

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

**“ CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE CONTROL
DE NIVEL DE LÍQUIDOS ”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**VÍCTOR MANUEL BENÍTEZ CADENA
JOSÉ MAURICIO ZALAMEA BALLADARES**

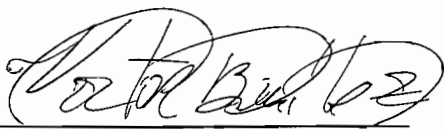
DIRECTOR : Ing. GERMÁN CASTRO MACANCELA

Quito, Octubre del 2003

DECLARACIÓN

Nosotros, Víctor Manuel Benítez Cadena y José Mauricio Zalamea Balladares, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



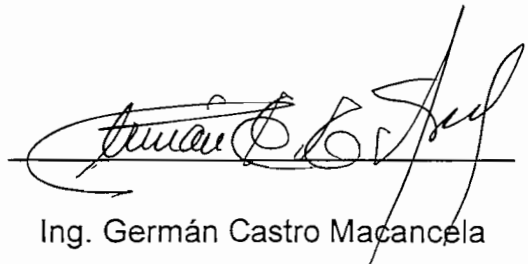
Víctor Manuel Benítez Cadena



José Mauricio Zalamea Balladares

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Víctor Manuel Benítez Cadena y José Mauricio Zalamea Balladares, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, written over a horizontal line. The signature is cursive and appears to read 'Germán Castro Macancela'.

Ing. Germán Castro Macancela
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A nuestro profesor y amigo el Ing. Germán Castro por su comprensión y ayuda desinteresada.

A nuestros profesores, compañeros y amigos con quienes compartimos una parte muy importante de nuestras vidas y a quienes nunca olvidaremos.

Los Autores

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza para seguir adelante y la familia que tengo.

A mis padres por confiar en mi y darme siempre el apoyo que necesito.

A mis hermanos a quienes quiero y respeto mucho.

A mi familia, abuelita, tíos, y primos por llenar mi vida de buenos momentos y apoyarme en los momentos difíciles.

A mis amigos con quienes no solo compartí una aula sino los buenos y malos momentos de esta etapa de mi vida.

Gracias a todos por entenderme y comprenderme y les pido disculpas por las veces que solamente pensé en mi y no pude pensar en nadie más.

Mauro

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos que con su amor me han ayudado a cumplir todas mis metas.

A toda mi familia por su apoyo total.

A mis amigos que con su alegría hicieron los momentos difíciles mas llevaderos.

Manolo

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene por objetivo el diseño y construcción de un módulo didáctico de control de nivel de líquidos destinado a la implementación de un Laboratorio de Procesos Industriales para el Departamento de Automatización y Control Industrial. El módulo está diseñado para la realización de prácticas de laboratorio que permitan la capacitación del estudiante en el control de procesos.

El Módulo de Control de Nivel de Líquidos permite realizar acciones de control sobre la variable nivel en un tanque principal por medio de una válvula de control ubicada a la salida del tanque, y de una bomba que suministra líquido desde un tanque de almacenamiento. La válvula de control está construida de una válvula de globo cuyo vástago está acoplado a un motor eléctrico de corriente continua que trabaja como actuador. El control de la apertura de la válvula se lo realiza realimentando la posición del vástago por medio de la señal de voltaje de un potenciómetro lineal multivuelta. El potenciómetro está acoplado al vástago de la válvula por medio de poleas.

El nivel de líquido en el tanque se determina a través de un sensor de presión diferencial integrado para gases, el que por medio de una sonda llena de aire registra la presión de la columna de líquido y proporciona una salida continua que representa el nivel de líquido en el tanque.

El módulo ha sido diseñado para operar en modo manual, en el cual se tiene control individual sobre cada parte del equipo, o automático el cual requiere el ingreso de un setpoint de nivel deseado a fin de que se realicen las acciones de control. El ingreso de parámetros se lo puede realizar desde un panel de operador ubicado en la parte frontal del módulo o desde el computador por medio de una interfaz gráfica desarrollada con el software INTOUCH por medio de la cual se realiza la supervisión y adquisición de datos.

Todas las acciones de control son realizadas por medio de un PLC el que procesa las señales de entrada y determina las acciones a tomar para lograr las condiciones de funcionamiento deseado.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se presenta el análisis de diseño y construcción de un Módulo Didáctico de Control de Nivel de Líquidos, destinado para la realización de prácticas de laboratorio.

El primer capítulo presenta conceptos básicos en cuanto a líquidos y métodos de medición de nivel. Además se define un sistema de control con sus componentes principales, y se exponen conceptos generales sobre válvulas de control, controladores lógicos programables y sistemas de adquisición de datos.

El segundo capítulo presenta una descripción del equipo y de su lógica de funcionamiento. Se incluye un análisis de diseño y selección de las partes constitutivas de Módulo de Control de Nivel y su funcionamiento dentro del equipo.

En el tercer capítulo se indica el funcionamiento del programa INTOUCH utilizado para el desarrollo de la interfaz gráfica que permite realizar la supervisión y adquisición de datos del módulo y se explica el programa desarrollado para el presente proyecto. Al mismo tiempo se explica el software de programación del controlador y la lógica del programa de control.

En el cuarto capítulo se indica la manera de poner e marcha el equipo y se presentan resultados de pruebas realizadas con el fin de comprobar el correcto funcionamiento del mismo y dejar una base para posteriores análisis.

El quinto capítulo presenta el desarrollo de una aplicación práctica del Módulo de Control de Nivel, la lógica del programa de control y el funcionamiento de la interfaz gráfica que permite su uso.

Finalmente en el sexto capítulo se presentan las conclusiones a las que nos condujo este trabajo y las recomendaciones que pueden servir para posibles trabajos futuros.

CONTENIDO

PRELIMINARES

CARÁTULA	I
DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN	VII
PRESENTACIÓN.....	VIII

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LÍQUIDOS.....	1
1.1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.2 PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.....	1
1.1.2.1 Densidad.....	1
1.1.2.2 Presión.....	2
1.1.2.3 Flujo.....	4
1.1.2.4 Viscosidad.....	5
1.1.2.5 Cavitación.....	5
1.2 SISTEMAS DE CONTROL	5
1.2.1 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO.....	6
1.2.1.1 Señal de salida	6
1.2.1.2 Señal de Referencia	6
1.2.1.3 Error	6

1.2.1.4 Señal de control.....	6
1.2.1.5 Señal analógica.....	7
1.2.1.6 Señal digital.....	7
1.2.1.7 Conversor analógico/digital.....	7
1.2.1.8 Conversor digital/analógico.....	7
1.2.1.9 Planta.....	7
1.2.1.10 Proceso.....	7
1.2.1.11 Sistema.....	7
1.2.1.12 Perturbación.....	8
1.2.1.13 Sensor.....	8
1.2.1.14 Sistema de Control en Lazo Cerrado.....	8
1.2.1.15 Sistema de Control en Lazo Abierto.....	8
1.2.2 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.....	8
1.3 MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS.....	9
1.3.1 MEDIDORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS.....	10
1.3.1.1 Instrumentos de medida directa.....	10
1.3.1.1.1 Medidor de nivel por sonda.....	10
1.3.1.1.2 Método de la Columna de Vidrio.....	11
1.3.1.2 Instrumentos de medida por presión hidrostática.....	12
1.3.1.2.1 Método manométrico.....	12
1.3.1.2.2 Método sensor de nivel por membrana.....	13
1.3.1.2.3 Método por burbujeo.....	14
1.3.1.2.4 Método de presión diferencial.....	15
1.3.1.3 Instrumentos de medida por desplazamiento.....	16
1.3.1.3.1 Método del flotador.....	16
1.3.1.4 Instrumentos de medida por características eléctricas del líquido.....	18
1.3.1.4.1 Método resistivo o conductivo.....	18
1.3.1.4.2 Método capacitivo.....	19
1.3.1.4.3 Método de ultrasonido.....	20
1.3.1.4.4 Métodos sensores nucleares.....	23

1.4 VÁLVULAS DE CONTROL PARA FLUIDOS.....	24
1.4.1 DEFINICIÓN.....	24
1.4.2 TIPOS DE VÁLVULAS	25
1.4.2.1 Válvulas de Compuerta.....	25
1.4.2.2 Válvulas de Macho.....	26
1.4.2.3 Válvulas de Globo.....	26
1.4.2.4 Válvulas de Bola.....	27
1.4.2.5 Válvulas de Mariposa.....	28
1.4.2.6 Válvula de Diafragma.....	29
1.4.2.7 Válvulas de Apriete.....	30
1.4.2.8 Válvulas unidireccionales (check) y de desahogo (alivio).....	31
1.4.3 COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO EN UNA VÁLVULA DE CONTROL.....	33
1.4.4 SERVOVÁLVULAS.....	34
1.4.4.1 Actuadores.....	34
1.4.4.1.1 Actuadores Neumáticos.....	35
1.4.4.1.2 Actuadores Hidráulicos.....	36
1.4.4.1.3 Actuadores Eléctricos.....	36
1.5 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE).....	38
1.5.1 CONCEPTOS BÁSICOS.....	38
1.5.2 ESTRUCTURA EXTERNA.....	38
1.5.3 ESTRUCTURA INTERNA.....	39
1.5.4 CAMPOS DE APLICACIÓN.....	41
1.5.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	42
1.5.6 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.....	42
1.5.6.1 Gráfico Secuencial de Funciones (SFC).....	43
1.5.6.2 Lista de Instrucciones (IL).....	43
1.5.6.3 Diagrama de Contactos (LD).....	44
1.5.6.4 Bloques de Funciones (FB).....	45
1.6 SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	45
1.6.1 SISTEMAS SCADA.....	46
1.6.1.1 Requisitos de un SCADA.....	46

1.6.1.2 Componentes de un Sistema SCADA.....	47
1.6.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI.....	47

CAPITULO 2

CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	49
2.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.....	50
2.3 MODOS DE OPERACIÓN.....	51
2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MÓDULO.....	53
2.4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	54
2.4.2 SENSOR DE NIVEL.....	56
2.4.2.1 Cálculo de las características del sensor.....	57
2.4.2.2 Manejo de la señal de salida del sensor.....	60
2.4.3 BOMBA.....	61
2.4.4 VÁLVULA DE CONTROL.....	62
2.4.4.1 Válvula.....	62
2.4.4.2 Actuador.....	64
2.4.5 ESTRUCTURA DEL MÓDULO.....	67
2.4.6 TUBERÍAS Y TANQUES.....	68
2.4.7 PANEL DE OPERADOR.....	72
2.4.8 MANEJO DE LAS ENTRADAS ANALÓGICAS DEL PLC.....	75
2.5 CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL TABLERO DE CONTROL...78	

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE

3.1 INTOUCH.....	83
------------------	----

3.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES.....	83
3.1.1.1 Intouch Application Manager.....	83
3.1.1.2 Window Maker.....	83
3.1.1.3 Window Viewer.....	84
3.1.2 CARACTERÍSTICAS.....	84
3.1.3 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE SISTEMA.....	85
3.1.4 INICIANDO INTOUCH.....	85
3.1.4.1 Creación de una nueva aplicación.....	86
3.1.4.2 Edición una nueva aplicación.....	87
3.1.4.3 Creación de Ventanas.....	88
3.1.4.4 Creación de Objetos Gráficos.....	91
3.1.4.4.1 <i>Draw Object Toolbar.....</i>	<i>91</i>
3.1.4.4.2 <i>View Toolbar.....</i>	<i>91</i>
3.1.4.4.3 <i>General Toolbar.....</i>	<i>92</i>
3.1.4.4.4 <i>Format Toolbar.....</i>	<i>92</i>
3.1.4.4.5 <i>Arrange Toolbar.....</i>	<i>92</i>
3.1.4.4.6 <i>Wizards/Active X Toolbar.....</i>	<i>93</i>
3.1.4.5 Tagnames.....	95
3.1.4.5.1 <i>Memory Tagnames.....</i>	<i>96</i>
3.1.4.5.2 <i>I/O Tagnames.....</i>	<i>96</i>
3.1.4.5.3 <i>Miscellaneous Tagnames.....</i>	<i>97</i>
3.1.4.5.4 <i>Creación de un tagname para la aplicación.....</i>	<i>97</i>
3.1.4.6 Creación de Animation Links.....	98
3.2 DISEÑO DE VENTANAS PAR EL HMI DEL MÓDULO	
DE CONTROL DE NIVEL.....	99
3.2.1 PRESENTACIÓN.....	99
3.2.2. PRINCIPAL.....	101
3.2.2.1 Botón Registro de Usuario.....	101
3.2.2.2 Usuario Actual, Nivel de Acceso, Fecha y Hora.....	104
3.2.2.3 Botón Ayudas.....	104
3.2.3 PROCESO.....	106
3.2.3.1 Botón Imprimir.....	106
3.2.3.2 Botón Automático.....	108

3.2.3.2.1	<i>Mensajes de Texto</i>	108
3.2.3.2.2	<i>Botón Fijar Setpoint</i>	109
3.2.3.2.3	<i>Botón Gráficas</i>	110
3.2.3.2.4	<i>Botón Históricos</i>	112
3.2.3.2.5	<i>Botón Alarmas y Eventos</i>	119
3.2.3.2.6	<i>Botón Datos Controlador</i>	123
3.2.3.3	Botón Manual	124
3.3	COMUNICACIÓN PLC – INTOUCH	125
3.3.1	CONFIGURACIÓN DEL I/O SERVER	126
3.3.1.1	Configuración del Puerto de Comunicaciones	126
3.3.1.2	Configuración del Topic	127
3.3.2	CONFIGURACIÓN DE ÍTEMS EN INTOUCH	128
3.4	RSLOGIX 500	131
3.4.1	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	131
3.4.2	CREACIÓN DE UN PROYECTO	132
3.4.3	CONFIGURACIÓN DEL DRIVER RS232 DF1	133
3.4.4	CREACIÓN DE UN ARCHIVO NUEVO	135
3.5	DESARROLLO DEL PROGRAMA DEL PLC	136
3.5.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	137
3.5.2	SOLUCIÓN PROPUESTA	138
3.5.2.1	Descripción del programa para el PLC	138
3.5.2.1.1	<i>Subrutina SETEO MODOS DE OPERACIÓN</i>	138
3.5.2.1.2	<i>Subrutina ESTADO</i>	139
3.5.2.1.3	<i>Subrutina MANUAL</i> (1)	141
3.5.2.1.4	<i>Subrutina SERVOVÁLVULA</i>	142
3.5.2.1.5	<i>Subrutina AUTOMÁTICO</i>	144
3.5.2.1.6	<i>Subrutina CONTROL</i> (1)	144

CAPITULO 4

PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

4.1 PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL.....	149
4.1.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	153
4.1.2. INSTALACIÓN DEL PLC.....	154
4.1.3 PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO.....	158
4.1.4 INICIO DE COMUNICACIÓN PLC-PC.....	159
4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	160
4.2.1. PRUEBAS BOMBA.....	161
4.2.2 PRUEBAS SENSOR.....	162
4.2.3 PRUEBAS VÁLVULA DE CÒNTRÒL.....	166
4.2.3.1 Pruebas de Posicionamiento del vástago.....	166
4.2.3.2 Pruebas de caudal de salida en la válvula	167
4.2.4 PRUEBAS MODO AUTOMÁTICO.....	173

CAPITULO 5

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN	176
5.2 INTERFAZ GRÁFICA PARA LA APLICACIÓN.....	177
5.3 CONTROL DE LA APLICACIÓN (SURTIDOR DE AGUA).....	180
5.3.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	181
5.4 PRUEBAS Y RESULTADOS	182

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.....	184
6.2 RECOMENDACIONES	185

ANEXOS

ANEXO 2.1

DATOS TÉCNICOS DEL PLC

ANEXO 2.2

DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL SCX01DN

ANEXO 2.3

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS BOMBAS

ANEXO 2.4

DATOS TÉCNICOS DE LA VÁLVULA DE GLOBO CRANE PN 20

ANEXO 2.5

PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

ANEXO 2.6

ESQUEMÁTICOS DE LA TARJETA ELECTRÓNICA DE CONTROL

ANEXO 3.1

ANEXO 3.1 a

SCRIPT DEL BOTÓN " Abrir " DE LA VENTANA AYUDAS

ANEXO 3.1 b

SCRIPT DEL BOTÓN " IMPRIMIR " DE LA VENTANA " PROCESO

ANEXO 3.2

PROGRAMA DEL PLC PARA EL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

ANEXO 4.1

EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAUDAL PROMEDIO DE SALIDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL

ANEXO 5.1

EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA ASIGNACIÓN DE DATOS EN LA SUBROUTINA LITROS

ANEXO 5.2

PROGRAMA LADDER PARA LA APLICACIÓN SURTIDOR DE AGUA

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

CAPITULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LÍQUIDOS

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Los estados de la materia en conjunto pueden dividirse de forma conveniente en sólidos y fluidos. Los sólidos tienden a comportarse rígidamente y a mantener su forma mientras que un fluido es una sustancia que puede fluir. Entre los fluidos debemos incluir tanto los líquidos, que fluyen bajo la acción de la gravedad hasta que ocupan las regiones mas bajas posibles de los recipientes que los contienen, y los gases que se expanden hasta llenar por completo los recipientes cualquiera que sea su forma.

Los líquidos se caracterizan por poseer un volumen determinado, lo que significa que aunque cambie su forma las distancias entre sus moléculas permanecerán fijas debido a las fuerzas de cohesión que actúan sobre ellas. Los líquidos son muy poco compresibles y ofrecen gran resistencia a la disminución de su volumen, por lo tanto es muy difícil cambiar las distancias intermoleculares, dicha propiedad es de gran importancia ya que permite que los líquidos sean de gran utilidad en varias aplicaciones industriales.

1.1.2 PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS

1.1.2.1 Densidad

Es una propiedad intrínseca de los materiales, la densidad de un líquido homogéneo es su masa dividida entre su volumen (Ecuación 1.1), y puede depender de muchos factores tales como presión y temperatura, pero se la considera constante en grandes intervalos de cambio de dichas variables.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{m}{V} = d \quad \text{Ec. 1.1}$$

Como originalmente el gramo fue elegido para que fuese igual a la masa de 1 cm³ de agua, la densidad del agua en el Sistema CGS es igual a 1 g/cm³, correspondiente a 10³ Kg/m³ en el Sistema Internacional de Medida (SI).

La densidad específica de una sustancia es un valor adimensional que corresponde al cociente entre su valor de densidad y la densidad del agua.

1.1.2.2 Presión

La presión es un tipo de esfuerzo multidireccional y uniforme, una fuerza actuante en una unidad de área ejercida en un punto.

$$\text{Presión} = \frac{\text{fuerza}}{\text{area}} = \frac{F}{A} = P \quad \text{Ec. 1.2}$$

La unidad de presión en el Sistema Internacional es el Newton por metro cuadrado (N/m²), que recibe el nombre de Pascal (Pa)

La presión ejercida sobre un líquido en reposo debe ser producto de un fuerza dirigida perpendicularmente a la superficie del mismo, un líquido en reposo no puede soportar una fuerza tangencial, ya que, en este caso, unas capas de líquido resbalan unas sobre otras, lo que le permite cambiar su forma o fluir.

La presión ejercida por un líquido en reposo conocida como presión hidrostática, es una presión cuyo valor, en general, varía de un punto a otro del líquido, dicho valor depende directamente de la distancia vertical o desnivel, entre la superficie del líquido y la profundidad a la cual se desea determinar la presión. La presión

hidrostática no es afectada por la forma del recipiente, y es la misma en todos los puntos localizados a la misma profundidad.

En el caso de un líquido como el agua cuya densidad es constante en todo su volumen, la presión aumenta linealmente con la profundidad, esto se puede apreciar de una manera sencilla en la Figura 1.1, en la que se considera una columna de líquido de altura h y área de sección recta A . La presión en la parte inferior de la columna debe ser mayor que en la superior ya que debe soportar el peso de la columna.

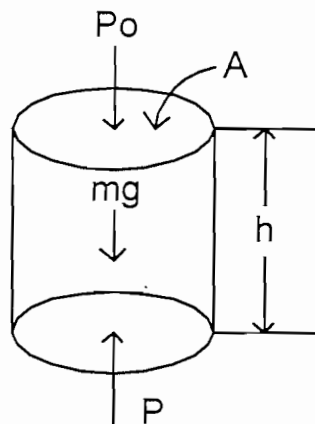


Figura. 1.1

Columna de agua de altura h , y sección transversal A

De la Ecuación 1.1 tenemos que: $m = d.V = d.A.h$

Y su peso es :

$$p = m.g = d.A.h.g$$

Ec. 1.2

Si P_o es la presión ejercida en la parte superior, y P en la inferior, la fuerza hacia arriba neta ejercida por esta diferencia de presiones es :

$$P.A - P_o.A = d.A.h.g$$

O bien

$$P = P_o + d.h.g$$

Ec. 1.3

La Ecuación 1.3 corresponde a la presión ejercida en el interior de un líquido a una profundidad h .

1.1.2.3 Flujo

Se define al flujo como el movimiento de un fluido, la descripción formal del flujo de líquidos se expresa por relaciones entre presión, densidad y velocidad. El flujo de líquidos en general se divide en flujo laminar y turbulento.

En el flujo laminar cada pequeño volumen de líquido sigue trayectorias paralelas sin girar, a la dirección de las llamadas líneas de flujo (líneas paralelas a la tubería que transporta el flujo), por lo que también se lo llama flujo lineal, mientras que en el flujo turbulento se produce cuando la velocidad del flujo adquiere mayor rapidez que cierta velocidad crítica por lo que se forman remolinos y corrientes en el líquido.

En la Figura 1.2 se representa estas clases de movimientos.

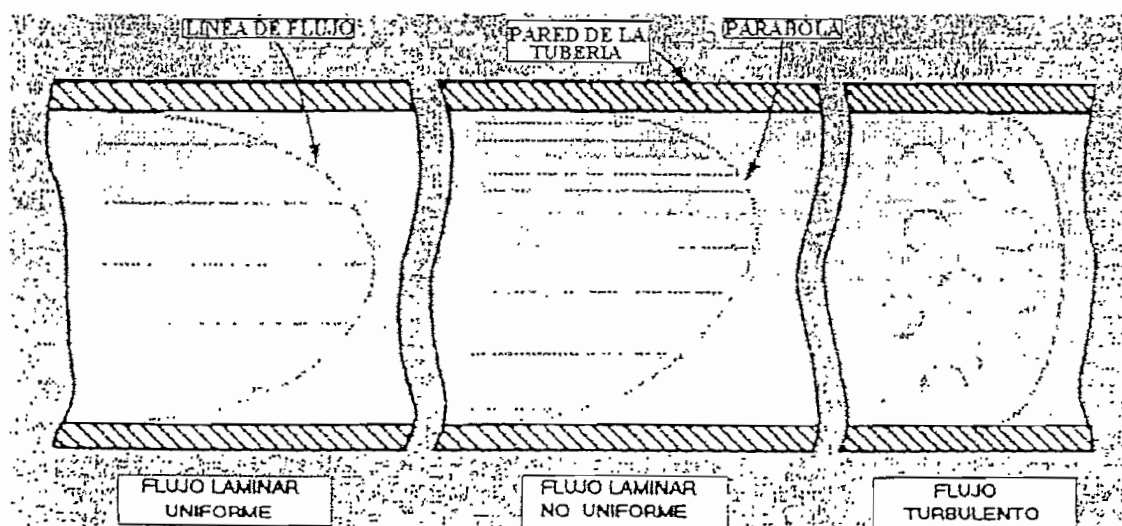


Figura 1.2 Flujos Laminar y Turbulento

Para determinar si un flujo es laminar o turbulento, se debe tomar en cuenta el número de Reynolds, definido mediante la expresión :

$$Re = \frac{\delta v D}{\eta} \quad \text{Ec.1.4}$$

Donde:

δ	Densidad del fluido (kgm^{-3})
η	Coefficiente de viscosidad (m.s.kg^{-1})
v	Velocidad media (m.s^{-1})
D	Diámetro de la tubería (m)

$Re \geq 12000$ Flujo Turbulento

$Re \leq 2000$ Flujo Laminar

1.1.2.4 Viscosidad

La viscosidad de un líquido es medida de la resistencia al movimiento, a causa de la viscosidad cualquier líquido tendrá una velocidad mayor en el centro de la tubería que lo transporta, que en las partes más alejadas de ella. La viscosidad de los líquidos es un valor muy dependiente de la temperatura.

1.1.2.5 Cavitación

Fenómeno que consiste en la formación de burbujas de aire en la tubería que transporta el fluido debido a cambios de dirección del flujo (codos ,válvulas, etc.).

1.2 SISTEMAS DE CONTROL

En el control de procesos el objetivo básico es mantener una cierta magnitud constante o controlada, a pesar de cualquier influencia externa adversa. Los Sistemas de Control son los que en definitiva se encargan de mantener cualquier

variable dentro de un rango establecido, la acción de control puede realizarse en forma manual es decir por medio de un operador humano, o en forma automática.

1.2.1 SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

El control automático ha jugado un papel vital en el avance de la ciencia y la ingeniería, resulta esencial su uso en la mayoría de los procesos industriales como control de presión, temperatura, humedad, nivel, etc.

En la actualidad y gracias al avance de la tecnología, se han desarrollado sistemas de control digitales con los cuales se logra un funcionamiento óptimo de los procesos industriales.

A continuación se definen alguna terminología básica.

1.2.1.1 Señal de salida

Es la variable que se desea controlar (posición, velocidad, presión, temperatura, nivel, etc.). También se denomina variable controlada.

1.2.1.2 Señal de Referencia

Es el valor que se desea que alcance la señal de salida, también es conocido como punto de ajuste o setpoint.

1.2.1.3 Error

Es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

1.2.1.4 Señal de control

Es la señal que produce el controlador para modificar la variable controlada de tal forma que se disminuya o se elimine el error.

1.2.1.5 Señal analógica

Es una señal continua en el tiempo.

1.2.1.6 Señal digital

Es una señal que solo toma valores de 1 y 0. Un computador solo envía y/o recibe señales digitales.

1.2.1.7 Conversor analógico/digital

Es un dispositivo que convierte una señal analógica en una señal digital (1 y 0).

1.2.1.8 Conversor digital/analógico

Es un dispositivo que convierte una señal digital en una señal analógica (corriente o voltaje).

1.2.1.9 Planta

Es el conjunto de elementos físicos que se desean controlar. Una Planta puede ser : un motor, un horno, un sistema de disparo, un sistema de navegación, un tanque de combustible, etc.

1.2.1.10 Proceso

Operación que conduce a un resultado determinado.

1.2.1.11 Sistema

Consiste en un conjunto de elementos que actúan coordinadamente para realizar un objetivo determinado.

1.2.1.12 Perturbación

Es una señal que tiende a afectar la salida del sistema, desviándola del valor deseado.

1.2.1.13 Sensor

Es un dispositivo que convierte el valor de una magnitud física (presión, flujo, temperatura, etc.) en una señal eléctrica ya sea en forma analógica o digital. También es llamado transductor. Los sensores o transductores analógicos envían, por lo regular, señales normalizadas de 0 a 5 voltios, 0 a 10 voltios o 4 a 20 mA.

1.2.1.14 Sistema de Control en Lazo Cerrado

Es aquel en el cual continuamente se está monitoreando la señal de salida para compararla con la señal de referencia y calcular la señal de error, la cual a su vez es aplicada al controlador para generar la señal de control y tratar de llevar la señal de salida al valor deseado. También es llamado control realimentado.

1.2.1.15 Sistema de Control en Lazo Abierto

En estos sistemas de control la señal de salida no es monitoreada para generar una señal de control.

1.2.2 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

La Figura 1.3 muestra un diagrama de bloques de un Sistema de Control Automático en general.

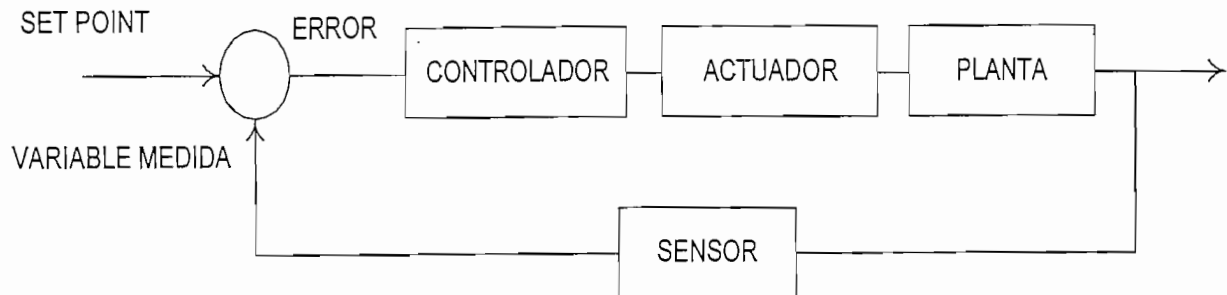


Figura 1.3 Diagrama de bloques de un Sistema de Control Automático en lazo cerrado

La señal de salida real es evaluada por medio de un sensor y es comparada con el punto de ajuste, obteniendo así una señal de error que es la que determinará las acciones que deben ser tomadas por el controlador sobre el actuador. El actuador o elemento final de control ejerce un efecto directo sobre la planta con la finalidad de llevar la salida del sistema de control lo más cercana al valor del punto de ajuste.

1.3 MEDICIÓN DE NIVEL DE LÍQUIDOS

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

las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos. El tipo de dispositivo depende de la clase del recipiente, del material que contenga y de la presión requerida en la medición o el control.

1.3.1 MEDIDORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, ya sea, directamente la altura del líquido sobre una línea referencial, la presión hidrostática, el desplazamiento de un flotador producido por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o aprovechando propiedades eléctricas del líquido.

Entre los métodos empleados para la medición de nivel de líquidos tenemos:

1.3.1.1 Instrumentos de medida directa

1.3.1.1.1 Medidor de nivel por sonda

Es el dispositivo más simple para medir nivel, y consiste en una varilla o regla graduada, de una longitud adecuada la cual es introducida dentro del depósito. La determinación se efectúa por lectura directa de la longitud mojada por el líquido, en el momento de la lectura el líquido debe estar a presión atmosférica. Se utiliza generalmente en tanques de gasolina. Figura 1.4 a

Una variación de este tipo de medidor consiste en una varilla graduada con un gancho en su extremo el cual se sumerge en el seno del líquido y se levanta después hasta que el gancho rompe la superficie del líquido. La distancia desde esta superficie hasta la parte superior del tanque representa indirectamente el nivel. Se emplea en tanques de agua a presión atmosférica. Figura 1.4 b

Otro sistema parecido es el medidor de cinta graduada y plomada, que se emplea cuando la regla graduada no tiene acceso al fondo del tanque. Figura 1.4 c.

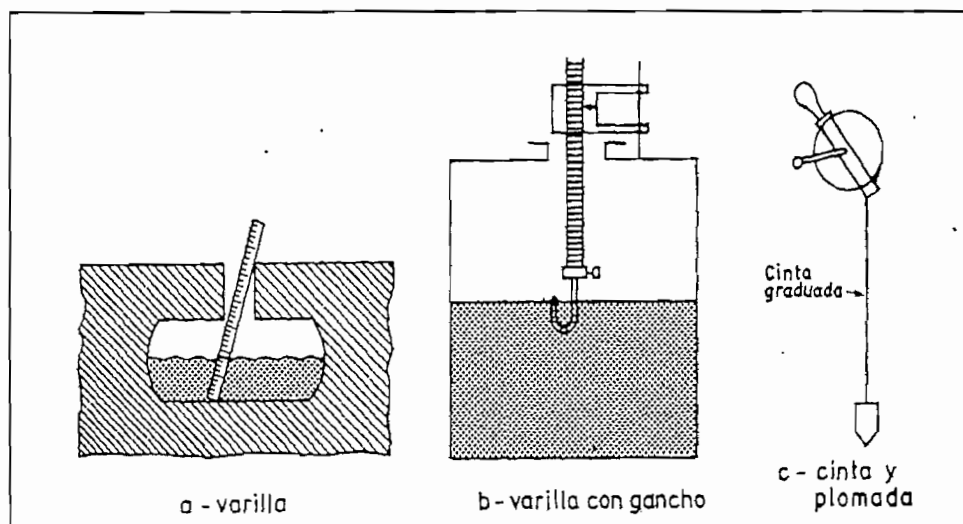


Figura 1.4 Medidores de nivel por sonda

1.3.1.1.2 Método de la Columna de Vidrio

Este es otro sencillo método visual usado para medir el nivel de líquidos no corrosivos que no manchan y que no son pegajosos. La Figura 1.5 muestra un esquema de el método de la columna de vidrio para depósitos abiertos y cerrados. En depósitos cerrados se puede mantener presiones más o menos altas utilizando mirillas protegidas para mayor seguridad. Normalmente la mirilla es de vidrio y mide el nivel del líquido en forma visual con fluctuaciones de 1m o menos, cuando se utiliza para medir variaciones mayores, se puede emplear varias secciones cortas, estas están combinadas de tal manera que el nivel del líquido siempre es visible en una de ellas.

Por lo general existe un operador que controla el nivel del líquido dentro de los límites escogidos según la aplicación, en algunos casos se utiliza alumbrados especiales detrás de las mirillas y están arreglados para que se puedan ver diferentes colores para distintos niveles del líquido. Se puede agregar sensores fotoeléctricos a las mirillas para asegurar el control automático de nivel.

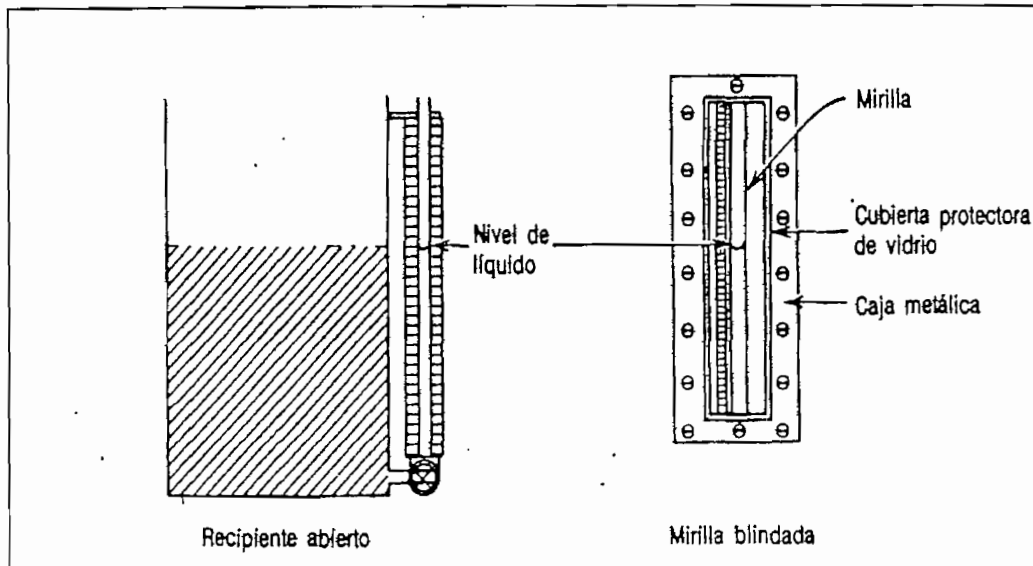


Figura 1.15 Método de la columna de vidrio

1.3.1.2 Instrumentos de medida por presión hidrostática

1.3.1.2.1 Método manométrico

Consiste en un manómetro conectado a la parte inferior del tanque. El manómetro mide la presión debida a la altura h del líquido, que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. Figura 1.6 . Como las alturas son limitadas, el campo de medida es bastante pequeño de modo que el manómetro utilizado tiene un elemento de medida del tipo fuelle. El instrumento se lo utiliza para líquidos limpios, debido a que si el líquido es corrosivo, coagula o tiene sólidos en suspensión el fuelle puede destruirse o bien bloquearse, la medida está limitada a tanques abiertos y el nivel viene influido por las variaciones de densidad del líquido.

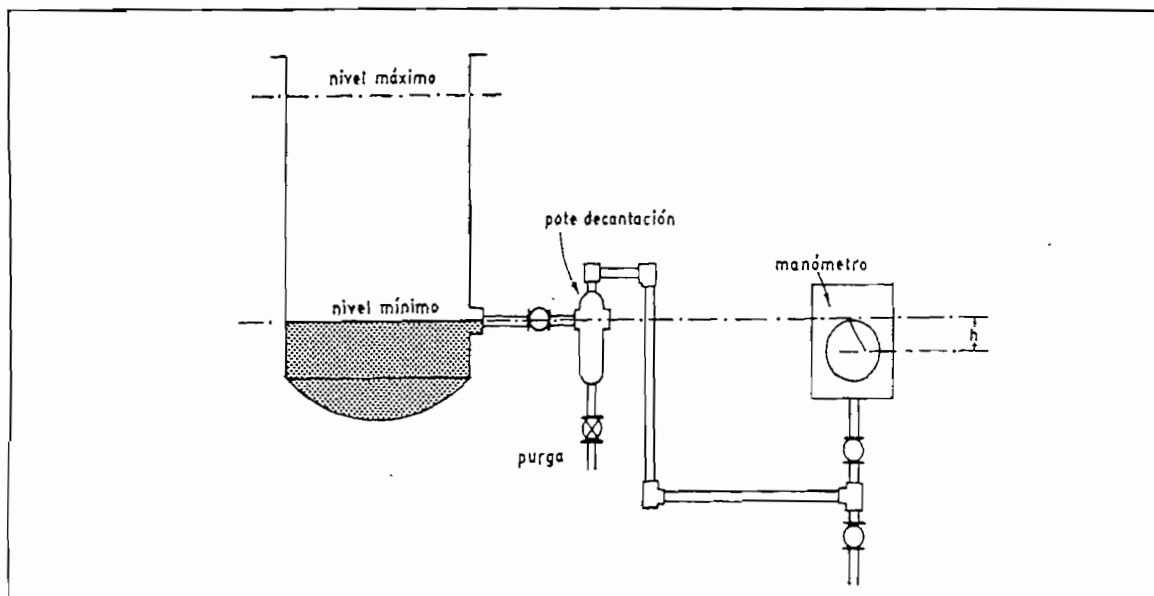


Figura 1.6 Método manométrico

1.3.1.2.2 Método sensor de nivel por membrana

La fuerza ejercida por la columna del líquido sobre el área de una membrana comprime el aire interno localizado en el instrumento sensor a una presión igual a la ejercida por la columna del líquido, lo que permite determinar el nivel del mismo. El volumen del aire interno es demasiado grande por lo cual el sistema está limitado a distancias no mayores a los 15 m debido a la compresibilidad del aire.

El medidor de membrana tiene una precisión de $\pm 1\%$, es delicado ya que cualquier pequeña fuga de aire contenido en el diafragma destruiría la calibración del instrumento, y no puede emplearse con líquidos corrosivos. En los líquidos que contienen sólidos en suspensión es necesario conectar una tubería de purga en la parte inferior del diafragma para obtener una limpieza periódica del instrumento.

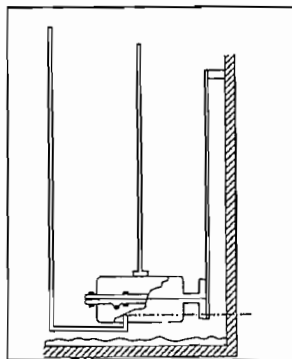


Figura 1.7 Método de membrana

1.3.1.2.3 Método por burbujeo

Este método emplea un tubo sumergido en el líquido al cual se hace burbujear aire mediante un rotámetro con un regulador de caudal incorporado. La presión del aire en la tubería equivale a la presión hidrostática ejercida por la columna del líquido, es decir, al nivel. El regulador de caudal permite mantener un caudal de aire constante a través del líquido independientemente del nivel, si no existiera, habría una gran diferencia en los caudales de aire necesarios desde el nivel mínimo al máximo, con el inconveniente de un caudal de aire indebido. La presión del aire en la tubería se mide mediante un manómetro de fuelles cuyo campo de medida corresponde a la presión máxima ejercida por el líquido.

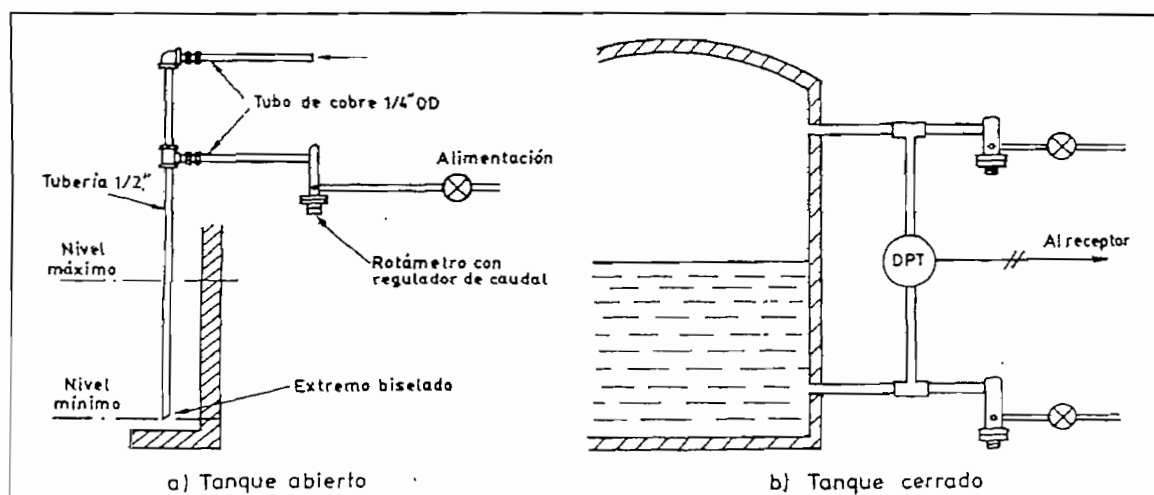


Figura 1.8 Método de burbujeo

No solo puede utilizarse aire sino otros tipos de gases e incluso líquidos como fluido de purga, el tubo debe tener una longitud adecuada para evitar que las variaciones bruscas de nivel introduzcan en su interior una cierta columna de líquido que retarde el paso del aire y falsee momentáneamente la lectura. El método de burbujeo es simple y da buen resultado en particular, en el caso de líquidos corrosivos o con sólidos en suspensión. No se recomienda su empleo cuando el fluido de purga perjudica al líquido y para fluidos altamente viscosos en donde las burbujas formadas por el gas de purga presentan el riesgo de no separarse rápidamente del tubo.

1.3.1.2.4 Método de presión diferencial

Consiste en un diafragma en contacto con el líquido, el mismo que mide la presión hidrostática en un punto en el fondo, en un tanque abierto esta presión es proporcional a la altura del líquido y a su densidad (Ecuación 1.3). El diafragma forma parte de un transmisor de presión diferencial ya sea neumático o electrónico (Figura 1.9 a – b) el cuál entrega una señal de salida normalizada en voltaje o corriente dependiendo del tipo de transmisor, que permite determinar el nivel del líquido. Los transmisores neumáticos generan una señal neumática variable lineal de 3 a 15 psi (libras por pulgada cuadrada) para el campo de medida de 0 al 100 % de la variable (Figura 1.9 c), mientras que los electrónicos generan la señal estándar de 4-20 mA d.c. o de 0 a 10 V dc según sea el elemento transmisor.

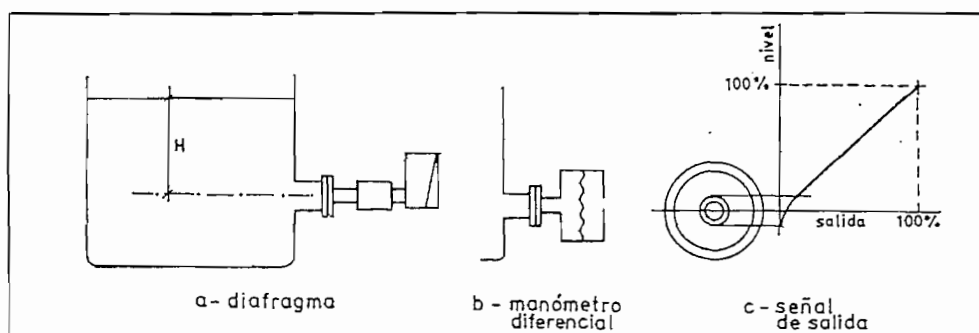


Figura 1. Método de presión diferencial

En el caso de que el tanque este cerrado y bajo presión se debe corregir la indicación del aparato para la presión ejercida, debiendo señalar que la lectura será muy poco precisa si la presión es grande.

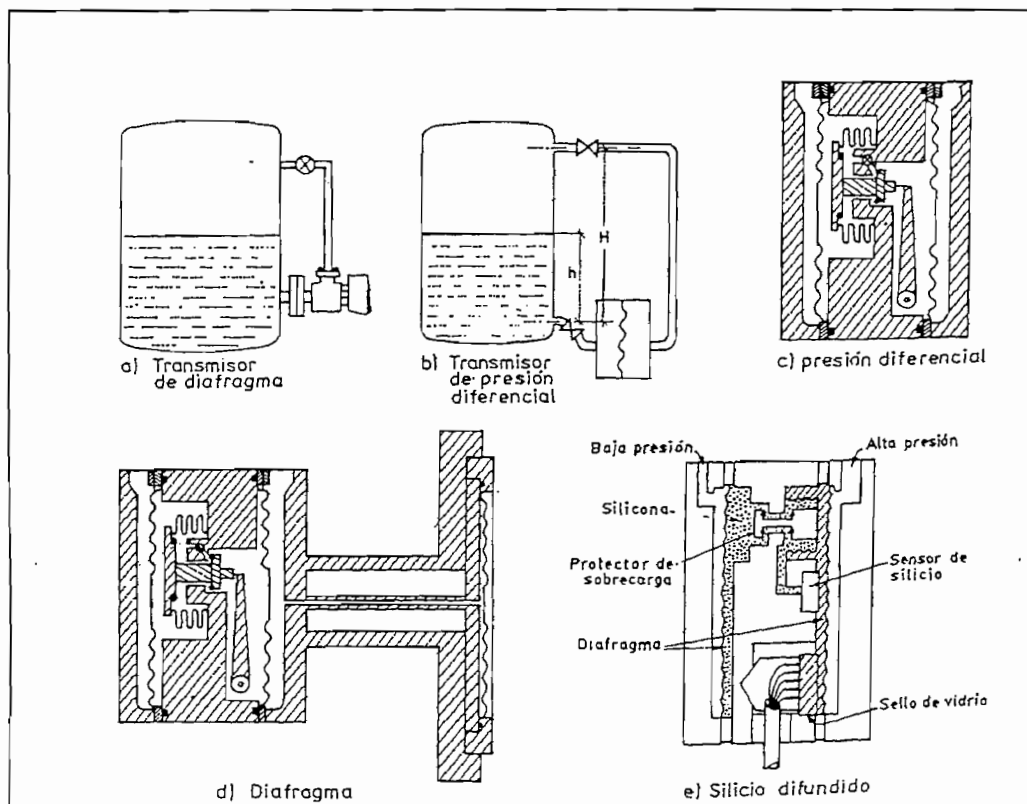


Figura 1.10 Método de presión diferencial en tanques cerrados

1.3.1.3 Instrumentos de medida por desplazamiento

1.3.1.3.1 Método del flotador

El Principio de Arquímedes – “Un cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido experimenta una fuerza de flotación proporcional a la masa del fluido desalojado” - se usa en sensores de nivel cuyo elemento sensor es un flotador, el mismo que se encuentra situado en el seno del líquido y conectado al exterior del

tanque a un mecanismo transductor de desplazamiento. Existen algunas formas de acoplar o conectar el flotador.

El flotador conectado directamente (Figura. 1.11.a) esta unido por un cable que desliza en un juego de poleas a un índice exterior que señala sobre una escala graduada, su inconveniente es que sus partes móviles están expuestas al fluido, el flotador debe mantenerse limpio y el tanque no puede estar sometido a presión. Es el modelo más antiguo utilizado en tanques de gran capacidad como los de gasolina.

El flotador acoplado magnéticamente (Figura. 1.11 b), desliza exteriormente a lo largo de un tubo guía sellado, situado verticalmente en el interior del tanque. Dentro del tubo, una pieza magnética sigue al flotador en su movimiento y mediante un cable y un juego de poleas arrastra el índice de un instrumento situado en la parte superior del tanque. (Figura. 1.11 c)

El flotador acoplado hidráulicamente (Figura. 1.11 d) actúa en su movimiento sobre un fuelle de tal modo que varia la presión de un circuito hidráulico, señalando la distancia en el receptor el nivel correspondiente. Puede emplearse en tanques cerrados, sin embargo requiere una instalación y calibración complicada, además posee partes móviles en el interior del tanque.

En todos estos instrumentos, el flotador puede tener formas muy variadas y estar formado por materiales muy diversos según sea el tipo de fluido. Los instrumentos de flotador tienen una precisión $\pm 0.5 \%$, son adecuados en la medida de niveles en tanques abiertos y cerrados a presión o al vacío, y son independientes del peso específico del líquido. Presentan el inconveniente de que los tubos guías del flotador pueden dañarse ante olas bruscas en la superficie del líquido o ante la caída violenta de líquido en el tanque.

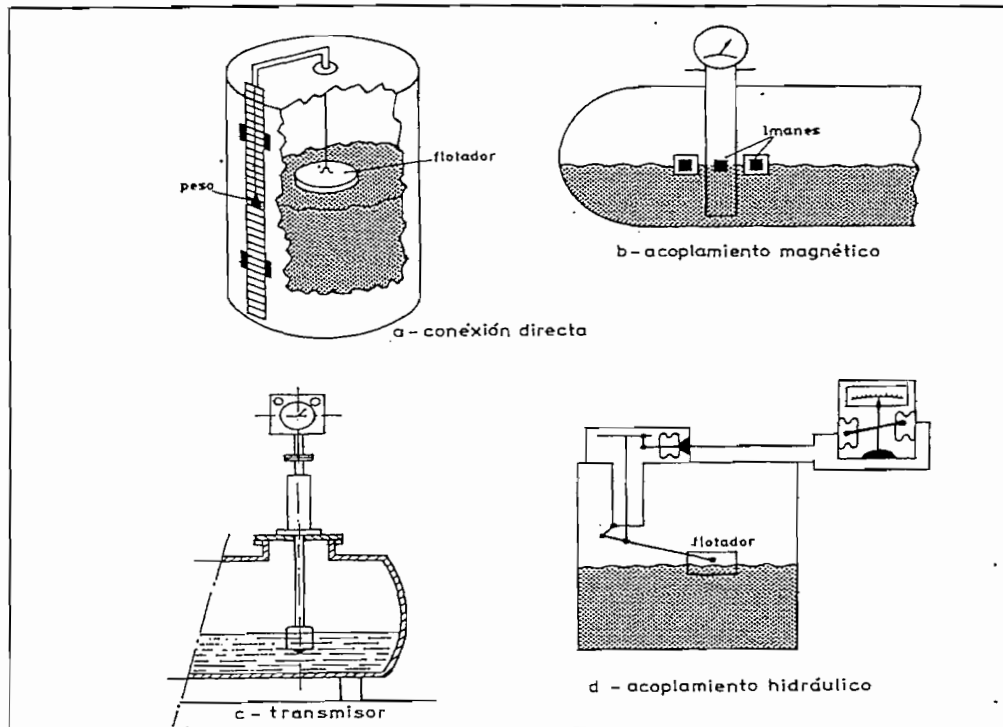


Figura 1.11 Medidores por flotador

1.3.1.4 Instrumentos de medida por características eléctricas del líquido

1.3.1.4.1 Método resistivo o conductivo

El nivel de los líquidos conductores de carga eléctrica puede ser detectado mediante uno o varios electrodos y un relé eléctrico o electrónico que es excitado cuando los electrodos entran en contacto con el líquido. Cuando el líquido entra en contacto con los electrodos el circuito de relé se cierra. Las paredes del tanque, si es metálico, pueden usarse como uno de los electrodos. El relé electrónico dispone en ocasiones de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea.

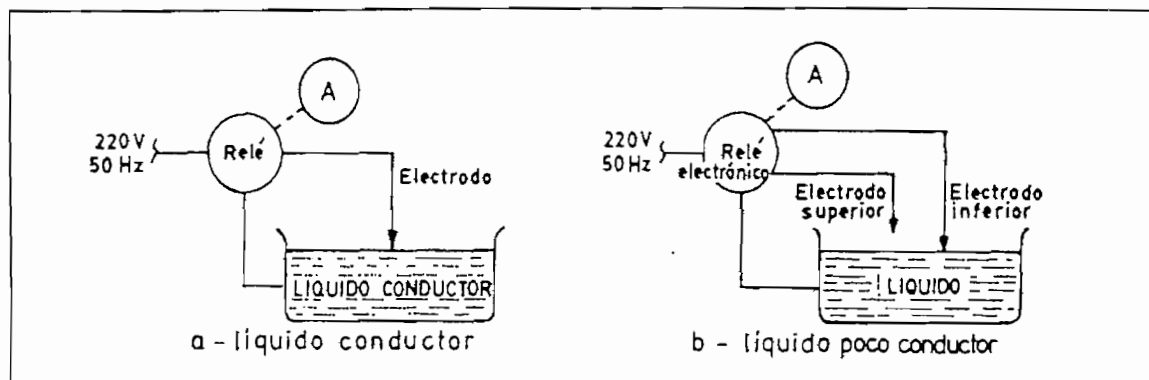


Figura 1.12 Método resistivo o conductivo

El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito del relé. La tensión de alimentación es de alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas por causa del fenómeno de la electrólisis.

El instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto o bajo, utiliza relés eléctricos para líquidos con buena conductividad y relés electrónicos para líquidos con baja conductividad. El instrumento es versátil, sin partes móviles, su campo de medida es grande con la limitación física de la longitud de los electrodos. El líquido contenido en el tanque debe tener un mínimo de conductividad y si su naturaleza lo exige, la corriente debe ser baja para evitar el deterioro del producto.

1.3.1.4.2 Método capacitivo

Cuando uno o más pares de electrodos se sumergen en un líquido, las variaciones en el dieléctrico entre los electrodos debidas a la subida o bajada de nivel, provocan cambios de la capacidad entre ellos. Esta variación de la capacidad es utilizada para determinar el nivel del líquido en un tanque. El sistema es sencillo y apto para muchas clases de líquidos, sin embargo, en los líquidos que poseen sólidos conductores que se encuentran en suspensión o en emulsión, se producen cambios de la constante dieléctrica, lo que origina cierto

porcentaje de error en la medición, por otro lado al bajar el nivel la parte aislante del electrodo puede quedar recubierta de líquido y la capacidad adicional que ello representa da lugar a un error considerable.

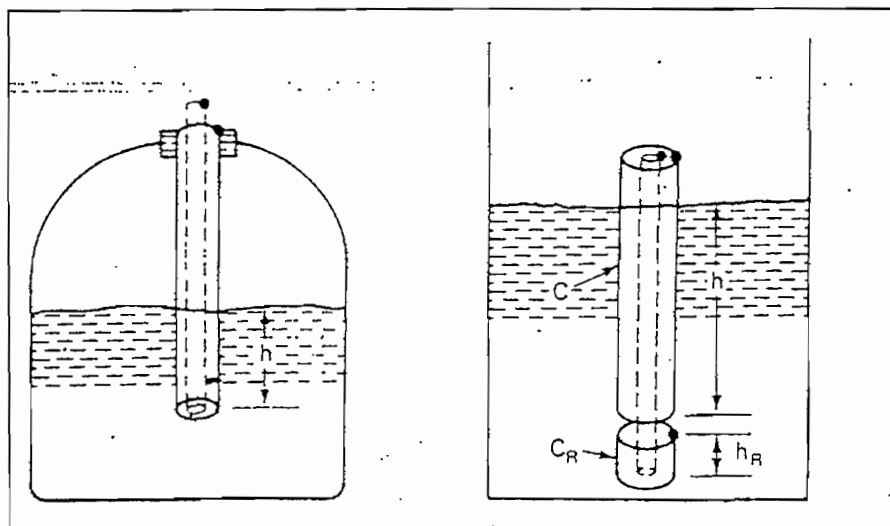


Figura 1.13 Método capacitivo

Los sensores de nivel que utilizan este método se caracterizan por no tener partes móviles, son ligeros, presentan resistencia a la corrosión y son de fácil limpieza. Tienen el inconveniente de que la temperatura puede afectar a la constante dieléctrica.

1.3.1.4.3 Método de ultrasonido

Este tipo de sensores se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante, y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del líquido. Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20KHz, estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases y se refleja en la superficie del líquido.

Para detectar el nivel de un líquido por ultrasonido se utiliza tres métodos básicos: de cavidad de resonancia, de oscilación amortiguada y de cambio sónico. Los sensores comparten una característica, su frecuencia de operación en el rango ultrasónico.

En el método de cavidad de resonancia se excita la cavidad formada por las paredes del tanque y la superficie del líquido mediante oscilaciones electromagnéticas a frecuencias ultrasónicas o radiofrecuencias, mediante un elemento colocado en la parte superior del tanque. Cuando el nivel del líquido aumenta, el volumen disminuye y la frecuencia de resonancia cambia. Cuando se conoce la frecuencia de resonancia del tanque vacío se puede determinar el nivel del líquido aplicando un factor de escala.

Para determinación de la frecuencia de resonancia se utiliza osciladores de frecuencia variable. Este tipo de sensores son relativamente raros y se usan únicamente para aplicaciones muy especiales. (Figura. 1.14a)

En el método de camino sónico el emisor de energía ultrasónica esta ubicado en el fondo del tanque. Se emplean un único elemento (usualmente un cristal piezoeléctrico), o un par de elementos uno como transmisor y otro como receptor (Figura. 1.14b). El pulso de energía se dirige a la superficie del líquido midiéndose el tiempo de viaje del pulso al reflectarse en ella. Cuando se conoce la velocidad del sonido en el líquido en el cual viaja, se puede determinar la distancia entre el emisor y el receptor, y con ello el nivel del líquido.

Los sensores pueden estar en contacto con el líquido o montados en el exterior del tanque, este último tipo no es aplicable en algunas instalaciones o su uso puede quedar limitado por las características del líquido en el cual se va a determinar el nivel.

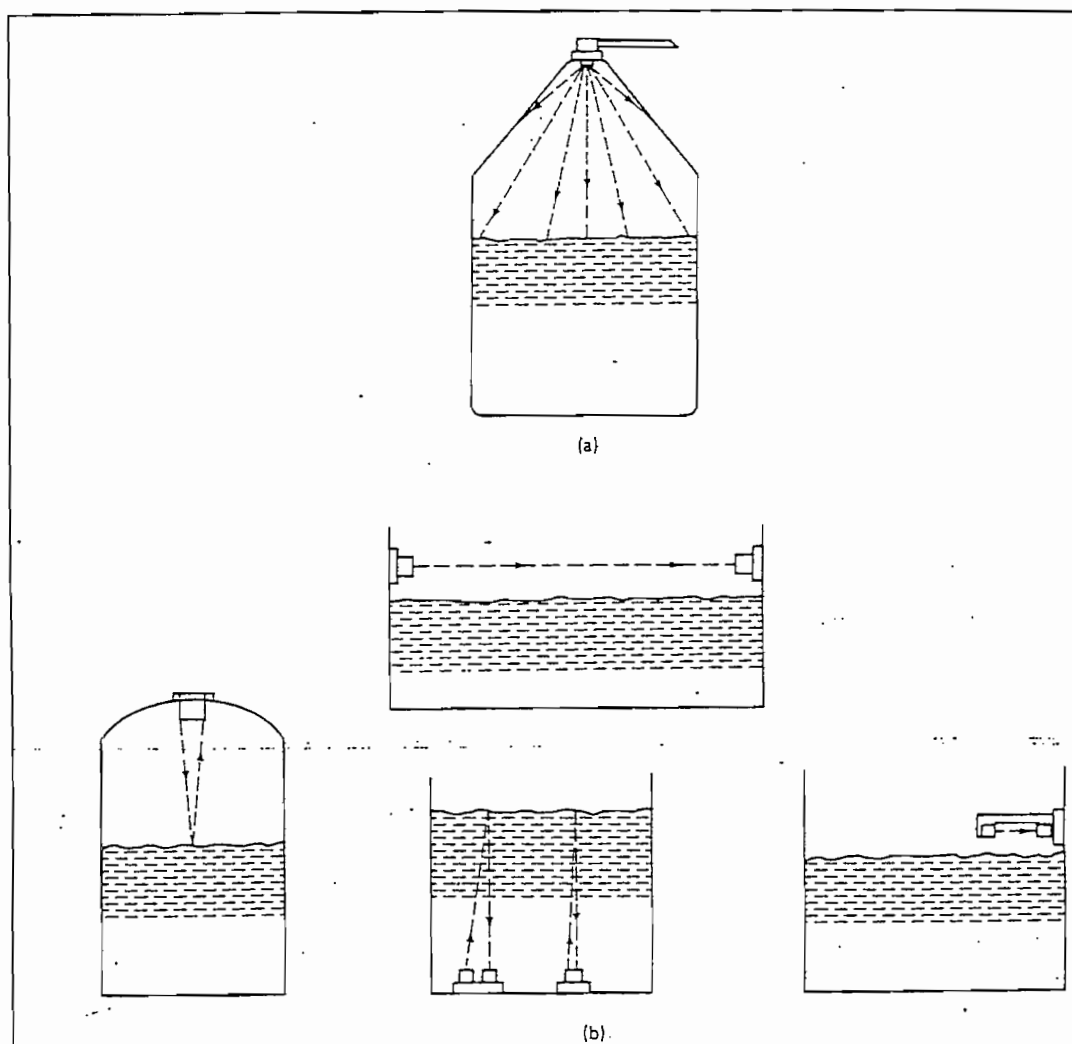


Figura 1.14 Método de ultrasonido

Los sensores por oscilación amortiguada son del tipo piezoeléctrico. Los sensores piezoeléctricos emplean un cristal cerámico o de cuarzo montados en el extremo de una sonda herméticamente sellada. El cristal accionado por un circuito oscilador resuena a una amplitud normal cuando se encuentra inmerso en un gas, y a una amplitud reducida cuando se encuentra inmerso en un líquido. El cambio de amplitud se detecta y los elementos de detección proporcionan una salida discreta.

1.3.1.4.4 Métodos sensores nucleares

Este tipo de sensores contienen tres elementos principales: una fuente de radiación, generalmente rayos gamma, uno o mas detectores de radiación, y la electrónica asociada con el detector.

La fuente de radiación contiene un isótopo radiactivo que emite rayos gamma, americio Am y radio Rd son usados en algunas fuentes, sin embargo son más comúnmente usados el cobalto Co y especialmente el Cesio Cs . La fuente esta siempre dentro de una cámara. El detector es usualmente un tubo de Geiger-Muller (contador de Geiger) que transforma la señal gama recibida en una señal eléctrica de corriente continua. La electrónica es la necesaria para proporcionar los potenciales adecuados del detector y acondicionar la salida del mismo.

Las cámaras iónicas con su electrónica asociada se vienen usando como detectores en los sensores de nivel continuo. Los sensores de nivel están basados en la cantidad de radiación absorbida en el camino entre la fuente y el receptor.

Los sistemas sensores de nivel nucleares se utilizan en la medición de niveles de líquidos situados en contenedores que no disponen de ninguna apertura al exterior y que precisan una medición externa, es ventajoso cuando existen presiones elevadas en el interior del tanque que impiden el empleo de otro métodos de medición. La precisión en la medida esta en el rango de $\pm 0.5\%$ a $\pm 2\%$, y puede emplearse para todo tipo de líquidos ya que no están en contacto con el proceso. Su lectura viene influenciada por el aire y por otros gases disueltos en el líquido. Hay que señalar que el sistema es costoso, y que se debe tener cuidado con el aspecto de la contaminación radiactiva dependiendo del área donde se encuentre instalado.

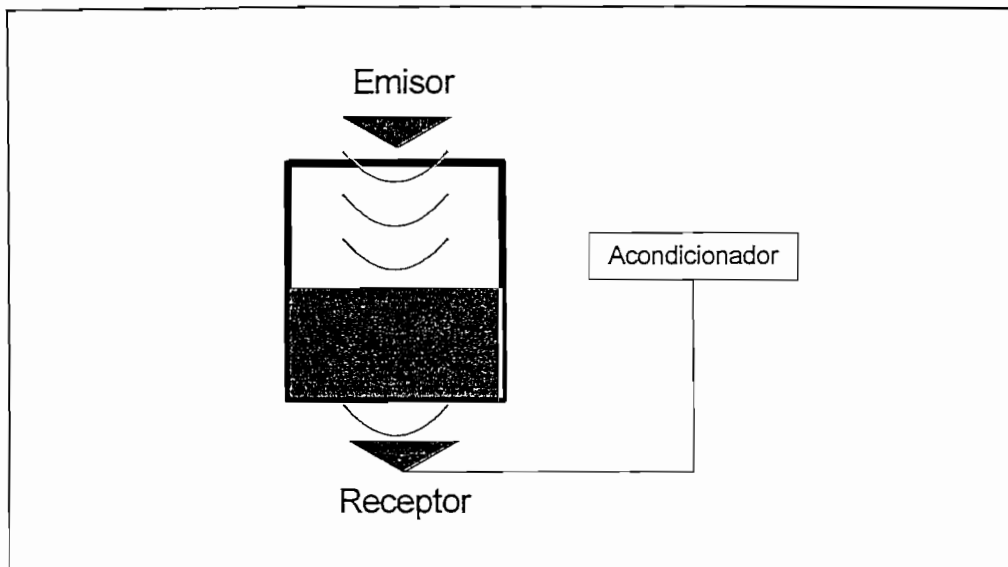


Figura 1.15 Esquema de un medidor nuclear

1.4 VÁLVULAS DE CONTROL PARA FLUIDOS

1.4.1 DEFINICIÓN

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de un fluido cualquiera mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son uno de los instrumentos de control esenciales en la industria.

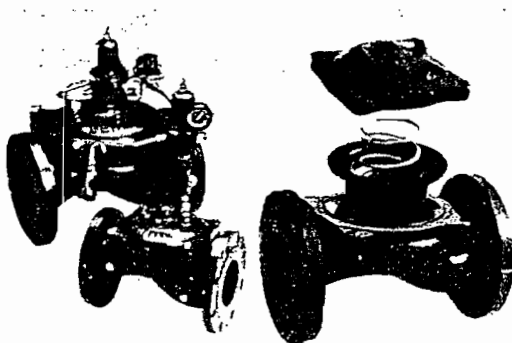


Figura 1.16 Válvulas de Control

1.4.2 TIPOS DE VÁLVULAS

Debido a las múltiples necesidades de la industria se han desarrollado varios diseños de válvulas las mismas que se diferencian principalmente por la forma y acción del obturador y pueden ser clasificadas en las siguientes categorías :

1.4.2.1 Válvulas de Compuerta

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

Recomendada para

- Servicio con apertura o cierre total, sin estrangulación.
- Para uso poco frecuente.
- Para mínima resistencia a la circulación.
- Para mínimas cantidades de fluido atrapado en la tubería.
- Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, líquidos espesos, vapor, líquidos no condensables y líquidos corrosivos.

Ventajas

- Alta capacidad, cierre hermético, bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.

Desventajas

- Control deficiente de la circulación.
- Se requiere mucha fuerza para accionarla.
- Produce cavitación con baja caída de presión.

1.4.2.2 Válvulas de Macho

La válvula de macho es de $\frac{1}{4}$ de vuelta, controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90° .

Recomendada para

- Servicio con apertura o cierre total.
- Para accionamiento frecuente.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.
- Para mínima resistencia a la circulación.
- Para cantidad mínima de fluido atrapado en la tubería .
- Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.

Ventajas

- Alta capacidad, cierre hermético, bajo costo y funcionamiento rápido.

Desventajas

- Se requiere alta torsión o par para accionarla.
- Desgaste del asiento.
- Cavitación con baja caída de presión.

1.4.2.3 Válvulas de Globo

La válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que cierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería.

Recomendada para

- Estrangulación o regulación de circulación.
- Para uso accionamiento frecuente.
- Cuando es aceptable cierta resistencia en la circulación.
- Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas.

Ventajas

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento.
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarla, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago.
- Control preciso de la circulación.

Desventajas

- Gran caída de presión.
- Costo relativo elevado.

1.4.2.4 Válvulas de Bola

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto.

Recomendada para

- Servicio de conducción y corte sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Cuando se necesita mínima resistencia a la circulación.
- Para temperaturas moderadas.

Ventajas

- Bajo costo, alta capacidad, corte bidireccional.
- Circulación en línea recta, pocas fugas, poco mantenimiento.
- No requiere lubricación tamaño compacto.
- Cierre hermético.

Desventajas

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

1.4.2.5 Válvulas de Mariposa

La válvula de mariposa es de $\frac{1}{4}$ de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.

Recomendada para

- Servicio con apertura o cierre total.
- Servicio con estrangulación.
- Para accionamiento frecuente.
- Cuando solo se permite un mínimo de fluido atrapado en las tuberías.
- Para baja caída de presión a través de la válvula.
- Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

Ventajas

- Ligera de peso, compacta, bajo costo.
- Requiere poco mantenimiento.
- Número mínimo de piezas móviles.
- Alta capacidad.
- Circulación en línea recta.

Desventajas

- Capacidad limitada para caída de presión.
- Alta torsión para accionarla
- Propensa a la cavitación.

1.4.2.6 Válvula de Diafragma

La válvula de diafragma es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto al compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

Recomendada para

- Servicio con apertura o cierre total.
- Para servicio de estrangulación.
- Para servicio con bajas presiones de operación.
- Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

Ventajas

- Bajo costo, no tiene empaquetaduras.

- No hay posibilidades de fugas por el vástago.
- Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan.

Desventajas

- Diafragma susceptible al desgaste.
- Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

1.4.2.7 Válvulas de Apriete

La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o más elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre si para cortar la circulación.

Recomendada para

- Servicio de apertura y cierre.
- Servicio de estrangulación.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando hay baja caída de presión a través de la válvula.
- Para servicios que requieren poco mantenimiento.
- Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con gran cantidad de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicios de alimentos.

Ventajas

- Bajo costo, poco mantenimiento.
- No hay obstrucciones o bolsas internas que lo obstruyan.
- No corrosiva y resistente a la abrasión.

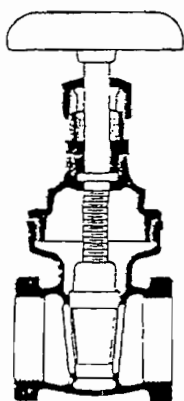
Desventajas

- Aplicación limitada para vacío.
- Difícil de determinar el tamaño.

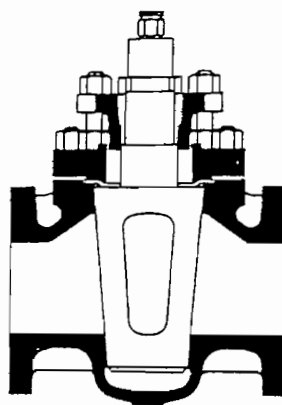
1.4.2.8 Válvulas unidireccionales (check) y de desahogo (alivio)

Este tipo de válvulas son de servicio general y de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento del sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería.

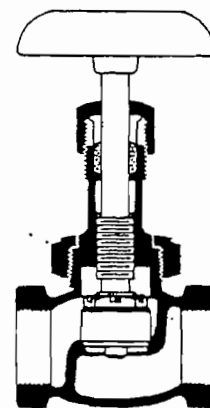
Las válvulas unidireccionales están diseñadas para impedir una inversión de la circulación. La circulación de líquido en el sentido deseado abre la válvula, y al invertirse la circulación se cierra. Una válvula de desahogo permite tener una regulación automática de la presión. El uso principal de esta válvula es para servicio con fluidos no compresibles y se abre con lentitud conforme aumenta la presión.



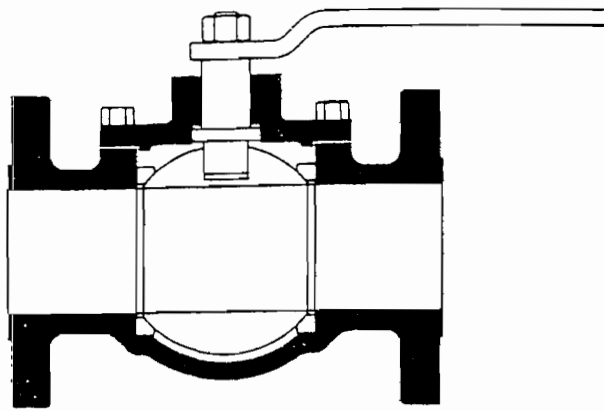
Compuerta



De macho



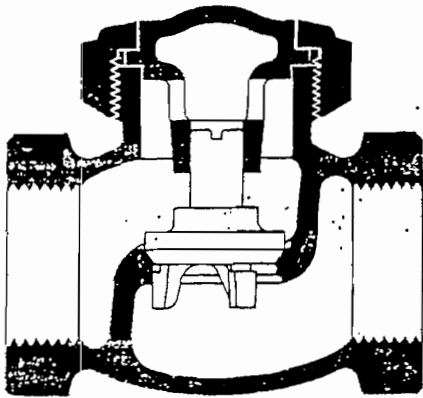
De globo



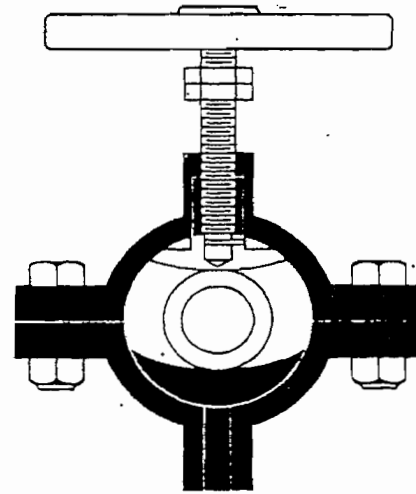
De bola



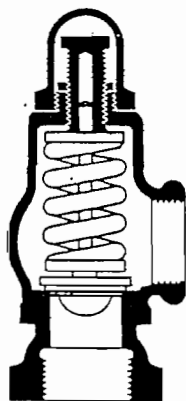
De mariposa



De diafragma



De apriete



De alivio

Figura 1.17 Tipos de válvulas

1.4.3 COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO EN UNA VÁLVULA DE CONTROL

Entre las funciones de los componentes internos de una válvula tenemos:

- Producir una restricción variable dentro del cuerpo para producir cambios en el flujo del fluido.
- Configurar el flujo con respecto a su trayectoria.
- Producir cierto grado de corte de flujo cuando está cerrada por completo.

Por lo que se tienen muchas variantes en los componentes internos de la válvula. Una restricción variable se obtiene de dos formas generales, de acuerdo con la clasificación del cuerpo como del vástago de movimiento lineal o rotatorio. En ambos casos hay una relación entre el movimiento y el flujo que se llama "característica de flujo", la que depende de la característica propia del flujo o del flujo con la válvula instalada.

La característica propia del flujo es la producida con una caída constante de presión en la válvula. Las tres características de uso más comunes son: lineal, porcentaje igual y apertura rápida.

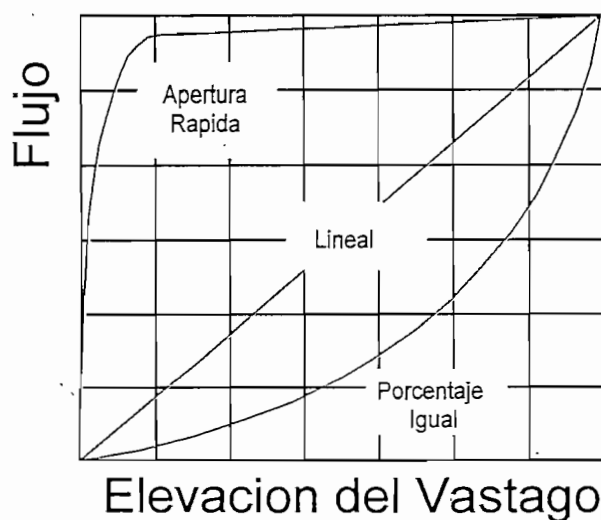


Figura 1.18 Características propias de flujo de válvulas

La característica de flujo con la válvula instalada es la que existe cuando varía la caída de presión en la válvula según lo determinen el flujo y las condiciones relativas en el sistema.

1.4.4 SERVOVÁLVULAS

El control efectivo de los procesos industriales requiere generalmente un amplio uso de elementos finales de control, entre ellos el más frecuentemente empleado en la industria es la válvula de control o servoválvula. Esta tiene como función variar el caudal del fluido, que a su vez modifica el valor de la variable medida. Dentro del lazo de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador. Se componen básicamente del cuerpo de la válvula y del servomotor o actuador.

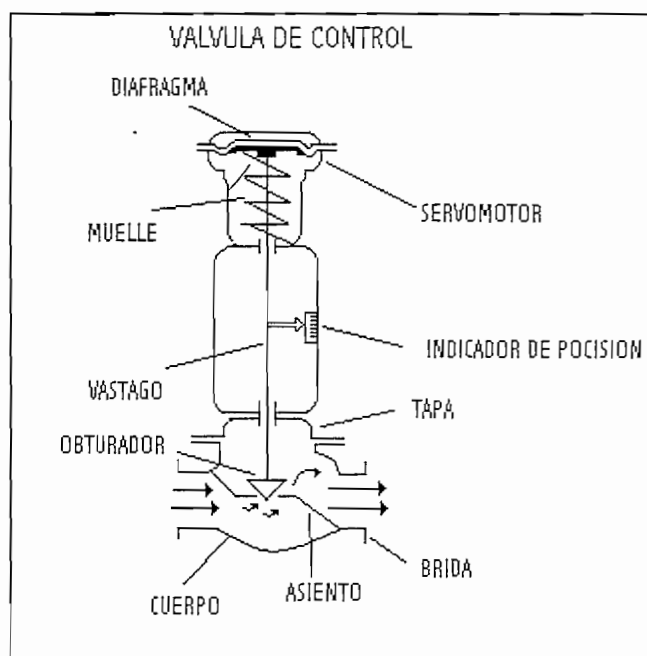


Fig. 1.19 Válvula de control típica

1.4.4.1 Actuadores

Esencialmente el actuador de una válvula debe hacer uso de la señal de control que recibe para convertirla a movimiento del obturador (tapón, disco, bola, etc.) de la válvula y con ello modificar su porcentaje de apertura y capacidad.

Los actuadores pueden clasificarse en los siguientes diseños básicos atendiendo principalmente a la naturaleza de la señal de entrada y el método utilizado para convertir dicha señal a movimiento de tipo mecánico.

1.4.4.1.1 Actuadores Neumáticos

Son los más simples y se caracterizan por poseer una gran rapidez de respuesta y una gran potencia disponible para accionar la servoválvula, en la práctica un 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Están compuestas por un diafragma con resorte que trabaja generalmente entre 3 y 15 psi (0.2 a 1 bar), al aplicar cierta presión sobre el diafragma el resorte se comprime de tal modo que el mecanismo empieza a moverse y sigue moviéndose hasta que llega a un equilibrio entre la fuerza ejercida por la presión del aire sobre el diafragma y la fuerza ejercida por el resorte.

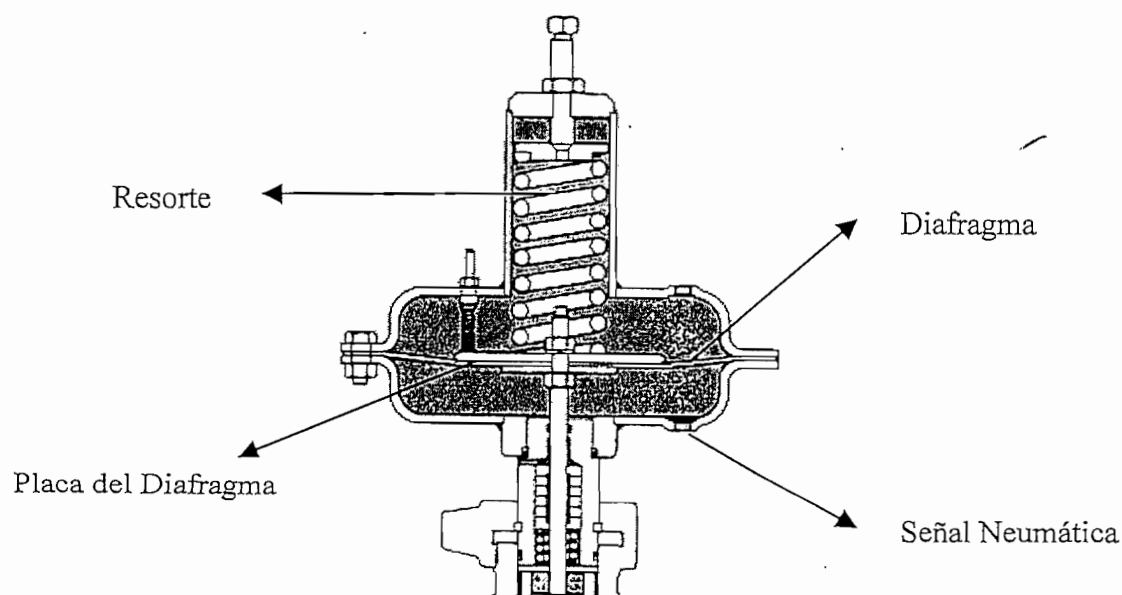


Figura 1.20 Actuador Neumático

1.4.4.1.2 Actuadores Hidráulicos

Consisten de una bomba de accionamiento eléctrico que suministra fluido hidráulico a la cámara del pistón que controla la válvula. La señal del instrumento de control determina la posición del pistón y por tanto la posición del vástago de la válvula controlando el flujo a través de la misma.

Se caracterizan por ser extremadamente rápidos, potentes y suaves, son de costo elevado por lo que son empleados únicamente cuando las especificaciones de servicio así lo requieren.

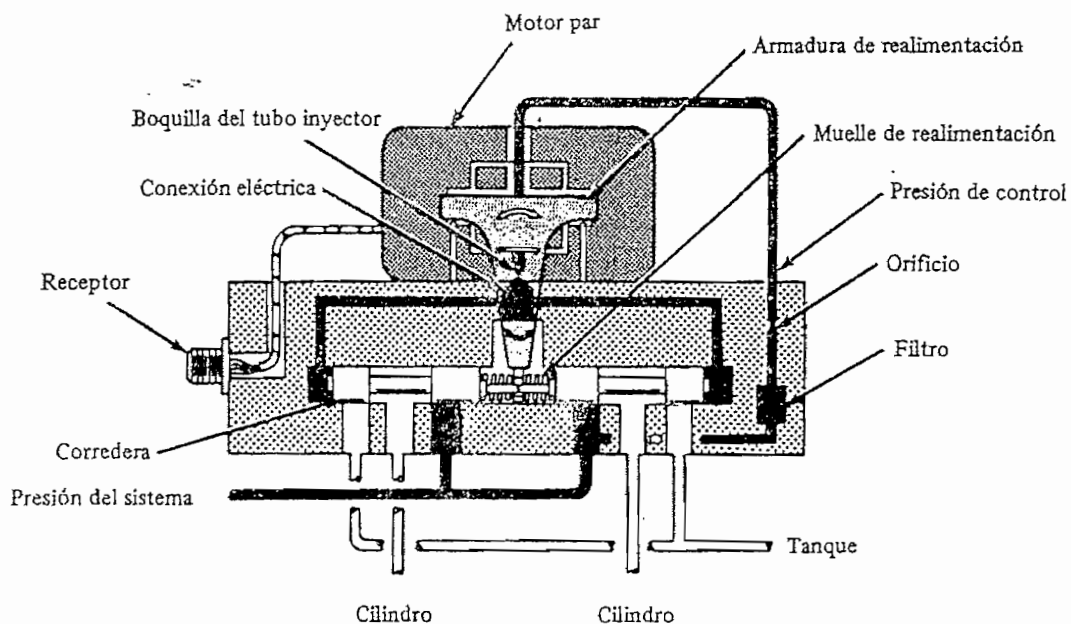


Figura 1.21 Actuador Hidráulico

1.4.4.1.3 Actuadores Eléctricos

Básicamente utilizan un motor eléctrico rotativo para obtener un movimiento lineal del vástago de la válvula de control a través de un tren de engranajes. Ofrecen una gran ventaja en instalaciones en las que no se cuenta con suministro de aire

pués requieren de una señal eléctrica para su accionamiento. Los actuadores eléctricos permiten ejercer dos tipos de control: on - off, y proporcional.

El on - off consiste en un motor unidireccional el cual es controlado internamente por dos interruptores finales de carrera activados por una leva. Su funcionamiento consiste en la energización de dos bobinas que ocasionan el giro del motor.

El proporcional está conformado por dos potenciómetros uno del controlador y el otro del motor donde el primero es el que varía constantemente con la finalidad de variar la corriente a través de los dos devanados que ocasionarán magnéticamente en el relé un desplazamiento sobre un eje central que será transmitido hacia los contactos de excitación de las bobinas de giro del motor, donde éste a su vez se encarga de variar su potenciómetro mediante brazos hasta lograr igualar las corrientes en las bobinas respecto a la ubicación de su homólogo, logrando equilibrar de nuevo el relé.

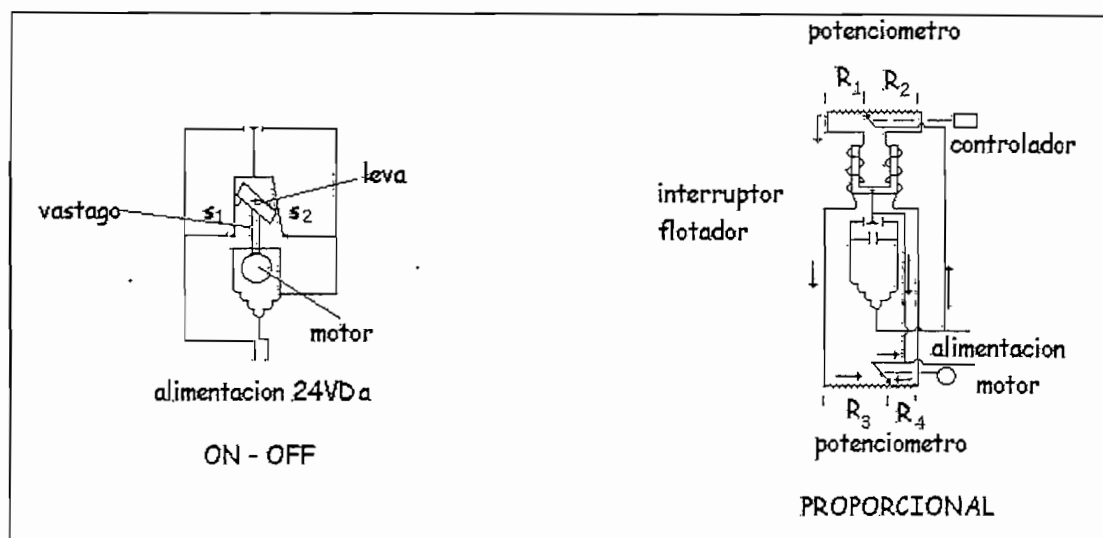


Figura 1.22 Actuadores Eléctricos

1.5 PLC (CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE)

1.5.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Los PLC`s (Controladores Lógicos Programables) son equipos o máquinas electrónicas programables diseñados para controlar en tiempo real y en un ambiente industrial procesos secuenciales o combinacionales. Estos aparatos se basan en el empleo de un microcontrolador para el manejo de las entradas y salidas. La memoria del PLC contendrá tanto el programa de usuario como el sistema operativo que permite ejecutar secuencialmente las instrucciones del programa. Además, los PLC`s pueden realizar operaciones aritméticas, manipulaciones complejas de datos, tiene mayores capacidades de almacenamiento y pueden comunicarse más eficientemente con el programador y con otros controladores y computadoras en redes de área local, ahora muchos PLC`s incorporan instrucciones y módulos que permiten manejar señales analógicas y realizar estrategias de control más sofisticadas que el simple on-off, tales como el control PID.

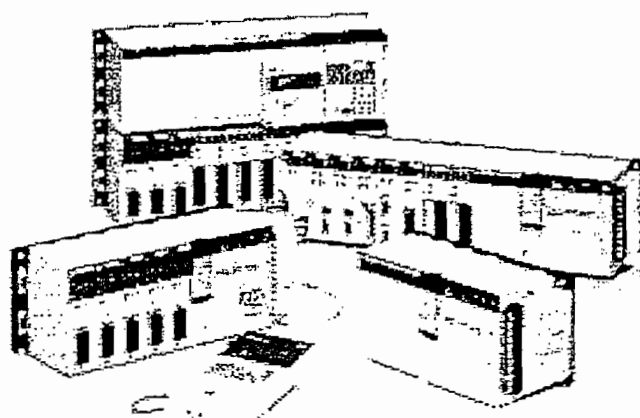


Figura.1.23 Controladores Lógicos Programables

1.5.2 ESTRUCTURA EXTERNA

Todos lo PLC`s poseen una estructura modular o compacta.

- Compacta: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modular: cada bloque o módulo cumple una función específica (fuente de alimentación, CPU, entradas, salidas, etc.)

1.5.3 ESTRUCTURA INTERNA

La estructura interna de un PLC esta compuesta básicamente por:

- Fuente de alimentación

Es la encargada de convertir la tensión nominal de la red a baja tensión de corriente continua la que permite el funcionamiento de los circuitos electrónicos que forman el PLC.

- Unidades de E/S (Entrada y Salida de datos)

Generalmente vamos a disponer de dos tipos de E/S, digitales y analógicas, las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada es decir no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan a nivel de bit dentro del programa de usuario. Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU ópticamente o por etapa de potencia. Estas señales se manejan a nivel de byte o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

- Unida Central de Procesamiento (CPU)

Se encarga de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema, para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros e instrucciones de programa.

- Memoria

Dentro del CPU se dispone de un área de memoria la cual es empleada para diversas funciones:

- Memoria de programa de usuario: aquí se introduce el programa que el PLC va a ejecutar.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (marcas de memoria, temporizadores ,contadores, etc).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema. Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador que posea el PLC.
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que se emplea para almacenar el programa de usuario.

Cada PLC divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

- Interfaces

Todo PLC salvo casos excepcionales poseen la virtud de poder comunicarse con otros dispositivos. Generalmente para esto utilizan una interfaz serial del tipo RS-232 / RS-422. Mediante esta línea puede manejarse todas las características internas del PLC, incluida la programación del mismo, y suele emplearse para monitoreo del proceso a distancia mediante un HMI (Interfaz Hombre Máquina).

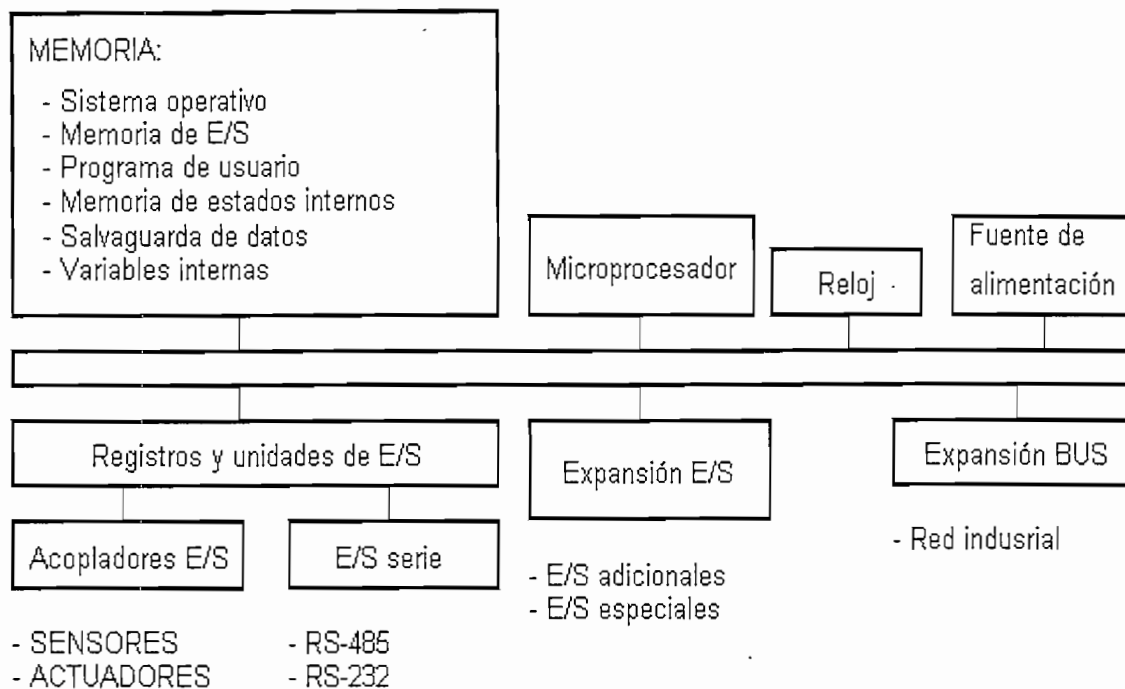


Figura.1.24 Estructura Interna de un PLC

1.5.4 CAMPOS DE APLICACIÓN

Los PLC's controlan la gran mayoría de procesos industriales, como:

- Control de movimientos de máquinas (avanzar, retroceder, girar, etc.)
- Procesos de manufactura en línea como: embotellado, embalaje, etiquetado, etc.
- En procesos donde se requiere control lógico como: ascensores, semáforos, control de motores, subestaciones eléctricas, calderas, etc.
- En equipos hidroneumáticos, hidráulicos y óleo hidráulicos.
- Para regulación en procesos que requieran lazos de control, cuando el PLC está configurado en bloques funcionales PID.

En general los PLC's se usan en procesos o máquinas que tengan espacio reducido, procesos de producción periódicamente cambiantes, procesos secuenciales o combinacionales, instalaciones de procesos complejos.

Actualmente se usan para otras aplicaciones no industriales como la automatización de viviendas y edificios, control de cultivos en invernaderos, control de abonos en la tierra, entre otros.

1.5.5 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración del proyecto.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido a otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Mayor fidelidad.
- Costo menor.

Y entre los inconvenientes

- Dificil localización de fallas debido a la complejidad en el diseño del programa.
- Una falla del PLC puede detener por completo los procesos que controla.
- Costos en la capacitación local de técnicos.

1.5.6 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

La creciente complejidad en la programación de los PLC's originó la necesidad de la estandarización de los lenguajes de programación, es así como bajo la dirección del IEC (International Electrical Code) se creó el estándar IEC1131-3,

el mismo que define los siguientes lenguajes de programación gráficos y textuales:

1.5.6.1 Gráfico Secuencial de Funciones (SFC)

El gráfico secuencial de funciones (SFC o Grafcet) es un lenguaje gráfico que proporciona una representación en forma de diagrama de las secuencias del programa. Soporta selecciones alternativas de secuencia y secuencias paralelas. Los elementos básicos son pasos y transiciones. Los pasos consisten de partes de programa que son inhibidas hasta que una condición especificada por las transiciones es conocida. Como consecuencia de que las aplicaciones industriales funcionan en forma de pasos el SFC es la forma lógica de especificar y programar el más alto nivel de un programa para un PLC.

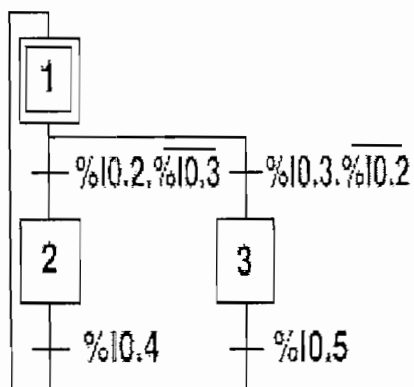


Figura.1.24 Diagrama de programación en SFC

1.5.6.2 Lista de Instrucciones

La lista de instrucciones (IL o AWL) es un lenguaje de bajo nivel similar al lenguaje ensamblador . Con IL solo una operación es permitida por línea (por

ejemplo almacenar el valor de un registro). Este lenguaje es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación.

```

000  LD    %I0.1  Bp. inicio ciclo
      AND  %I0.0  Dp. presencia vehículo
      AND  %M3    Bit autorización reloj calendario
      AND  %I0.5  Fc. alto rodillo
      AND  %I0.4  Fc. detrás pórtico
005  S    %M0    Memo inicio ciclo
      LD    %M2
      AND  %I0.5
      OR   %I0.2  Bp. parada ciclo
      R    %M0
010  LD    %M0
      ST   %Q0.0  Pífoto ciclo

```

Fig.1.25 Diagrama de programación en IL

1.5.6.3 Diagrama de Contactos

El Diagrama de Contactos (Ladder Diagram LD) es un lenguaje que utiliza un juego estandarizado de símbolos de programación. En el estándar IEC los símbolos han sido racionalizados. Tiene mucha similitud con la simbología utilizada en diagramas electromecánicos.

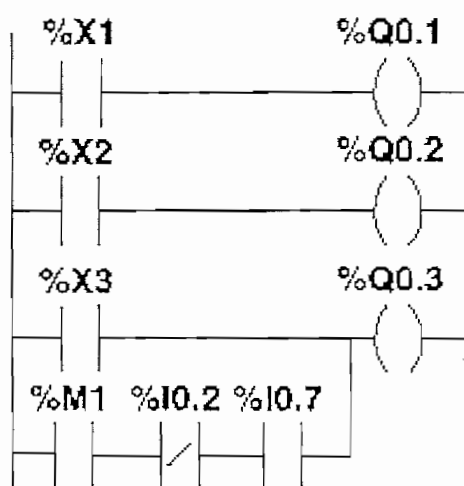


Figura.1.26 Diagrama de programación Ladder

1.4.6.4 Bloques de Funciones (FB)

Son bloques estándar que ejecutan funciones lógicas de tipo booleano tales como AND, OR, NOT. Además incluyen bloques con funciones especiales como temporizadores, contadores, etc.

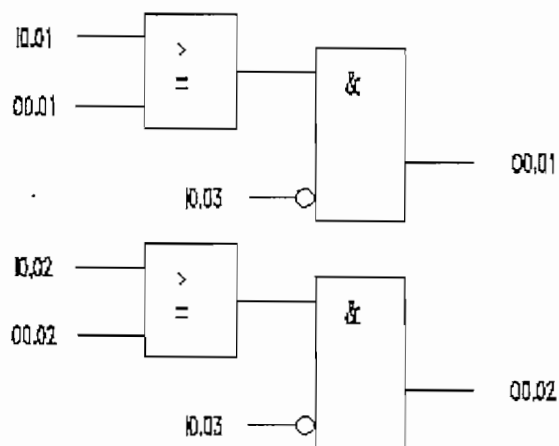


Figura.1.27 Diagrama de programación en FB

1.6 SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Sin duda alguna las computadoras han jugado un papel determinante en el desarrollo de muchos campos de la ciencia, uno de ellos, el campo industrial que no solo usa las computadoras para su desarrollo sino que las ha convertido en parte misma de la industria.

Las computadoras se han abierto camino en el campo industrial a tal punto que las empresas de hoy en día confían en sistemas de producción basados en computadoras, conjugando PCs para supervisar y controlar el proceso y pequeños autómatas encargados de tareas simples en donde es necesaria una respuesta rápida en tiempo real.

Todo esto implica el empleo de redes industriales y buses de campo que unan todos los dispositivos entre sí y permitan un total control del sistema desde un simple terminal facilitando la labor de desarrollo y supervisión, de aquí que han surgido los denominados sistemas de control y supervisión los que permiten tener control sobre dispositivos ubicados en sitios lejanos al centro de control y proveer información para satisfacer las necesidades de quien es el objetivo del desarrollo, el ser humano.

1.6.1 SISTEMAS SCADA

Un sistema SCADA (Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de Datos) es un sistema de control, medición y monitoreo que consiste en una estación maestra (MTU), una o mas unidades remotas para control y recolección de datos de campo (RTUs) y un conjunto de paquetes de software usados para monitorear y controlar a los elementos remotamente localizados. Un sistema SCADA provee toda la información que se genera en el proceso productivo a los diversos usuarios.

Un sistema SCADA es usado para controlar y monitorear una planta o equipo, el *control* puede ser automático o iniciado por comandos del operador. La adquisición de datos es iniciada por las RTUs que hacen un barrido u exploración a alta velocidad de las entradas de campo conectadas a las mismas, posteriormente el MTU hace un barrido de los datos de la RTUs a menor velocidad, de esta manera el dato es procesado.

1.6.1.1 Requisitos de un SCADA

Un SCADA debe cumplir con varios objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada.

Deben ser sistemas de arquitectura abierta, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes del proceso.

Debe comunicarse con total facilidad al usuario, con el equipo, y con el resto de la planta (redes locales)

Deben ser programas sencillos de instalar, sin excesivas exigencias de hardware y fáciles de utilizar, con interfaces amigables con el usuario.

1.6.1.2 Componentes de un Sistema SCADA

Básicamente esta constituido por los siguientes componentes :

- La estación maestra
- La red de comunicaciones
- Las unidades remotas o PLCs
- La instrumentación de campo
- La interfaz gráfica al operador (HMI)

1.6.2 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA HMI

La interfaz principal al operador es el HMI, una pantalla gráfica implementada bajo un determinado software que permite la representación de la planta o equipo y la visualización de los datos de campo de una manera gráfica, otorgando así un interfaz entre el hombre y la máquina para la interpretación del estado del sistema.

Las características principales con la que debe contar un HMI son:

- Visualización de paneles de alarmas que permitan al operador tener un registro de las acciones que se dan en la planta.
- Históricos de las señales de la planta que puedan ser transferidos para su procesamiento a una hoja de cálculo.

- Ejecución de programas que modifiquen la ley de control o incluso el programa total sobre el autómata bajo ciertas condiciones.

Algunos de los programas con lo que se cuenta para el desarrollo de un HMI son los siguientes :

- Intouch de Wonderware Factory Suite
- Lookout y Labview de National Instruments
- WinCC de Siemens

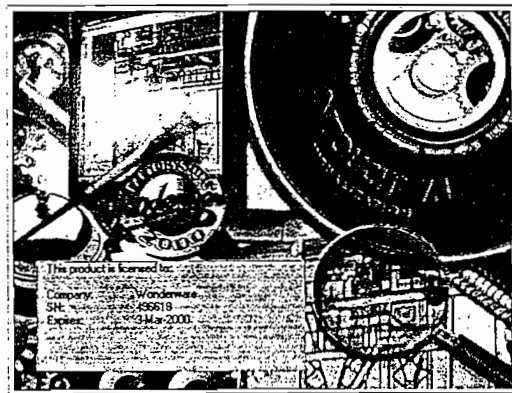


Fig 1.28

Logos de los Programas Lab View e Intouch

CAPÍTULO 2
CONSTRUCCIÓN DEL
MÓDULO

CAPITULO 2

CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO

2.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El objetivo principal del presente proyecto es el diseño y construcción de un módulo didáctico para el control de nivel de líquidos (agua) destinado para la realización de prácticas de laboratorio que permita la capacitación del estudiante en control de procesos industriales.

El módulo es básicamente un circuito cerrado de agua, en el cual se suministra líquido desde el tanque secundario hacia otro principal en donde se realiza la medición y el control de nivel. El elemento principal del sistema es un controlador lógico programable, el mismo que adquiere, procesa los datos, y determina las acciones a tomar de acuerdo a las necesidades y requerimientos del usuario.

El bombeo de agua al tanque principal se lo realiza por medio de una bomba, la misma que es alimentada directamente por la red y suministra un caudal constante, mientras que el caudal de salida del tanque principal es controlado por medio de una válvula de control. La medición del nivel de líquido en el tanque principal se la hace mediante un sensor de presión diferencial para gases no corrosivos.

El monitoreo y control del sistema se lo puede realizar ya sea, desde un panel de operador ubicado en la parte frontal del módulo, o en forma remota desde un computador comunicado con el PLC por medio de una interfaz gráfica.

El esquema siguiente muestra de manera general el funcionamiento del sistema.

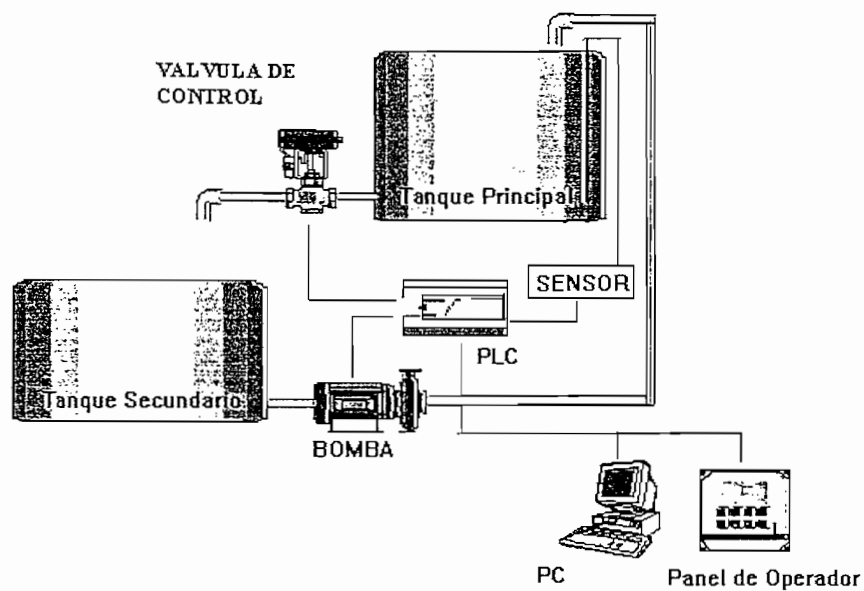


Figura. 2.1 Esquema general de funcionamiento

2.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

Los elementos principales que conforman el módulo son:

- Controlador Lógico Programable
- Sensor de Nivel
- Válvula de control
- Bomba
- Depósitos

Además el software necesario para:

- Programación del PLC

- Desarrollo de la Interfaz Gráfica
- Comunicación PLC/PC

2.3 MODOS DE OPERACIÓN

El módulo permite cuatro modos de operación, el modo bajo el cual funciona está determinado por la posición de dos selectores ubicados en el panel de operador, cada uno permite seleccionar entre MANUAL/AUTO y PANEL/PC respectivamente. Dependiendo del modo de funcionamiento escogido el usuario puede realizar las siguientes acciones:

Modo Manual - Panel

En el panel de operador

- Bomba: encender o apagar
- Válvula de control: variar porcentaje de apertura
- Visualización: luces indicadoras de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.

En el PC se puede visualizar lo siguiente

- Nivel del líquido
- Porcentaje de apertura de la válvula de control
- Gráficas del proceso
- Históricos del proceso
- Alarmas y Eventos del proceso
- Indicadores de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.

Modo Manual - PC

En el panel de operador

- Visualización : luces indicadoras de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.

En el PC

- Bomba: encender o apagar
- Válvula de control : variar porcentaje de apertura
- Visualización:
 - o Nivel del líquido
 - o Porcentaje de apertura de la válvula de control
 - o Históricos del proceso
 - o Gráficas del proceso
 - o Alarmas y Eventos del proceso
 - o Indicadores de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.

Modo Auto - Panel

En el panel de operador

- Fijar setpoint de nivel
- Visualización : luces indicadoras de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.

En el PC se puede visualizar lo siguiente

- Nivel del líquido
- Porcentaje de apertura de la válvula de control

- Históricos del proceso
- Gráficas del proceso
- Datos del controlador
- Alarmas y Eventos del proceso
- Indicadores de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control

Modo Auto - PC

En el panel de operador

- Visualización: luces indicadoras de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control

En el PC

- Fijar setpoint de nivel
- Visualización:
 - o Nivel del líquido
 - o Porcentaje de apertura de la servoválvula
 - o Históricos del proceso
 - o Gráficas del proceso
 - o Alarmas y Eventos del proceso
 - o Indicadores de sobrenivel, subnivel, sobrepresión, perturbación, y funcionamiento de la válvula de control.
 - o Datos del controlador

2.4 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL MÓDULO

A continuación se presenta una descripción detallada de cada uno de los componentes principales del equipo, así como criterios para su selección y su función dentro del sistema de control.

2.4.1 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El módulo de control propuesto presenta los siguientes requerimientos mínimos en cuanto a entradas, salidas y características con las que debe contar el PLC.

- Entradas

Selector Manual/Auto (digital)

Selector Panel/PC (digital)

Motor de la bomba ON/OFF (digital)

Señal de Perturbación (digital)

Señal Sobrepresión (digital)

Sensor de Nivel (analógica 0 –10 Vdc)

Ajuste de Setpoint desde panel de operador (analógica 0 – 10Vdc)

Selección del porcentaje de apertura de la válvula de control desde panel de operador (analógica 0 -10 Vdc)

Posición de la válvula de control (analógica 0 -10 Vdc)

Número total de entradas

Digitales	5
-----------	---

Analógicas	4
------------	---

- Salidas

Luz indicadora Principal (digital)

Motor de la bomba ON/OFF (digital)

Luces Indicadoras Sobre y Subnivel (digitales 2)

Luz indicadora de Perturbación (digital)

Luz Indicadora Sobrepresión (digital)

Control de giro del motor actuador de la válvula de control (digitales 2)

Número total de salidas

Digitales 8

Otras características

Alimentación 110-115 VCA 60Hz por ser la disponible en la red local

Operación ONLINE

Para cubrir las necesidades del proceso y por la disponibilidad del equipo y software de programación y desarrollo se selecciona el PLC del fabricante Allen-Bradley, Micrologix 1000 ANALOG 1761-L20AWA-5A. (Datos Técnicos en el Anexo 2.1)

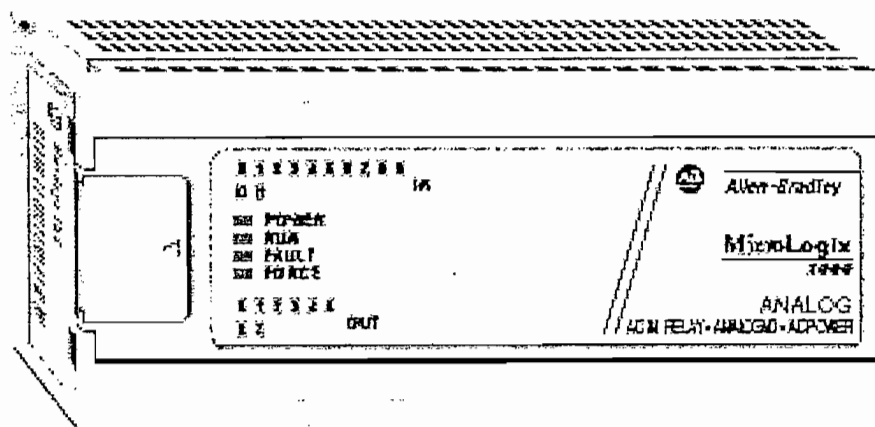


Figura. 2.2 Micrologix 1000 ANALOG 1761-L20AWA-5A.

El PLC Micrologix 1000 ANALOG 1761-L20AWA-5A posee las siguientes características :

- 12 entradas digitales
- 8 salidas digitales tipo relé
- 4 canales de entrada analógicos (2 de voltaje y 2 de corriente)
- 1 canal de salida analógica configurable de voltaje o corriente
- Alimentación 120/240 VAC
- Canal de comunicaciones RS-232
- Memoria de 1K aproximadamente 737 palabras de instrucción.
- 32 temporizadores, 16 contadores, programadores cíclicos.
- Tipo de programación: esquema de contactos (LD)

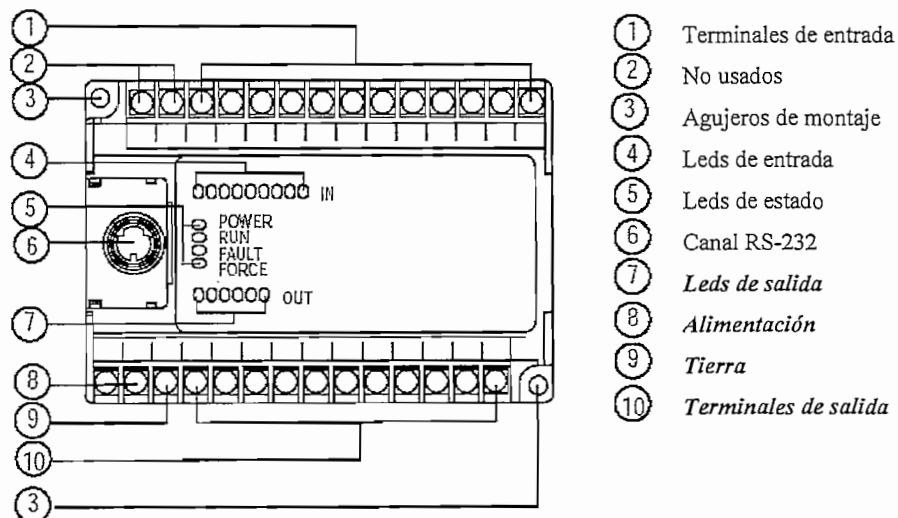


Figura 2.3 PLC Micrologix 1000 Analog

2.4.2 SENSOR DE NIVEL

La medida de nivel de líquidos en un tanque puede realizarse por varios métodos según el líquido almacenado, el tipo de tanque y la precisión deseada.

Considerando que el módulo tiene la finalidad de representar didácticamente un proceso de control de nivel de agua, además de las dificultades que representa

manejar grandes volúmenes de agua por su peso se utiliza un tanque cilíndrico de metal permitiendo así distribuir uniformemente la presión del agua en su interior. Las dimensiones del tanque son $R= 18\text{cm}$ y $H= 67\text{cm}$, tamaño que se considera adecuado para la representación del proceso, medición de la variable, y facilidades en cuanto a espacio físico se refiere.

De lo varios tipos de sensores disponibles se escogió un sensor de presión diferencial por ser ampliamente usado, bajo costo y buenas características de respuesta.

2.4.2.1 Cálculo de las características del sensor

Para las dimensiones especificadas del tanque y considerando una presión máxima de una columna de líquido de 60cm tenemos :

Presión del líquido

$$P_l = \delta_{H_2O} \times g \times H$$

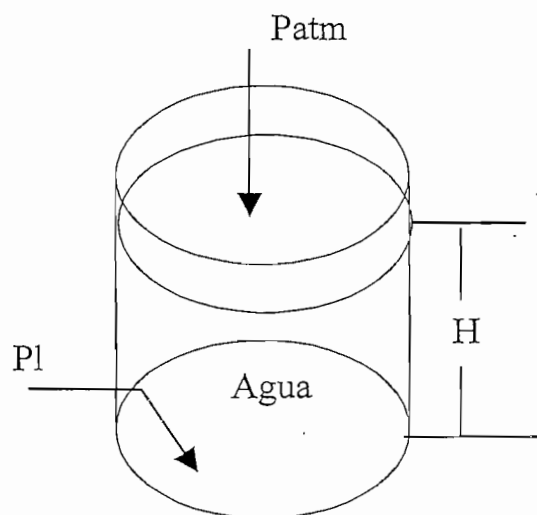
$$P_l = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0.6 \text{ m}$$

$$P_l = 5.88 \text{ KPa} = 0.0588 \text{ bar} = 0.85 \text{ psi} \quad \text{relativa}$$

$$P_{atm} = 101.325 \text{ Kpa} = 1.01325 \text{ bar} = 14.6959 \text{ psi}$$

$$P_{absoluta} = P_l + P_{atm}$$

$$P_{absoluta} = 15.5459 \text{ psi}$$



Por lo tanto el sensor de presión debe tener una capacidad de medida aproximada de 0 -16 psi de presión absoluta o 0 -1 psi de presión relativa.

Uno de los principales aspectos que determina la selección del sensor de presión diferencial es el costo. En el mercado local se encontró tipos de sensores utilizados a nivel industrial con costos muy elevados y con rangos de presión que no se ajustan totalmente a las necesidades del proceso, es por esto que se buscó una solución mas económica sin dejar a un lado el aspecto técnico y de confiabilidad del equipo, encontrándose el sensor SCX01DN, un sensor de presión diferencial para gases no corrosivos integrado del fabricante SENSYM ICT, que permite una entrada diferencial de 1 psi y una salida lineal de voltaje de 0 a 4.5 Vdc. (Datos técnicos del sensor en el Anexo 2.2)

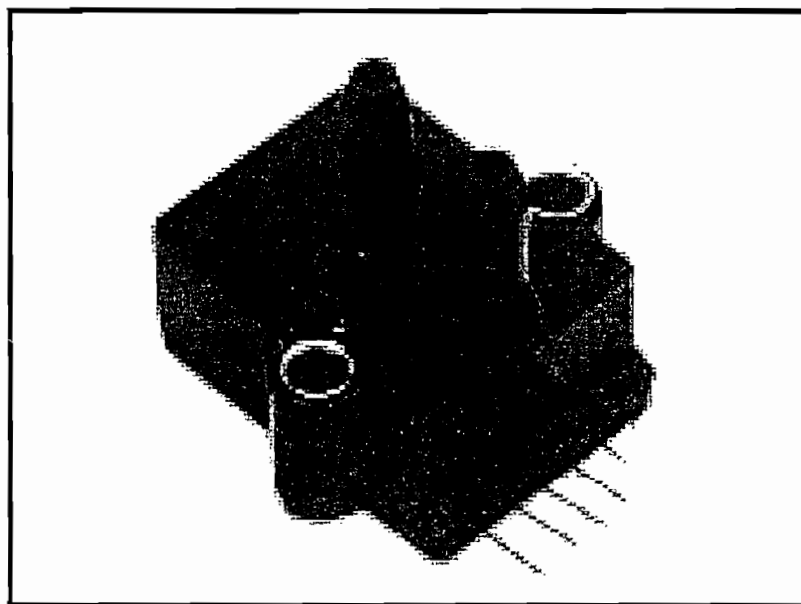


Figura 2.4 Sensor de presión diferencial SXC01DN

Debido a que la presión que se necesita determinar es la ejercida por el líquido para determinar indirectamente el nivel, se usa un tubo de vidrio introducido en el tanque y una sonda mediante la cual se transmite la presión producida por la columna de líquido en el fondo del tanque hacia la entrada del sensor a través del aire encerrado en la sonda, como se indica a continuación.

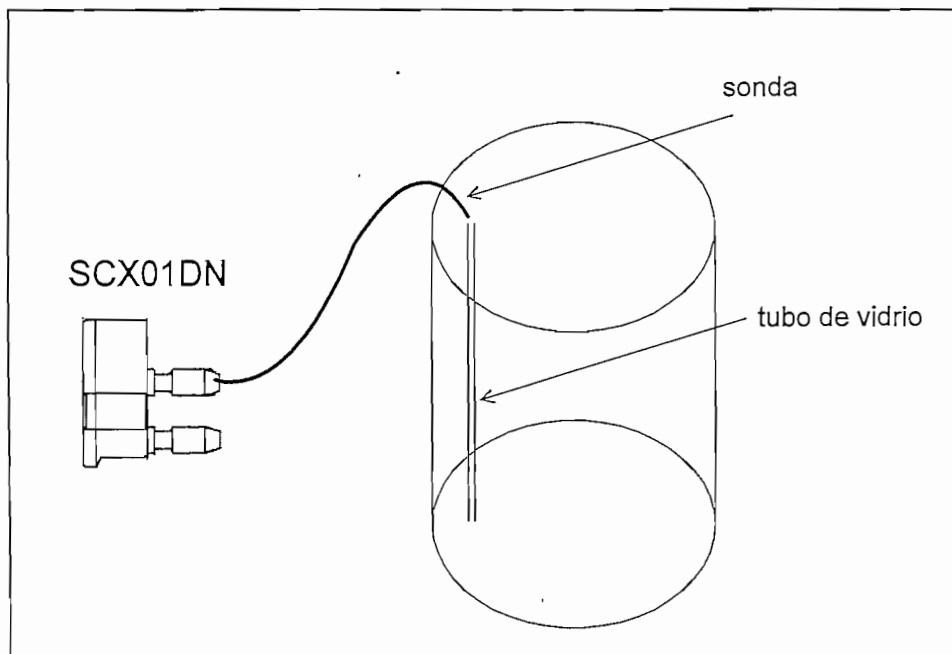


Figura 2.5 Modo de acoplamiento del SCX01DN

El sensor SCX01DN tiene compensación de temperatura y calibración interna lo que da como resultado una salida estable y confiable en el rango de 0°C a 70°C. Consta de un elemento sensor de circuito integrado y una delgada película cortada con láser, empacados dentro de un encapsulado de nylon el cual presenta una buena resistencia a la corrosión y previene al sensor de deformaciones por fuerzas externas, el encapsulado consta de dos pequeños tubos de conexión de presión compatibles con tubos plásticos estándar.

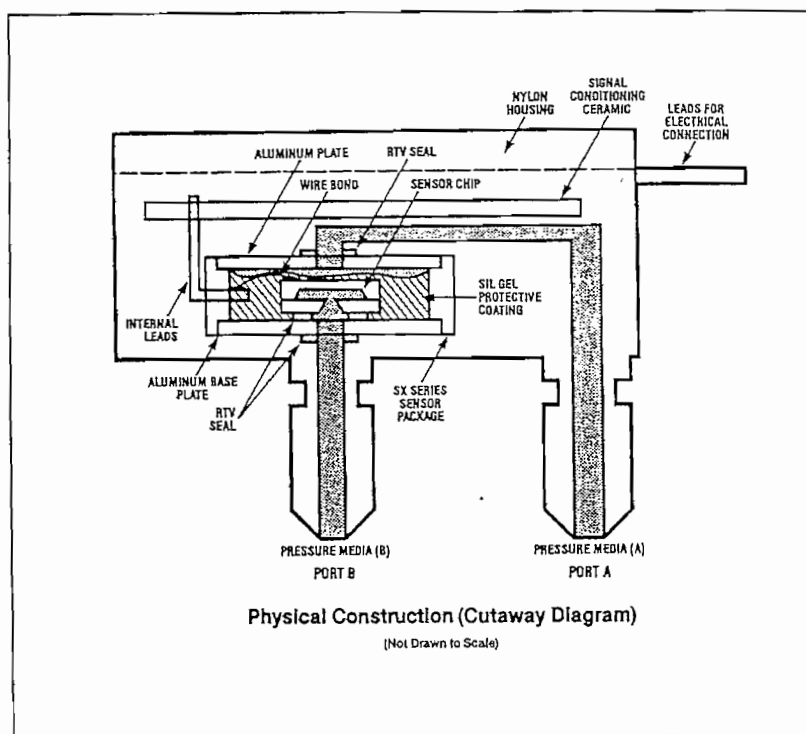


Figura 2.6 Estructura interna del sensor SCX01DN

2.4.2.2 Manejo de la señal de salida del sensor

El sensor SCX01DN entrega un voltaje de salida entre 0 y 4.5 Vdc, el que es introducido directamente al PLC. Para evitar la caída de voltaje de entrada debida a la impedancia del canal analógico se usa un amplificador operacional como seguidor de voltaje.

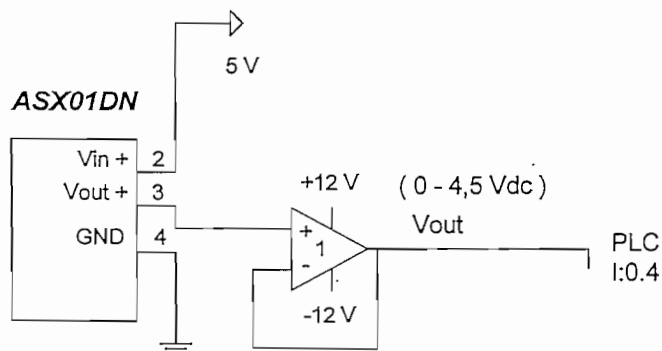


Figura 2.7 Conexión del sensor SCX01DN

2.4.3 BOMBA

La bomba es probablemente el componente más importante y menos comprendido del sistema hidráulico. Su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

Las bombas se fabrican en muchos tamaños y formas con muchos mecanismos diferentes de bombeo y para aplicaciones muy distintas. (Anexo 2.3)

Dentro de Módulo de Control de Nivel la bomba básicamente va a proporcionar el caudal de entrada constante al tanque principal por lo que para su selección se toma en cuenta lo siguiente:

- Voltaje de alimentación disponible para la bomba. (monofásica 110 VAC)
- Potencia de descarga suficiente para elevar el líquido al tanque principal.
- Disponibilidad en el mercado y costos.
- Caudal adecuado para que el tiempo de llenado no sea excesivamente grande.

La bomba adquirida tiene los siguientes datos de placa.

Velocidad	3450 rpm
Caudal Máximo	40 lpm
H máxima	42 m
I nominal	2.5 A
Voltaje Nominal	110 V 60Hz
Potencia máxima	550 W
Potencia	½ HP

Tabla 2.1 Datos técnicos de la bomba

2.4.4 VÁLVULA DE CONTROL

Debido a los elevados costos de una servoválvula en el mercado local, se planteo la solución de construir una válvula de control, en la que el cuerpo mismo de la válvula sea adquirido en el mercado y se diseñe el actuador de la misma que controle el porcentaje de apertura de la válvula mediante una señal de control de la misma manera como lo hacen las servoválvulas del mercado a diferencia que las últimas generalmente emplean una señal de control de 4 – 20mA , la misma que es transformada a presión mediante un convertidor IP y es la que determina el porcentaje de apertura o cierre. A continuación se presenta el criterio de selección de la válvula así como el diseño del actuador.

2.4.4.1 Válvula

La selección adecuada de una válvula de control implica muchos aspectos como son : materiales, caídas de presión, temperatura de trabajo, tipo de fluido, costos, característica de flujo, etc.

Los materiales de construcción son importantes para el cuerpo y las guarniciones de la válvula, las piezas que hacen contacto con el flujo deben ser compatibles en el aspecto de resistencia y corrosión, para éste caso en el que se maneja agua es conveniente una válvula de acero que no presente problemas de corrosión.

Otro aspecto de consideración es la presión que va a soportar la válvula así como las caídas de presión que tendrá el fluido (pérdidas por fricción). Para éste caso las presiones que debe soportar la válvula son pequeñas considerando que la válvula adquirida soporta una presión máxima de 20 bar a la temperatura ambiente y que la presión máxima que debe soportar considerando la atmosférica no sobrepasa los 2 bar. En cuanto a las pérdidas por fricción, si bien es cierto es un aspecto que debe ser considerado en éste caso seria de menor importancia tomando en cuenta el echo de que se está realizando un control de nivel de

líquido en el tanque y no de caudal a la salida de la válvula, lo que implica que no se consideran las pérdidas por fricción que presenta la válvula.

En cuanto a la temperatura de trabajo no representa problema debido a que el módulo va a estar ubicado en un medio ambiente normal a una temperatura promedio de 20 °C.

Finalmente la característica de flujo de la válvula es un aspecto de gran importancia en su selección. La característica de flujo en las válvulas tiene como objetivo principal indicar como varia la ganancia en la válvula para compensar los cambios en la ganancia del proceso cuando cambian las cargas. En la actualidad se han escrito muchos documentos en los que se indica aspectos de consideración en la selección de la válvula, que dependen del tipo de proceso que se va a controlar y son producto básicamente de la experimentación y la experiencia.

Se presenta a continuación una tabla en donde se muestra un análisis dinámico del lazo de control y se determina la característica mas adecuada para la válvula de control .

SISTEMAS DE CONTROL DE NIVEL

CAIDA DE PRESIÓN EN LA VÁLVULA	CARACTERÍSTICA
ΔP constante	Lineal
ΔP decreciente con incremento de carga ΔP a máxima carga mayor al 20% ΔP a mínima carga	Lineal
ΔP decreciente con incremento de carga ΔP a máxima carga menor al 20% ΔP a mínima carga	Porcentaje Igual
Incremento de ΔP con incrementos de carga ΔP a máxima carga menor al 200% ΔP a mínima carga	Lineal
Incremento de ΔP con incrementos de carga ΔP a máxima carga mayor al 200% ΔP a mínima carga	Apertura Rápida

Tabla 2.2 Criterios de selección de la válvula de control

Para el módulo de control de nivel se tiene una caída de presión decreciente con incremento de carga por lo que la característica más adecuada de la válvula de control es una característica lineal.

La válvula escogida para dicho efecto es una válvula de globo del fabricante CRANE PN20 cuyas especificaciones se hallan en el Anexo 2.4.

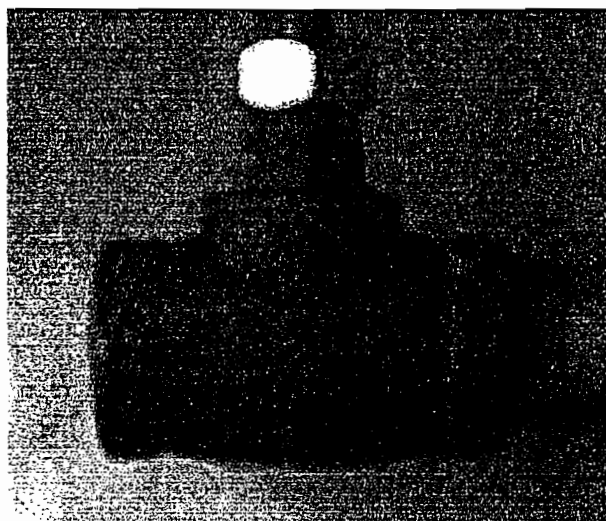


Figura 2.8 Válvula de globo CRANE PN20

2.4.4.2 Actuador

Como se indicó los elevados costos de una servoválvula nos llevó a la necesidad de adquirir una válvula y diseñar el actuador de la misma. Con la finalidad de ajustarse a los actuadores de las válvulas del mercado se decidió que la válvula debe recibir una señal de control, con lo que la misma debe posicionarse de tal manera que su porcentaje de apertura varíe entre 0 y 100% respectivamente.

El primer problema que se presentó fue cómo determinar la ubicación del vástago de la válvula para así determinar su porcentaje de apertura. La válvula admite dar aproximadamente 5 vueltas entre la posición cerrada y abierta, esto permitió acoplar mecánicamente por medio de poleas un potenciómetro de precisión lineal multivuelta de $5\text{ K}\Omega$ (10 vueltas), el que cambia su valor dependiendo de la

posición del vástago. El potenciómetro es conectado a 12 Vdc en serie con un potenciómetro de ajuste de tal manera que el voltaje entre el terminal variable y tierra tome valores para las diferentes posiciones del vástago de la válvula. ✓

El eje de un motor de DC de 12 V está acoplado directamente al vástago de la válvula permitiendo así el movimiento del mismo, ya sea en sentido horario o antihorario dependiendo del sentido de giro del motor. El período en el cual el motor va a ser alimentado, así como también el sentido de giro son fijados por dos relés de 12Vdc cuya energización es controlada por las salida O:Ø/2 y O:Ø/3 del PLC por medio de una subrutina de control que toma la señal analógica de corriente de la entrada I:Ø.7 (potenciómetro de posición del vástago), y la compara con el dato del porcentaje de apertura deseado.

Debido a que la entrada I:Ø.7 acepta una señal analógica de corriente (0 –21mA), se implementa un circuito convertidor del voltaje obtenido en el potenciómetro de precisión multivuelta que indica la posición del vástago. (Figura 2.9)

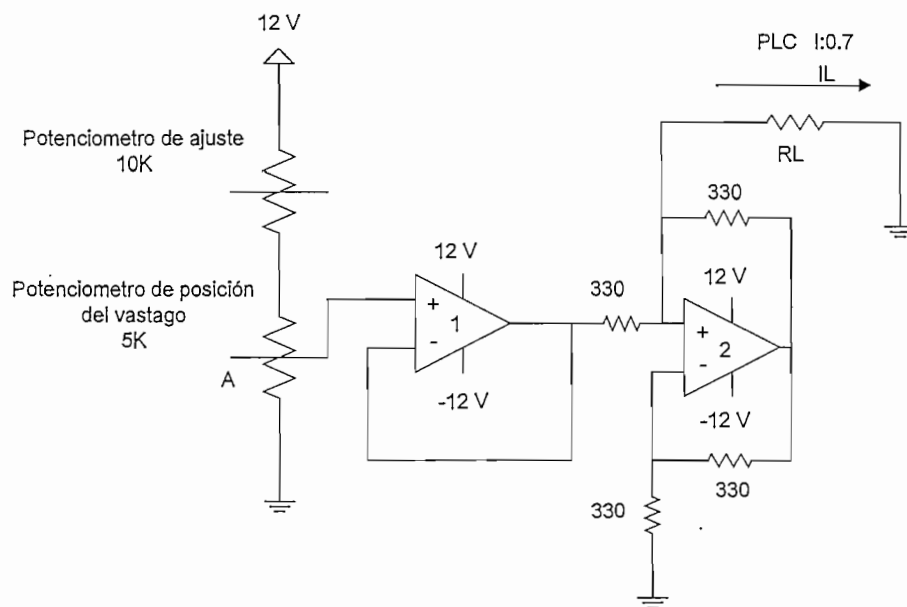


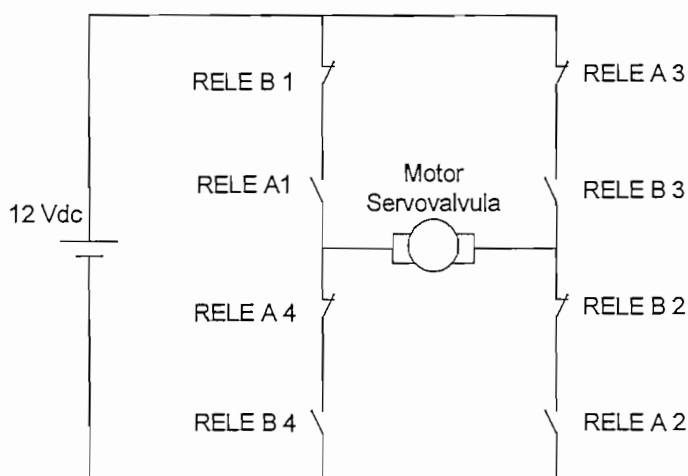
Figura 2.9 Circuito convertidor voltaje–corriente para el potenciómetro de posición del vástago

El valor de corriente I_L en la resistencia de carga R_L (Impedancia de entrada de el canal analógico I:Ø.7) está dado por la expresión

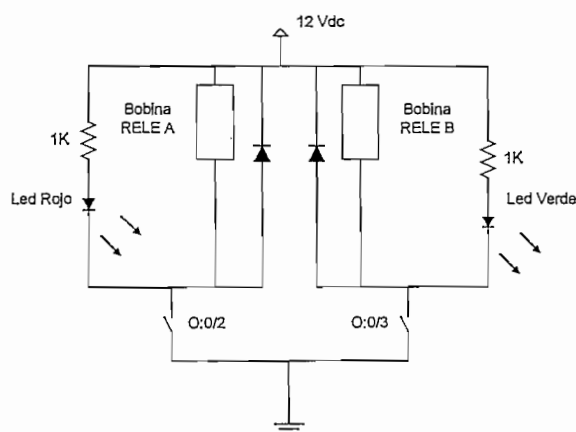
$$I_L = \frac{V_A}{330\Omega} \quad \text{Ec. 2.1}$$

El potenciómetro de ajuste ($5K\Omega$) permite calibrar la corriente de salida entre 0 y 21mA para la posición totalmente cerrada y abierta del vástago respectivamente.

La disposición de los relés que controlan el sentido de giro del motor así como de la conexión con las salidas del PLC se indica a continuación



a) Conexión de los relés que controlan la posición del vástago



b) Conexión de las bobinas de los relés a las salidas del PLC

Figura 2.10 Circuitos de conexión para control del vástago de la válvula

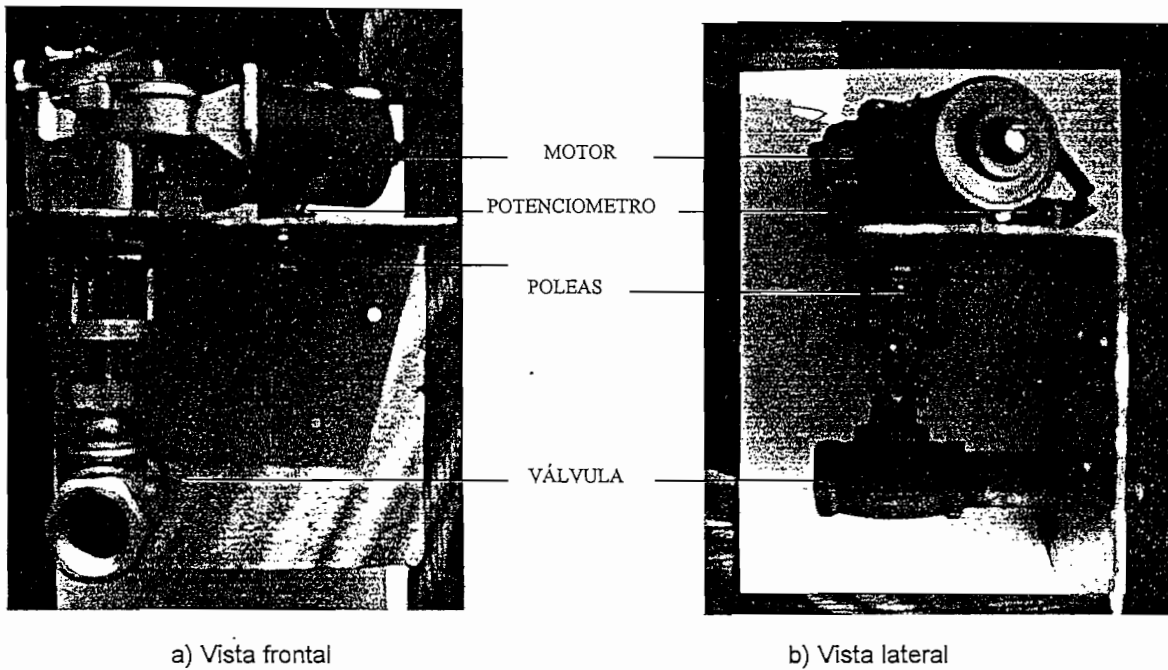


Figura 2.11 Válvula de control implementada

2.4.5 ESTRUCTURA DEL MÓDULO

El equipo está construido sobre una estructura metálica, la que soporta los elementos constitutivos del módulo y que consta además de un tablero en cuya parte frontal se disponen los selectores, botones, etc. En la parte interior del tablero se encuentra el PLC y demás circuitos electrónicos. Los planos referenciales de la estructura se indican en el Anexo 2.5.

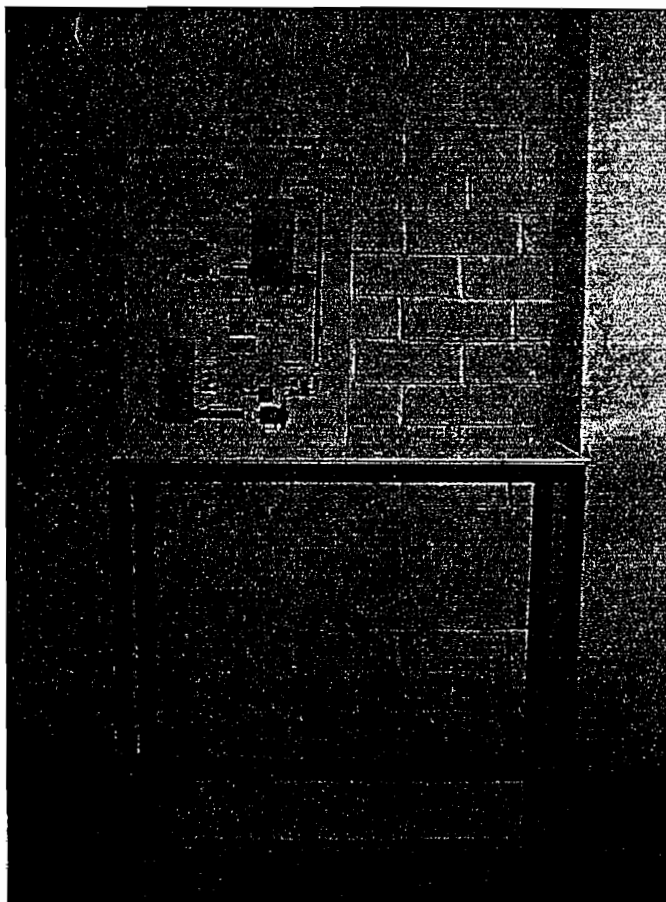


Figura 2.12 Estructura del Módulo de Control de Nivel

2.4.6 TUBERÍAS Y TANQUES

La tubería utilizada en el módulo es tubería plástica de 1 y $\frac{1}{2}$ pulgada respectivamente por ser la disponible en el mercado y la más difundida en instalaciones hidráulicas de pequeña magnitud.

Para la alimentación de agua desde el tanque secundario al principal se utiliza tubería de 1 pulgada con la conexión que se indica en la Figura 2.13

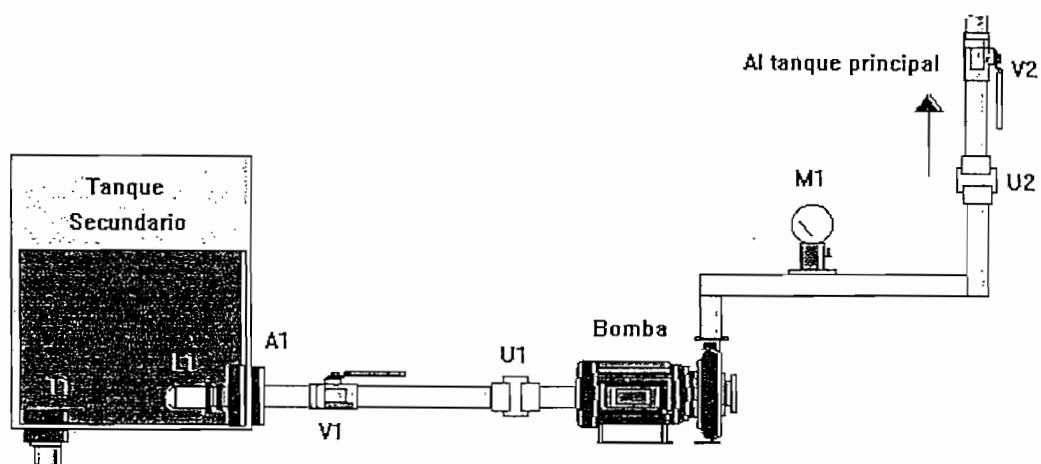


Figura 2.13 Tubería de salida del Tanque Secundario

- T1 Tapón del tanque secundario que permite vaciar totalmente el tanque para mantenimiento.
- L1 Llave de pie utilizada para evitar el retorno del líquido al tanque secundario y como filtro de posibles impurezas en el líquido.
- A1 Adaptador de tanque secundario para acoplar la tubería de salida.
- U1,U2 Acoples universales que permiten desacoplar la bomba para mantenimiento o reparación.
- V1,V2 Válvulas de bola de cuarto de vuelta (1 pulgada) que permiten conjuntamente con U1,U2 desacoplar la bomba sin derramar líquido existente ya sea en el tanque secundario o en la tubería posterior a la bomba.
- M1 Manómetro visualizador de presión y detector de sobrepresión (ON / OFF).

Dentro de todo proceso de control se pueden presentar perturbaciones que alteran el funcionamiento del sistema, las mismas que deben ser corregidas por el controlador con el fin de mantener la variable controlada en el punto de consigna asignado. Con el objeto de simular perturbaciones externas y además para el vaciado del tanque principal, el módulo tiene una válvula de desfogue ubicada en la parte inferior del tanque principal y controlada manualmente, el diámetro de la tubería para esta válvula manual fue seleccionada de 1/2" para poder introducir una perturbación apreciable sin llevar al sistema a condiciones de inestabilidad.

Para el ingreso y salida de fluido en el tanque principal se utiliza igualmente tubería de 1 pulgada. A excepción de la salida de perturbación que es tubería de 1/2 pulgada. La Figura 2.14 muestra las conexiones de tuberías en el tanque principal.

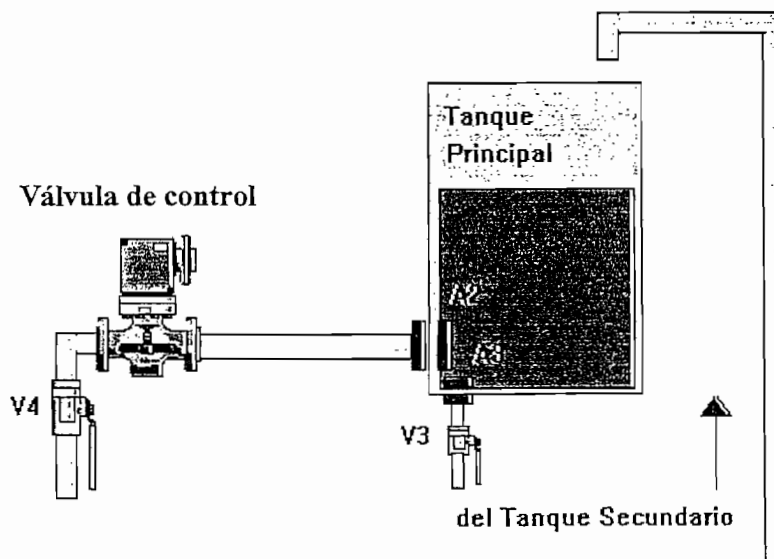


Figura 2.14 Tuberías de salida del Tanque Principal

- A2, A3 Adaptadores de tanque para las salidas de tubería de la válvula de control y de perturbación .
- V4 Válvula de bola de cuarto de vuelta (1 pulgada).
- V3 Válvula de bola de cuarto de vuelta (½ pulgada) que permite simular la salida de perturbación y vaciar el tanque principal.

Los tanque utilizados para la reserva de agua (tanque secundario) y para el control de nivel (tanque principal) son de forma cilíndrica metálicos, y tienen las siguientes dimensiones.

Tanque Secundario	altura = 53 cm	diámetro = 38 cm
Tanque Principal	altura = 67 cm	diámetro = 36 cm

Para la visualización del nivel en el tanque principal se acopla un tubo plástico transparente a las paredes del tanque por medio de dos racores, los cuales se utilizan para apoyar una regla graduada que permite realizar una lectura del nivel.

Figura 2.15

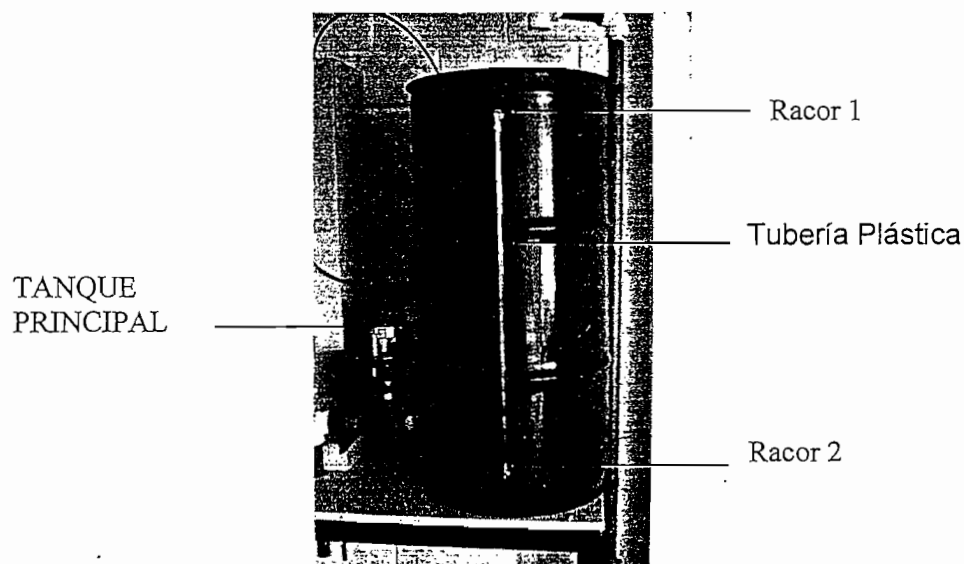


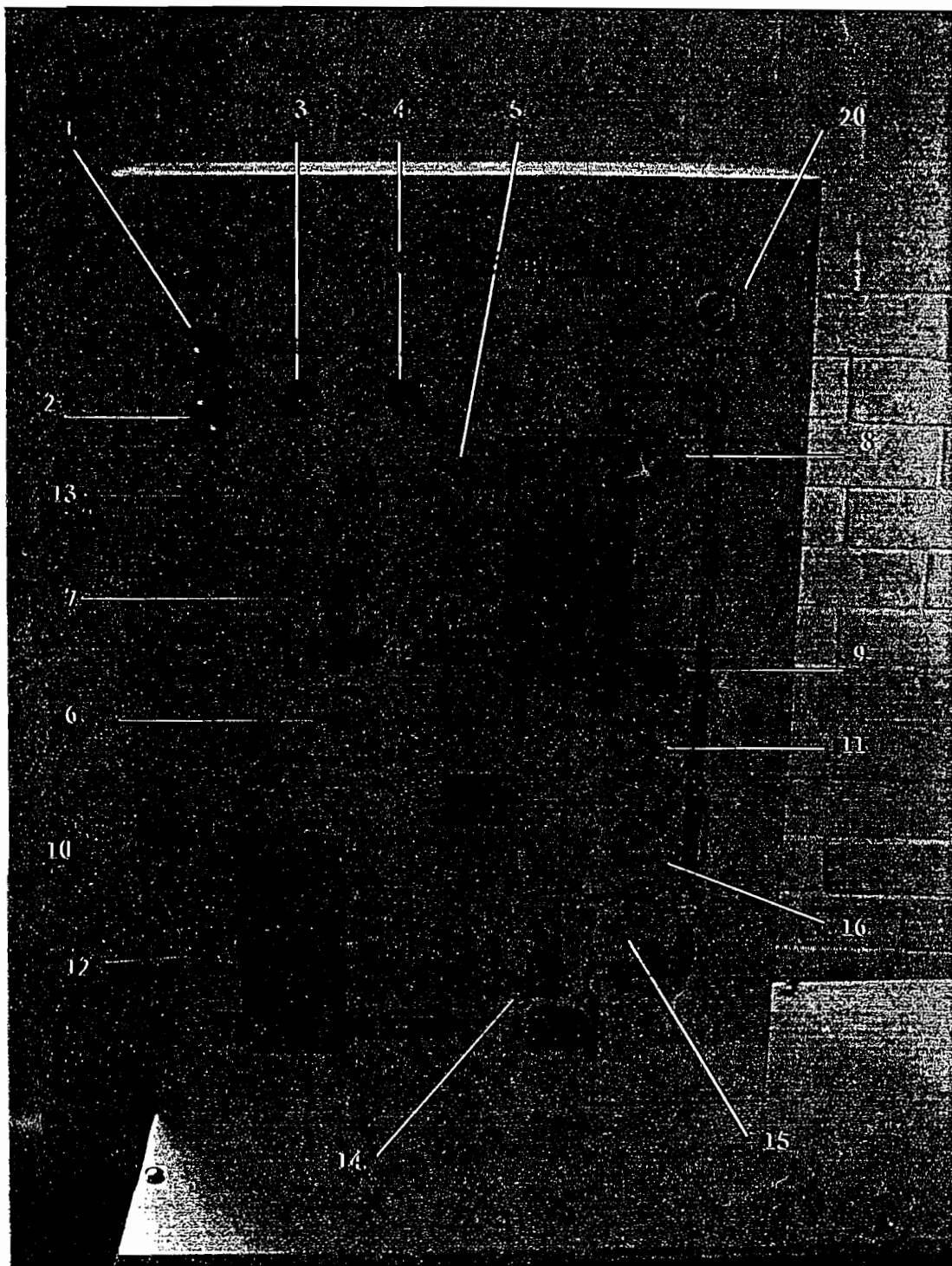
Figura 2.15 Tanque Principal

2.4.7 PANEL DE OPERADOR

En la parte frontal del módulo tenemos el Panel de Operador (Tablero de Control) en el que se encuentra un esquema representativo del proceso y sobre el cual están ubicados los elementos de mando y visualización como luces indicadoras, selectores, pulsadores, etc.

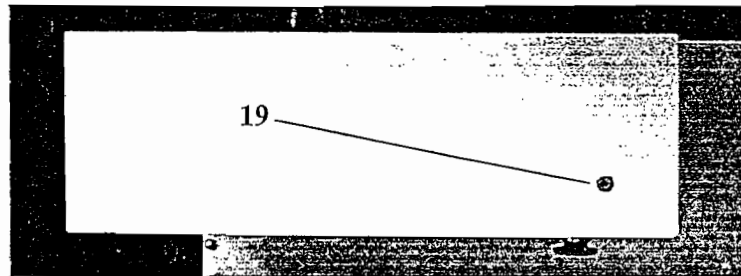
La apariencia del tablero exteriormente, y la nomenclatura adoptada para cada uno de sus elementos es la siguiente

- | | | |
|----|------|--|
| 1 | SP | Interruptor Principal (ON/OFF) |
| 2 | LP | Luz Indicadora Principal |
| 3 | S1 | Selector 2 posiciones modo de funcionamiento (Manual/Automático) |
| 4 | S2 | Selector 2 posiciones modo de funcionamiento (Panel/PC) |
| 5 | Pt1 | Potenciómetro de selección del Setpoint |
| 6 | Pt2 | Potenciómetro de selección de porcentaje de apertura de la válvula de control |
| 7 | L1 | Luz indicadora de funcionamiento de la válvula de control |
| 8 | L2 | Luz indicadora de sobre nivel en el tanque ✓ |
| 9 | L3 | Luz indicadora de subnivel en el tanque ✓ |
| 10 | L4 | Luz indicadora de perturbación |
| 11 | Vs | Voltaje de salida del sensor de presión diferencial |
| 12 | | Voltajes de salida normalizados para uso externo
(Vout +12, Vout -12, Vout +5, Gnd out) |
| 13 | Vser | Voltaje de posición del vástago de la válvula |
| 14 | S3 | Interruptor de la bomba (ON/OFF) |
| 15 | L5 | Luz indicadora de sobrepresión |
| 16 | DB9 | Conector para comunicación |
| 17 | I1 | Alimentación principal (110 V / 60 Hz) |
| 18 | T1 | Tomacorriente externo (110 V / 60 Hz) |

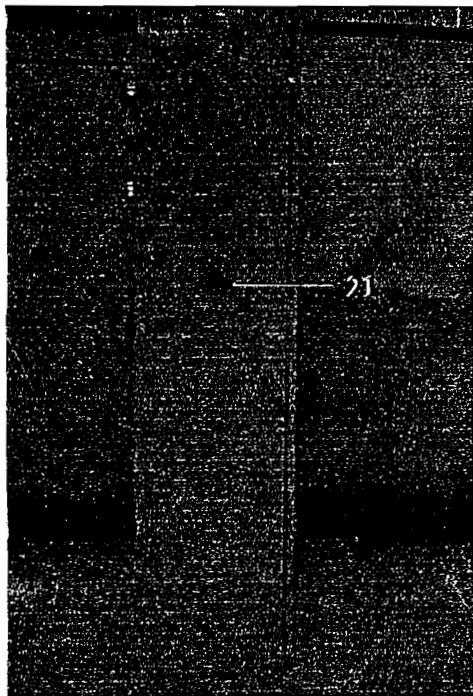


a) Vista Frontal

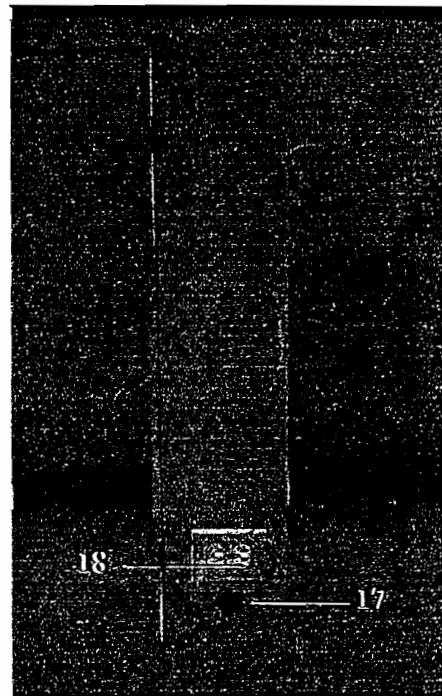
- 19 P1 Conector para entrada de aire al sensor de presión diferencial
- 20 E1 Paro Principal
- 21 Pf Porta fusible para la protección del motor que acciona la válvula de control



b) Vista Superior



c) Vista Lateral 1



d) Vista Lateral 2

Figura 2.16 Panel de Operador

2.4.8 MANEJO DE LAS ENTRADAS ANALÓGICAS DEL PLC

Las entradas analógicas del PLC requieren valores normalizados entre 0 y 10,5 Vdc , o 0 y 21 mA para un valor decimal de la palabra digital de 0 a 32767. Por lo tanto las entradas analógicas utilizadas en el Módulo de Control de Nivel para selección del setpoint y porcentaje de apertura de la válvula de control requieren de una etapa previa de acondicionamiento.

Para el acondicionamiento de la señal del potenciómetro de selección de setpoint se usa un potenciómetro adicional de ajuste en serie. (Figura 2.17)

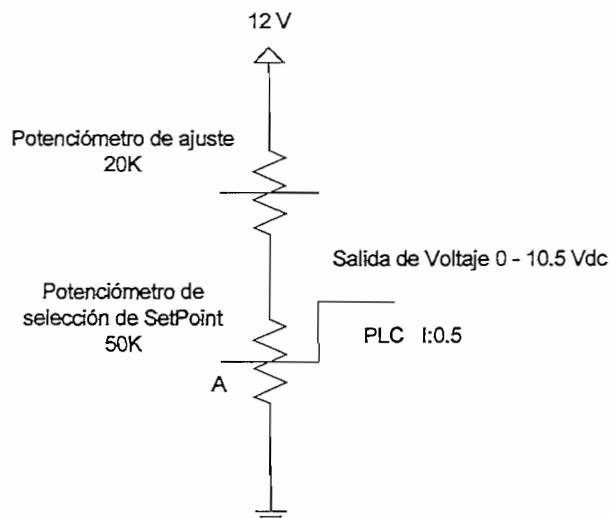


Figura 2.17 Circuito de acondicionamiento de selector de setpoint

Para el acondicionamiento de la señal del potenciómetro de selección de porcentaje de apertura se requiere una etapa de conversión de voltaje a corriente igual a la utilizada en la sección 2.4.4.2 (Página 65). El circuito se muestra en la Figura 2.18.

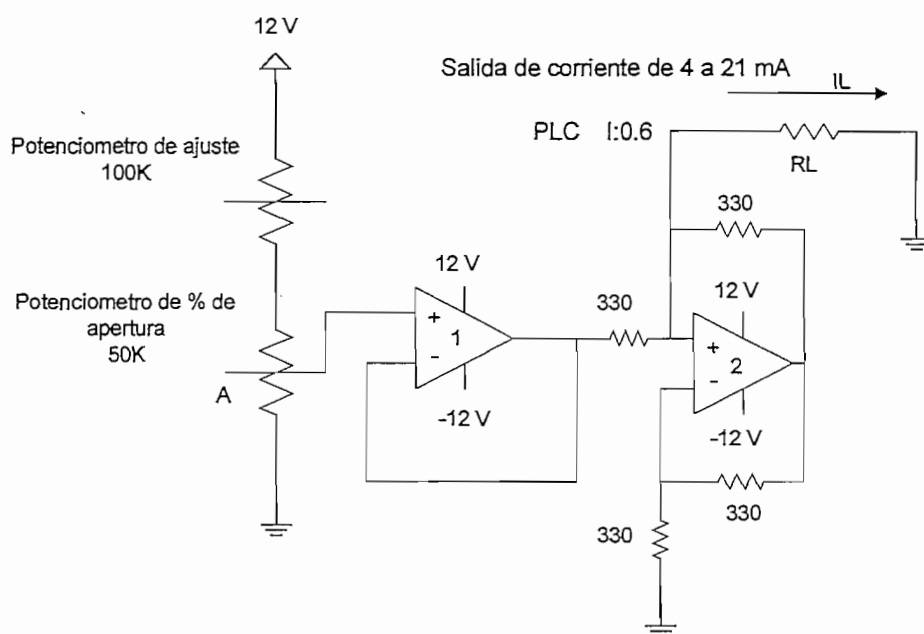


Figura 2.18 Circuito de acondicionamiento de selector de porcentaje de apertura de la válvula de control

Los circuitos de acondicionamiento descritos anteriormente, incluidos los del sensor de presión diferencial (Figura 2.7) y del potenciómetro de posición del vástago (Figura 2.9) están dispuestos en una tarjeta electrónica, mientras que la de los relés que controlan la posición del vástago (Figura 2.10) están dispuestos en una segunda tarjeta. Ambas tarjetas se encuentran ubicadas en la parte interior del Panel de Operador.

La segunda tarjeta incluye además un circuito de conexión de dos relés auxiliares que permiten el encendido de la luz indicadora de funcionamiento de la válvula de control L1 en el Panel de Operador, cuando la válvula se encuentra abriéndose o cerrándose. Figura 2.19

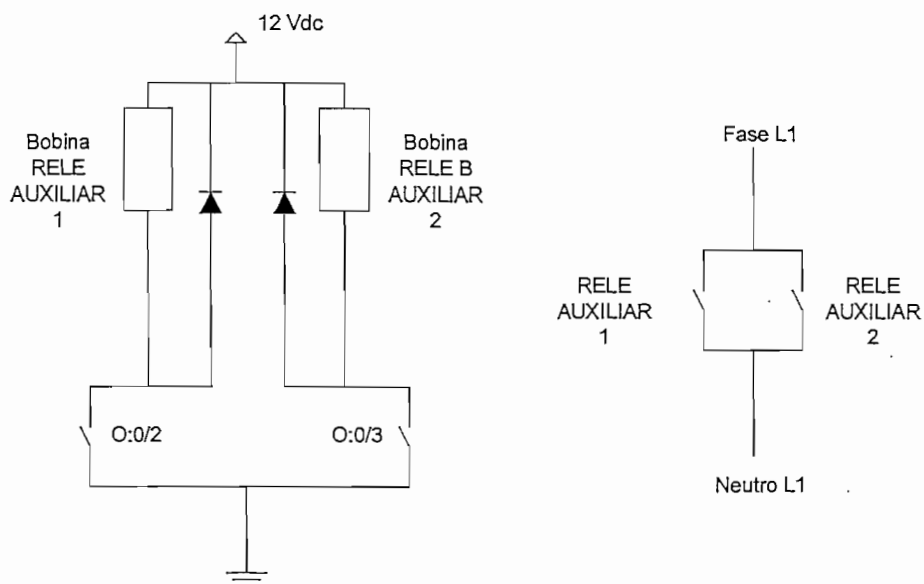
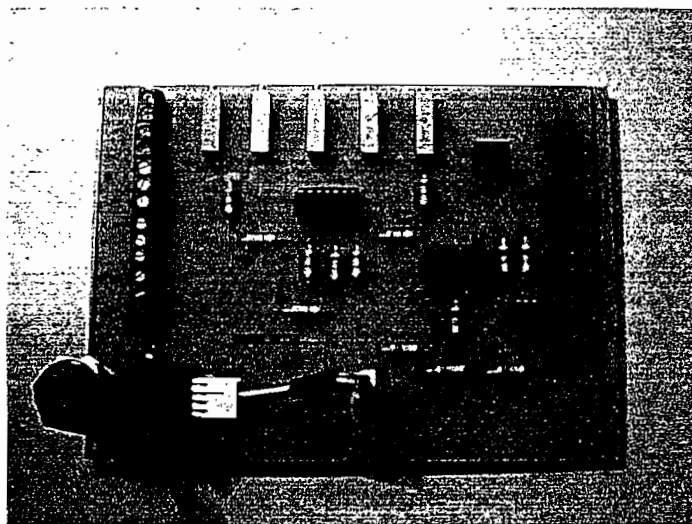
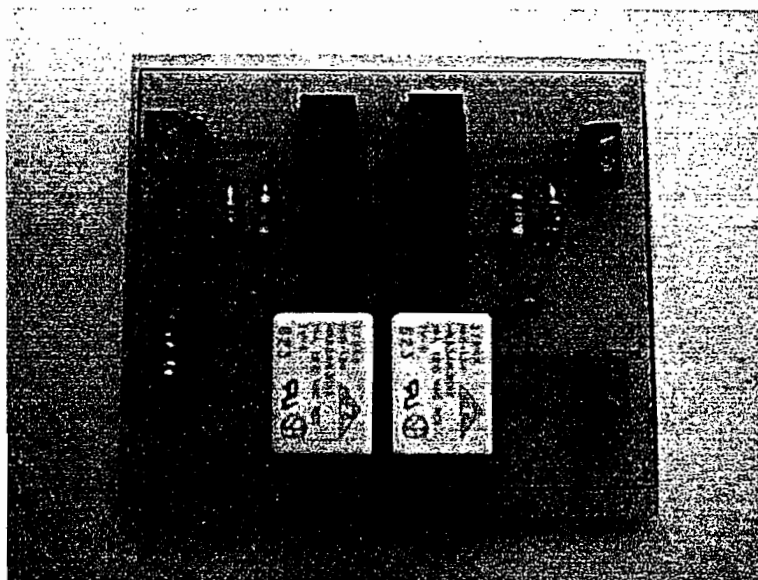


Figura 2.19 Conexiones de los relés auxiliares para encendido de L1

Los esquemáticos de las tarjetas electrónica de acondicionamiento y control se encuentran en el Anexo 2.6.



a) Tarjeta de acondicionamiento sensor de presión diferencial, potenciómetro de selección del setpoint, potenciómetro de selección del porcentaje de apertura y potenciómetro de posición del vástago de la válvula.

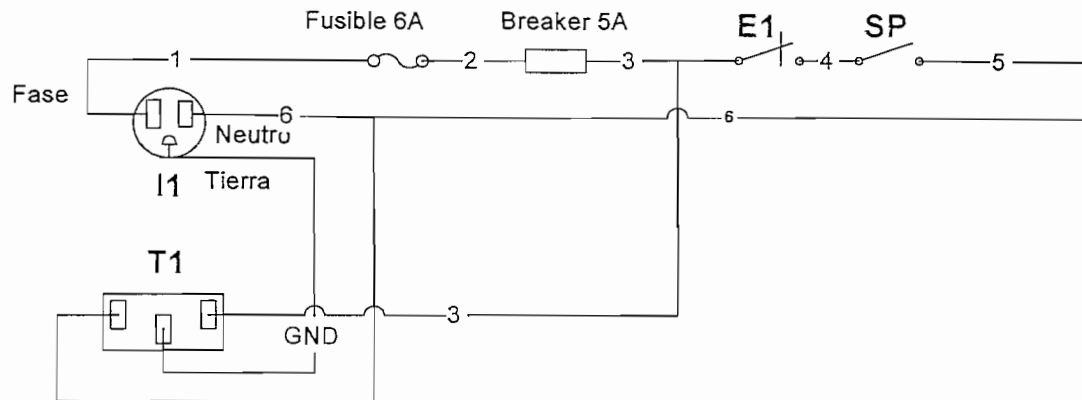


b) Tarjeta de conexión de los relés que activan el motor de la válvula de control y la luz indicadora de funcionamiento de la válvula de control.

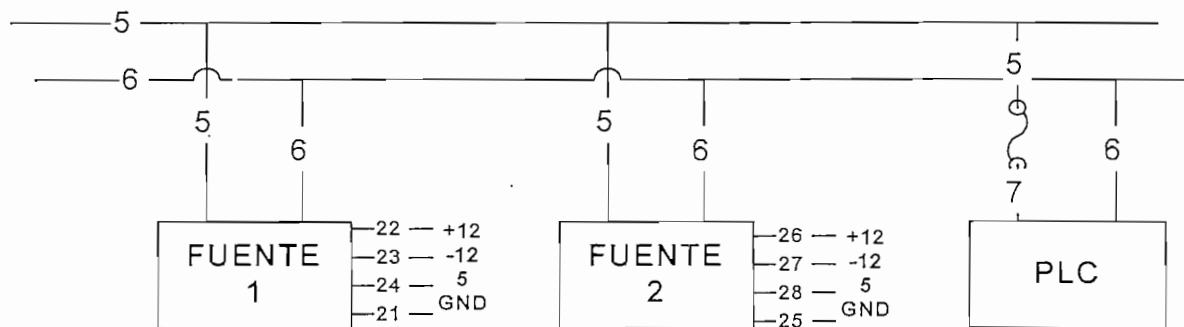
Figura 2.20 Tarjetas de acondicionamiento y control

2.5 CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL TABLERO DE CONTROL

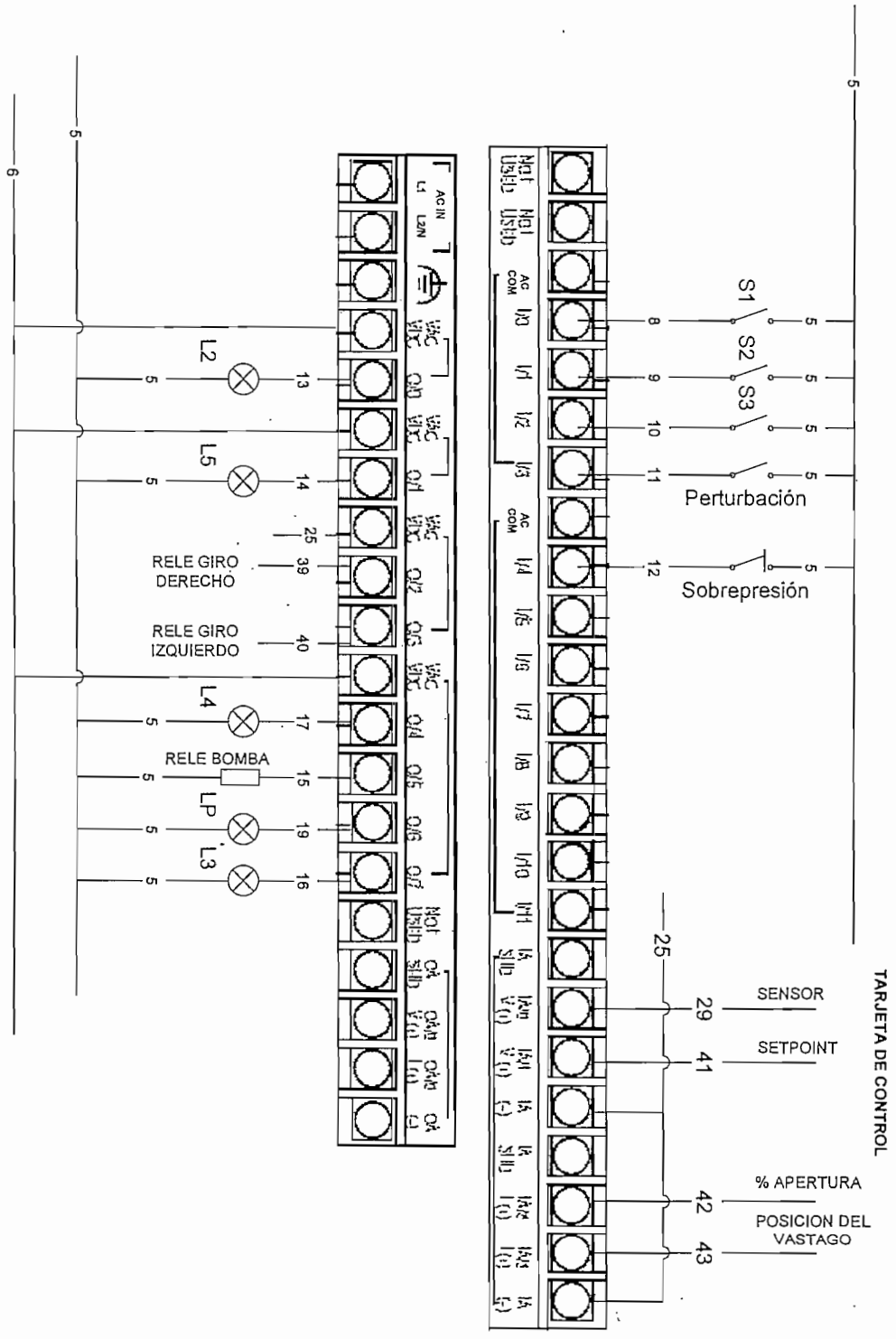
Todas las conexiones eléctricas tanto de alimentación, entradas y salidas del PLC se las realiza en la parte interna del Panel de Operador. Para la disposición de los cables se usan regletas plásticas dispuestas en el contorno del panel y el cableado se lo realiza con cable 22 AWG recomendado en las hojas de especificaciones del PLC. Para un mejor entendimiento y fácil localización de posibles fallas posteriores en el cableado se numeran los cables de conexión. La representación de los circuitos de conexión y la numeración de los cables se representa en la Figura 2.21 (a, b, c, d, e, f)



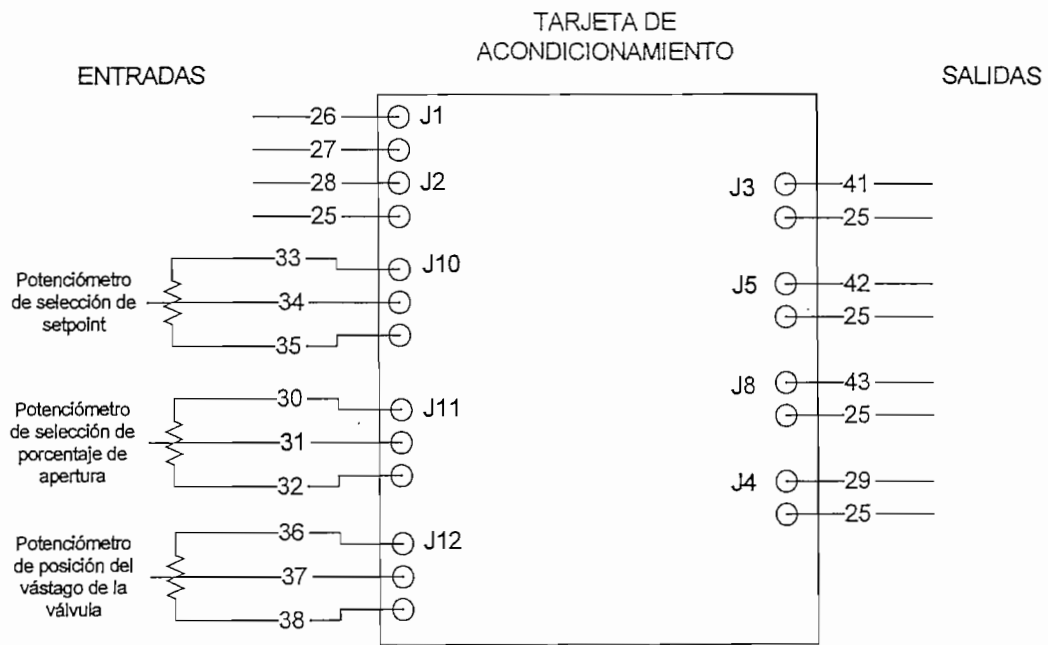
a) Alimentación principal



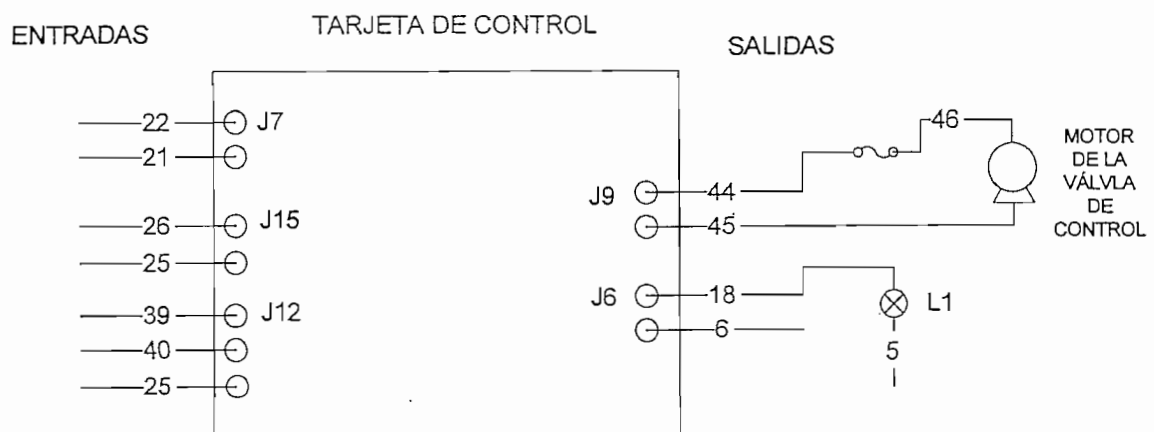
b) Fuentes de corriente continua y PLC



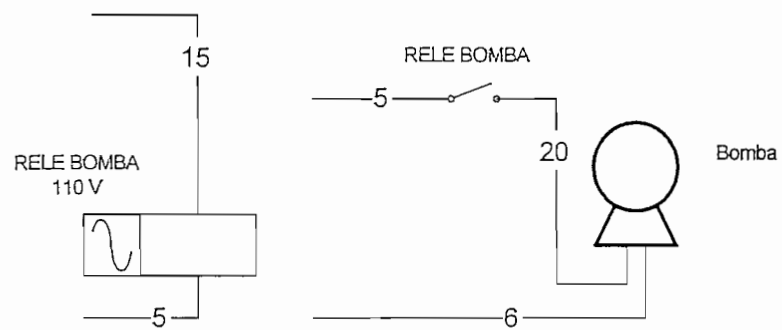
C) Conexiones del PLC



d) Tarjeta de acondicionamiento



e) Tarjeta de control



f) Conexión de la bomba

Figura 2.21 Esquemas de conexión del Panel de Operador

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE

CAPITULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE

Como se indicó anteriormente el monitoreo y control del proceso se lo puede realizar desde un computador comunicado con el PLC por medio de una interfaz gráfica. Para dicho propósito es necesario determinar el software de desarrollo del HMI, así como los protocolos de comunicación correspondientes.

El presente capítulo muestra una descripción del software utilizado, forma de programación y desarrollo de los programas para esta aplicación.

3.1 INTOUCH

Para la creación de la interfaz gráfica se utiliza el paquete INTOUCH 7.1, uno de los componentes de *Wonderware Factory Suite™* que permite la creación de HMI para Microsoft, Windows 95 (o superior) y Windows NT 4.0 (o superior) de manera fácil y rápida.

3.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES

INTOUCH está compuesto de tres programas principales:

3.1.1.1 Intouch Application Manager

Utilizado para organizar aplicaciones creadas bajo *Window Maker* y para configurar *Window Viewer* como un servicio NT.

3.1.1.2 Window Maker

Es el llamado ambiente de desarrollo donde objetos orientados y gráficos son utilizados para crear ventanas animadas generalmente con ambientes industriales, estas ventanas pueden ser conectadas con sistemas industriales I/O o con otras aplicaciones de Microsoft Windows.

3.1.1.3 Window Viewer

Usado para mostrar en tiempo real las ventanas animadas creadas en *Window Maker*.

Además incluye un programa de diagnóstico *Wonderware Logger*.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS

- Fácil manejo de todas las propiedades de las ventanas desarrolladas en *Window Viewer* por medio del *Application Explorer* que permite acciones como abrir o guardar ventanas, acceso rápido a todas las propiedades vinculadas con las mismas y más.
- INTOUCH puede soportar por arriba de 61405 tagnames que son las variables locales o remotas que van a ser utilizadas en el desarrollo de las ventanas.
- Permite la creación de *Scripts*, que son programas que utilizan instrucciones básicas de programación como AND, OR, NOT, IF...ELSE, etc. que manejan tagnames para determinar condiciones de funcionamiento del HMI.
- Uso del protocolo *SuiteLink* que maneja comandos de aplicación (leer, escribir, descargar) y sus datos asociados para ser pasados entre aplicaciones de cliente y aplicaciones de servidor.
- Facilita el trabajo en red por medio de la utilización del software *Wonderware NetDDE*.

- Conectividad con mas de 300 I/O Servers.

3.1.3 REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE SISTEMA

Para ejecutar adecuadamente INTOUCH son recomendadas las siguientes especificaciones de sistema

- Procesador Pentium 100 o superior
- 100 MB mínimo libres en disco duro
- 32 MB de RAM mínimo
- SVGA
- Artículo de punteo (mouse, touch screen, etc.)
- Sistema operativo: Microsoft Windows 95 (o superior) o Windows NT 4.0 SP4 (o superior)

3.1.4 INICIANDO INTOUCH

Una vez que el software es instalado en el computador un archivo .EXE es agregado a la barra del menú inicio (inicio/programas/wonderware factory suite/in touch.exe), el mismo que permite iniciar el programa abriendo primeramente *Intouch-Application Manager* como se indica en la Figura 3.1

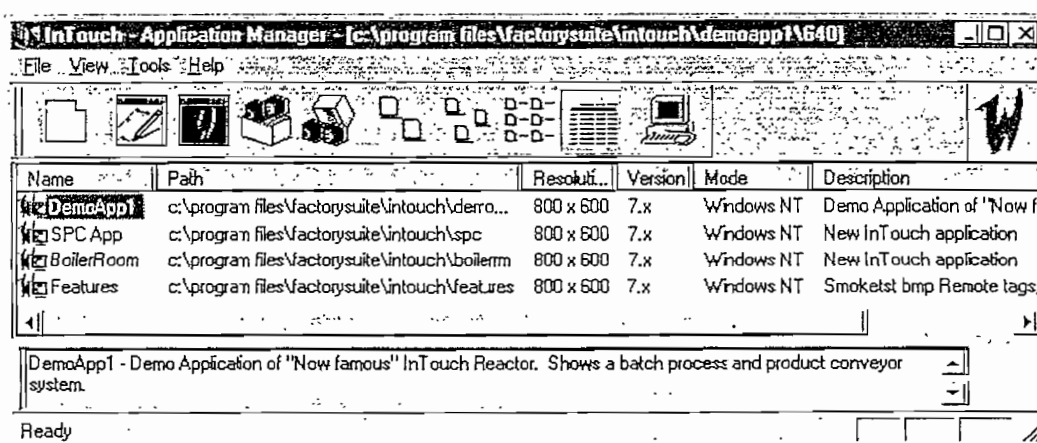


Figura 3.1 Intouch Application Manager

3.1.4.1 Creación de una nueva aplicación

La ventana de *Intouch Application Manager* permite realizar comandos básicos de edición como abrir, crear, renombrar, borrar aplicaciones.

Para crear una nueva aplicación existen dos formas

- En el menú *File* seleccionar *New*
- Click en el ícono de *New Application*



A continuación la siguiente ventana de diálogo aparece

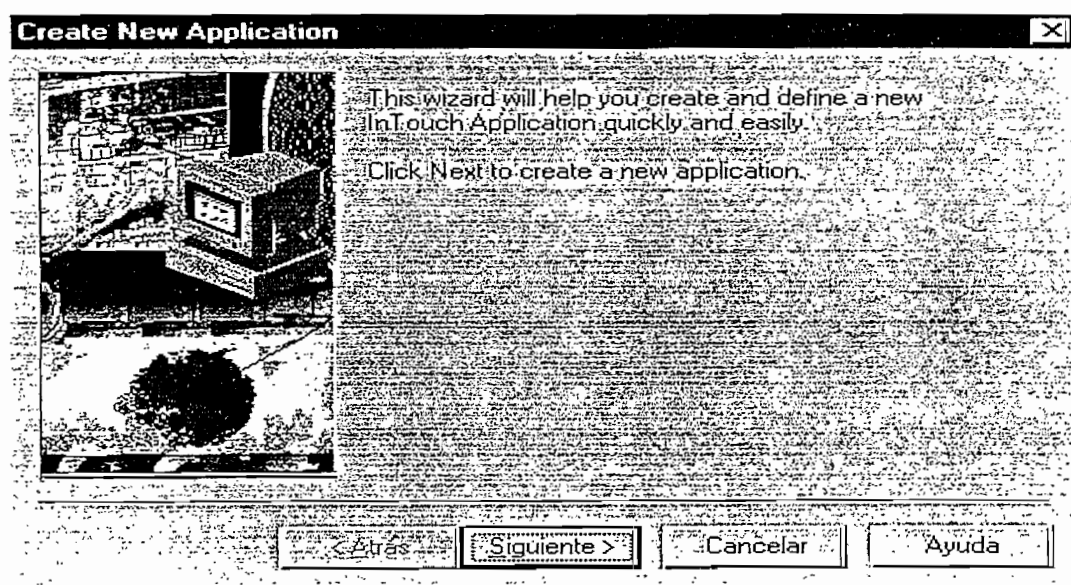


Figura 3.2 Ventana de creación de nueva aplicación

Esta ventana de diálogo nos permitirá crear una nueva aplicación de manera fácil y rápida. Una vez que la nueva aplicación es creada, ésta aparece con el nombre asignado en el listado de aplicaciones en el *Intouch Application Manager*.

3.1.4.2 Edición una nueva aplicación

Para editar una aplicación es necesario abrir *Window Maker*, para esto se debe hacer doble-click en el nombre de la aplicación que deseamos editar desde *Intouch Application Manager*.

El nombre de la aplicación para el presente proyecto de titulación es "MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL"

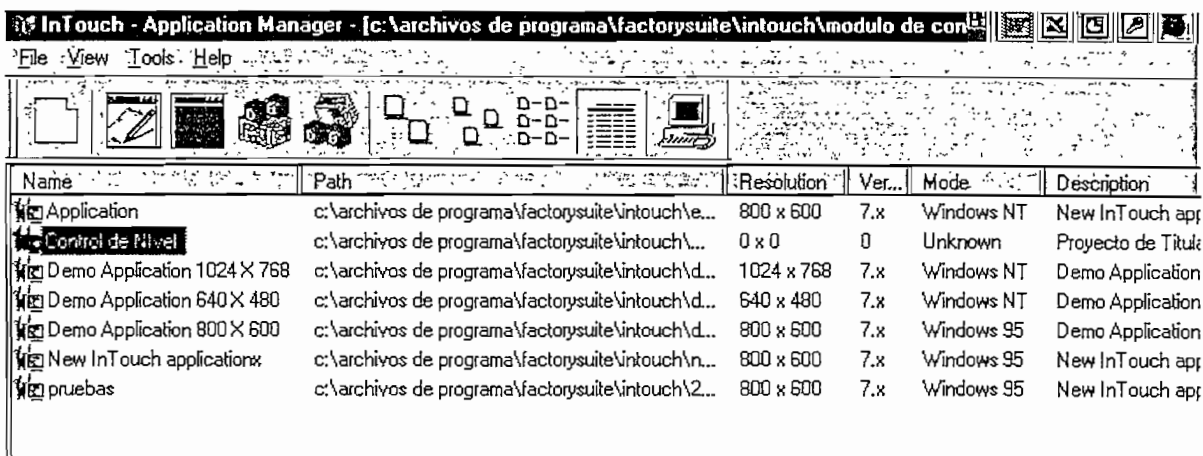


Figura 3.3 *Intouch Application Manager* con la aplicación "Control de Nivel"

Window Maker es el ambiente de desarrollo para *Intouch*, este programa nos permite editar la interfaz gráfica para nuestra aplicación, al igual que todos los programas que soporta *Windows* es muy amigable con el usuario, permite el acceso a las herramientas por medio de barras (barra de edición ,de dibujo, general, de estado, regla, etc) o comandos preestablecidos para un rápido acceso. Consta además de una herramienta secundaria *Application Explorer* que permite tener una vista gráfica de la aplicación y tener un fácil acceso a todos los ítems de los que está compuesta la misma.

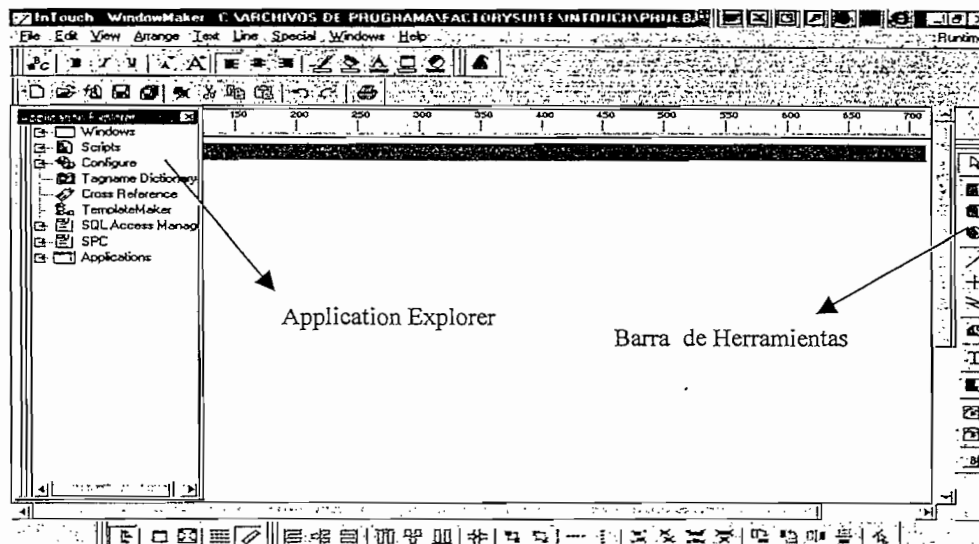



Figura 3.4 *Intouch Window Maker*

3.1.4.3 Creación de Ventanas

Un HMI diseñado en base a Intouch consta básicamente de una o varias ventanas en las cuales se van a disponer elementos (botones, selectores, sensores, actuadores, válvulas, tanques, tuberías, etc) con la finalidad de crear un ambiente industrial que esté acorde al proceso real que se quiere representar.

Para crear una nueva ventana desde *Window Maker* existen tres formas:

- En el menú *File* seleccionar *New Window*
- Usar el comando *Control + N*
- Click en el ícono de *New Window* 

A continuación la siguiente ventana de diálogo aparece

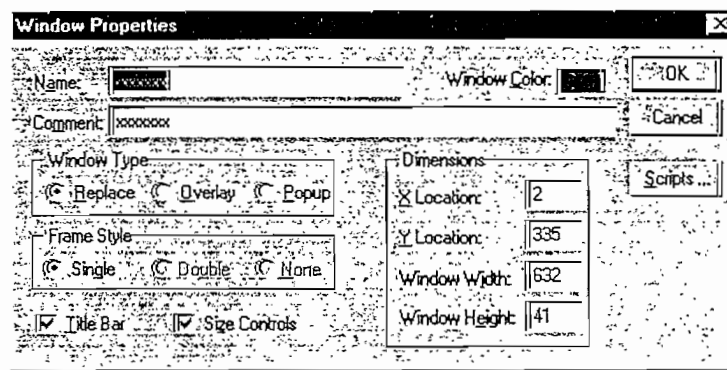


Figura 3.5 Ventana de diálogo para creación de nueva ventana

En esta ventana podemos determinar las características que deseamos para la ventana como se indica a continuación:

<i>Name</i>	Título de la ventana que aparecerá en la barra de título.
<i>Comment</i>	Comentario asociado con la ventana (Opcional)
<i>Window Color</i>	Color de la ventana.
<i>Window Type</i>	Selecciona el tipo de ventana que se desea usar
<i>Replace</i>	Automáticamente cierra cualquier otra ventana cuando ésta aparece.
<i>Overlay</i>	Aparece encima de cualquier ventana activa pero permite alternar entre ellas con solo dar click en una porción de la ventana que se requiera.
<i>Popup</i>	Similar a una <i>Overlay Window</i> con la diferencia que ésta siempre permanece encima de las otras ventanas.
<i>Frame Style</i>	Selecciona el tipo de borde que tendrá la ventana.
<i>Single</i>	Borde 3D que permite tener barra de título y controles de tamaño.
<i>Doble</i>	Borde 3D sin barra de título ni controles de tamaño

<i>None</i>	Ventana sin borde que no puede ser manipulada en su tamaño.
<i>Title Bar</i>	Muestra el título de la ventana.
<i>Size Controls</i>	Permite modificar el tamaño de la ventana.
<i>Dimensions</i>	Determina las coordenadas XY en píxeles de localización de la ventana así como el tamaño de la misma.
<i>Scripts</i>	Permite acceder al editor de Scripts para la ventana, la misma que puede asociarse con tres tipos de scripts.
<i>On show</i>	Ejecuta el script una vez cuando la ventana es mostrada
<i>While showing</i>	Ejecuta el script permanentemente a una determinada frecuencia mientras la ventana es mostrada.
<i>On hide</i>	Ejecuta el script una vez cuando la ventana se cierra

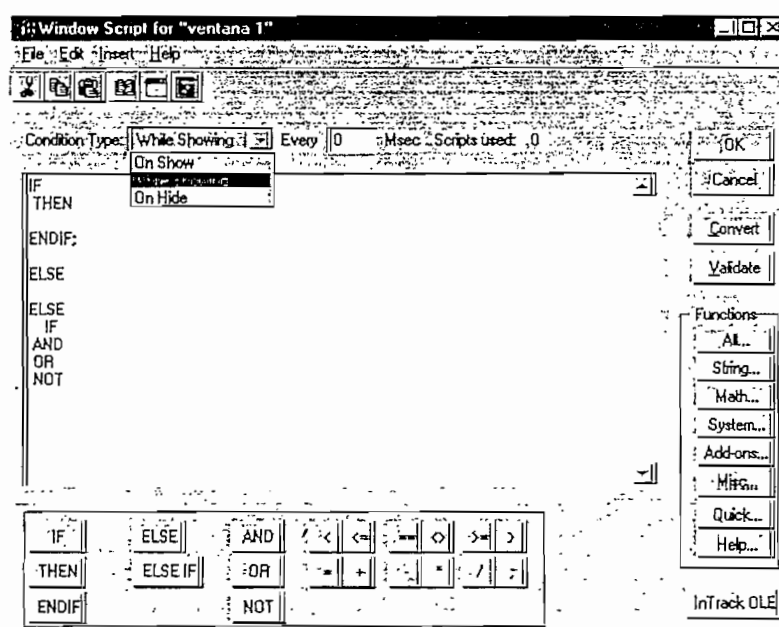


Figura 3.6 Editor de Scripts de ventanas

3.1.4.4 Creación de Objetos Gráficos

Window Marker está provisto de numerosas herramientas que permiten editar y ordenar los diversos gráficos que pueden ser dibujados o pegados dentro de la ventana creada en una aplicación.

Las barras de herramientas disponibles son las siguientes:

3.1.4.4.1 Draw Object Toolbar

Contiene las herramientas de dibujo que son usadas para crear gráficos y ingresar texto en las ventanas.



Figura 3.7 Barra de herramientas de dibujo

3.1.4.4.2 View Toolbar

Contiene la herramienta de medida (regla) que puede ser usada para alinear gráficos en la ventana. Además tiene íconos para hacer visible o no *Application Explorer*, una plantilla para la ventana y modo de visualización en pantalla completa.

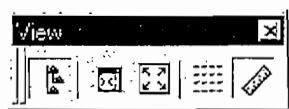


Figura 3.8 Barra de Modo de Visualización

3.1.4.4.3 General Toolbar

Contiene herramientas como crear, copiar, guardar la ventana, las mismas que pueden ser aplicadas de manera rápida.



Figura 3.9 Barra de Uso General

3.1.4.4.4 Format Toolbar

Contiene comandos de edición de texto (tipo y tamaño de letra, tipo de justificación, color de texto, etc)

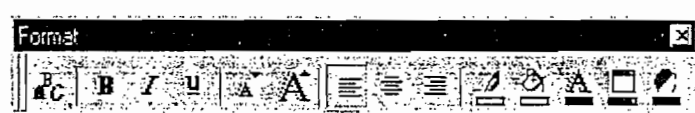


Figura 3.10 Barra de Formato

3.1.4.4.5 Arrange Toolbar

Contiene comandos que permiten ordenar o arreglar de una manera rápida grupos de objetos que se encuentran en la ventana.

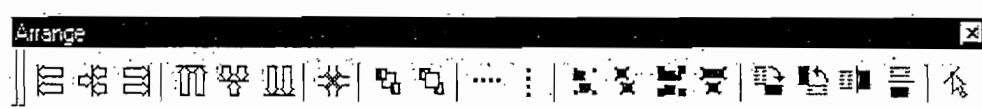


Figura 3.11 Barra de Arreglo

3.1.4.4.6 Wizards/Active X Toolbar

Wizards son gráficos prediseñados con propiedades particulares que pueden ser pegados dentro de la ventana. Son fáciles de configurar y salvan una gran cantidad de tiempo en el momento de crear una aplicación.

Para acceder a los *Wizards* existentes se debe dar click en el ícono correspondiente



Figura 3.12 Icono de *Wizards*

Dentro de la ventana de *Wizards* existentes tenemos una gran variedad de grupos de selección cada uno de los cuales consta con diferentes tipos de gráficos correspondientes a cada clase. Para colocar el *wizard* en la ventana se lo debe seleccionar y presionar OK. Si un *wizard* va a ser de uso frecuente éste puede ser agregado a la barra de herramientas *Wizards/Active X Toolbar* con solo ser seleccionado y presionar el botón *Add to toolbar*.

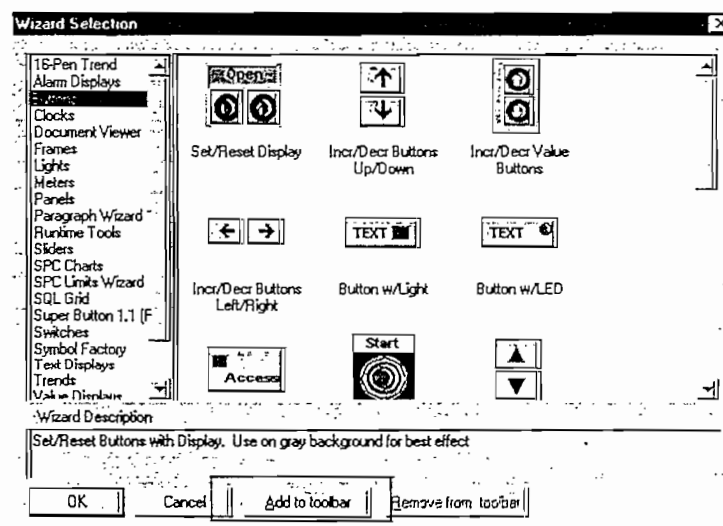


Figura 3.13 Ventana para selección de *Wizards*

Uno de los grupos de selección de *Wizards* de gran ayuda para crear un HMI es el *Symbol Factory*, debido a que este consta con gran variedad de dibujos de carácter industrial (tuberías, tanques, motores, válvulas, sensores, transmisores, etc.) y que permiten crear aplicaciones semejantes a las plantas industriales reales, logrando así una apariencia agradable y llamativa para el operador.

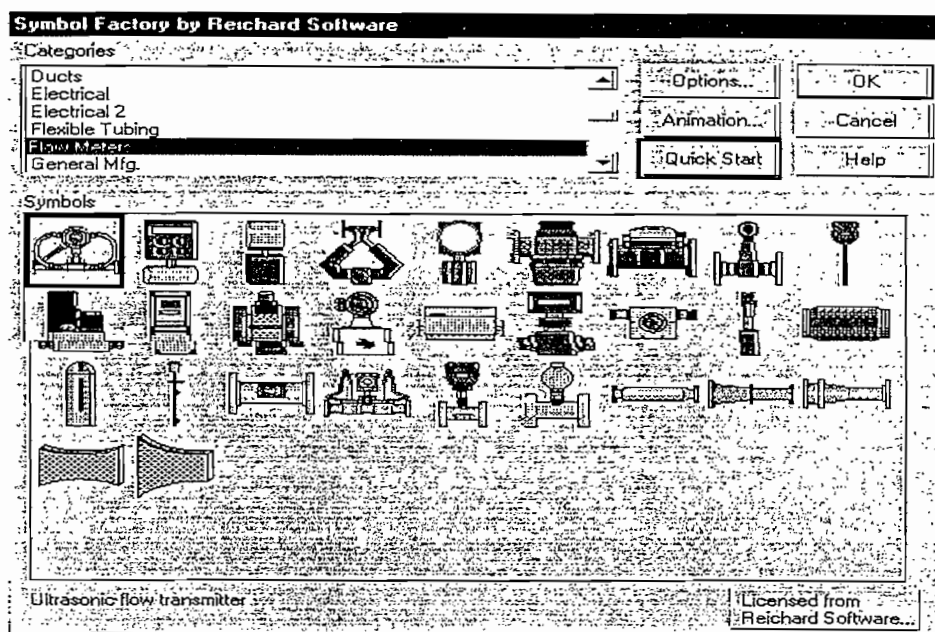


Figura 3.14 Ventana de *Wizards* de *Simbol Factory*

Para la creación de la interfaz gráfica se debe tomar en cuenta las necesidades del usuario en cuanto a visualización, es decir el proceso debe estar representado de manera clara y acorde con la distribución física del equipo, además debe tener un entorno llamativo para el usuario a fin de que éste se sienta atraído y motivado al uso del HMI.

Tomando en cuenta dichas consideraciones y usando las herramientas de creación de ventanas y objetos gráficos se diseña una ventana principal que se muestra a continuación.

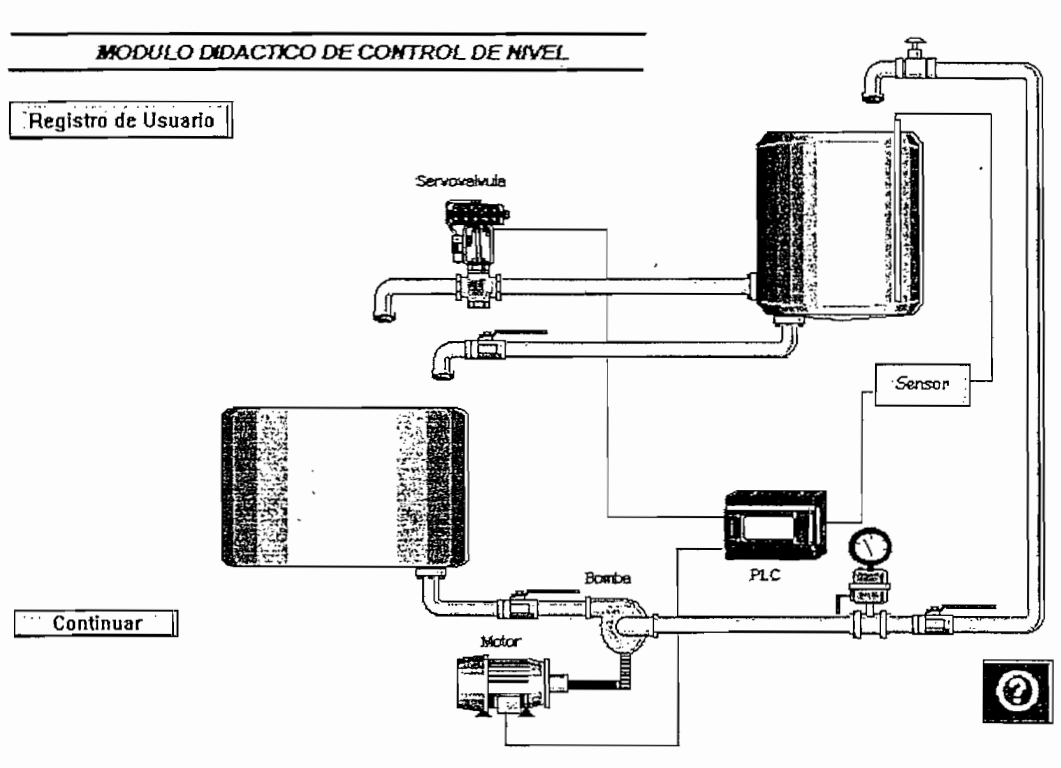


Figura 3.15 Ventana Principal Módulo de Control de Nivel

3.1.4.5 Tagnames

Todas las variables locales y remotas que van a estar vinculadas con gráficos creados por medio de la barra de herramienta de dibujo, propiedades de los wizards, scripts, etc. deben ser configuradas para que ingresen a la base de datos de Intouch con el fin de crear una base de datos que permita visualizar la aplicación en *Window Viewer*.

Todas estas variables que utiliza la aplicación reciben el nombre de tagnames. Cada tagname debe ser asignado dentro de un tipo específico dependiendo de su uso.

Intouch soporta los siguientes tipos de tagnames:

3.1.4.5.1 *Memory Tagnames*

Este tipo de tagnames son variables que existen internamente dentro de la aplicación de Intouch, son usadas para crear constantes del sistema y variables de cálculo que pueden ser utilizadas por otros programas. Pueden ser de cuatro tipos dependiendo de su formato.

<i>Memory Discrete</i>	Puede ser 0 (Falso, OFF) o 1 (Verdadero, ON)
<i>Memory Integer</i>	Es un número entero expresado en 32 bits (puede estar entre ± 2147483648)
<i>Memory Real</i>	Es un número decimal expresado en 32 bits (puede estar entre $\pm 3.4 \times 10^{38}$)
<i>Memory Message</i>	Es una cadena de texto de 131 caracteres de longitud máxima

3.1.4.5.2 *I/O Tagnames*

Todos los tagnames que van a ser escritos o leídos desde PLCs, PCs y redes de comunicación de datos a través de los protocolos DDE (Dynamic Data Exchanged) o *Wonderware SuitLink* deben ser configurados como I/O tagnames. Existen cuatro tipos de I/O tagnames y tienen los mismos formatos que los *Memory Tagnames*, estos son:

I/O Discrete

I/O Integer

I/O Real

I/O Message

3.1.4.5.3 Miscellaneous Tagnames

Existen tipos especiales de tagnames, los mismos que son utilizados para desarrollar cierto tipo de funciones como alarmas, históricos, etc. estos son:

Group Var
Hist Tred
Tag ID
Indirect Discrete
Indirect Analog
Indirect Message
Super Tags

3.1.4.5.4 Creación de un tagname para la aplicación

Para crear un tagname que va a ser utilizado dentro de la aplicación en *Special* menú se selecciona *Tagname Dictionary* o doble click en *Tagname Dictionary* desde *Application Explorer*, con lo que la siguiente ventana de diálogo aparece.

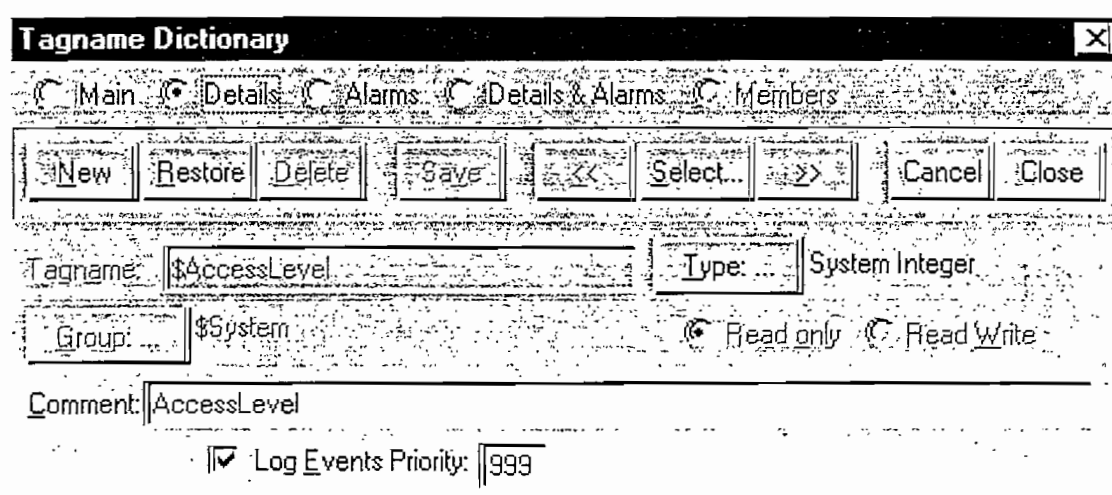


Figura 3.16 Ventana de *Tagname Dictionary*

En la ventana de *TagName Dictionary* se selecciona *New* y esta ventana cambia su aspecto permitiendo asignar un nombre al tagname, agregar un comentario (opcional) y seleccionar el tipo de tagname (*Type*) que se desea utilizar. Finalmente se presiona *Close* y el nuevo tagname está ya definido.

Cada tipo de tagname tiene detalles específicos que deben ser configurados en el momento de ser definido de acuerdo a las necesidades, sin embargo por defecto Intouch asigna valores predeterminados a cada tipo de tagname.

3.1.4.6 Creación de Animation Links

Una vez que un objeto gráfico es creado dentro de la ventana de aplicación, éste puede ser "animado" es decir puede cambiar su color, visibilidad, ubicación en la ventana, orientación, ser sensible al click del mouse, etc. Para lograr estos efectos es necesario definir *Animation Links* a dicho objeto. Existen dos tipos básicos de *animation links*:

- *Touch Links*.- Un objeto vinculado con un *Touch Link* es aquel que permite al operador ingresar valores al sistema por ejemplo botones, sliders, selectores, etc
- *Display Links*.- Son links que permiten crear efectos que van a ser vistos por el operador así como cambio en el color u orientación de un objeto.

Un objeto gráfico puede estar definido con múltiples *links* con la finalidad de crear cualquier efecto de animación, una manera fácil para asignar links a un objeto es dando doble click en el mismo, así la siguiente ventana de diálogo aparece.

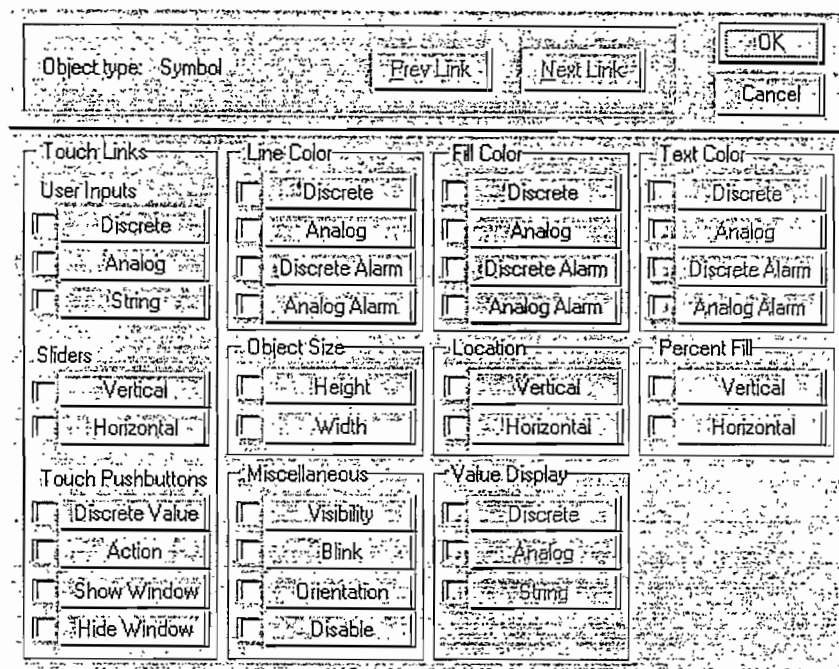


Figura 3.17 Ventana de selección de *Animation Links*

3.2 DISEÑO DE VENTANAS PARA EL HMI DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

Para el presente proyecto y con la finalidad de que el operador tenga un ambiente amigable y esté posibilitado de controlar y visualizar íntegramente el proceso de control de nivel en el momento de operar el HMI se crearon ventanas animadas, y cuya descripción detallada se muestra a continuación.

3.2.1 PRESENTACIÓN

La primera pantalla que aparece en el momento del ingreso al HMI es la ventana "PRESENTACIÓN" (Figura 3.18) en la que se muestra un texto básico de información acerca del proyecto de titulación.

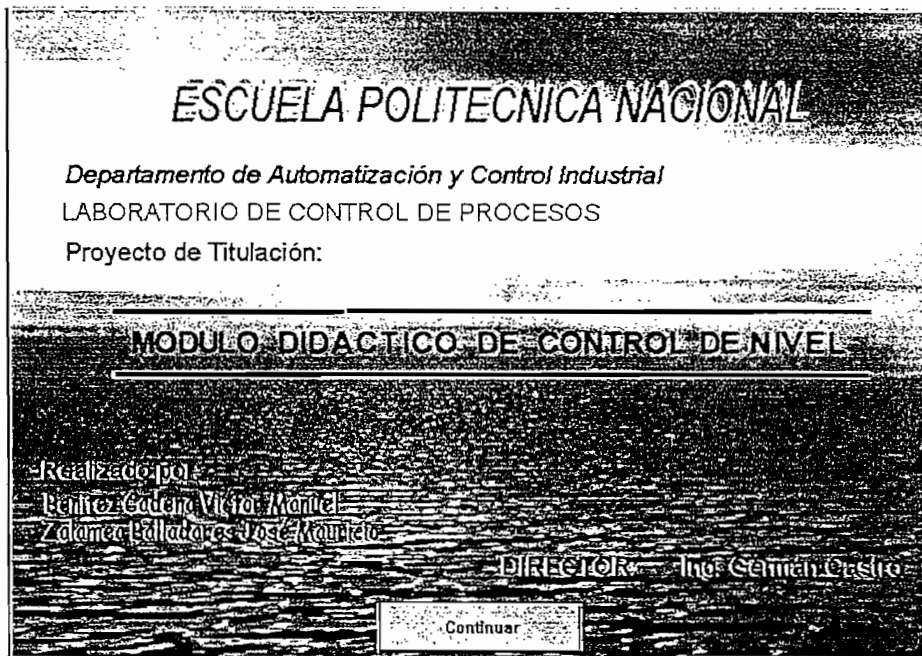


Figura 3.18 Pantalla "PRESENTACION"

En esta pantalla está ubicado el botón "Continuar" al que está vinculado el link (*Touch Pushbuttons / Show Window*) el que permite mostrar una segunda ventana en el momento que es presionado.

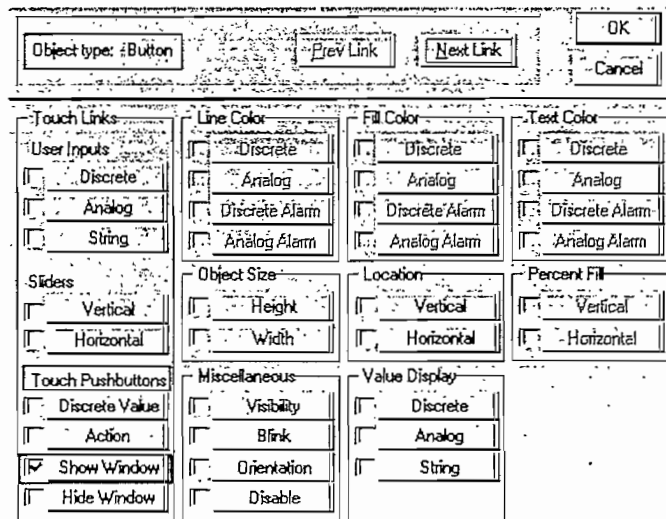


Figura 3.19 Ventana de links para el botón "Continuar" de la ventana PRESENTACIÓN

3.2.2 PRINCIPAL

En esta ventana se muestra el título del proyecto, un esquema del proceso en el que se puede visualizar los elementos constitutivos del módulo físico (tanques, tuberías, válvulas, sensor, etc), a más de los siguientes botones y textos.

3.2.2.1 Botón Registro de Usuario

Una de las opciones de gran utilidad que presenta Intouch es el uso de *Security* (seguridad), mediante la cual se puede controlar especificas funciones que el operador puede desarrollar ya sea en *Window Viewer* o *Window Maker* con solo vincular un link a un tagname interno del sistema. Por ejemplo se puede controlar el acceso a una ventana o la visibilidad de un objeto.

Security se basa en el concepto de que el operador es "*logging on*" a una aplicación mediante el ingreso de su nombre y de su clave, lo que le permite tener un nivel de acceso o *access level* (un número real comprendido entre 0 y 9999) para ejecutar una u otra función dentro del programa.

Para poder establecer seguridad en una aplicación desde *Window Maker* o *Window Viewer* se debe acceder al comando *Security* en la opción *Special* en la barra de tareas, con lo que el programa permite "*Log off*" (descargar), "*Log on*" (cargar) un usuario, "*Change Password*" (cambiar la clave), o "*Configure Users*" (configurar un nuevo usuario al sistema) (Figura 3.20).

El aspecto seguridad es importante en el HMI por lo que el tipo de seguridad implementada en el Módulo de Control de Nivel trabaja de la siguiente manera.

Para poder operar el sistema se debe registrar el usuario por medio del botón "*Registro de Usuario*" vinculado con el link *Show Window* que abre la ventana "*CONTROL DE ACCESO* " mostrada en la Figura 3.21

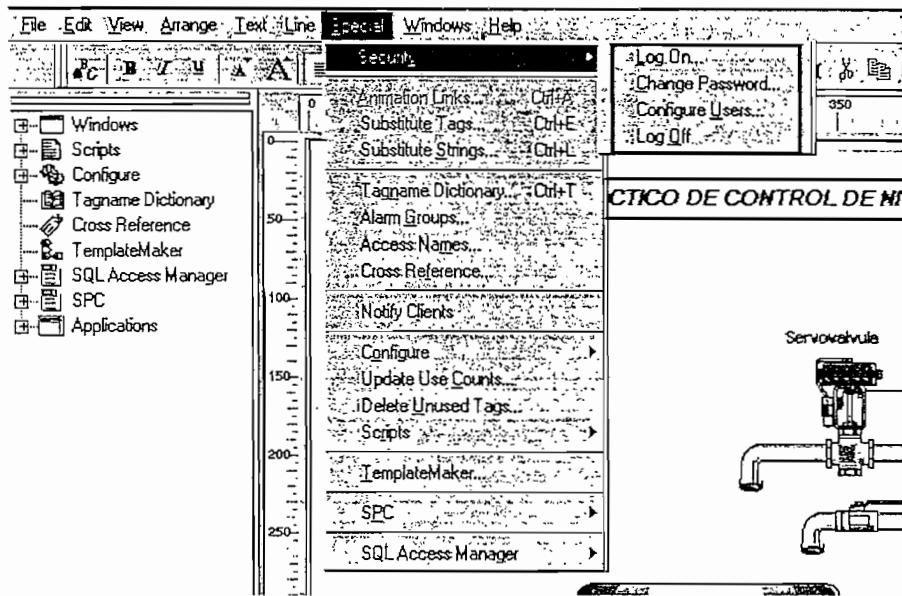


Figura 3.20 Ruta de acceso a Security

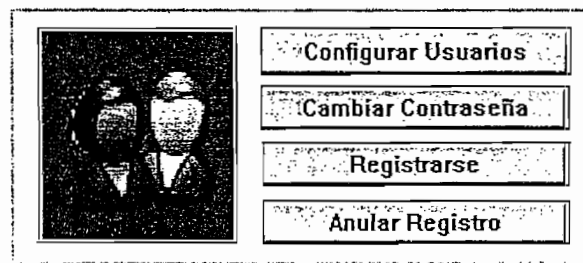
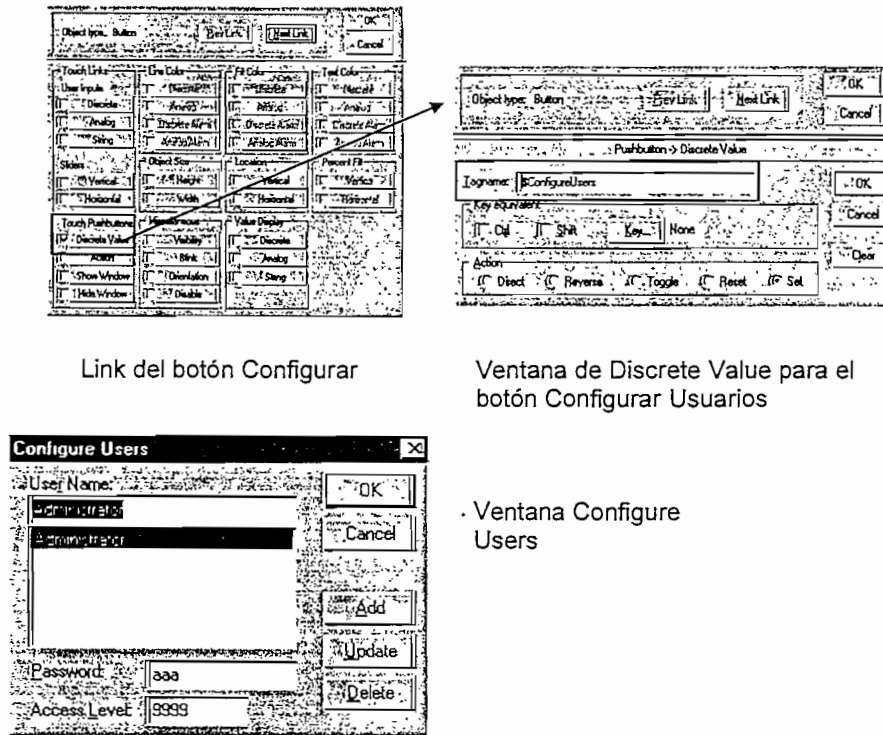


Figura 3.21 Ventana "CONTROL DE ACCESO"

Cada uno de los botones de esta ventana permite acceder a una de las cuatro opciones del menú *Security* (*Log off*, *Change Password*, *Configure Users*, *Log on*) mediante el uso de un link y de tagnames internos del sistema. Por ejemplo al presionar el botón "*Configurar Usuarios*" que está vinculado con el link *Pushbuttons / Discrete Action* y el tagname interno *\$ConfigureUsers* se abre la ventana de diálogo como si se accediera desde la ruta *Special / Security / ConfigureUsers* (Figura 3.22)



Link del botón Configurar

Ventana de Discrete Value para el botón Configurar Usuarios

Ventana Configure Users

Figura 3.22 Ventanas de configuración para el botón "Configurar Usuarios"

Los usuarios creados inicialmente son los siguientes:

NOMBRE	CLAVE	NIVEL DE ACCESO	DESCRIPCIÓN
Administrador	aaa	9999	Puede acceder a todos los recursos del sistema y modificarlos
Operador	operador	8000	Puede operar el proceso únicamente en modo automático
Invitado	invitado	5000	Únicamente puede visualizar el proceso

Tabla 3.1 Nombres y claves de acceso de los usuarios

3.2.2.2 Usuario Actual, Nivel de Acceso, Fecha y Hora

Durante la visualización del proceso permanentemente se muestra el nombre del usuario actual, el nivel de acceso, la hora y fecha en curso, lo que se logra vinculando links con tagnames internos del sistema, por ejemplo para mostrar la fecha se debe previamente crear un texto con el siguiente contenido (#) y a éste asignarle el link *Value Display / String* vinculado con el tagname interno *\$DateString* como lo indica la figura siguiente.

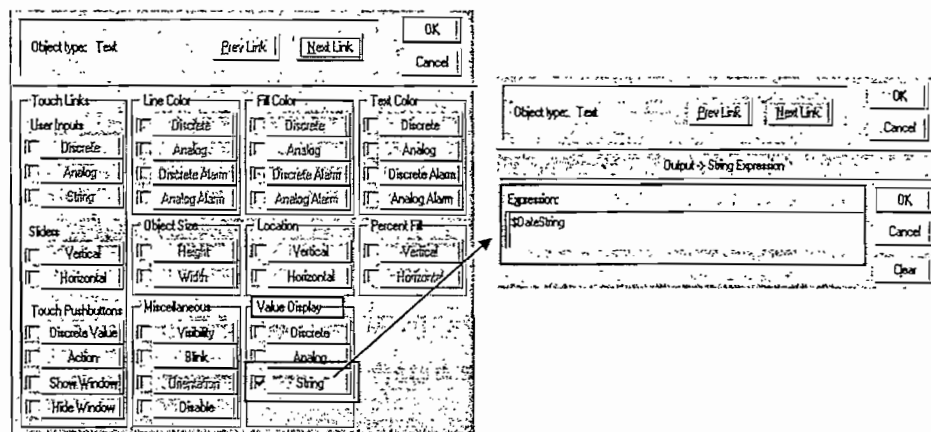


Figura 3.23 Ventanas de configuración para mostrar Fecha

3.2.2.3 Botón Ayuda



El botón ayudas está activo durante todo el proceso y permite abrir la ventana "AYUDA" en la que se da la posibilidad al usuario de abrir los archivos .pdf de los siguientes manuales:

- Manual de Usuario del PLC Micrologix 1000
- Guía de Usuario Intouch 7.1
- Manual de Usuario RSLogix 500
- Manual de Usuario Módulo de Control de Nivel

3.2.3 PROCESO

Una vez que el usuario ha sido registrado correctamente se habilita el botón continuar con lo que se puede acceder a la ventana "PROCESO" en la cual se muestra un esquema dinámico del proceso, es decir los objetos gráficos cambian de apariencia en relación a las acciones reales tomadas (nivel del tanque, funcionamiento de la bomba, flujo de agua en las tuberías, etc.).

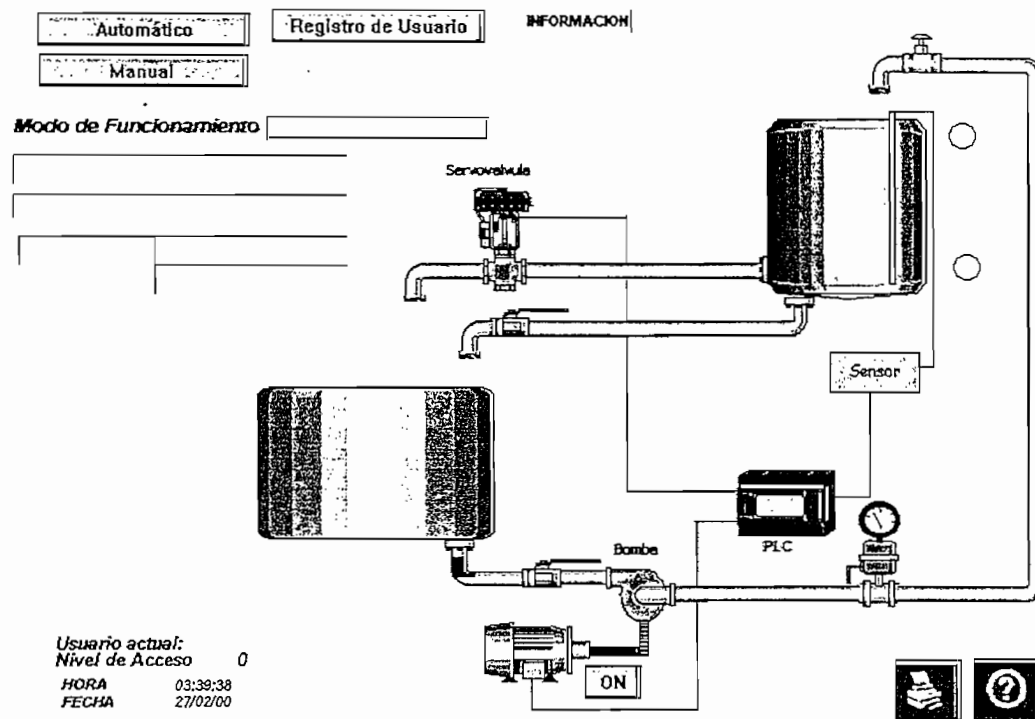


Figura 3.26 Animación de la ventana "PROCESO"

Además tenemos los botones "Automático" y "Manual", los cuales se habilitan para su uso dependiendo del nivel de acceso del usuario registrado y de los selectores de modo de funcionamiento en el Panel de Operador. La descripción de cada uno de los botones se indica a continuación.

3.2.3.1 Botón Imprimir



Intouch posee internamente numerosas funciones las que pueden ser asociadas a objetos y usadas en scripts para desarrollar una multitud de tareas, una de ellas es la función *PrintWindow* (*Window, Left, Top, Width, Height, Options*) la misma que es empleada para el botón imprimir vinculándola con el script *On Key Down* del link de animación *Touch PushButtons / Action*, y permite imprimir la ventana "PROCESO". Anexo 3.1 b

La función *PrintWindow* debe ser configurada como se indica:

Window	Nombre de la ventana que se desea imprimir
Left	Número en pulgadas del margen izquierdo de la impresión
Top	Número en pulgadas del margen superior de la impresión
Width	Número en pulgadas del ancho de la impresión (por defecto 0 para el máximo)
Height	Número en pulgadas del ancho de la impresión (por defecto 0 para el máximo)
Options	Usado si Widht y Height son 0 <ul style="list-style-type: none"> 1 Imprime el tamaño máximo de un múltiplo del tamaño de la ventana original 0 Imprime ajustando el tamaño al máximo tamaño de la hoja

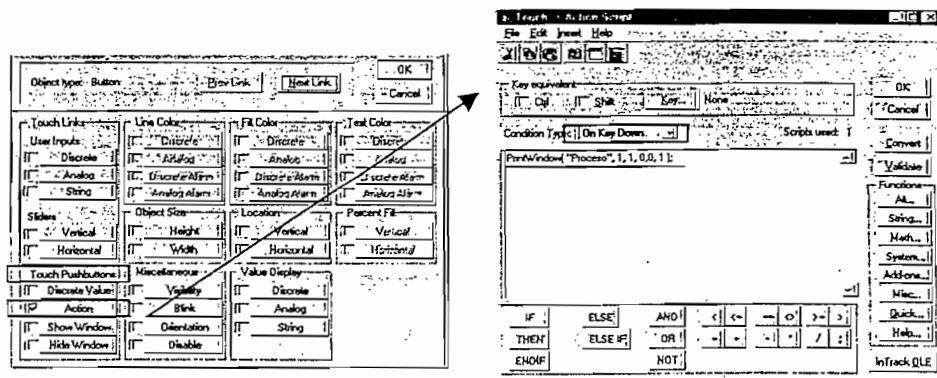


Figura 3.27 Ventanas de configuración para imprimir la Ventana "PROCESO"

3.2.3.2 Botón Automático

Este botón controla la visibilidad de ciertos objetos en la ventana "PROCESO", es decir al ser presionado permite visualizar botones y mensajes de texto los cuales dan a conocer y posibilitan la modificación de parámetros relacionados con el funcionamiento del sistema en este modo.

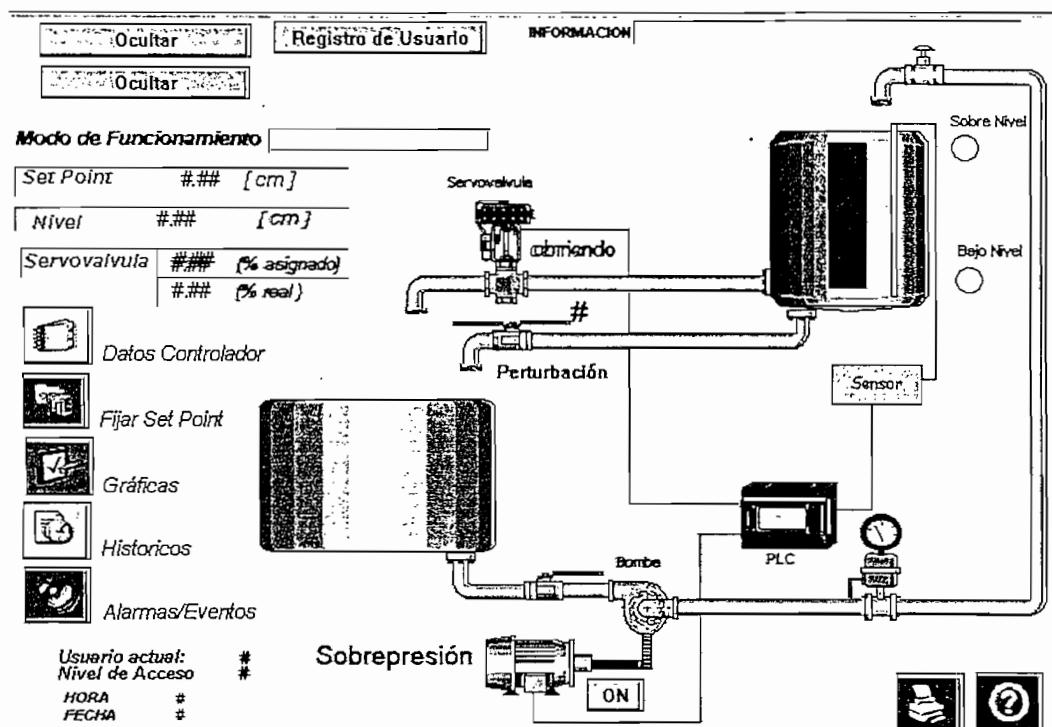


Figura 3.28 Ventana de Funcionamiento en Modo Automático

3.2.3.2.1 Mensajes de Texto

Los mensajes de texto existentes en la ventana son los siguientes:

<i>Setpoint</i>	Muestra el valor del setpoint escogido
<i>Nivel</i>	Muestra el valor del nivel del líquido en el tanque
<i>Servoválvula</i>	Muestra el porcentaje de apertura de la válvula de control

Para poder mostrar un valor numérico se debe crear el texto “#.#” y asignarle el link *Value Display / Analog* vinculado con el tagname a mostrar. La figura 3.29 indica las ventanas de dialogo para mostrar el valor del setpoint.

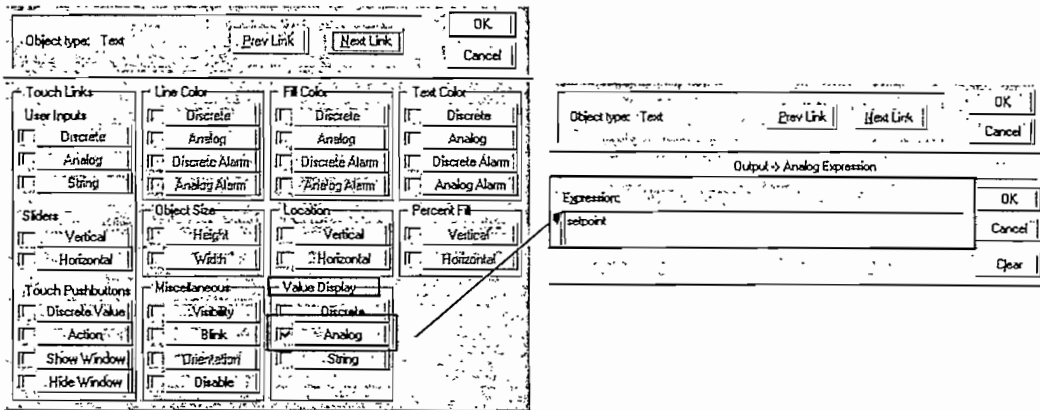


Figura 3.29 Ventanas de configuración para mostrar Setpoint

Los botones existentes en la ventana son los siguientes:

3.2.3.2.2 Botón Fijar Setpoint

El botón “Fijar Setpoint ” abre la ventana “SET POINT” en la cual se permite fijar el setpoint de nivel y visualizarlo antes de cerrar la pantalla.

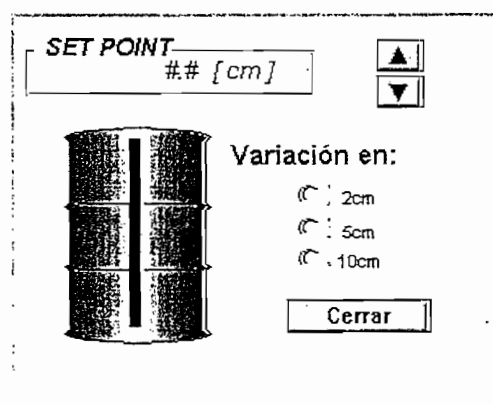


Figura 3.30 Ventana “SET POINT”

3.2.3.2.3 Botón Gráficas

El botón "Gráficas" permite abrir la ventana "GRÁFICAS DEL PROCESO" en la que se representan en tiempo real las variables del proceso: Nivel en el tanque, Setpoint, Presión y Porcentaje de Apertura de la válvula de control.

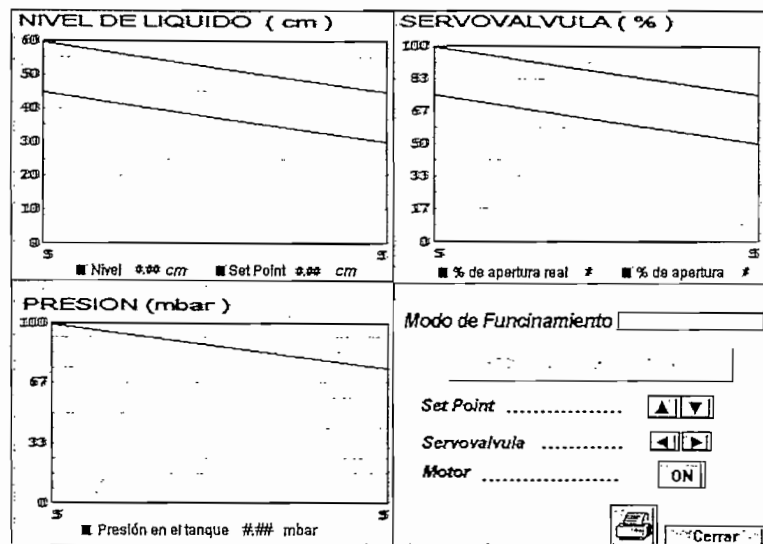


Figura 3.31 Ventana " GRÁFICAS DEL PROCESO"

Para crear un gráfico de tiempo real se debe seleccionar el ícono *Real-time Trend* en *Drawing Toolbar*, a continuación se lo pega en la ventana de la aplicación en donde debe ser configurado.

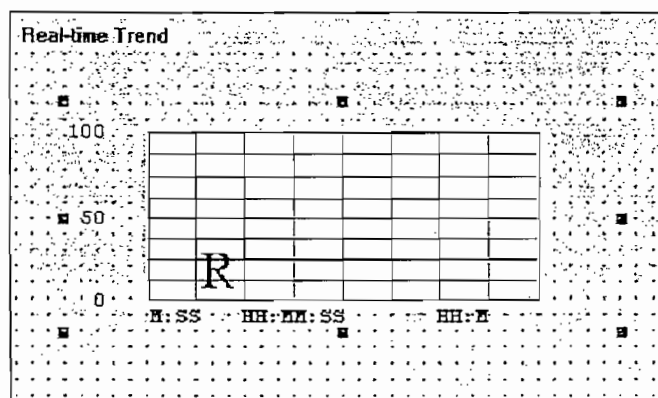


Figura 3.32 Object Real-time Trend

Para abrir la ventana de configuración de un *Real-time Trend* se debe hacer doble click en el objeto. La siguiente ventana de configuración aparece:

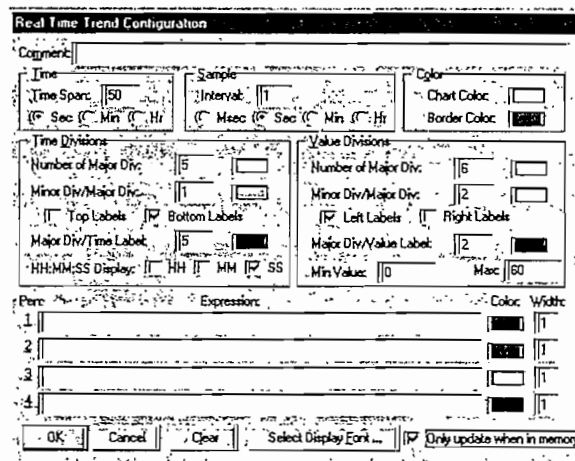


Figura 3.33 Ventana de configuración del *Real-time Trend*

Esta ventana permite configurar propiedades que va a tener la gráfica en *Window Viewer*, como tiempo de muestreo, escala máxima de los ejes, divisiones de la cuadrícula en la que es dibujada la gráfica, colores, y más.

Para configurar el tagname que va a ser graficado se debe escribir su nombre (*Pen*) en el área de *Expression*. Un total de cuatro tagnames pueden ser graficados en un mismo *Real-time Trend*.

La opción *Only Update when in memory* permite actualizar la gráfica únicamente cuando la ventana es mostrada, si esta opción no es activada los datos serán actualizados incluso cuando la ventana que contiene el *Real-time Trend* no esté activa, lo que podría ocasionar un desarrollo lento del sistema en general.

Desde la ventana "GRÁFICAS DEL PROCESO" se puede imprimir la misma, además visualizar el modo de funcionamiento y dependiendo de éste, tomar acciones de control como variar setpoint, encender la bomba y variar porcentaje de apertura de la válvula de control.

3.2.3.2.4 Botón Históricos

El botón "Históricos" abre la ventana "HISTÓRICOS" que permite obtener información gráfica acerca de acciones tomadas en el proceso. Los históricos del proceso a diferencia de los gráficos en tiempo real proporcionan información pasada y sus datos son actualizados únicamente por medio de scripts o botones con links asociados para hacerlo. Un histórico puede ser asociado con herramientas como barras de desplazamientos para acceder a fechas específicas, opciones de zoom para mejor apreciación de los datos, etc.

Para crear un histórico se debe seleccionar el ícono *Historical Trend* en la *Drawing Toolbar* o bien utilizar uno de los *Historical Trends Wizards* ya existentes y ubicados en la opción *Trends* del *Wizards Selection*.

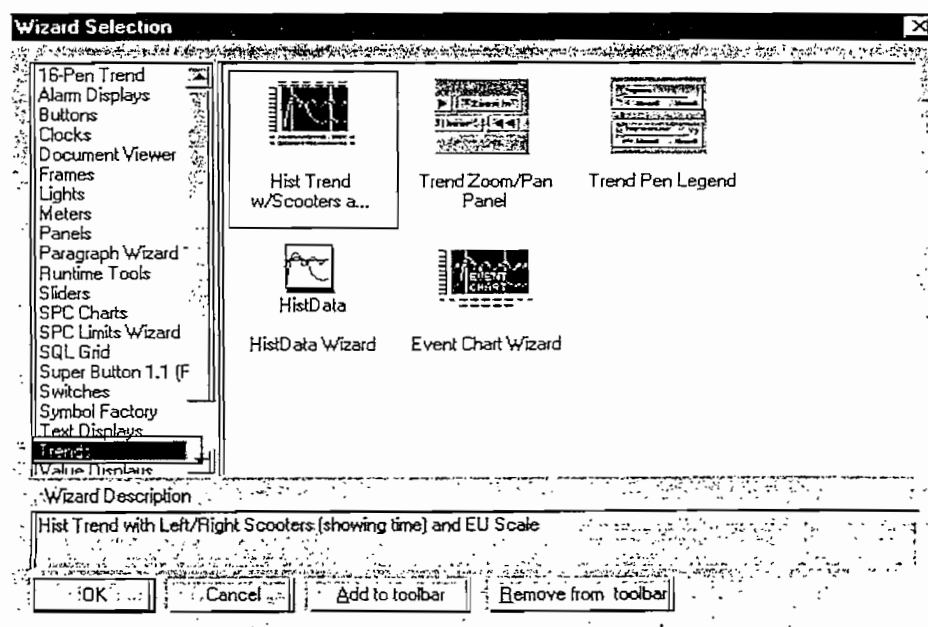


Figura 3.34 Historical Trends Wizards

El histórico desarrollado en el presente trabajo utiliza los siguientes *Historical Trends Wizards* ya existentes:

Historical Trends w/ Scooters and scale.- Este wizard permite mostrar la pantalla en donde se van a visualizar la gráficas de las variables del histórico, el eje "x" con una escala de tiempo y el eje "y" puede cambiar sus rango dependiendo del tipo y número de variables que estén configuradas para ser graficadas en el histórico.

Para configurar este Wizard se debe previamente crear un tagname del tipo *Hist Trend* y otro *Memory Integer* luego doble click en el objeto del wizard con lo que la siguiente ventana aparece.

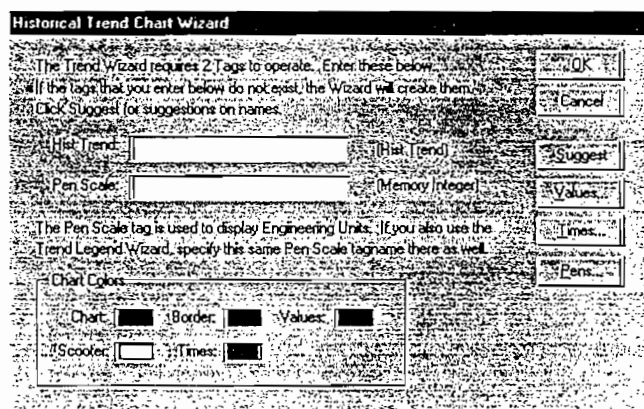


Figura 3.35 Ventana de configuración del Wizard *Historical Trend w/ Scooters and scale*

Los tagnames previamente creados deben ser ingresados en *Hist Trend* y *Pen Scale*. Además se puede configurar el formato y escalas de los ejes x e y (*Values* y *Times*), y los tagnames que van a ser graficados en el histórico (*Pens*).

Para que un tagname pueda ser graficado y almacenado por un histórico debe previamente ser asignado para el efecto (máximo ocho tagnames por *wizard historical trend*), para lo cual en el *Tagname Dictionary* se debe seleccionar el tag (*Select....*) y asignarle la opción *Log Data*.

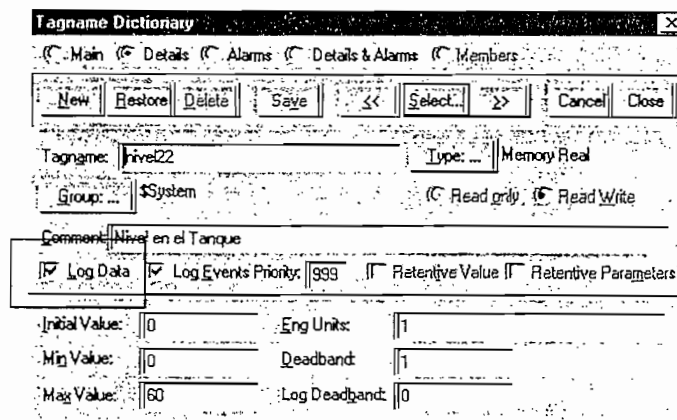


Figura 3.36 Ventana de asignación del tagname nivel22 para ser usado por un histórico

Una vez que se han asignado tagnames en la opción (Pens...) del *Historical Trend Wizard* se debe habilitar el almacenamiento de datos al histórico desde la opción *Enable Historical Logging* en la ventana de *Historical Logging Properties* que se accede desde la opción *Special / Configure / Historical Logging*

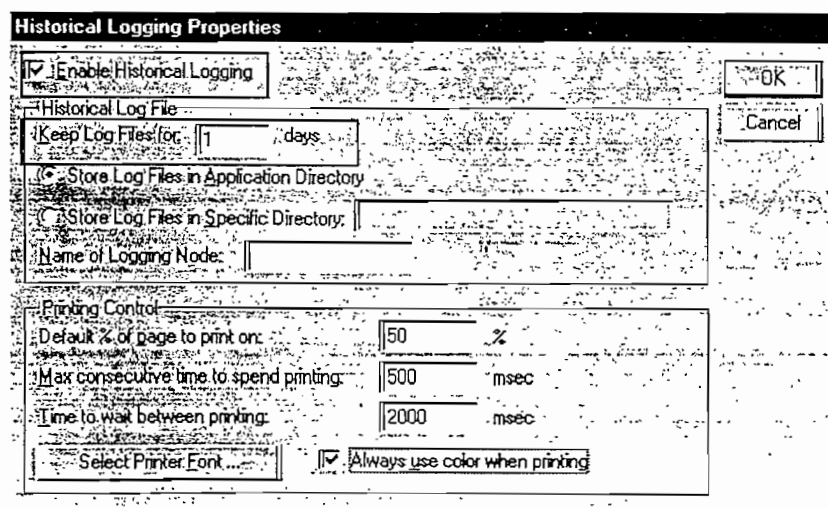


Figura 3.37 Ventana Historical Logging Properties

En esta ventana se puede configurar el número de días que se desea que los archivos de los históricos permanezcan almacenados en el computador (*Keep log files for...*) y el directorio de destino (*Store Log Files in special directory*), Intouch crea dos archivos cada día (*.LGH* y *.IDX*), por lo que se debe considerar el espacio libre en el disco, si no existe suficiente espacio el almacenamiento de históricos se detiene hasta que sea liberada memoria en el disco duro.

El formato de los archivos creados por Intouch son los siguientes:

YYMMDD.LGH y YYMMDD.IDX en donde

YY Muestra el año que el archivo fue creado (99-01)

MM Muestra el mes que el archivo fue creado (01-12)

DD Muestra el día que el archivo fue creado (01-31)

Además en esta ventana se configuran las opciones de impresión cuando se imprimen los archivos de históricos.

Trend Zoom / Pan Panel.- Este wizard muestra dos barras de botones los que básicamente permiten configurar la escala de tiempo del *Historical Trends w/ Scooters and scale* en *Window Viewer* para poder acceder mas rápidamente a históricos en fechas de interés, configurar intervalos de tiempo que van a ser mostrados en la pantalla del *Historical Trends w/ Scooters and scale*, tiene también opciones de *Zoom in* y *Zoom out* y un botón para actualizar los históricos hasta la fecha y hora actual.

Al igual que el wizard anterior su configuración necesita de dos tagnames, uno del tipo *Hist Trend*, y el otro *Memory Integer*, estos tagnames corresponden a los mismo asignados al *wizard* anterior.

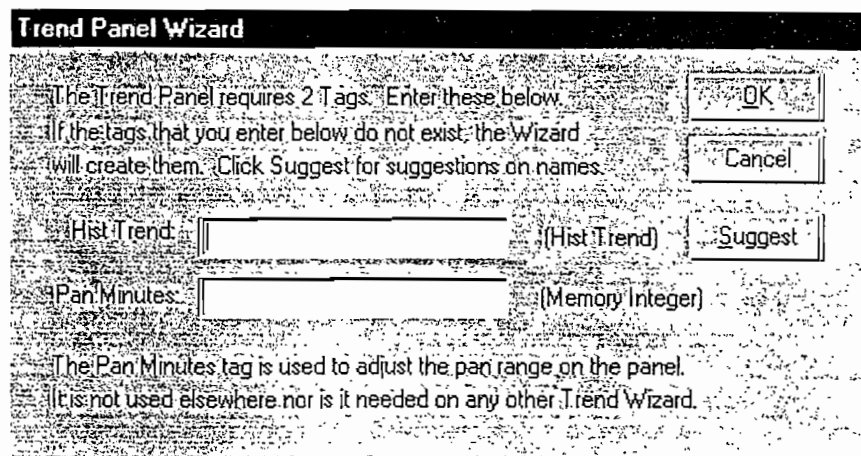


Figura 3.38 Ventana de configuración del Wizard Trend Zoom / Pan Panel

Trend pen Legend.- Este wizard muestra el nombre del tagname asociado con el *Historical Trends w/ Scooters and scale*, así como el último valor que tuvo esté en la última actualización de los valores de los históricos, la ventana de configuración se muestra a continuación.

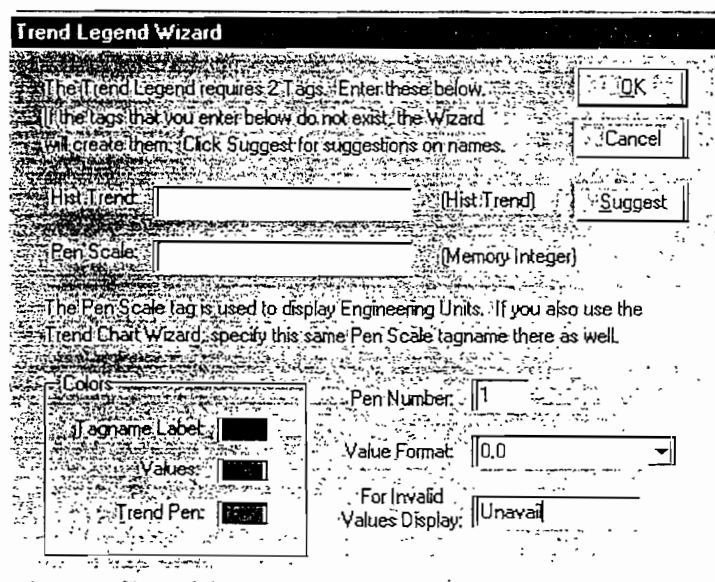


Figura 3.39 Ventana de configuración del Wizard Trend pen Legend

Los tagnames *Hist Trend* y *Memory Integer* deben ser los mismos asignados al wizard *Historical Trends w/ Scooters and scale*.

Hist Data Wizards.- Intouch posee un programa interno HIST DATA PROGRAM el que provee un acceso a los archivos de los históricos creados por Intouch, es usado para trasladar datos de los históricos a un programa de búsqueda como Microsoft Excel lo que ayuda a tener una base de datos de los históricos del proceso.

El *Hist Data Wizard* permite salvar los datos comprendidos en los intervalos de tiempo especificados en el wizard *Trend Zoom / Pan Panel* y guardarlos en un archivo de extensión .csv , cuando este archivo es abierto en Microsoft Excel los datos son automáticamente separados en columnas.

	A	B	C	D	E
1	\$Date	\$Time	PRUEBA	SLIDER	
2	6/02/00	7:11:08			
3	6/02/00	7:14:28			
4	6/02/00	7:17:48	0		
5	6/02/00	7:21:08	0	0	
6					

Figura 3.40 Archivo Histdata.csv abierto en Microsoft Excel

La ventana de históricos implementada por medio de los wizards anteriormente descritos se muestra en la Figura 3.41.

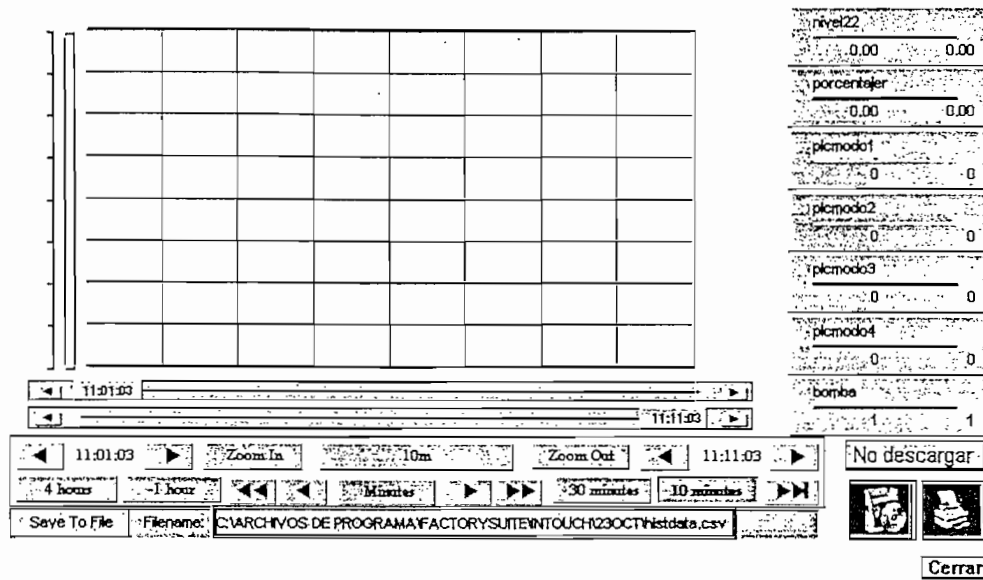


Figura 3.41 Ventana " HISTORICOS " vista en Window Viewer

Existen dos botones adicionales cuyos íconos se muestran a continuación:



El botón Base de datos permite abrir en Excel el archivo .csv que contiene la base de datos de los históricos del proceso, mientras que el botón imprimir, imprime el área de la gráfica de la ventana de Históricos, esto se logra vinculando el botón con un link *Touch Pushbutton Action* y la función interna *PrintHT*.

En runtime el objeto correspondiente al wizard *Historical Trends w/ Scooters and scale* es configurable y permite determinar la hora y fecha de inicio del eje x en la gráfica, el rango de tiempo y los tagnames a ser registrados en el histórico (*Pens..*).

Para abrir la ventana de configuración basta con hacer click en el espacio del gráfico.

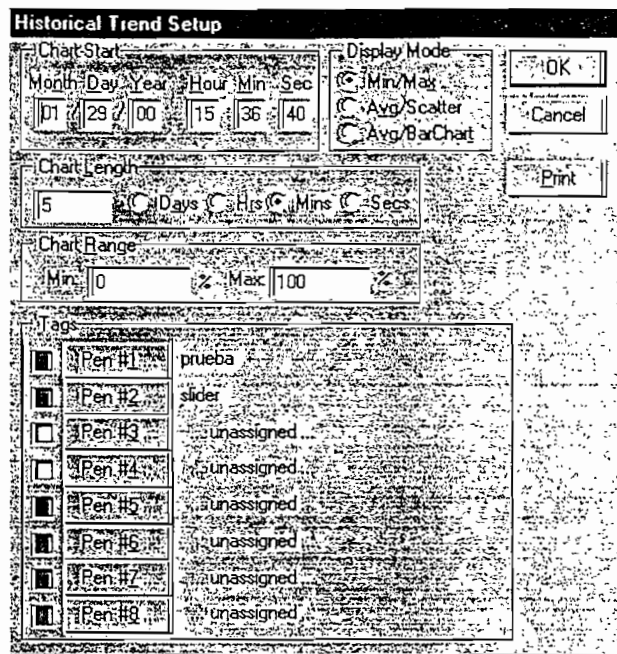


Figura 3.42 Ventana de configuración del *Historical Trend Wizard* en runtime.

3.2.3.2.5 Botón Alarmas y Eventos

Finalmente el botón "Alarmas/Eventos" permite abrir la ventana "ALARMAS Y EVENTOS", que es un sistema de notificaciones que posee Intouch para informar al operador del proceso y las condiciones del sistema. Las alarmas representan advertencias de las condiciones del proceso mientras que los eventos son mensajes de estado normal del proceso. Intouch permite la muestra, actualización e impresión de las alarmas y eventos del sistema.

Intouch posee un wizard que permite mostrar las alarmas y eventos generados localmente (*Standar Alarm Display*). Para crear un *Standar Alarm Display* se debe hacer click en el wizard ubicado en el *Wizard/Active X Toolbar* . Figura 3.43

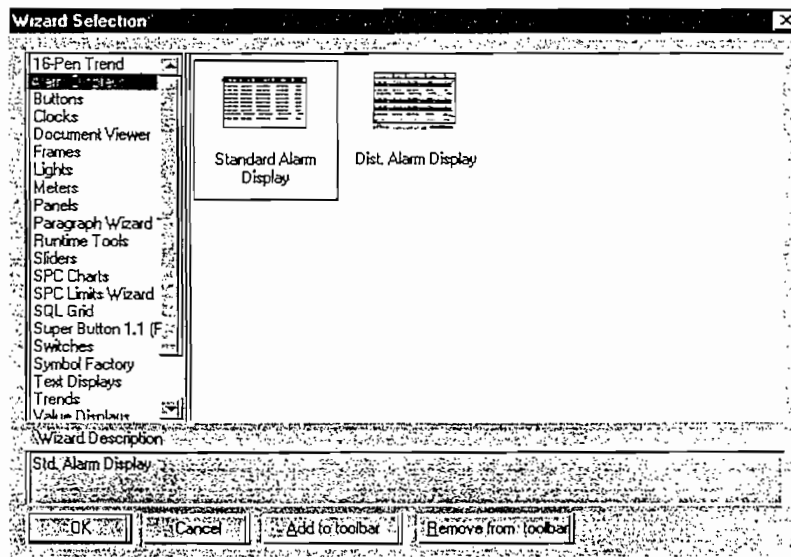


Figura 3.43 Ventana de selección del wizard *Standar Alarm Display*

Para configurar el wizard se debe hacer doble click en el mismo con lo que la siguiente ventana de configuración aparece.

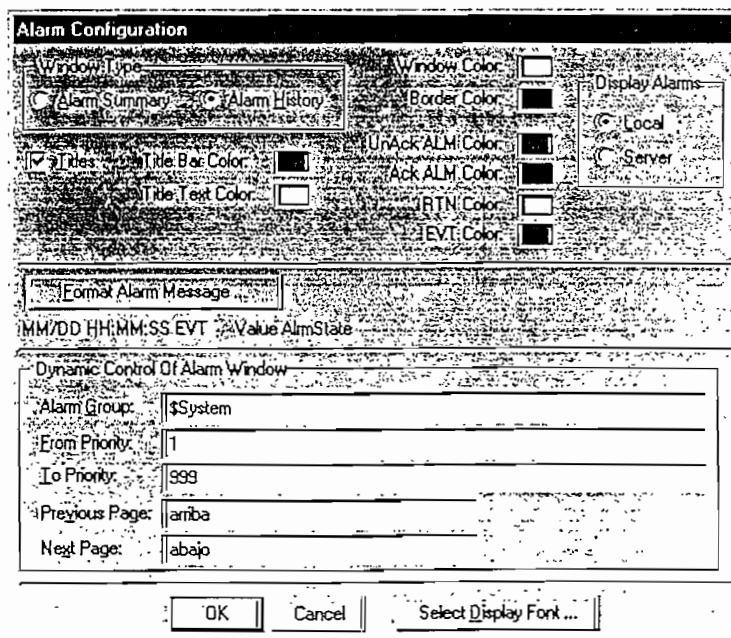


Figura 3.44 Ventana de configuración del Wizard *Standar Alarm Display*

Los aspectos de mayor importancia que deben ser configurados son los siguientes:

Window Type

Alarm Summary	Muestra un resumen de las alarmas
Alarm History	Muestra un resumen de las alarmas y eventos
UnAck ALM Color	Color del mensaje de aviso de alarma desconocida
Ack ALMColor	Color de mensaje de aviso de conocimiento de alarma
Alarm Group	Grupo de alarmas que el wizard está destinado a mostrar
FromPriority/ToPriority	Rango de prioridad de las alarmas que serán mostradas
PreviousPage/NextPage	Nombre de dos tagnames discretos que pueden ser vinculados con botones para que en runtime permitan desplazarse en la ventana de alarmas y eventos

Cuando se da click en *Format Alarm Message* se abre una ventana (Figura 3.45) que permite configurar el formato con el que el mensaje de alarma o evento va a ser mostrado en el wizard en runtime en el momento que éste ocurre.

Format Alarm Message

Date: MM/DD MMM/DD MM/DD/YY MMM/DD/YYYY
 DD/MM DD MMM DD/MM/YY DD MMM YYYY

Time: 24 Hour AM/PM HH MM SS MSec

Event: [ACK] [RTN] [ALM] [EVT]

Alarm Type: [HIHI] [SDEV] [OPR] [etc.]

Operator Length:

Priority

Comment Length:

Tagname Length:

Group Name Length:

Value Length:

Limit Length:

Alarm State: [UNACK] [ALM] [ACK] [ALM] [etc.]

MM/DD:HH:MM:SS:EVT Value AlmState

Figura 3.45 Ventana de *Format Alarm Display*

Esta ventana permite configurar el formato de la fecha y hora que ocurrió la alarma o evento, mostrar el tipo, prioridad, valor, comentario, tagname, estado y más aspectos de la alarma o evento.

Para que un tagname sea mostrado por el *Standar Alarm Display Wizard* se debe previamente definir la condiciones de alarma para dicho tag en el *Tagname Dictionary*, por ejemplo la figura 3.46 muestra la configuración para el tagname *sobrepres* que permite registrar el estado de evento y alarma cuando exista sobrepresión en la bomba.

Figura 3.46 Ventana de configuración para alarma y evento del tagname *sobrepres* .

3.2.3.2.6 Botón Datos Controlador

El botón " Datos Controlador " permite mostrar los datos de las variables del programa que controla la posición de la válvula en el modo automático. La descripción detallada del programa y algoritmo de control se muestra a continuación.

Referencia	Set Point	ek	$ek-1$	$Kp (ek - ek-1)$	$Uk-1$	Uk
#	#	#	#	#	#	#

Figura 3.47 Ventana " DATOS DEL CONTROLADOR "

3.2.3.3 Botón Manual

Al escoger la opción manual se habilitan los controles manuales del proceso, los cuales son:

Pulsante de encendido y apagado del motor de la bomba

Botones de incremento y decremento de la apertura de la válvula de control

Botón Históricos (Despliega la ventana de históricos)

Botón Gráficas (Despliega la ventana de gráficos)

Botón Alarmas y Eventos (Despliega la ventana de alarmas y eventos)

Además se puede ver los valores numéricos del nivel de líquido en el tanque y el porcentaje de apertura de la válvula de control.

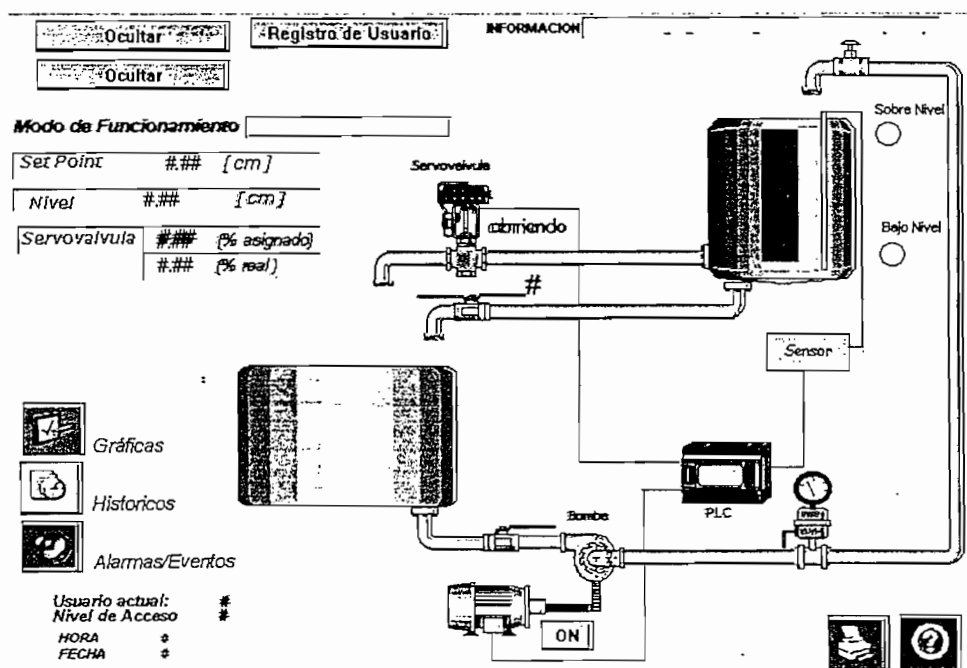


Figura 3.48 Ventana de Funcionamiento Manual

3.3 COMUNICACIÓN PLC – INTOUCH

Para el acceso de datos en el PLC se utiliza el *Allen- Bradley Serial I/O Server* o también conocido como ABKF2 el mismo que es un programa de aplicación que trabaja bajo Windows y actúa como un servidor de protocolo de comunicación, ABKF2 permite el acceso al PLC desde otra aplicación de Windows.

En este caso permite enviar o recibir datos desde el programa de aplicación Intouch hacia el PLC (Micrologix 1000 Analog). La comunicación interna entre Intouch y ABKF2 se establece por medio del protocolo DDE (Dynamic Data Exchange), protocolo desarrollado por Microsoft para permitir a aplicaciones que trabajan en ambiente de Windows enviar y recibir datos de una a otra.

El direccionamiento de datos por medio de ABKF2 se lo realiza mediante un convenio que requiere la definición de tres partes denominadas *application name*, *topic name* y *access name*.

application name Es el nombre del programa que trabaja bajo Windows y tendrá acceso al PLC, en caso de que los datos sean leídos o escritos en un PLC Allen – Bradley por medio de este servidor el *application name* deberá ser ABKF2.

topic name Es el nombre genérico que se le da a la aplicación para ser identificada en el proceso de comunicación por ejemplo ABPLC. En el caso de que la comunicación sea con Intouch es el mismo nombre que lleva el *Access Name* de los *I/O tags* de la aplicación.

item name Son los nombres de específicos datos dentro del topic (PLC), por ejemplo un item puede ser un contador, un relé, un registro, etc. dentro del PLC. Los *items names* dependen del modo de direccionamiento que utilice a programación del PLC utilizado.

3.3.1 CONFIGURACIÓN DEL I/O SERVER

Una vez que el software del ABKF2 es instalado en el computador, éste requiere una configuración para su correcto funcionamiento. Las opciones de configuración se encuentran en la barra de menú de la ventana del programa en la opción *Configure* (Figura 3.48).

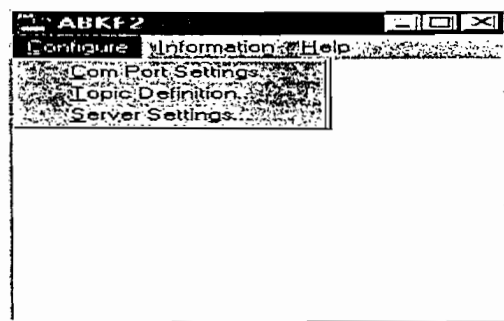


Figura 3.49 Ventana del programa ABKF2

3.3.1.1 Configuración del Puerto de Comunicaciones

La Figura 3.49 muestra la ventana de configuración del puerto de comunicaciones que se utilizado para la comunicación con el PLC, su acceso se lo realiza desde la barra de menú *configure / com port settings* .

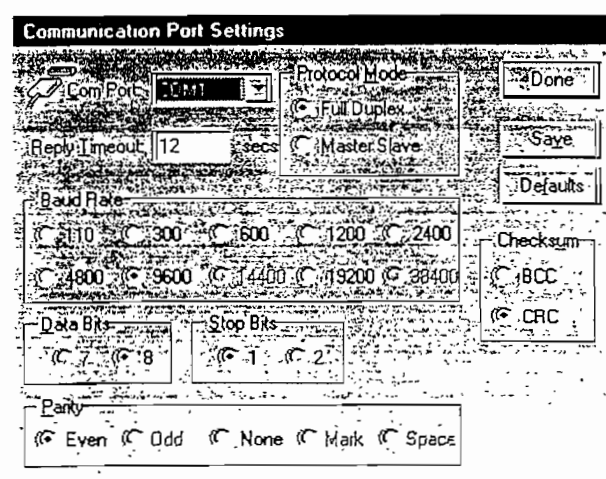


Figura 3.50 Ventana de configuración del puerto de comunicaciones

Esta ventana nos permite configurar el puerto de comunicaciones que será utilizado, el modo de transmisión de datos, velocidad , bits de paridad , datos, parada, modo y chequeo de errores de ser el caso.

3.3.1.2 Configuración del topic

Para la configuración del *topic* se debe acceder a la ventana correspondiente desde el menú *Configure/Topic Definition*, en la cual se debe agregar un nuevo topic (*New*).

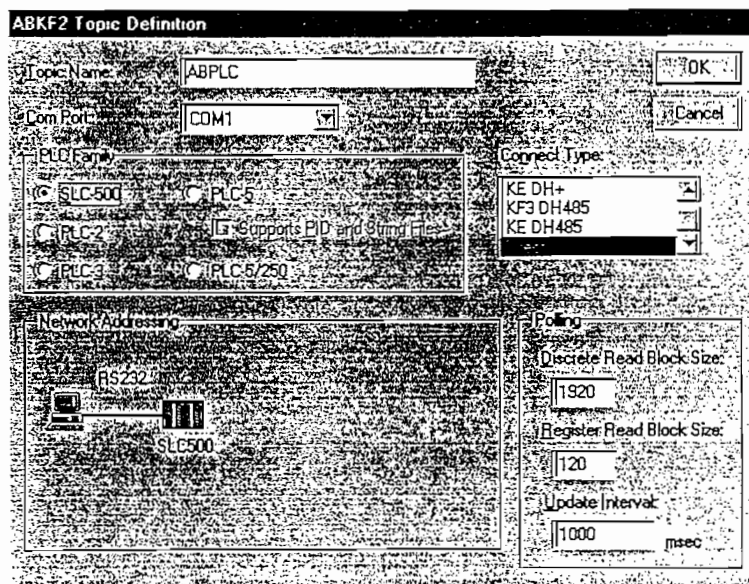


Figura 3.51 Ventana de configuración de nuevo topic

En esta ventana de diálogo se debe configurar y tomar en cuenta lo siguiente:

Topic Name	Nombre asignado al topic.
Com Port	Puerto de comunicaciones a utilizarse.
PLC Family	Seleccionar el tipo de PLC para el <i>topic definition</i> .

Addressing Network	Es un campo dinámico que muestra un ejemplo del tipo de conexión que debe ser realizada de acuerdo a la opción escogida en el campo <i>Connect Type</i> .
Conect Type	Permite determinar el tipo de direccionamiento de la conexión entre el PLC y el computador, en este caso se utilizó la opción <i>direct</i> , que permite una conexión directa vía RS232 entre el PC y el PLC.
<i>Polling</i>	Permite determinar los máximos números de valores discretos y de registros que se desea sean leídos a la vez, así como también el tiempo para que el servidor lea los datos asociados a este topic. Para el PLC utilizado los valores máximos de <i>Discrete and Register Block Size</i> son 320 y 40 respectivamente.

Finalmente se debe activar el puerto y el tópic desde *Information/Reports/Active Ports and Topics* en la barra de menú inicio del programa.

3.3.2 CONFIGURACIÓN DE ÍTEMS EN INTOUCH

Para que un *I/O Tagname* sea leído o escrito desde/en el PLC se debe previamente definir un *Access Name* dentro de Intouch, el mismo que contiene la información del nombre de la aplicación (*Application Name*), y el nombre del tópic (*Topic Name*)

El *Application Name* corresponde al nombre de la aplicación con la que se va a comunicar Intouch, en este caso el servidor de comunicaciones ABKF2 que a su vez va a acceder a los datos del PLC.

El *Topic Name* corresponde al nombre genérico de la aplicación , en este caso ABPLC. (Igual al nombre del *Topic Definition* establecido en ABKF2)

Para definir un *Access Name* para un *I/O tagname* por primera vez se debe seleccionar dicho tag desde el *Tagname Dictionary* y presionar el botón *Access Name* Figura 3.52, a continuación se abre una ventana de diálogo que permite añadir (*Add*), modificar (*Modify*), o borrar (*Delete*) un nuevo *Access Name*.
Figura 3.53

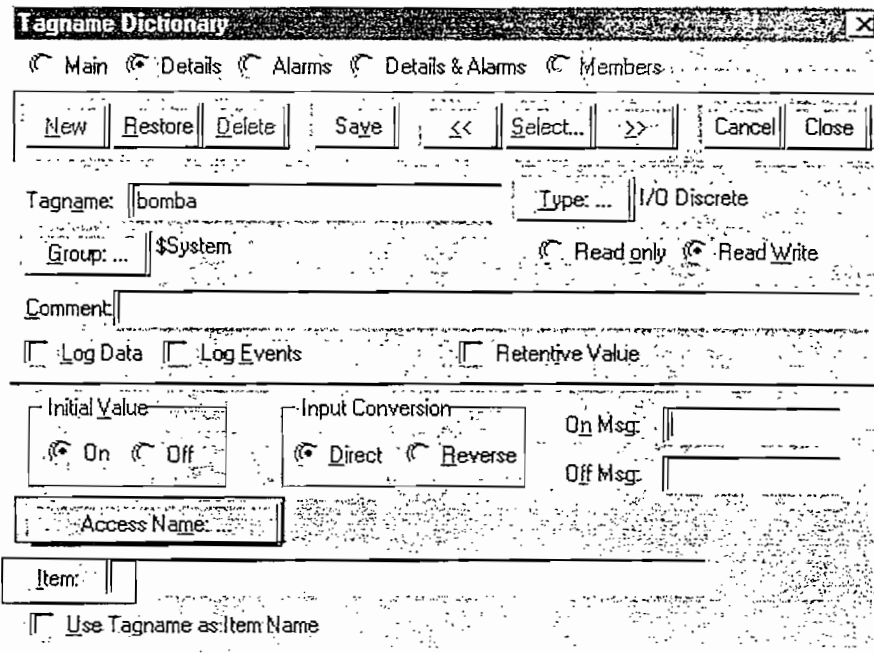


Figura 3.52 Ventana del I/O Tagname bomba utilizado para encender la bomba desde Intouch

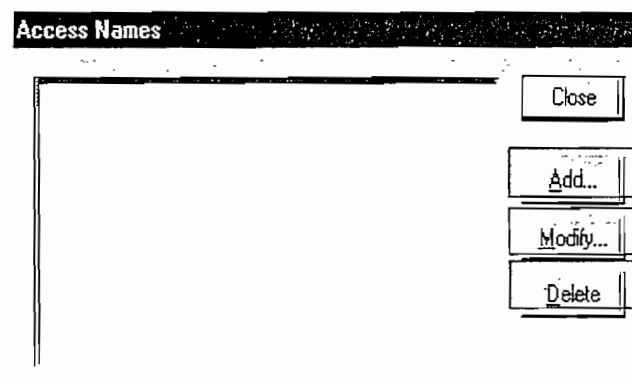
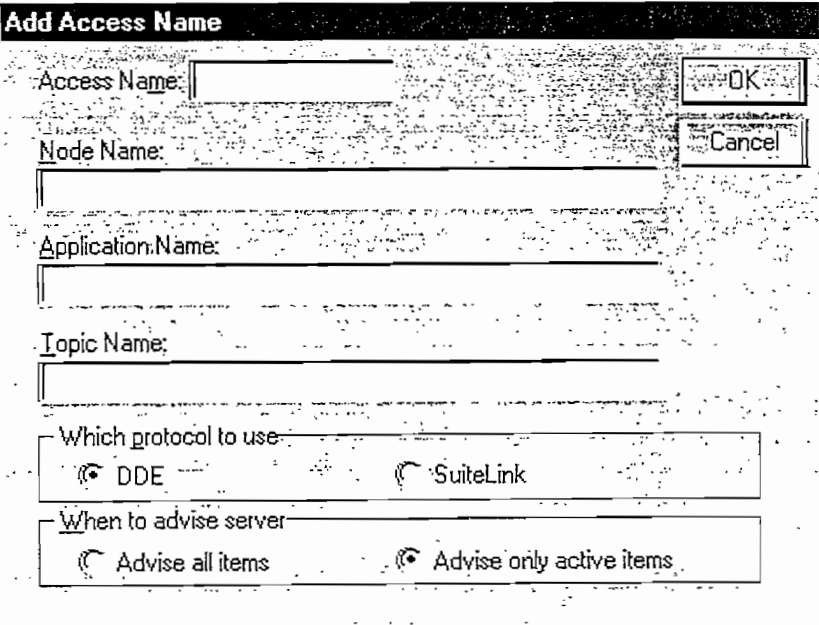


Figura 3.53 Ventana *Access Names*

En el momento que se decide añadir un nuevo *Access Name* se abre una nueva ventana de dialogo en la cual se debe escribir un nombre genérico para el acceso creado (Para esta aplicación el nombre es ABPLC), el nombre de la aplicación (ABKF2) y el nombre del tópico (ABPLC). Además se debe seleccionar el protocolo a utilizarse (DDE). Figura 3.54

Posteriormente se debe asignar el ítem (Figura 3.52), el que corresponde a una dirección dentro del PLC con la que va a estar asociada dicho *I/O tagname*.

Para un correcto inicio de la comunicación entre Intouch y el PLC se debe primero activar los puertos y los tópicos en ABKF2 y luego pasar al modo runtime en Intouch.



The image shows a dialog box titled "Add Access Name". It contains the following fields and options:

- Access Name:** A text input field.
- Node Name:** A text input field.
- Application Name:** A text input field.
- Topic Name:** A text input field.
- Which protocol to use:** A group box containing two radio buttons: DDE and SuiteLink.
- When to advise server:** A group box containing two radio buttons: Advise all items and Advise only active items.
- Buttons:** "OK" and "Cancel" buttons are located on the right side of the dialog.

Figura 3.54 Ventana para añadir un nuevo Access Name

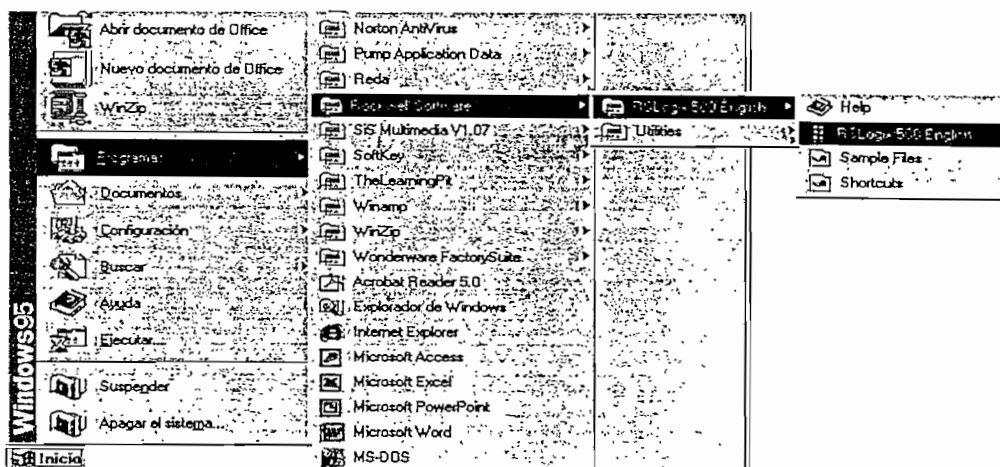


Figura 3.55. Ruta de acceso a RSLogix 500

3.4.2 CREACIÓN DE UN PROYECTO

RSLogix se basa en el manejo de proyectos, un proyecto es un juego completo de archivos asociados con el programa. Para crear un nuevo proyecto se lo puede hacer desde el menú *File/New* o dando click en el ícono de *New* en la *Main Toolbar*.

Previo a la creación de un nuevo proyecto el programa presenta una pantalla en la cual se debe escoger el tipo de procesador y configurar el driver de comunicación para la programación del PLC con el que se va a trabajar, el mismo que permitirá además trabajar en el modo de operación denominado *Online* mediante el cual se pueden forzar (simular) los valores de las entradas a fin de determinar la respuesta del controlador. El procesador escogido es el Micrologix 1000 Analog, y el driver de comunicación utilizado es el RS232 DF1 el que permite la comunicación serial con PLCs de la familia de Allen Bradley.

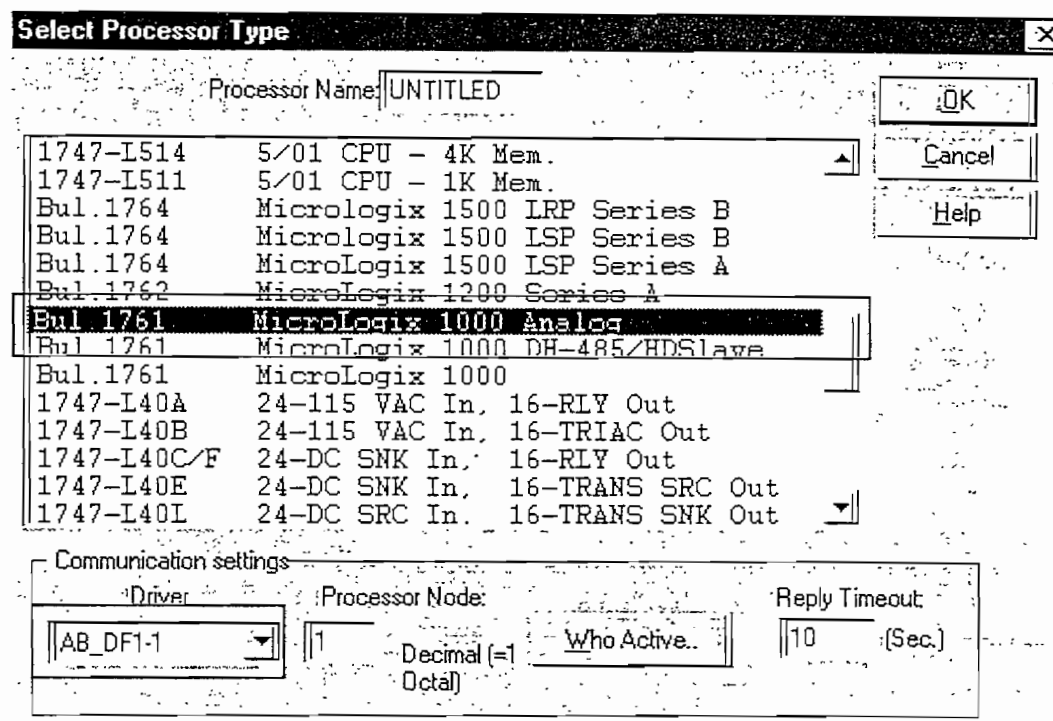


Figura 3.56 Ventana de configuración de procesador

3.4.3 CONFIGURACIÓN DEL DRIVER RS232 DF1

La configuración e instalación del driver RS232 DF1 se realiza desde el programa RSLinx en el cual existen una gran cantidad de drivers de comunicación disponibles que pueden ser utilizados de acuerdo a los requerimientos. En la ventana principal del programa se escoge la opción *Communications / Configure Drivers* con lo que aparece la ventana de la Figura 3.57, en la cual se presenta la lista para de los drivers existentes, una vez que se ha escogido uno se presiona *Add New* y el driver es agregado a la lista en donde puede ya ser configurado.

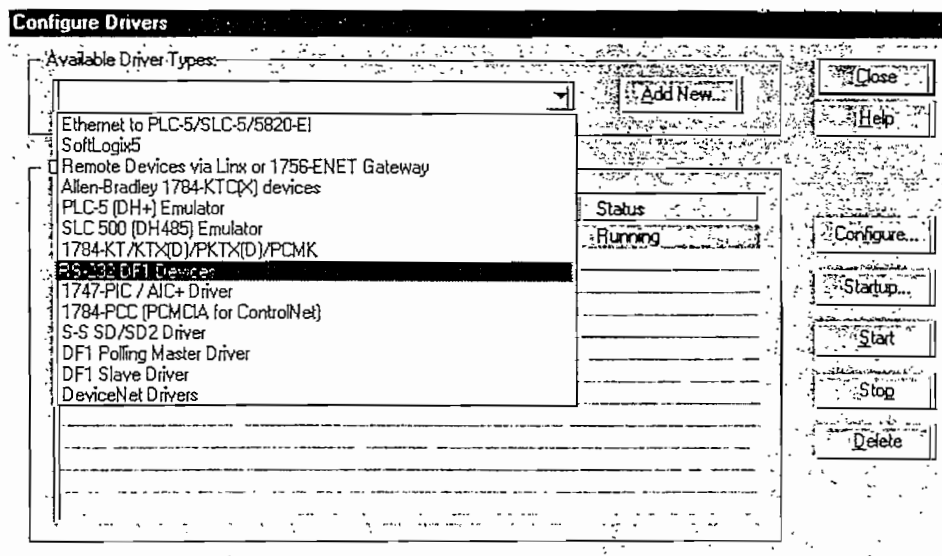


Figura 3.57 Ventana de configuración de drivers en el RSLogix

En la ventana de configuración (Figura 3.58) existe la opción *Auto Configure* usada si no se conocen las especificaciones del protocolo con el que se está trabajando, para hacer uso de esta opción se debe previamente escoger el puerto de comunicaciones al que está conectado el PLC (COM1), el tipo de equipo que se va a conectar al puerto (Micrologix), y el número de estación.

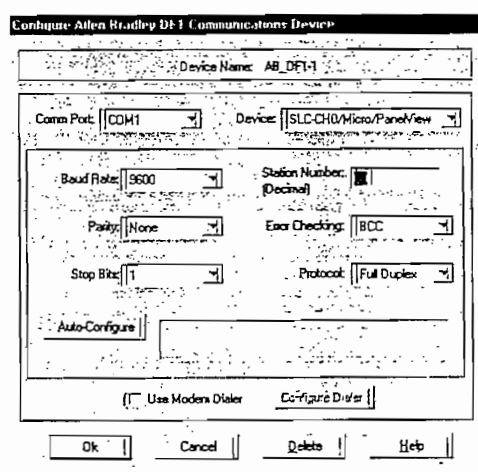


Figura 3.58 Ventana de configuración de driver RS232 DF1

Finalmente se debe iniciar el driver con la opción *Start* en la ventana de la figura 3.57

3.4.4 CREACIÓN DE UN ARCHIVO NUEVO

Una vez escogido el procesador y el driver de comunicación aparece la ventana de edición del proyecto la que consta de las siguientes partes principales:

Menu Bar

Es la barra que permite acceder a las opciones principales tanto de archivos, edición herramientas, etc.

Icon Bar

Consta de iconos que permite ejecutar las opciones mas usadas dentro del proyecto (crear nuevo proyecto, abrir proyecto, imprimir, buscar, etc.)

Online Bar

Permite establecer la conexión en línea con el PLC a más de prestar información de la existencia o no de entradas forzadas.

Project Tree

Es una pequeña ventana ubicada en la parte izquierda de la ventana principal en la que se muestra un explorador muy similar al explorador de Windows en el que se puede visualizar y acceder a las carpetas y archivos existentes en el proyecto entre los que tenemos archivos del proyecto, archivos de programas, archivos de datos de la memoria del PLC, etc.

Result Panel

Muestra los resultados de errores encontrados en el proyecto cuando se ejecuta una verificación del mismo.

Ladder View

Es una ventana en la cual se edita el programa en ladder. Varias ventanas de programas ladder pueden ser vistas al mismo tiempo.

Instrucción Toolbar

Despliega los símbolos de las instrucciones existentes en determinadas categorías, solo se debe escoger la categoría y dar click en el símbolo que deseamos insertar en el programa ladder.

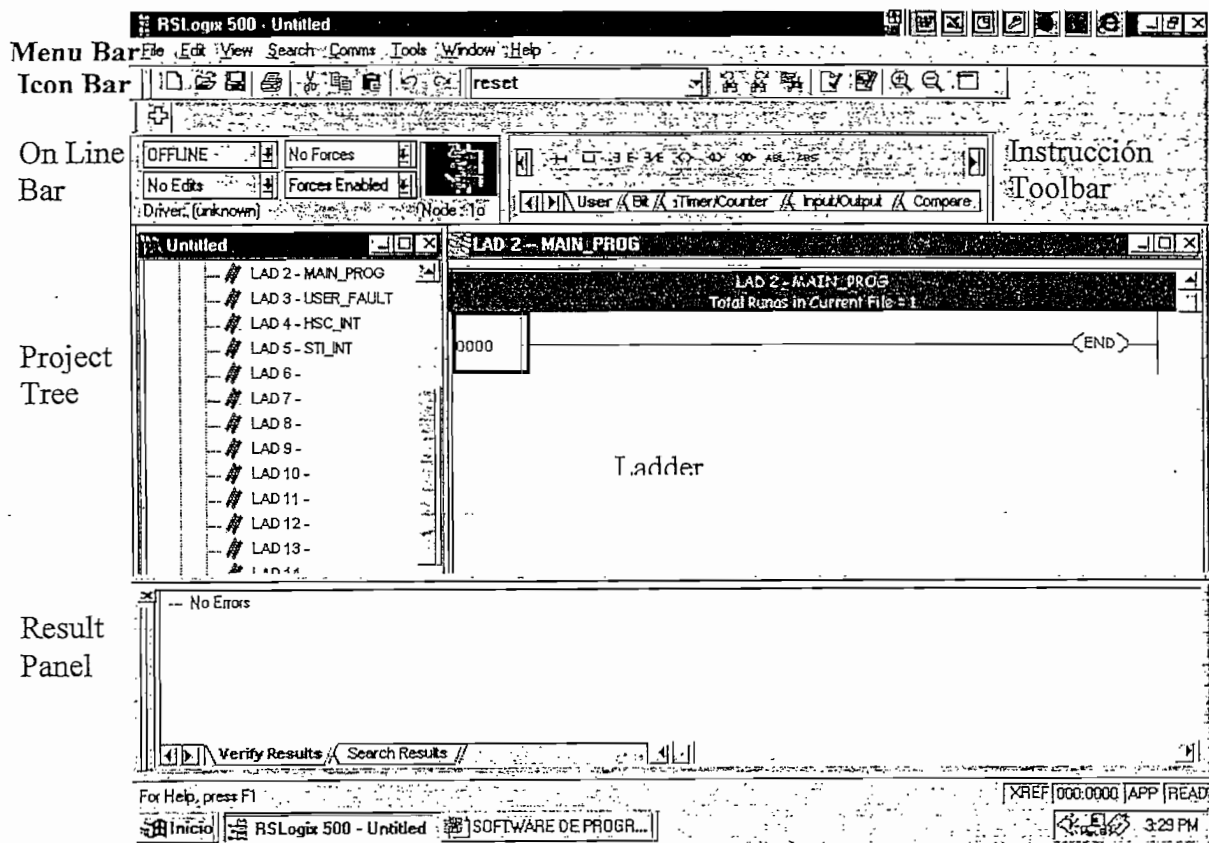


Figura 3.59 Ventana principal de programa RSLogix 500

3.5 DESARROLLO DEL PROGRAMA DEL PLC

3.5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El programa del PLC debe hacer lo siguiente:

Primeramente determinar que opción se ha escogido en los selectores en el Panel de Operador Manual/Automático o Local/PC

De acuerdo a la opción escogida

Manual/Panel

Permite encender o apagar la bomba y variar el porcentaje de apertura de la válvula de control desde el Panel de Operador.

Manual/PC

Permite encender o apagar la bomba y variar el porcentaje de apertura de la válvula de control desde el computador por medio de la interfaz gráfica.

Automático/Panel

Permite ingresar el valor del Setpoint de nivel deseado desde el panel de operador y de acuerdo a éste deberá abrir o cerrar la válvula, encender o apagar la bomba con el fin de llegar al valor deseado de nivel en el tanque.

Automático/PC

Permite ingresar el valor del Setpoint de nivel deseado desde el computador y de acuerdo a éste deberá abrir o cerrar la válvula, encender o apagar la bomba con el fin de llegar al valor deseado de nivel en el tanque.

Todos los modos de funcionamiento darán alerta de sobrenivel y subnivel en el tanque, sobrepresión en la bomba, presencia de perturbación y desactivaran la bomba de ser necesario.

3.5.2 SOLUCIÓN PROPUESTA

Tomando en cuenta que el programa del PLC debe determinar primeramente en que modo de operación se desea trabajar, y luego realizar un número de acciones específicas que depende del modo escogido, se desarrolla un programa principal que se encarga primeramente de determinar el modo de operación escogido mediante una subrutina inicial, y posteriormente dos subrutinas adicionales, cada una correspondiente a cada modo de operación (Manual y Automático).

Cada una de las subrutinas de los modos de operación consta a su vez de subrutinas internas encargadas de realizar una acción específica como por ejemplo el manejo de la válvula de control.

A continuación se detalla el funcionamiento del programa y de las subrutinas utilizadas.

3.5.2.1 Descripción del programa para el PLC

El programa principal inicia encendiendo la luz principal del Panel de Operador LP conectada a la salida O:Ø/6, a continuación ejecuta la subrutina para determinar el modo de operación escogido que depende de la posición de los selectores en el Panel de Operador (Subrutina SETEO MODOS DE OPERACIÓN) y finalmente ejecuta únicamente una de las dos subrutinas correspondiente a cada modo de operación (Subrutinas MANUAL o AUTOMÁTICO)

3.5.2.1.1 Subrutina SETEO MODOS DE OPERACIÓN

Esta subrutina inicia chequeando el estado de las entrada I:Ø/Ø y I: Ø/1 (Selectores Manual-Automático y Panel-PC respectivamente) del PLC, y dependiendo de su

estado activa los bits menos significativos del registro de 16 bits B3:0 como se indica a continuación

SELECTOR	B3:0/0	B3:0/1
MANUAL	0	
AUTOMATICO	1	
PANEL		0
PC		1

Tabla 3.2 Bits de estado de los selectores del Panel de Operador

Para cada modo de operación el registro B3:0 toma un valor decimal único, el que es utilizado para activar uno solo de los bits del registro B3:1 (16 bits), los que son utilizados en el programa principal para habilitar las subrutinas del modo de operación. El valor decimal del registro B3:0 y los bits del registro B3:1 utilizados se indican a continuación .

	Valor Decimal B3:0	Bits B3:1
MANUAL-PANEL	0	B3:1/0
AUTO-PANEL	1	B3:1/1
MANUAL-PC	2	B3:1/2
AUTO-PC	3	B3:1/3

Tabla 3.3 Bits de estado del modo de operación escogido

3.5.2.1.2 Subrutina ESTADO

La subrutina ESTADO es la encargada de determinar condiciones de estado del módulo, las que son:

- Sobrenivel en el tanque
- Subnivel en el tanque
- Sobrepresión en la bomba
- Perturbación en el tanque.

Para la determinación de sobrenivel y subnivel en el tanque se usa el registro B3:5, en el que se almacena el valor decimal correspondiente al valor de voltaje de la entrada analógica I:Ø.4 (Sensor de presión diferencial). La relación entre el voltaje de la entrada y el valor decimal de la palabra está dado por la ecuación 3.1

$$\frac{10.5V}{32767} * Valordecim\ de\ la\ palabra = V_{entrada} (V)$$

Ecuación 3.1

Para el control de nivel se considera un rango de control de 0 a 40 cm. Al entrar a la subrutina y usando la ecuación 3.1, los valores de voltaje que entrega el sensor en los puntos extremos de control (0cm 0.66V y 40cm 2.8V) son escalados a una palabra decimal entre 0 y 32767, y almacenado en el registro B3:5. Sabiendo que la respuesta del sensor es lineal y considerando como subnivel el valor de 5cm y sobrenivel el valor de 40cm tenemos los siguientes valores decimales aproximados del registro B3:5 para las condiciones indicadas.

	Altura	Voltaje del sensor	Valor decimal B3:5
Sobrenivel	40cm	2.8V	32766
Subnivel	5cm	0.96V	4600

Cuando el registro B3:5 toma valores mayores a 32766 se enciende la Luz indicadora de Sobrenivel L2 (O:Ø/Ø) y se activa el bit de estado B3:1/4, o si el registro toma valores menores a 4600 se enciende la Luz indicadora de Subnivel L3 (O:Ø/7) y se activa el bit B3:1/5.

El valor de sobrepresión en la bomba se determina por medio del estado de la entrada I: Ø/3 que está conectada a un contacto cerrado del sensor de sobrepresión, de la misma manera que las condiciones de sobrenivel y subnivel está asociada con el bit B3:1/6 y la salida O: Ø/1 para la luz indicadora L5.

El final de carrera que detecta la presencia de perturbación está conectado a la entrada I:Ø/3 y activa el bit B3:1/7 y la salida O:Ø/4 de la luz indicadora L4.

3.5.2.1.3 Subrutina *MANUAL*

Esta subrutina inicia determinando condiciones de funcionamiento del módulo por medio de la subrutina ESTADO.

Posteriormente realiza el encendido de la bomba desde el modo MANUAL – PANEL por medio del interruptor de la bomba (S3) en el Panel de Operador, o en el modo MANUAL – PC por medio del ítem de comunicación B3:2/Ø. El encendido de la bomba se lo realiza si no existe condiciones de sobrenivel en el tanque (B3:1/4) y sobrepresión en la bomba (B3:1/6)

Para la conexión del motor de la bomba se usa la salida O:Ø/5, la cual activa un relé auxiliar, que es el encargado de conectar la bomba.

Finalmente ejecuta la subrutina SERVOVÁLVULA que es la encargada de determinar el porcentaje de apertura de la válvula de control.

3.5.2.1.5 Subrutina SERVOVÁLVULA

Para el control de posición del vástago de la válvula se utiliza el diagrama de control de la Figura 3.60

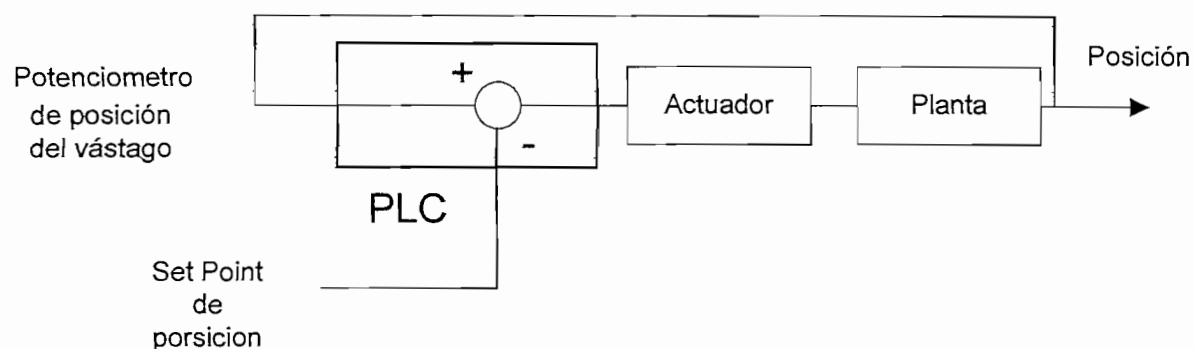


Figura 3.60 Diagrama de control de posición del vástago de la válvula de control

El potenciómetro de posición del vástago por medio del circuito de acondicionamiento entrega una señal de corriente de 0 a 21 mA a la entrada análoga I:Ø.7. Este valor de corriente equivale a un valor decimal entre 0 y 32767 (Ecuación 3.2), que indica la posición del vástago y que es almacenado en el registro B3:13 (0 totalmente cerrado y 32767 totalmente abierto)

$$\frac{21mA}{32767} * Valordecim\ delapalabra = Ientrada(mA)$$

Ec 3.2

Para el control de posición se determina una señal de error entre el valor del registro B3:13 y un valor de setpoint de posición que se almacena en el registro B3:7. El valor que toma el registro B3:7 depende del modo de operación como se indica:

- En el modo MANUAL- PANEL corresponde al valor decimal equivalente entre 0 y 32767 de la entrada análoga I:Ø.6 que pertenece al potenciómetro de selección del porcentaje de apertura en el Panel de Operador (Pt2).
- En el modo MANUAL – PC corresponde a un valor decimal entre 0 y 32767 de un tagname de comunicación que utiliza el ítem B3:4
- En el modo AUTOMÁTICO – PANEL y AUTOMÁTICO – PC corresponde a la salida del algoritmo de control (Subrutina CONTROL registro B3:28)

Una vez determinada la señal de error y si el error es positivo se activa la salida O:Ø/2 (Giro a la derecha del motor del actuador) hasta que el valor de la posición del vástago esté dentro de un ancho de banda establecido Setpoint $\pm x$ (Figura 3.61). Por lo contrario si el error es negativo se activa la salida O:Ø/3 (Giro a la izquierda del motor del actuador).

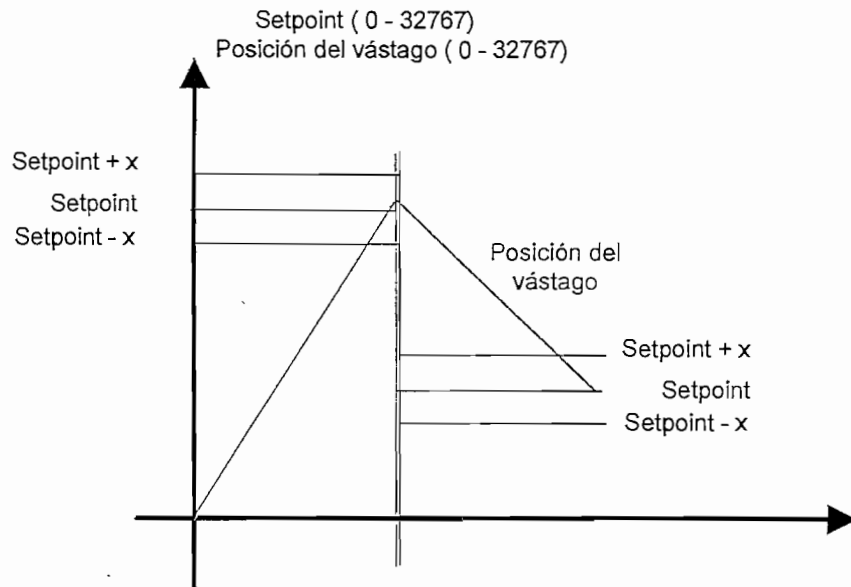


Figura 3.61 Gráfica del ancho de banda utilizado para control de posición del vástago de la válvula de control.

3.5.2.1.5 Subrutina AUTOMÁTICO

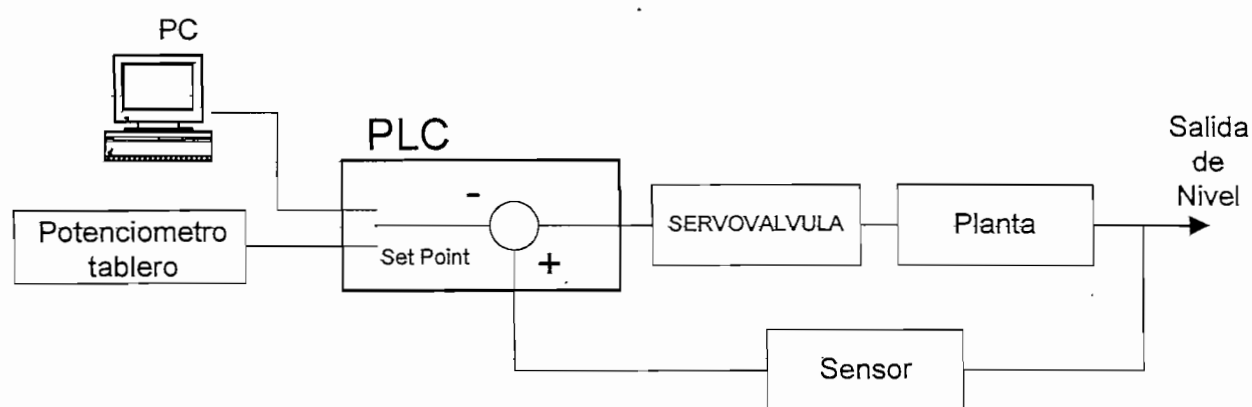
La subrutina AUTOMÁTICO para su funcionamiento hace uso de la subrutina ya descrita ESTADO, posteriormente ejecuta la subrutina CONTROL que es la encargada de ejecutar las acciones para que el nivel en el tanque sea lo mas cercano posible al setpoint de nivel deseado, y finalmente ejecuta la subrutina SERVOVÁLULA.

3.5.2.1.6 Subrutina CONTROL

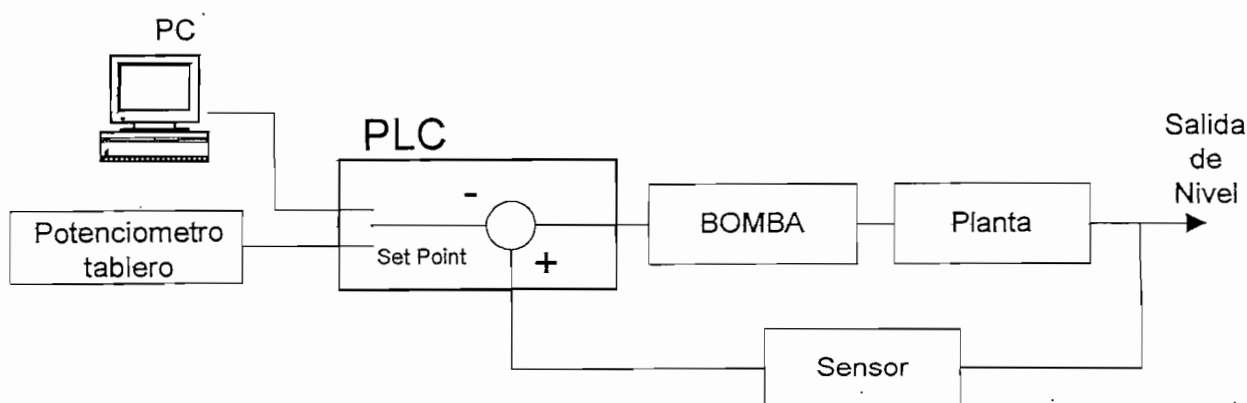
Para el control de nivel en el tanque la subrutina consta de dos partes. Una que se encarga del control cuando el valor de setpoint es menor al valor de nivel real en el

tanque en la que el actuador es la válvula, y la que se encarga del control cuando el setpoint es mayor al nivel real, en la que el actuador es la bomba.

Para el control cuando el setpoint es menor al nivel real se considera el sistema de control en lazo cerrado como lo indica en el diagrama de bloques de la Figura 3.62 a, mientras que cuando el valor de setpoint es mayor se considera el diagrama de bloques de la Figura 3.62 b.



a) Diagrama de bloque cuando setpoint es menor que nivel real



a) Diagrama de bloque cuando setpoint es mayor que nivel real

Figura 3.62 Diagramas de Bloques del Sistema de Control

El PLC es el que recibe el valor del setpoint ya sea desde el Intouch en el modo de operación AUTO – PC , o desde el panel de operador en el modo AUTO – PANEL por medio del potenciómetro de selección de setpoint Pt1 . El valor de setpoint es internamente comparado con el valor real del nivel en el tanque, el que es medido por el sensor de presión diferencial. Una vez efectuada la comparación se obtiene una señal de error que es la que determina las acciones a tomarse por el controlador (PLC) sobre el actuador (Válvula o Bomba) con la finalidad de disminuir o eliminar el error existente.

El funcionamiento de la subrutina CONTROL se detalla a continuación:

La subrutina toma el valor de la entrada del sensor (I:Ø.4) y lo escala a un valor decimal entre 0 y 32767 para los niveles de 0 a 40cm (registro B3:20) y la resta del valor de setpoint de nivel que igualmente corresponde a un valor decimal entre 0 y 32767 almacenado en el registro B3:21 y que equivale a la entrada analógica de voltaje I:Ø.5 en el modo AUTO – PANEL (selector setpoint tablero), o al tagname de comunicación con ítem B3:19 en el modo AUTO – PC. La resta de estos dos registros se lo realiza para determinar una señal de error.

El cálculo del error se lo realiza con la instrucción SUB la que resta a la fuente A (nivel) el valor de la fuente B (setpoint) y ubica el resultado en un registro de destino (B3:22). El valor del error corresponde a un número negativo o positivo lo que indica que se debe encender la bomba o abrir la servoválvula respectivamente.

Para determinar la señal de salida a la servoválvula (Subrutina SERVOVÁLVULA) se usa la ecuación de una acción proporcional de un controlador PID discretizado por métodos de integración numérica. Ecuación 3.3

$$U(k) = Kp(ek - ek_{-1}) + Uk_{-1}$$

Ec 3.3

U(k)	Salida del controlador
ek	Error actuante
ek ₋₁	Error anterior
Uk ₋₁	Salida anterior

La ecuación 3.3 permite determinar la salida al controlador (servoválvula) para una señal de error actuante. Debido a que el PLC trabaja con números enteros entre ± 32767 se usa un artificio matemático en el cual se divide el valor de Kp para una constante 100. Lo que permite dar valores de Kp entre 0 y 100. Ecuación 3.4

$$U(k) = \frac{Kp}{100}(ek - ek_{-1}) + Uk_{-1}$$

Ec 3.4

La ecuación 3.4 es implementada en el PLC y la salida es almacenada en el registro B3:28 para ser utilizada por la subrutina SERVOVÁLVULA en el modo AUTOMÁTICO.

Cuando el valor del error es negativo se establece el encendido de la bomba hasta que el valor de nivel en el tanque esté dentro de un ancho de banda establecido. Figura 3.63.

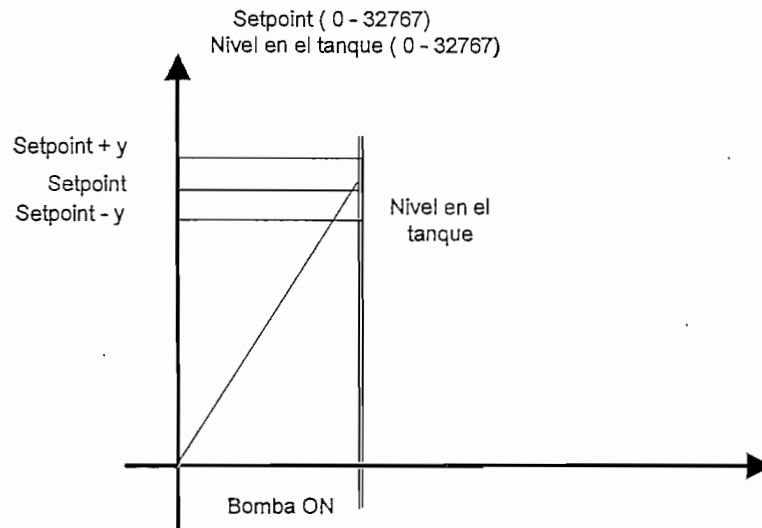


Figura 3.63 Gráfica del ancho de banda utilizado para control de nivel cuando el error actuante es negativo

El programa completo del PLC se encuentra en el Anexo 3.2.

CAPÍTULO 4

PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

CAPITULO 4

PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

4.1 PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

El funcionamiento correcto del Módulo de Control de Nivel requiere tanto de una cierta secuencia para su puesta en marcha, como del correcto funcionamiento de cada una de sus partes. Por tal motivo, a continuación se presenta una descripción detallada de los pasos a seguir para iniciar el funcionamiento del módulo, además de la forma en que se realizaron pruebas cuyos resultados permiten determinar las características de funcionamiento de cada uno de los componentes principales y ser usados como referencias para posteriores análisis.

La figura 4.1 muestra el Módulo de Control de Nivel con sus partes constitutivas.

- | | |
|---|--|
| 1 | Tanque Secundario |
| 2 | Tanque Principal |
| 3 | Tablero de Control (Panel de Operador) |
| 4 | Bomba |
| 5 | Válvula de control |
| 6 | Válvula de paso V1 |
| 7 | Válvula de paso V2 |
| 8 | Válvula de paso V4 |
| 9 | Válvula de perturbación V3 |

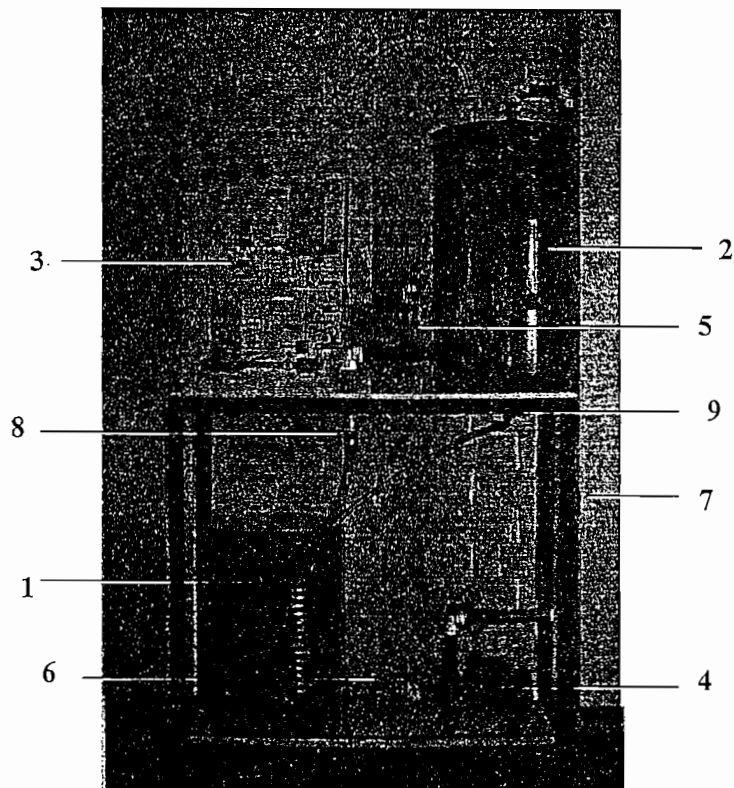
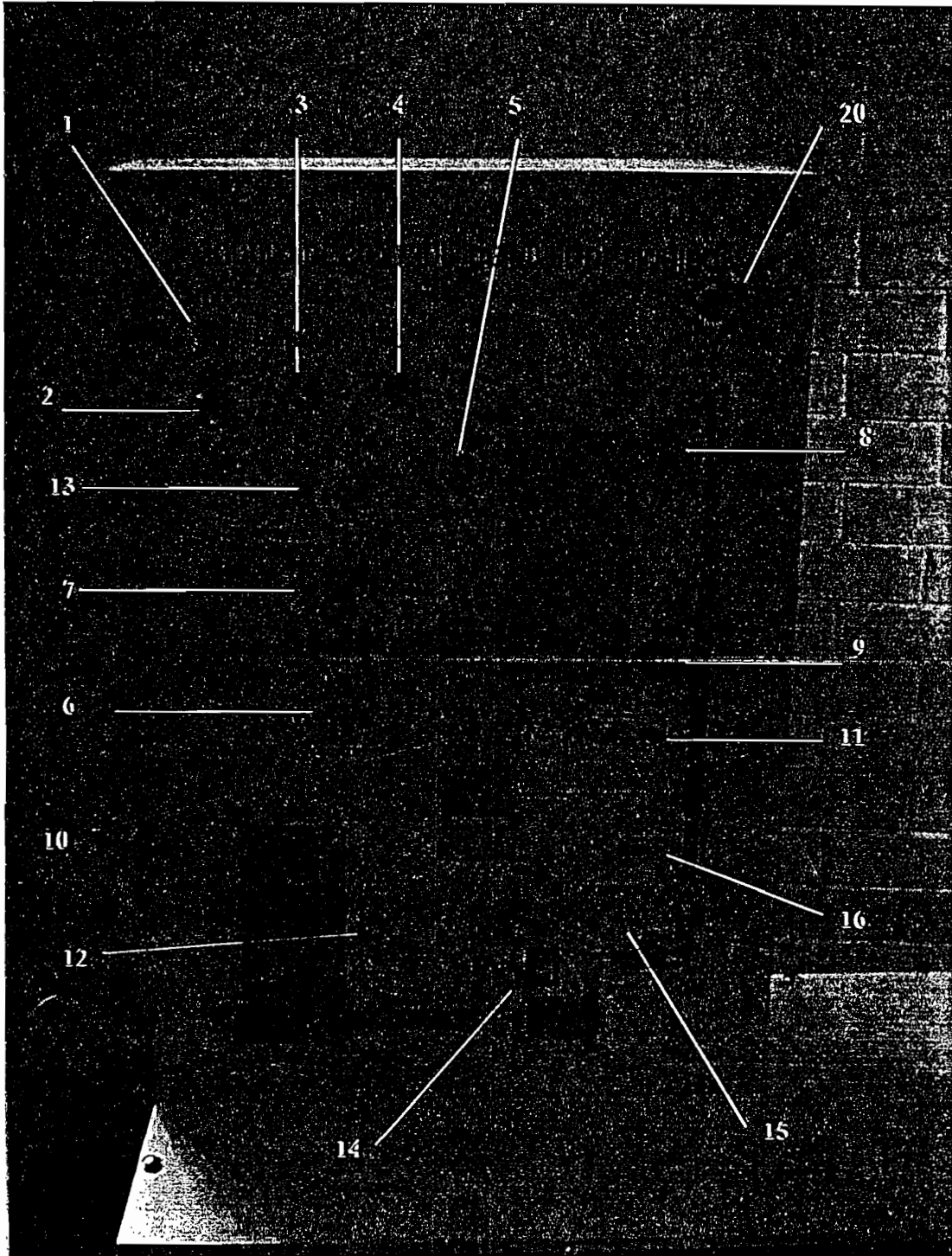


Figura 4.1 Módulo de Control de Nivel

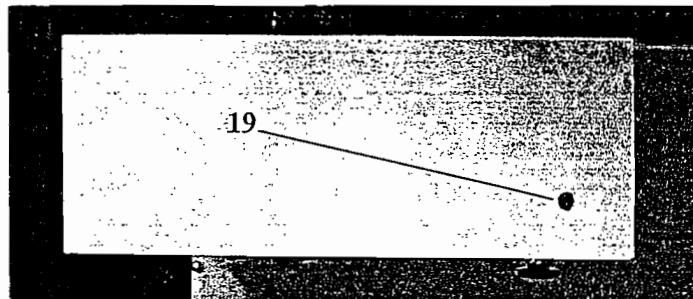
La descripción del tablero de control (Panel de Operador) se muestra en la figura 4.2 con la siguiente nomenclatura

- | | | |
|----|-----|---|
| 1 | SP | Interruptor Principal (ON/OFF) |
| 2 | LP | Luz Indicadora Principal |
| 3 | S1 | Selector 2 posiciones modo de funcionamiento (Manual/Automático) |
| 4 | S2 | Selector 2 posiciones modo de funcionamiento (Panel/PC) |
| 5 | Pt1 | Potenciómetro de selección del Setpoint |
| 6 | Pt2 | Potenciómetro de selección de porcentaje de apertura de la válvula de control |
| 7 | L1 | Luz indicadora de funcionamiento de la válvula de control |
| 8 | L2 | Luz indicadora de sobre nivel en el tanque |
| 9 | L3 | Luz indicadora de subnivel en el tanque |
| 10 | L4 | Luz indicadora de perturbación |

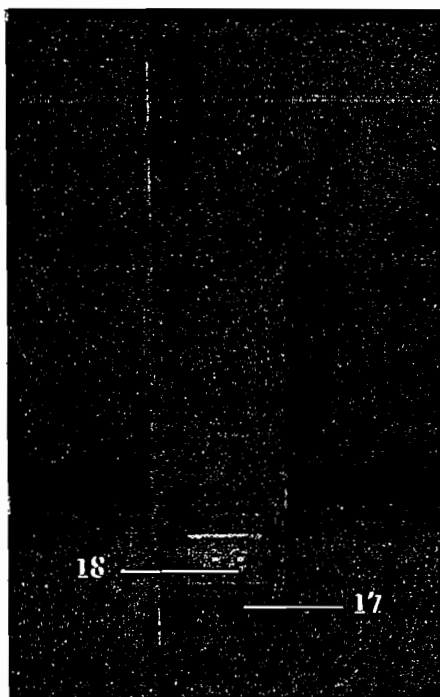


a) Vista frontal

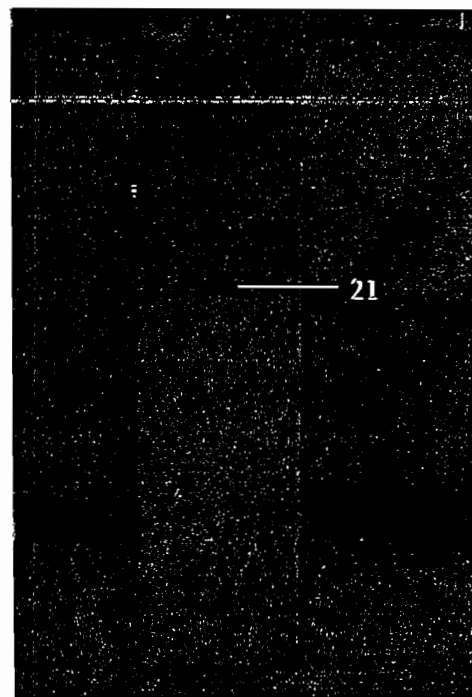
- 11 Vs Voltaje de salida del sensor de presión diferencial
- 12 Voltajes de salida normalizados para uso externo
(Vout +12, Vout -12, Vout +5, Gnd out)



b) Vista Superior



c) Vista Lateral 1



d) Vista Lateral 2

Figura 4.2 Panel de Operador

13	Vser	Voltaje de posición del vástago de la válvula
14	S3	Interruptor de la bomba (ON/OFF)
15	L5	Luz indicadora de sobrepresión
16	DB9	Conector para comunicación
17	I1	Alimentación principal (110 V / 60 Hz)
18	T1	Tomacorriente externo (110 V / 60 Hz)
19	P1	Conector para entrada de aire al sensor de presión diferencial
20	E1	Paro Principal
21	Pf	Porta fusible para la protección del motor que acciona la válvula de control

4.1.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Previo a la puesta en marcha del sistema se debe descargar el programa correspondiente hacia el PLC. Para este efecto se debe seguir la secuencia que se indica a continuación :

1. Iniciar el programa RS LOGIX 500
2. Conectar el PLC a la fuente de alimentación (110V / 60Hz)
3. Conectar el cable de comunicación desde el puerto serial del PC a la terminal de comunicación del PLC (Figura 4.3)

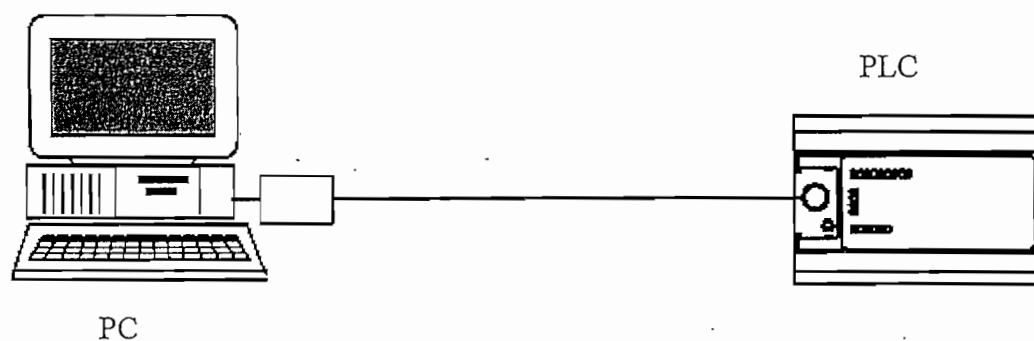


Figura 4.3 Diagrama de conexión del cable de comunicación

Los terminales de conexión (DB9 en el PC y Mini Din 8 en el PLC), y la configuración del cable de comunicación se muestra a continuación en la Figura 4.4

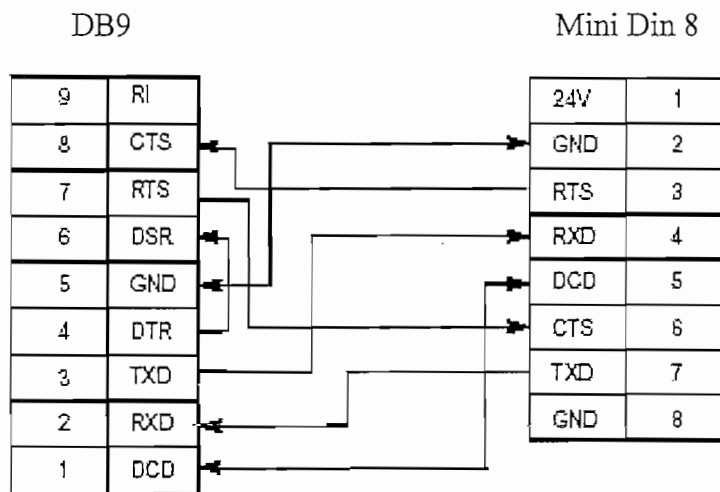
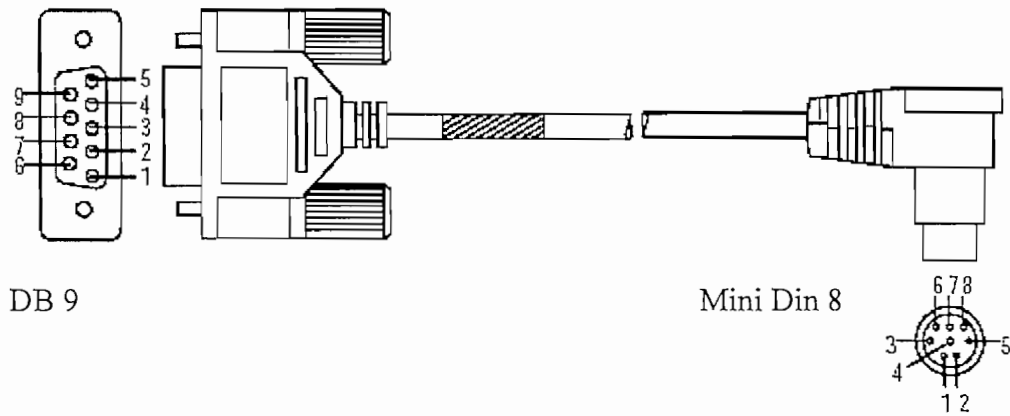


Figura 4.4 Terminales de conexión y configuración del cable de comunicación

4. Abrir el archivo ubicado en el CD adjunto al proyecto de titulación y ubicado en el directorio

E:\MODULO DE CONTROL DE NIVEL \ PROGRAMAS \ MODULO DE CONTROL DE NIVEL .prj

5. Descargar el programa al PLC desde la opción de la barra de menú

Comms/Download

4.1.2. INSTALACIÓN DEL PLC

En la parte interior del tablero existe un espacio destinado para la ubicación del PLC el que está ubicado en medio de dos regletas de conexión. Figura 4.5

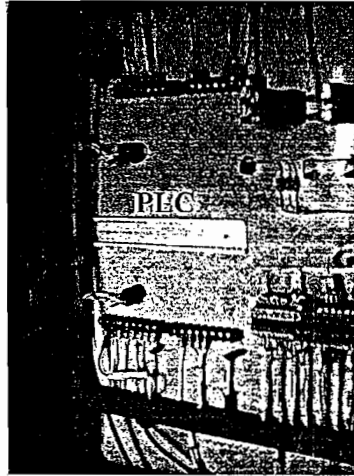


Figura 4.5 Ubicación del PLC en el tablero.

Las regletas de conexión constan con la nomenclatura correspondiente (Tabla 4.1) y que debe ser conectada a los tornillos del PLC con el diagrama de conexión que se muestra en la Figura 4.6

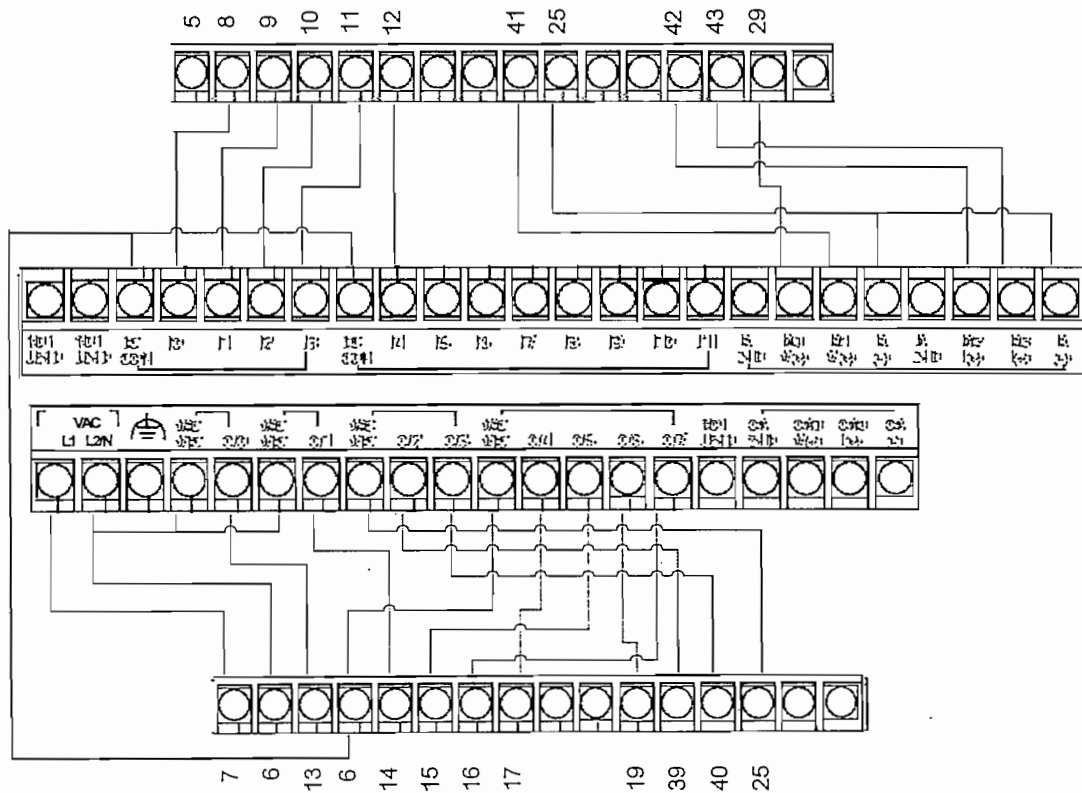


Figura 4.6 Conexiones interiores del PLC en el Tablero de Control

<i>Número de Cable</i>	<i>Descripción</i>
1	Alimentación principal entrada de la protección fusible FASE
2	Alimentación principal salida de la protección fusible FASE
	Alimentación principal entrada de la protección breaker FASE
3	Alimentación principal salida de la protección breaker FASE
	Entrada Paro Principal E1
4	Salida Paro Principal E1
	Entada Interruptor Principal (ON/OFF) SP
5	Salida Interruptor Principal (ON/OFF) SP (FASE Alimentación Principal Tablero)
6	NEUTRO Alimentación Principal
7	Salida protección PLC FASE
8	Salida selector MANUAL – AUTO S1
9	Salida selector PANEL – PC S2
10	Salida Interruptor de la bomba (ON/OFF) S3
11	Salida Final de carrera de perturbación (contacto abierto)
12	Salida señal de sobrepresión (contacto abierto)
13	Salida Luz indicadora de sobrenivel L2
14	Salida Luz indicadora de sobrepresión L5
15	Salida Relé Auxiliar Bomba
16	Salida Luz indicadora de subnivel en el tanque L3
17	Salida Luz indicadora de perturbación L4
18	Salida Luz indicadora de funcionamiento de la válvula de control L1
19	Salida Luz Indicadora Principal LP
20	Salida contacto Relé auxiliar de la bomba Entrada Bomba FASE
21	GND fuente 1
22	+ 12V fuente 1
23	- 12 V fuente 1

24	+ 5 V fuente 1
25	GND fuente 2
26	+ 12V fuente 2
27	- 12 V fuente 2
28	+ 5 V fuente 2
29	Voltaje de salida del sensor +
30	Potenciómetro de selección de porcentaje de apertura de la válvula de control Pt2 (terminal fijo)
31	Potenciómetro de selección de porcentaje de apertura de la válvula de control Pt2 (terminal variable)
32	Potenciómetro de selección de porcentaje de apertura de la válvula de control Pt2 (terminal fijo)
33	Potenciómetro de selección del Setpoint Pt1 (terminal fijo)
34	Potenciómetro de selección del Setpoint Pt1 (terminal variable)
35	Potenciómetro de selección del Setpoint Pt1 (terminal fijo)
36	Potenciómetro de posición del vástago (terminal fijo)
37	Potenciómetro de posición del vástago (terminal variable)
38	Potenciómetro de posición del vástago (terminal fijo)
39	Relé giro derecho (-)
40	Relé giro izquierdo (-)
41	Voltaje Setpoint (+)
42	Corriente Porcentaje de apertura (+)
43	Corriente Posición del vástago
44	Alimentación motor de la válvula de control antes de la protección (+)
45	Alimentación motor de la válvula de control (-)
46	Alimentación motor de la válvula de control después de la protección (+)

Tabla 4.1 Descripción de los cables de conexión en el interior del tablero

4.1.3 PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO

Con el PLC ya programado, montado y cableado correctamente en la parte interior del tablero de control, se puede iniciar el funcionamiento del módulo pero tomando en cuenta que el control, ya sea éste manual o automático, se lo puede realizar únicamente desde el panel de operador ya que todavía no se ha iniciado la comunicación con el computador (HMI). Posteriormente se indica el procedimiento para realizar el inicio de comunicación con la interfaz gráfica.

Para poner en marcha el módulo éste debe primero ser alimentado con el respectivo cable de conexión desde la red local (110V / 60Hz) hacia el conector I1 (17) ubicado en la parte lateral del tablero de control (Figura 4.2). A continuación se debe encender el módulo por medio del interruptor principal SP (1), inmediatamente la luz piloto LP (2) se enciende indicando el encendido correcto del módulo.

NOTA

Se recomienda que previo al encendido del módulo se seleccione

S1	Manual
S2	Local
Pt2	Valor Mínimo
Pt1	Valor Mínimo
S3	OFF

Esto se lo hace con el fin de evitar funcionamientos no deseados del sistema en el caso de que aun no se haya iniciado la comunicación con el PC.

4.1.4 INICIO DE COMUNICACIÓN PLC-PC

Para iniciar la comunicación entre el PLC y el PC (HMI) se debe seguir la siguiente secuencia:

-Prender el computador .

-Abrir el programa Intouch (*Application Manager*) y crear una nueva aplicación con el nombre NIVEL y cerrar el programa. Inmediatamente una carpeta con dicho nombre se crea en el directorio

C:\Archivos de programa\FactorySuite\InTouch

-Descargar el contenido de la carpeta MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL ubicada en el CD adjunto al proyecto de titulación y ubicada en el directorio E:\MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL \ PROGRAMAS a la carpeta NIVEL desde Windows Explorer.

-Abrir la aplicación NIVEL desde *Intouch Application Manager*

-En *Intouch Application Explorer* cerrar todas las ventanas activas y abrir la ventana PRESENTACIÓN. Para cerrar una ventana se debe hacer clic derecho en la ventana y seleccionar la opción *Close*, o al contrario para abrirla seleccionar *Open*. Figura 4.7

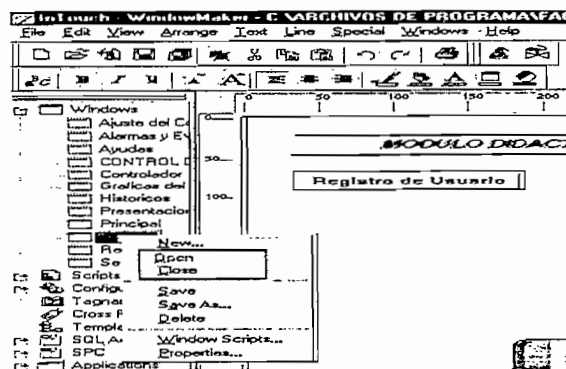


Figura 4.7 Abrir o cerrar ventanas desde *Application Explorer*

-Abrir el programa del I/O Server ABKF2 configurarlo como se lo indico en el capitulo 3 y activar el puerto y el t3pico (*Information/Reports/Active Ports and Topics*)

-Seleccionar la opci3n *Runtime* desde *Intouch Window Viewer* (Figura 4.8)

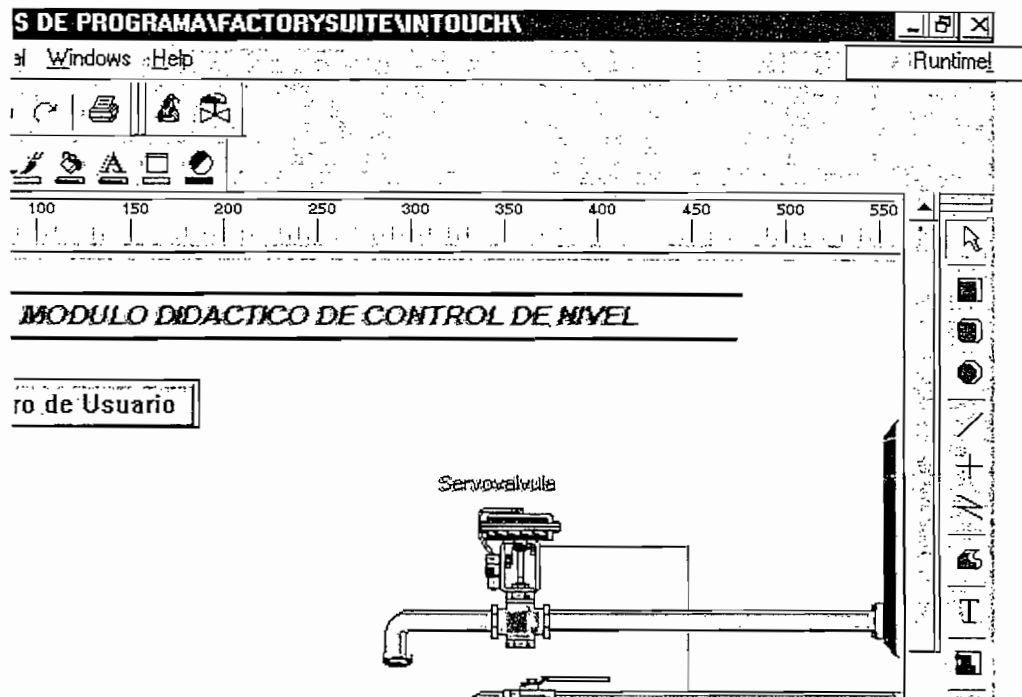


Figura 4.8 Opci3n Runtime en *Window Viewer*

4.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Con la finalidad de conocer el comportamiento real de algunos elementos del equipo y comprobar el correcto funcionamiento en los diferentes modos de operaci3n se realizaron las siguientes pruebas.

4.2.1. PRUEBAS BOMBA

Uno de los datos de interés es el caudal real de entrada de la bomba el cual determina el tiempo de llenado del tanque principal, este tiempo limita la velocidad de respuesta de la planta a acciones del controlador. Para poder determinar el caudal de entrada real de la bomba al tanque principal se procede a realizar algunas pruebas de llenado del mismo a diferentes alturas.

Estas pruebas fueron realizadas en el MODO MANUAL LOCAL y MANUAL PC, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 4.2.

PRUEBA MANUAL LOCAL	ALTURA (cm)	TIEMPO DE LLENADO (s)
1	10	19.46
2	20	38.78
3	30	57.69
4	40	77.55

PRUEBA MANUAL PC	ALTURA (cm)	TIEMPO DE LLENADO(s)
1	10	18.40
2	20	38.92
3	30	57.66
4	40	77.89

Tabla 4.2 Pruebas Bomba

Para cada uno de estos casos se determinó un valor de caudal de entrada considerando el área transversal del tanque constante. Tabla 4.3

MANUAL PANEL	ALTURA (cm)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (m ³)	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL (gal/min)
1	10	19.46	0.010179	5.23×10^{-4}	31.38
2	20	38.78	0.020358	5.25×10^{-4}	31.5
3	30	57.69	0.030536	5.29×10^{-4}	31.76
4	40	77.55	0.040715	5.25×10^{-4}	31.50

MANUAL PC	ALTURA (cm)	TIEMPO (s)	VOLUMEN (m ³)	CAUDAL (m ³ /s)	CAUDAL (gal/min)
1	10	19.22	0.010179	5.30×10^{-4}	31.78
2	20	38.92	0.020358	5.23×10^{-4}	31.38
3	30	57.66	0.030536	5.30×10^{-4}	31.78
4	40	77.89	0.040715	5.23×10^{-4}	31.36

Área Transversal para el cálculo de volumen 0.10178784 m^2

Tabla 4.3 Valores de caudal de salida de la bomba

Para los valores de caudal de las Tablas 4.3 tenemos un caudal de salida promedio de 31.55 galones por minuto.

4.2.2 PRUEBAS SENSOR

Como se indicó previamente la salida del sensor de presión diferencial está conectada a la entrada análoga de voltaje del PLC (1:0.4) , la que internamente corresponde a una palabra de 16 bits que varía entre 0 – 32767 cuando el voltaje de entrada varía 0 -10.5 Vdc. (Ecuación 3.1)

Los valores de voltaje de salida del sensor así como de la palabra digital dentro del PLC, para diferentes niveles del tanque se indican a continuación en la Tabla 4.4

Altura (cm)	Valor decimal de la palabra	Voltaje del sensor (V)
40	8737	2.8
39	8681	2.78
38	8480	2.72
37	8315	2.66
36	8155	2.61
35	7997	2.56
34	7785	2.49
33	7649	2.44
32	7461	2.39
31	7300	2.33
30	7127	2.28
29	6972	2.23
28	6766	2.17
27	6644	2.12
26	6441	2.06
25	6274	2.01
24	6104	1.95
23	5961	1.9
22	5777	1.84
21	5608	1.79
20	5456	1.74
19	5281	1.69
18	5105	1.63
17	4947	1.59
16	4771	1.52
15	4617	1.47
14	4451	1.42
13	4306	1.37
12	4125	1.32
11	3984	1.27
10	3805	1.21
9	3644	1.16
8	3479	1.11
7	3319	1.06
6	3152	1
5	3011	0.96
4	2851	0.9
3	2701	0.85
2	2536	0.81
1	2333	0.74
0	2181	0.68

Tabla 4.4 Respuesta del sensor de presión diferencial

Graficando los datos de voltajes de salida del sensor para los diferentes niveles en el tanque tenemos.

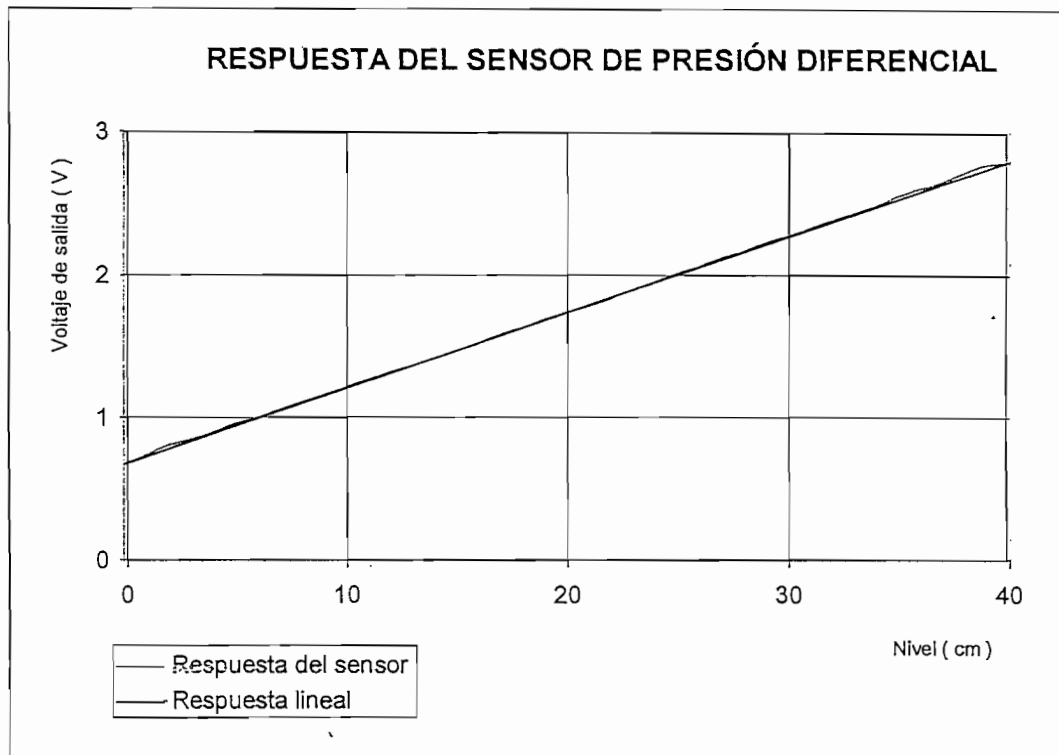


Figura 4.9 Respuesta del Sensor

Se puede apreciar que la respuesta del sensor es lineal para los diferentes niveles de líquido en el tanque. Debido a que la transmisión del dato del nivel del líquido del PLC hacia el INTOUCH se lo realiza por medio de una palabra digital, es necesario para su correcta visualización un escalamiento, el mismo que se lo realiza en INTOUCH y cuyo procedimiento se lo muestra a continuación.

El valor decimal de la palabra digital para el nivel máximo (40 cm.) es 8737 mientras que para el valor mínimo (0cm) es 2181. Sabiendo que la respuesta del sensor es lineal, para determinar el valor del nivel y conociendo el valor decimal de la palabra es necesario realizar un escalamiento, Intouch permite realizar

directamente el escalamiento de la palabra decimal a unidades de ingeniería (centímetro), para ello el momento de definir el tagname de comunicación que toma el valor de la palabra decimal que representa el voltaje de salida del sensor y por lo tanto el nivel, se debe señalar el tipo de escalamiento deseado y los puntos extremos de conversión. Figura 4.10

The screenshot shows the 'Tagname Dictionary' window with the following configuration:

- Navigation: Main (selected), Details, Alarms, Details & Alarms, Members
- Buttons: New, Restore, Delete, Save, <<, Select..., >>, Cancel, Close
- Tagname: nivel
- Type: I/O Real
- Group: \$System
- Access: Read only, Read Write
- Comment: (empty)
- Log Data: (selected), Log Events: (unselected), Retentive Value: (unselected), Retentive Parameters: (unselected)
- Initial Value: 0
- Min EU: 0
- Max EU: 40
- Deadband: 0
- Min Raw: 2181
- Max Raw: 8737
- Eng Units: (empty)
- Conversion: Linear, Square Root
- Access Name: ABPLC
- Item: b3:5
- Use Tagname as Item Name: (unselected)
- Log Deadband: 0

Figura 4.10 Tagname Dictionary con la configuración del tagname para visualizar el nivel

Los datos de las pruebas realizadas para visualizar el valor del nivel en INTOUCH y compararlos con los datos reales de nivel en el tanque a fin de determinar el error, se muestran en e la Tabla 4.5

Nivel real (cm)	Nivel INTOUCH (cm)	Error (cm)
40	39.97	-0.03
35	34.96	-0.04
30	30.07	0.07
25	25.11	0.11
20	19.85	-0.15
15	15.03	0.03
10	10.08	0.08
5	5.11	0.11
0	0.15	0.15

Tabla 4.5 Error de lectura entre el nivel real y el mostrado en INTOUCH

4.2.3 PRUEBAS VÁLVULA DE CONTROL

Para determinar el funcionamiento correcto de la válvula de control se realizó dos tipos de pruebas. La primera que sirvió para determinar el posicionamiento correcto del vástago en función de la señal de control en el actuador. Y la segunda para establecer el efecto que provoca la válvula en el caudal de salida del tanque.

4.2.3.1 Pruebas de Posicionamiento del vástago

La prueba consiste en asignar diferentes porcentajes de apertura a la válvula desde el modo MANUAL – PC y compararlo con el porcentaje de apertura real visualizado en Intouch. Para la visualización del porcentaje de apertura de la válvula de control se procede de igual manera que en la visualización del nivel a diferencia que en este caso la variación del 0 al 100 % de apertura corresponde a una variación de la palabra decimal de 0 a 32767. Los resultados de esta prueba son mostrados en la Tabla 4.6

% asignado	% real	error
0	0.08	-0.08
5	5.01	-0.01
10	10.53	-0.53
15	14.74	0.26
20	20.79	-0.79
25	25.74	-0.74
30	30.86	-0.86
35	35.73	-0.73
40	40.25	-0.25
45	45.62	-0.62
50	50.28	-0.28
55	55.73	-0.73
60	60.48	-0.48
65	65.79	-0.79
70	70.65	-0.65
75	75.94	-0.94
80	80.49	-0.49
85	85.36	-0.36
90	90.89	-0.89
95	95.25	-0.25
100	99.99	-0.01

Tabla 4.6 Valores de la prueba de posicionamiento del vástago

Previo a la realización de la prueba es importante calibrar los potenciómetros de la tarjeta de acondicionamiento para obtener una salida de corriente de 0 a 21mA cuando el vástago de la válvula realiza todo su recorrido (0 a 100 % de apertura) de tal manera que el voltaje del potenciómetro origine el menor error posible en la posición final de la válvula.

4.2.3.2 Pruebas de caudal de salida en la válvula

Esta prueba se la realizó con el objetivo de determinar la característica dinámica de la válvula de control. Se la efectuó desde el modo de funcionamiento MANUAL PC.

La prueba consistió en llenar el tanque con diferentes volúmenes de agua y luego determinar el tiempo de vaciado con diferentes porcentajes de apertura de la válvula para obtener datos que permiten hacer una estimación del caudal de salida.

Con el fin de desprestigiar los efectos del cambio en la apertura de la válvula se hizo uso de la válvula auxiliar (V4) (Figura 4.11) ubicada a la salida del tanque principal, la cual debe permanecer cerrada hasta que :

- El tanque sea llenado hasta un nivel determinado por medio del selector ON/OFF de la bomba desde la interfaz gráfica.
- La válvula de control se posicione de acuerdo a la señal de control enviada desde el INTOUCH.

Posteriormente se abre la válvula auxiliar y se mide el tiempo en el cual se vacía el tanque.

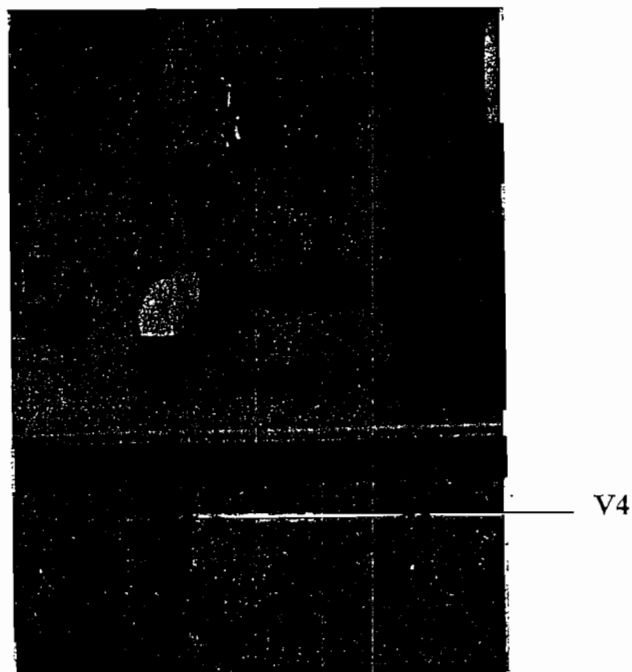


Figura 4.11 Ubicación válvula auxiliar V4

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

-Nivel 10cm ($V = h \times \pi \times r^2 = 10\text{cm} \times 3.1416 \times 18^2 \text{ cm}^2 = 10178.784 \text{ cm}^3$)

% de apertura	tiempo de vaciado (s)
20	137
40	66
60	57
80	52
100	51

Tabla 4.7 a Tiempos de vaciado para una altura de 10cm

-Nivel 20cm ($V = 20357.568 \text{ cm}^3$)

% de apertura	tiempo de vaciado (s)
20	104
40	50
60	36
80	33
100	32

Tabla 4.7 b Tiempos de vaciado para una altura de 20cm

-Nivel 30cm ($V = 30536.352 \text{ cm}^3$)

% de apertura	tiempo de vaciado (s)
20	167
40	79
60	77
80	71
100	69

Tabla 4.7 c Tiempos de vaciado para una altura de 30cm

-Nivel 40cm (V = 40715.136 cm³)

% de apertura	tiempo de vaciado (s)
20	197
40	99
60	94
80	89
100	86

Tabla 4.7 d Tiempos de vaciado para una altura de 40cm

Tabla 4.7 Resultados de los tiempos de vaciado del tanque

La característica dinámica de la válvula se la determinó de manera aproximada de la siguiente manera:

- Se seleccionó un porcentaje de apertura de la válvula de control.
- Para la apertura seleccionada se toman los diferentes valores de volumen de líquido en el tanque y tiempo de vaciado.
- Se calcula el valor de caudal medio para cada caso (Q medio = Volumen / Tiempo)
- Finalmente se calcula el valor de caudal promedio para el porcentaje de apertura seleccionado y se repite el procedimiento para los diferentes porcentajes de apertura (Ecuación 4.1)

$$Q_{promedio} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \text{ medio}}{n}$$

Ec 4.1

Un ejemplo de cálculo se presenta en el Anexo 4.1

Los resultados de valores de caudales medios y promedios se indican en la Tabla 4.8

PORCENTAJE DE APERTURA DE 20%				
ALTURA (cm)	10	20	30	40
Q 1 medio (cm ³ /s)	97.87	148.6	182.85	206.68
<i>Q1 promedio (cm³/s) =159</i>				

Tabla 4.8 a Caudales de salida para un porcentaje de 20 %

PORCENTAJE DE APERTURA DE 40%				
ALTURA (cm)	10	20	30	40
Q 1 medio (cm ³ /s)	203.58	308.45	386.54	411.26
<i>Q1 promedio (cm³/s) =327.46</i>				

Tabla 4.8 b Caudales de salida para un porcentaje de 40 %

PORCENTAJE DE APERTURA DE 60%				
ALTURA (cm)	10	20	30	40
Q 1 medio (cm ³ /s)	2282.74	357.15	396.58	433.14
<i>Q1 promedio (cm³/s) =367.40</i>				

Tabla 4.8 c Caudales de salida para un porcentaje de 60 %

PORCENTAJE DE APERTURA DE 80%				
ALTURA (cm)	10	20	30	40
Q 1 medio (cm ³ /s)	308.45	391.49	430.09	457.47
<i>Q1 promedio (cm³/s) =396.88</i>				

Tabla 4.8 d Caudales de salida para un porcentaje de 80 %

PORCENTAJE DE APERTURA DE 100%				
ALTURA (cm)	10	20	30	40
Q 1 medio (cm ³ /s)	318.09	399.17	442.56	473.43
<i>Q1 promedio (cm³/s) =408.31</i>				

Tabla 4.8 e Caudales de salida para un porcentaje de 100 %

Tabla 4.8 Valores de caudales medios y promedios para la estimación del caudal de salida de la válvula de control

Graficando los cinco valores de caudales promedios para las diferentes aperturas obtenemos la característica dinámica aproximada de la válvula. Figura 4.12.

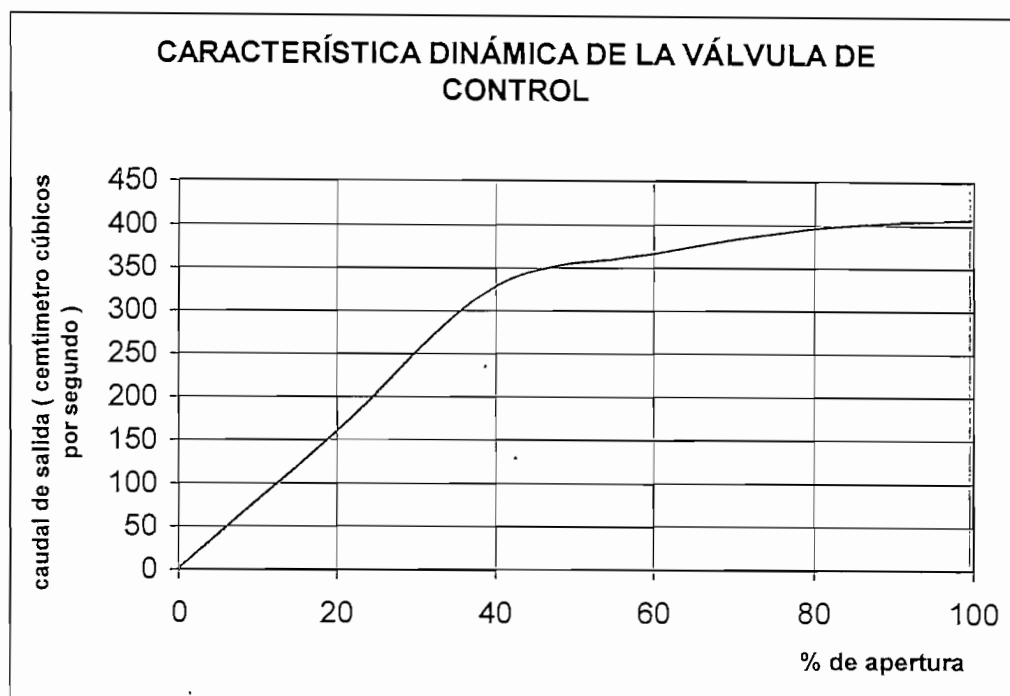


Figura 4.12 Característica dinámica de la válvula control

4.2.4 PRUEBAS MODO AUTOMÁTICO

Las pruebas de funcionamiento en modo automático fueron realizadas desde el computador (HMI).

Las prueba consistió en poner distintos valores de setpoint mayores y menores al nivel presente en el tanque para determinar la respuesta del controlador para ambos casos. Además se presentan las gráficas en tiempo real obtenidas mediante el HMI para una variación del setpoint de 0cm a 40cm y viceversa.

Para iniciar la prueba se ubica el potenciómetro los selectores S1, y S2 en AUTOMÁTICO y PC respectivamente. Posteriormente se aumenta el valor de setpoint en pasos iguales hasta llegar al nivel máximo.

Los valores de setpoint, nivel alcanzado en el tanque, y error se muestran a continuación en la Tabla 4.9

Cambio en el setpoint (cm)	Nivel en el tanque (cm)	Error (cm)
0 a 10	10.3	0.3
10 a 20	20.1	0.1
20 a 30	30.2	0.2
30 a 40	40.1	0.1
40 a 30	30.2	0.2
30 a 20	20.2	0.2
20 a 10	10.2	0.2
10 a 0	0.3	0.3

Tabla 4.9 Resultados de la prueba en modo automático

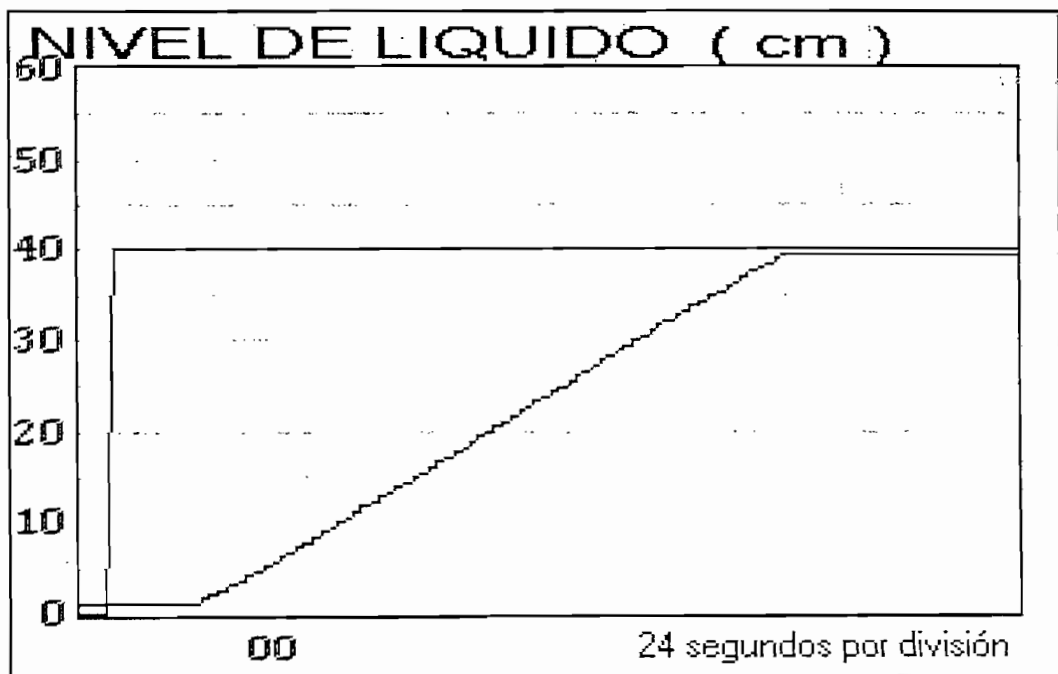


Figura 4.13 Gráfica de la respuesta del sistema para un cambio en el de setpoint de 0 a 40cm

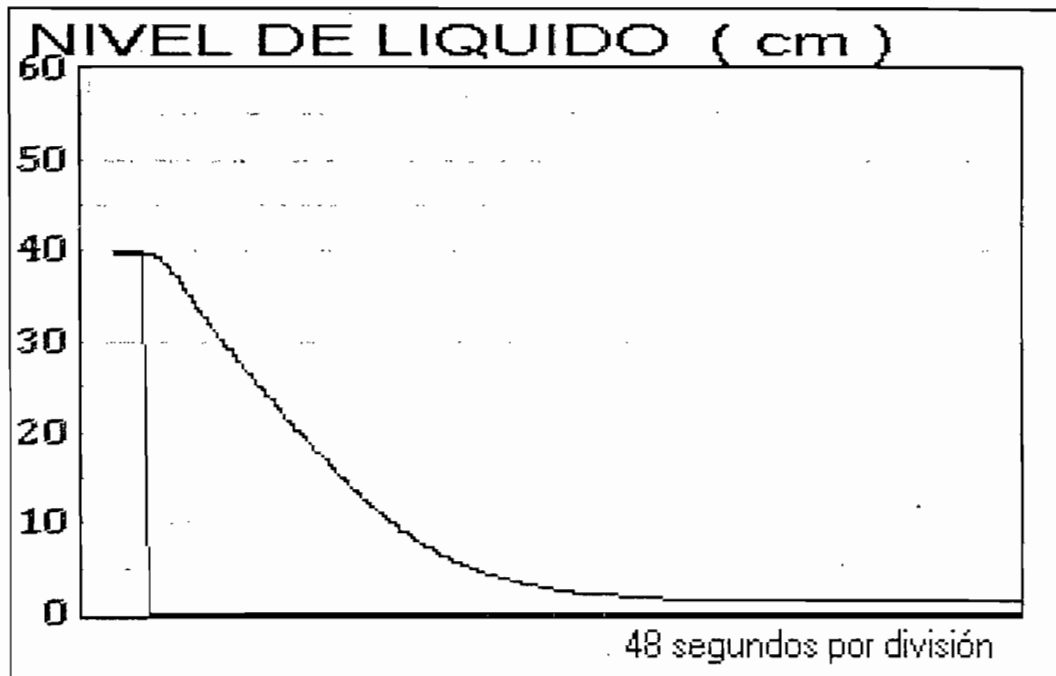


Figura 4.14 Gráfica de la respuesta del sistema para un cambio en el de setpoint de 40 a 0cm

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

CAPITULO 5

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

En la actualidad la industria posee cada vez procesos productivos más automatizados, complejos y en los que coexisten una gran diversidad de elementos: PLCs, computadores, accionamientos neumáticos o eléctricos, etc. Esto dió lugar a la aparición de los sistemas de producción flexibles que proporcionan respuestas rápidas al mercado fuertemente cambiante de hoy en día. Como resultado de todas estas necesidades se originaron los llamados sistemas de control "inteligentes" basados en conceptos de: descentralización, autonomía, monitorización, cooperación y colaboración.

Con la finalidad de representar en parte uno de estos procesos y de obtener una aplicación real para el módulo implementado se decidió utilizar el Módulo de Control de Nivel para desarrollar un surtidor de volúmenes de agua controlado (SURTIDOR DE AGUA).

Los detalles de funcionamiento del surtidor se indican a continuación.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN

La aplicación desarrollada permite suministrar un volumen de agua, el que es obtenido del tanque de abastecimiento (tanque principal) y es desalojado por medio de la válvula de control (servoválvula).

El control del suministro se la realiza desde el computador (interfaz gráfica) donde se permite escoger el volumen de agua que se desea despachar de una lista de opciones, e iniciar el despacho del líquido.

Al iniciar la aplicación o en el caso de que el volumen a ser despachado sea mayor al existente ese momento en el tanque de abastecimiento se ejecuta una rutina de llenado del tanque, después de la cual se permite realizar nuevos despachos.

En el computador se muestra además la hora, fecha, el nombre del despachador, nivel de acceso, nivel de líquido en el tanque, el número total de litros despachados y se permite abrir una ventana con una base de datos en la que se detalla la hora y cantidad despachada.

5.2 INTERFAZ GRÁFICA PARA LA APLICACIÓN

La interfaz gráfica para el SURTIDOR DE AGUA es desarrollada en Intouch y consta de una ventana principal en la que se representa el proceso y se permite realizar las acciones de control, una segunda ventana de selección de la cantidad de litros que se desea despachar y una ventana final en la que se muestra la base de datos de los despachos realizados.

Las partes con la que consta la ventana principal de la interfaz gráfica para el SURTIDOR DE AGUA son las siguientes. Figura 5.1

- Textos
 - “Fecha”
Muestra la fecha en curso.
 - “Hora”
Muestra la fecha en curso.
 - “ Por despachar ”
Muestra el número de litros a ser despachado

- “ Contador ”
Muestra el número total de litros despachados
- “ Despachador ”
Muestra el nombre del despachador
- “ Nivel de Acceso ”
Muestra el nivel de acceso del despachador (un número entre 0 y 9999)

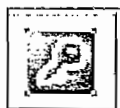
- Botones

- Despachador



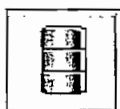
Permite ingresar el nombre del usuario actual.

- Clave



Permite ingresar la clave de usuario para habilitar las acciones de control.

- Despacho



Permite iniciar el despacho de la cantidad de litros escogida en a ventana “ Cantidad”

- o Cantidad



Abre la ventana CANTIDAD (Figura 2.2) la que permite escoger la cantidad de litros a ser despachados.

- o Reset



Deshabilita las acciones de control a espera del ingreso de un nuevo usuario.

- o Base de Datos



Abre una ventana con una base datos , la que contiene lo siguiente

- Fecha
- Hora
- Cantidad total despachada hasta ese momento
- Usuario



Figura 5.1 Ventana principal SURTIDOR DE AGUA

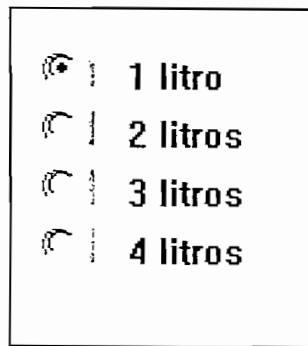


Figura 5.2 Ventana CANTIDAD

5.3 CONTROL DE LA APLICACIÓN (SURTIDOR DE AGUA)

Para el control de la aplicación se utiliza PLC Micrologix 1000 Analg L20AWA5A, y las siguientes entradas / salidas son requeridas:

Entradas

- Final de carrera de sobrepresión en la bomba (I:Ø/4 discreta)
- Sensor de presión diferencial (I:Ø.4 análoga 0 –10.5 V)
- Potenciómetro de posición del vástago de la válvula de control (I:Ø.7 análoga 0 –21mA)

Salidas

- Luz Principal (I:Ø/6 discreta)
- Relé del motor de la bomba (I:Ø/5 discreta)
- Luz indicadora de sobrepresión en a bomba (I:Ø/1 discreta)

- Relé de giro derecho para el motor del actuador de la válvula (I:Ø/2 discreta)
- Relé de giro izquierdo para el motor del actuador de la válvula (I:Ø/3 discreta)

5.3.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC

En la aplicación escogida se requiere sacar un volumen determinado de agua, para lo cual se hace uso de la válvula de control, el sensor de nivel de líquido en el tanque y la consideración de que el tanque principal tiene una área transversal constante (Radio = 18 cm Área = 1017.88 cm²) en el rango de alturas de 24cm a 44cm. Tomando en cuenta dicha consideración para desalojar un volumen determinado de agua la válvula debe estar abierta hasta que se cumpla la diferencia de niveles correspondiente a ese volumen con el área constante de 1017.88 cm².

El programa ladder desarrollado para el SURTIDOR DE AGUA consta de una subrutina de inicio, Subrutina ARRANQUE que se encarga de llenar el tanque de abastecimiento (Tanque Principal) hasta la altura de 44cm una vez cuando se inicia el proceso o cada vez que el volumen a sacar de líquido sea mayor al existente en el tanque.

Cuando el tanque se encuentra listo para el suministro del líquido dentro de la subrutina ARRANQUE se setea un bit de estado el que permite continuar con el resto del programa principal. Ya en el programa principal se ejecuta la subrutina LITROS que corresponde a una tabla de asignación de valores decimales de nivel a cada valor en litros que se desea desalojar (Tabla 5.1)

El ejemplo de cálculo se encuentra en el Anexo 5.1

LITROS	VALOR DECIMAL DE Δ NIVEL
1	803
2	1606
3	2409
4	3212

Tabla 5.1 Valores de asignación para la subrutina LITROS

Posteriormente en el programa principal cheque si es posible desalojar ese volumen de líquido haciendo una resta entre el nivel actual, el valor decimal a desalojar y comparándolo con el valor correspondiente al nivel mínimo de 24cm. Cuando el volumen no es suficiente se ejecuta nuevamente la subrutina ARRANQUE, caso contrario se abre la válvula de control hasta que se cumpla la diferencia de niveles que corresponde al volumen deseado. El inicio del proceso se lo puede hacer únicamente desde el PC por medio del botón "Despachar"

Para el control de posición de la válvula de control se utiliza la Subrutina SERVOVÁLVULA descrita en el Capítulo 3. El programa ladder para la el SURTIDOR DE AGUA se encuentra en el Anexo 5.2

5.4 PRUEBAS Y RESULTADOS

Para verificar el funcionamiento del SURTIDOR DE AGUA se realizaron pruebas de funcionamiento en las que se despacharon determinadas cantidades de líquido y se las comparó con un valor real. Las tablas de resultados y errores se muestran a continuación.

MUESTRA (1 litro)	VALOR OBTENIDO	ERROR (l)
Primera	1.1	0.1
Segunda	1.05	0.05
MUESTRA (2 litro)	VALOR OBTENIDO	ERROR (l)
Primera	2.05	0.05
Segunda	2.1	0.1
MUESTRA (3 litro)	VALOR OBTENIDO	ERROR (l)
Primera	3.02	0.02
Segunda	3.05	0.05
MUESTRA (4 litro)	VALOR OBTENIDO	ERROR (l)
Primera	3.98	-0.02
Segunda	4.2	0.2

Tabla 5.2 Resultados de las pruebas para SURTIDOR DE LÍQUIDOS

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El Módulo de Control de Nivel construido satisface plenamente los objetivos propuestos en el plan de proyecto. El equipo es de fácil manejo y sus elementos constitutivos permiten tener una idea general del funcionamiento de los componentes de un sistema de control

Mediante INTOUCH se puede hacer la supervisión y adquisición de datos de cualquier proceso, ya sea este una aplicación didáctica como la desarrollada o un sofisticado proceso industrial. Es muy versátil, de fácil manejo y posee las herramientas necesarias no solo para crear ambientes amigables al usuario sino también para una adecuada presentación y manipulación de los datos obtenidos.

La acción de control a ser usada en un proceso depende directamente del tipo de respuesta de la planta. La repuesta del Módulo de Control de Nivel se aproxima a la de un sistema de primer orden, por lo tanto la acción proporcional implementada para el controlador es suficiente para obtener resultados satisfactorios con un error en estado estable no mayor a 3mm.

El sensor de presión diferencial utilizado para determinar el nivel de líquido en el tanque presenta una característica lineal, estable y con buenos tiempos de respuesta. Esto facilita considerablemente el control de la variable ya que no es necesario realizar una regresión lineal de los datos ni tampoco se tienen tiempos muertos considerables.

El control de posición desarrollado para la válvula de globo a pesar de ser solamente un control ON/OFF presenta buenos resultados. El posicionamiento de la válvula es controlado en todo el recorrido del vástago y el error en estado estable no es mayor al 2% de porcentaje de apertura de la válvula.

La programación del PLC usado es sencilla y permite enfocarse en la lógica del programa. Si bien es cierto el uso de señales analógicas incrementa las aplicaciones de los PLCs en sistemas que involucran acciones de control más complejas, se debe tener en cuenta los tiempos de conversión y toma de los datos ya que se podrían tener lecturas incorrectas lo que implica acciones de control no deseadas.

La obtención de volúmenes de agua por medio de la aplicación desarrollada presenta resultados aceptables. Los errores obtenidos varían directamente con el efecto del peso del volumen del líquido en el tanque, ya que éste afecta al caudal de salida y por ende al volumen desalojado mientras se cierra la válvula.

6.2 RECOMENDACIONES

El método de medición de nivel usado en este proyecto se recomienda para líquidos no corrosivos y está limitado por la longitud de la columna de líquido, debido a que si se tienen presiones demasiado altas se presenta una compresión del aire contenido en el interior del tubo de vidrio lo que provoca errores en la lectura.

En vista de que el módulo fue construido con fines didácticos se recomienda la realización de un plan de prácticas a ser realizadas en el laboratorio y que permitan la capacitación del estudiante en el control de procesos.

Los recursos del PLC pueden ser optimizados con la incorporación de una servoválvula comercial la que requeriría para su funcionamiento únicamente de una salida analógica.

Como un futuro proyecto se recomienda la interconexión en red del módulo con otros equipos ya construidos, logrando así la implementación de sistemas mas complejos para que puedan ser estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- WONDERWARE FACTORY SUITE, Intouch User's Guide. Wonderware Corporation . Revision C, Julio 1999.
- WONDERWARE FACTORY SUITE, Intouch Reference's Guide. Wonderware Corporation . Revision C, Julio 1999.
- ALLEN – BRADLEY, Micrologix 1000 Programmable Controllers User Manual. Boletín 1761
- ROCKWELL SOFTWARE, RSLogix 500. JULIO 2000
- CREUS Antonio, Instrumentación Industrial. Alfaomega. México. Quinta Edición. 1995
- SOISSON Harold, Instrumentos Industriales. Limusa. México. 1994.
- CREUS Antonio, Instrumentos Industriales su ajuste y calibración. Alfaomega. México. Segunda Edición. 1993
- RESNICK – HOLIDAY, Física. Editorial Continental. Sexta Edición. 1973
- FERSA, Manual de selección de válvulas.
- GREENE, Richard, Válvulas selección, uso y mantenimiento. Mc Graw Hill. México. 1988
- PERRASO, Luís, Adquisición de datos supervisión y control PID utilizando controladores lógicos programables.

- SMITH, Carlos, Control Automático de Procesos. Limusa. México. Primera Edición.1994.
- OGATA, Katsuhiko, Sistemas de Control en tiempo discreto. Prentice Hall. Segunda Edición. México. 1995

ANEXOS



Tabella valori contatti a relè

Volt massimi	Ampere		Ampere Continui	Voltampere	
	Chiusura	Apertura		Chiusura	Apertura
240V ca	7,5A	0,75A	2,5A	1800 VA	180 VA
120V ca	15A	1,5A			
125V cc	0,22A ⁽¹⁾		1,0A	28 VA	
24V cc	1,2A ⁽¹⁾		2,0A		

(1) Per le applicazioni con tensione in cc, il valore di apertura/chiusura in ampere per i contatti a relè si può determinare dividendo 28 VA per la tensione in cc applicata. Per esempio, 28 VA ÷ 48V cc = 0,58A. Per le applicazioni con tensione inferiore a 48V, i valori di apertura/chiusura per i contatti a relè non possono superare 2A. Per applicazioni con tensione in cc superiore a 48V, i valori di apertura/chiusura per i contatti a relè non possono superare 1A.

Specifiche di uscita analogica

Descrizione	Specifica
Gamma uscita tensione	da 0 a 10V cc -1LSB
Gamma uscita corrente	da 4 a 20 mA - 1LSB
Tipo di dati	intero a 16 bit
Non linearità	0,02%
Risposta al gradino	2,5 ms (a 95%)
Gamma di carico - uscita tensione	1K Ω to ∞ Ω
Gamma di carico - uscita corrente	da 0 a 500 Ω
Codifica uscita da 4 a 20 mA - 1 LSB, da 0 a 10Vcc - 1LSB	da 0 a 32.767
Errore cablaggio uscita tensione	sopporta un cortocircuito
Errore cablaggio uscita corrente	sopporta un cortocircuito
Risoluzione uscita	15 bit
Tempo di impostazione uscita analogica	3 msec (massimo)
Precisione assoluta da 0°C a +55°C	±1,0% dell'intera scala
Deriva precisione globale da 0°C a +55°C (max.)	±0,28%
Errore globale a +25°C (+77°F) (max.)	0,2%
Cablaggio di campo a isolamento logico	nominale 50V in funzionamento/ isolamento 500V60

Sección de español

Controladores programables MicroLogix™ 1000

(Nos. de cat. 1761-L10BWA, -L10BWB, -L10BWB, -L10BWB, -L16AWA, -L16BWA, -L16BWB, -L16BBB, -L16NWA, -L16NWB, -L20AWA-5A, -L20BWA-5A, -L20BWB-5A, -L32AAA, -L32AWA, -L32BWA, -L32BWB, -L32BBB)

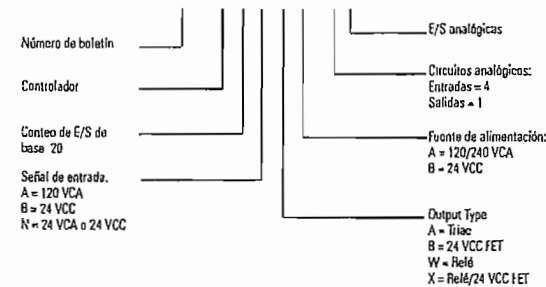
Descripción general

Instale su controlador usando estas instrucciones de instalación. Las únicas herramientas que necesita son un destornillador plano o Phillips y un taladro.

Información sobre número de catálogo

El número de catálogo para el controlador consta de:

1761 - L 20 A W A - 5 A



Para más información

Publicaciones relacionadas

Para obtener	Vea este documento	No. de publicación
Una descripción detallada sobre cómo instalar y usar el controlador programable MicroLogix 1000.	MicroLogix 1000 Programmable Controllers User Manual	1761-6.3ES
Información adicional sobre las técnicas apropiadas de cableado y tierra.	Pautas sobre cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial	1770-4 IES
Una descripción más detallada acerca de cómo instalar y usar el convertidor de interfaz avanzado AIC+.	AIC+ Advanced Interface Converter User Manual	1761-6.4
Una descripción más detallada acerca de cómo instalar y usar la interfaz DeviceNet.	DeviceNet Interface User Manual	1761-6.5
Una descripción más detallada acerca de cómo instalar y usar la interfaz Ethernet.	Ethernet Interface User Manual	1761-UM006

Si quiere recibir un manual puede:

- descargar una versión electrónica gratis de la siguiente dirección de internet:
www.ab.com/micrologix or www.theautomationbookstore.com
fazer
- comprar un manual impreso. Para hacer esto haga una de las siguientes cosas:
 - comuníquese con su distribuidor local o representante local de Rockwell Automation
 - haga un pedido en la página electrónica:
www.theautomationbookstore.com
 - llame al: 1-800-963-9548 (USA/Canadá)
ó 001-330-725-1574 (Fuera de los EE.UU./Canadá)

Consideraciones de seguridad

Este equipo es apto para el uso en lugares de Clase I, División 2, Grupos A, B, C, D o no peligrosos solamente (cuando el producto o embalaje está marcado así).

ATENCIÓN



Peligro de explosión:

- La sustitución de los componentes puede modificar la adaptabilidad del equipo para la Clase I, División 2.
- No reemplace los componentes ni desconecte el equipo a menos que la alimentación eléctrica se haya desactivado y se determine que el lugar no es peligroso.
- No conecte ni desconecte cuando el circuito esté activado a menos que se determine que el lugar no es peligroso.
- Este producto se debe instalar en un envoltorio. Todos los cables conectados al producto deben permanecer en el envoltorio o ser protegidos por conductos u otra manera de protección.

Use solamente los siguientes cables de comunicación en los lugares peligrosos de la Clase I, División 2.

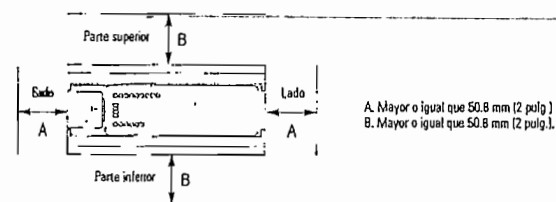
Clasificación ambiental	Cable de comunicación
Ambiente peligroso de la clase I, División 2	1761-CBL-PM02 serie C
	1761-CBL-HM02 serie C
	1761-CBL-AM00 serie C
	1761-CBL-AP00 serie C
	2707-NC8 serie B
	2707-NC9 serie B
	2707-NC10 serie B
2707-NC11 serie B	

Dimensiones físicas

Controlador: 1761-	Longitud: mm (pulg.)	Profund.: mm (pulg.)	Altura: mm (pulg.)
L16BWA	120 (4.72)	73 (2.87)	80 (3.15)
L16BWA			
L16NWA			
L16AWA			
L20AWA-5A	200 (7.87)		
L20BWA-5A			
L32AWA			
L32BWA			
L32AAA	120 (4.72)	40 (1.57)	
L10BWB			
L100XB			
L16BBB			
L16BWB			
L16NWB			
L20BWB-5A			
L32BBB			
L32BWB			

Espacio para el controlador

La figura siguiente muestra los espacios *mínimos* recomendados para el controlador.



Nota: El controlador se muestra en el montaje horizontal.

Montaje horizontal del controlador

El controlador se debe montar horizontalmente dentro de un envolvente usando un riel DIN o el tornillo de montaje opcional. Use la plantilla para instalación que proporcionamos al comienzo de este documento para obtener información sobre los espacios y cómo instalar correctamente el controlador.

ATENCIÓN

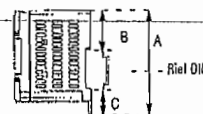
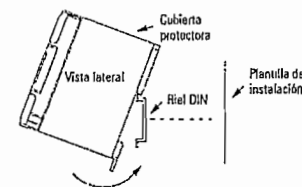


Tenga cuidado con las rebabas metálicas cuando perfore agujeros para la instalación de su controlador. Los fragmentos que caen dentro del controlador pueden dañarlo. No perfore agujeros encima de un controlador instalado si no tiene su cubierta protectora.

Uso de un riel DIN

Para instalar su controlador en el riel DIN:

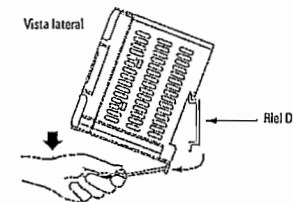
1. Monte el riel DIN. (Asegúrese de que la ubicación del controlador en el riel DIN cumpla con los requisitos de espacio recomendados. Consulte la plantilla de instalación que se encuentra al comienzo de este documento.)
2. Enganche la ranura superior sobre el riel DIN.
3. Mientras empuja el controlador contra el rail, encaje el controlador en su posición.
4. No quite la cubierta protectora hasta que acaba con el cableado del controlador.



Indicación	Dimensión
A	84 mm (3.3 pulg.)
B	33 mm (1.3 pulg.)
C	16 mm (0.63 pulg.)

Para extraer el controlador del riel DIN:

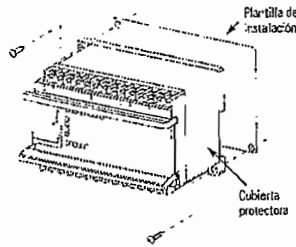
1. Coloque un destornillador en el seguro del riel DIN en la parte inferior del controlador.
2. Sujetando el controlador aplique presión hacia abajo sobre el seguro hasta que el controlador se desengancha del riel DIN.



Uso de los tornillos para instalación

Para instalar su controlador usando los tornillos de instalación:

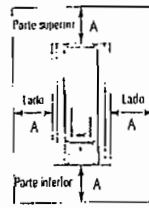
1. Saque la plantilla de instalación de la parte frontal de este documento.
2. Asegure la plantilla a la superficie de instalación. [Cerciórese de que su controlador tenga los espacios correctos.]
3. Perfore agujeros a través de la plantilla.
4. Saque la plantilla para instalación.
5. Instale el controlador.
6. No quite la cubierta protectora hasta que acabe con el cableado del controlador.



Montaje vertical del controlador

El controlador también se puede montar verticalmente dentro de un envolvente usando los tornillos de montaje o un riel DIN. Para asegurar la estabilidad del controlador, recomendamos el uso de los tornillos de montaje. Por additional information, refer to the previous section.

Para asegurar el funcionamiento seguro del controlador, es imprescindible no exceder las especificaciones ambientales siguientes.



A: Mayor o igual que 50,8 mm (2 pulg.).

Descripción:	Especificación:
Temperatura de funcionamiento	0°C a 40°C (32°F a 113°F) ⁽¹⁾
Impacto de funcionamiento (montado en panel)	aceleración pico de 9,0 g (durante 11±1 ms) 3 veces en cada dirección, cada eje
Impacto de funcionamiento (montado en riel DIN)	aceleración pico de 7,0 g (durante 11±1 ms) 3 veces en cada dirección, cada eje

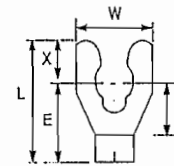
(1) El voltaje de alimentación de entrada de CC se disminuye linealmente a partir de 30°C (30 V a 26,4 V).

Nota: Cuando el controlador se monta verticalmente, la placa de identificación se debe orientar hacia arriba.

Cableado de su controlador

Tipo cable	Tam. de cable: (máximo 2 cables por tornillo de terminal)
Sólido	#14 a #22 AWG
Trenzado	#16 a #22 AWG

IMPORTANTE El diámetro del tornillo del terminal es 5,5 mm (0,220 pulg.). Los terminales de entrada y salida del controlador MicroLogix 1000 han sido diseñados para los siguientes terminales de horquilla.

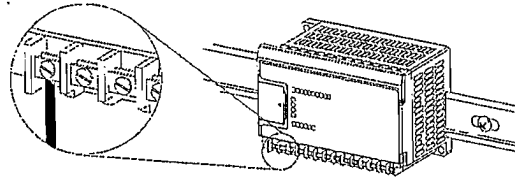


Clave	Dimensión
C	6,35 mm (0,250 pulg.)
E	10,95 mm (0,431 pulg.) Máximo
L	14,63 mm (0,576 pulg.)
W	6,35 (0,250 pulg.)
X	3,56 mm (0,140 pulg.)
C + X	9,91 mm (0,390 pulg.) Máximo

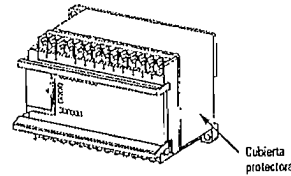
Recomendamos el uso de cualquiera de estos terminales de horquilla AMP: número de parte 53120-1, si está usando 22-16 AWG, o número de parte 53123-1 si está usando 16-14 AWG.

IMPORTANTE

Si usa cables sin conectores, asegúrese que los cableados estén bien capturados por la placa de presión. Esto es sumamente importante en las cuatro posiciones de los terminales extremos donde la placa de presión no hace contacto con la pared exterior.

**IMPORTANTE**

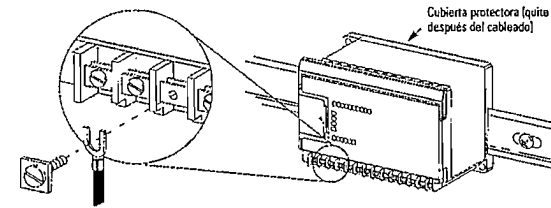
Tenga sumo cuidado al desforrar los cables. Fragmentos del cable que caen en el controlador podrían causar daños. Quite la cubierta protectora *después* de cablear su controlador. El no quitar la cubierta protectora puede provocar el sobrecalentamiento del controlador.

**IMPORTANTE**

Este símbolo indica un terminal de tierra funcional que proporciona una ruta de impedancia baja entre los circuitos eléctricos y la conexión a tierra para fines que no son de seguridad, tales como mejoras de la inmunidad al ruido.

Conexión a tierra de su controlador

En los sistemas de control de estado sólido, la conexión a tierra ayuda a limitar los efectos del ruido debido a las interferencias electromagnéticas (EMI). Instale la conexión a tierra desde el tornillo de tierra del controlador (torcer tornillo desde la izquierda en el renglón del terminal de salida) hasta el bus de tierra. Para cablear su controlador use el cable de calibre más grueso de la lista.

**ATENCIÓN**

Todos los dispositivos conectados a la fuente de alimentación de 24 V del usuario o al canal RS-232 tienen que tener referencia a la tierra del chasis o flotante. El no seguir este procedimiento puede dar como resultado daños materiales o lesiones personales.

La tierra del chasis, la tierra de 24 V del usuario y la tierra del RS-232 están internamente conectadas. Usted debe conectar el tornillo del terminal de la tierra del chasis a la tierra del chasis antes de conectar los dispositivos.

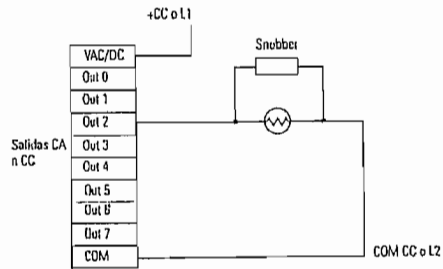
En el controlador 1761-L10BWB, -L10BXB, -L16BWD, -L16BBB, -L16NWB, -L20BWB-5A, -L32BBB, y -L32BWB, la alimentación eléctrica de 24 VCC IN del usuario y la tierra del chasis están conectadas internamente.

Usted también tiene que proporcionar un camino de tierra aceptable para cada dispositivo en su aplicación. Para obtener más información sobre las pautas de conexión a tierra apropiadas, vea *Pautas sobre cableado y conexión a tierra de equipos de automatización industrial* (publicación 1770-4.1ES).

Supresión de sobretensión

Los dispositivos de carga inductiva tales como los arrancadores de motores y solenoides requieren el uso de algún tipo de supresión de sobretensión para proteger los contactos de salida del controlador. El cambiar las cargas inductivas sin supresión de sobretensión puede reducir *de manera importante* la vida útil de los contactos de relé. La instalación de un dispositivo de supresión directamente sobre la bobina de un dispositivo inductivo prolongará la vida útil de los contactos de interruptores. También reducirá los efectos de fenómenos transitorios de voltaje causados por la interrupción de la corriente a dicho dispositivo inductivo y evitará que el ruido eléctrico entre en el cableado del sistema.

El diagrama siguiente muestra una salida con un dispositivo de supresión. Se recomienda que usted posicione el dispositivo de supresión en el lugar más cercano del dispositivo de carga.

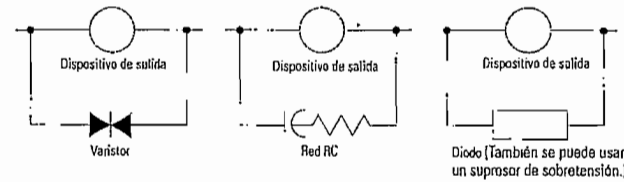


Si conecta una salida triac de micro-controlador a una carga inductiva, se recomienda que use un diodo 1N4004 como supresión de sobretensión, tal como se indica en la ilustración a continuación.

Los métodos de supresión de sobretensión adecuados para los dispositivos de carga CA inductiva incluyen un supresor de sobretensión de varistor, red RC o Allen-Bradley. Estos componentes se deben clasificar debidamente para suprimir el fenómeno transitorio de cambio del dispositivo inductivo en cuestión. Vea la tabla en la página 92 para obtener los supresores recomendados.

Tal como se muestra en la ilustración siguiente, estos circuitos de supresión de sobretensión se conectan directamente sobre el dispositivo de carga. Esto reduce la creación de arcos de los contactos de salida. (Un alto fenómeno transitorio puede causar arcos que ocurren cuando se desactivan un dispositivo inductivo.)

Supresión de sobretensión para dispositivos de carga inductiva CA y CC



Si conecta una salida triac de micro-controlador para controlar una carga inductiva, se recomienda que use varistores para suprimir el ruido. Seleccione el varistor más adaptado para la aplicación. Los supresores que recomendamos para las salidas triac cuando se cambian las cargas inductivas de 120 VCA son Harris MOV, número de pieza V175 LA10A o un MOV Allen-Bradley, número de catálogo 599-K04 ó 599-KA04. Vea la hoja de datos del fabricante del varistor al seleccionar un varistor para la aplicación.

Un diodo es apropiado para los dispositivos de carga inductiva CA. Un diodo 1N4004 es aceptable para la mayor parte de las aplicaciones. También se puede usar un supresor de sobretensión. Vea la tabla en la página 92 para obtener los supresores recomendados.

Supresores de sobretensión recomendados

Recomendamos los supresores de sobretensión Allen-Bradley indicados en la tabla siguiente para uso con los relés, contactores y atrancadores Allen-Bradley.

Dispositivo	Voltaje de bobina	No. de catálogo del supresor
Boletín 509 Arrancador de motor Boletín 509 Arrancador de motor	120 VCA 240 VCA	599-K04 599-KA04
Bulletin 100 Contactor Bulletin 100 Contactor	120 VCA 240 VCA	199-FSMA1 199-FSMA2
Bulletin 709 Arrancador de motor	120 VCA	1401-N10
Bulletin 700 Relés tipo R, RM	Bobina CA	No requerido
Bulletin 700 Relé, tipo R Bulletin 700 Relé, tipo RM	12 VCC 12 VCC	199-FSMA9
Bulletin 700 Relé, tipo R Bulletin 700 Relé, tipo RM	24 VCC 24 VCC	199-FSMA9
Bulletin 700 Relé, tipo R Bulletin 700 Relé, tipo RM	48 VCC 48 VCC	199-FSMA9
Bulletin 700 Relé, tipo R Bulletin 700 Relé, tipo RM	115-125 VCC 115-125 VCC	199-FSMA10
Bulletin 700 Relé, tipo R Bulletin 700 Relé, tipo RM	230-250 VCC 230-250 VCC	199-FSMA11
Bulletin 700 Relé, tipo N, P o PK	150 V máx, CA o CC	700-N24
Varios dispositivos electromagnéticos limitados a 35 VA sellados	150 V máx, CA o CC	700-N24

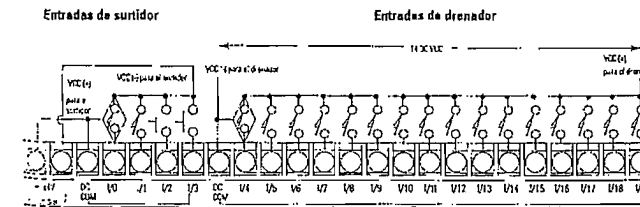
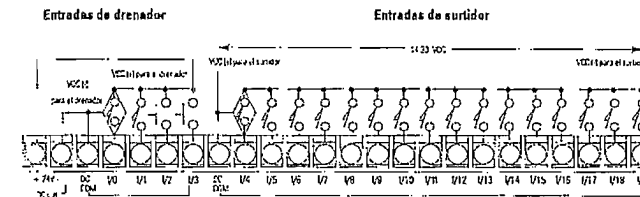
Drenador y surtidor

Se puede configurar cualquiera de las entradas de CC MicroLogix 1000 como drenador o surtidor según la manera de cableado CC de COM en el MicroLogix.

Modo:	Definición:
Drenador	La entrada se activa cuando el voltaje de alto nivel se aplica al terminal de entrada (activo alto). Conecte la fuente de alimentación eléctrica VCC (-) al terminal COM de CC MicroLogix.
Surtidor	La entrada se activa cuando el voltaje de bajo nivel se aplica al terminal de entrada (activo bajo). Conecte la fuente de alimentación eléctrica VCC (-) al terminal COM de CC MicroLogix.

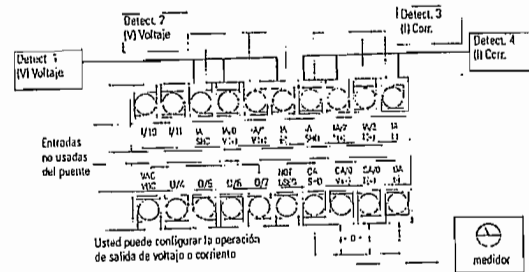
Ejemplos de cableado de drenador y surtidor

1761-L32BWA

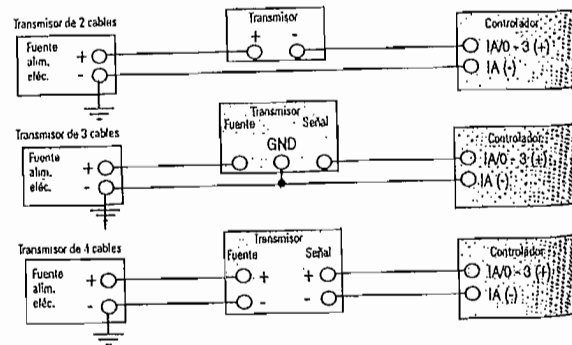


Cómo cablear los canales analógicos

Los circuitos de entrada analógica pueden monitorear las señales de corriente y voltaje y convertirlas en datos digitales en serie. La salida analógica es compatible con una función de voltaje o corriente.



El controlador no proporciona alimentación eléctrica de línea para las entradas analógicas. Use una fuente de alimentación eléctrica que coincida con las especificaciones del transmisor.



Cómo minimizar el ruido eléctrico en los controladores analógicos

Las entradas en los controladores analógicos utilizan filtros digitales de alta frecuencia que reducen sumamente los efectos del ruido eléctrico en las señales de entrada. No obstante, debido a la variedad de aplicaciones y ambientes en que se instalan y operan los controladores analógicos, no es posible asegurar que se elimina todo el ruido ambiental por los filtros de entrada.

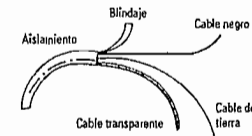
Se pueden realizar pasos específicos para ayudar a reducir los efectos del ruido ambiental en las señales analógicas:

- instale el sistema MicroLogix 1000 en un envoltorio correctamente clasificado (por ej., NEMA). Asegúrese de que el sistema MicroLogix 1000 está correctamente conectado a tierra.
- use el cable Belden #8761 para cablear los canales analógicos y asegúrese de que el cable de tierra y el blindaje están correctamente conectados a tierra.
- encamine el cable Belden aparte del otro cableado. Se puede obtener inmunidad de ruido adicional encaminando los cables en un conducto conectado a tierra.

Un sistema puede no funcionar correctamente debido a un cambio del ambiente de operativo después de un plazo de tiempo. Recomendamos la verificación periódica de la operación del sistema, especialmente cuando se instalan nuevas máquinas u otras fuentes de ruido cerca del sistema MicroLogix 1000.

Conexión a tierra del cable

Use el cable de comunicación blindado (Belden #8761). El cable Belden tiene dos cables de señal (negro y transparente), un cable de tierra y un blindaje. El cable de tierra y el blindaje se deben conectar a tierra por un extremo del cable. No conecte a tierra el cable de tierra y el blindaje por ambos extremos del cable.



Especificaciones

Especificaciones ambientales (all MicroLogix controllers)

Descripción	Especificación
Temperatura de funcionamiento	0°C a +55°C (+32°F a +131°F) para el montaje horizontal 0°C a +40°C (+32°F a +104°F) para el montaje vertical ¹⁾
Temp. de almacenamiento	-40°C a +85°C (-40°F a +185°F)
Humedad de operación	5 a 95% sin condensación
Certificaciones (cuando el producto o embalaje lleva la marca)	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación C-UL de clase I, división 2, grupos A,B,C,D • Certificación UL (clase I, división 2, grupos A,B,C,D) • Cumple con todas las directivas de la CE/C-Tick.

¹⁾ El voltaje de entrada de CC se reduce linealmente a partir de 130°C (30 V a 76.4 V).

Especificaciones generales

Descripción	Especificación: 1761-L							
	16AWA	32AWA	10BWA	16BWA	32BWA	32AAA	10BWB	32BWB
Tamaño y tipo de memoria	1 K EEPROM (aproximadamente 737 palabras de instrucción; 437 palabras de datos)							
Voltaje de la fuente de alimentación eléctrica	85-264 VCA, 47-63 Hz						20.4-26.4 VCC	
Uso de la fuente de alim. eléc.	120 VCA 240 VCA 24 VCC	15 VA 21 VA No aplicable	19 VA 25 VA No aplicable	24 VA 32 VA No aplicable	26 VA 33 VA No aplicable	29 VA 36 VA No aplicable	16 VA 22 VA No aplicable	No aplicable
Corr. de entrada al momento del arranque máx. de la alim. eléc.	30A durante 8 ms						30A durante 4 ms	
Alim. eléc. del detector de 24 VCC (VCC a mA)	No aplicable		200 mA		No aplicable			
Carga capacitiva máx. (24 VCC del usuario)			200 µF					
Ciclos de potencia	50,000 mínimo							
Vibración	De operación: 5 Hz a 2 KHz, 0.381 mm (0.015 pulg.) pico a pico/2.5 g montado en panel, ^[1] 1 hr por eje Fuera de operación: 5 Hz a 2 KHz, 0.762 mm (0.030 pulg.) pico a pico/5 g, 1 hr por eje							
Choque ^[2]	De operación: aceleración de pico de 10 g (7.5 g montado en riel DIN) ^[3] (duración de 11±1 ms) 3 veces para cada dirección, cada eje Fuera de operación: aceleración de pico de 20 g (duración de 11±1 ms), 3 veces para cada dirección, cada eje							
Par del tornillo terminal	0.9 N-m máximo (8.0 pulg.-libras)							
Descarga electrostática	EN 61000-2 @ 8K V							
Susceptibilidad radiada	EN 61000-3 @ 10 V/m, 27 MHz - 1000 MHz excepto 3V/m, 87 MHz - 108 MHz, 174 MHz - 230 MHz, y 470 MHz - 790 MHz							
Transitorio rápido	EN 61000-4 @ fuente de alimentación eléctrica de 2 K V, E/S; 1 K V com							
Aislamiento	1500 VCA							

[1] El controlador montado en el riel DIN es 1 g.

[2] Vea la página 86 para obtener las especificaciones del montaje vertical.

[3] Los relés se reducen por 2.5 g adicionales en los controladores de 32 puntos.

Especificaciones generales analógicas

Descripción	Especificación: 1761-L		
	20AWA-5A	20BWA-5A	20BWB-5A
Tamaño y tipo de memoria	1 K EEPROM (aproximadamente 737 palabras de instrucción; 437 palabras de datos)		
Voltaje de la fuente de alimentación eléctrica	85-264 VCA, 47-63 Hz		20.4-26.4 VCC

Descripción	Especificación: 1761-L		
	20AWA-5A	20BWA-5A	20BWB-5A
Uso de la fuente de alim. eléc.	120 VCA	20 VA	30 VA
	240 VCA	27 VA	38 VA
	24 VCC	No aplicable	No aplicable
Alim. eléc. del detector de 24 VCC (VCC a mA)	No aplicable	200 mA	No aplicable
Carga capacitiva máx. (24 VCC del usuario)		200 µF	
Ciclos de potencia	50,000 mín		
Vibración	De operación: 5 Hz a 2 KHz, 0.381 mm (0.015 pulg.) pico a pico/2.5 g montado en panel, ^[1] 1 hr por eje Fuera de operación: 5 Hz a 2 KHz, 0.762 mm (0.030 pulg.) pico a pico/5 g, 1 hr por eje		
Choque ^[2]	De operación: aceleración de pico de 10 g (7.5 g montado en riel DIN) ^[3] (duración de 11±1 ms) 3 veces para cada dirección, cada eje Fuera de operación: aceleración de pico de 20 g (duración de 11±1 ms), 3 veces para cada dirección, cada eje		
Par del tornillo terminal	0.9 N-m máximo (8.0 pulg.-libras)		
Descarga electrostática	EN 61000-2 @ 8K V		
Susceptibilidad radiada	EN 61000-3 @ 10 V/m, 27 MHz - 1000 MHz excepto 3V/m, 87 MHz - 108 MHz, 174 MHz - 230 MHz, y 470 MHz - 790 MHz		
Transitorio rápido	EN 61000-4 @ fuente de alimentación eléctrica de 2 K V, E/S; 1 K V com		
Aislamiento	1500 VCA		

[1] El controlador montado en el riel DIN es 1 g.

[2] Vea la página 86 para obtener las especificaciones del montaje vertical.

[3] Los relés se reducen por 2.5 g adicionales en los controladores de 32 puntos.

Especificaciones de entrada generales

Descripción	Especificación	
	100-120 VCA Controllers	24 VCC Controllers
Rango de voltaje	79 a 132 VCA, 47 a 63 Hz	14 a 30 VCC
Voltaje activado	79 VCA mín. 132 VCA máx.	14 VCC mín. 24 VCC nominal 26.4 VCC máx. @ +55°C (+131°F) 30.0 VCC máx. @ +30°C (+86°F)
Voltaje desactivado	20 VCA	5 VCC
Corriente activada	5.0 mA mín. @ 79 VCA 47 Hz 12.0 mA nominal @ 120 VCA 60 Hz 16.0 mA máx. @ 132 VCA 63 Hz	2.5 mA mín. @ 15 VCC 8.0 mA nominal @ 24 VCC 12.0 mA máx. @ 30 VCC
Corriente desactiv.	2.5 mA máx.	1.5 mA máx.
Impedancia nom.	12 K ohms @ 50 Hz 10 K ohms @ 60 Hz	3 K ohms
Corr. de entrada al momento de arranque máx.	250 mA máx. ^[1]	No aplicable

[1] Para reducir la corriente de entrada al momento del arranque a 35 mA, aplique una resistencia de 6.8 K ohms, 5 W en serie con la entrada. El voltaje de estado activado aumentará a 92 VCA como resultado.

Especificaciones de la entrada AC/DC (1761-L16NWA and 1761-L16NWB)

Especificación	AC		DC
	Voltaje activado	mín.	18 VCA
nominal		24 VCA	24 VCC
máx.		26.4 VCA @ 55°C (131°F) 30 VCA @ 30°C (86°F)	26.4 VCC @ 55°C (131°F) 30 VCC @ 30°C (86°F)
Corriente activada	mín.	3.0 mA @ 18 VCA	2.5 mA @ 14 VCC
	nominal	8.0 mA @ 24 VCA	8.0 mA @ 24 VCC
	máx.	12 mA @ 30 VCA	12 mA @ 30 VCC
Voltaje desactivado	mín.	0.0 VCA	0.0 VCC
	máx.	3.0 VCA	5.0 VCC
Corriente desactiv.	mín.	1.0 mA	1.5 mA
Frecuencia	nominal	50/60 Hz	Veá Tiempo de activación/Tiempo de desactivación
	rango	47 @ 63 Hz	
Tiempo de activación	mín.	2 ms	2 ms
	máx.	20 ms	20 ms
Tiempo de desactivación	mín.	10 ms	10 ms
	máx.	20 ms	20 ms

Especificaciones de la entrada analógica

Descripción	Especificación
Rango de entrada de voltaje	-10.5 a +10.5 VCC - 1LSB
Rango de entrada de corriente	-21 a +21 mA - 1LSB
Tipo de datos	Número entero con signo de 16 bits
Codificación de entrada -21 a +21 mA - 1LSB, -10.5 a +10.5 VCC - 1 LSB	-32,768 a +32,767
Impedancia de entrada de voltaje	210 KΩ
Impedancia de entrada de corriente	160 Ω
Resolución de entrada ⁽¹⁾	16 bits
Sin linealidad	0.002%
Precisión general de 0°C a +55°C	±0.7% de la escala completa
Deriva de precisión general de 0°C a +55°C (máx.)	±0.176%
Error general @ +25°C (+77°F) (máx.)	±0.526%
Protección de sobrevoltaje de la entrada de voltaje	24 VCC
Protección de sobrecorriente de la entrada de corriente	±50 mA
Aislamiento de entrada a salida	Capacidad nominal de 30 V de operación/500 V de aislamiento
Aislamiento del cableado de campo a lógica	

(1) La velocidad de entrada analógica y la resolución de entrada son una función de la selección del filtro de entrada.

Tabla de velocidades de actualización de la entrada analógica

Características del filtro programables				
Frecuencia de primer impulso (Hz)	Ancho de banda del filtro (Frec. Hz de -3 dB)	Tiempo de actualización (mseg) ⁽¹⁾	Tiempo de establecimiento (mseg) ⁽¹⁾	Resolución (bits)
10	2.62	100.00	400.00	16
50	13.10	20.00	80.00	16
50 ⁽²⁾	16.72	16.67	66.67	16
250	66.50	4.00	16.00	15

(1) El total del tiempo de actualización para cada canal es una combinación del tiempo de actualización y el tiempo de establecimiento. Cuando se habilita más de un canal de entrada analógica, la actualización máxima para cada canal es igual a un tiempo de escán de escalera más el tiempo de actualización más el tiempo de establecimiento del canal. Cuando se habilita solamente un canal de entrada analógica, la actualización máxima para el canal es igual al tiempo de actualización más un tiempo de escán de escalera para todas las actualizaciones excepto la primera después de la operación ida a marcha (GTR). El primer tiempo de actualización se incrementa por el tiempo de establecimiento.

(2) El establecimiento predeterminado es 60 Hz.

Especificaciones de salida generales

Tipo	Relé	MOSFET	Triac
Voltaje	Veá los diagramas de cableado, p. 121.		
Corriente de carga máxima	Veá la tabla de cap. nom. de contactos de relé	1.0 A por pto. @ +55°C (+131°F) 1.5 A por pto. @ +30°C (+86°F)	0.5 A por pto. @ +55°C (+131°F) 1.0 A por pto. @ +30°C (+86°F)
Corriente de carga mínima	10.0 mA	1 mA	10.0 mA
Corriente por controlador	1440 VA	3 A para L16BBB 6 A para L32BBB	1440 VA
Corriente por común	8.0 A	3 A para L16BBB 6 A para L32BBB	No aplicable
Corriente de fuga máx. durante desactivación	0 mA	1 mA	2 mA @ 132 VCA 4.5 mA @ 264 VCA
Respuesta de desactivación a activación	10 ms máx.	0.1 ms	8.8 ms @ 60 Hz 10.6 ms @ 50 Hz
Respuesta de activación a desactivación	10 ms máx.	1 ms	11.0 ms
Corriente de choque por punto	No aplicable	4A for 10 ms ⁽¹⁾	10A for 25 ms ⁽¹⁾

(1) La capacidad de repetición es una vez cada 2 segundos a +55°C (+131°F).

Tabla de capacidad nominal de contactos de relé

Volts máximos	Amperes		Amperes continuos	Voltamperes	
	Cierre	Apertura		Cierre	Apertura
240 VCA	7.5 A	0.75 A	2.5 A	1800 VA	180 VA
120 VCA	15 A	1.5 A			
125 VCC	0.22 A ⁽¹⁾		1.0 A	28 VA	
24 VCC	1.2 A ⁽¹⁾		2.0 A		

(1) For dc voltage applications, the make/break ampere rating for relay contacts can be determined by dividing 28 VA by the applied dc voltage. For example, 28 VA ÷ 48 VCC = 0.58A. For dc voltage applications less than 48V, the make/break ratings for relay contacts cannot exceed 2A. For dc voltage applications greater than 48V, the make/break ratings for relay contacts cannot exceed 1A.

Especificaciones de la salida analógica

Descripción	Especificación
Rango de salida de voltaje	0 a 10 VCC -1LSB
Rango de salida de corriente	4 a 20 mA - 1LSB
Tipo de datos	Número entero con signo de 16 bits
Sin linealidad	0.02%
Respuesta de paso	2.5 ms (a 95%)
Rango de carga - salida de voltaje	1K Ω a ∞ Ω
Rango de carga - salida de corriente	0 a 500 Ω
Codificación de 4 a 20 mA - 1LSB, 0 a 10 VCC - 1LSB	0 a 32,767
Cableado incorrecto de la salida de voltaje	Puede resistir los cortocircuitos
Cableado incorrecto de la salida de corriente	Puede resistir los cortocircuitos
Resolución de salida	15 bits
Tiempo de establecimiento de la salida analógica	3 mseg (máximo)
Precisión general de 0°C a +55°C	\pm 1.0% de la escala completa
Deriva de precisión general de 0°C a +55°C (máx.)	\pm 0.28%
Error general a +25°C (+77°F) (máx.)	0.2%
Aislamiento del cableado de campo a lógica	Capacidad nominal de 30 V de operación/500 V de aislamiento



Instruções de Instalação

Seção em Português

Controladores Programáveis MicroLogix™ 1000

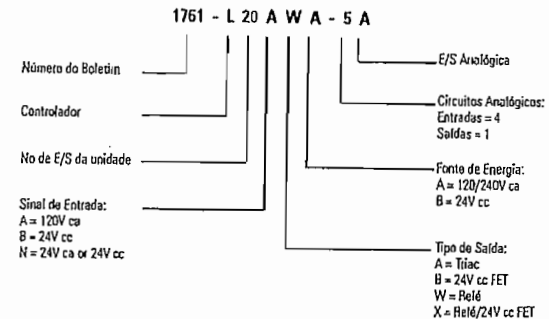
(Números de Catálogo 1761-L10BWA, -L10BWB, -L10BxB, -L16AWA, -L16BWA, -L16BWB, -L16BBB, -L16NWA, -L16NWB, -L20AWA-5A, -L20BWA-5A, -L20BWB-5A, -L32AAA, -L32AWA, -L32BWA, -L32BWB, -L32BBB)

Vispo Geral

Instale seu controlador usando estas instruções de instalação. As únicas ferramentas necessárias são uma chave de fenda comum ou Phillips e uma furadeira.

Detalhes do Número de Catálogo

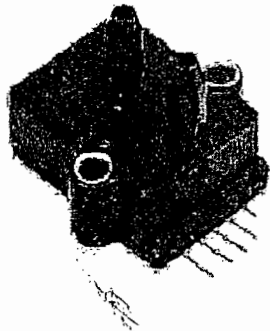
O número de catálogo do controlador tem os seguintes componentes:



DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR DE PRESIÓN DIFERENCIAL SCX01DN

SCX Series

Precision Compensated Pressure Sensors



The SCX series sensors provides a very cost effective solution for pressure applications that require high accuracy over a wide temperature range. These internally calibrated and temperature compensated sensors were specifically designed to provide an accurate and stable output over a 0°C to 70°C temperature range. This series is intended for use with non-corrosive, non-ionic working fluids such as air, dry gases and the like.

Devices are available to measure absolute, differential and gauge pressures from 1 psi (SCX01) up to 150 psi (SCX150). The Absolute (A) devices have an internal vacuum reference and an output voltage proportional to absolute pressure. The Differential (D) devices allow application of pressure to either side of the pressure sensing diaphragm and can be used for gauge or differential pressure measurements.

The SCX devices feature an integrated circuit sensor element and laser trimmed thick film ceramic housed in a compact nylon case. This package provides isolation to external package stresses and has convenient mounting holes and pressure ports for ease of use with standard plastic tubing for pressure connection.

All SCX devices are calibrated for span to within ±1% and provide a very low zero pressure output of ±300 microvolts maximum. Thus, for many applications, no trimming networks are required in the signal conditioning circuitry. If the application requires extended temperature range operation beyond 0°C to 70°C, two pins which provide an output voltage proportional to temperature are available for use with external circuitry.

The output of the bridge is ratiometric to the supply voltage and operation from any DC supply voltage up to +20V is acceptable.

Because these devices have very low noise and excellent temperature compensation, they are ideal for medical and other high performance applications. The 100 microsecond response time also makes this series an excellent choice for computer peripherals and pneumatic control applications.

Contact your local Sensym ICT representative, the factory, or go to Sensym ICT's Web site at www.sensym-ict.com for additional details.

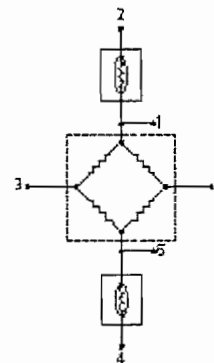
APPLICATIONS

- Medical Equipment
- Computer Peripherals
- Pneumatic Controls
- HVAC

FEATURES

- Precision Temperature Compensation
- Calibrated Zero and Span
- Low Noise
- Small Size
- High Impedance for Low Power Applications

EQUIVALENT CIRCUIT



PIN 1) TEMPERATURE OUTPUT (+)
 PIN 2) V_s
 PIN 3) +V_o
 PIN 4) Gnd
 PIN 5) -V_o
 PIN 6) TEMPERATURE OUTPUT (-)



SCX Series

PRESSURE SENSOR CHARACTERISTICS (all devices)

Maximum Ratings (For All Devices)

Supply Voltage, V_S	+20Vdc
Common Mode Pressure	50 psig
Lead Soldering Temperature	250°C (2 to 4 seconds)

Environmental Specifications (For All Devices)

Temperature Range	
Compensated	0°C to +70°C
Operating	-40°C to +85°C
Storage	-55°C to +125°C
Humidity Limits	0 to 100% RH, non-condensing

STANDARD PRESSURE RANGES (all devices)

Part Number	Operating Pressure	Burst Pressure*	Typical Full-Scale Span (FSS)
SCX01DN or DNC	0-1 psid	20 psid	18 mV
SCX05DN or DNC	0-5 psid	20 psid	60 mV
SCX15AN or ANC	0-15 psia	45 psia	90 mV
SCX15DN or DNC	0-15 psid	45 psid	90 mV
SCX30AN or ANC	0-30 psia	90 psia	90 mV
SCX30DN or DNC	0-30 psid	90 psid	90 mV
SCX100AN or ANC	0-100 psia	150 psia	100 mV
SCX100DN or DNC	0-100 psid	150 psid	100 mV
SCX150AN or ANC	0-150 psia	150 psia	90 mV
SCX150DN or DNC	0-150 psid	150 psid	90 mV

* Maximum pressure above which causes permanent sensor failure.

SCX PRIME GRADE PERFORMANCE CHARACTERISTICS⁽¹⁾

Characteristics	Operating Pressure (psi)	Sensitivity (mV/psi) Typ	Full-scale Span ⁽²⁾ (mV)		
			Min	Typ	Max
SCX01DN	0-1	18.0	17.82	18.0	18.18
SCX05DN	0-5	12.0	59.4	60.0	60.6
SCX15AN or DN	0-15	6.0	89.1	90.0	90.9
SCX30AN or DN	0-30	3.0	89.1	90.0	90.9
SCX100AN or DN	0-100	1.0	99.0	100.0	101.0
SCX150AN or DN	0-150	0.6	89.0	90.0	91.0

SPECIFICATION NOTES (all devices)

- Note 1: Reference Conditions: Unless otherwise noted: Supply Voltage, $V_S=12Vdc$, $T_A=25^\circ C$, Common Mode Line pressure=0 psig, Pressure Applied to Port B. For absolute devices only, pressure is applied to Port A and the output polarity is reversed.
- Note 2: Full-Scale Span is the algebraic difference between the output voltage at full-scale pressure and the output at zero pressure. Full-Scale Span is ratiometric to the supply voltage.
- Note 3: Pressure Hysteresis – the maximum output difference at any point within the operating pressure range for increasing and decreasing pressure. Pressure Non-Linearity – the maximum deviation of measure output, at constant temperature ($25^\circ C$), from "best straight line" through three points (offset pressure, full-scale pressure, one-half full-scale pressure).
- Note 4: Maximum error band of the offset voltage and the error band of the span, relative to the 25°C reading.
- Note 5: Maximum difference in output at any pressure within the operating pressure range and the temperature within $0^\circ C$ to $+70^\circ C$ after:
 a) 100 temperature cycles, $0^\circ C$ to $+70^\circ C$
 b) 1 million pressure cycles, 0 psi to full-scale span.
- Note 6: Input resistance is the resistance between pins 2 and 4.
- Note 7: Output resistance is the resistance between pins 3 and 5.
- Note 8: Common Mode voltage of the output arms (Pins 3 and 5) for $V_S=12Vdc$.
- Note 9: Response time for a 0 psi to full-scale span pressure step change, 10% to 90% rise time.
- Note 10: Long term stability over a one year period.
- Note 11: Maximum zero pressure offset for absolute device is $0 \pm 50 \mu V$.

SCX PERFORMANCE CHARACTERISTICS, all ranges⁽¹⁾

Characteristics	Min	Typ	Max	Unit
Zero Pressure Offset ⁽²⁾⁽³⁾	-300	0.0	+300	μV
Combined Pressure Non-Linearity and Pressure Hysteresis ⁽⁴⁾	-	± 0.1	± 0.5	%FSS
Temperature Effect on Offset ($0^\circ C$ to $70^\circ C$) ⁽⁴⁾	-	± 100	± 500	μV
Temperature Effect on Span ($0^\circ C$ to $70^\circ C$) ⁽⁴⁾	-	± 0.2	± 1.0	%FSS
Repeatability ⁽⁵⁾	-	± 0.2	± 0.5	%FSS
Input Resistance ⁽⁶⁾	-	4.0	-	k Ω
Output Resistance ⁽⁷⁾	-	4.0	-	k Ω
Common Mode Voltage ⁽⁸⁾	5.8	6.0	6.2	Vdc
Response Time ⁽⁹⁾	-	100	-	μsec
Long Term Stability of Offset & Span ⁽¹⁰⁾	-	± 0.1	-	mV

SCX C GRADE PERFORMANCE CHARACTERISTICS⁽¹⁾

Characteristics	Operating Pressure (psi)	Sensitivity (mV/psi)	Full-Scale Span ⁽²⁾ (mV)		
		Typ	Min	Typ	Max
SCX01DNC	0-1	18.0	17.0	18.0	19.0
SCX05DNC	0-5	12.0	57.5	60.0	62.5
SCX15ANC or DNC	0-15	6.0	85.0	90.0	95.0
SCX30ANC or DNC	0-30	3.0	85.0	90.0	95.0
SCX100ANC or DNC	0-100	1.0	95.0	100.0	105.0
SCX150ANC or DNC	0-150	0.6	85.0	90.0	95.0

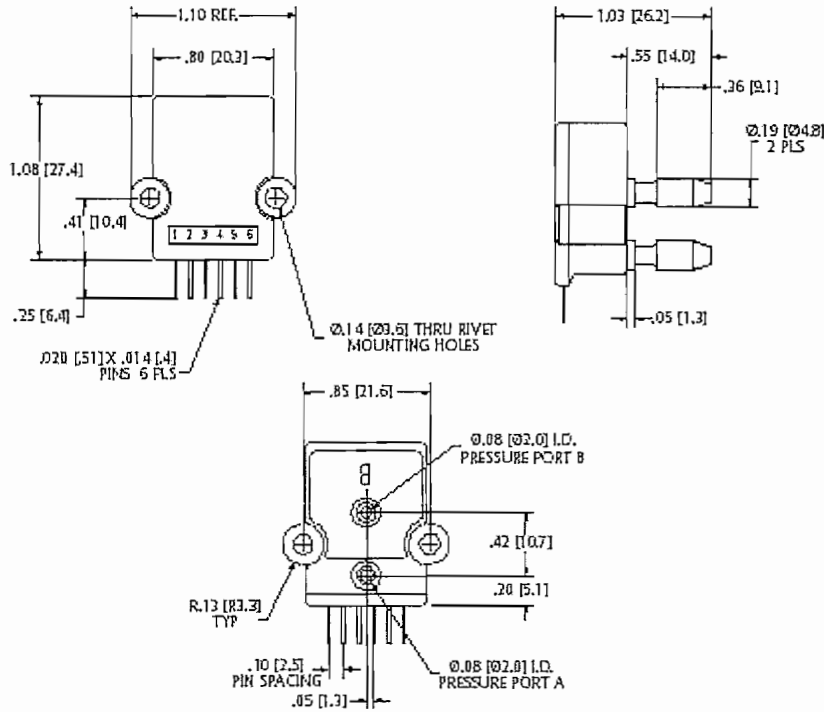
SCX C GRADE PERFORMANCE CHARACTERISTICS, all ranges⁽¹⁾

Characteristics	Min	Typ	Max	Unit
Zero Pressure Offset ⁽²⁾⁽³⁾	-1	0.0	+1	mV
Combined Pressure Non-Linearity and Pressure Hysteresis ⁽⁴⁾	-	± 0.1	± 1.0	%FSS
Temperature Effect on Offset ($0^\circ C$ to $70^\circ C$) ⁽⁴⁾	-	± 0.2	± 1.0	mV
Temperature Effect on Span ($0^\circ C$ to $70^\circ C$) ⁽⁴⁾	-	± 0.4	± 2.0	%FSS
Repeatability ⁽⁵⁾	-	± 0.2	± 0.5	%FSS
Input Resistance ⁽⁶⁾	-	4.0	-	k Ω
Output Resistance ⁽⁷⁾	-	4.0	-	k Ω
Common Mode Voltage ⁽⁸⁾	5.7-6.3	6.0	6.2	V _{DC}
Response Time ⁽⁹⁾	-	100	-	μsec
Long Term Stability of Offset & Span ⁽¹⁰⁾	-	± 0.1	-	mV

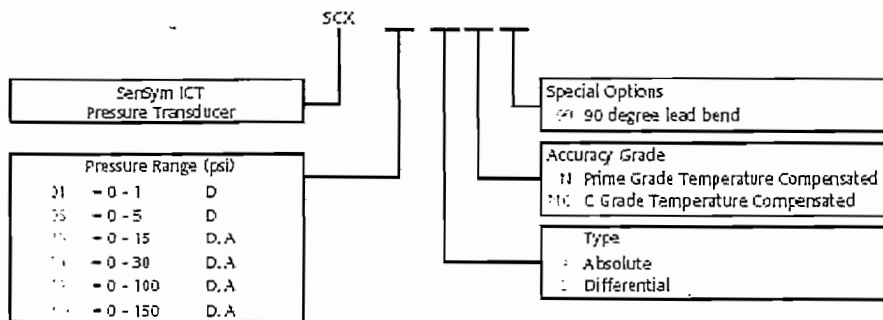
SCX Series Compensated Pressure Sensors

PHYSICAL DIMENSIONS

Dimension in inches [mm]



ORDERING INFORMATION



1 408 954 6700
FAX: 408 954 9458
SenSym ICT
1804 McCarthy Boulevard
Milpitas, CA 95035
www.sensym-ict.com

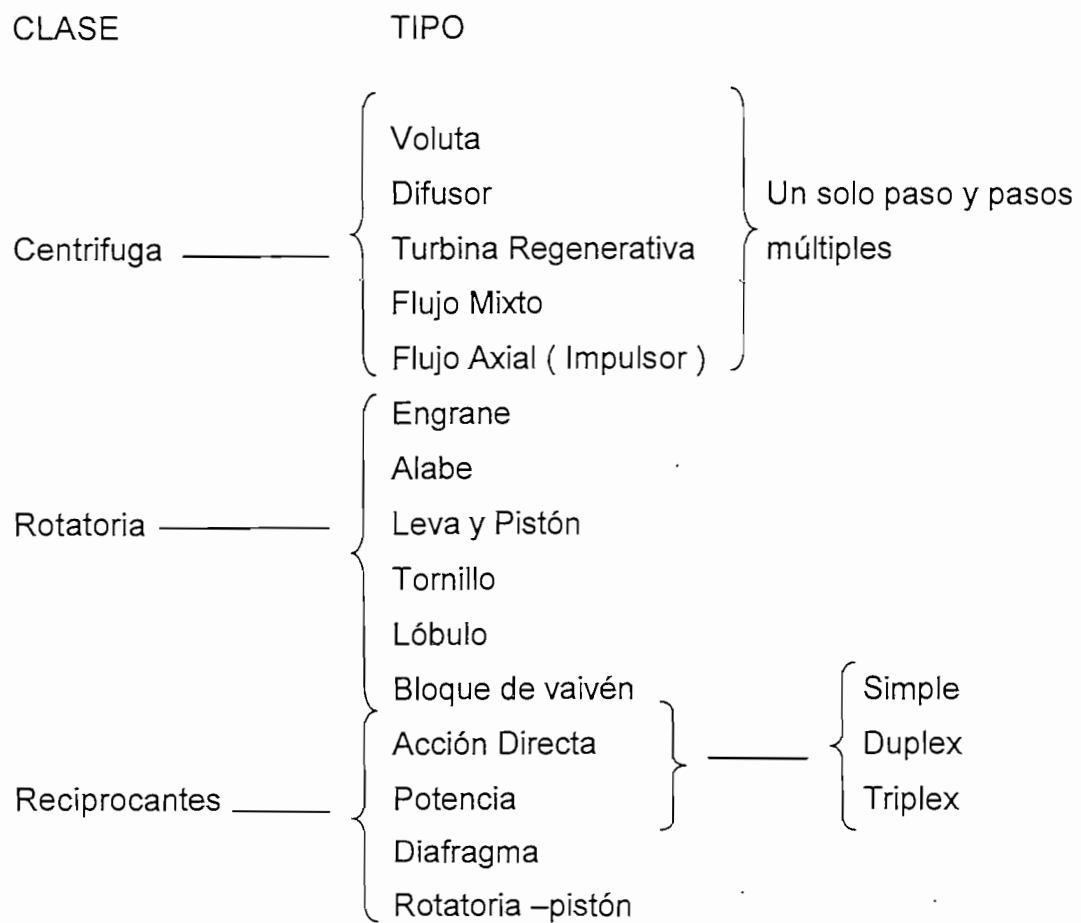
GENERAL DISCLAIMER: Invensys Sensor Systems reserves the right to make changes to its products and their specifications at any time without notice and to any extent. Invensys Sensor Systems has made every effort to ensure accuracy of the information contained herein but can assume no responsibility for replacement parts, omissions, or subsequent changes. Invensys Sensor Systems does not assume any responsibility for the use of any circuit or other information described within this document, and makes no representation of any kind that the design and information described here is free of infringement of any third party's property right or any other right of third parties. No express or implied warranty of any Invensys Sensor Systems intellectual property right is granted by implication or otherwise.

ANEXO 2.3

CLASIFICACIÓN GENERAL DE LAS BOMBAS

Las bombas se clasifican según dos consideraciones básicas que son:

- Según las características de movimiento del líquido (Clase)
- Según el tipo o aplicación específica para las cuales fueron diseñadas las bombas. (Tipo)



Las Bombas Centrífugas generalmente están limitadas a una altura máxima de succión de 4.6m, pueden bombear líquidos de todo tipo, limpios, sucios, corrosivos, con sólidos disueltos, etc, pero de densidad moderada, y pueden bombear con presiones bajas, medias o altas, dependiendo de la necesidad y del caudal requerido, mientras más alta sea la presión menor será el caudal bombeado y viceversa. En bombas centrífugas podemos tener bombas de poco o de mucho caudal dependiendo del tipo de fluido y de la presión de descarga requerida.

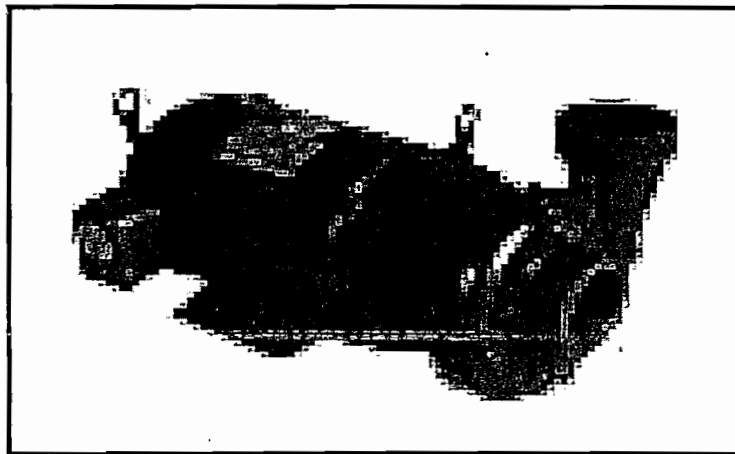


Figura 2.3.1 Bomba Centrífuga

Las Bombas Rotativas tienen una capacidad de hasta 6.7m, esto nos indica que son capaces de crear un vacío mayor en su interior que las centrífugas, y están construidas para bombear líquidos viscosos y otros que no sean abrasivos. Pueden bombear en rangos de baja a media presión, y si se aumenta la presión la capacidad no varía, son de capacidad o caudal fijo, solo abra que aumentar o disminuir la potencia del motor si se quiere variar la altura de presión. Las bombas rotativas son más bien de caudales pequeños a medios, resultaría muy costoso fabricarlas para que manejen grandes masa de fluidos.

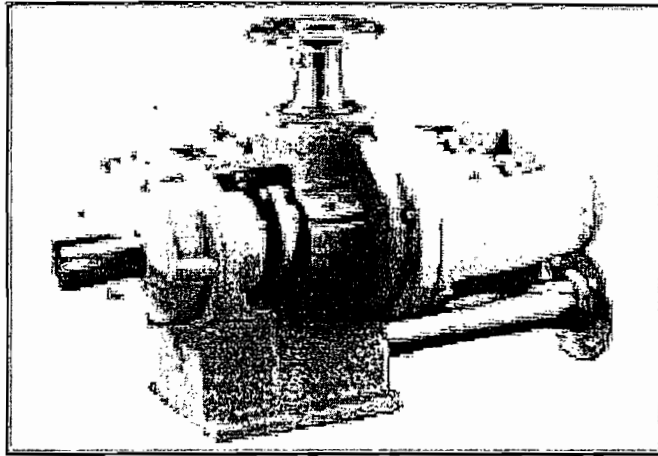


Figura 2.3.2 Bomba Rotatoria de Pistón

Las Bombas Reciprocantes tienen una capacidad de succión similar a las rotativas, están construidas para manejar fluidos limpios, sus rangos de presión varían desde bajos hasta los más altos que se pueden conseguir en bombas, su capacidad varia muy poco con el cambio de presión de descarga, y depende únicamente de la potencia del motor. Estas bombas son de capacidades relativamente pequeñas y al contrario de las anteriores que tienen un flujo uniforme de descarga estas son de descarga pulsante lo que obliga a usar otros accesorios para evitar transmitir vibraciones hacia las líneas de descarga del sistema.

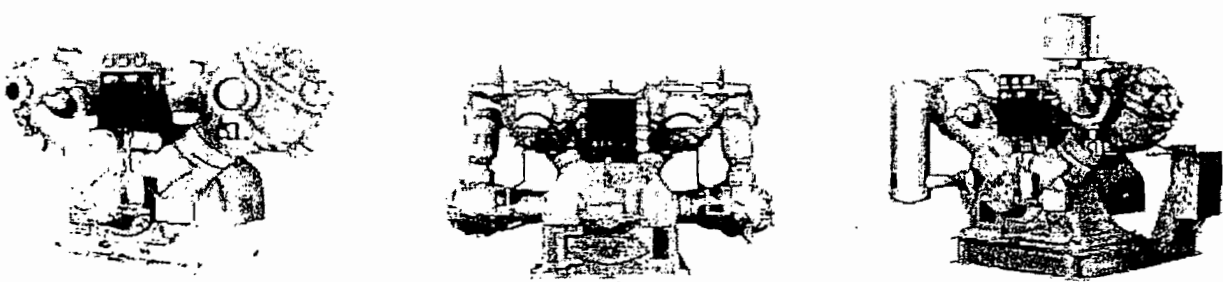
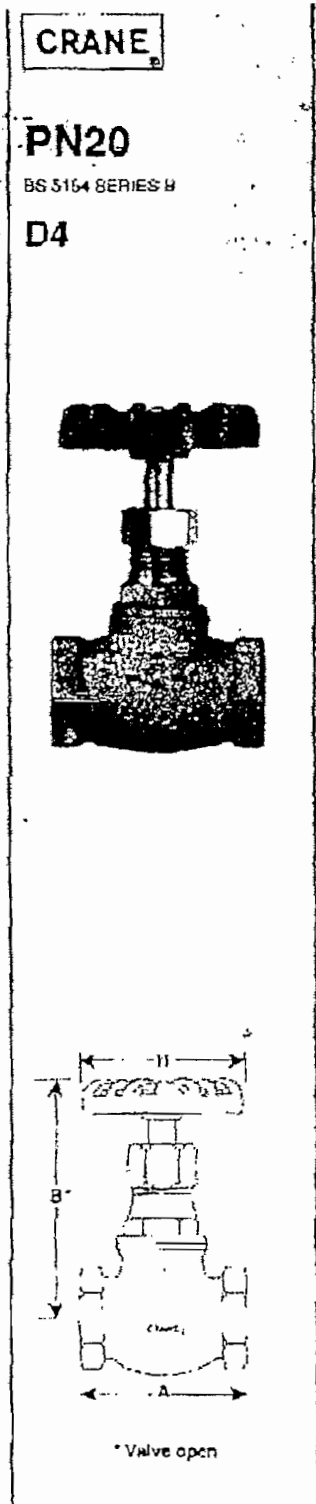


Figura 2.3.3 Bombas Reciprocantes

ANEXO 2.4

DATOS TÉCNICOS DE LA VÁLVULA DE GLOBO CRANE PN 20



Bronze Globe Valves
Threaded BS 21 or ANSI B1.20.1

METAL DISK • SCREWED-IN BONNET

PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS

Temperature (°C)	-10 to 66	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Pressure (bar)	20.0	20.0	18.6	17.2	15.8	14.4	13.0	11.7	10.4	9.0

TESTING

Each valve individually tested BS 5154 (see page 19).

SPECIFICATION

D4 Sizes 1/2 to 2 - Threaded BS 21 (ISO 7) taper.

Valves are manufactured in accordance with BS 5154 PN20 for Series B ratings. Design incorporates a spherical stop disk spun on to the stem on sizes 1 to 1 1/2 and on size 2 retained by threaded ring. Body seal is integral and is a narrow contact angled type.

Valves detailed on this page are also suitable for use in Class 125 imperial systems specifying valves to BS 2660 at the following ratings:
250 lb/in² GWT; 125 lb/in² at 355°F.

Valves having ANSI threads also generally conform to MSS SP-60 (see page 13)

MATERIALS

Part	Material	BS	ASTM
Body	No. 4 bronze	BS 1400-LG2	B62-C83800
Bonnet	No. 4 bronze	BS 1400-LG2	B62-C83800
Disc - 1/2 to 1 1/2	60/40 brass	BS 2674-CZ121	B16-C39700
- 2	No. 4 bronze	BS 1400-LG2	B62-C83800
Stem	60/40 brass	BS 2674-CZ121	B16-C36000

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Nom. Size	mm		mm H	kg
	A	B		
1/2	44	75	52	0.27
3/4	44	75	52	0.23
1	55	82	52	0.31
1 1/2	63	89	52	0.43
1	77	100	85	0.71
1 1/2	91	118	70	1.13
2	95	134	78	1.52
2	112	171	103	2.48

SPECIFICATION ADDITIONS OR VARIATIONS

Ends threaded ANSI B1.20.1, specify Cat. No. D4AT.

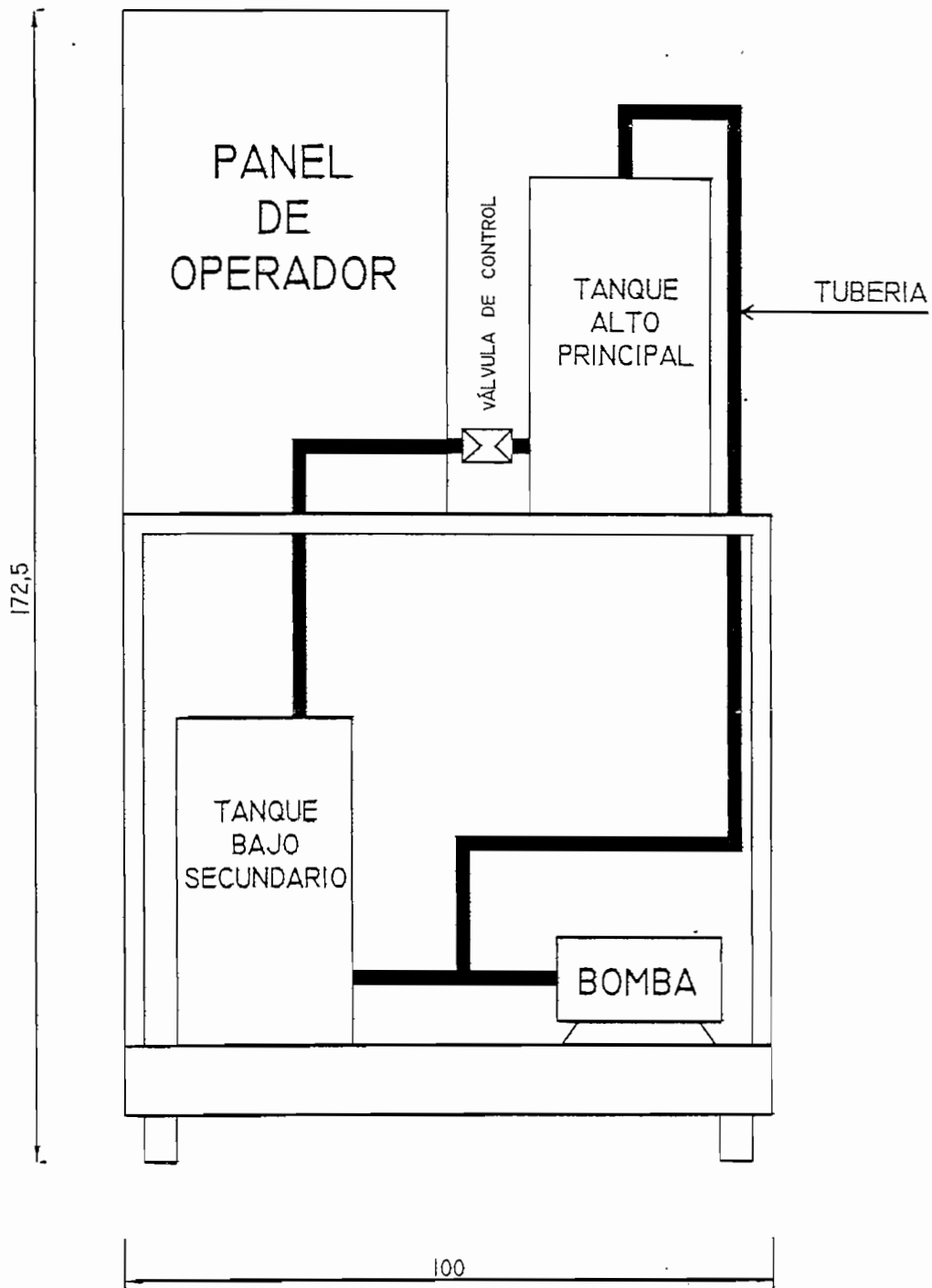
Gland packing for special services.

Gland packing for petrol service (sizes 1 to 2).

Locking device Cat. No. P150 - see page 130.

ANEXO 2.5

PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

OCTUBRE 2003

PROYECTO
DE
TITULACION

MODULO DE CONTROL DE NIVEL DE LIQUIDOS

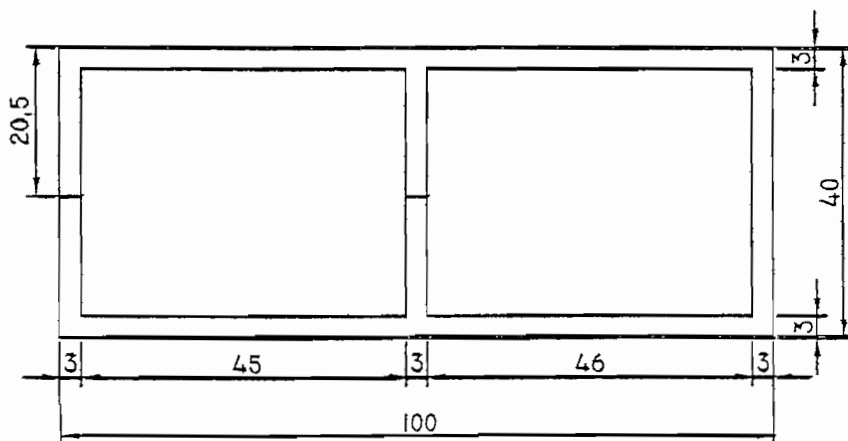
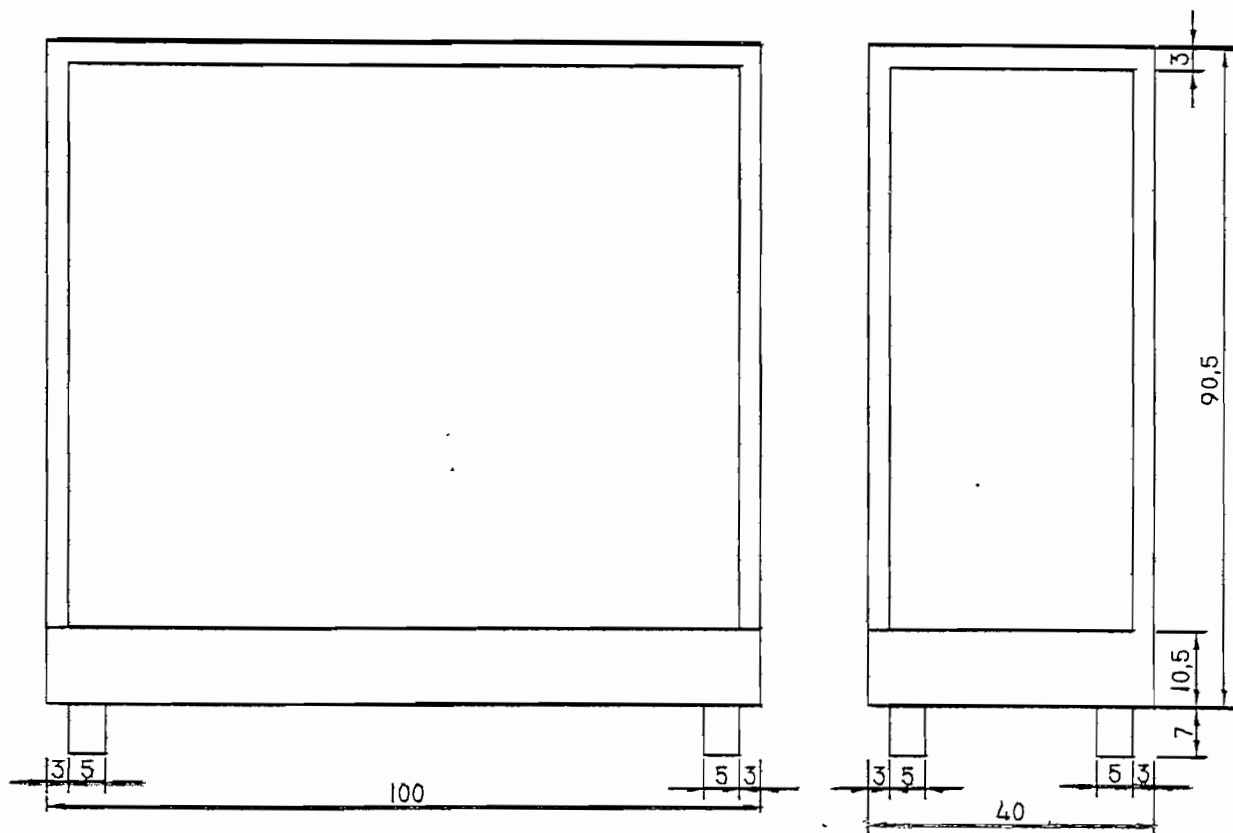
ESC: 1: 10

<=

R=

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

NO 01



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

OCTUBRE 2003

PROYECTO
DE
TITULACION

ESTRUCTURA DEL MODULO

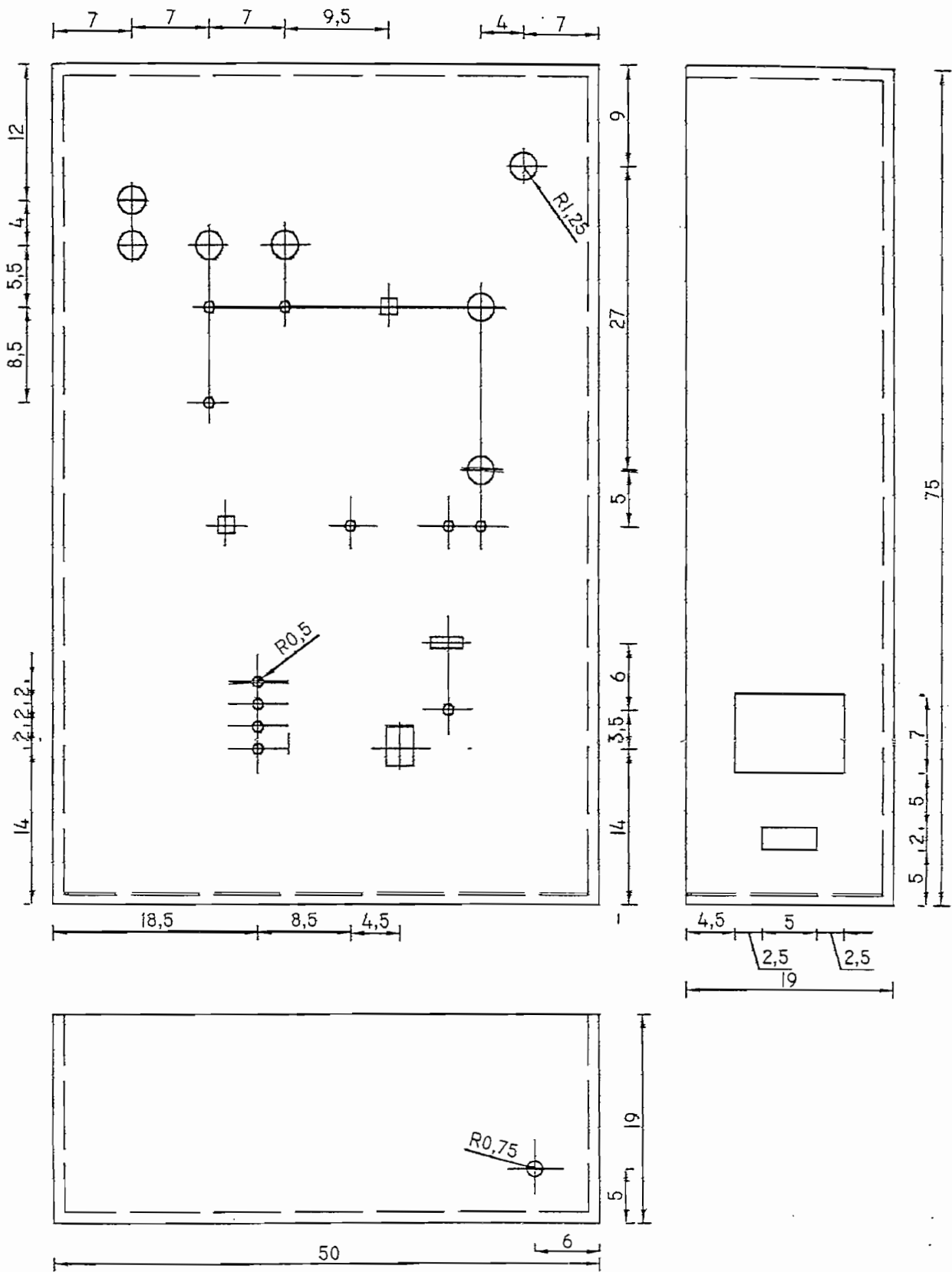
ESC. 1: 10

<=

R=

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

No 02



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

OCTUBRE 2003

PROYECTO
DE
TITULACION

PANEL DE OPERADOR

ESC. I: 5

≡

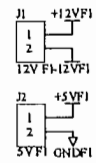
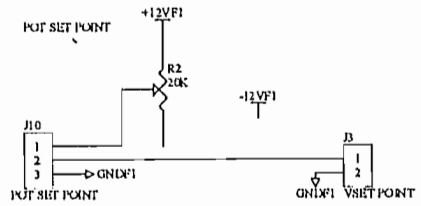
R=

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

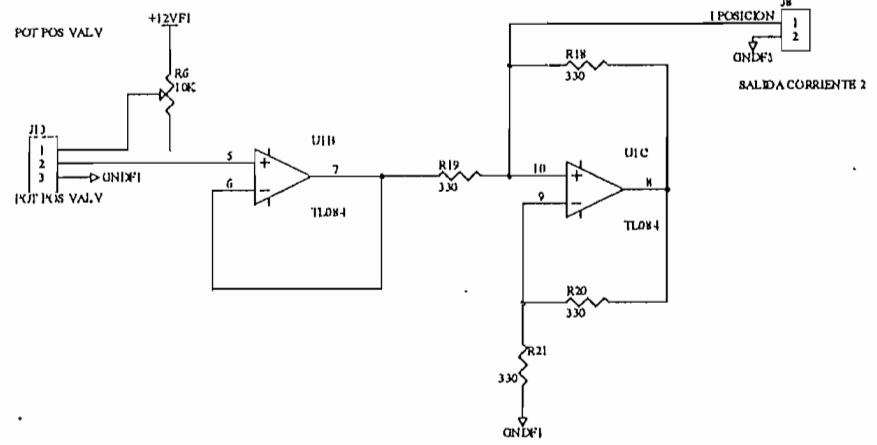
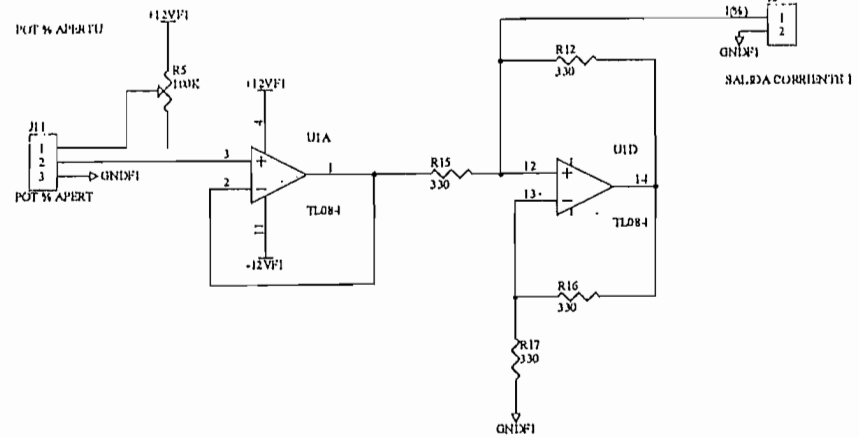
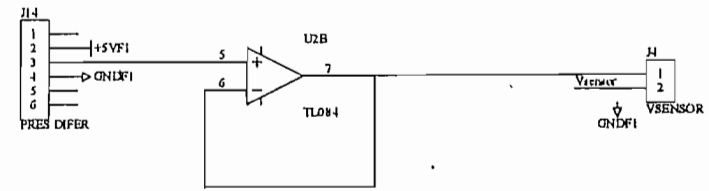
No 03

ANEXO 2.6

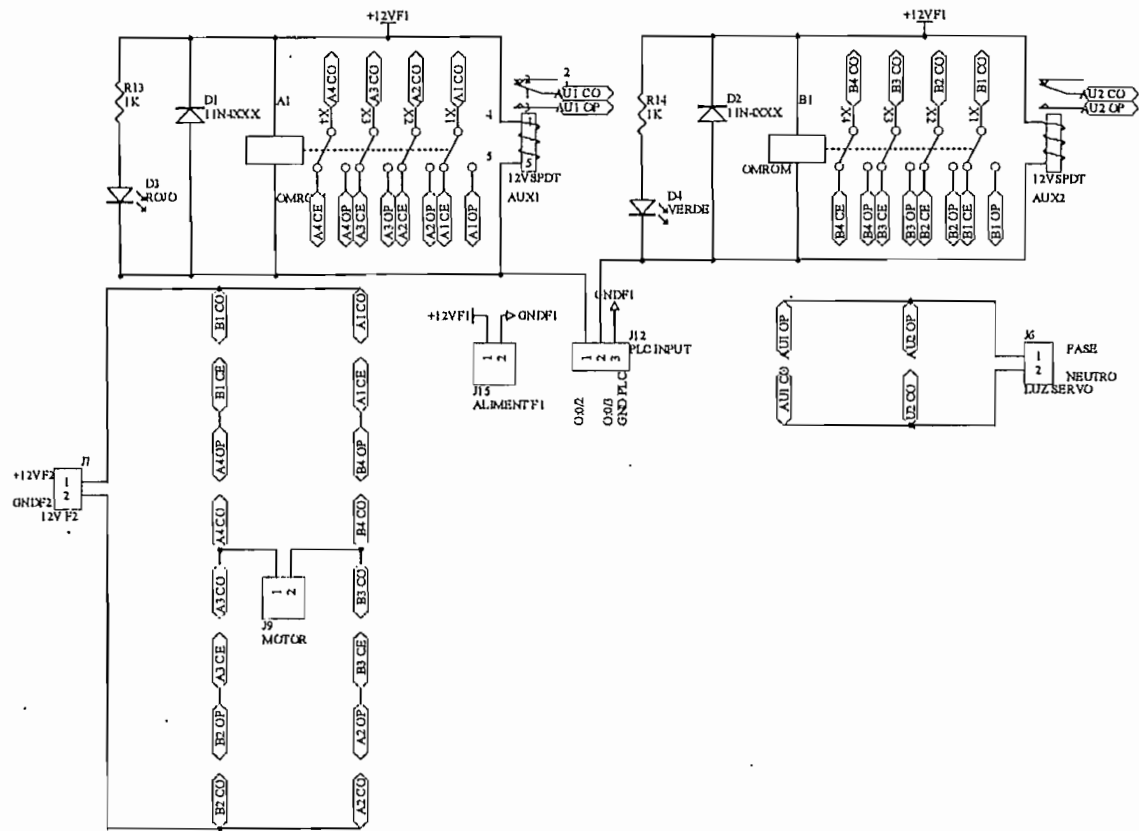
ESQUEMÁTICOS DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS DE
ACONDICIONAMIENTO Y CONTROL



SENSOR



Título		
MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL DE LÍQUIDOS		
Símbolo	Número	Revisión
D		
Diseñado: [Nombre] / Revisado: [Nombre] / Aprobado: [Nombre] Elab. en: [Fecha] / Modificado: [Fecha] / Aprobado: [Nombre]		



Título		
MÓDULO DE CONTROL DO NÍVEL DE LÍQUIDOS		
Size	Number	Revision
11		
Date:	12/10/2003	Sheet: 14
File: C:\Inscricao\eng\proj\CAMANCA\11\CAMANCA\11\DIRR\DIRR\SCHEM.DWG		

ANEXO 3.1

ANEXO 3.1 a

SCRIPT DEL BOTÓN " Abrir " DE LA VENTANA AYUDAS

```
IF manuales==1 THEN
```

```
IF InfoAppActive (InfoAppTitle( "AcroRd32" )) == 0 THEN
```

```
  StartApp "C:\Archivos de programa\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe";
```

```
  SendKeys( "^{a}" );
```

```
  SendKeys( "b" );
```

```
  SendKeys( "c" );
```

```
  SendKeys( ":" );
```

```
  SendKeys( "\" );
```

```
  SendKeys( "t" );
```

```
  SendKeys( "e" );
```

```
  SendKeys( "s" );
```

```
  SendKeys( "t" );
```

```
  SendKeys( "1" );
```

```
  SendKeys( "~" );
```

```
ELSE
```

```
  ActivateApp InfoAppTitle("AcroRd32" );
```

```
ENDIF;
```

```
ENDIF;
```

```
IF manuales==2 THEN
```

```
IF InfoAppActive (InfoAppTitle( "AcroRd32" )) == 0 THEN
```

```
  StartApp "C:\Archivos de programa\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe";
```



```
SendKeys( "^{a}" );  
SendKeys( "b" );  
SendKeys( "c" );  
SendKeys( ":" );  
SendKeys( "\" );  
SendKeys( "t" );  
SendKeys( "e" );  
SendKeys( "s" );  
SendKeys( "t" );  
SendKeys( "2" );  
SendKeys( "~" );
```

ELSE

```
    ActivateApp InfoAppTitle("AcroRd32" );
```

ENDIF;

ENDIF;

IF manuales==3 THEN

IF InfoAppActive (InfoAppTitle("AcroRd32")) == 0 THEN

```
    StartApp "C:\Archivos de programa\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe";
```

```
    SendKeys( "^{a}" );
```

```
    SendKeys( "b" );
```

```
    SendKeys( "c" );
```

```
    SendKeys( ":" );
```

```
    SendKeys( "\" );
```

```
    SendKeys( "t" );
```

```
    SendKeys( "e" );
```

```
    SendKeys( "s" );
```

```
    SendKeys( "t" );
```

```
SendKeys( "3" );
```

```
SendKeys( "~" );
```

```
ELSE
```

```
    ActivateApp InfoAppTitle("AcroRd32" );
```

```
ENDIF;
```

```
ENDIF;
```

```
IF manuales==4 THEN
```

```
IF InfoAppActive (InfoAppTitle( "AcroRd32" )) == 0 THEN
```

```
    StartApp "C:\Archivos de programa\Adobe\Acrobat 5.0\Reader\AcroRd32.exe";
```

```
    SendKeys( "^a" );
```

```
    SendKeys( "b" );
```

```
    SendKeys( "c" );
```

```
    SendKeys( ":" );
```

```
    SendKeys( "\" );
```

```
    SendKeys( "t" );
```

```
    SendKeys( "e" );
```

```
    SendKeys( "s" );
```

```
    SendKeys( "t" );
```

```
    SendKeys( "4" );
```

```
    SendKeys( "~" );
```

```
ELSE
```

```
    ActivateApp InfoAppTitle("AcroRd32" );
```

```
ENDIF;
```

```
ENDIF;
```

ANEXO 3.1 b

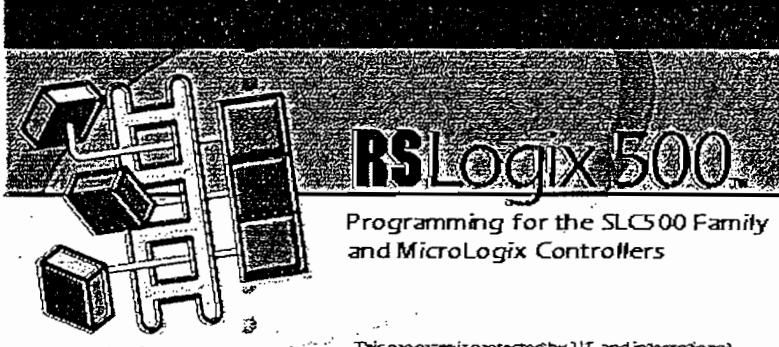
SCRIPT DEL BOTÓN " IMPRIMIR " DE LA VENTANA " PROCESO"

```
PrintWindow( "Proceso", 1, 1, 0,0, 1 );
```

ANEXO 3.2


PROGRAMA DEL PLC PARA EL MÓDULO DE CONTROL DE NIVEL

RSLogix500 Project Report



RSLogix500
Programming for the SLC500 Family
and MicroLogix Controllers

This program is protected by U.S. and international
copyright laws as described in the About Box.

**ROCKWELL
SOFTWARE** 

**Rockwell
Automation**

The image shows a stylized ladder logic diagram on the left side of the banner. It consists of several rungs connected by vertical lines, with various symbols representing logic gates and components. The text 'RSLogix500' is prominently displayed in a large, bold, serif font. Below it, the subtitle 'Programming for the SLC500 Family and MicroLogix Controllers' is written in a smaller, sans-serif font. A copyright notice is located below the subtitle. At the bottom left, the 'ROCKWELL SOFTWARE' logo is present, and at the bottom right, the 'Rockwell Automation' logo is displayed.

Processor Information

Processor Type: Bul.1761 MicroLogix 1000 Analog

Processor Name: UNTITLED

Total Memory Used: 454 Instruction Words Used - 447 Data Table Words Used

Total Memory Left: 480 Instruction Words Left

Program Files: 17

Data Files: 8

Program ID: aee

Channel Configuration

DF1 Baud: 9600
DF1 Node : 1 (decimal)
DH485 Baud: 19200
DH485 Node : 1 (decimal)
Primary Protocol: DF1
DF1: DF1 Full Duplex

Program File List

Name	Number	Type	Rungs	Debug	Bytes
[SYSTEM]	0	SYS	0	No	0
	1	SYS	0	No	0
PRINCIPAL	2	LADDER	6	No	88
SERVO	3	LADDER	23	No	531
SETEOMODOS	4	LADDER	8	No	127
MANUAL	5	LADDER	7	No	100
AUTOMATICO	6	LADDER	6	No	48
CONTROL	7	LADDER	28	No	664
	8	LADDER	1	No	3
ESTADO	9	LADDER	13	No	252
	10	LADDER	1	No	3
	11	LADDER	1	No	3
	12	LADDER	1	No	3
	13	LADDER	1	No	3
	14	LADDER	1	No	3
	15	LADDER	1	No	3
	16	LADDER	1	Yes	3

Data File List

Name	Number	Type	Scope	Debug	Words	Elements	Last
OUTPUT	0	O	Global	No	5	5	O:4
INPUT	1	I	Global	No	8	8	I:7
STATUS	2	S	Global	No	33	33	S:32
BINARY	3	B	Global	No	32	32	B3:31
TIMER	4	T	Global	No	120	40	T4:39
COUNTER	5	C	Global	No	96	32	C5:31
CONTROL	6	R	Global	No	48	16	R6:15
INTEGER	7	N	Global	No	105	105	N7:104

PROGRAMA PRINCIPAL

Enciende la luz principal e el tablero cuando se enciende el equipo

Foco Principal
O:0

6
1761-Micro-Discrete

0000

Determina el modo de operacion escojido en el Panel de Operador

SETEO MODO DE
OPERACION

JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:4

0001

Determina el modo de operacion escojido en el Panel de Operador

SETEO MODO DE
OPERACION

JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:4

0002

Realiza acciones tomadas en el Modo Manual

Manual-Local
B3:1
0

Manual-PC
B3:1
2

Manual
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:5

0003

Realiza las acciones tomadas en el Modo Automático



SUBROUTINA SERVOVALVULA

Determina cuando deben estar encendidas las salidas I:0/2 y I:0/3 (giro derecho y giro izquierdo) que controlan el posicionamiento de la valvula de control de acuerdo a un valor decimal almacenado en el registro B3:7 (0%=0 decimal, 100%=32767 decimal)

Habilita el bit N7:0/2 que indica el inicio de la subrutina SERVOVALVULA



Almacena el valor decimal 700 utilizado para ancho de banda



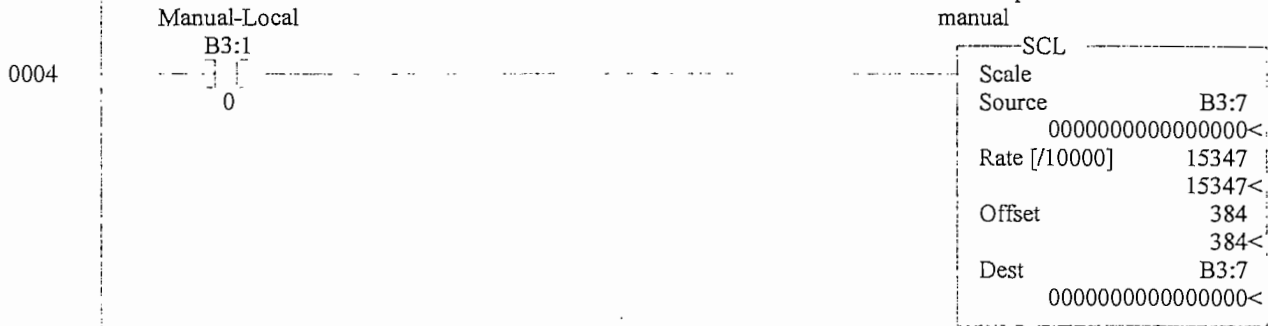
Almacena el valor decimal 200 utilizado para ancho de band en modo automatico



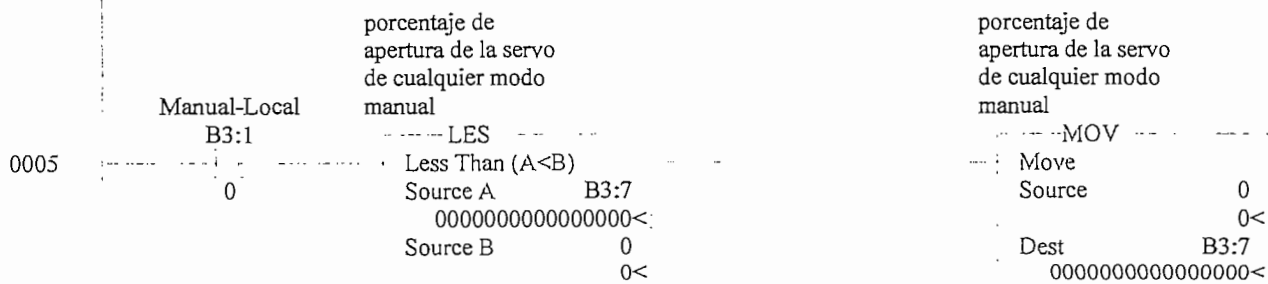
Toma el valor de % de apertura de la valvula depediendo del modo de operacion y lo almacena en el registro B3:7



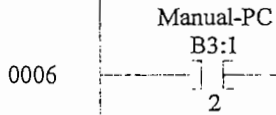
Toma el valor de % de apertura de la valvula depediendo del modo de operacion y lo almacena en el registro B3:7



Toma el valor de % de apertura de la valvula depediendo del modo de operacion y lo almacena en el registro B3:7



Toma el valor de % de apertura de la valvula depediendo del modo de operacion y lo almacena en el registro B3:7

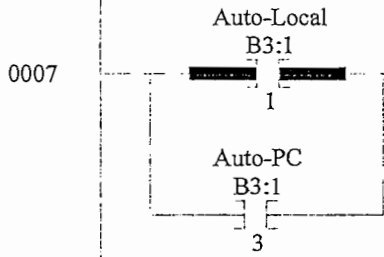


porcentaje de
apertura de la servo
de cualquier modo
manual

```

MOV
Move
Source      B3:4
            0000000000000000<
Dest       B3:7
            0000000000000000<
    
```

Toma el valor de % de apertura de la valvula depediendo del modo de operacion y lo almacena en el registro B3:7



porcentaje de
apertura de la servo
de cualquier modo
manual

```

MOV
Move
Source      B3:28
            0000000000000000<
Dest       B3:7
            0000000000000000<
    
```

Suma el valor del ancho de banda al setpoint de porcentaje de apertura



setpoint potservo +
700

```

ADD
Add
Source A    B3:7
            0000000000000000<
Source B    B3:8
            0000001011101110<
Dest       B3:9
            0000001011101110<
    
```

Resta el valor de ancho de banda al setpoint de porcentaje de apertura

0009

setpointpotservo -
700

```

SUB
Subtract
Source A      B3:7
              0000000000000000<
Source B      B3:8
              0000001011101110<
Dest          B3:10
              1111110100010010<
    
```

Almacena el valor de porcentaje real de apertura para ser leído por INTOUCH

0010

% real de apertur
servovalvula

```

MOV
Move
Source        I:0.7
              0<
Dest          B3:13
              0000000000000001<
    
```

Almacena el valor de porcentaje real de apertura para ser leído por INTOUCH

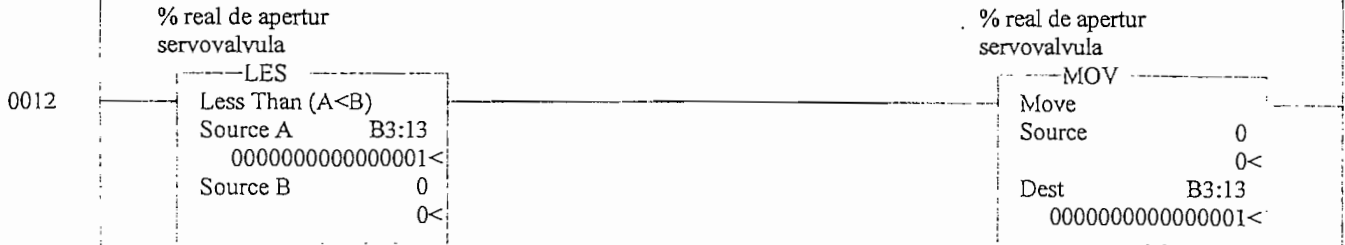
0011

% real de apertur
servovalvula

```

SCL
Scale
Source        B3:13
              0000000000000001<
Rate [10000]  18543
              18543<
Offset        19
              19<
Dest          B3:13
              0000000000000001<
    
```

Almacena el valor de porcentaje real de apertura para ser leído por INTOUCH



Desabilita el bit de carry en operacion matematica para evitar error (PLC en modo FAULT)



Determina si el error de posicion de la valvula es positivo



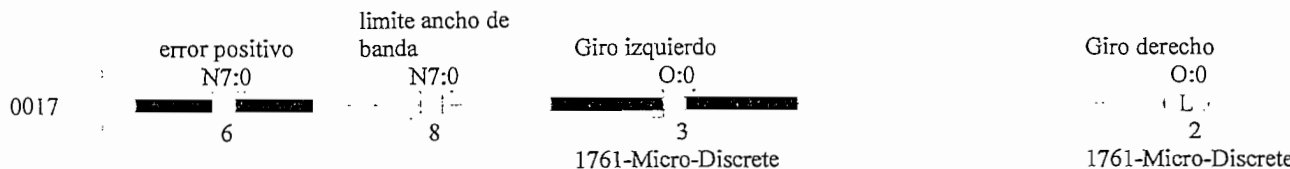
Determina si el erro de posicion de la valvula es negativo



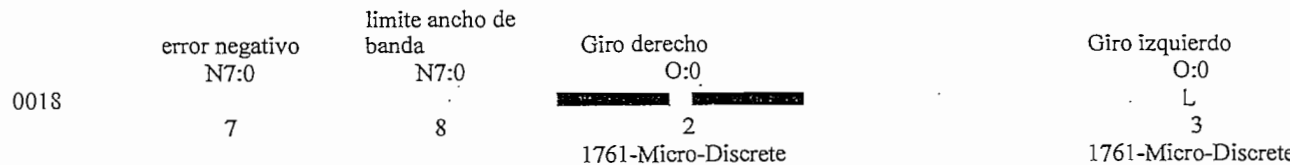
Determina si la posicion de la valvula esta detro de los limites establecidos por el ancho de banda en el setpoit de posición

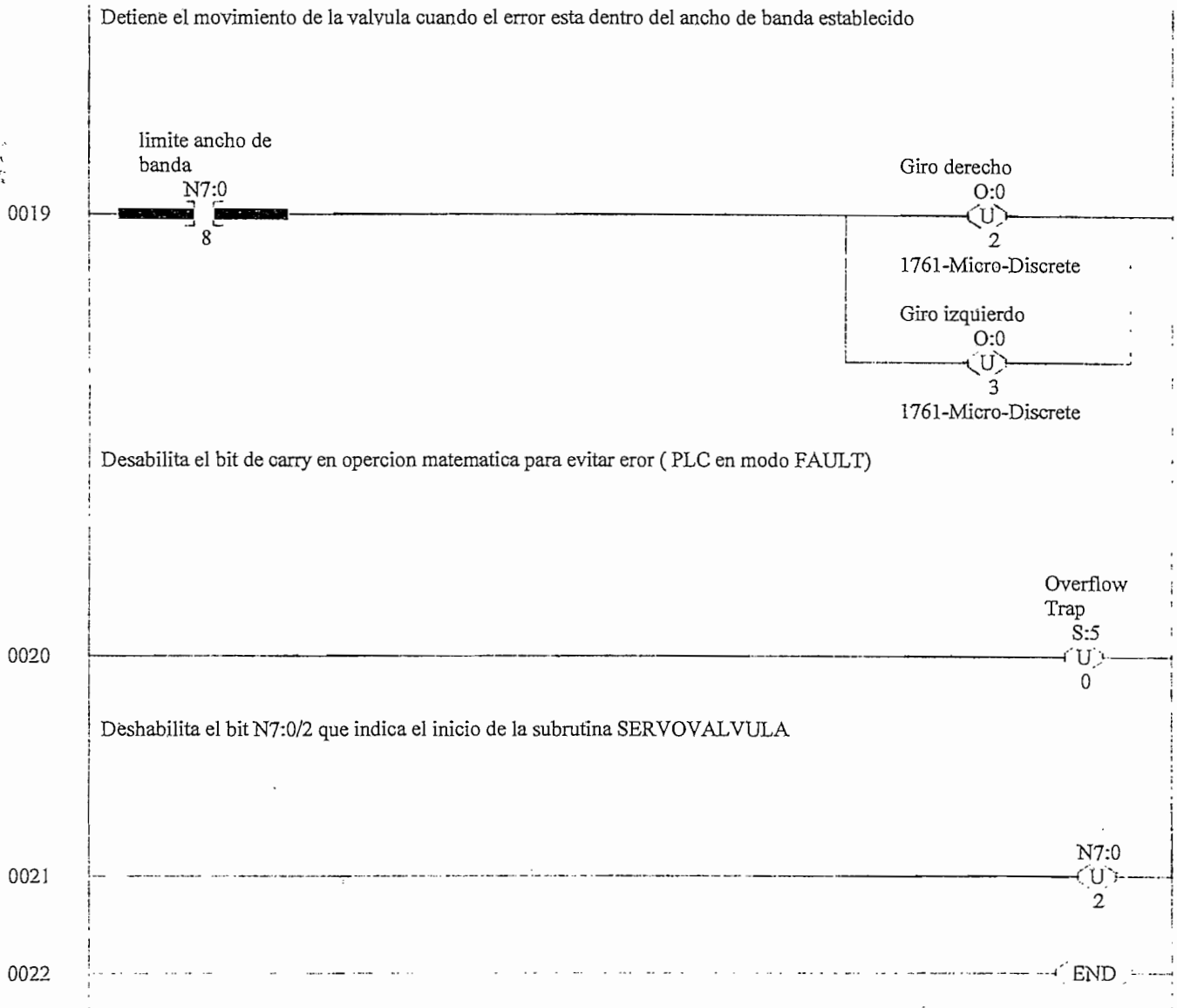


Abre valvula hasta que el error este detro del ancho de banda establecido



Cierra valvula hasta que el error este dentro del ancho de banda establecido

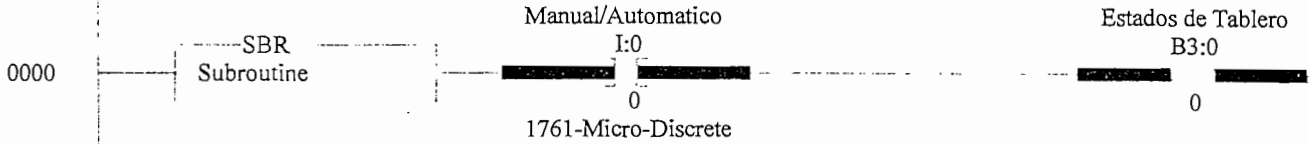




SUBROUTINA MODOS DE OPERACION

Esta subrutina determina el modo de operacion escogido en el tablero y de acuerdo e eso setea uno de los bits (0 1 2 o 3) del registro B3:1

De acuerdo al estado de la entrada I:0/0 (Manual/Automatico) activa el bit B3:0/0



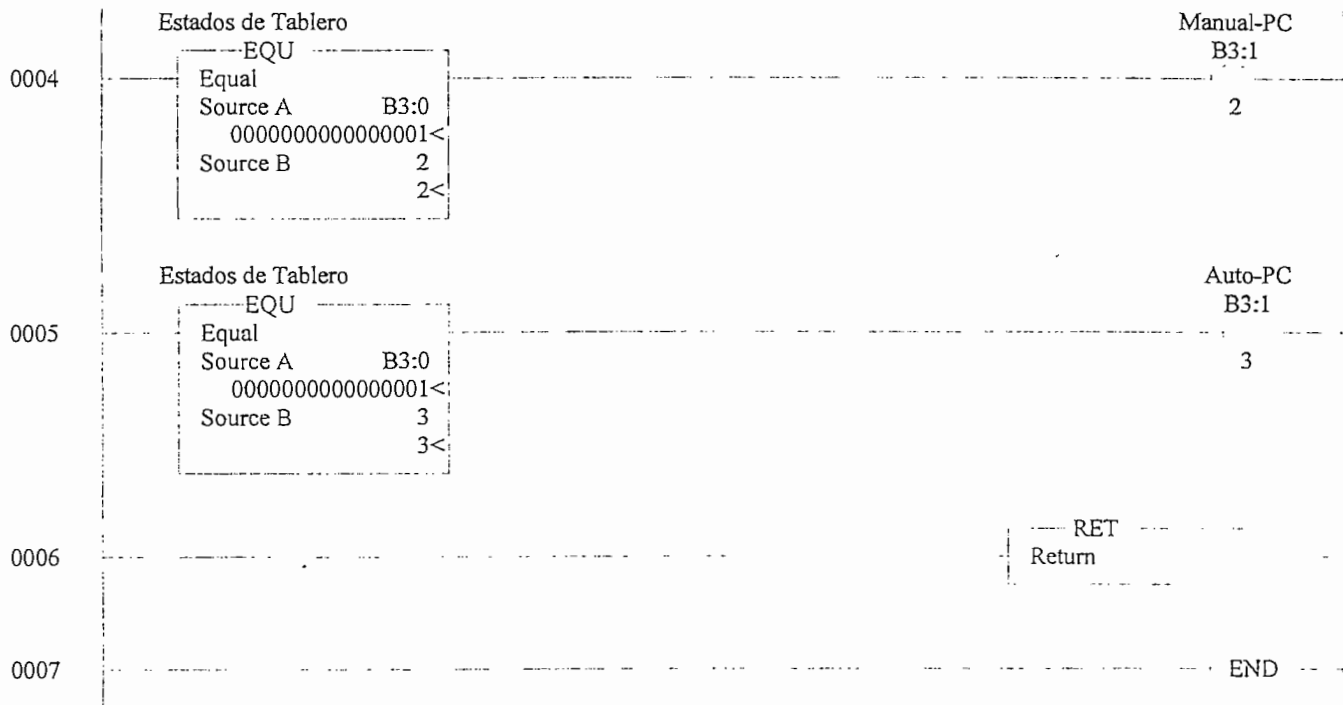
De acuerdo al estado de la entrada I:0/1 (Local/PC) activa el bit B3:0/1



Revisa el estado de los bits B3:0/0 y B3:0/1 (B3:0) para determinar el modo de operacion escogido y de acuerdo a ello activa uno de los los bits del registro B3:1

- B3:1/0 Manual Local
- B3:1/1 Automatico Local
- B3:1/2 Manual PC
- B3:1/3 Automatico PC



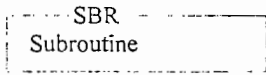


MODO DE OPERACION MANUAL

Realiza las tareas del modo manual tanto desde el panel como desde el PC

Habilita el bit N7:0/0 que indica el inicio de la subrutina MANUAL

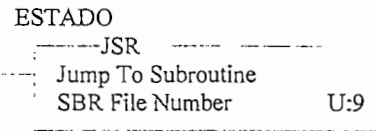
0000



Subrutina Manual local
N7:0
L
0

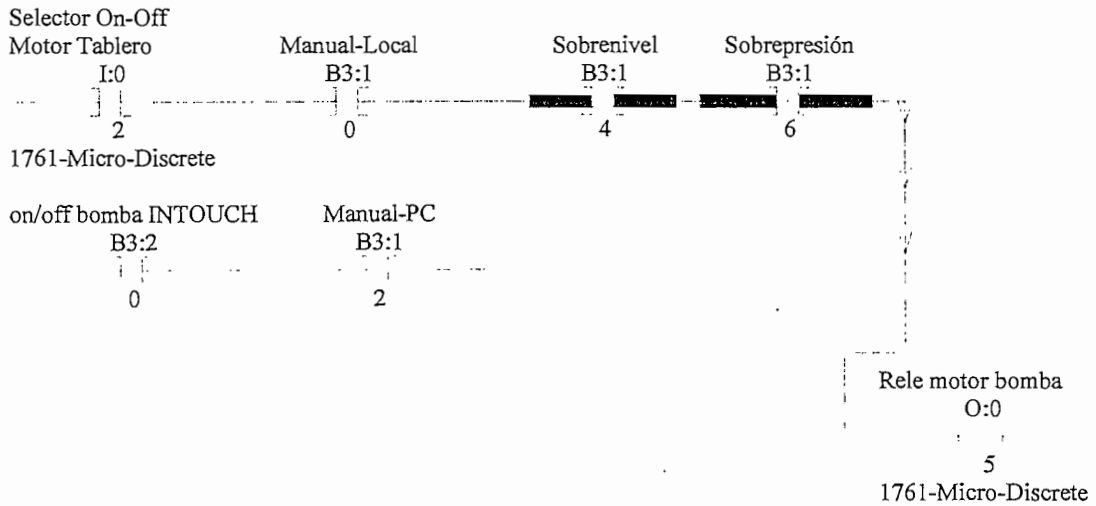
Determina el estado del sistema (sobrenivel, bajonivel, sobrepresión, perturbación)

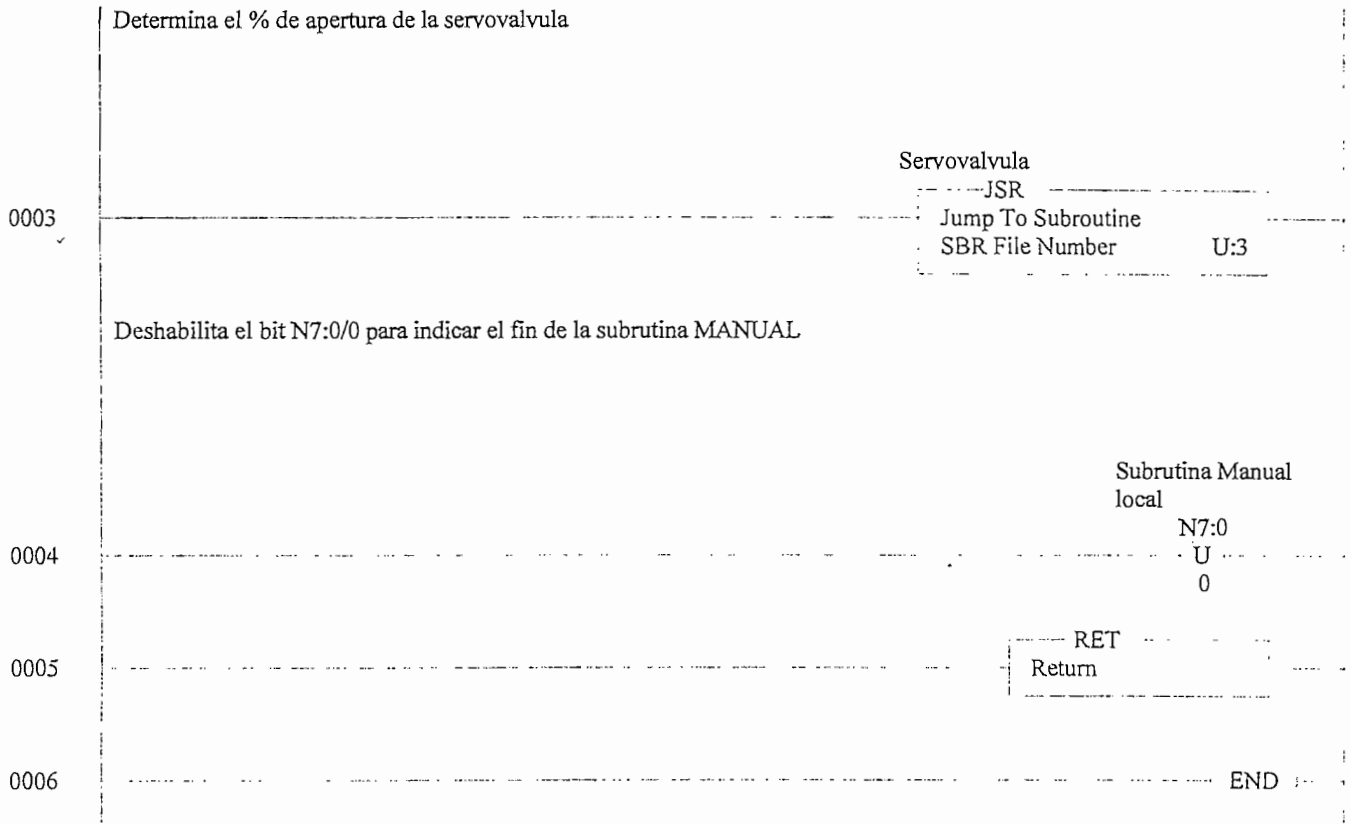
0001



Enciende la bomba desde cualquier modo de operación manual si no existe sobrepresion ni sobrenivel

0002





MODO AUTOMATICO

Realiza las acciones en el modo automatico

Habilita el bit N7:0/3 que indica el inicio de la subrutina AUTOMATICO

0000 ----- N7:0
L
3

Determina el estado del sistema (sobrenivel, bajonivel, sobrepresión, perturbación)

0001 ----- ESTADO
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:9

Determina la salida al actuador Servovalvula

0002 ----- CONTROL
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:7

Determina el % de apertura de la servovalvula

0003 ----- Servovalvula
JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:3

0004 ----- N7:0
U
3

0005 ----- END

CONTROL

Determina la salida al actuador (servovalvula) de acuerdo a la señal de error (referencia - setpoint) por medio de la accion proporcional $U_k = K_p(e_k - e_{k-1}) + U_{k-1}$

determina el valor de la referencia

0000

Referencia

MOV

Move	
Source	I:0.4
	0<
Dest	B3:20
	0000000000000000<

0001

Referencia

MUL

Multiply	
Source A	B3:20
	0000000000000000<
Source B	4759
	4759<
Dest	B3:20
	0000000000000000<

0002

Referencia

DDV

Double Divide	
Source	10000
	10000<
Dest	B3:20
	0000000000000000<

0003

Referencia
---SUB
Subtract
Source A B3:20
0000000000000000<
Source B 1037
1037<
Dest B3:20
0000000000000000<

0004

Referencia
---MUL
Multiply
Source A B3:20
0000000000000000<
Source B 10
10<
Dest B3:20
0000000000000000<

Desabilita el bit de carry en operación matemática para evitar error (PLC en modo FAULT)

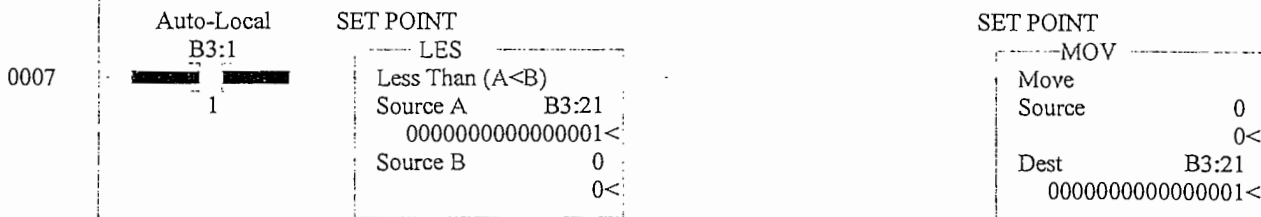
0005

Overflow
Trap
S:5
U
0

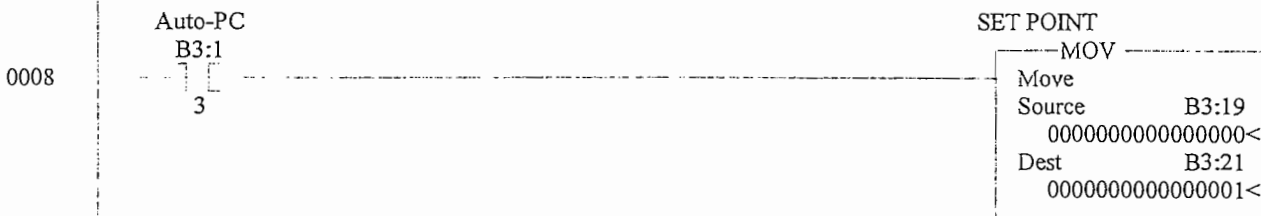
Determina el valor del SETPOINT para cualquier modo de operación



Determina el valor del SETPOINT para cualquier modo de operación



Determina el valor del SETPOINT para cualquier modo de operación



Determina ek



determina ek - ek-1



Desabilita el bit de carry en operacion matematica para evitar eror (PLC en modo FAULT)



Determina Kp (ek - ek-1)



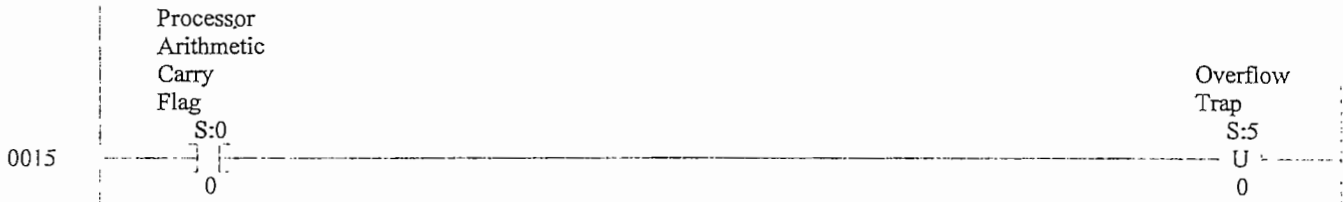
Desabilita el bit de carry en operacion matematica para evitar eror (PLC en modo FAULT)



Determina Kp (ek - ek-1)/100



Desabilita el bit de carry en opercion matematica para evitar eror (PLC en modo FAULT)



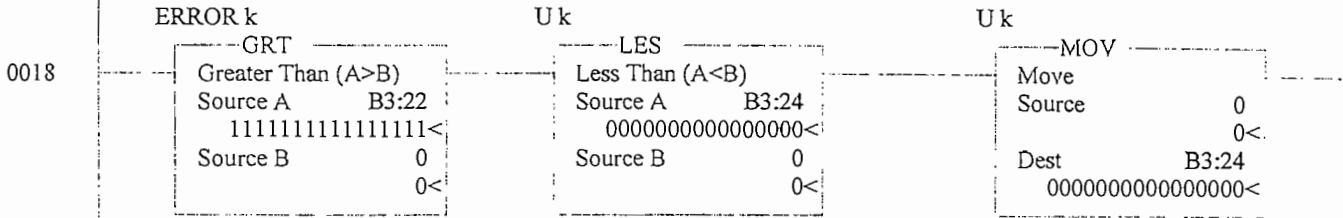
Determina Uk



Desabilita el bit de carry en opercion matematica para evitar eror (PLC en modo FAULT)



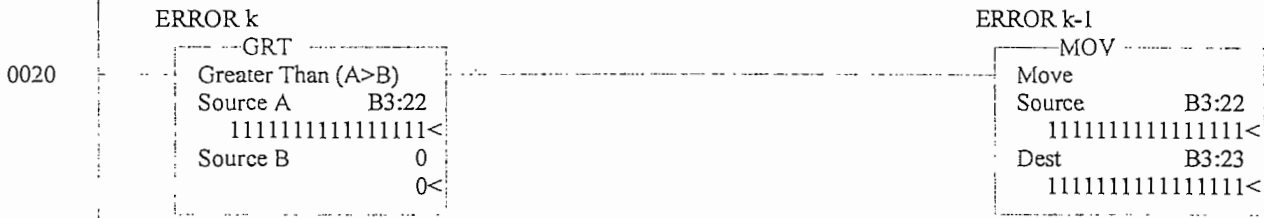
Asigna Uk cero si Uk es menor que cero



Mueve la salida a un registro para ser utilizado en la subrutina SERVO



Asigna ek=ek-1 par ser utilizado en el proximo barrido del programa



Asigna Uk=Uk-1 para ser utilizado en el proximo barrido del programa



Ancho de banda para control de la bomba

0022

```

---ADD
Add
Source A      B3:21
0000000000000001<
Source B      500
500<
Dest         N7:10
0<
    
```

0023

```

---SUB
Subtract
Source A      B3:21
0000000000000001<
Source B      500
500<
Dest         N7:11
0<
    
```

0024

Referencia

```

LIM
Limit Test
Low Lim      N7:11
0<
Test         B3:20
0000000000000000<
High Lim     N7:10
0<
    
```

N7:9
0

Determina si el error es menor que cero y activa la bomba

0025

ERROR k

```

LES
Less Than (A<B)
Source A     B3:22
1111111111111111<
Source B     0
0<
    
```

N7:9
0

Rele motor bomba
O:0

L 5
1761-Micro-Discrete

salida

```

---MOV
Move
Source       0
0<
Dest        B3:28
0000000000000000<
    
```

Desactiva la bomba cuando el nivel se encuentra dentro del ancho de banda establecido o si existe sobrepresion en la bomba



0000 SBR
Subroutine Subrutina Estado
N7:0
(L)
1

Toma el valor del sensor de nivel y lo pone en el registro B3:5 con el que se determinan condiciones de bajonivel y sobrenivel

0001 Dato sensor de nivel
palabra decimal
--- MOV
Move I:0.4
Source 0<
Dest B3:5
0000000000000000<

Toma el valor del sensor de nivel y lo pone en el registro B3:5 con el que se determinan condiciones de bajonivel y sobrenivel

0002 Dato sensor de nivel
palabra decimal
--- MUL
Multiply
Source A B3:5
0000000000000000<
Source B 4759
4759<
Dest B3:5
0000000000000000<

Toma el valor del sensor de nivel y lo pone en el registro B3:5 con el que se determinan condiciones de bajonivel y sobrenivel

0003 Dato sensor de nivel
palabra decimal
--- DDV
Double Divide
Source 10000
10000<
Dest B3:5
0000000000000000<

Toma el valor del sensor de nivel y lo pone en el registro B3:5 con el que se determinan condiciones de bajonivel y sobrenivel

0004

Dato sensor de nivel
palabra decimal

-----SUB-----
Subtract
Source A B3:5
 0000000000000000<
Source B 1037
 1037<
Dest B3:5
 0000000000000000<

Toma el valor del sensor de nivel y lo pone en el registro B3:5 con el que se determinan condiciones de bajonivel y sobrenivel

0005

Dato sensor de nivel
palabra decimal

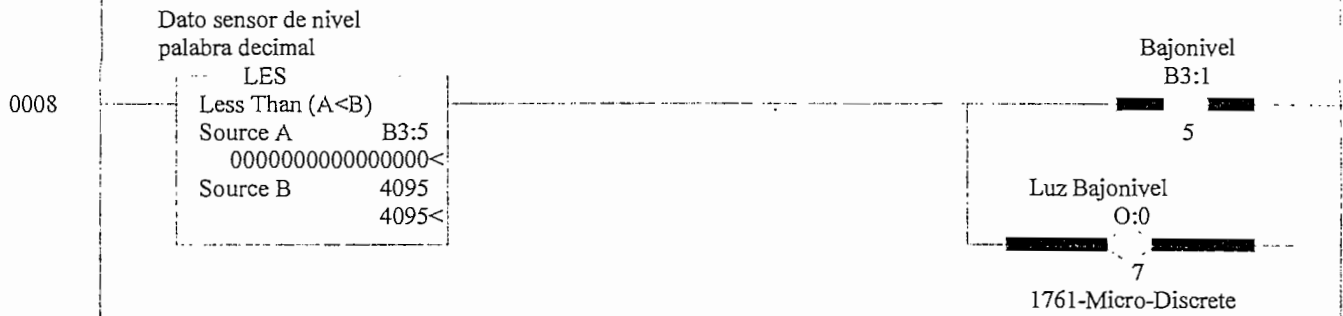
-----MUL-----
Multiply
Source A B3:5
 0000000000000000<
Source B 10
 10<
Dest B3:5
 0000000000000000<

Desabilita el bit de carry en opercion matematica para evitar error (PLC en modo FAULT)

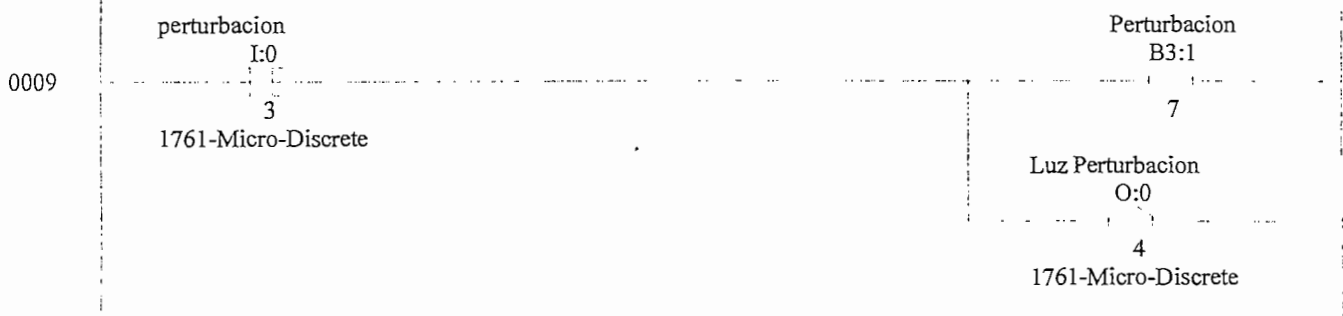
0006

Overflow
Trap
S:5
- U
0

Toma el valor del sensor de nivel (número decimal) y lo compara con los valores asignados de sobrenivel (5000 75cm) y bajonivel (1000 10cm) para activar los bits B3:0/2 y B3:0/3 y las salidas de las luces indicadoras O:0/0 y O:0/3 respectivamente



De acuerdo al estado de la entrada I:0/3 (perturbacion) activa el bit B3:1/7 y la salida O:0/4 (luz indicadora de perturbacion)



De acuerdo al estado de la entrada I:0/4 (sobrepresion) activa el bit B3:1/6 y la salida O:0/1 (luz indicadora de sobrecion)



ANEXO 4.1

EJEMPLO DE CÁLCULO DE CAUDAL PROMEDIO DE SALIDA DE LA VÁLVULA DE CONTROL

Apertura seleccionada 20%

1.-

Volumen a una altura de 10cm	10178.784 cm ³
Tiempo de vaciado	104 segundos

$$Q_{1\text{medio}} = \frac{10178.784\text{cm}^3}{104\text{s}} = 97.8729 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

2.-

Volumen a una altura de 20cm	20357.568 cm ³
Tiempo de vaciado	137 segundos

$$Q_{1\text{medio}} = \frac{20357.568\text{cm}^3}{137\text{s}} = 148.59 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

3.-

Volumen a una altura de 30cm	30536.352 cm ³
Tiempo de vaciado	167 segundos

$$Q_{1\text{medio}} = \frac{30536.352\text{cm}^3}{167\text{s}} = 182.85 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

4.-

Volumen a una altura de 40cm	40715.136 cm ³
Tiempo de vaciado	197 segundos

$$Q_1 \text{ medio} = \frac{40715.136 \text{ cm}^3}{197 \text{ s}} = 206.67 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_1 \text{ promedio} = \frac{(97.8729 + 148.59 + 182.85 + 206.67) \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}}{4} = 158.99 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_1 \text{ promedio} = 159 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

ANEXO 5.1

EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA TALA DE ASIGNACIÓN DE LA SUBRUTINA LITROS

Considerando el área transversal del tanque principal

$$\text{Area} = 1017.88 \text{ cm}^2$$

Y la diferencia de alturas máxima

$$\Delta \text{ altura} = h \text{ máxima} - h \text{ mínima}$$

$$\Delta \text{ altura} = 44\text{cm} - 24\text{cm}$$

$$\Delta \text{ altura} = 20\text{cm}$$

Tenemos un volumen máximo de

$$V = \text{Area} \times \Delta \text{ altura}$$

$$V = 1017.88 \text{ cm}^2 \times 20\text{cm}$$

$$V = 20357.6 \text{ cm}^3$$

$$V = 20.3576 \text{ litros}$$

Para un volumen de 1 litro (1000 cm^3) se tiene una Δ altura de

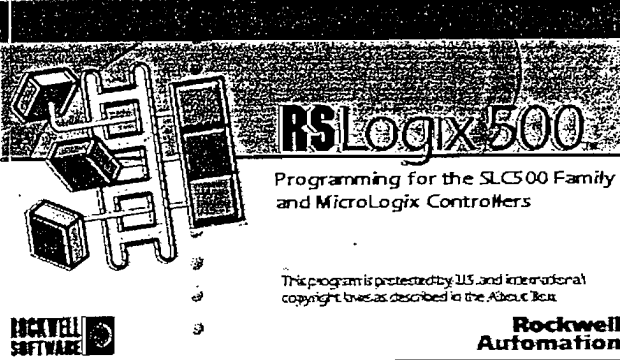
$$\Delta \text{ altura} = V / \text{Area}$$

$$\Delta \text{ altura} = 1000 \text{ cm}^3 / 1017.88\text{cm}^2$$

$$\Delta \text{ altura} = 0.98 \text{ cm}$$

Sabiendo que los 40cm de rango de control de nivel equivalen a una palabra decimal de 32767 se tiene que 1 litro equivale a una diferencia de niveles de 0.98cm lo que corresponde a una palabra decimal de aproximadamente 803 decimal.

RSLogix500 Project Report



The image shows the front cover of the RSLogix500 software box. The top half features a dark, textured background with the title "RSLogix500" in a large, stylized font. Below the title, the subtitle "Programming for the SLC500 Family and MicroLogix Controllers" is printed. On the left side, there is a 3D illustration of a rack-mounted PLC system. At the bottom left, the "Rockwell Software" logo is visible, and at the bottom right, the "Rockwell Automation" logo is displayed. A small copyright notice is located in the center of the bottom half of the box.

RSLogix500
Programming for the SLC500 Family
and MicroLogix Controllers

This program is protected by U.S. and international
copyright laws as described in the About C Box

**Rockwell
Automation**

ROCKWELL
SOFTWARE

Processor Information

Processor Type: Bul.1761 MicroLogix 1000 Analog

Processor Name: UNTITLED

Total Memory Used: 345 Instruction Words Used - 447 Data Table Words Used

Total Memory Left: 589 Instruction Words Left

Program Files: 17

Data Files: 8

Program ID: 7dc9

Channel Configuration

DF1 Baud: 9600
DF1 Node : 1 (decimal)
DH485 Baud: 19200
DH485 Node : 1 (decimal)
Primary Protocol: DF1
DF1: DF1 Full Duplex

Program File List

ame	Number	Type	Rungs	Debug	Bytes
SYSTEMJ	0	SYS	0	No	0
	1	SYS	0	No	0
PRINCIPAL	2	LADDER	21	No	387
ERVO	3	LADDER	18	No	343
IVEL	4	LADDER	7	No	105
ARRANQUE	5	LADDER	7	No	109
ITROS	6	LADDER	2	No	24
	7	LADDER	1	No	3
	8	LADDER	1	No	3
	9	LADDER	1	No	3
	10	LADDER	1	No	3
	11	LADDER	1	No	3
	12	LADDER	1	No	3
	13	LADDER	1	No	3
	14	LADDER	1	No	3
	15	LADDER	1	No	3
	16	LADDER	1	Yes	3

Data File List

ame	Number	Type	Scope	Debug	Words	Elements	Last
OUTPUT	0	O	Global	No	5	5	O:4
INPUT	1	I	Global	No	8	8	I:7
STATUS	2	S	Global	No	33	33	S:32
BINARY	3	B	Global	No	32	32	B3:31
TIMER	4	T	Global	No	120	40	T4:39
COUNTER	5	C	Global	No	96	32	C5:31
CONTROL	6	R	Global	No	48	16	R6:15
INTEGER	7	N	Global	No	105	105	N7:104

APLICACION SURTIDOR DE AGUA

para iniciar el programa siempre llenado el tanque principal en los niveles establecidos

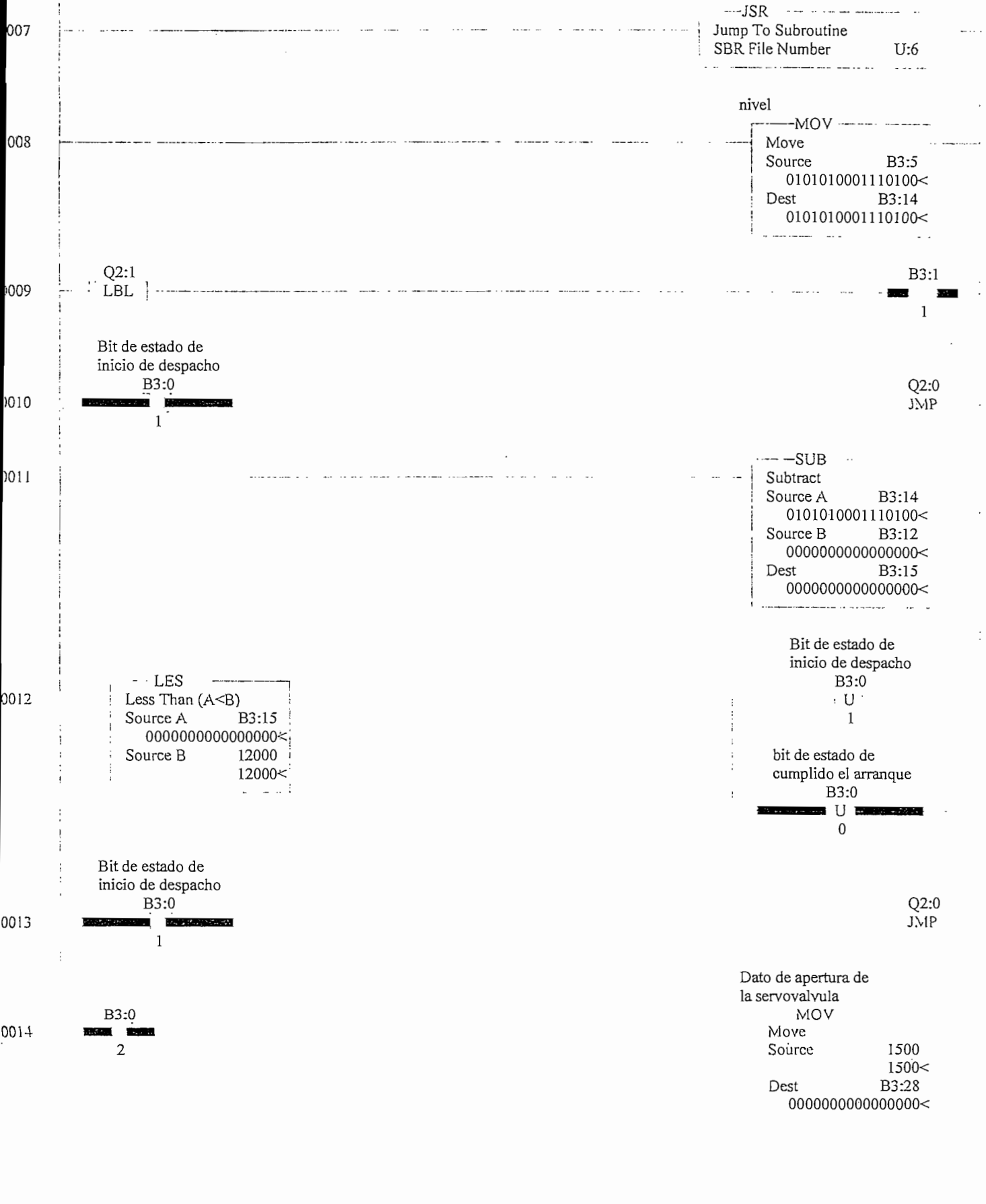


subrutina de llenado del tanque principal en los limites establecidos



salto de programa principal mientras no este lleno el tanque





0015

---JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:4

Dato sensor de nivel
palabra decimal

Dato de apertura de
la servovalvula

0016

---LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
Source A B3:5
0101010001110100<
Source B B3:15
0000000000000000<

---MOV
Move
Source 0
0<
Dest B3:28
0000000000000000<

B3:0
L
2

0017

---JSR
Jump To Subroutine
SBR File Number U:3

Dato de apertura de
la servovalvula

% apertura servo

Bit de estado de
inicio de despacho

0018

---EQU
Equal
Source A B3:28
0000000000000000<
Source B 0
0<

---LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
Source A B3:13
0000000000101111<
Source B 700
700<

B3:0
U
1
B3:0
U
2

0019

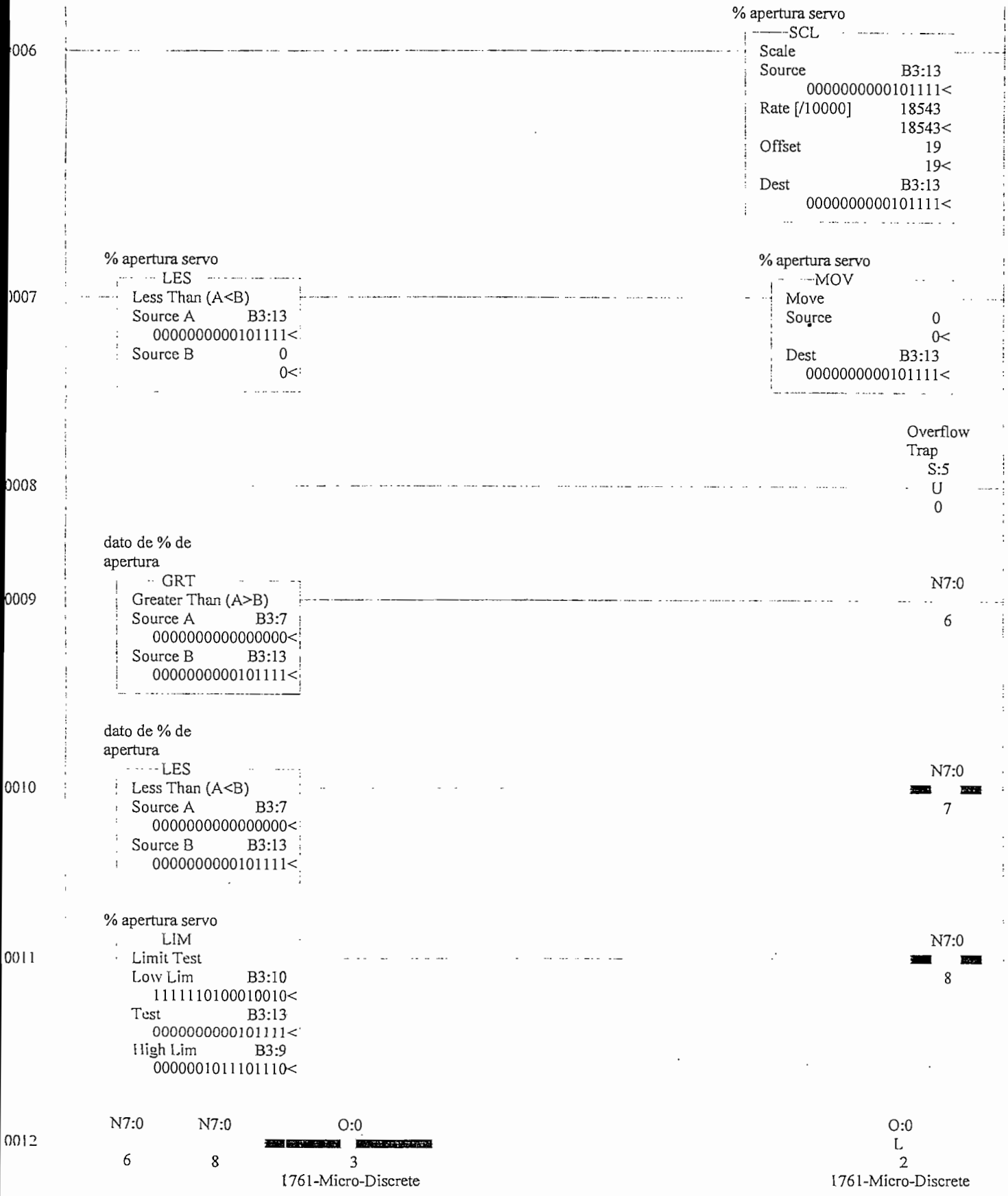
Q2:0
[LBL]

bit de estado de
salto
B3:1
0

0020

END

0000	SBR Subroutine	N7:0 L 2
0001		<p>constante de 750 ancho de banda</p> <p>MOV Move Source 750 750< Dest B3:8 0000001011101110<</p>
0002		<p>dato de % de apertura</p> <p>MOV Move Source B3:28 0000000000000000< Dest B3:7 0000000000000000<</p>
0003		<p>ancho de banda +</p> <p>ADD Add Source A B3:7 0000000000000000< Source B B3:8 0000001011101110< Dest B3:9 0000001011101110<</p>
0004		<p>ancho de banda -</p> <p>SUB Subtract Source A B3:7 0000000000000000< Source B B3:8 0000001011101110< Dest B3:10 111110100010010<</p>
0005		<p>% apertura servo</p> <p>MOV Move Source I:0.7 15< Dest B3:13 000000000101111<</p>



0013	N7:0 7	N7:0 8	O:0 2	O:0 L 3
			1761-Micro-Discrete	1761-Micro-Discrete
0014	N7:0 8			O:0 U 2
				1761-Micro-Discrete
				O:0 U 3
				1761-Micro-Discrete
0015				Overflow Trap S:5 U 0
0016				N7:0 U 2
0017				END

000

Dato sensor de nivel
palabra decimal

MOV	
Move	
Source	I:0.4
	6723<
Dest	B3:5
	0101010001110100<

001

Dato sensor de nivel
palabra decimal

MUL	
Multiply	
Source A	B3:5
	0101010001110100<
Source B	4759
	4759<
Dest	B3:5
	0101010001110100<

002

Dato sensor de nivel
palabra decimal

DDV	
Double Divide	
Source	10000
	10000<
Dest	B3:5
	0101010001110100<

003

Dato sensor de nivel
palabra decimal

SUB	
Subtract	
Source A	B3:5
	0101010001110100<
Source B	1037
	1037<
Dest	B3:5
	0101010001110100<

Dato sensor de nivel
palabra decimal

MUL

```
Multiply
Source A      B3:5
              0101010001110100<
Source B      10
              10<
Dest          B3:5
              0101010001110100<
```

0004

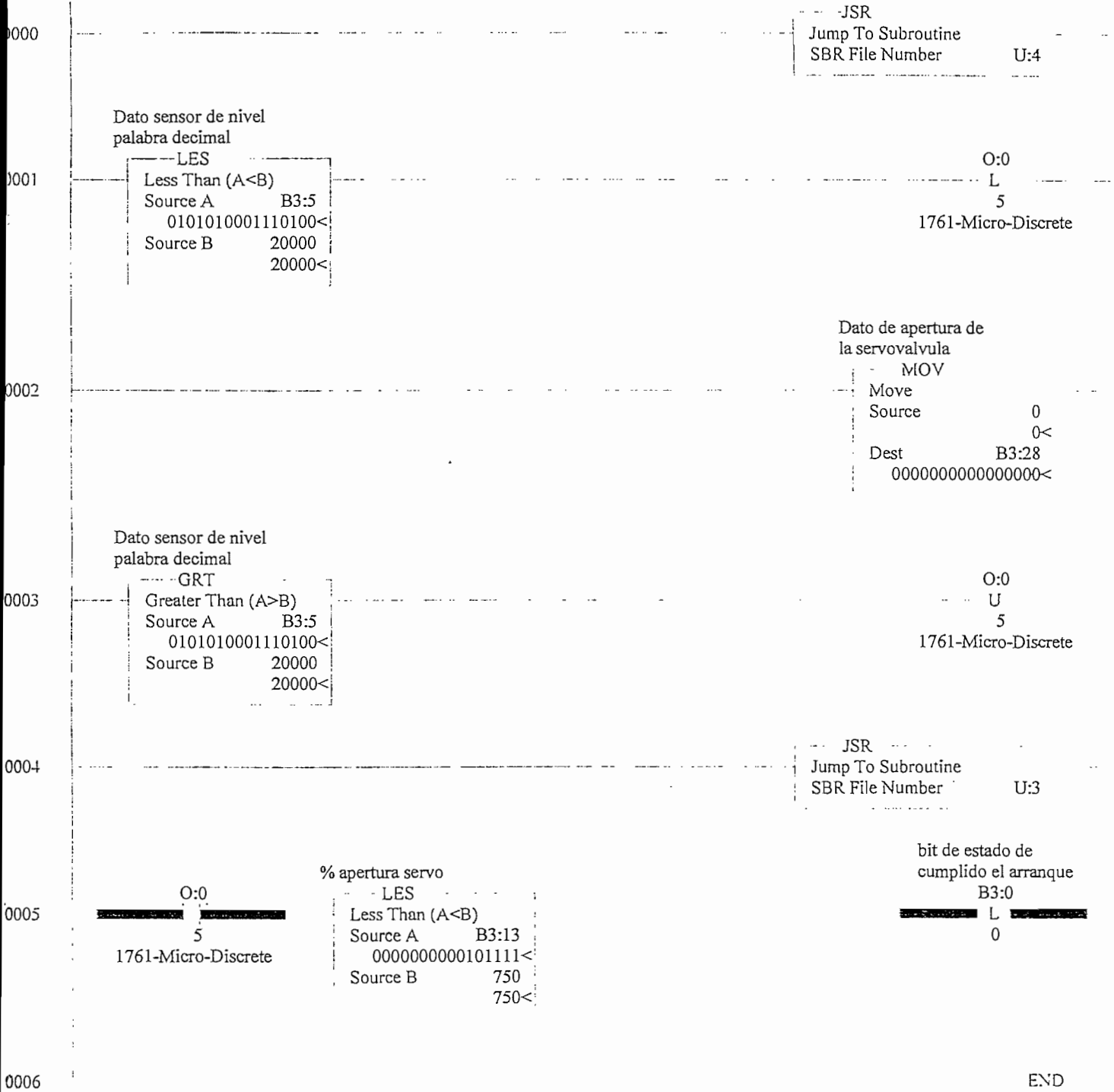
Desabilita el bit de carry en opercion matematica para evitar eror (PLC en modo FAULT)

```
Overflow
Trap      S:5
          U
          0
```

0005

0006

END



000

litros

MUL

Multiply

Source A B3:11

0000000000000000<

Source B 810

810<

Dest B3:12

0000000000000000<

001

END