.

d.- Bombas centrífugas en paralelo.

El objetivo de poner dos bombas centrífugas en paralelo es aumentar el flujo de caudal que se tiene en el sistema hidráulico.

Al ubicar en servicio bombas centrífugas en paralelo en el banco de pruebas, se obtuvo la siguiente característica:

- El incremento en el flujo, es debido a la suma de flujos de caudal que suministra cada bomba al sistema. Durante la operación en paralelo es necesario abrir totalmente la válvula de compuerta para que el caudal desarrollado por las bombas se presente en el sistema.

Las características de operación en paralelo de bombas y la pérdida de carga que desarrolla la válvula de compuerta, se indican en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15: Datos de operación bombas centrífugas en “Paralelo”

	Velocidad (rpm/Hz)	T (°C)	Caudal (gpm)	Presión Descarga (psi)	Presión Succión (mbar)	Nivel (cm)	I (A)	V (Volt)
Bomba A	3450/60	17,5	140	7,8	-1,2	65	2,8	200
Bomba B	3450/60						2,8	202
Bomba A	3450/60		134	7	-1,1		2,8	200
Bomba B	3200/55,7						2,3	204
Bomba A	3450/60		129	6,4	-0,9		1,3	211
Bomba B	2950/51,3						1,5	213
Bomba A	3200/55,7		127	6	-0,9		2,3	203
Bomba B	3200/55,7						2,4	206
Bomba A	3200/55,7		124	5,5	-0,8		2,4	203
Bomba B	2950/51,3						2,1	207
Bomba A	2950 / 51,3		120	5	-0,8		2,1	204
Bomba B	2950 / 51,3						2,2	206

A diferencia de la configuración del circuito hidráulico serie, en el cual se veía un notable incremento de las presiones, y por teoría de fluidos en un circuito paralelo, se verifica un total incremento del caudal (Figura 4.18), como se explicó anteriormente la temperatura no va a variar, al igual que el nivel de fluido.

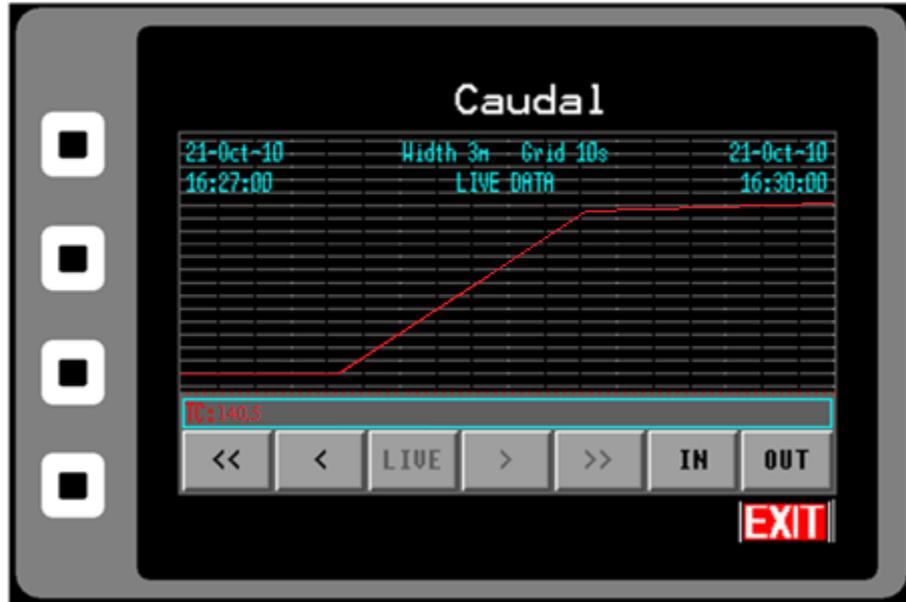


Figura 4.18: Registro de caudal, operación en paralelo

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES.

Al finalizar este proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- El sistema de supervisión implementado, a través de Operador Gráfico, centralizó el control del proceso industrial, lo que facilitó la operación del proceso. Con este sistema, se redujeron tiempos de puesta en marcha del banco de pruebas.
- Se cumplió con los objetivos planteados y se desarrolló un sistema de monitoreo y control, que genera mayor facilidad en cuanto a visualización de los parámetros inmersos en el sistema de bombas centrífugas.
- Se logró optimizar y generar un adecuado registro de mediciones de las variables físicas como temperatura, presión de succión, presión de descarga, nivel y caudal con la utilización de tecnología actual como los transductores electrónicos instalados en el sistema hidráulico del banco de pruebas.
- El mecanismo de control empleado brinda mucha facilidad para la corrección y detección de errores en cuanto a la programación del controlador.
- La utilización del PLC KOYO DL-06DR y el Operador Gráfico REDLION G306A, para el manejo del proceso, define nuevos mecanismos mucho más accesibles y económicos para la automatización de procesos industriales, además presentan mucha facilidad para la programación y poseen una amplia gama de dispositivos compatibles.
- Con los dispositivos empleados se llegó a un control total del proceso, por la capacidad que tiene el PLC de permitir el incremento de varios módulos de entradas y salidas, análogas y digitales.

- Para realizar un sistema de supervisión en paralelo con otro ya existente, se debe tomar en cuenta un sistema de derivación muy confiable, para evitar cruce de señales tanto análogas como digitales.
- Con la optimización del proceso mediante el Operador Gráfico, se pueden realizar diversas configuraciones que sirven de ayuda a la persona encargada de monitorearlo.
- La aplicación de las bombas hidráulicas de tipo centrífugas utilizadas en este proyecto definirá procedimientos, interpretación y familiarización de la operación de las bombas, representadas por las curvas características que evalúan el comportamiento y el trabajo otorgados por los fabricantes que construyen estos equipos.
- Se evaluó experimentalmente la pérdida de carga que se origina en el sistema hidráulico al manipular las válvulas de control y compuerta. Estas válvulas son las que determinan en las bombas los índices de operación nominales de 170 gpm y 3450 rpm, además de su comportamiento en el sistema.
- Al trabajar con bombas centrífugas en serie en el banco de pruebas, se obtuvo una ganancia en la altura o cabeza total en el sistema de aproximadamente dos veces mayor que al trabajar con una sola bomba. Con ello se confirma los planteamientos dados en la teoría de la mecánica de fluidos.
- Con las bombas centrífugas conectadas en paralelo en el banco de pruebas, se obtuvo una ganancia de caudal de un máximo de 140 gpm; es decir, una relación de 2 a 1 con respecto a la operación individual de la bomba.
- La aplicación del hardware PLC DirectLogic 06DR, permite realizar una adecuada centralización de las señales análogas y discretas para adquisición y control de la operación del banco de pruebas a través de transductores electrónicos.

5.2.- RECOMENDACIONES.

En el presente proyecto se plantean las siguientes recomendaciones:

- Antes de comenzar cualquier operación en el banco de pruebas, es recomendable suministrar agua al depósito desde una instalación externa, hasta que el agua empiece a desbordarse. Durante el suministro se debe abrir todas las válvulas de globo, excepto las válvulas V7 y V8, para que se llenen de agua las tuberías y desplacen el aire que contienen en su interior.
- Para manejar el HMI del banco de pruebas se debe tener un conocimiento básico de mecánica de fluidos, además saber cuáles son los efectos de los circuitos hidráulicos fundamentales.
- Para iniciar el proceso en modo “**Automático**” se debe elegir adecuadamente el sistema en el cual se desea trabajar, ya sea en el modo “**PLC**” o en el modo “**FIELDPOINT**”.
- Se recomienda que la perilla de selección de sistema se encuentre ubicada en la posición de “**FIELDPOINT**”, ya que si se encuentra en la posición “**PLC**” al momento de arrancar, podría ocasionar fallos en el banco de relés.
- Al finalizar cualquier trabajo en el banco de pruebas en el modo “**Automático**”, es recomendable desactivar la perilla de selección y ubicarla en la posición “**FIELDPOINT**”, luego continuar con el proceso de apagado del banco de pruebas.
- El usuario del banco de pruebas será el responsable de habilitar los circuitos hidráulicos, es decir abrir o cerrar las válvulas de globo para direccionar el paso de fluido. Para una mayor explicación de los circuitos hidráulicos se debe revisar el manual de operación.
- La primera tarea a ejecutarse en el banco de pruebas es purgar o cebar individualmente las bombas centrífugas; esta acción se hará por 30 segundos, tiempo en el cual se desplazará todo el aire en el interior de las

tuberías para que no exista cavitación y produzca fallas en los impulsores de las bombas centrífugas.

- Al iniciar la operación de las bombas centrífugas, se recomienda mantener cerradas las válvulas que originan la pérdida de carga que caso son las válvulas de compuerta manual y la de control. Con esta acción se reduce los picos de consumo de corriente eléctrica en el arranque de los motores eléctricos y se eliminan sobrepresiones en el sistema hidráulico originadas por las bombas centrífugas en este arranque.
- Al concluir cualquier tarea realizada en el banco de pruebas, es recomendable evacuar el agua que contiene el depósito.
- Si algún componente eléctrico no está energizado, se debe revisar físicamente los circuitos apoyados de los esquemas eléctricos.
- Para el caso de mantenimiento del proceso se debe mantener una calibración o una referencia adecuada en condiciones iniciales de las señales análogas. El transductor de presión **“Cerabar T PMC 131-A22F1Q4R”**, en condiciones iniciales presenta una señal de salida de 4 miliamperios equivalentes a medida de presión de 0 psi; y el transductor de presión **“Cerabar T PMC 131-A22F1A3C”**, en condiciones iniciales presenta una señal de salida de 20 miliamperios que equivale a una medida de presión de 0 bares.
- Al poseer diferentes tipos de comunicación tanto en el controlador como el Operador Gráfico, se recomienda definir el tipo adecuado para evitar posible pérdida de datos al enviarlo desde el PLC hacia el Operador Gráfico.
- Se debe tener precaución con el PLC al momento de conectar los sensores al mismo, y saber distinguir qué sensores producen señales analógicas y cuales producen señales digitales.
- Es muy importante configurar y calibrar todos los dispositivos utilizados en el desarrollo del sistema de control implementado.

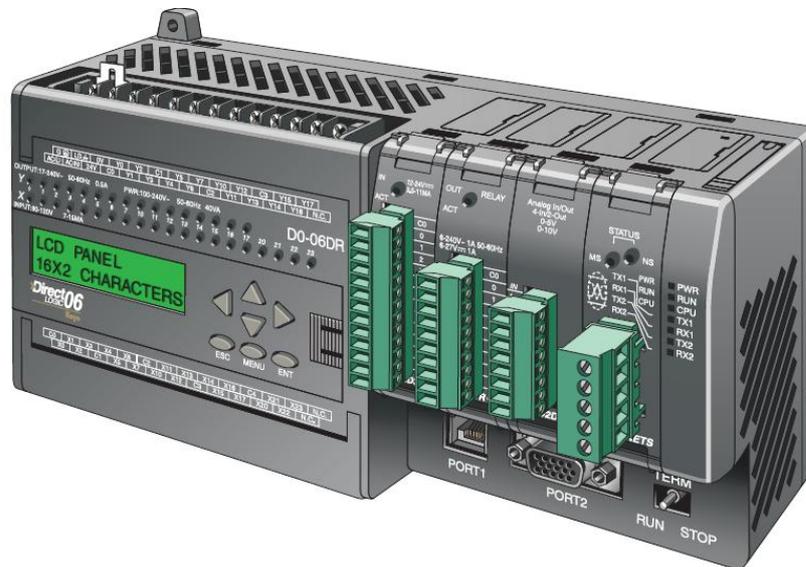
ANEXOS

ANEXO A



Manual del PLC DL06

Manual No.: D0-06USER-M-SP

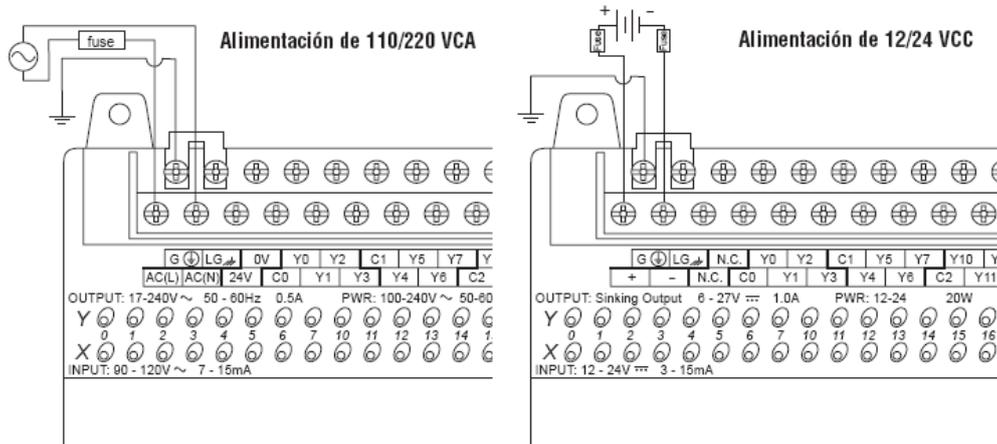


Familia del PLC DL06					
No. de artículo del DL06	Tipo de entrada discreta	Tipo de salidas discretas	Alimentación	Entradas de alta velocidad	Salidas de tren de pulsos
D0-06AA	CA	CA	95-240 VCA	No	No
D0-06AR	CA	Relevador	95-240 VCA	No	No
D0-06DA	CC	CA	95-240 VCA	Yes	No
D0-06DD1	CC	Drenadoras	95-240 VCA	Yes	Yes
D0-06DD2	CC	Surtidoras	95-240 VCA	Yes	Yes
D0-06DR	CC	Relevador	95-240 VCA	Yes	No
D0-06DD1-D	CC	Drenadoras	12-24 VCC	Yes	Yes
D0-06DD2-D	CC	Surtidoras	12-24 VCC	Yes	Yes
D0-06DR-D	CC	Relevador	12-24 VCC	Yes	No

Selección de un PLC por el tipo de entradas y salidas						
No. de artículo del DL06	ENTRADAS			SALIDAS		
	Tipo de E/S comunes	Drenadoras/Surtidoras	Rangos de voltaje	Tipo de E/S comunes	Drenadoras/Surtidoras	Voltaje/ Corriente Nominal*
D0-06AA	CA / 5	-	90 - 120 VCA	CA / 4	-	17 - 240 VCA, 50/60 Hz 0.5A
D0-06AR	CA / 5	-	90 - 120 VCA	Relevador / 4	Drenadoras o Surtidoras	6 - 27VDC, 2A 6 - 240 VCA, 2A
D0-06DA	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	CA / 4	-	17 - 240 VCA, 50/60 Hz 0.5A
D0-06DD1	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	CC / 4	Drenadoras	6 - 27 VDC, 0.5A (Y0-Y1) 6 - 27 VCC, 1.0A (Y2-Y17)
D0-06DD2	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	CC / 4	Surtidoras	12 - 24 VCC, 0.5A (Y0-Y1) 12 - 24 VCC, 1.0A (Y2-Y17)
D0-06DR	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	Relevador / 4	Drenadoras o Surtidoras	6 - 27VCC, 2A 6 - 240 VCA, 2A
D0-06DD1-D	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	CC / 4	Drenadoras	6 - 27 VCC, 0.5A (Y0-Y1) 6 - 27 VCC, 1.0A (Y2-Y17)
D0-06DD2-D	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	CC / 4	Surtidoras	12 - 24 VCC, 0.5A (Y0-Y1) 12 - 24 VCC, 1.0A (Y2-Y17)
D0-06DR-D	CC / 5	Drenadoras or Source	12 - 24 VCC	Relevador / 4	Drenadoras o Surtidoras	6 - 27 VCC, 2A 6 - 240 VCA, 2A

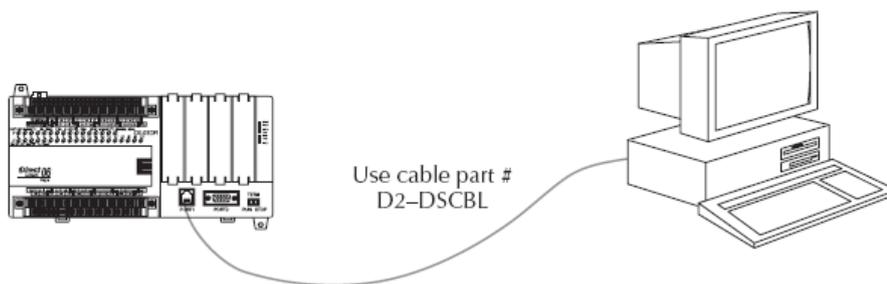
Conecte el cableado de potencia

Conecte el cableado de la entrada de potencia al PLC DL06. Observe todas las precauciones indicadas en este manual. Para más detalles del cableado, vea el capítulo 2 para instalación, cableado y especificaciones. Cuando el cableado esté completo, cierre la cubierta del conector. No aplique energía en este momento



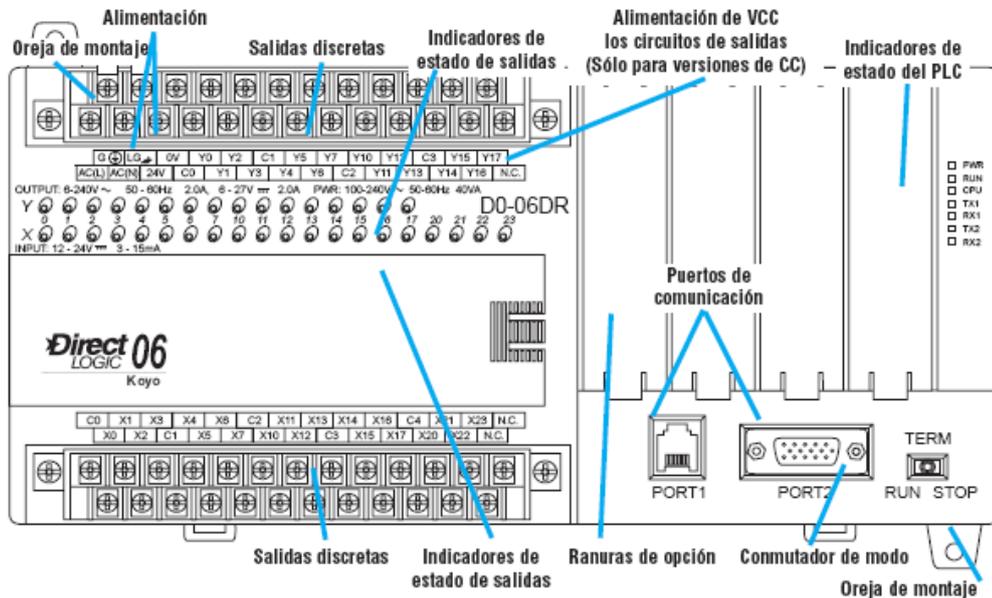
Conecte el dispositivo de programación

La mayoría de los programadores utilizan el software de programación *DirectSOFT*, versión 4.0 o más nuevo, instalado en una computadora. Como alternativa, si necesita un dispositivo de programación portátil, el programador HPP (Por lo menos Firmware versión 2.20). Ambos dispositivos se conectan al puerto 1 del DL06 con el cable apropiado.



Explicación de la parte frontal del panel del PLC DL06

La mayoría de las conexiones, indicadores y etiquetas en el PLC DL06 están situados en su panel frontal. Los puertos de comunicación están situados en el frente del PLC al igual que las ranuras de tarjeta de opción y el switch selector de modo. Vea por favor la figura de abajo.



El bloque terminal de salidas y de alimentación acepta conexiones de tierra externa al chasis y a la lógica en los terminales indicados. Los terminales restantes son para los comunes y las conexiones de salida de Y0 hasta Y17. Los dieciséis terminales de salida se numeran en octal, Y0-Y7 e Y10-Y17. En unidades de salida de C.C., el terminal del extremo a la derecha acepta 24 VCC para la etapa de salida. El bloque terminal del lado de entradas permite conectar las entradas X0 hasta X23 y los comunes asociados

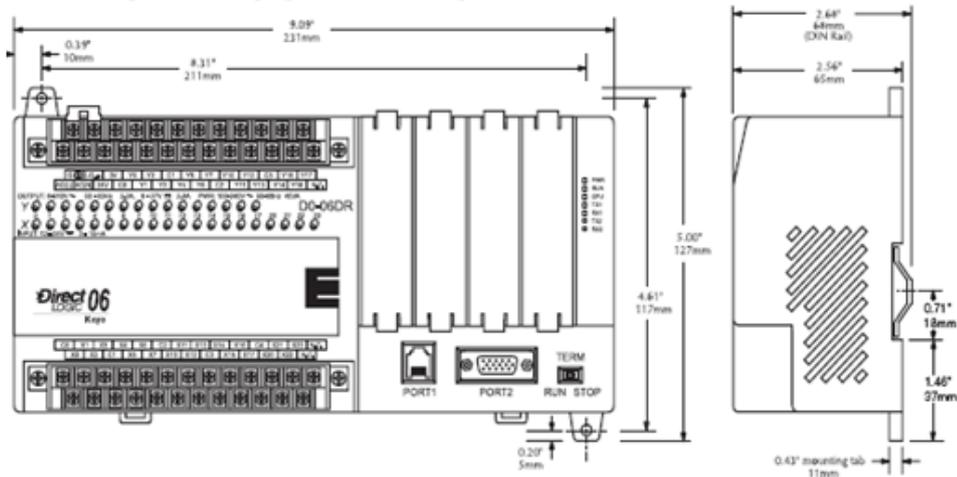
Instrucciones generales de montaje

Además de las pautas de montaje del panel, otras especificaciones pueden afectar la instalación de un sistema de PLC. Considere siempre lo siguiente:

- Especificaciones ambientales
- Requisitos de energía
- Aprobaciones de agencias
- Dimensiones del gabinete donde será montado y de los componentes accesorios.

Dimensiones de la unidad

El diagrama siguiente muestra las dimensiones y las localizaciones del agujero de montaje para todas las versiones del DL06. Asegúrese que siga las pautas de instalación para permitir el espaciado apropiado de otros componentes.



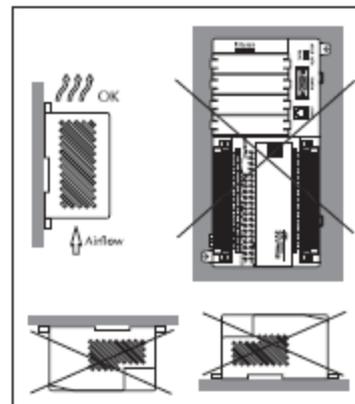
Montaje en un gabinete y distancias mínimas

Hay muchas cosas a considerar cuándo se diseña la disposición de un panel. Los siguientes asuntos corresponden al esquema mostrado. Nota: pueden haber requisitos adicionales, dependiendo de su aplicación y el uso de otros componentes en el gabinete.

1. Monte el PLC horizontalmente como mostrado debajo, para proporcionar ventilación apropiada. Usted no debe montar las unidades DL06 verticalmente, al revés, ni en una superficie horizontal plana. Si usted coloca más de una unidad en un gabinete, debe haber un mínimo de 7.2" (183 mm) entre las unidades.

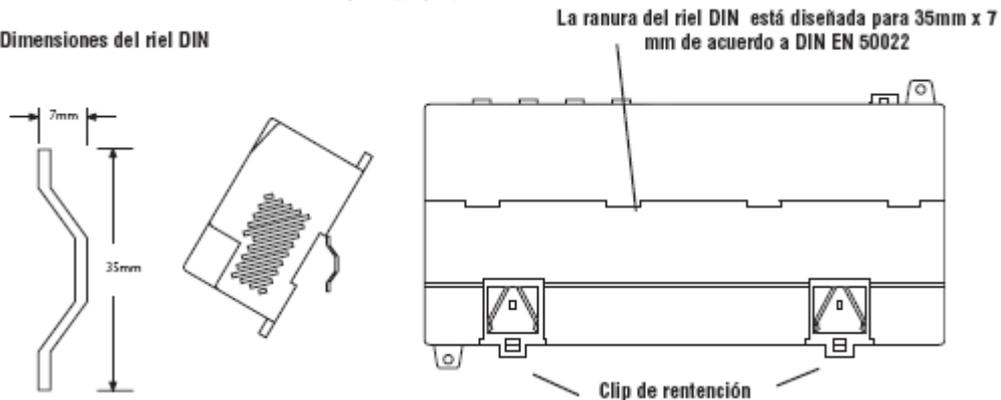
2. Deje un espacio libre mínimo de 1.5" (39 mm) entre la unidad y todos los lados del gabinete. Recuerde de tener en cuenta cualquier panel de operador u otros artículos montados en la puerta.

3. Debe haber también por lo menos 3" (78 mm) de espacio libre entre la unidad y cualquier conducto de alambrado que corre paralelo a los terminales.



Usando rieles de montaje

Los PLCs DL06 pueden ser montados en un gabinete usando rieles DIN. Recomendamos rieles que cumplen con el estándar DIN EN 50 022. Ellos son aproximadamente 35 mm de alto, con una profundidad de 7 mm. En la parte trasera del PLC hay dos clips pequeños que permiten sujetar el PLC al riel. Para montar el PLC a un riel DIN, colóquelo en el riel y levante suavemente los clips para agarrar el riel. Para retirar el PLC, empuje los clips para abajo, levante el PLC levemente, y luego ya puede moverlo del riel.

Dimensiones del riel DIN**Especificaciones ambientales**

Especificación	Valores aceptables
Temperatura de almacenamiento	-4° F a 158° F (-20° C a 70° C)
Temperatura de operación del ambiente*	32° F a 131° F (0° C a 55° C)
Humedad del ambiente**	5% - 95% Humedad relativa (non-condensing)
Resistencia a vibración	MIL STD 810C, Method 514.2
Resistencia a choques	MIL STD 810C, Method 516.2
Inmunidad al ruido	NEMA (ICS3-304)
Atmósfera	No corrosive gases
Aprobaciones de agencias	UL, CE (C1D2), FCC class A

Protección de fusibles en la alimentación

No hay fusibles internos en los circuitos de entrada, de modo se necesita una protección externa para asegurar la seguridad del personal de servicio y tener una operación segura del equipo. Para cumplir con las especificaciones de UL/CUL, la alimentación debe tener fusibles. Dependiendo del tipo de energía de entrada que es utilizada, siga estas recomendaciones para protección por fusibles:

Operación de 208/240VCA

Si la fuente de voltaje es un transformador o a tiene dos fases cuando conectada la unidad a una tensión entre 208 a 240 VCA, coloque fusibles en los conductores de la fase (L1) y del neutro (N). El tamaño recomendado del fusible es 1,0A (rápido).

Operación de 110/125VCA

Al hacer funcionar la unidad a partir de 110/125 VCA, solamente es necesario un fusible en el conductor de la fase (L1); no es necesario un fusible en el neutro (N). El tamaño recomendado del fusible es 1,0A (rápido).

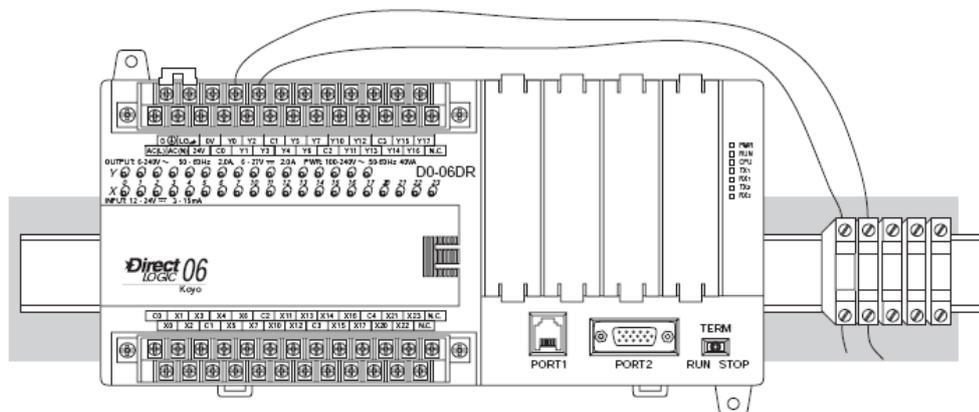
Alimentación

La fuente de energía debe ser capaz de suministrar voltaje y corriente que cumplan con las especificaciones individuales del PLC, de acuerdo a lo siguiente:

Especificaciones de la fuente de alimentación		
Detalle	Modelos alimentados con CA	Modelos alimentados con CC
Rango de voltaje en las entradas	110/220 VCA (95–240 VCA)	12–24 VCC (10.8–26.4 VCC)
Máxima corriente de Inrush	13 A, 1ms (95–240 VCA) 15 A, 1ms (240–264 VCA)	10A
Máxima potencia	30 VA	20 W
Aplicación de voltaje (dieléctrico)	1 minuto @ 1500 VCA entre primario, secundario y tierra	
Resistencia de aislación	> 10 MOhm a 500 VCC	

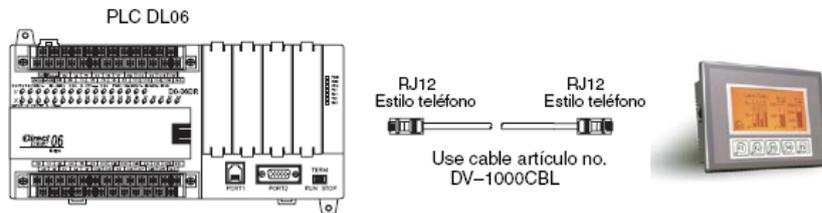
Protección de fusibles para los circuitos de entradas y de salidas

Los circuitos de entradas y de salidas en el PLC DL06 no tienen fusibles internos. Para tener protección de su PLC, sugerimos que agregue fusibles externos en su cableado de salidas. Un fusible de fusión rápida (Fast blow), con un grado actual más bajo que el grado actual común del banco de E/S se puede conectar en cada común. O se puede agregar un fusible con un grado levemente menor que la corriente máxima por punto de cada salida. Vea las hojas de especificación del PLC en este capítulo para encontrar la corriente máxima por punto de salida o por común de salida. La adición de un fusible externo no garantiza la prevención de daños al PLC, pero aumentará la protección.



Conectando dispositivos de interfase de operador

Las interfases de operador requieren conexiones de datos y de energía. Las interfases con un monitor de rayos catódicos requieren generalmente corriente alterna separada. Sin embargo, dispositivos pequeños de interfase de operador como la unidad popular de acceso de datos C-more micro se pueden accionar directamente desde el PLC DL06. Conecte el panel al puerto de comunicación 1 en el PLC DL06 usando el cable mostrado abajo. Un solo cable contiene los conductores de transmisión/recepción de datos y energía de +5V.



Los paneles de interfase de operador C-more requieren conexiones separadas de energía y de comunicaciones. Conecte el DL06 al conector apropiado en la parte posterior del panel de operador usando el cable mostrado abajo. Estos paneles requieren 24 VCC (rango de operación 20-30 VCC).

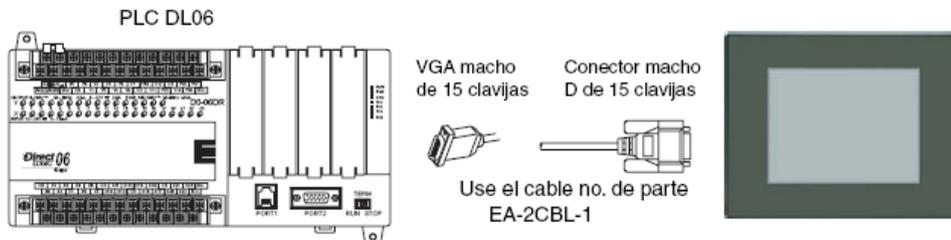


Diagrama eléctrico de E/S del D0-06DR

El PLC D0-06DR tiene veinte entradas C.C. y dieciséis salidas de contactos de relevador. El diagrama siguiente muestra un ejemplo típico de cableado. La conexión de alimentación de C.A. usa cuatro terminales según lo mostrado.

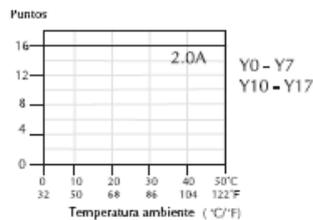
Las entradas se organizan en cinco bancos de cuatro entradas cada banco. Cada banco tiene un terminal común aislado y se pueden conectar como entradas drenadoras o surtidoras. El ejemplo de cableado abajo muestra todo los comunes conectados juntos pero se pueden usar fuentes y comunes separados. Se muestra abajo el circuito equivalente para las entradas normales y el circuito de entrada de alta velocidad se muestra a la izquierda.

Las salidas se organizan en cuatro bancos de cuatro contactos normalmente abiertos de relevador. Cada banco tiene un terminal común. El ejemplo de cableado abajo muestra todo los comunes conectados juntos pero se pueden usar fuentes y comunes separados. El equivalente del circuito de salida muestra un canal de un banco típico. Los contactos del relevador pueden conmutar voltajes de C.A. o C.C.

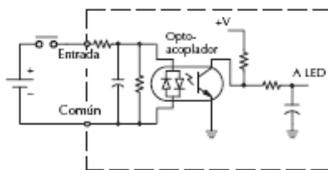
Vida típica del relevador (Operaciones) a temperatura ambiente

Voltaje & tipo de carga	Corriente	
	A 1A	A 2A
24VCC resistiva	500K	250K
24VCC inductiva	100K	50K
110VAC resistiva	500K	250K
110VAC inductiva	200K	100K
220VAC resistiva	350K	200K
220VAC inductiva	100K	50K

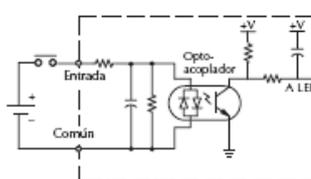
Curva de degradación de salidas de contacto



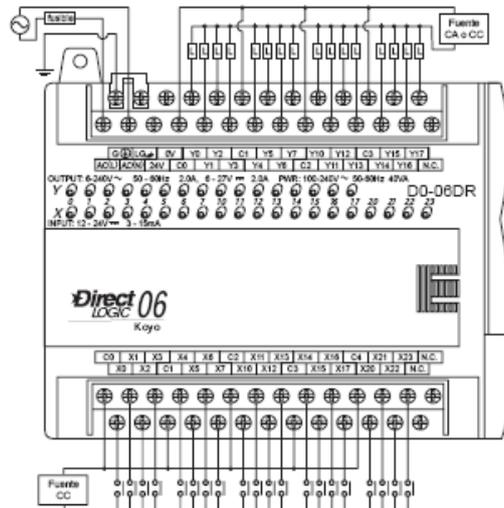
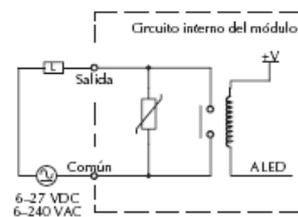
Circuito equivalente, entradas HSIO (X0-X3)



Circuito equivalente, entradas normales (X4-X23)



Circuito de salida equivalente



Especificaciones generales D0-06DR

Requerimientos de alimentación	100 – 240 VCA, 40 VA máximo,
Puerto de comunicación 1, 9600 baud (Fijo), 8 bits de datos, 1 bit stop, paridad Odd	K-Sequence (Esclavo), DirectNET (Esclavo), MODBUS (Esclavo)
Puerto de comunicación 2, 9600 baud (original), 8 bits de datos, 1 bit stop, paridad Odd	K-Sequence (Esclavo), DirectNET (Maestro/Esclavo), MODBUS (Maestro/Esclavo), Non-sequence /print, ASCII
Tipo de cable de programación	D2-DSCBL
Temperatura de operación	32 a 131° F (0 a 55 C)
Temperatura de almacenamiento	-4 a 158° F (-20 a 70 C)
Humedad relativa	5 a 95% (sin condensación)
Calidad del aire ambiente	No se permite en ambientes con gases corrosivos
Vibración	MIL STD 810C 514.2
Choque	MIL STD 810C 516.2
Inmunidad al ruido	NEMA ICS3-304
Tipo de terminal	Removible
Sección del cable	Un AWG#16 o dos AWG#18, AWG#24 mínimo

Especificaciones de entradas CC

Parámetro	Entradas HSIO, X0 – X3	Entradas normales CC X4 – X23
Voltage mínimo y máximo	10,8 – 26,4 VCC	10,8 – 26,4 VCC
Voltaje de operación	12 -24 VCC	12 -24 VCC
Voltaje de cresta	30 VCC (Máxima frecuencia 7 kHz)	30 VCC
Ancho de pulso mínimo	70 μ s	N/A
Voltaje de detección de estado ON	> 10 VCC	> 10 VCC
Voltaje de estado OFF	< 2,0 VCC	< 2,0 VCC
Impedancia de entradas	1,8 k Ω @ 12 – 24 VCC	2,8 k Ω @ 12 – 24 VCC
Max. corriente en las entradas	6mA @12VCC 13mA @24VCC	4mA @12VCC 8.5mA @24VCC
Corriente mínima en estado ON	>5 mA	>4 mA
Corriente máxima en estado OFF	< 0,5 mA	<0,5 mA
Respuesta cuando va de OFF a ON	<70 μ s	2 – 8 ms, 4 ms típico
Respuesta cuando va de ON a OFF	<70 μ s	2 – 8 ms, 4 ms típico
Indicadores de estado	Lado lógico	Lado lógico
Comunes	4 canales/común x 5 bancos aislados	

Especificaciones de salidas a relevador

Rango de voltaje de salida (Min. - Max.)	5 -264 VCA (47 -63 Hz), 5 - 30 VCC
Voltaje de operación	6 -240 VCA (47 -63 Hz), 6 - 27 VCC
Corriente de salida	2A / punto, 6A / común
Voltaje máximo	264 VCA, 30 VCC
Máxima corriente de fuga	0,1 mA @264 VCA
Carga mínima recomendada	5 mA
Tiempo de respuesta cuando va de OFF a ON	< 15 ms
Tiempo de respuesta cuando va de ON a OFF	< 10 ms
Indicadores de estado	Lado lógico
Comunes	4 canales / común x 4 bancos
Fusibles	Ninguno (se recomienda colocar fusibles externos)



Manual de módulos opcionales

Manual No: D0-OPTIONS-M-SP

MÓDULO DE 8 CANALES DE SALIDAS DE CORRIENTE F0-08DAH-1



Especificaciones de salidas

Salidas por módulo	8
Rango de salida	4-20 mA
Resolución	16 bits, .244 μ A/bit
Tipo de salidas	Corriente surtidora a 20mA máximo
Formato de datos del PLC	16 bits, Entero sin signo, 0-FFFF (binario) o 0-65535 (BCD) ¹
Valor de salida en el modo program	4 mA (excluyendo PID en el modo independiente)
Impedancia de la carga	250-750 Ohms
Carga máxima inductiva	1 mH
Tipo de carga permitido	Conectado a cero Volt
Maxima imprecisión	0.2% del rango
Error de calibración de fin de escala maximo(no incluyendo el error de desvío)	\pm 0.025% máximo en el rango
Error de calibración máximo	\pm 0.025% del rango máximo
Precisión vs. Temperatura	\pm 50 ppm/ °C máximo a un cambio del fin de escala
Máximo Crosstalk	\pm 10 unidades de conteo
Error de Linearidad (Extremo a extremo)	\pm 16 conteos máximo (\pm 0.025% del fin de escala) Monotonic with no missing codes
Estabilidad y repetibilidad de las salidas	\pm 10 unidades (después de un calentamiento de 10 minutos)
Ripple de salidas	0,05% del fin de escala
Tiempo de respuesta de la salida	0,5 ms máximo; 5 μ s mínimo (a un cambio del fin de la escala)
Tasa de actualización de todos los canales	100 us
Sobrecarga continua máxima permitida	Las salidas están protegidas cuando se abre el circuito
Tipo de protección de salida	Electronicamente limitado por corriente a 20mA o menos
Señal de salida an energizar y desenergizar	4 mA
Consumo de una fuente de poder externa de 24 V	220 mA
Corriente necesaria de 5,0 V desde el PLC	25 mA

Especificaciones generales

Temperatura de operación	0 a 55° C (32 a 131° F)
Temperatura de almacenamiento	-20 a 70° C (-4 a 158° F)
Humedad	5 a 95% (sin-condensación)
Aire del ambiente de instalación	Solamente se permiten gases no corrosivos (Grado de contaminación 1 de acuerdo a EN61131-2)
Vibración	MIL STD 810C 514.2
Choque	MIL STD 810C 516.2
Aislamiento desde la señal hasta el PLC	1800 VCA aplicado por 1 segundo (Probado 100%)
Resistencia de aislamiento	>10 Mohms @ 500VCC
Inmunidad de ruido	NEMA ICS3-304; Impulso 1000 V @ un pulso de 1 ms; RFI, (145 MHz, 440 MHz 5W @ 15 cm); El peor error durante una perturbación de ruido es 0,5 % del fondo de escala
Aprobaciones de agencias	UL508; UL60079-15 Zona 2
Localización del módulo	Cualquier ranura en una PLC DL05 o DL06
Conexión de cableado de campo	Terminal removible con tornillos
Peso	49 gramos (1,7 onzas)

Pautas de cableado

Su compañía puede tener pautas para la instalación del cableado y de cable. Si es así, usted debe comprobar éstos antes de que usted comience la instalación. Aquí están algunas asuntos generales a considerar:

- Use la ruta más corta de cableado siempre que sea posible.
- Use el cableado blindado y conecte a tierra el blindaje del cable en el origen de la señal. No conecte a tierra el blindaje en el módulo y al mismo tiempo en el origen.
- No instale el cable de señal al lado de motores grandes, de interruptores de corriente grandes o de transformadores. Esto puede causar problemas de ruido.
- Encamine el cable por un conducto aprobado para cables, para reducir al mínimo el riesgo de daño accidental. Verifique los códigos locales y nacionales para elegir el método correcto de uso.

El módulo F0-08DAH-1 no provee energía a los dispositivos del campo. Usted necesitará energizar los transductores de señales separado del PLC.

Para retirar el bloque de terminales, desconecte la energía al PLC y a los dispositivos de campo. Tire el bloque de terminales firmemente hasta que el conector se separa del módulo.

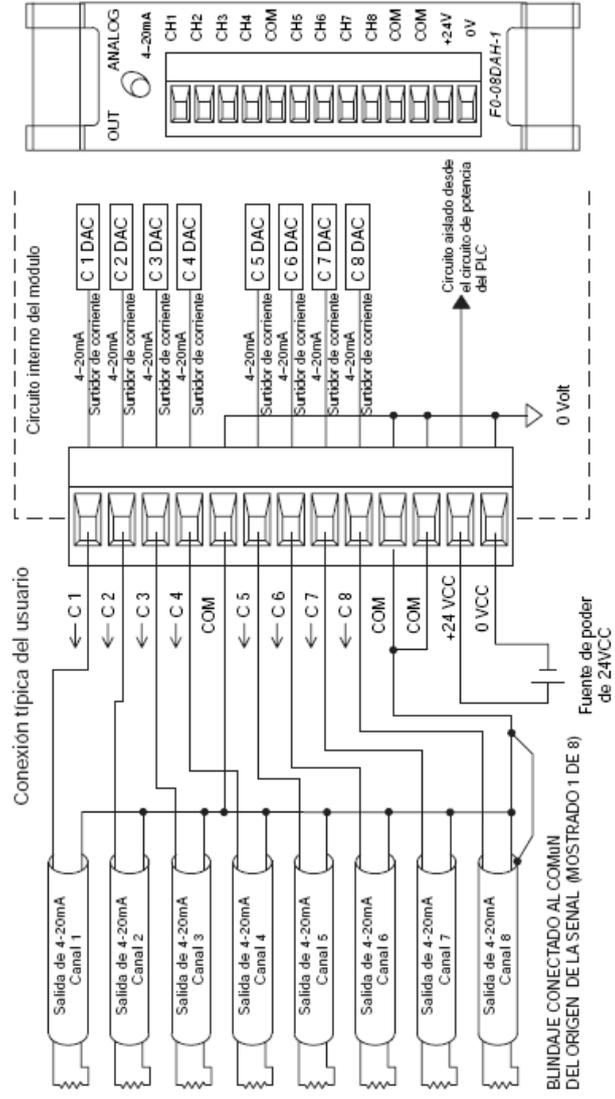
Usted puede sacar el módulo analógico desde el PLC doblando para afuera las lengüetas de retención en la parte superior e inferior del módulo. Mientras que las lengüetas de retención se giran hacia arriba y hacia fuera, el conector del módulo se levanta del zócalo del PLC. Una vez que el conector esté libre, usted puede levantar el módulo de su ranura.

Especificaciones del bloque de terminales

Cantidad de terminales	13
No de artículo para reemplazo	D0-ACC-4
Paso	0,2 pulgadas(5,08 mm)
Rango del alambre	Conductor Sólido o de hebras retorcidas 28-16 AWG ; Longitud de retirada del aislamiento 5/16 pulgadas (7-8 mm)
Tamaño de destornillador de ranura	0,4T x 2,5W mm (Número de artículo DN-SS1)
Tamaño del tornillo	M2.5
Torque para apretar el tornillo	0,52 N-m o 4,5 libras-pulgada

Diagrama de conexión

Use el siguiente diagrama para conectar los aparatos de campo. Si fuera necesario, puede retirarse el terminal del módulo F0-08DAH-1 para poder remover el módulo sin desconectar el cableado de campo.

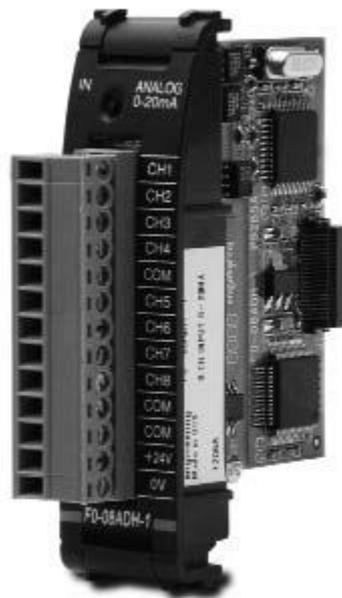




DL05/06 Option Modules USER MANUAL

Manual Number: D0-OPTIONS-M

F0-08ADH-1 8-CH. ANALOG CURRENT INPUT



Module Specifications

The F0-08ADH-1 Analog Input module offers the following features:

- The DL05 and DL06 will read all eight channels in one scan.
- The removable terminal block simplifies module replacement.
- Analog inputs can be used as process variables for the four (4) PID loops in the DL05 and the eight (8) PID loops in the DL06 CPUs.
- On-board active analog filtering and RISC-like microcontroller provide digital signal processing to maintain precise analog measurements in noisy environments.

Input Specifications	
Inputs per module	8
Input Range	0-20mA
Resolution	16-bit, .305 μ A/bit
Input Type	Single Ended (one common)
Maximum Continuous Overload	\pm 31mA
Input Impedance	100 ohms, 1/10W, current input
Filter Characteristics	Low pass, -3dB @ 60Hz
PLC Data Format	16-bit, Unsigned Integer, 0-FFFF (binary) or 0-65535 (BCD) ¹
Sample Duration Time	10.2ms (time to 95% of full step change per channel)
All Channel Update Rate	81.6ms (10.2ms x 8 ch.)
Open Circuit Detection Time	Zero reading within 1s
Conversion Method	Successive Approximation
Accuracy vs. Temperature	\pm 50PPM/ $^{\circ}$ C Maximum
Maximum Inaccuracy	0.2% of range (including temperature changes)
Linearity Error (End to End)	\pm 10 count maximum; Monotonic with no missing codes
Input Stability and Repeatability	\pm 10 count maximum
Full Scale Calibration Error (incl offset)	\pm 10 count maximum
Offset Calibration Error	\pm 10 count maximum
Maximum Crosstalk at DC, 50 Hz and 60 Hz	\pm 10 count maximum
Recommended Fuse (external)	Littelfuse Series 217, .032A fuse
External 24VDC Power Required	25mA
Base Power Required (5.0V)	25mA

General Specifications	
Operating Temperature	0 to 55°C (32 to 131°F)
Storage Temperature	-20 to 70°C (-4 to 158°F)
Humidity	5 to 95% (non-condensing)
Environmental air	No corrosive gases permitted (EN61131-2 pollution degree 1)
Vibration	MIL STD 810C 514.2
Shock	MIL STD 810C 516.2
Field to Logic side Isolation	1800VAC applied for 1 second (100% tested)
Insulation Resistance	>10M ohms @ 500VDC
Noise Immunity	NEMA ICS3-304; Impulse 1000V @ 1mS pulse; RFI, (145MHz, 440Mhz 5W @ 15cm); Worst case error during noise disturbance is .5% of full scale
Agency Approvals	UL508; UL60079-15 Zone 2
Module Location	Any slot in a DL05 or DL06 System
Field Wiring	Removable Terminal Block
Weight	49 g (1.7 oz.)

Connecting and Disconnecting the Field Wiring

Wiring Guidelines

Your company may have guidelines for wiring and cable installation. If so, you should check those before you begin the installation. Here are some general things to consider:

- Use the shortest wiring route whenever possible.
- Use shielded wiring and ground the shield at the transmitter source. *Do not* ground the shield at both the module and the source.
- Do not run the signal wiring next to large motors, high current switches, or transformers. This may cause noise problems.
- Route the wiring through an approved cable housing to minimize the risk of accidental damage. Check local and national codes to choose the correct method for your application.

The F0-08ADH-1 does not supply power to field devices. You will need to power transmitters separately from the PLC.

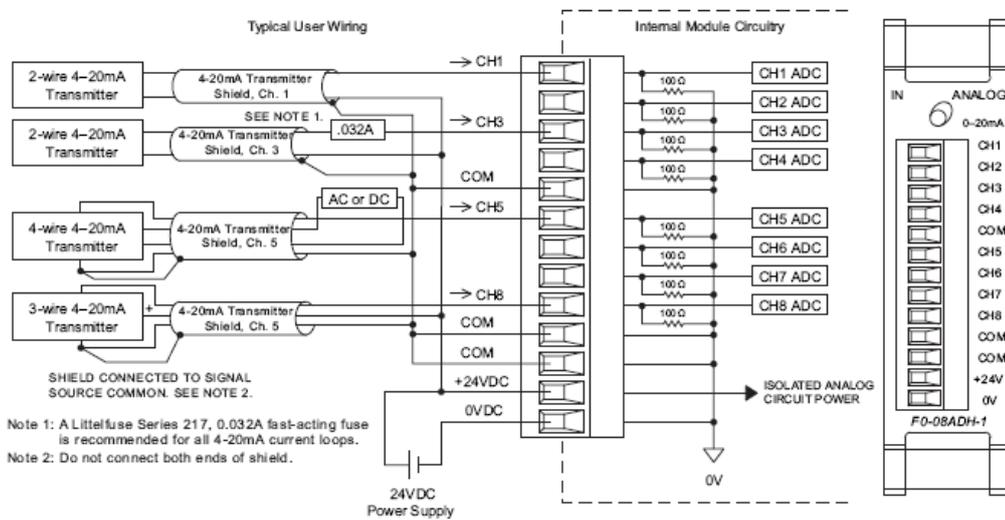
To remove the terminal block, disconnect power to the PLC and the field devices. Pull the terminal block firmly until the connector separates from the module.

You can remove the analog module from the PLC by folding out the retaining tabs at the top and bottom of the module. As the retaining tabs pivot upward and outward, the module's connector is lifted out of the PLC socket. Once the connector is free, you can lift the module out of its slot.

Terminal Block Specifications

Number of Positions	13
Re-Order Number	D0-ACC-4
Pitch	.2 inch (5.08 mm)
Wire Range	28-16AWG Solid or Stranded Conductor; Wire strip length 5/16" (7-8mm)
Screwdriver Size (Slotted)	0.4T x 2.5W mm (part number DN-SS1)
Screw Size	M2.5 size
Screw Torque	4.5 inch-pounds (.52 Nm)

Wiring Diagram



Current Loop Transmitter Impedance

Manufacturers of transmitters and transducers specify a wide variety of power sources for their products. Follow the manufacturer's recommendations.

In some cases, manufacturers specify a minimum loop or load resistance that must be used with the transmitter. The F0-08ADH-1 provides 100 ohm resistance for each channel. If your transmitter requires a load resistance below 100 ohms, you do not have to make any changes. However, if your transmitter requires a load resistance higher than 100 ohms, you need to add a resistor in series with the module.

Consider the following example for a transmitter being operated from a 30 VDC supply with a recommended load resistance of 750 ohms. Since the module has a 100 ohm resistor, you need to add an additional resistor.

$$R = Tr - Mr$$

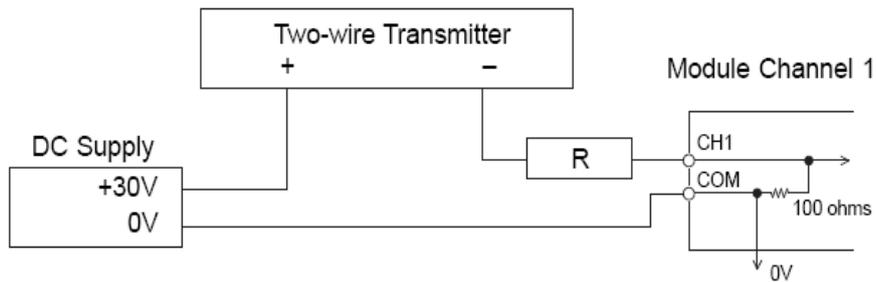
R = Resistor to add

$$R = 750 - 100$$

Tr = Transmitter requirement

$$R \geq 650$$

Mr = Module resistance (internal 100 ohms)



Etapas de la instalación**1 - Fije el variador****2 - Conecte al variador:**

- la red de alimentación, asegurándose de que:
 - se encuentra en el rango de tensión del variador
 - está sin tensión
- el motor, asegurándose de que la conexión de motor corresponde a la tensión de la red
- eventualmente, las velocidades preseleccionadas por las entradas lógicas LI3 y LI4

3 - Ponga en tensión el variador sin dar la orden de marcha**4 - Configure:**

- la frecuencia nominal (bFr) del motor, si es diferente de 50 Hz (sólo aparece en la primera puesta en tensión)
- los parámetros ACC (Aceleración) y dEC (Deceleración).
- los parámetros LSP (Mínima velocidad cuando la consigna es nula) y HSP (Máxima velocidad cuando la consigna es máxima).
- el parámetro lTH (Protección térmica del motor).
- eventualmente, las velocidades preseleccionadas SP2-SP3-SP4.

5 - Configure en el menú drC:

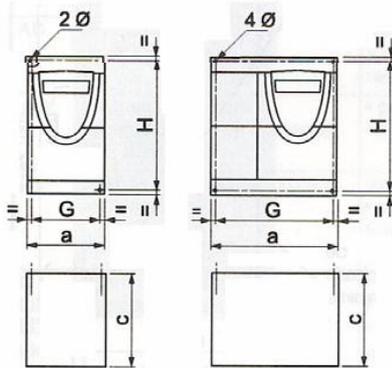
Los parámetros del motor, si la configuración de fábrica del variador no es adecuada.

6 - Arranque**Configuración de fábrica**

El Altivar 11 está configurado de fábrica para las condiciones de uso más habituales:

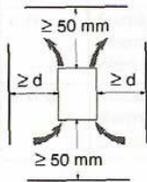
- Control local mediante los botones del variador (RUN / STOP, potenciómetro de consigna de velocidad).
- Entradas lógicas:
 - LI1, LI2: no asignadas.
 - LI3, LI4: 4 velocidades preseleccionadas (velocidad 1 = consigna de velocidad o LSP, velocidad 2 = 10 Hz, velocidad 3 = 25 Hz, velocidad 4 = 50 Hz).
- Entrada analógica AI1: no activa.
- Relé R1: el contacto se abre en caso de fallo (o si el variador está sin tensión)
- Salida DO: salida analógica, refleja la frecuencia del motor.

Si la configuración de fábrica no es adecuada, el menú FUn permite modificar las funciones y las asignaciones de las entradas/salidas.

Dimensiones

ATV 11H	a	b	c	G	H	Ø
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
U05●●A	72	142	108	60±1	131±1	2 x 5
U09●●A	72	142	132	60±1	131±1	2 x 5
U18M●A	72	147	145	60±1	131±1	2 x 5
U18F1A	117	142	163	106±1	131±1	4 x 5
U29●●A						
U41●●A						

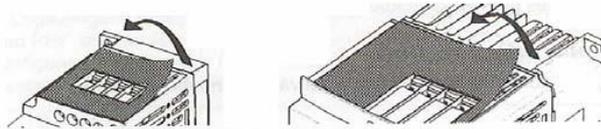
ATV 11P	a	b	c	G	H	Ø
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
cualquier calibre	72	142	108	60±1	131±1	2 x 5

Condiciones de montaje y de temperatura

Instale el aparato en posición vertical, a $\pm 10^\circ$.
Evite colocarlo cerca de elementos que irradian calor.
Deje espacio libre suficiente para garantizar la circulación del aire necesario para el enfriamiento, que se realiza por ventilación de abajo hacia arriba.
Espacio libre frontalmente: 10 mm mínimo.

Cuando el grado de protección IP20 es suficiente, se recomienda retirar el obturador de protección pegado sobre el variador, tal y como se indica más abajo.

- de -10°C a 40°C :
 - $d \geq 50$ mm: sin ninguna precaución en particular.
 - $d = 0$ (variadores juntos): retire el obturador de protección adherido a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección se transforma en IP20).
- de 40°C a 50°C :
 - $d \geq 50$ mm: retire el obturador de protección adherido a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección se transforma en IP20).
- de 50°C a 60°C :
 - $d \geq 50$ mm: retire el obturador de protección adherido a la parte superior del variador según se indica a continuación (el grado de protección pasa a ser IP20) y desclasifique la corriente nominal del variador un 2,2 % por cada $^\circ\text{C}$ que supere 50°C .

**Montaje de los variadores sin radiador**

Los variadores ATV 11P●●●●●●A se pueden montar sobre (o dentro de) el bastidor de una máquina de acero o aluminio, respetando las siguientes condiciones:

temperatura ambiente máxima: 40°C ,

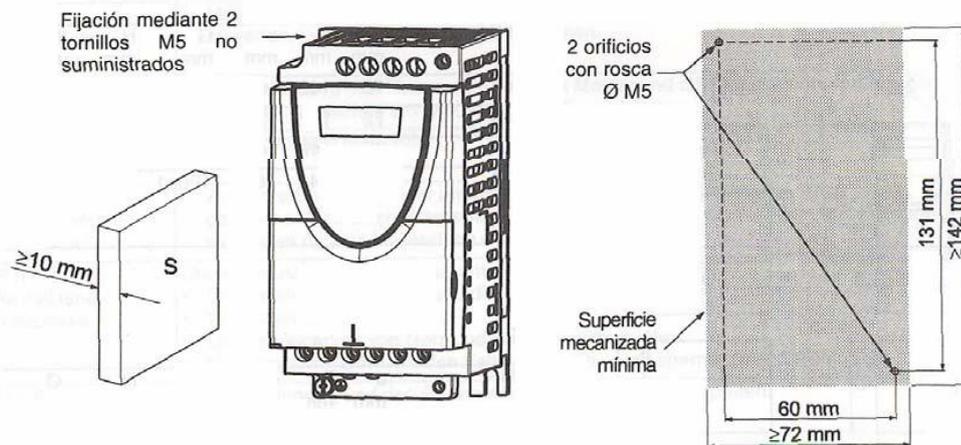
montaje vertical a $\pm 10^\circ$,

el variador debe fijarse en el centro de un soporte (bastidor) de 10 mm como mínimo de grosor y con una superficie de enfriamiento expuesta al aire libre y cuadrada de como mínimo $0,12 \text{ m}^2$ para el acero y de $0,09 \text{ m}^2$ para el aluminio,

superficie de apoyo del variador (mín. 142×72) mecanizada en el bastidor con una superficie plana de 100 mm^2 como máximo y una rugosidad de $3,2 \mu\text{m}$ como máximo,

limpie ligeramente los orificios con rosca para eliminar las rebabas,

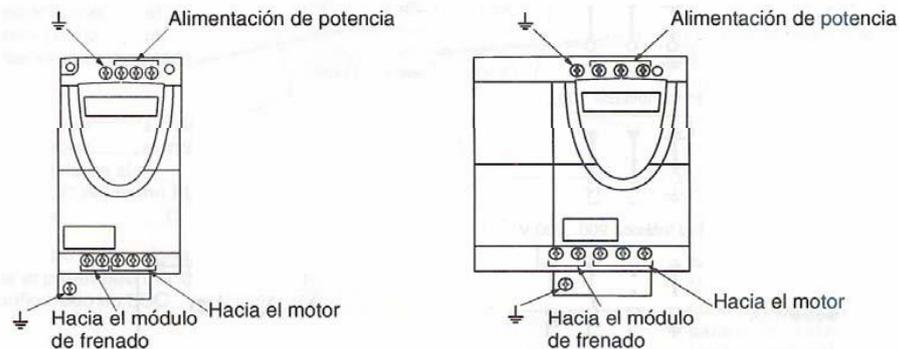
aplicar grasa de contacto térmico (o equivalente) a toda la superficie de apoyo del variador.



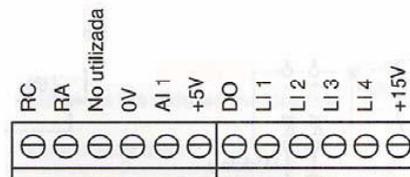
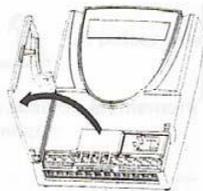
Comprobar el estado térmico del variador con el parámetro t_{Hd} (menú SUP), para validar la correcta eficacia del montaje.

Borneros de potencia

Altivar ATV 11●	Capacidad máxima de conexión		Par de ajuste en Nm
	AWG	mm ²	
U05●●A, U09●●A, U18M●A	AWG 14	1,5	0,75
U18F1A, U29●●A, U41●●A	AWG 10	4	1



Disposición, características y funciones de las bornas de control



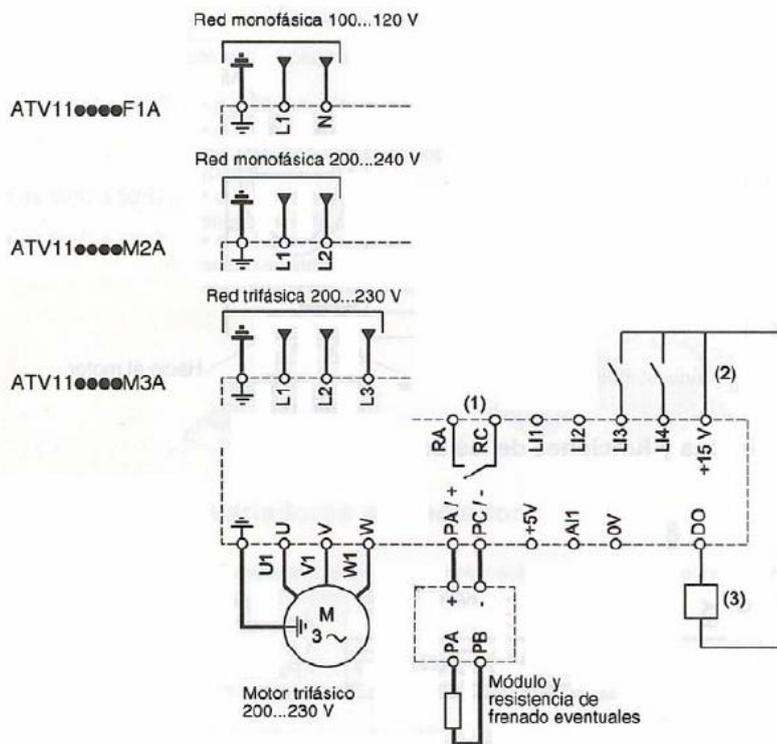
- Capacidad de conexión máxima:
1,5 mm² - AWG 16
- Par de ajuste máx.:
0,5 Nm.

Borna	Función	Características eléctricas
RC RA	Contacto del relé de fallo (abierto en caso de fallo o de ausencia de tensión)	Poder de conmutación mín.: 10 mA para 24 V $\overline{\text{---}}$ Poder de conmutación máx.: • 2 A para 250 V \sim y 30 V $\overline{\text{---}}$ con carga inductiva ($\cos \varphi = 0,4 - L/R = 7 \text{ ms}$) • 5 A para 250 V \sim y 30 V $\overline{\text{---}}$ con carga resistiva ($\cos \varphi = 1 - L/R = 0$)
0V	Común de las entradas/salidas	0 V
AI1	Entrada analógica en tensión o en corriente	Entrada analógica 0 + 5V o 0 + 10 V: impedancia de 40 k Ω , 30 V máx. Entrada analógica 0 - 20 mA o 4 - 20 mA: impedancia 250 Ω (sin añadir resistencia)
+5V	Alimentación para potenciómetro de consigna 2,2 a 10 k Ω	• precisión: - 0 + 5 % • intensidad máx. disponible: 10 mA
DO	Salida configurable lógica o analógica	Salida analógica de colector abierto de tipo MLI a 2 kHz: • tensión de 30 V máx., impedancia de 1 k Ω , 10 mA máx. Salida lógica de colector abierto: • tensión de 30 V máx., impedancia de 100 k Ω , 50 mA máx.
LI1 LI2 LI3 LI4	Entradas lógicas programables	• Alimentación + 15 V (máx. 30 V), impedancia 5 k Ω • estado 0 si < 5 V, estado 1 si > 11 V en lógica positiva • estado 1 si < 5 V, estado 0 si > 11 V o fuera de tensión (no conectado) en lógica negativa
+15V	Alimentación de las entradas lógicas	+ 15 V \pm 15 % protegido contra cortocircuitos y sobrecargas. Consumo máx. disponible cliente 100 mA

Esquema de conexión para el preajuste de fábrica



- bornas de red en la parte superior, bornas del motor en la parte inferior
- conecte las bornas de potencia antes que las bornas de control



(1) Contactos del relé de fallo, para señalar a distancia el estado del variador.

(2) + 15 V interna. En caso de uso de una fuente externa (+ 24 V máx.), conecte el 0 V de la misma a la borna 0 V y no utilice la borna + 15 V del variador.

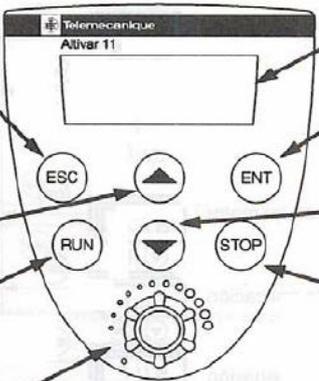
(3) Galvanómetro o relé de bajo nivel.

Nota: Dote de antiparásitos a todos los circuitos inductivos próximos al variador o acoplados al mismo tal como relés, contactores, electroválvulas, etc.

Elección de los componentes asociados:

Véase el catálogo Altivar 11.

Funciones del display y de las teclas

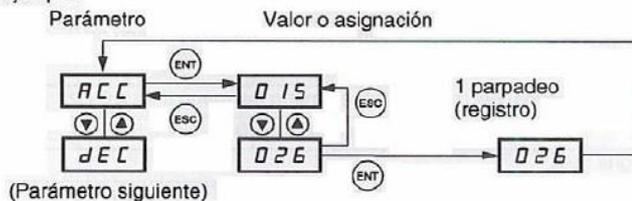
- 
- Para salir de un menú o un parámetro o para desechar el valor mostrado y volver al valor anterior grabado en la memoria
 - Para pasar al menú o al parámetro previo o para aumentar el valor mostrado
 - Botón RUN: controla la orden de inicio de rotación del motor en el giro adelante si el parámetro tCC del menú FUN se ha configurado en LOC
 - Potenciómetro de consigna, activo si el parámetro LSR del menú FUN está configurado en LOC
 - 3 displays "7 segmentos"
 - Para entrar en un menú o en un parámetro o para registrar el parámetro o el valor mostrado
 - Para pasar al menú o al parámetro siguiente o para disminuir el valor mostrado
 - Botón STOP: siempre puede controlar la parada del motor.
 - Si tCC (menú FUN) no está configurado en LOC, la parada se realiza en rueda libre.
 - Si tCC (menú FUN) está configurado en LOC, la parada se realiza en rampa, pero si el frenado por inyección está en curso, se realiza en rueda libre.



Al pulsar el botón  o  no se graba en memoria el valor elegido.

Grabación en memoria y registro de los valores mostrados: 

Ejemplo:



Al grabar un valor en la memoria, el display parpadea.

Visualización normal si no hay fallos y no está en puesta en servicio:

- rdY: Variador listo.
- 43.0 : Visualización del parámetro seleccionado en el menú SUP (por defecto: consigna de frecuencia).
- dcb: Frenado por inyección de corriente continua en curso.
- nSt: Parada en rueda libre.

En caso de fallo, éste aparece parpadeando.

ANEXO B

Honeywell
ML7420A/ML7425A,E
 Actuadores lineales de válvula eléctrico

ESPECIFICACIONES TÉCNICA


ML7420

ML7425

CARACTERÍSTICAS

- Instalación fácil y rápida
- No requiere conexiones adicionales
- No requiere ajustes
- Bajo consumo
- Interruptores finales de limitación de fuerza
- Modelos con muelle de retorno (ML7425A,B)
- Manivela para accionamiento manual
- Señal de feedback de posición
- 0...10 Vdc o 2...10 Vdc señal de entrada seleccionable
- Acción directa/inversa seleccionable
- Posición de carrera ante fallo de señal seleccionable
- Diseño resistente a la corrosión
- Libre de mantenimiento

ESPECIFICACIONES
Límites de temperatura

Límites ambientales de operación -10...+50 °C a 5...95% r.h.

Límites ambientales de almacenaje -40...+70 °C a 5...95% r.h.

Temperatura medio válvula Max. 150 °C (220 °C con Kit de Alta Temperatura)

Señales

Señal de entrada	y = 0...10 Vdc o 2...10 Vdc R _i = 100kΩ
Referencia señal	1 kΩ max.
Señal feedback posición	x = 2...10 Vdc
Carga	1 mA max.

Seguridad

Clase Protección	III según EN60730-1
Protección standard	IP54 según EN60529
Carcasa retardo llama	V0 según UL94

GENERAL

Los actuadores ML7420A / ML7425A,B están diseñados para control modulante con señal de entrada de control de 0...10 Vdc o 2...10 Vdc. Opera válvulas de Honeywell para aplicaciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Hay modelos con muelle de retorno para posición de seguridad ante fallo de alimentación.

ML7420A/ML7425A,B

Cableado

Terminales 1.5 mm²
 Entrada cable M20. Dos agujeros M18 y M12 para interruptores auxiliares y potenciómetro

Peso

Tipo sin muelle de retorno 1.3 kg
 Tipo con muelle de retorno 2.4 kg

Material

Cubierta ABS-FR
 Base Fibra de vidrio reforzada con plástico
 Yugo Fundición de aluminio

Modelo	ML7420A6009	ML7420A6017	ML7425A6008	ML7425B6007
Alimentación	24 Vac ±15%; 50/60 Hz			
Consumo	5 VA	7 VA	12 VA	
Señal entrada 0(2) Vdc	Vástago de actuador retraído. Válvula 2 vías:"abierta", Válvula 3 vías: vía A-AB:"cerrada" *			
Señal entrada 10 Vdc	Vástago de actuador extendido. Válvula 2 vías:"cerrada", Válvula 3 vías: vía A-AB:"abierta" *			
Carrera	20 mm			
Tiempo recorrido 50 Hz	1 min	0.5 min	1.8 min	
Fuerza	≥ 600 N			
Tiempo recorrido muelle	—		≈12 s	
Dirección muelle	—		El vástago se extiende ante fallo de tensión	El vástago se retrae ante fallo de tensión

* Ajuste de fábrica; se puede invertir presionando el botón (W3) localizado en el circuito impreso (ver Fig. 1).

OPERACION**General**

El giro del motor síncrono se convierte en un movimiento lineal del vástago mediante una transmisión de engranajes. El vástago del actuador se une al de la válvula con un retenedor. El sensor interno de fuerza mediante los microinterruptores detienen el actuador de forma precisa cuando se alcanza la fuerza del vástago especificada.

Operación manual

Los actuadores sin muelle de retorno disponen de una manivela para accionamiento manual en caso de fallo de alimentación. Para el accionamiento manual es preciso desconectar previamente la alimentación eléctrica.

Para accionarlo, empujar hacia abajo la manivela y girarla a derechas para bajar el vástago o a izquierdas para subirlo. Si el actuador vuelve a control automático, la manivela de accionamiento manual se desbloquea automáticamente. En caso de actuadores con muelle de retorno, la manivela de accionamiento manual está localizada bajo la cubierta.

Opción de sobremando

Todos los actuadores tienen integrada una función de sobremando (ver Fig. 3). Cuando se aplica la señal de sobremando, el actuador va a posición de totalmente abierto o totalmente cerrado, a pesar de la señal de control.

Muelle de retorno

Los actuadores con muelle de retorno ML7425A,B proporcionan una posición de seguridad definida de la válvula en caso de fallo de alimentación.

Los actuadores con muelle de retorno se suministran de fábrica con un retenedor (para bloquear la manivela de accionamiento manual) para permitir la conexión del botón

retenedor del vástago al vástago de la válvula sin alimentación.

Instalación Eléctrica

Los actuadores se suministran con un acceso para cable preinstalado M20 y dos agujeros adicionales M18 y M20. Max. Longitud/diámetro de cable para montaje en campo: 200 m / 1.5 mm² o 100 m / 1.5 mm² (ML7420A6017)

NOTA: Para evitar malfunciones, conectar alimentación 24 Vac y tierra (ver Fig. 3 en pag 4).

Acción

El sentido de giro se puede invertir presionando el botón de la izquierda (W3) localizado sobre el circuito impreso (ver fig 1). Si el LED correspondiente se ilumina, indica que el vástago del actuador se retrae con una señal de control de 0(2) Vdc (ajuste de fábrica); Si el LED no se ilumina, el vástago se extiende ante una señal de control de 0(2) Vdc.

Rango Señal de Entrada

El rango de la señal de entrada Y se puede cambiar presionando el botón de la derecha (W2) situado sobre el circuito impreso (ver Fig. 1). Si el LED se ilumina, indica que el actuador está ajustado para operación 0...10 V (ajuste de fábrica); si no se ilumina, el ajuste es 2...10 V.

ML7420A/ML7425A,B

Fallo Señal Entrada

El potenciómetro (W1) localizado sobre el circuito impreso (ver Fig. 1) permite ajustar la posición de seguridad entre 0% y 100% ante fallo de señal de entrada (p.e rotura de cable). El ajuste por defecto de fábrica es con el vástago en posición centrada (50%).

NOTA: Los botones (W3 y W2) y el potenciómetro (W1) están accesibles una vez retirada la cubierta y se localizan en la parte posterior de la cubierta de protección del circuito impreso.

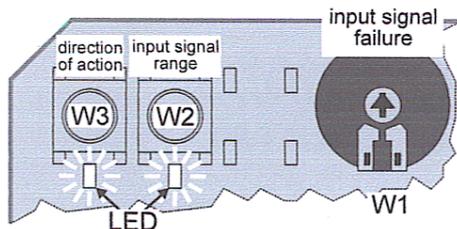


Fig. 1. Pulsadores y potenciómetro (posiciones por defecto)

Señal de salida "POSITION"

Existe una señal de salida de 2...10 Vdc "POSITION" que representa la posición real del actuador, que se puede utilizar para indicación remota. Cuando el vástago está extendido, la señal de salida es de 10 Vdc.

Accesorios

Interruptores auxiliares

Al actuador se le puede acoplar en campo una unidad de interruptor auxiliar consistente en dos interruptores. Los puntos de corte son libremente ajustables a lo largo de la longitud de la carrera del vástago. Se pueden utilizar para arranque/paro de bombas o para indicación remota de posición de la válvula.

Modelo: 43191680-205

Kit de Alta Temperatura

(para aplicaciones >150°C de temperatura de agua)

Modelo Kit Alta Temperatura	Válvula	DN
43196000-001	V5011A/V5011K	15 - 40
	V5013A/V5013G	15 - 40
	V5011R/V5013R	15 - 50
	V5328A/V5329A	15 - 32
43196000-002	V5011A	50
	V5013A/V5013G	50
	V5328A/V5329A	40 - 80
	V5049A	15 - 65
43196000-038	V5050A	15 - 80
	V5328A	100 - 150
	V5016A	100 - 150
	V5025A	100 - 150
	V5049A (PN25/40)	80 - 100
V5050 (PN16)	100 - 150	
V5050 (PN25/40)	100	

PRESIONES DE CIERRE

Fuerza	600 N								
Carrera	20 mm								
Tamaño mm	15	20	25	32	40	50	65	80	
Válv. inch	½	¾	1	1 ¼	1 ½	2	2 ½	3	
Válvulas	Presiones de cierre (en kPa)								
V5011R/S	1600	1600	1000	700	460	260			
V5328A	1600/1000	1000	1000	600	350	200	120	50	
V5016A	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600	1600
V5025A	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
V5049A	1600/1000	1000	1000	600	350	200	120		
V5013R/E	1600	1600	1000	700	460	260			
V5329C	600	600	600	600	480	260	160	100	
V5329A	1000	1000	1000	790	480	260	160	100	
V5050A	1000	1000	1000	600	350	200	120	50	

Para detalles de válvulas, consultar la documentación:

V5011R EN0B-0064GE51
 V5011S EN0B-0085GE51
 V5016A EN0B-0440GE51
 V5049A EN0B-0236GE51

V5328A EN0B-0432GE02
 V5329A/5050A EN0B-0310GE51
 V5025A EN0B-0442GE51

V5095A EN0B-0412GE51
 V5013R EN0B-0065GE51
 V5013E EN0B-0446GE51

ML7420A/ML7425A,B

DIMENSIONES

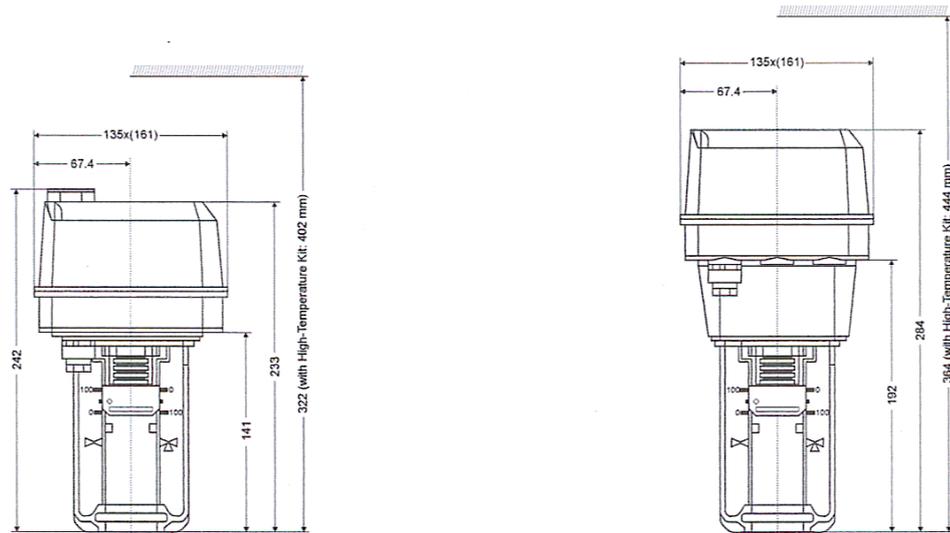


Fig. 2. ML7420A (izqda) y ML7425A,B (drcha), dimensiones (en mm)

CABLEADO

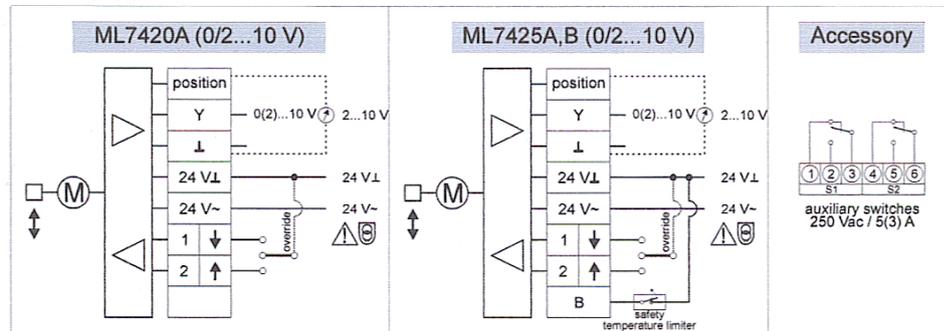


Fig. 3. cableado

Honeywell

Manufactured for and on behalf of the Environmental and Combustion Controls Division of Honeywell Technologies Sàrl, Ecublens, Route du Bois 37, Switzerland by its Authorized Representative:

Automation and Control Solutions
Honeywell GmbH
Böblinger Straße 17
D-71101 Schönaich
Phone: (49) 7031 63701
Fax: (49) 7031 637493
http://europe.hbc.honeywell.com

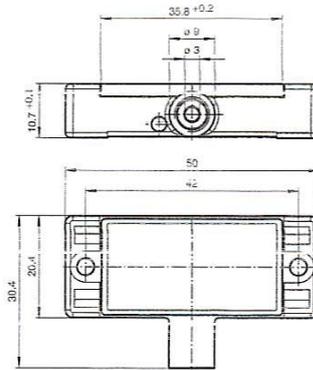
Subject to change without notice. Printed in Germany
EN0B-0261GE51 R0606

DIN EN ISO
9001/14001

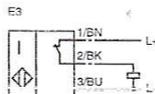
Sensores capacitivos

CCN5-F46A-E3

Construcción plana
 Ranura de montaje p. único de cables
 5 mm no enrasado
 Carcasa de PVDF resistente a ataques químicos
 Tipo de protección IP68



Generalidades	
Función del elemento de conmutación	PNP N.C.
Distancia de conmutación de medición s_m	5 mm
Montaje	no enrasado
Polaridad de salida	CC
Distancia de conmutación asegurada s_a	0 ... 3,5 mm
Datos característicos	
Tensión de trabajo U_B	10 ... 30 V
Frecuencia de conmutación f	0 ... 10 Hz
Histeresis H	1 ... 10 tip. 5 %
Protección contra la inversión de polaridad	protegido
Protección contra cortocircuito	sincronizado
Caída de tensión U_D	≤ 2 V
Datos de medición	
Tensión nominal de aislamiento U_{BIS}	
Corriente de trabajo I_L	0 ... 100 mA
Corriente residual i_r	0 ... 0,5 mA sup. 0,01 mA
Corriente en vacío I_0	≤ 15 mA
Indicación del estado de conmutación	LED, rojo
Conforme con estándar	
Según CEM	IEC / EN 60947-5-2:1999
Estándar	IEC / EN 60947-5-2:1999
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	-25 ... 70 °C (248 ... 343 K)
Temperatura de almacenamiento	-40 ... 65 °C (233 ... 356 K)
Datos mecánicos	
Modo de conexión	2 m FEP cable
Sección transversal	0,14 mm ²
Material de la carcasa	PVDF
Superficie frontal	PVDF
Tipo de protección	IP68
Notas	Resistencia a la tracción del cable

Conexión:


2006-06-19 - 103537_SPA.xml



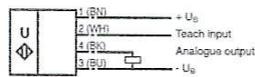
CE

Order Code

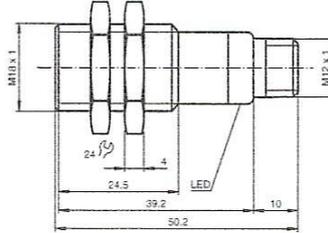
UB800-18GM40-I-V1

Features

- Short design, 40 mm
- Function indicators visible from all directions
- Analogue output 4 mA ... 20 mA
- Measuring window adjustable
- TEACH-IN input
- Temperature compensation

Electrical ConnectionStandard symbol/Connections:
(version 1)

Core colours in accordance with EN 60947-5-2.

Connector V1**Dimensions****Technical Data****General specifications**

Sensing range	50 ... 800 mm
Adjustment range	70 ... 800 mm
Unusable area	0 ... 50 mm
Standard target plate	100 mm x 100 mm
Transducer frequency	approx. 255 kHz
Response delay	approx. 100 ms

Indicators/operating means

LED green	Power on
LED yellow	permanently yellow: object in the evaluation range yellow, flashing: TEACH-IN function, object detected
LED red	permanently red: Error red, flashing: TEACH-IN function, object not detected

Electrical specifications

Operating voltage	10 ... 30 V DC, ripple 10 % _{SS}
No-load supply current I ₀	≤ 20 mA

Input

Input type	1 TEACH-IN input lower evaluation limit A1: -U _B ... +1 V, upper evaluation limit A2: +4 V ... +U _B input impedance: > 4.7 kΩ, pulse duration: ≥ 1 s
------------	--

Output

Output type	1 analogue output 4 ... 20 mA, short-circuit/overload protected
Default setting	evaluation limit A1: 70 mm, evaluation limit A2: 800 mm
Resolution	0.4 mm at max. sensing range
Deviation of the characteristic curve	± 1 % of full-scale value
Repeat accuracy	± 0.5 % of full-scale value
Load impedance	0 ... 300 Ω at U _B > 10 V; 0 ... 500 Ω at U _B > 15 V
Temperature influence	± 1.5 % of full-scale value

Standard conformity

Standards	EN 60947-5-2
-----------	--------------

Ambient conditions

Ambient temperature	-25 ... 70 °C (248 ... 343 K)
Storage temperature	-40 ... 85 °C (233 ... 358 K)

Mechanical specifications

Protection degree	IP67
Connection	V1 connector (M12 x 1), 4-pin
Material	
Housing	brass, nickel-plated
Transducer	epoxy resin/hollow glass sphere mixture; foam polyurethane, cover PBT
Mass	25 g

Adjusting the evaluation limits

The ultrasonic sensor features an analogue output with two teachable evaluation limits. These are set by applying the supply voltage $-U_B$ or $+U_B$ to the TEACH-IN input. The supply voltage must be applied to the TEACH-IN input for at least 1 s. LEDs indicate whether the sensor has recognised the target during the TEACH-IN procedure. The lower evaluation limit A1 is taught with $-U_B$, A2 with $+U_B$.

Two different output functions can be set:

1. Analogue value increases with rising distance to object (rising ramp)
2. Analogue value falls with rising distance to object (falling ramp)

TEACH-IN rising ramp (A2 > A1)

- Position object at lower evaluation limit
- TEACH-IN lower limit A1 with $-U_B$
- Position object at upper evaluation limit
- TEACH-IN upper limit A2 with $+U_B$

TEACH-IN falling ramp (A1 > A2):

- Position object at lower evaluation limit
- TEACH-IN lower limit A2 with $+U_B$
- Position object at upper evaluation limit
- TEACH-IN upper limit A1 with $-U_B$

Default setting

- A1: unusable area
 A2: nominal sensing range
 Mode of operation: rising ramp

LED Displays

Displays in dependence on operating mode	Red LED	Yellow LED
TEACH-IN evaluation limit		
Object detected	off	flashes
No object detected	flashes	off
Object uncertain (TEACH-IN invalid)	on	off
Normal mode (evaluation range)	off	on
Fault	on	previous state

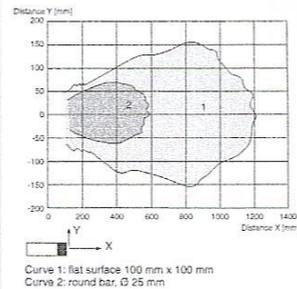
Installation conditions

If the sensor is installed at places, where the environment temperature can fall below $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, for the sensors fixation, one of the mounting flanges BF18, BF18-F or BF 5-30 must be used.

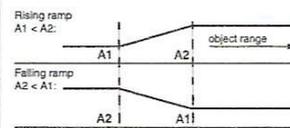
In case of direct mounting of the sensor in a through hole using the steel nuts, it has to be fixed at the middle of the housing thread. If a fixation at the front end of the threaded housing is required, plastic nuts with centering ring (accessories) must be used.

Characteristic Curves/Additional Information

Characteristic response curve



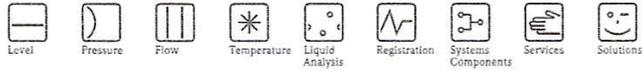
Programmed analogue output function



Object detected: 20 mA
 No object detected: 4 mA

Accessories

- UB-PROG2
Programming unit
- OMH-04
Mounting aid
- BF 18
Mounting flange
- BF 18-F
Mounting flange
- BF 5-30
Mounting flange
- V1-G-2M-PVC
Cable connector
- V1-W-2M-PUR
Cable connector



Technical Information

Liquiphant T FTL20

Level limit switch
Level limit switch for liquids



Application

The Liquiphant T FTL20 is a level limit switch for all kinds of fluids and is used in tanks, containers and pipelines. It is used in cleaning and filtering systems and coolant and lubricant tanks as an overspill protection or as a pump protector.

The FTL20 is ideal for applications which previously used float switches and conductive, capacitive and optical sensors.

It also works in applications which are unsuitable for these measuring methods due to conductivity, build-ups, turbulence, flows or air bubbles.

The FTL20 is not suitable for hazardous areas and areas where the medium temperature is above 150 °C.

For hygienic areas the use of FTL20H is recommended.

Your benefits

- Operational safety, reliability and universal applicability through use of the tuning fork measuring principle
- External test option using test magnet
- On-site control using external LED display
- Easy to install even at points difficult to access due to compact construction
- Rugged stainless steel housing (316L)
- Service-friendly plug-in connections
- For medium temperatures up to 150 °C

TI364F/00/rev

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Liquiphant T FTL20

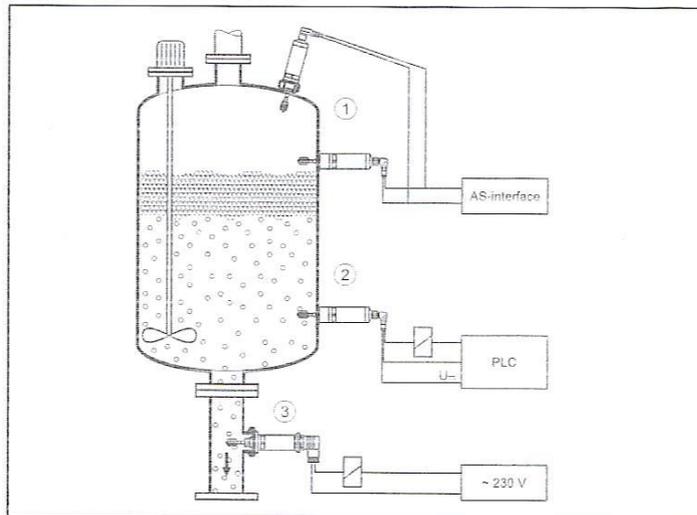
Function and system design**Measuring principle**

The tuning fork of the FTL20 is brought to its resonance frequency by means of a piezoelectric drive. If the tuning fork is covered by liquid, this frequency changes. The electronics of the FTL20 monitor the resonance frequency and indicate whether the tuning fork is freely vibrating or is covered by liquid.

Measuring system

The measuring system comprises:

- Liquiphant T FTL20 limit switch
- Programmable logic control (PLC), miniature contactor, solenoid valve or AS-i bus



Example 1): Overflow protection or top level detection

Example 2): Lower level detection or dry running protection

Example 3): Dry running protection for pump

Liquiphant T FTL20

Input

Measured variable	Density
Measuring range	> 0.7 g/cm ³ other density settings on request, e.g. 0.5 g/cm ³

Output

Switching outputs

	DC-PNP valve connector	DC-PNP M 12x1	AC 2-wire	AS-i
Function	Positive voltage signal at the switch output of the electronics (PNP)		Switching the power supply line	Switching the DO bit
Switch behaviour	ON/OFF			0 / 1 (free / covered)
Relay switching capacity	250 mA			DO bit
Fail-safe mode	MIN/MAX (see below)			D1 bit D1: 0 error
Switching delay	approx. 0.5 s on coverage / approx. 1.0 s on tuning fork becoming uncovered other switching time on request			
Switching threshold	with vertical orientation: 13.0 mm from top of fork with horizontal orientation: 3.5 mm from fork centre			
Hysteresis	3 ± 0.5 mm			

Operating modes for variants AC and DC-PNP

The FTL20 can be connected in two operating modes. By choosing the suitable operating mode (MAX or MIN safety), you ensure that the FTL20 switches safely even in the event of a fault (e.g. if the power supply line is disconnected).

MAX - maximum safety

- The FTL20 keeps the electronic switch closed as long as the liquid level is below the fork.
- Example of an application: overflow protection

MIN - minimum safety

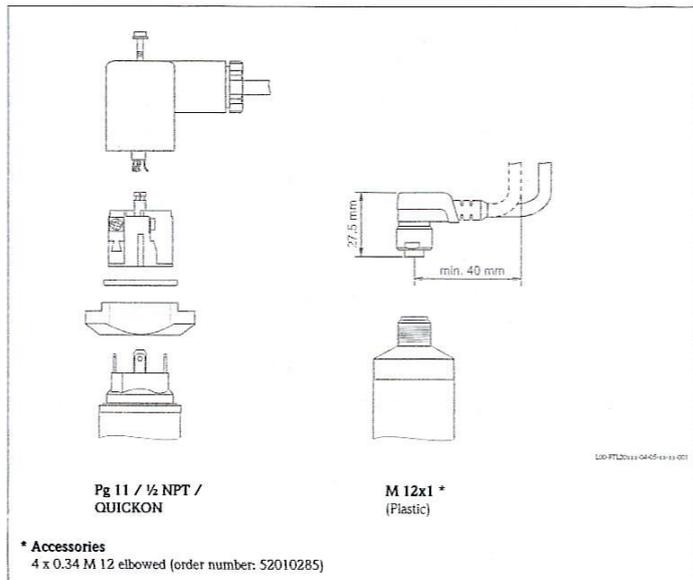
- The FTL20 keeps the electronic switch closed as long as the fork is immersed in liquid.
- Example of an application: dry running protection for pumps

The electronic switch opens if the limit is reached, if a fault occurs or the power fails.

Liquiphant T FTL20

Power supply

Cable entry



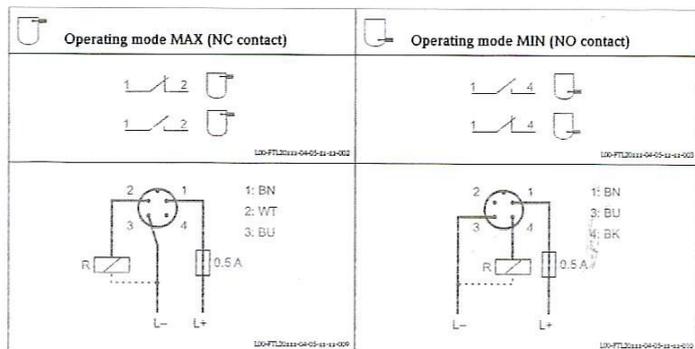
Electrical connection

Variant DC-PNP (direct current) M 12x1 connector

Voltage source: shock-protected voltage or Class 2 circuit (North America)

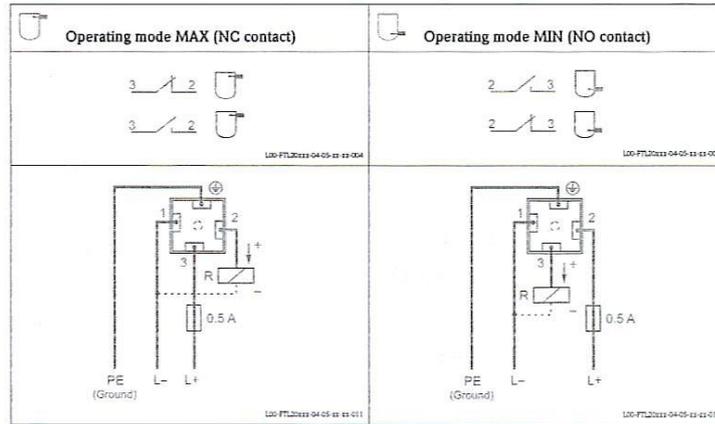
Suitable for use in non-equivalent operation:

When both outputs are connected, the MIN and MAX outputs take on opposite states in trouble-free operation. In the event of an alarm condition or a line break, both electronic switches are open. In addition to level monitoring, function-dependent sensor monitoring can also be performed with the aid of 2-channel evaluation.

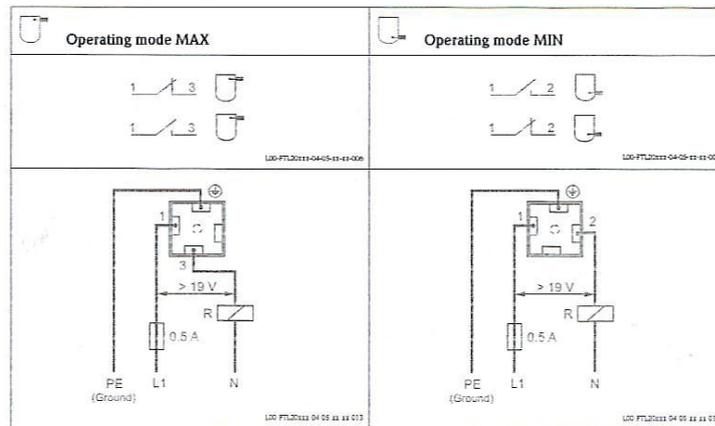


Liquiphant T FTL20

Variant DC PNP (direct current) valve connector



Variant AC (alternating current) valve connector



Note!
Approved for relays with a holding power/rated power >2.5 VA (253 V) or > 0.5 VA (24 V).
Relays with lower holding power/rated power can be operated via a parallel-connected RC-element (option).

Technical
Information
TI 279P/24/ae

Pressure Transmitter *cerabar T PMC 131*

Low cost pressure transmitter with capacitive ceramic sensor for absolute and gauge pressure measurement



Applications

The Cerabar T pressure transmitter is suitable for a wide variety of industrial pressure applications including liquids, gases and vapors. It is a compact, economical system that provides measurement in gauge or absolute pressures from full vacuum to 500 psig.

Features and Benefits

- Safe operation with the proven capacitive ceramic sensor
- Low cost compact pressure sensor
- Extremely stable and resistant to overload
- Simple to install, calibration not required

Mounting Simplicity

The Cerabar T can be mounted in any orientation (vertical, horizontal, or inverted) without affecting its performance.

- 1/2" MNPT x 1/4" FNPT process connection, 304 SS
- 4 to 20 mA output
- 11 to 30 VDC input power

Endress + Hauser

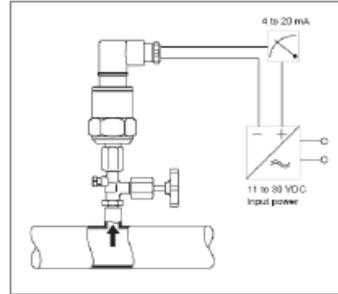
The Power of Know How



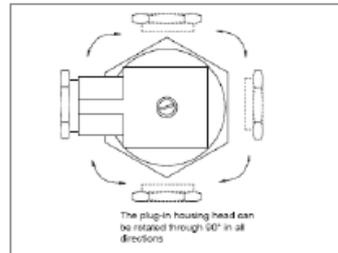
Measuring System

The Cerabar T is a self-contained unit that is connected to a 11 to 30 VDC power supply. The 4 to 20 mA output provides a reliable signal for pressure measurement over the specified range of the sensor.

The sensor can be mounted in any orientation which provides ease of installation into existing process lines. It is recommended to use shut-off valves and pigtails, depending on the application.



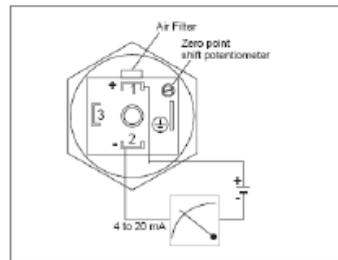
The Cerabar T can be specified with a plug-in housing that can be rotated through 90° or with permanently attached 15 foot cable.



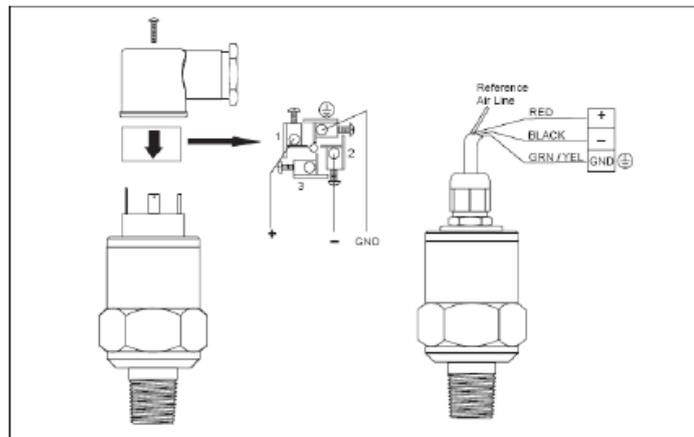
Zero Point Shift

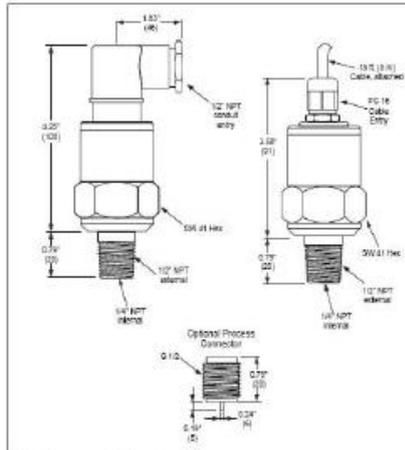
The zero point can be adjust ± 5% using the potentiometer located beneath the screw of the plug-in module

NOTE: The zero point adjustment potentiometer is not accessible on the cable version. Cable is permanently attached to maintain NEMA 6P classification.

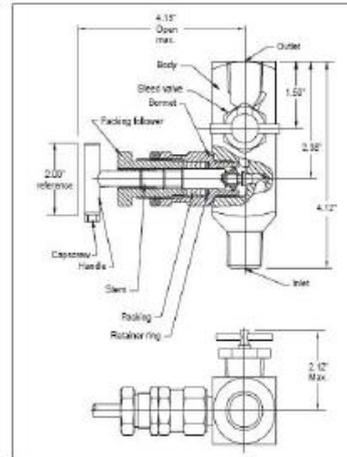


Electrical Connections



Dimensions


Dimensions are in inches (mm)

Accessories, Block and Bleed Valve


Block and bleed valve, 1/2" NPT, 316 SS, Teflon packing: P/N 84600540
 Block and bleed valve, 1/2" NPT, carbon steel, Teflon packing: P/N 84601054

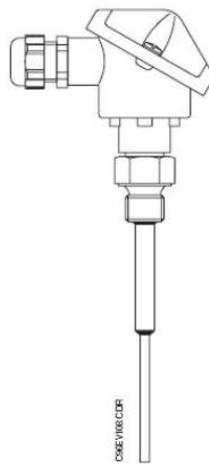
Technical Data

Measuring Principle	The pressure to be measured causes a small deflection of the ceramic diaphragm of the sensor. A change in capacitance proportional to the pressure is measured by electrodes on the ceramic sensor.
Measured Variable	Gauge or absolute pressure
Measuring Ranges	Maximum 600 psi (40 bar), see order code
Output Signal	4 to 20 mA
Load	$R_L (\Omega) \leq (U_s - 11 V) / 0.02 A$
Accuracy	To DIN IEC 770
Rise Time	20 ms (T_{90} time)
Measurement Deviation (including hysteresis and reproducibility)	0.5% full scale
Effect of Ambient Temperature of nominal range	Thermal change of zero point signal between -4° and +185°F (-20° and +85°C), 1.5% typical. Thermal change of span between -4° and +185°F (-20° and +85°C), 0.8% typical for 6 psi to 600 psi (0.4 bar to 40 bar) rating. 1.0% typical for 1.5 psi (0.1 bar) rating.
Long Term Stability	0.15% per year
Ambient Temperature Range	-4° to +185°F (-20° to +85°C)
Storage Temperature Range	-58° to +212°F (-50° to +100°C)
Climate Class	4K4H to DIN EN 60721-3
Ingress Protection	With plug, NEMA 4X (IP 65). With cable end, NEMA 6P (IP 68)
Vibrational Resistance	4M5 to DIN EN 60721-3
Electromagnetic Compatibility	Interference emission to EN50081-1, interference immunity to EN50082-2, 10 V/m to EN 61000-4-3
Power Supply	11 to 30 V DC, 5% ripple
Maximum Temperature at Sensor	212°F (100°C)
Maximum Pressure Range	Depends on specific sensor overload, see order code
Process Connection	304 SS, G1/2" (DIN 16 288) or 1/2" MNPT with 1/4" FNPT, or PT 1/2" male thread (JISSB0203)
Electrical Connection	1/2" NPT plug, ISO 4400 NEMA 4X; PG 11 plug, ISO 4400, IP 65 or 15 foot cable, NEMA 6
Wetted Parts Material	304 SS process connection and housing FPM (Viton) internal gasket Al ₂ O ₃ (aluminum oxide-ceramic) sensor

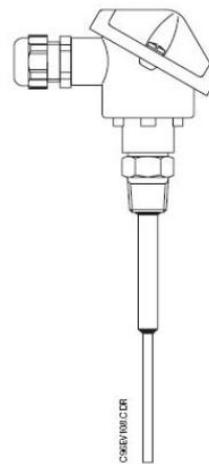
Technical
Information
TI 232T/02/en

RTD Thermometer *omnigrad TST41N*

Contact thermometer - Fast response
M.I. cable
Threaded process connection
With TIG welded reinforcing tube



Gas & Metrical
Connection



NPT Connection

Description

TST41N RTD thermometer assembly is a resistance thermometer with threaded process connection and a very short response time. It includes a single or double Pt100 inset, in mineral insulated cable, directly in contact with the process, a TIG welded reinforcing tube, a terminal head and a threaded process connection.

The Pt100 inset is available either with flying leads for head transmitter mounting or with terminal block.

RTD can be selected between standard or glass type (for high vibration level application).

The reinforcing tube and the immersion lengths can be chosen according to process requirements.

A wide choice of standard threaded process connections and terminal heads is available; other versions can be ordered according to specifications.

Application

TST41N RTD thermometer is a general purpose assembly suitable for liquids and gases.

Quality made by
Endress+Hauser



ISO 9001

Endress+Hauser
Nothing beats know-how



Technical data**Mineral Insulated Inset (not replaceable)**

Sensing element: Platinum resistance, 1 or 2 x Pt100 Ω at 0°C, standard or glass type
 Tolerances: class A or B to IEC 751, 1/3 DIN B

Operating temperature:

Tip diameter (mm)	Pipe diameter (mm)	RTD element type	Operating temperature (°C)
6	9	standard	-50 + +600
6	9	glass	-50 + +400
3	6	standard	-50 + +400
3	6	glass	-50 + +400

Table A

Wiring: 3 or 4 wire connections
 Insulation resistance: $\geq 100 \text{ M}\Omega$, test voltage 250 V at ambient temperature
 Electrical connections: flying leads or terminal block
 Stem: mineral insulated cable
 Sheath: AISI316L / W.1.4404
 Standard diameter: 6 mm or 3 mm
 Response time values: according to IEC 751, in moving water at 0.4 m/s
 $T_{50} = 3.5 \text{ s}$; $T_{90} = 8 \text{ s}$ for $\varnothing 6 \text{ mm}$
 $T_{50} = 3 \text{ s}$; $T_{90} = 6 \text{ s}$ for $\varnothing 3 \text{ mm}$

Reinforcing tube (pipe)

Standard diameter: 9 mm or 6 mm
 Standard material: AISI316L / W.1.4404

Process connection:

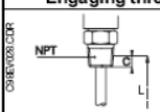
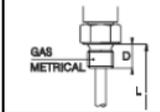
Engaging thread	Threaded	mm
 NPT	1/2" NPT	8
	3/4" NPT	8.5
	1" NPT	10
 GAS METRICAL	G 1/2" DIN 43763	15
	G 1/2"	15
	G 3/4"	15
	G 1"	20
	M20 DIN 16179	14
	M27 x 2	19

Table B

Terminal head

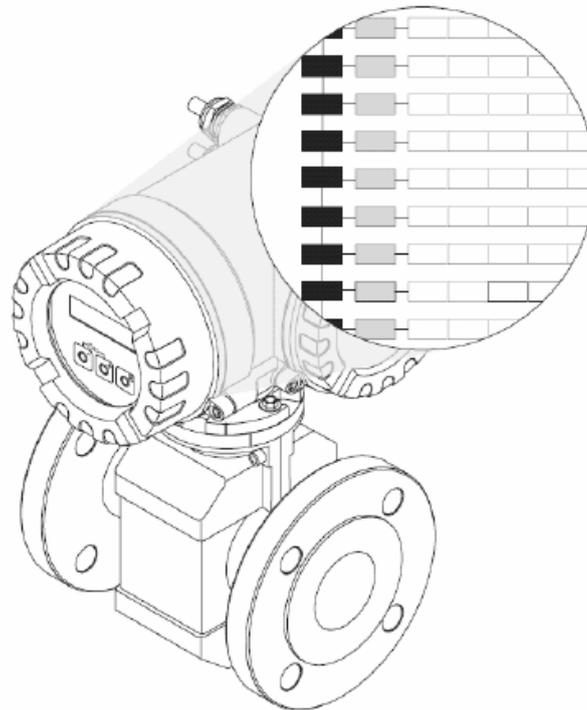
Version: refer to Order key
 Protection class: typical IP65
 Electrical connections: PG11, PG16, M20 x 1.5 depending on head version

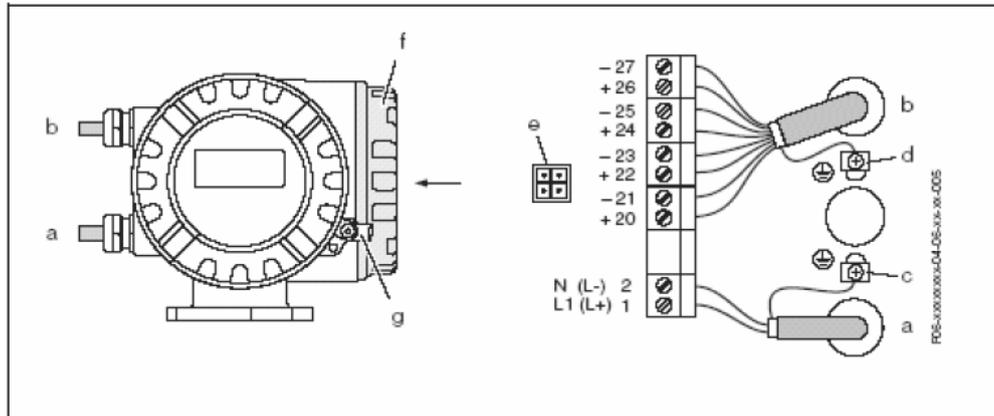
Built-in transmitter

(*)	Features	Model
A	Transmitter 4-20mA, 0...+50°C	Analogue - Fixed range TMT137
B	Transmitter 4-20mA, 0...+100°C	
C	Transmitter 4-20mA, 0...+150°C	
D	Transmitter 4-20mA, 0...+200°C	
F	Analogue output without I/O isolation	PC Programmable
G	Analogue output with I/O isolation	TMD831
J	Hart, Analogue with I/O isolation	Hart protocol - TMD832
L	Profibus-PA with I/O isolation	Fieldbus - TMD834
0	None	Others
1	Ordered separately	
9	Built-in transmitter as specified	
Product designation for built-in transmitter		

Table C - Note (*): refer to Order key

Description of Device Functions



Electrical connection
Measuring unit


Connecting the transmitter, cable cross-section: max. 2.5 mm²

Top: field housing

Bottom: wall-mount housing

- a Cable for power supply: 85...260 V AC, 20...55 V AC, 16...62 V DC
Terminal No. 1: L1 for AC, L+ for DC
Terminal No. 2: N for AC, L- for DC
- b Signal cable: Terminals Nos. 20–27 → Page 8
- c Ground terminal for protective conductor
- d Ground terminal for signal-cable shield
- e Service connector for connecting service interface FXA 193 (FieldCheck, ToF Tool-FieldTool Package)
- f Cover of the connection compartment
- g Securing clamp

Terminal assignment, Promag 50

Order variant	Terminal No. (inputs / outputs)			
	20 (+) / 21 (–)	22 (+) / 23 (–)	24 (+) / 25 (–)	26 (+) / 27 (–)
50***_*****W	–	–	–	Current output HART
50***_*****A	–	–	Frequency output	Current output HART
50***_*****D	Status input	Status output	Frequency output	Current output HART
50***_*****H	–	–	–	PROFIBUS-PA
50***_*****S	–	–	Frequency output Ex i, passive	Current output Ex i active, HART
50***_*****T	–	–	Frequency output Ex i, passive	Current output Ex i passive, HART

Ground connection, power supply → Page 6

ANEXO C



Tel +1 (717) 767-6511
Fax +1 (717) 764-0839
www.redlion.net

Bulletin No. G306A-D
Drawing No. LP0666
Released 04/10

MODEL G306A - GRAPHIC COLOR LCD OPERATOR INTERFACE TERMINAL WITH TFT QVGA DISPLAY AND TOUCHSCREEN



FOR USE IN HAZARDOUS LOCATIONS:
Class I, Division 2, Groups A, B, C, and D

- CONFIGURED USING CRIMSON® SOFTWARE (BUILD 424 OR NEWER)
- UP TO 5 RS-232/422/485 COMMUNICATIONS PORTS (2 RS-232 AND 1 RS-422/485 ON BOARD, 1 RS-232 AND 1 RS422/485 ON OPTIONAL COMMUNICATIONS CARD)
- 10 BASE T/100 BASE-TX ETHERNET PORT TO NETWORK UNITS AND HOST WEB PAGES
- USB PORT TO DOWNLOAD THE UNIT'S CONFIGURATION FROM A PC OR FOR DATA TRANSFERS TO A PC
- UNIT'S CONFIGURATION IS STORED IN NON-VOLATILE MEMORY (8 MBYTE FLASH)
- COMPACTFLASH® SOCKET TO INCREASE MEMORY CAPACITY
- 5.7-INCH TFT ACTIVE MATRIX 256 COLOR QVGA 320 X 240 PIXEL LCD W/LED BACKLIGHT
- 5-BUTTON KEYPAD FOR ON-SCREEN MENUS
- THREE FRONT PANEL LED INDICATORS
- POWER UNIT FROM 24 VDC ±20% SUPPLY
- RESISTIVE ANALOG TOUCHSCREEN

GENERAL DESCRIPTION

The G306A Operator Interface Terminal combines unique capabilities normally expected from high-end units with a very affordable price. It is built around a high performance core with integrated functionality. This core allows the G306A to perform many of the normal features of the Paradigm range of Operator Interfaces while improving and adding new features.

The G306A is able to communicate with many different types of hardware using high-speed RS232/422/485 communications ports and Ethernet 10 Base T/100 Base-TX communications. In addition, the G306A features USB for fast downloads of configuration files and access to trending and data logging. A CompactFlash socket is provided so that Flash cards can be used to collect your trending and data logging information as well as to store larger configuration files.

In addition to accessing and controlling of external resources, the G306A allows a user to easily view and enter information. Users can enter data through the touchscreen and/or front panel 5-button keypad.

SAFETY SUMMARY

All safety related regulations, local codes and instructions that appear in the manual or on equipment must be observed to ensure personal safety and to prevent damage to either the instrument or equipment connected to it. If equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.

Do not use the controller to directly command motors, valves, or other actuators not equipped with safeguards. To do so can be potentially harmful to persons or equipment in the event of a fault to the controller.



The protective conductor terminal is bonded to conductive parts of the equipment for safety purposes and must be connected to an external protective earthing system.



WARNING - EXPLOSION HAZARD - SUBSTITUTION OF COMPONENTS MAY IMPAIR SUITABILITY FOR CLASS I, DIVISION 2



CAUTION: Risk Of Danger.
Read complete instructions prior to installation and operation of the unit.



CAUTION: Risk of electric shock.

CompactFlash is a registered trademark of CompactFlash Association.

CONTENTS OF PACKAGE

- G306A Operator Interface.
- Panel gasket.
- Template for panel cutout.
- Hardware packet for mounting unit into panel.
- Terminal block for connecting power.

ORDERING INFORMATION

MODEL NO.	DESCRIPTION	PART NUMBER
G306A	Operator Interface for indoor applications, textured finish with embossed keys	G306A000
G3CF	CompactFlash Card ⁵	G3CFxxxx
G3RS	RS232/485 Optional Communication Card	G3RS0000
G3CN	CANopen Optional Communication Card	G3CN0000
G3DN	DeviceNet option card for G3 operator interfaces with isolated high speed communications ports	G3DN0000
G3PBDP	Profibus DP Optional Communication Card	G3PBDP00
PSDR7	DIN Rail Power Supply	PSDR7000
SFCRM2	Crimson 2.0 ²	SFCRM200
CBL	RS-232 Programming Cable	CBLPROG0
	USB Cable	CBLUSB00
	Communications Cables ¹	CBLxxxxx
DR	DIN Rail Mountable Adapter Products ³	DRxxxxxx
	Replacement Battery ⁴	BNL20000
G3FILM	Protective Films	G3FILM06

¹ Contact your Red Lion distributor or visit our website for complete selection.

² Use this part number to purchase the Crimson® software on CD with a printed manual, USB cable, and RS-232 cable. Otherwise, download for free from www.redlion.net.

³ Red Lion offers RJ modular jack adapters. Refer to the DR literature for complete details.

⁴ Battery type is lithium coin type CR2025.

⁵ Industrial grade two million write cycles.

SPECIFICATIONS

1. POWER REQUIREMENTS:

Must use NEC Class 2 or Limited Power Source (LPS) rated power supply.
Power connection via removable three position terminal block.

Supply Voltage: +24 VDC ±20%
Typical Power¹: 8 W
Maximum Power²: 10 W

Notes:

1. Typical power with +24 VDC, RS232/485 communications, Ethernet communications, CompactFlash card installed, and display at full brightness.
2. Maximum power indicates the most power that can be drawn from the G306A. Refer to "Power Supply Requirements" under "Installing and Powering the G306A."
3. The G306A's circuit common is not connected to the enclosure of the unit. See "Connecting to Earth Ground" in the section "Installing and Powering the G306A."
4. Read "Power Supply Requirements" in the section "Installing and Powering the G306A" for additional power supply information.

2. BATTERY: Lithium coin cell. Typical lifetime of 10 years.

3. LCD DISPLAY:

SIZE	5.7-inch
TYPE	TFT
COLORS	256
PIXELS	320 X 240
BRIGHTNESS	380 cd/m ²
BACKLIGHT*	50,000 HR TYP.

*Lifetime at room temperature. Refer to "Display" in "Software/Unit Operation"

4. 5-KEY KEYPAD: for on-screen menus.

5. TOUCHSCREEN: Resistive analog

6. MEMORY:

On Board User Memory: 8 Mbyte of non-volatile Flash memory.

Memory Card: CompactFlash Type II slot for Type I and Type II CompactFlash cards.

7. COMMUNICATIONS:

USB Port: Adheres to USB specification 1.1. Device only using Type B connection.



WARNING - DO NOT CONNECT OR DISCONNECT CABLES WHILE POWER IS APPLIED UNLESS AREA IS KNOWN TO BE NON-HAZARDOUS. USB PORT IS FOR SYSTEM SET-UP AND DIAGNOSTICS AND IS NOT INTENDED FOR PERMANENT CONNECTION.

Serial Ports: Format and Baud Rates for each port are individually software programmable up to 115,200 baud.

PGM Port: RS232 port via RJ12.

COMMS Ports: RS422/485 port via RJ45, and RS232 port via RJ12.

DH485 TXEN: Transmit enable; open collector, V_{OH} = 15 VDC, V_{OL} = 0.5 V @ 25 mA max.

Note: For additional information on the communications or signal common and connections to earth ground please see the "Connecting to Earth Ground" in the section "Installing and Powering the G306A."

Ethernet Port: 10 BASE-T / 100 BASE-TX

RJ45 jack is wired as a NIC (Network Interface Card).

Isolation from Ethernet network to G3 operator interface: 1500 Vrms

8. ENVIRONMENTAL CONDITIONS:

Operating Temperature Range: 0 to 50°C

Storage Temperature Range: -20 to 70°C

Operating and Storage Humidity: 80% maximum relative humidity (non-condensing) from 0 to 50°C.

Vibration according to IEC 68-2-6: Operational 5 to 8 Hz, 0.8" (p-p), 8 to 500 Hz, in X, Y, Z direction, duration: 1 hour, 3 g.

Shock according to IEC 68-2-27: Operational 40 g, 9 msec in 3 directions. Altitude: Up to 2000 meters.

9. CERTIFICATIONS AND COMPLIANCES:

SAFETY

UL Listed, File #E245515, UL61010-1, ANSI/ISA 12.12.01-2007, CAN/CSA 22.2 No. 61010.1, CSA 22.2 No. 213-M1987 and File #E179259, UL61010-1, CAN/CSA 22.2 No.61010-1

LISTED by Und. Lab. Inc. to U.S. and Canadian safety standards

Type 4X Indoor Enclosure rating (Face only), UL50

IECEE CB Scheme Test Report #E179259-A1-CB-3

Issued by Underwriters Laboratories Inc.

IEC 61010-1, EN 61010-1: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use, Part 1.

IP66 Enclosure rating (Face only), IEC 529

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

Emissions and Immunity to EN 61326: Electrical Equipment for Measurement, Control and Laboratory use.

Immunity to Industrial Locations:

Electrostatic discharge EN 61000-4-2 Criterion A
4 kV contact discharge
8 kV air discharge

Electromagnetic RF fields EN 61000-4-3 Criterion A
10 V/m

Fast transients (burst) EN 61000-4-4 Criterion A
2 kV power
1 kV signal

Surge EN 61000-4-5 Criterion A
1 kV L-L,
2 kV L&N-E power

RF conducted interference EN 61000-4-6 Criterion A
3 V/ms

Emissions:
Emissions EN 55011 Class A

Note:

1. Criterion A: Normal operation within specified limits.

10. CONNECTIONS: Compression cage-clamp terminal block.

Wire Gauge: 12-30 AWG copper wire

Torque: 5-7 inch-pounds (56-79 N-cm)

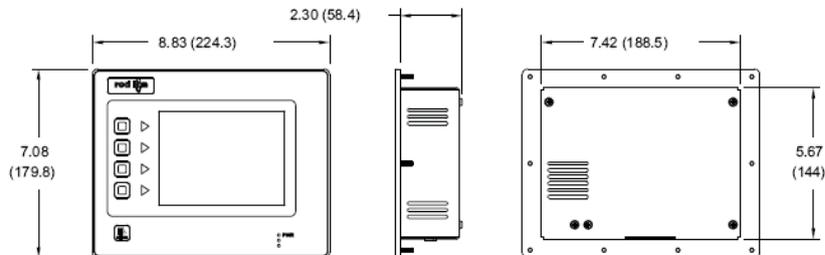
11. CONSTRUCTION: Steel rear metal enclosure with NEMA 4X/IP66 aluminum front plate for indoor use only when correctly fitted with the gasket provided. Installation Category II, Pollution Degree 2.

12. MOUNTING REQUIREMENTS: Maximum panel thickness is 0.25" (6.3 mm). For NEMA 4X/IP66 sealing, a steel panel with a minimum thickness of 0.125" (3.17 mm) is recommended.

Maximum Mounting Stud Torque: 17 inch-pounds (1.92 N-m)

13. WEIGHT: 3.0 lbs (1.36 Kg)

DIMENSIONS In inches (mm)



ANEXO D

ANEXO E

ANEXO F

**MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN DEL
“BANCO DE PRUEBAS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS”**

A continuación se detallan las características necesarias, así como las pantallas de operación de sistema.

1. Parámetros de inicio del sistema.

Como en todo sistema existen procedimientos que anteceden al arranque y manipulación del sistema, los mismos que se detallan a continuación:

- Por ser prototipo de un sistema de bombeo, previo a cualquier operación se debe suministrar la cantidad de fluido necesario, hasta el nivel máximo indicado en la Figura 1, sin pasar por alto que al momento de suministrar el fluido todas las válvulas deben estar abiertas para poder desplazar el aire de las tuberías hacia el exterior.



Figura 1. Nivel máximo del fluido.

- El banco de pruebas debe tener el voltaje necesario para poder arrancar (220 V, Bifásico con neutro), esta característica es muy importante debido a que todos los automatismos dependen de esta alimentación
- Cada tablero de control posee interruptores termomagnéticos (Brakers), que tienen que estar accionados para la operación; se debe también revisar que las protecciones se encuentren operativas, tanto de los motores, como de la alimentación (Figura 2).



Figura 2. Interruptores termomagnéticos.

- Una vez cumplidos los parámetros de puesta en marcha anteriores, se puede arrancar el proceso con la ayuda de los interruptores de **FUERZA Y CONTROL** (Figura 3), que se encuentran en el tablero de la derecha del banco. Esta maniobra habilitará por completo a todo el banco de pruebas.

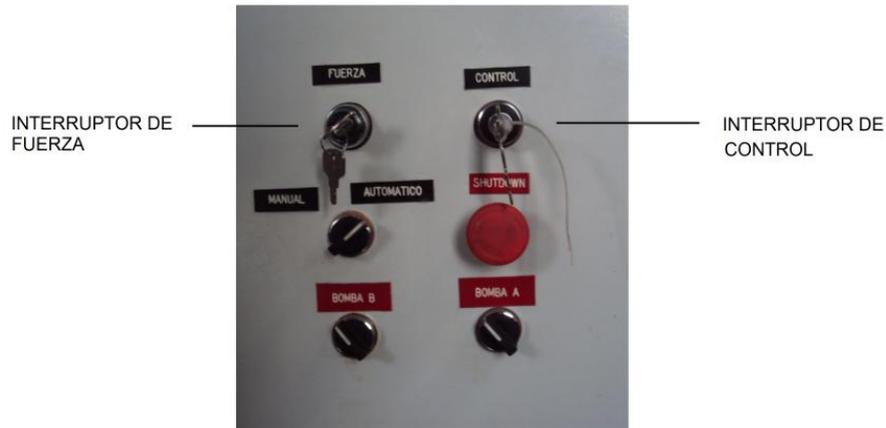


Figura 3. Interruptores de FUERZA Y CONTROL.

- Son dos las formas de operar el banco, el tablero derecho posee un selector para el tipo de operación, **MANUAL** o **AUTOMÁTICO** (Figura 4), siendo esta última la que permite la activación del tablero izquierdo del banco así también el control mediante el FieldPoint.

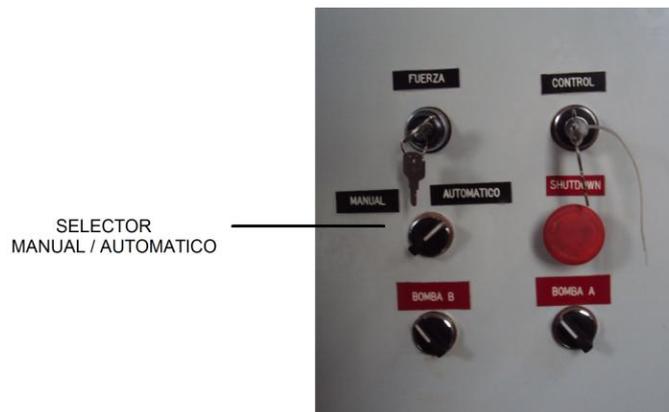


Figura 4. Selector de operación MANUAL O AUTOMÁTICA.

- Para cambiar el tipo de control que se desea utilizar en la configuración **AUTOMÁTICA**, se tiene un selector que ayuda a diferenciar el control ya sea éste por FieldPoint como por PLC (Figura 5), siendo éste el paso necesario para esta aplicación.

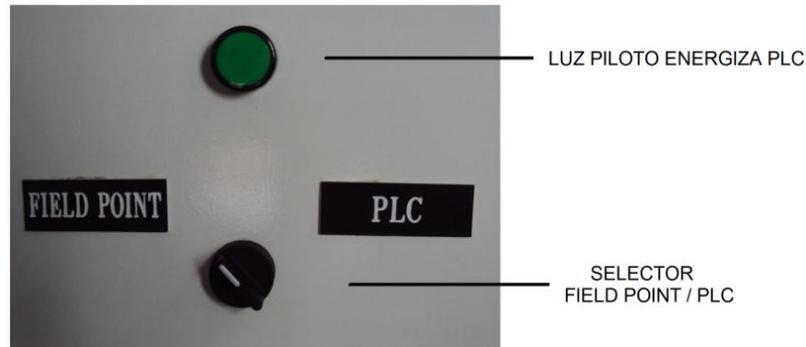


Figura 5. Selector operación FieldPoint/ PLC.

- Existe una disposición para cada una de las válvulas de globo del sistema según el circuito hidráulico que se desee realizar, estas configuraciones se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Configuración de los sistemas hidráulicos.

Modo de operación	Manipulación de válvulas de globo	
	V Abiertas	V Cerradas
Sistema de operación del cebado (Bomba A)	V1-V2-V6	V3-V4-V5-V7-V8
Sistema de operación del cebado (Bomba B)	V4-V5-V6	V1-V2-V3-V7-V8
Sistema de operación individual (Bomba A)	V1-V2	V3-V4-V5-V6-V7-V8
Sistema de operación individual (Bomba B)	V4-V5	V1-V2-V3-V6-V7-V8
Sistema de operación Serie	V1-V3-V4	V2-V5-V6-V7-V8
Sistema de operación Paralelo	V1-V2-V4-V5	V3-V6-V7-V8

2. Iniciando el sistema.

Una vez que se han realizado todas las manipulaciones de la parte física del banco de pruebas, este se encuentra listo para operarlo.

- El Operador Gráfico se energizará una vez activado los selectores mencionados anteriormente. Por ser un Operador táctil el arranque del sistema se realiza presionando el botón de INGRESO, en la pantalla principal del sistema (Figura 6).

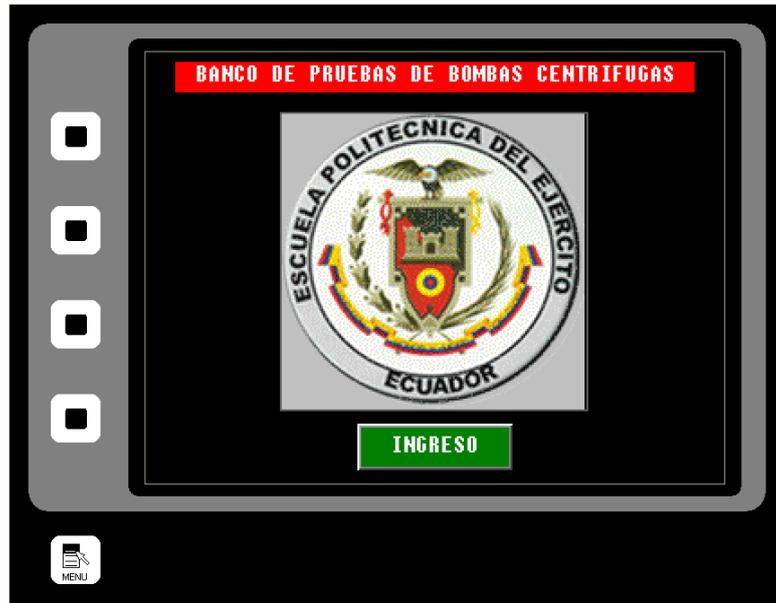


Figura 6. Pantalla principal.

- La primera acción que se debe realizar es la circulación de fluido (Cebado), para poder retirar el aire por completo de las tuberías.
Cuando ya se ha ingresado al sistema automáticamente, el Operador Grafico mostrará las pantallas de cebado tanto para la Bomba A (**Cebado_BA**), como para la Bomba B, respectivamente (Figura 7). En cada una de las pantallas de cebado existe un indicador que se enciende una vez que se ha completado el tiempo de cebado; en caso de no activarse el indicador indica que el tiempo de cebado no es el indicado. También se encuentran botones táctiles para, confirmación y paro del cebado (**Stop_cebado_A**).

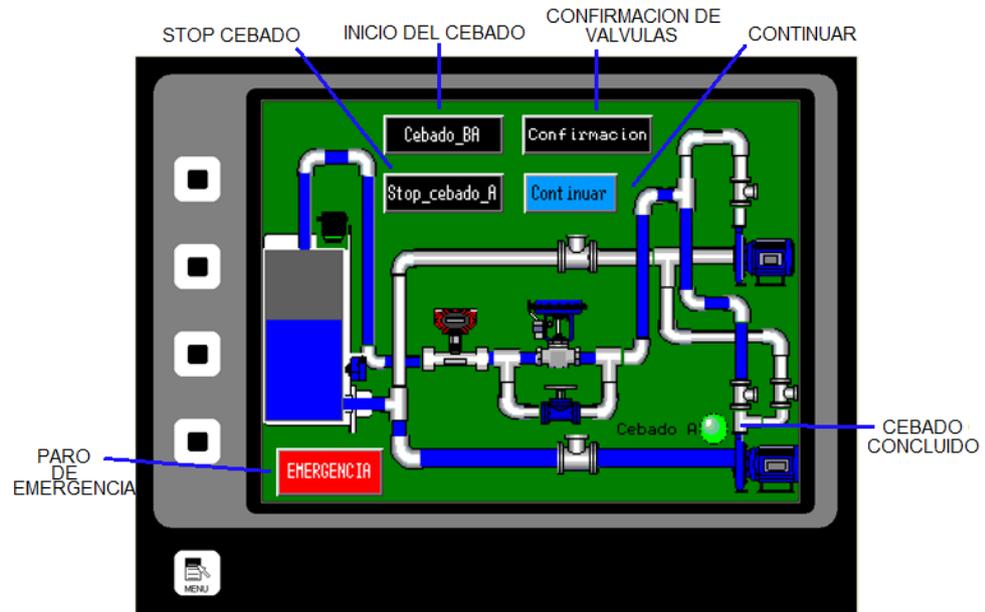


Figura 7. Pantalla de cebado del la Bomba A.

- Para continuar con la operación del cebado se debe pulsar el botón “**Continuar**”, luego de pulsar este botón se despliega la pantalla para el cebado de la Bomba B, luego de realizar el cebado respectivo de la Bomba se debe presionar el botón “**Continuar**”.
- Para llegar a la pantalla de selección de operaciones, se debe concluir con el cebado de cada una de las bombas.

3. Inicio de operación del banco.

- Luego de concluir los cebados de las bombas centrífugas, se muestra una pantalla de selección con los siguientes vínculos.

Para operar la “Bomba A” y “Bomba B” indistintamente, se realiza presionando estos botones.



La configuración hidráulica SERIE se utiliza presionando este acceso.



En el caso de utilizar la configuración PARALELO para obtener los parámetros, se debe pulsar este botón.



Retorno a la pantalla de inicio de selección de operaciones.



4. Operación individual de la “Bomba A”.

- Al ingresar a operar una sola bomba y arrancarla, cualquiera que sea ésta, se mostrará la pantalla de selección de velocidad que servirá solo para el circuito hidráulico escogido (Figura 8).



Figura 8. Pantalla de selección de velocidad Bomba A

La selección de la velocidad se realiza presionando los botones de selección y se activará un indicador, con el cual se afirma la velocidad se ha seleccionado.

En la parte inferior de la pantalla se muestra el botón “SIGUIENTE” que permitirá el ingreso al sistema de obtención de datos de la Bomba A.

- Cuando se ha ingresado a la pantalla de la Bomba A, se debe manipular las válvulas de globo externas para obtener el circuito hidráulico deseado, dicha secuencia se puede observar en la Tabla 1, luego se debe presionar el botón de automático “**Auto_BA**”, para que el sistema empiece a trabajar de manera correcta, para que el sistema empiece a adquirir datos se debe presionar el botón “**Confirmación_Auto_BA**”, el sistema trabajara de manera automática y empiece a adquirir los datos que serán necesarios para el estudio del comportamiento de la bomba centrífuga (Figura 9).

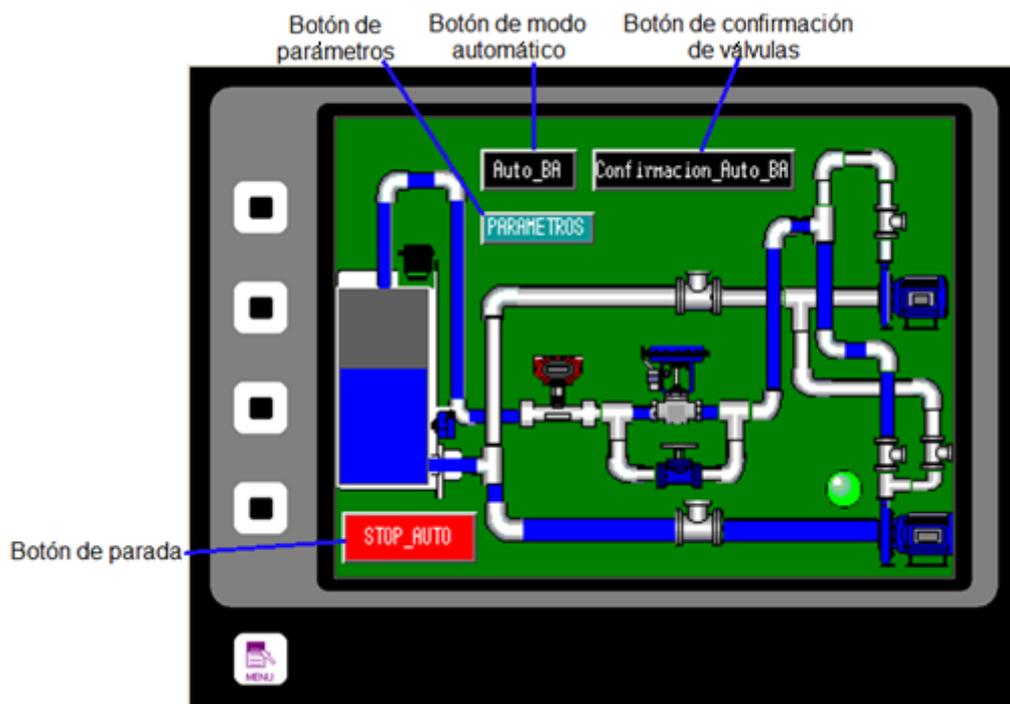


Figura 9. Pantalla de funcionamiento automático de Bomba A

- Para visualizar los parámetros de funcionamiento de la Bomba centrífuga en operación, se debe presionar el botón de la Figura 10.



Figura 10. Botón de parámetros de funcionamiento

- Al presionar este botón se despliega una pantalla en la cual se muestra las distintas variables monitoreadas en el proceso (Figura 11).

Las variables que se muestran son temperatura, caudal, presión, nivel, cabeza neta de presión o altura y potencia de la bomba, con sus valores y sus respectivas unidades.

Todos los valores que se van mostrando conforme se realiza la adquisición de datos, con la ayuda de la válvula de control, se van almacenando en la memoria expansible del Operador Gráfico.

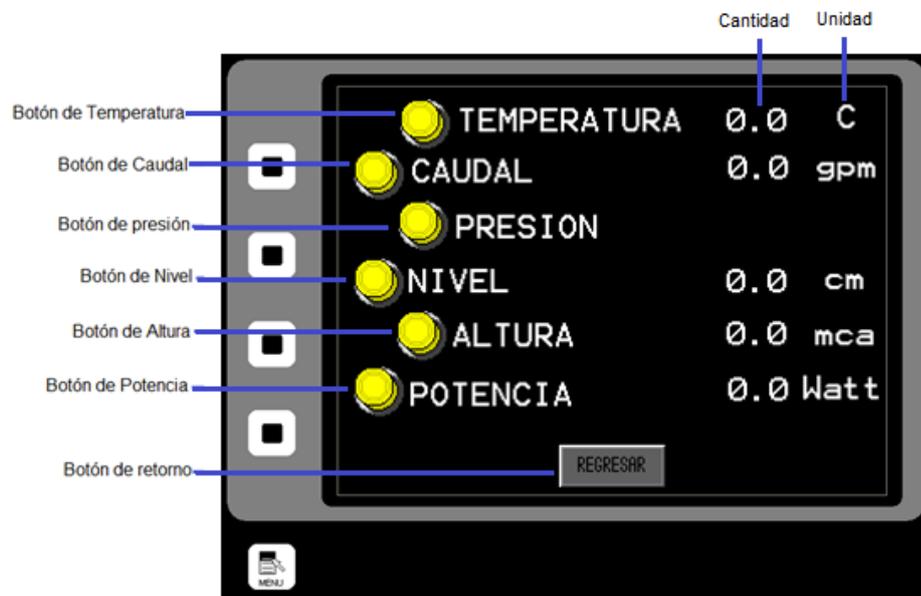


Figura 11. Pantalla de parámetros.

- Al presionar el botón de presión se despliega una pantalla para visualizar las presiones de succión y descarga (Figura 12).

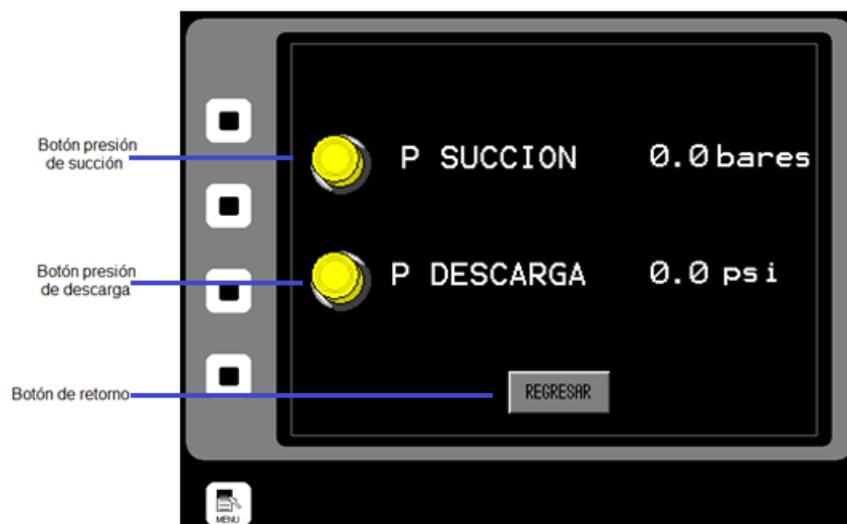


Figura 12. Pantalla de parámetros de presión

- Al presionar cualquier parámetro, se despliega la pantalla donde se muestra el DataLogger de dicha variable (Figura 13).

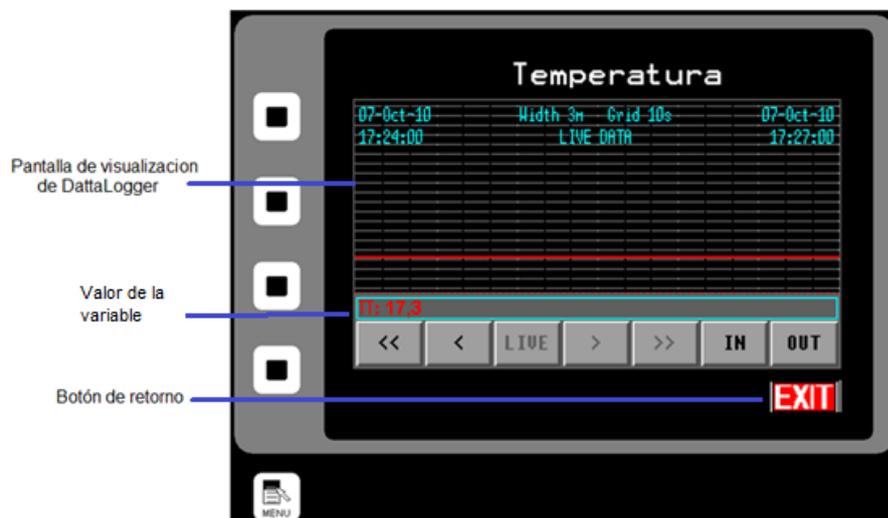


Figura 13. Pantalla de DataLogger de variables.

Para regresar a la pantalla de parámetros, existe un botón de retorno (**EXIT**). Todos los datos que se vayan generando conforme se vaya operando el sistema se van almacenando en la memoria expansible del Operador Gráfico.

Para la operación de la “Bomba B” se repite el mismo procedimiento de la “Bomba A”, ya que posee la misma programación, tanto en el controlador como, en el Operador Gráfico.

5. Operación SERIE.

- Como en la operación individual, después de la selección del tipo de circuito, ya sea éste Serie o Paralelo se debe seleccionar la velocidad de ambas Bomba (Figura 14).



Figura 14. Selección de velocidad Bomba A y Bomba B.

- Como se explicó anteriormente, después de haber escogido la velocidad de ambas bombas; con la ayuda del botón **SIGUIENTE**, aparecerá una pantalla en la cual se muestra el circuito seleccionado (Figura 15).

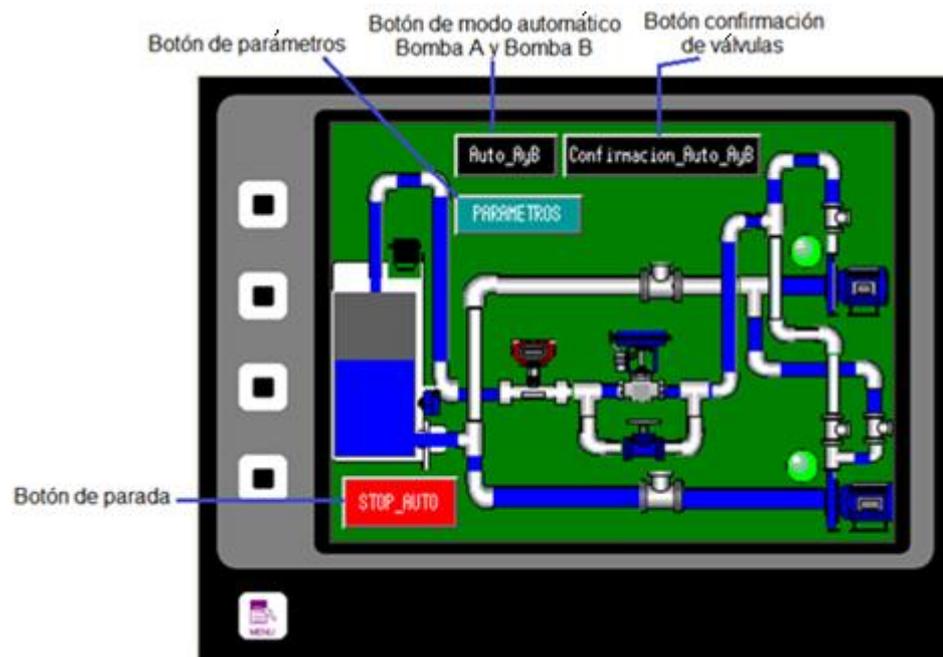


Figura 15. Pantalla de funcionamiento de circuito serie

- Para realizar la manipulación de este circuito se debe seguir los mismos pasos que se explicaron en el funcionamiento de la pantalla de la bomba A, solo que esta vez se debe manipular de forma diferente las válvulas de globo como lo indica la Tabla 1, para que no exista choques de flujo y no se derive a problemas, tanto en el funcionamiento, como en la adquisición de datos.
- En este procedimiento las dos bombas entran a trabajar en forma simultánea, la única condición, que hay que tomar en cuenta es cortar el flujo de la válvula **V6**, para dejar trabajar a la válvula de control (Ver Tabla 4.2, Pagina 138).

- De manera simultánea con el arranque y operación se puede al igual que en los circuitos anteriores visualizar los parámetros que se están almacenando, tan solo con ingresar a la pantalla de parámetros.

6. Operación Paralelo.

- La pantalla del circuito hidráulico Paralelo se muestra en la Figura 16, en ésta se visualiza la circulación de fluido por las tuberías, además para la obtención de este circuito se debe seguir la secuencia de operación de las válvulas de globo que se muestra en la Tabla 1.

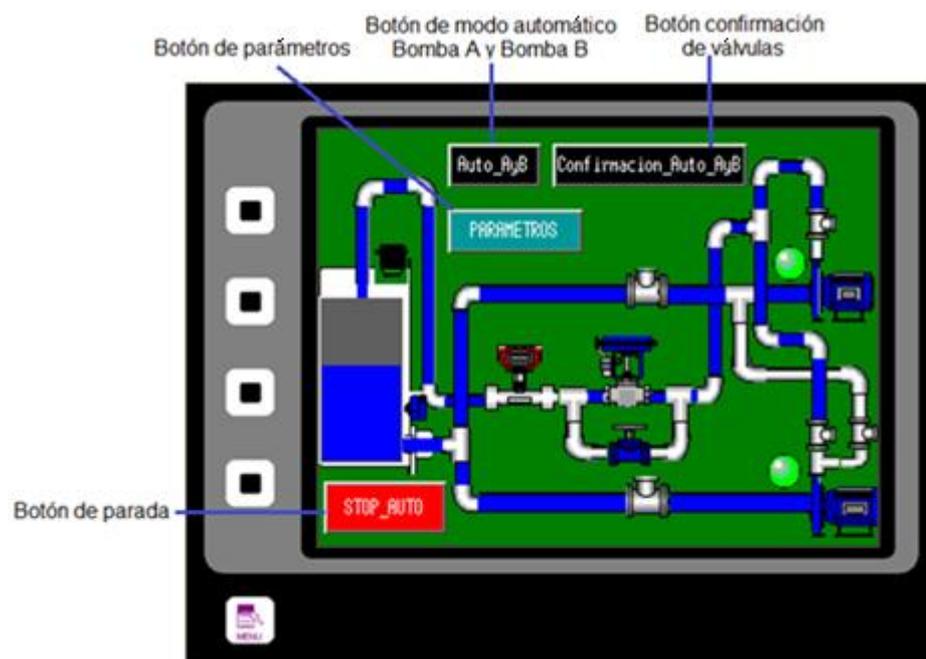


Figura 16. Pantalla de funcionamiento de circuito paralelo

- Para una mejor visualización de cambios, se debe ingresar a la pantalla de parámetros, en éstos se notará cambios en las medidas de caudal.
- Una vez que se han realizado todos los circuitos hidráulicos, estos datos quedarán almacenados por carpetas de acuerdo a la variable configurada en Data Logger.
- Estos datos se obtienen extrayendo la tarjeta Compact Flash de la parte posterior del Operador Gráfico, para el análisis.

BIBLIOGRAFÍA

- MOTT Robert, Mecánica de fluidos. Sexta Edición, Pearson Educación, 2006.
- Internet: <http://bombascentrifugas.info-tecnica.org/introduccion-a-las-partes-de-una-bomba-centrifuga/>
- MCNAUGHTON Kenneth, Bombas Selección, uso y mantenimiento. 1998, Macgraw-Hill.
- Internet: www.etitudela.com/celula/downloads/panelesdeoperador.pdf
- Internet: www.cetis143.edu.mx/revista/expressa12/plc.pdf
- Internet:
<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F00588D1>
- Internet: www.cetis143.edu.mx/revista/expressa12/plc.pdf
- Internet: iaci.unq.edu.ar/materias/.../HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf
- Manual del PLC DL06, Manual No.: D0-06USER-M-SP, Volumen 1 de 2, Segunda edición.
- Manual de módulos opcionales, Manual No: D0-OPTIONS-M-SP, Segunda edición.
- DL05/06 Option Modules, USER MANUAL, Manual Number: D0-OPTIONS-M, 7th Edition.
- DirectSOFT 5 Programming Software User Manual, PC-DSOFT5-M, First Edition.
- Internet:
www.redlion.net/Products/Groups/OperatorInterface/G306/.../07043.pdf
- Internet:
www.redlion.net/Support/Software/Crimson2.0/.../C2manrev12.pdf
- Internet:
www.transcom.sk/.../Cerabar_T_PMC_131_PMP_131_PMP_135.pdf
- Internet:
www.transcom.sk/.../Cerabar_T_PMC_131_PMP_131_PMP_135.pdf
- Internet: www.miebo.de/upload/TI364Fen.pdf
- Internet: www.gb.pepperl-fuchs.com/selector/navi/productInfo/.../103537_spa.pdf
- Internet: www.aalto.ca/aaltoinc/Datasheets/EHDF50.pdf

El presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por:

LARA VIERA RENÁN N.
CI: No.- 0502575897

QUINGATUÑA SINCHIGUANO ROLANDO P.
CI: No.- 0503047607

Ing. Mario Jiménez
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Dr. Eduardo Vásquez Alcázar
SECRETARIO ACADÉMICO