



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFACE DE COMUNICACIÓN
ENTRE PC-MÓDULOS OLEONEUMÁTICOS I/O ANÁLOGOS Y
DIGITALES EN TIEMPO REAL PARA EL LABORATORIO DE
HIDRÓNICA Y NEUTRÓNICA DE LA ESPE-L.**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO**

**ALBÁN CAMPAÑA FREDDY XAVIER
LESCANO VELASCO LISANDRO ELÍAS**

Latacunga, Marzo 2009

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Albán Campaña Freddy Xavier y Lescano Velasco Lisandro Elías, bajo nuestra supervisión

Fecha:

Ing. Washington Freire

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Mario Jiménez

CODIRECTOR DE PROYECTO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Albán Campaña Freddy Xavier y Lescano Velasco Lisandro Elías en pleno uso de nuestras facultades **AUTORIZAMOS** a la Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga la publicación en la biblioteca virtual de la institución el proyecto de grado con el tema “Implementación de una Interface de Comunicación entre PC-Módulos Oleoneumáticos I/O análogos y digitales en tiempo real para el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la ESPE-L”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y auditoría.

Freddy Xavier Albán Campaña

Lescano Velasco Lisandro Elías

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis agradecimientos a la Escuela Politécnica del Ejército por dejarme ser parte de esta prestigiosa institución, a su vez quienes fueron parte de este proyecto al Ing. Washington Freire, Ing. Mario Jiménez e Ing. Wilson Sánchez, quienes me acompañaron en mi vida estudiantil, brindando sus conocimientos, apoyo y amistad, al mismo tiempo a mi compañero y amigo de toda la vida Elías por su apoyo en la realización de este proyecto.

Freddy Xavier Albán Campaña

Agradezco a la Escuela Politécnica del Ejército por permitirme ser miembro de la institución, al Ing. Washington Freire director del proyecto, al Ing. Mario Jiménez coordinador del proyecto y al Ing. Wilson Sánchez, que con empeño y dedicación supieron impartir sus conocimientos en toda mi vida estudiantil para la terminación de este proyecto, a su vez a mi amigo y compañero de aula Freddy por su respaldo en la finalización del proyecto.

Lisandro Elías Lescano Velasco

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mis padres Alfredo y Susana, y a mi hermana Myriam Susana, quienes con su cariño, comprensión y apoyo diario lograron formarme como hijo y como persona para enfrentarme a la vida como hombre de bien, además dedico este proyecto a mi esposa Yesenia pilar fundamental en mi vida, quien con su amor y apoyo diario supo darme fuerzas para alcanzar este anhelado objetivo.

Freddy Xavier Albán Campaña

Dedico este proyecto a mis padres Elías y Marta y mis hermanos Henry, Freddy, Gustavo y Miguel, quienes supieron brindarme su afecto y apoyo incondicional, este proyecto lo dedico también a mi esposa Myriam y mi hija Carolina, quienes supieron brindarme su amor y comprensión para la culminación de este proyecto.

Lisandro Elías Lescano Velasco

CONTENIDO

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

NEUMÁTICA.....	1
Definición.....	1
COMPONENTES NEUMÁTICOS.	2
Componentes Generadores	2
Componentes Conductores y de Línea	9
Líneas de Fluido	11
Equipos de línea ó Unidad de Mantenimiento.....	12
Componentes Distribuidores	15
Accionamiento mecánico	16
Accionamiento neumático	17
Accionamiento electroneumático.....	18
Criterios de selección de los componentes distribuidores	19
Componentes Actuadores.....	20
Cilindros Neumáticos	21
Mandos Neumáticos	26
Componentes Auxiliares Neumáticos.	27
Accesorios de conexionado.....	32
EASY PORT D8A Y SU COMBINACIÓN DEL SOFTWARE Y LA SIMULACIÓN.	34
SOFTWARE FLUID SIM	35
Introducción a la simulación y construcción de circuitos.....	36
Simulación avanzada de circuitos.....	47
Configurar las medidas para el dibujo.....	47
Plantilla de cuadrícula	48
Diagramas de asignación de terminales.....	49
Denominación de los terminales.....	50
Valores medidos	51
Acoplamiento de equipo neumático y eléctrico.	52
Accionamiento de interruptores.	57

Reconocimiento automático de interruptores.....	59
Componentes configurables.....	60
Configuraciones para la simulación.....	61
Comunicación OPC y DDE con otras aplicaciones.....	64
Utilización del hardware Easy Port.....	66
Configuraciones para la comunicación OPC y DDE.....	69
Simbología.....	71
Unidades de tratamiento del aire.....	71
Accionamientos.....	73
Cilindros y Actuadores.....	75
Válvulas.....	76
Lógica.....	78

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL EQUIPO

Diagrama de Bloques.....	80
Introducción al equipo Easy Port D8A.....	81
Datos Técnicos del Módulo Easy Port D8A.....	81
Tipo de comunicación del Easy Port D8A.....	82
El suministro de poder.....	83
Asignación de pines de los terminales.....	84
Notas de Seguridad.....	85
Accesorios del módulo Easy Port D8A.....	85
Terminal digital SysLink.....	85
Cable I/O digital con conector SysLink (IEEE 488) con clavijas en ambos extremos.....	88
Cable I/O digital con conector SysLink y terminales abiertos.....	90
Cable hilo de conexión.....	91
Cable analógico cruzado.....	92
Cable de datos I/O, cruzado, con zócalo terminal SysLink.....	92
Cable analógico paralelo.....	93
Terminal analógico.....	93

Tipos de controles de proceso	94
-------------------------------------	----

CAPÍTULO III

SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN PC-MÓDULOS OLEONEUMÁTICOS

Especificaciones de funciones.....	96
Funciones del Easy Port	96
Funciones del Terminal SysLink Digital	96
Funciones del cable I/O digital con conector SysLink	97
Funciones del cable I/O digital con conector SysLink y terminales abiertos	97
Funciones del cable I/O digital cruzado con conector SysLink.....	97
Funciones del cable I/O análogo con conector D-Submin.....	97
Funciones del cable I/O análogo cruzado con conector D-Submin	98
Funciones del cable hilo de conexión.....	98
Funciones del Terminal Análogo.....	98
Selección de dispositivos	98
Selección de dispositivos adicionales.	99
Electroválvula de 3/2 vías con led normalmente cerrada	99
Depósito de reserva de aire	100
Electroválvula 5/3 vías con led centro cerrado.....	101
Electroválvula proporcional de 5/3 vías.....	102
Distribuidor de aire	104
Potenciómetro Lineal	105
Unidad de entrada y salidas eléctricas	107
Regulador PID	107
Actuador lineal sin vástago.....	113
Interruptor de proximidad inductivo.....	114
Interruptor de proximidad capacitivo	114
Interruptor de proximidad óptico	114
Interruptor de proximidad magnético	115
Montaje de dispositivos	115
Calibración de dispositivos.	118

Calibración del Easy Port	118
Calibración del Terminal Digital SysLink.....	118
Calibración del Regulador PID	119
Calibración del Potenciómetro Lineal.....	119
Introducción al control del sistema mediante Fluid Sim	121

CAPÍTULO IV

CONTROL DEL SISTEMA MEDIANTE FLUID SIM

Programación en Fluid Sim	121
FluidSIM y OPC Server.....	122
Comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos.	124
Programación del sistema.....	125
EZ OPC Server Versión 4.9.6	125
Conexión OPC.....	129
Ez OPC versión 5.0.....	133
Control del sistema con In Touch versión 9.5	134
Introducción a In Touch V. 9.5.....	134
Programación en In Touch	135
Configuración del OPC LINK.....	138
Configuración del OPC TAG CREATOR.....	143
Configuración de los TAG NAMES en IN TOUCH.	146
Sintonización del Control Proporcional Integral Derivativo de Posición.....	148
Sistema de Control para el Control PID de Posición.	153

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN

Pruebas de Operación	157
Pruebas de operación de señales digitales (Ver Anexo A).....	157
Configuración y montaje de un sistema de clasificación de piezas (Práctica 1)	157
Configuración y montaje de un sistema de bloqueo del flujo de agua (Práctica 2)	158
.....	158

Configuración y montaje de un equipo para encajar tapas (Práctica 3)	158
Configuración y montaje de una compuerta abatible (Práctica 4).....	158
Configuración y montaje de un sistema de desviación de piezas (Práctica 5) ..	159
Taladradora (Práctica 6).....	159
Lavador de piezas (Práctica 7).....	159
Movimiento de cilindro frente de señal (Práctica 8)	160
Levantamiento de paquetes (Práctica 9)	160
Simulación de un Control PID de posición (práctica 10)	160
Pruebas de operación de señales análoga. (Práctica 11)	161
Pruebas del Software.....	162
Pruebas del Sistema de Comunicación	163
Ez OPC versión 4.9.6.....	163
EASY OPC de Festo Didactic	164
TOP SERVER.....	164
Pruebas y resultados de Monitoreo en Tiempo Real.....	166
Comprobación del Sistema	168

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	169
RECOMENDACIONES.	170

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. Clasificación de los compresores.....	3
Figura 2. Compresor de émbolo oscilante	4
Figura 3. Compresor de pistón	4
Figura 4. Compresor de Membrana.....	5
Figura 5. Compresor rotativo multicelular	6
Figura 6. Compresor rotativo bicelular	7
Figura 7. Compresor Roots	7
Figura 8. Compresor Radial	8
Figura 9. Compresor Axial.....	9
Figura 10. Esquema de distribución de aire comprimido.....	11
Figura 11. Líneas de fluido	12
Figura 12. Filtro de línea.....	14
Figura 13. Reductor de presión para aire comprimido.....	15
Figura 14. Válvula mecánica distribuidora	17
Figura 15. Válvula neumática distribuidora	18
Figura 16. Válvula electroneumática distribuidora.....	19
Figura 17. Cilindro de simple efecto	21
Figura 18. Cilindro de doble efecto.....	22
Figura 19. Cilindro de doble vástago.....	22
Figura 20. Cilindro multiposicional.....	23
Figura 21. Cilindro Tandem.....	23
Figura 22. Cilindro Giratorio	24
Figura 23. Actuador Semigiratorio.....	24
Figura 24. Actuador lineal sin vástago	25
Figura 25. Doble cilindro con vástagos dobles, unidos por yugo	25
Figura 26. Motor Neumático.....	26
Figura 27. Diagrama de mando y regulación	27
Figura 28. Válvula antirretorno	28

Figura 29. Válvula inversora	28
Figura 30. Válvula de simultaneidad	29
Figura 31. Limitadora de presión.	29
Figura 32. Válvula de escape rápido en sección	30
Figura 33. Presóstato o interruptor eléctrico accionado por presión.	31
Figura 34. Configuración del interruptor de presión diferencial	31
Figura 35. Interruptor de presión diferencial.....	31
Figura 36. Unidad de mantenimiento neumática	32
Figura 37. Conexión correcta de racores instantáneos	33
Figura 38. Enchufes rápidos de simple obturación y doble obturación.	34
Figura 39. Sección real de un racor giratorio.....	34
Figura 40. Superficie de trabajo del Software Fluid Sim	36
Figura 41. Superficie de diseño	37
Figura 42. Presentación jerarquizada de la biblioteca de componentes	38
Figura 43. Superficie de trabajo con un cilindro	39
Figura 44. Superficie de trabajo con un cilindro, válvula de accionamiento manual 3/n y una fuente de aire comprimido.....	40
Figura 45. Configurar válvula.....	40
Figura 46. Conexión entre la válvula - cilindro y la fuente de aire.	41
Figura 47. Simulación del circuito neumático.	41
Figura 48. Construcción de un circuito neumático.....	42
Figura 49. Circuito neumático en conexión.	43
Figura 50. Configuración de diagrama de estado.....	43
Figura 51. Circuito neumático con diagrama de estado	46
Figura 52. Cuadro de diálogo Tamaño del dibujo.....	47
Figura 53. Detalles de circuito	48
Figura 54. Cuadro de diálogo Opciones-Cuadrícula	48
Figura 55. Opciones-Diagrama de asignación de terminales	49
Figura 56. Diagrama de asignación de terminales	50
Figura 57. Cuadro de diálogo Ver-Valores.....	51
Figura 58. Construcción de un circuito eléctrico.....	53
Figura 59. Marca de la Solenoide de válvula.	53
Figura 60. Simulación de un circuito eléctrico y neumático combinado.	54
Figura 61. Cuadro de dialogo Visualización-Marcas	55

Figura 62. Configurar cilindro	56
Figura 63. Conexión de un cilindro con encoder de desplazamiento.....	56
Figura 64. Cilindros con reglas de distancia.....	57
Figura 65. Cuadro de dialogo Regla de distancia.....	58
Figura 66. Cilindro y marca del cilindro.....	58
Figura 67. Propiedades del interruptor.....	59
Figura 68. Simbolo de interruptores simples.....	60
Figura 69. Configuración de válvula estranguladora en modo de simulación.....	61
Figura 70. Cuadro de diálogo Opciones-Simulación	61
Figura 71. Cuadro de diálogo Opciones-Sonido	63
Figura 72. Cuadro de diálogo Puerto de entrada Fluid Sim.....	64
Figura 73. Cuadro de dialogo puerto de entrada DDE.	65
Figura 74. Cuadro de diálogo puerto de entrada FluidSim	67
Figura 75. Cuadro de diálogo Opciones de OPC/DDE.....	69

CAPÍTULO II

Figura 76. Diagrama de bloques de la Interfaz de Comunicación.....	80
Figura 77. Easy Port D8A.....	81
Figura 78. Terminal digital con terminales SysLink	86
Figura 79. Distribución de pines del terminal digital	86
Figura 80. Posiciones del interruptor del dispositivo PNP	87
Figura 81. Posiciones del interruptor del dispositivo NPN.....	87
Figura 82. Cable I/O digital con conector SysLink.....	88
Figura 83. Asignación de pines cable I/O digital	89
Figura 84. Cable I/O digital de terminales abiertos.....	90
Figura 85. Asignación de pines cable I/O digital	90
Figura 86. Cable hilo de conexión 4mm.....	91
Figura 87. Cable analógico cruzado.....	92
Figura 88. Cable I/O cruzado.	92
Figura 89. Cable analógico paralelo.....	93
Figura 90. Terminal analógico Sub-D 15 pines.	93

CAPÍTULO III

Figura 91. Electroválvula de 3/2 vías normalmente cerrada y símbolo	100
Figura 92. Depósito de reserva de aire y símbolo.	100
Figura 93. Electroválvula 5/3 vías con led centro cerrado	101
Figura 94. Pines de válvula proporcional	103
Figura 95. Válvula proporcional de 5/3 vías y símbolo.	103
Figura 96. Curva Ganancia de Caudal de una Válvula Proporcional	104
Figura 97. Distribuidor de aire y símbolo.....	104
Figura 98. Potenciómetro Lineal y símbolo	105
Figura 99. Asignación de pines del potenciómetro lineal	105
Figura 100. Unidad de entrada y salidas eléctricas.	107
Figura 101. Regulador PID y símbolo	107
Figura 102. Representación en diagrama de circuito	108
Figura 103. Asignación de pines del regulador PID.	110
Figura 104. Configuración de los coeficientes KD, KI, KD.	112
Figura 105. Actuador lineal y símbolo.....	113
Figura 106. Interruptor de proximidad inductivo y símbolo	114
Figura 107. Interruptor de proximidad capacitivo y símbolo.....	114
Figura 108. Interruptor de proximidad óptico y símbolo.....	115
Figura 109. Interruptor de proximidad magnético y símbolo	115
Figura 110. Módulo de Interface de Comunicación	116
Figura 111. Acople de terminales en los rieles y cables con el módulo Easy Port.	117
Figura 112. Diagrama de bloques del módulo para la Interface de comunicación.	117
Figura 113. Posiciones del interruptor del dispositivo PNP	119

CAPÍTULO IV

Figura 114. Pantalla principal de FluidSim con los puertos de Entrada y Salida y su biblioteca de componentes	121
Figura 115. Pantalla principal FluidSim.....	122
Figura 116. Cuadro de diálogo de Opciones de Conexión OPC/DDE	123
Figura 117. Configuración del puerto de entrada Fluid Sim con OPC.....	123
Figura 118. Configuración del puerto de salida Fluid Sim con OPC.	124
Figura 119. Diagrama de bloques de comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos	125
Figura 120. Configuración del Puerto Serial.....	126
Figura 121. Configuración de comunicación.....	127
Figura 122. Ejemplo de configuración.....	128
Figura 123. Configuración de Lenguaje	129
Figura 124. Estableciendo una conexión con el Ez OPC Server	129
Figura 125. Selección de Servidor.....	130
Figura 126. El cliente OPC, menú después de establecer la conexión.....	130
Figura 127. Opciones para la pantalla de variables de comunicación	131
Figura 128. Pantalla de comunicación variables – Ítem.....	131
Figura 129. Pantalla de variables	132
Figura 130. Comunicación exitosa del Easy Port	132
Figura 131. Pantalla principal de EzOPC V5.0.....	133
Figura 132. Pantalla de visualización del Easy Port.....	134
Figura 133. Ventana de visualización Easy Port	135
Figura 134. Ventana de visualización Proceso	136
Figura 135. Ventana de configuración de objetos.	136
Figura 136. Ventana de visualización de Sintonización.	137
Figura 137. Representación gráfica para una conexión OPC	138
Figura 138. Nueva ventana de OPC LINK	138
Figura 139. Ventana de Definición de Tópico	139
Figura 140. Ventana de creación de una nueva definición de tópico.	139

Figura 141. Ventana de definición de tópico del OPC LINK con parámetros detallados.....	140
Figura 142. Ventana de definición de tópico con valores configurados.....	140
Figura 143. Venta de OPC Browser.....	141
Figura 144. Ventana de configuración del servidor.....	141
Figura 145. Ventana de Configuración de servidor OPC.....	142
Figura 146. Configuración del servidor OPC.....	142
Figura 147. Selección de la ventana OPC TAG CREATOR.....	143
Figura 148. Ventana de configuración de OPC TAG CREATOR.....	143
Figura 149. Configuraciones generales del OPC.....	144
Figura 150. Ventana de creación de ACCESS NAMES para el tópico OPC LINK.....	144
Figura 151. Ventana para creación de TAG NAMES.....	145
Figura 152. Ventana de configuración de TAG NAMES.....	145
Figura 153. Ventana de configuración de TAG NAMES.....	146
Figura 154. Ventana de configuración de objetos de Window Maker.....	147
Figura 155. Ventana de selección de TAG NAMES.....	147
Figura 156. Curva característica del potenciómetro lineal.....	149
Figura 157. Selección de la opción Window Script.....	150
Figura 158. Ventana de escritura para sintonización.....	151
Figura 159. Ventana de configuración de curvas en tiempo real.....	151
Figura 160. Curva de la variable del proceso y set point, iniciándose el control.....	152
Figura 161. Sistema oscilante e inestable.....	152
Figura 162. Estabilidad del control PID posición.....	153
Figura 163. Sistema de control en lazo cerrado para el control de posición.....	155
Figura 164. Forma de onda de la salida del sistema sin carga.....	165
Figura 165. Forma de onda de la salida del sistema con carga.....	165

CAPÍTULO V

Figura 166. Regulador PID.....	162
Figura 167. Ventana principal de Ez OPC versión 4.9.6 y Factory Soft OPC Client	163
Figura 168. Ventana principal de EASY OPC.	164
Figura 169. Ventana principal de TOP SERVER	165
Figura 170. Ventana de dispositivos disponibles para el servidor TOP SERVER	165
Figura 171. Monitoreo de un proceso Electro-neumático.	167
Figura 172. Monitoreo de un proceso en In Touch.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. Componentes y medidas de estado.....	47
Tabla 2. Componentes configurables en modo de edición.....	60
Tabla 3. Símbolos de Unidades de tratamiento de aire.....	72
Tabla 4. Símbolos utilizados para accionamientos neumáticos.....	74
Tabla 5. Símbolos utilizados para cilindros y actuadores.....	76
Tabla 6. Símbolos utilizados para válvulas en neumática.....	78
Tabla 7. Símbolos utilizados para la lógica en neumática.....	79

CAPÍTULO II

Tabla 8. Datos técnicos del Easy Port.....	82
Tabla 9. Configuración de pines de la interface del Easy Port.....	83
Tabla 10. Configuración de pines de terminales del Easy Port.....	84
Tabla 11. Configuración de terminales de la interface RS232.....	85
Tabla 12. Datos técnicos cable I/O digital.....	88
Tabla 13. Asignación de pines y colores de hilos.....	89
Tabla 14. Datos técnicos cable I/O terminales abiertos.....	90
Tabla 15. Asignación de pines y colores de hilos.....	91

CAPÍTULO III

Tabla 16. Funciones del terminal digital.....	97
Tabla 17. Datos técnicos electroválvula de 3/2 vías.....	99
Tabla 18. Datos técnicos electroválvula 5/3 con led centro cerrado.....	101
Tabla 19. Datos técnicos electroválvula proporcional de 5/3 vías.....	102
Tabla 20. Distribución de pines válvula proporcional.....	103
Tabla 21. Asignación de pines de potenciómetro lineal.....	106

Tabla 22. Datos técnicos potenciómetro lineal	106
Tabla 23. Asignación de pines del regulador PID.....	111
Tabla 24. Datos Técnicos del Regulador PID.	112

CAPÍTULO IV

Tabla 26. TAG NAMES utilizados en WINDOW MAKER.	148
Tabla 27. Reglas de Sintonización basadas en la respuesta al escalón de la planta.....	156
Tabla 28. Valores para la sintonización del control PID posición	156

CAPÍTULO V

Tabla 29. Valores para la sintonización del control PID posición	161
--	-----

RESUMEN

El presente proyecto se ha implantado para el desarrollo de prácticas académicas en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la ESPE-L, facilitando de esta manera al docente y al estudiante la interacción hombre máquina, mediante la interacción de paquetes computacionales con procesos electroneumáticos y de neumática proporcional; todo esto regulado por un prototipo denominado Easy Port D8A de Festo, que combina la simulación práctica con la Real.

Los paquetes computacionales de interacción son:

Fluid Sim versión 4.2 de Festo Didactic, donde se puede dibujar, simular, aprender y supervisar circuitos neumáticos y electroneumáticos de nivel básico y avanzado, aplicado al módulo TP201, la comunicación Fluid Sim con el módulo Easy Port D8A se la realiza a través del servidor Ez OPC versión 5.0 de Festo Didactic

In Touch versión 9.5 de Wonderware, donde se puede realizar operaciones de interfaz hombre máquina con el módulo TP111 y TP201, que permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas de I/O con el Módulo Easy Port D8A; la comunicación del software In Touch con el módulo Easy Port se la realiza a través del servidor OPC Link de Wonderware y Ez OPC versión 5.0 de Festo Didactic.

Todo este sistema permite un control integral en la simulación de procesos industriales, pues pasa por la experimentación y la creación de situaciones de interés para el alumno y el docente, en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

PRESENTACIÓN

TÍTULO DEL PROYECTO:

Implementación de una Interface de Comunicación entre PC-Módulos Oleoneumáticos I/O análogos y digitales en tiempo real para el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la ESPE-L.

Unidad Responsable:

Carrera de Ingeniería Electromecánica

Responsable del Proyecto:

Freddy Xavier Albán Campaña

Lisandro Elías Lescano Velasco

Colaboradores científicos y/o Profesionales:

Director: Ing. Washington Freire.

Coordinador: Ing. Mario Jiménez.

Localización Geográfica:

Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia La Matriz.

Área de Influencia:

Área de Automatización.

Área del sector Educativo.

Área del sector Industrial.

Antecedentes:

El monitoreo en tiempo real, proporciona inestimable información de los procesos industriales, que permiten al operador tomar decisiones con conocimiento de causa, del estado de los equipos según su requerimiento. La supervisión cuidadosa y sistemática de la información, son herramientas

necesarias para conseguir objetivos, y proporciona técnicas con las que se puede evaluar los procesos.

Cuando se desarrollan prácticas académicas en laboratorios sin tener contacto con el medio físico, a través de diagramas fase-estado, control de velocidad, y/o con programas computacionales, se produce un aprendizaje fragmentario.

La implantación de un Sistema de Comunicación permite supervisar en tiempo real procesos industriales sencillos y complejos, mejorando las posibilidades de aplicar nuevas tecnologías en la enseñanza y aprendizaje, en aspectos como el desarrollo de prácticas académicas con una virtualización e interacción con los procesos industriales.

Justificación e Importancia del problema a resolver:

Implementar este Sistema de Comunicación PC-Módulos I/O Oleoneumáticos analógicos y discretos en tiempo real, permitirá obtener muchos beneficios como son la Interacción Hombre-Máquina, al lograr un control integral del proceso, regulado por un prototipo denominado Easy Port, que será el medio por el cual se pueda combinar la simulación práctica con la real.

Este sistema logrará tener un completo control por medio del software al medio físico, beneficiando al usuario que tendrá la posibilidad de realizar prácticas con confirmación de hechos.

La simulación y verificación del comportamiento de situaciones reales, permite al alumno diseñar y animar circuitos de variadas tecnologías, como la Neumática, la Hidráulica, la Electricidad, la Electrónica. Esto facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje: por una parte es una ayuda didáctica para el profesor, y por otra permite al alumnado la comprensión de la materia más fácilmente, pues pasa por la experimentación y la creación de situaciones de interés para el propio alumno.

Objetivo Final:

Seleccionar e implementar un Sistema de Comunicación PC-Módulos I/O Oleoneumáticos analógicos y discretos en tiempo real, el cual permita la interacción hombre-máquina en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica.

Objetivos Específicos:

- Selección e implementación de un módulo de comunicación PC-Módulos Oleoneumáticos.
- Selección e implementación de un Software de Interacción.
- Implementar la comunicación H.M.I con los módulos básicos, avanzados y proporcionales de sistemas oleo-neumáticos.
- Realizar el control de elementos neumáticos por medio del software seleccionado.
- Establecer una comunicación OPC y DDE con otras aplicaciones.
- Implementar un programa de prácticas de laboratorio para los alumnos de la carrera.

Metas:

- Seleccionar el módulo de comunicación, acorde al requerimiento de cada módulo oleo-neumático.
- Selección del software de interacción según las aplicaciones que se desarrollen.
- Selección de la comunicación H.M.I con las especificaciones de módulos, tanto de interacción como de comunicación.
- Proporcionar guías de estudio al estudiante para que el aprendizaje sea integral.
- Desarrollar un programa de prácticas secuenciales para el aprendizaje de los alumnos de la carrera.

Metodología y Equipamiento que se propone utilizar

Para el desarrollo y ejecución de este proyecto se aplicará el método experimental aplicando la técnica de laboratorio, selección e implementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Easy Port D8A Manual de Usuario
- Electroneumática, Nivel básico libro de trabajo TP201 Festo Didactic
- Help on Ez OPC versión 5.0/Configuración del Easy Port
- Salvador Millán, Automatización neumática y electroneumática/Componentes Neumáticos
- Norma UNE 48103/Señalización de tubería neumática
- www.sapiensman.com/Distribución del aire comprimido
- Tutorial de inicio con Fluid Sim Neumática versión 4.2
- Fluid Sim versión 4.2 Manual de Usuario
- OPC Link User Guide/Topic Definition
- OPC Tag Creator User Guide/Create a new tag
- Ogata Katsuhiko, Sistemas de Control/Control PID
- Tutorial de inicio con Fluid Sim Neumática versión 3.6
- In Touch 9.5 User Guide/Tag names configuration
- Top Server User Guide/Devices
- Easy OPC User Guide/ Configuration of communications
- Help on Ez OPC version 4.9.6/Easy Port D16 Help

ANEXOS

ANEXO A: HOJAS GUÍA PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO DIGITALES
Y ANÁLOGAS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se estudiará la Neumática y sus componentes en aplicación con el Software Fluid Sim.

1.1. NEUMÁTICA.

1.1.1. Definición

La Neumática se puede definir como la técnica de aplicación (mando y regulación) y la utilización racional de aire comprimido, mediante un fluido, en este caso el aire.

1.1.2. Ventajas de la Neumática

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra y es un tipo de energía limpia
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Cambios instantáneos de sentido.

1.1.3. Desventajas de la neumática

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas.
- Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.

1.2. COMPONENTES NEUMÁTICOS¹.

Son todos los elementos que permiten el mando y accionamiento de un circuito neumático para lograr una cierta aplicación.

Estos se pueden clasificar de acuerdo a su función dentro de la Neumática.

- Generadores
- Conductores y de Línea
- Distribuidores
- Actuadores
- Auxiliares Neumáticos

1.2.1. Componentes Generadores

Son las máquinas destinadas a comunicar energía potencial al aire, mediante su compresión y almacenamiento en uno o más recipientes en los cuales queda confinado a la presión deseada. Desde estos recipientes, después de un mayor o menor tratamiento, el aire pasa a diferentes sistemas.

¹ Salvador Millán, Automatización neumática y electroneumática

Se habla de compresores cuando la presión alcanzada sobrepasa los 3 bares. Por debajo de esta presión los denominamos soplantes. Si la presión obtenida es cercana a la atmosférica, entonces los denominamos ventiladores.

Para una determinada aplicación debemos seleccionar un compresor que por lo menos aspire 1,5 a 2 veces el aire consumido en el circuito neumático.

La otra variable decisoria para la elección del compresor es la presión de descarga que debe ser superior a la mínima necesaria para que los cilindros, motores, etc, hagan las funciones de mando y accionamiento. Para aplicaciones de automatización, tanto los caudales como las presiones son de tipo medio.

Clasificación:

Según el sistema de compresión, los compresores se agrupan en las siguientes familias:

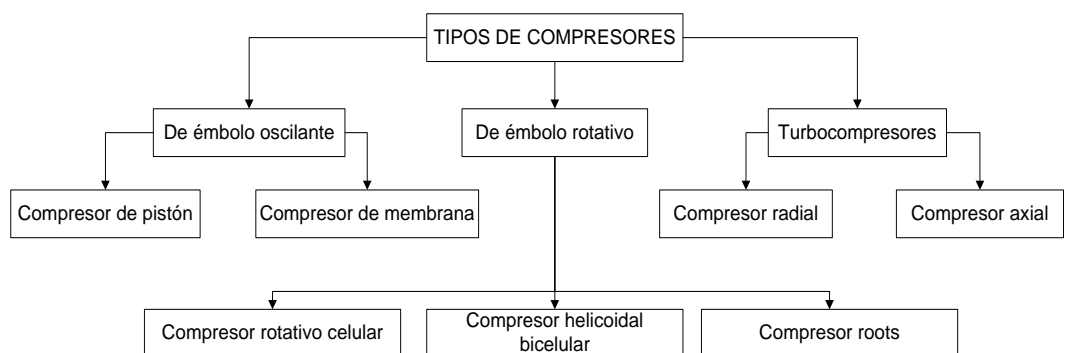


Figura 1. Clasificación de los compresores

a) De émbolo oscilante

Podemos decir que son los más generalizados; utilizan un sistema biela-manivela para transformar el movimiento rotativo del motor en

movimiento de vaivén del émbolo. La figura 2 muestra el compresor de émbolo oscilante.

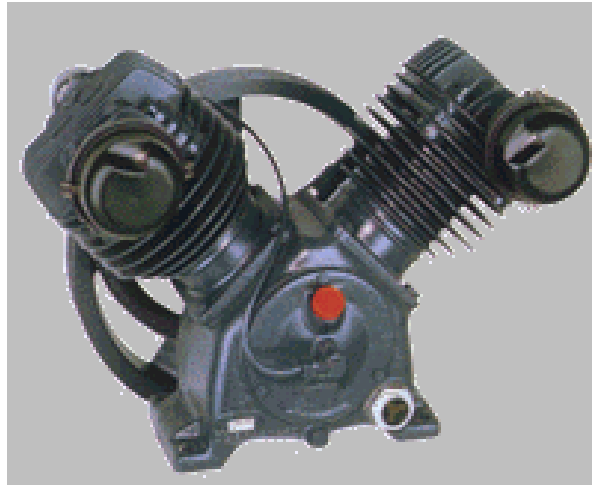


Figura 2. Compresor de émbolo oscilante

Se clasifican en:

1. Compresor de pistón
2. Compresor de diafragma o membrana

Compresor de pistón

Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa. La figura 3 muestra el compresor de pistón.



Figura 3. Compresor de pistón

Compresor de diafragma o membrana

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite, la figura 4 muestra este tipo de compresor.



Figura 4. Compresor de Membrana

b) Compresor de émbolo rotativo

Consisten en un émbolo que está animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético.

Se clasifican en:

1. Compresor rotativo multicelular
2. Compresor rotativo bicelular
3. Compresor Roots

Compresor rotativo multicelular

Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter.

Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente, la figura 5 muestra este tipo de compresor.



Figura 5. Compresor rotativo multicelular

Compresor rotativo bicelular

El compresor rotativo posee un funcionamiento simple, el aire entra en una cámara sellada donde es atrapado entre dos rotores contrarrotativos. Cuando los rotores se engranan, reducen el volumen de aire atrapado y lo suministran comprimido al nivel de presión correcto.

La figura 6, muestra el compresor rotativo bicelular.

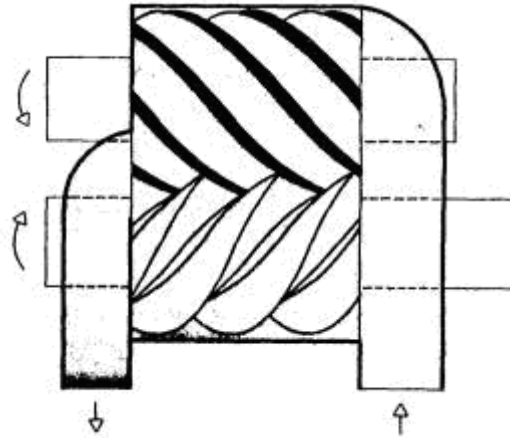


Figura 6. Compresor rotativo bicelular

Compresor Roots

Se conoce como compresor de doble rotor o de doble impulsor ya que trabaja con dos rotores acoplados, montado sobre ejes paralelos, para una misma etapa de compresión, la figura 7 muestra este tipo de compresor.



Figura 7. Compresor Roots

c) Turbocompresores

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El

aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión.

Se clasifican en:

1. Compresor radial
2. Compresor axial

Compresor radial

El compresor radial ofrece un espacio mayor al aire, de tal manera que obliga a la disminución de la velocidad del flujo de aire originando con ello una transformación de la presión existente dentro del compresor.

La figura 8 muestra este tipo de compresor, mediante la rotación de los alabes, comunican energía cinética y dirigen el flujo radialmente hacia fuera, hasta encontrarse con la carcasa del mismo, que lo retorna al centro cambiando su dirección.

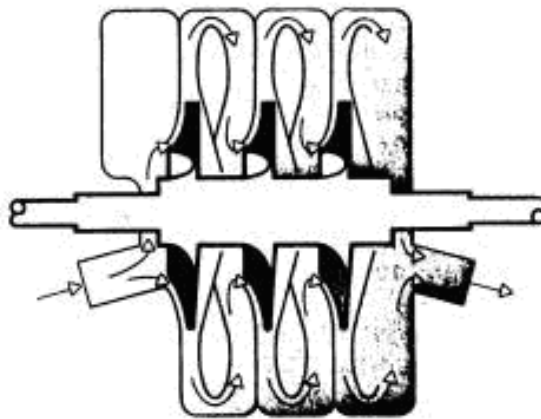


Figura 8. Compresor Radial

Compresor Axial

En este tipo de compresor, el flujo de aire es paralelo al eje o al árbol del compresor y no cambia de sentido como en los centrífugos de flujo radial, la figura 9 muestra el compresor axial.



Figura 9. Compresor Axial

1.2.2. Componentes Conductores y de Línea

1.2.2.1. Conductores o tubería

Todo movimiento de un fluido por una tubería produce una pérdida de presión debido a su rugosidad y diámetro asociado. El material mas usado en las tuberías de aire es el acero y nylon.

La identificación es una parte importante del mantenimiento. Según la norma UNE 1063 las tuberías que conducen aire comprimido deben ser pintadas de azul moderado UNE 48 103².

El mantenimiento de la tubería de la red de aire no es mayor, excepto cuando existe fugas que se producen en las conexiones.

Clases de tuberías

Existen tres clases de tuberías para transportar el aire comprimido las cuales son:

- a. Tubería Principal

² Norma española para señalización de tuberías industriales, S703 UNE 48103

- b. Tubería Secundaria
- c. Tubería de Servicio

Tubería Principal

Es la línea que sale del conjunto de compresores y conduce todo el aire que consume el sistema. Debe tener la mayor sección posible para evitar pérdidas de presión y prever futuras ampliaciones de la red con su consecuente aumento de caudal. La velocidad máxima del aire en la tubería principal es de 8 m/s.

Tuberías Secundarias

Se derivan de la tubería principal para conectarse con las tuberías de servicio. El caudal que por allí circula es el asociado a los elementos alimentados exclusivamente por esta tubería.

También en su diseño se debe prever posibles ampliaciones en el futuro. La velocidad del aire en ellas no debe superar 8 m/s.

Tuberías de Servicio³

Son las que surten en sí los equipos neumáticos. En sus extremos tienen conectores rápidos y sobre ellas se ubican las unidades de mantenimiento.

Debe procurarse no sobre pasar de tres el número de equipos alimentados por una tubería de servicio. Con el fin de evitar obstrucciones se recomiendan diámetros mayores de ½" en la tubería. Puesto que generalmente son segmentos cortos las pérdidas son bajas y por tanto la velocidad del aire en las tuberías de servicio puede llegar hasta 15 m/s.

³ www.sapiensman.com/ Distribución del aire comprimido

La figura 10 muestra distintas tuberías para transportar aire comprimido.

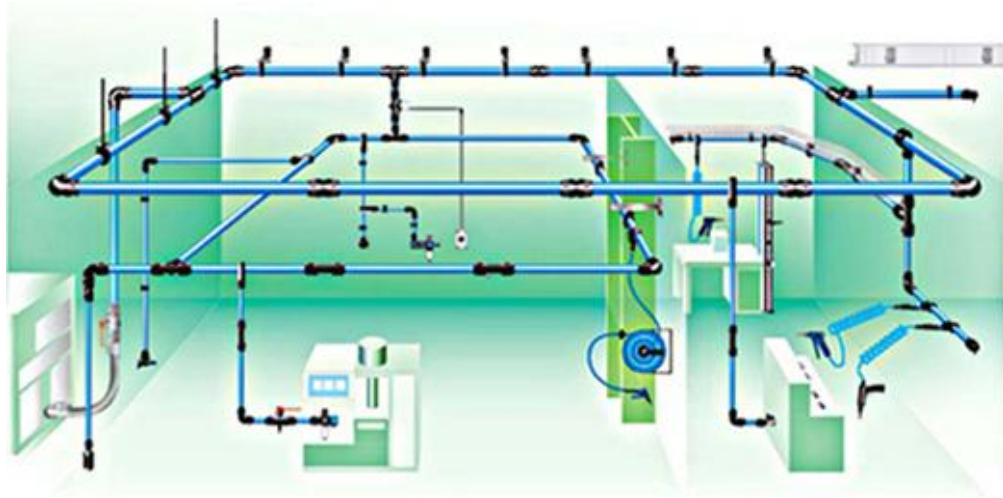


Figura 10. Esquema de distribución de aire comprimido.

1.2.2.2. Líneas de Fluido

Representan las conducciones y tuberías por las cuales circula el aire comprimido. Se trazan en líneas perpendiculares. Deben hacerse el mínimo de cruces. En los cruces de líneas, si no hay conexión no hay señal especial. Si hay conexión se señala un punto. El tipo de línea determina la función del aire en el circuito.

Línea continua – alimentación o potencia

Línea de trazos – líneas piloto auxiliares

La alimentación o suministro de aire se señala por medio de un pequeño círculo con un punto central; los escapes se señalan por medio de un pequeño triángulo.

Cuando hay varios elementos que forman una unidad, se traza una línea envolvente de trazo y punto alrededor.

La figura 11 muestra la simbología según la norma DIN ISO 1219 para circuitos para componentes y sistemas accionados por fluidos.

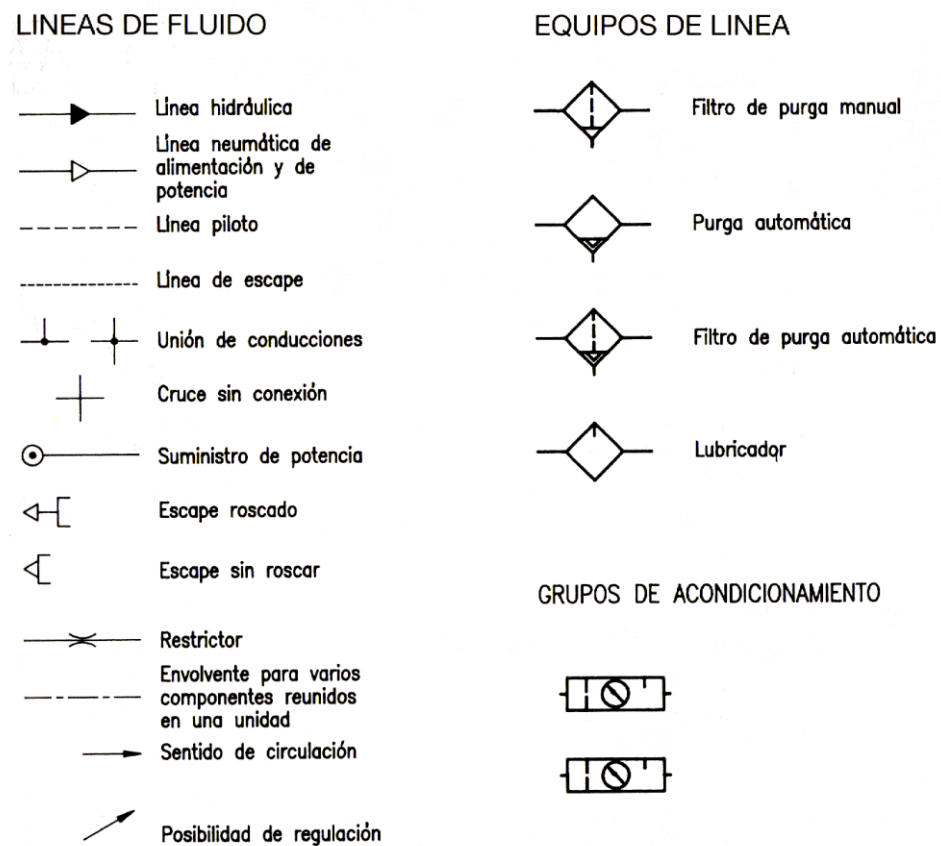


Figura 11. Líneas de fluido

Los filtros y lubricadores se representan por medio de un cuadrado situado de tal manera que las dos líneas de paso y conexiones son prolongaciones de su diagonal. En el interior de este cuadrado se indican las líneas definitorias de su función concreta.

1.2.2.3. Equipos de línea ó Unidad de Mantenimiento

a. Equipo para filtración

El aire comprimido para ser utilizado en los sistemas neumáticos, si se quiere que no origine averías, no puede conectarse a ellos según sale del compresor.

En el aire hay una serie de impurezas nocivas para la buena marcha de la instalación que es preciso eliminar. Las impurezas que podemos encontrar son las siguientes:

Impurezas sólidas:

- Polvo de sílice.
- Óxido de las conducciones (cascarillas).
- Virutas de goma.
- Residuos de cierres estancos.
- Hilachas de empaquetaduras de teflón.
- Residuos de aceites quemados.

Impurezas líquidas:

- Agua en fase líquida.
- Aceites lubricantes (más o menos quemados).

Impurezas gaseosas:

- Vapor de agua.
- Gases procedentes del calentamiento del aceite en el compresor.
- Gases varios.
- Microbios y bacterias.

Filtros

Se diseñan para eliminar impurezas sólidas y líquidas. La figura 12 muestra este tipo de filtro.



Figura 12. Filtro de línea

Filtros especiales

En algunas instalaciones es necesaria la utilización de filtros especiales. Entre estas aplicaciones pueden citarse:

- Medición y calibración neumática.
- Instrumentación neumática.
- Pulverización de pinturas.
- Fabricación de productos delicados.
- Industria alimentaria y farmacéutica.
- Equipos científicos.

Se utilizan filtros purificadores de aire en los cuales hay tres procesos:

- Filtración centrífuga.
- Filtración mecánica.
- Filtración por carbón activo.

Las dos primeras etapas son del mismo tipo que las señaladas anteriormente. La etapa de filtración por carbón activo supone el paso del flujo de aire a través de este producto que absorbe los vapores de aceite

reteniéndolos en su propia masa. Los cartuchos de carbón activo deben cambiarse cuando se saturan. Estos filtros pueden retener hasta el 99,999% de partículas de 1 micrón (0,001 mm).

b. Regulador de Presión⁴

La presión en línea, debido a las variaciones de carga del compresor y a las diferentes puntas de consumo, puede variar. Los reductores de presión deben ajustarse por debajo del nivel mínimo de presión que adquiere la línea y a un nivel en el cual los cilindros proporcionen la fuerza requerida por el sistema. La figura 13 muestra este tipo de equipo.



Figura 13. Reductor de presión para aire comprimido

1.2.3. Componentes Distribuidores

Los distribuidores neumáticos son los puntos sensibles del sistema central formado por el conjunto de la instalación del automatismo neumático. Son ellos los que controlan los impulsos que hacen moverse a los cilindros. Realizan una función amplificadora del nivel de potencia de las señales procedentes de los sistemas gestores centrales (autómatas), secuenciadores electrónicos o mando repartido lógico.

⁴ Tutorial de Inicio con Flui Sim Neumática

Los distribuidores, con sus diferentes sistemas de mando, conducen el aire comprimido hacia los cilindros, actuadores de giro, bombas de vacío, para que éstos efectúen, dentro del automatismo, la función encomendada.

Clasificación

Según el tipo de accionamiento:

- a. Accionamiento mecánico
- b. Accionamiento neumático
- c. Accionamiento electroneumático

Los distribuidores tienen un carrete que desplazamos mediante accionamientos porque el conjunto cuerpo-carrete define la función del distribuidor (2 vías/2 posiciones, 3 vías/2 posiciones, 5 vías/2 posiciones).

Hay distribuidores sin resortes que permanecen estables indefinidamente en la última posición de reposo alcanzado y hay otros que disponen de resortes que empujan al carrete a una determinada posición cuando cesa la acción que les obligó a cambiar.

Accionamiento mecánico

Es el más simple de los accionamientos, en este accionamiento, el carrete del distribuidor es accionado directamente por la palanca de mando. Estos distribuidores pueden controlar un cilindro directamente, o bien pueden estar destinados a poner en marcha y parar un determinado sistema. En cualquiera de los casos se trata de sistemas no complejos. La figura 14 se muestra un componente distribuidor accionado mecánicamente.



Figura 14. Válvula mecánica distribuidora

Los accionamientos mecánicos pueden tener las siguientes variantes:

- Válvula distribuidora de 3/2 vías con palanca de rodillo, normalmente cerrada
- Válvula distribuidora de 3/2 vías con palanca de rodillo, normalmente abierta
- Válvula distribuidora de 3/2 vías con rodillo basculante, normalmente abierta
- Válvula accionada por obturación de fuga
- Válvula de proximidad neumática, accionada magnéticamente
- Válvula distribuidora de 3/2 vías con pulsador, normalmente cerrada
- Válvula distribuidora de 3/2 vías con pulsador, normalmente abierta
- Válvula distribuidora de 3/2 vías con selector o pulsador de seta, normalmente cerrada
- Válvula distribuidora de 5/2 vías con interruptor de selección

Accionamiento neumático

En estos distribuidores, la acción mecánica sobre el carrete es sustituida por la acción del aire comprimido sobre éste como si se tratara

de un pequeño cilindro. La figura 15 muestra un componente distribuidor accionado neumáticamente.

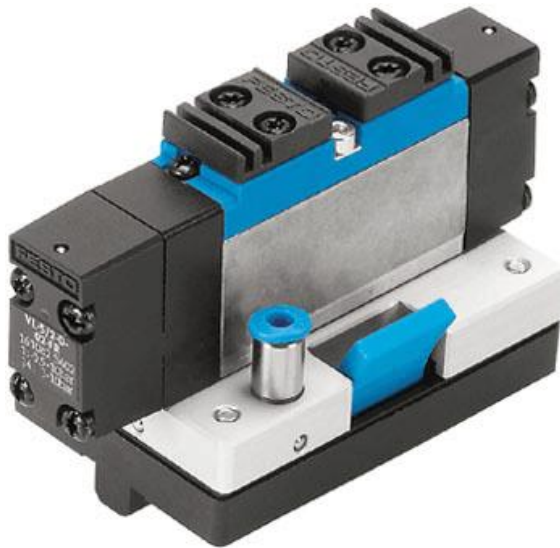


Figura 15. Válvula neumática distribuidora

Los accionamientos neumáticos pueden tener las siguientes variantes:

- Válvula neumática distribuidora de 3/2 vías, normalmente cerrada
- Válvula neumática distribuidora de 3/2 vías, normalmente abierta
- Válvula neumática distribuidora de 5/2 vías
- Válvula de impulsos neumáticos distribuidora de 5/2 vías
- Válvula neumática distribuidora de 5/3 vías, centro cerrado
- Módulo amplificador de baja presión de 2 etapas

Accionamiento electroneumático

Cuando en los circuitos neumáticos de un automatismo se necesita efectuar movimientos con multitud de cilindros, controles remotos, autómatas programables, etc., es preciso utilizar distribuidores de mando eléctrico o electromagnético como enlace entre ambas energías.

Las electroválvulas y los electrodistribuidores son, por tanto, los encargados de transformar las señales eléctricas en señales neumáticas.

En la situación actual de los automatismos, puede decirse que los electrodistribuidores son la familia más amplia de los componentes de automatismos.

La figura 16 muestra un componente distribuidor con accionamiento electroneumático.



Figura 16. Válvula electroneumática distribuidora

Los accionamientos electroneumáticos pueden tener las siguientes variantes:

- Válvula de solenoide distribuidora de 3/2 vías, normalmente cerrada
- Válvula de solenoide distribuidora de 3/2 vías, normalmente abierta
- Válvula de solenoide distribuidora de 5/2 vías
- Válvula de solenoide distribuidora de 5/2 vías
- Válvula de solenoide distribuidora de 5/3 vías

1.2.3.1. Criterios de selección de los componentes distribuidores

Para atender al diseño de automatismos, los distribuidores pueden agruparse según diferentes aspectos:

- Función operativa dentro del circuito: inicio de ciclo, final de carrera o como detector de presencia de un cilindro o mecanismo en una determinada posición, maniobra de dirección de un cilindro o de un cilindro de giro o de un motor rotativo y otros.
- Tamaño del distribuidor en cuanto se refiere al tamaño de roscas, pasos internos, lo que en definitiva condiciona el caudal y, por lo tanto, la velocidad del actuador controlado.
- Función interna del distribuidor (número de vías) que se determina según la maniobra que se desea en el actuador, teniendo en cuenta si éste es de simple, doble efecto, con bloqueo o con libertad de movimientos en posiciones intermedias, etc.
- Condiciones ambientales de la situación real del distribuidor dentro del mecanismo y de la máquina o de la instalación.
- Resistencia a las vibraciones e impactos.

1.2.4. Componentes Actuadores

Los elementos neumáticos alcanzan velocidades de trabajo muy altas, pero debido a la compresibilidad del aire, su regulación no es constante.

Los esfuerzos de los actuadores neumáticos tienen un techo alto, aunque inferior a los hidráulicos. Los actuadores neumáticos tienen su campo de aplicación en el rango de movimientos rápidos y potentes.

1.2.4.1. Cilindros Neumáticos

Para transformar la energía del fluido en energía mecánica se usan accionamientos de rotación y translación o cilindros y son los más comúnmente utilizados.

Cilindros de simple efecto

En estos cilindros se aplica aire comprimido por una sola cámara. Una vez expulsado el aire de la cámara, el vástago vuelve a su posición inicial por medio de un muelle de retroceso incorporado. Estos cilindros se aplican principalmente para sujetar piezas o en operaciones de montaje. La figura 17 muestra este tipo de cilindro.



Figura 17. Cilindro de simple efecto

Cilindros de doble efecto

Con estos cilindros, el avance como el retorno del émbolo se efectúa con aire comprimido que trabaja en ambos sentidos. Los cilindros pueden ser con amortiguación regulable en ambos sentidos de trabajo, como lo muestra la figura 18, esta característica permite reducir la velocidad del émbolo antes que llegue al final de carrera (cuando ésta es demasiado alta), para evitar que se dañe el cilindro o los elementos arrastrados.



Figura 18. Cilindro de doble efecto

Cilindros con un vástago

La fuerza del vástago es menor en el retroceso que en el avance, debido a la diferencia de superficies del émbolo, ya que del lado izquierdo la superficie del mismo está disminuida por la presencia del eje.

Con doble vástago

Se resuelve ésta diferencia para igualar las velocidades de respuesta en ambos sentidos, la figura 19 muestra este tipo de cilindro.



Figura 19. Cilindro de doble vástago

Cilindros multiposicionales

Con dos o más cilindros se logran varias posiciones. El número de posiciones finales de un cilindro por el exponente del número de cilindros acoplados nos da el número de posiciones. Por ejemplo con dos

cilindros, tenemos cuatro posiciones posibles. La figura 20 muestra este tipo de cilindro.

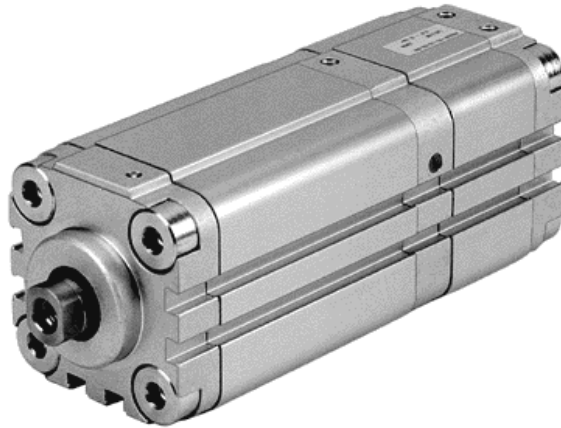


Figura 20. Cilindro multiposicional

Cilindros Tándem: La figura 20 muestra el cilindro Tándem que con dos o más cilindros acoplados en un solo cuerpo, disponemos con el mismo diámetro una fuerza mayor.

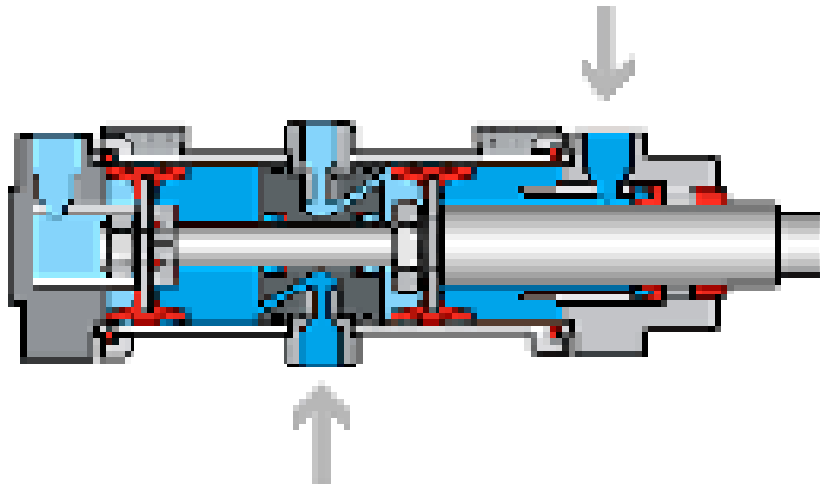


Figura 21. Cilindro Tandem

Cilindros giratorios

Con estos cilindros se convierte el movimiento lineal en circular oscilante por medio de un dispositivo mecánico, la figura 22 muestra este tipo de cilindros giratorios.

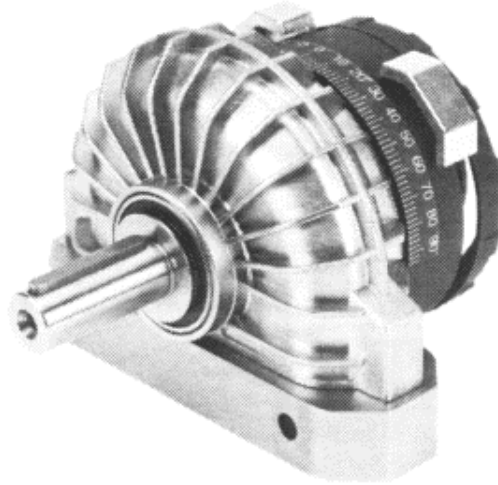


Figura 22. Cilindro Giratorio

Actuador Semigiratorio

El actuador giratorio es compacto y ofrece pares elevados. La fuerza se transmite al vástago por una paleta que gira. La amplitud es regulable entre dos topes. El ángulo puede ajustarse entre 0° y 180° . El sistema de topes ajustables es independiente de la paleta de rotación.

Esto hace que la fuerza del tope sea absorbida exteriormente por bloques. En las posiciones finales, los impactos son amortiguados por topes elásticos, la figura 23 muestra un actuador semigiratorio y su vista en corte.

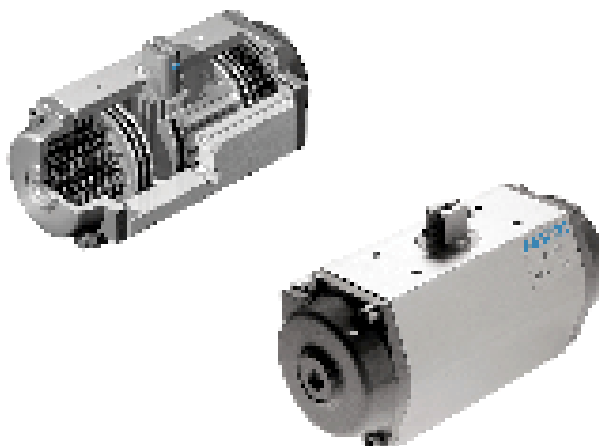


Figura 23. Actuador Semigiratorio

Actuador lineal sin vástago

La corredera de este actuador de doble efecto sin vástago, se controla aplicando aire comprimido alternativamente a sus entradas. En este tipo de actuador lineal, la fuerza del émbolo se transmite a la corredera por una ranura estanca en el cilindro. Esta construcción impide la torsión de la corredera como muestra la figura 24.

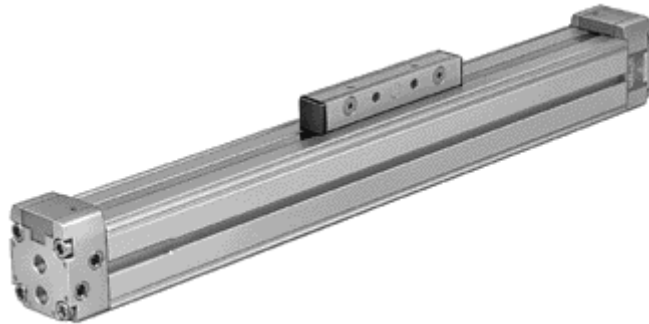


Figura 24. Actuador lineal sin vástago

Doble cilindro de doble efecto con vástagos dobles, unidos por yugos

Este cilindro doble dispone de dos pistones colocados uno junto al otro y está acoplado con un yugo. Esta combinación garantiza una seguridad de giro torsión elevada al colocar o transportar herramientas o elementos de construcción. Además, este principio de doble pistón ofrece el doble de fuerza en el mismo nivel de montaje que un cilindro estándar como se muestra en la figura 25.

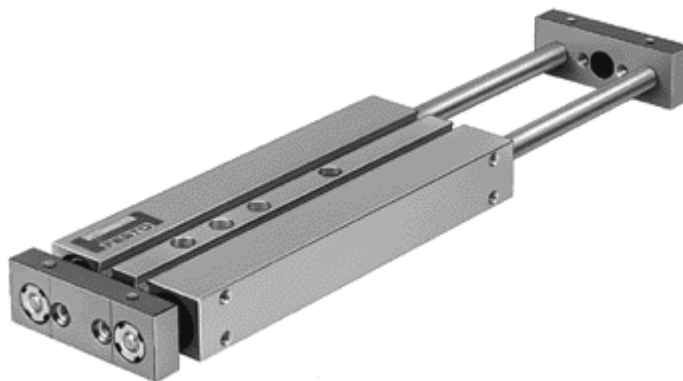


Figura 25. Doble cilindro con vástagos dobles, unidos por yugo

Motores Neumáticos

Son dispositivos que transforman la energía neumática en giro mecánico, con posibilidad de movimiento continuo. Se clasifican en los grupos de motores de paletas, de émbolos, de engranajes y turbinas. La figura 26 muestra una representación de un motor neumático.

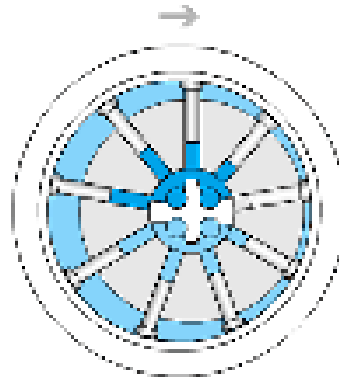


Figura 26. Motor Neumático

1.2.4.2. Mandos Neumáticos

El equipo neumático puede estar constituido por una o varias cadenas de mando empleadas para la resolución de un determinado sistema. En neumática figuran circuitos de regulación y cadenas de mando, pero los circuitos neumáticos de regulación constituyen una minoría numérica absoluta comparados con los equipos neumáticos de mando.

Cadena de mando

Sistema de influencia de las magnitudes con desarrollo del efecto en forma de cadena abierta. Para poder producir el mando es necesaria una energía de mando, pudiendo accionarse por medios mecánicos, eléctricos, hidráulicos, o neumáticos. Una cadena de mando puede estar formada por válvulas de vías y cilindros, reuniendo la válvula todas las condiciones de un órgano emisor de señales, de mando y regulador.

Circuito de regulación

Sistema de influencia de las magnitudes con desarrollo del efecto en línea cerrada, la figura 27 muestra una cadena de mando y un circuito de regulación.

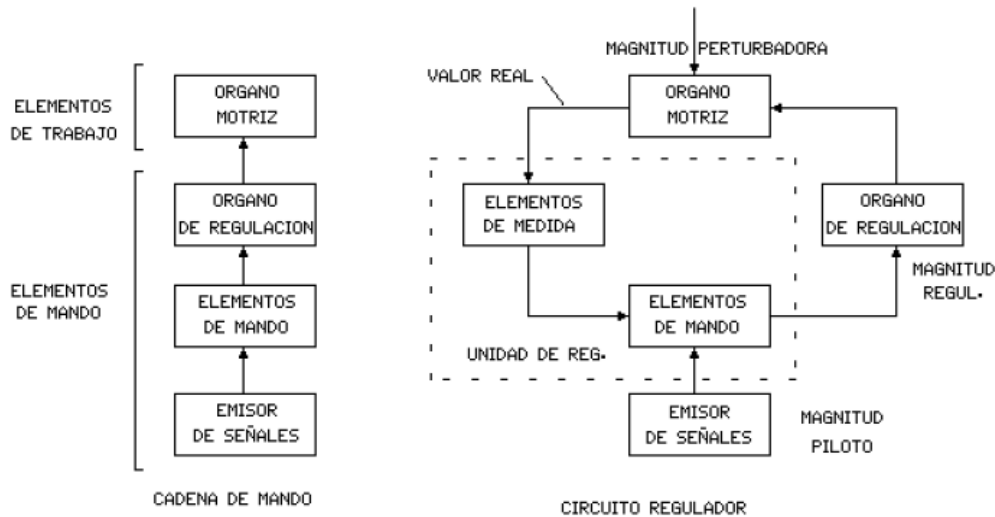


Figura 27. Diagrama de mando y regulación

Si deben ejecutarse varias funciones dependientes en una cadena de mando, se forman a éste fin, cadenas integradas por órganos reguladores, órganos de mando, y emisores de señales independientes entre si.

Es importante saber con que válvulas de vías pueden mandarse los distintos cilindros o motores de aire comprimido.

1.2.5. Componentes Auxiliares Neumáticos.

Entre los componentes auxiliares neumáticos podemos citar los siguientes:

Válvula antirretorno

Se trata de un accesorio muy simple. Recibe distintos nombres: antirretorno, retención, diodo neumático, de pie, etc., y en todos los casos permite el flujo de aire en un sentido y lo impide en el contrario. El resorte

de cierre genera una pequeña caída de presión. La figura 28 muestra una válvula antirretorno.

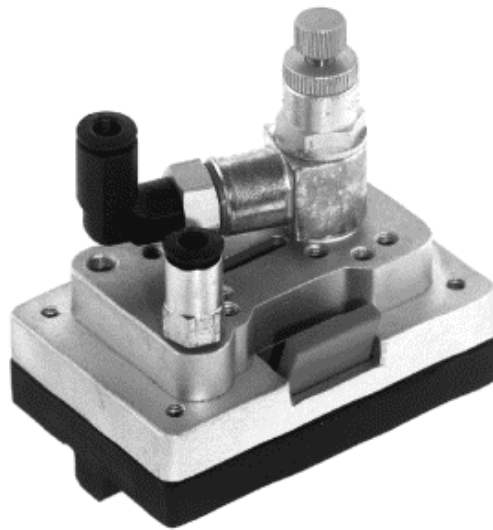


Figura 28. Válvula antirretorno

Las aplicaciones clásicas de estas válvulas pueden ser la retención de una carga en alto por medio de un cilindro neumático en el caso de fallo en el suministro de aire comprimido y mantener cargado un depósito acumulador en mandos de emergencia.

Válvulas inversoras de un circuito

Estas válvulas permiten la llegada de aire a un circuito procedente de dos mandos diferentes. También son llamadas funciones «O» cuando se contempla su función lógica. La figura 29 muestra este tipo de válvula.



Figura 29. Válvula inversora.

Válvulas de simultaneidad

La válvula de simultaneidad cumple con la función lógica «Y» (AND). Esta válvula posee dos conexiones de entrada y una de salida. La señal de salida sólo se obtiene cuando se aplican las dos señales de entrada simultáneamente. Si cualquiera de las dos señales de entrada no está presente, no se produce la señal de salida. La figura 30 muestra este tipo de válvula.



Figura 30. Válvula de simultaneidad

Limitadores de presión

Una válvula limitadora o estranguladora de presión es aquella en la cual el escape del fluido es impedido convenientemente por un disco directamente cargado por un resorte, un peso directo, o una palanca con un peso en su extremo. En el campo del aire comprimido el resorte es el único prácticamente empleado. La figura 31 muestra este elemento auxiliar neumático.



Figura 31. Limitadora de presión.

Válvulas de escape rápido

Esta válvula consta de un disco de bordes afilados en el interior de un cuerpo de válvula; cuando el aire procedente de un distribuidor accede desplaza el émbolo que, con un pequeño recorrido, cierra un orificio. En esta posición el aire comprimido deforma los bordes de la clapeta y sale por el orificio hacia el cilindro.

Cuando el distribuidor en su maniobra pone a escape el orificio 1, la presión confinada, en contacto con el orificio 2, hace retroceder a la clapeta abriéndose a la atmósfera el orificio 3, permitiendo su escape brusco al exterior.

La figura 32 muestra una válvula de escape rápido.



Figura 32. Válvula de escape rápido en sección

Presóstatos

Presóstatos o interruptores eléctricos accionados por presión son aquellos componentes en los cuales la presión actúa sobre un pistón o membrana que al empujar un resorte regulable acciona un contacto eléctrico que cierra, abre o conmuta un circuito, la figura 33 muestra un presóstato. En cuanto a su misión en los circuitos, vemos que los presostatos tienen una función opuesta a las electroválvulas:

- Un presostato convierte las señales neumáticas en señales eléctricas.
- Una electroválvula convierte las señales eléctricas en señales neumáticas.



Figura 33. Presóstato o interruptor eléctrico accionado por presión.

Interruptor de presión diferencial

El interruptor de presión diferencial puede utilizarse como presóstato (conexión P1), como vacuostato (conexión P2) o como interruptor de presión diferencial (P1-P2), como se muestra en la figura 34.

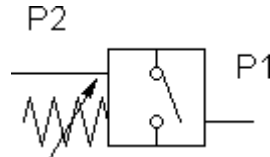


Figura 34. Configuración del interruptor de presión diferencial

Cuando la diferencia de presiones entre P1 y P2 sobrepasa los valores ajustados, se abre o cierra el correspondiente circuito conmutador. La figura 35 muestra un interruptor de presión diferencial.

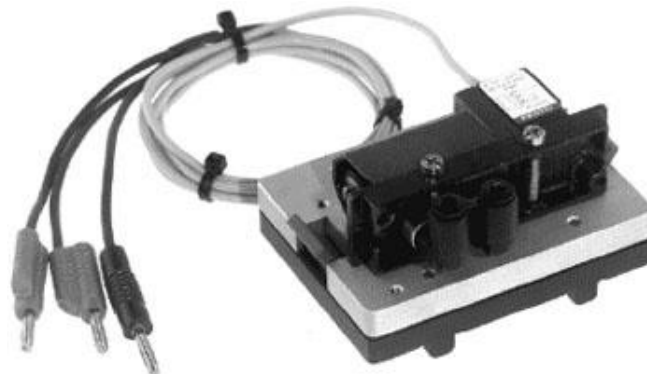


Figura 35. Interruptor de presión diferencial

Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento se compone de un filtro de aire comprimido con separador de agua y una válvula reguladora de presión. La figura 36 muestra una unidad de mantenimiento.



Figura 36. Unidad de mantenimiento neumática

Accesorios de conexiónado

Racores

Es muy importante no olvidar que el aire comprimido que dirigimos a los diferentes componentes del circuito debe ser conducido a través de racordajes y tuberías, en general de pequeño diámetro, que aseguren rapidez en la conexión, que permitan la instalación con ausencia de fugas y que resistan bien la acción de la corrosión, vibraciones y esfuerzos mecánicos. La figura 37 muestra una conexión de racores instantáneos.

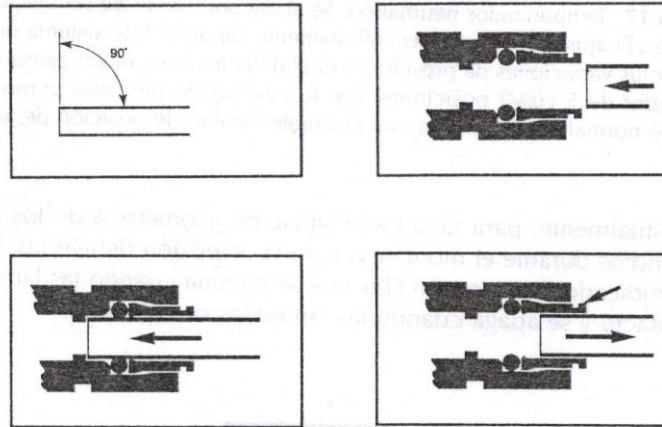


Figura 37. Conexión correcta de racores instantáneos

Tipos de racores existentes:

- Racor de entrada recto.
- Racor de entrada tipo codo.
- Racor de entrada codo-giratorio.
- Racor en T tubo-tubo.
- Racor en T con conexión central roscada macho.
- Racor en T con conexión extremo roscada macho.
- Racor en codo tubo-tubo.
- Reducciones.
- Racor orientable.
- Racor orientable doble.
- Pasa-tabiques.
- Pasa-tabiques en codo.

Enchufes rápidos

Los denominados racores instantáneos, permiten un número limitado de conexiones-desconexiones, puesto que la superficie exterior del extremo del tubo queda marcada por las pequeñas huellas que deja la pinza de retención. La figura 38 muestra este tipo de enchufes rápidos.

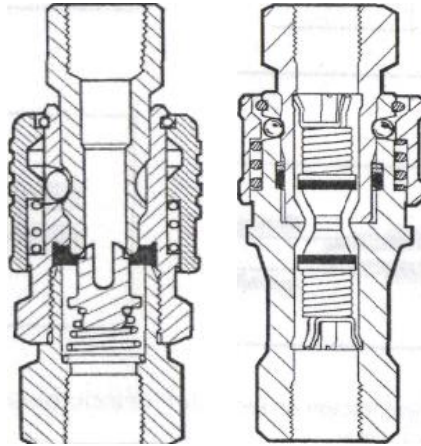


Figura 38. Enchufes rápidos de simple obturación y doble obturación.

Racores giratorios

En los casos en que es preciso transportar el aire comprimido a zonas de máquinas con movimiento giratorio, es preciso utilizar los racores rotativos. La figura 39 muestra un racor giratorio en sección.

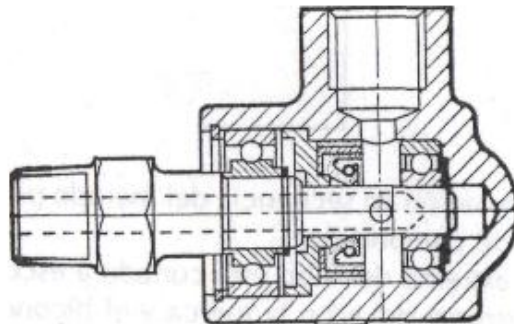


Figura 39. Sección real de un racor giratorio.

1.3. EASY PORT D8A Y SU COMBINACIÓN DEL SOFTWARE Y LA SIMULACIÓN.

El Easy Port lleva a cabo una transmisión bidireccional de señales digitales de entrada y salida de un proceso de mando real que usa la tecnología de bajo-voltaje (24 VDC) y un PC. Además posee también una transmisión bidireccional de señales análogas de entrada y de salida de un proceso de mando real que usa señales de (0-10 VDC) y un PC.

El software guía de Windows EzDDE y EzOPC en cualquiera de sus versiones le permite leer las señales dentro y fuera del Easy Port que usa una aplicación de Windows simplemente. Los datos que se intercambian tienen lugar vía el DDE u OPC datos de interfaz integradas en Windows.

Esto permite que cualquier programa de la aplicación proporcionado con tal interfaz del software (como un simulador de STEP7, un paquete de la visualización como InTouch, u hojas de cálculo en Excel) pueda establecer el contacto con el Easy Port. El software de Festo Didactic es diseñado específicamente para esta comunicación por ejemplo FluidSIM y Cosimir.

El Easy Port D8A, se configura automáticamente al conectarse con el PC mediante la interfaz RS232, el dispositivo posee 8 entradas y salidas digitales las cuales se comunican mediante un cable paralelo o cruzado con conector Sys Link al Terminal Digital Sys Link.

Además posee 4 entradas análogas y 2 salidas análogas que se comunican mediante un cable paralelo o cruzado con conector D-Sub al Terminal análogo de 15 pines. En el Capítulo 2 se detalla el funcionamiento, configuración, seguridad, etc. del Easy Port D8A.

1.4. SOFTWARE FLUID SIM

FluidSIM Neumática es una herramienta de simulación para la obtención de los conocimientos básicos de la neumática y funciona en el entorno Microsoft Windows.

Una característica importante de FluidSIM es su estrecha relación con la función y simulación CAD. FluidSIM permite, por una parte, un esquema DIN de diagramas de circuitos de fluidos; por otra parte, posibilita la ejecución sobre la base de descripciones de componentes físicos de una simulación plenamente explicativa. Con esto se establece una división

entre la elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico.

Otra característica importante de FluidSIM es su completo concepto didáctico: FluidSIM ayuda a enseñar, aprender y visualizar la neumática.

Los componentes neumáticos son explicados por medio de breves descripciones, imágenes y presentaciones de principios de accionamiento; los ejercicios y vídeos didácticos ayudan a conocer las conexiones más importantes para el uso de componentes neumáticos.

1.4.1. Introducción a la simulación y construcción de circuitos

- Arranque el programa FluidSIM a través del menú de inicio de Programas/Festo Didactic.
- Tras unos segundos aparecerá en su pantalla la superficie de trabajo de FluidSIM, como se indica en la figura 40:

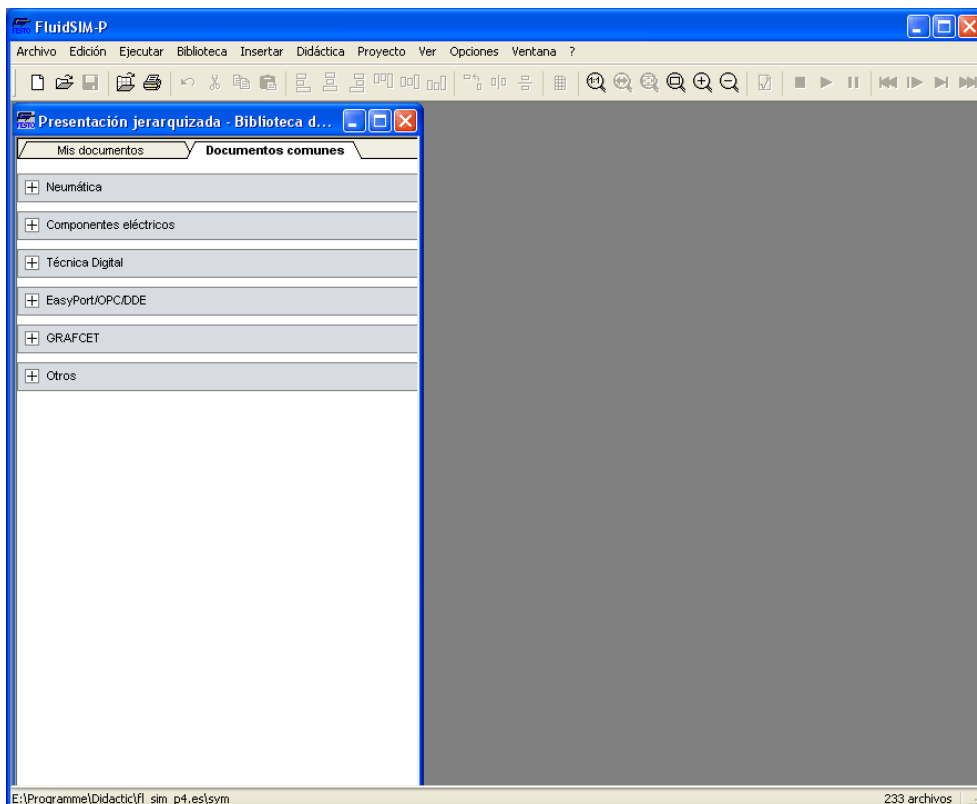


Figura 40. Superficie de trabajo del Software Fluid Sim

En la parte izquierda se encuentra la biblioteca de componentes de FluidSIM. Ésta contiene los componentes neumáticos y eléctricos para proceder al bosquejo de nuevos circuitos. Sobre la barra del menú, en el borde superior de la ventana, usted dispone de todas las funciones necesarias para la simulación y construcción de circuitos.

- Abra una nueva superficie de diseño en la cual puede abrir una nueva ventana con Archivo-Nuevo, aparecerá una ventana como la de la figura 41.

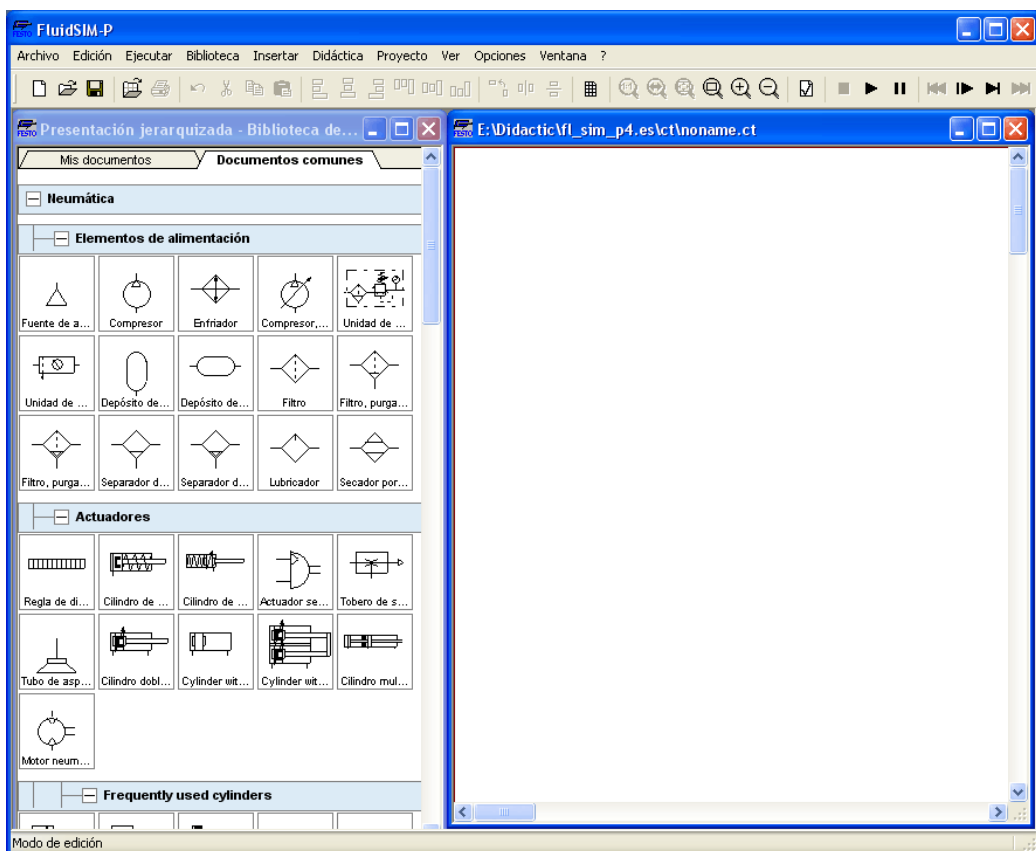


Figura 41. Superficie de diseño

Cada nueva superficie de diseño recibe automáticamente un nombre bajo el cual puede ser guardado el circuito. Ese nombre aparece en la lista de títulos de la nueva ventana.

Para desplegar los componentes de un grupo, puede desplegar el grupo haciendo clic en él. Para verlo mejor, también puede replegar los

elementos y subgrupos no requeridos haciendo clic de nuevo y con ello cerrando la jerarquía. Los grupos de componentes pueden contener a menudo otros subgrupos que también pueden ser listados o cerrados. Para desplegar un grupo incluyendo todos sus sub-grupos, debe mantener presionada la tecla Mayús mientras hace clic. Esto le ahorrará tiempo para desplegar cada subgrupo. También puede utilizar la tecla Mayús para replegar todos los subgrupos de un grupo subordinado.

Se mostrará todo el grupo de componentes neumáticos como se muestra en la figura 42. Utilizando las barras de desplazamiento, puede explorar la biblioteca de componentes de derecha a izquierda o de arriba a abajo.

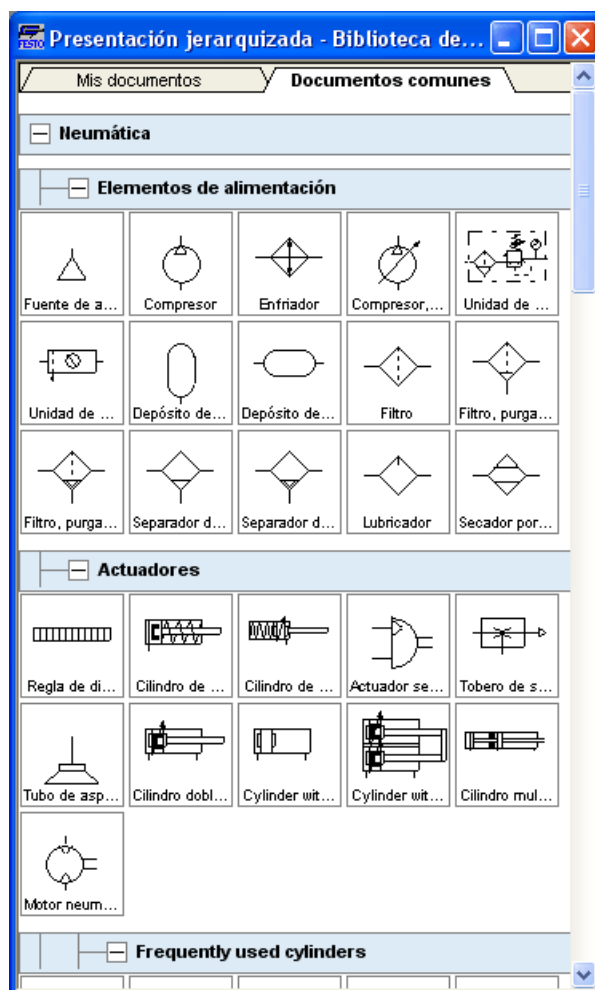




Figura 42. Presentación jerarquizada de la biblioteca de componentes

Los planos de circuito sólo pueden ser diseñados o modificados en el modo de edición. Este modo se reconoce por la flecha del ratón . Con el ratón, y a través de Drag-and-Drop, puede insertar componentes de la biblioteca correspondiente en la superficie de diseño:

- Dirija la flecha del ratón sobre un componente de la biblioteca, p. e. sobre el cilindro.
- Pulse la tecla izquierda del ratón y mueva la flecha del ratón (manteniendo la tecla pulsada).
- El cilindro se selecciona y la flecha del ratón se transforma en una cruz . Esta flecha arrastrará el contorno de los componentes.
- Dirija el señalizador del ratón sobre la superficie de diseño y suéltelo para colocar un cilindro en esa superficie:

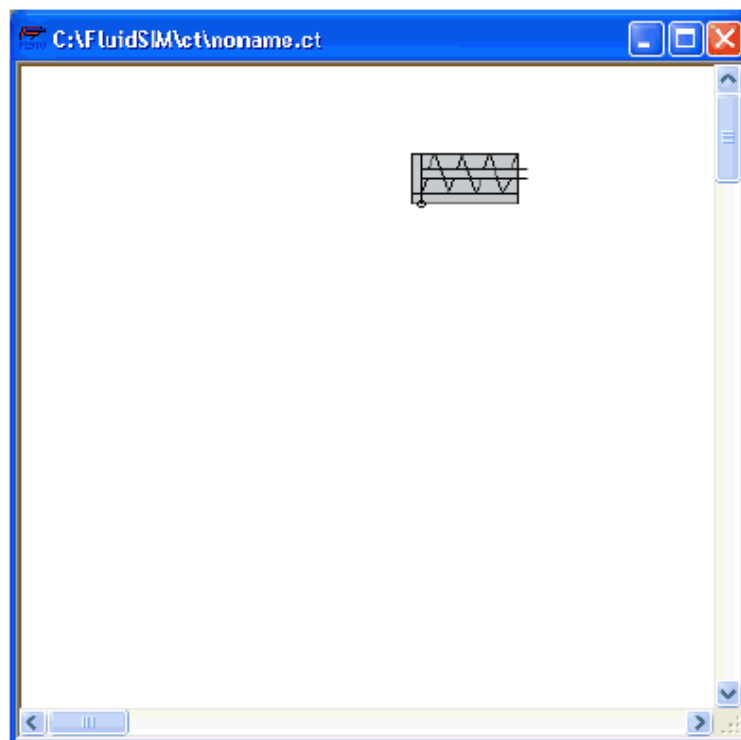


Figura 43. Superficie de trabajo con un cilindro

Así puede usted arrastrar cada componente de su respectiva biblioteca sobre la superficie de diseño y colocarla en la posición que desea. Como se muestra en la figura 43.

- Arrastre además hacia la superficie de diseño una válvula de accionamiento manual 3/n y una fuente de aire comprimido.
- Sitúe los componentes más o menos de la forma siguiente, como se muestra en la figura 44:

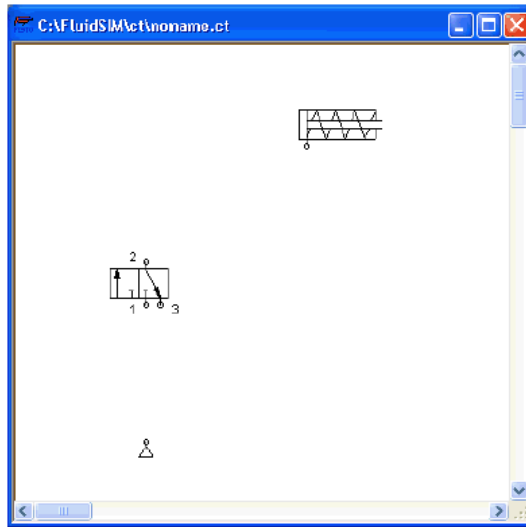


Figura 44. Superficie de trabajo con un cilindro, válvula de accionamiento manual 3/n y una fuente de aire comprimido.

Para determinar el tipo de accionamiento de la válvula, haga doble clic sobre la válvula correspondiente. Se abrirá una ventana de configuración como se muestra en la figura 45:

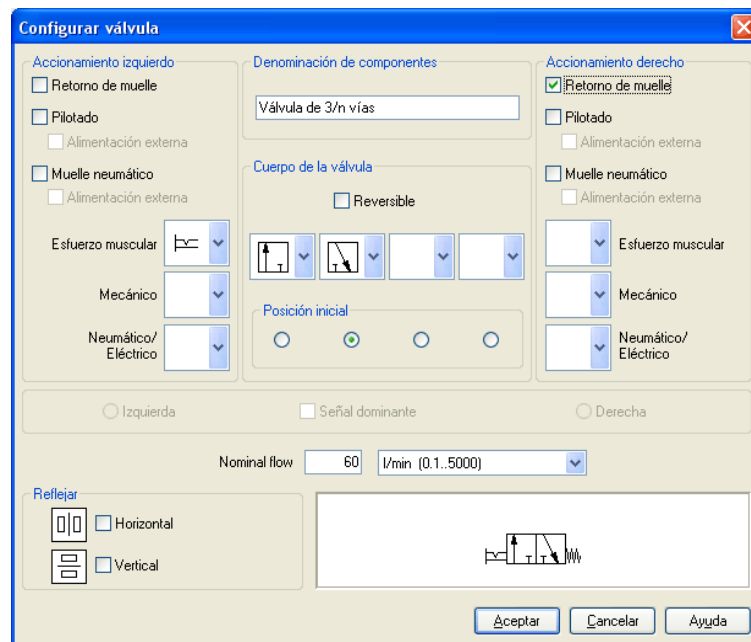


Figura 45. Configurar válvula

Cierre la ventana de diálogo por medio de Aceptar. Dado que la conexión 3 de la válvula sólo es necesaria como salida de aire, proceda a definir en este punto un silenciador. Realizando las conexiones respectivas aparecerá una ventana como se muestra en la figura 46:

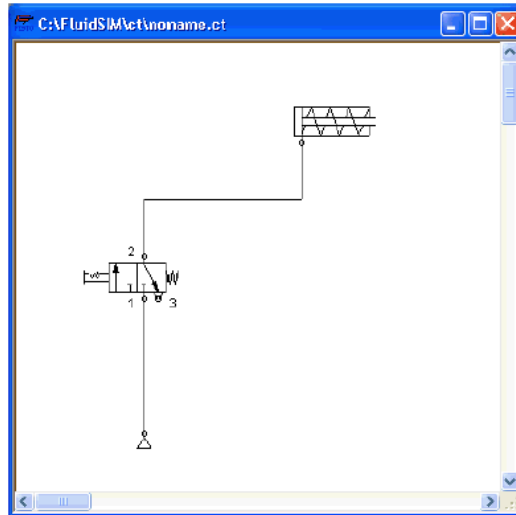




Figura 46. Conexión entre la válvula - cilindro y la fuente de aire.

El circuito está completamente diseñado. Ahora, intente simularlo.

- Inicie la simulación por medio de  ó a través de Ejecutar-Iniciar, ó presionando la tecla F9.
- Dirija la flecha del ratón hacia la válvula y haga clic con el indicador  sobre él. Tras esto, se calcularán todas las presiones y corrientes, los conductos se colorean y el cilindro avanza como se muestra en la figura 47:

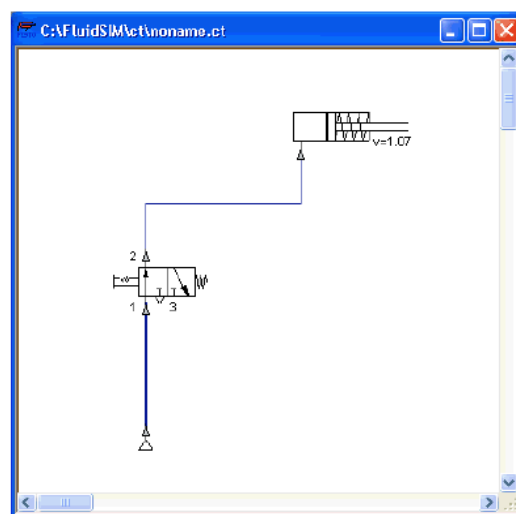



Figura 47. Simulación del circuito neumático.

Una vez que el cilindro haya avanzado, la presión en la tubería de cilindro deberá aumentar obligatoriamente. Este estado será reconocido por Fluid Sim y recalculado; la presión en la fuente de presión aérea asciende hasta la presión de accionamiento acordada.

- Haga clic sobre la válvula para dejar avanzar el cilindro.

A continuación presentaremos la desconexión manual directa de la válvula a través de un movimiento neumático indirecto.

Active, mediante , o mediante Ejecutar Stop, es decir, con F5 el modo de edición.

- Marque y borre el conducto entre el cilindro y la válvula.
- Arrastre otra válvula direccional 3/2 sobre la superficie de dibujo y abra, mediante un doble clic o bien a través de Edición-Propiedades, la ventana de diálogo para la configuración de la válvula.

Construya una válvula neumática (bloqueada en la posición de reposo), cierre la ventana de diálogo, instale de nuevo un silenciador en la conexión 3 y ordene los componentes como se muestra en la figura 48:

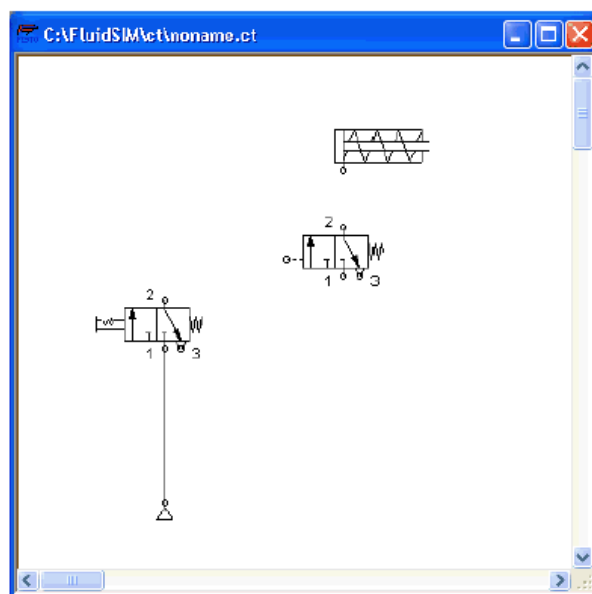


Figura 48. Construcción de un circuito neumático

El circuito debe parecerse al que se muestra en la figura 49:

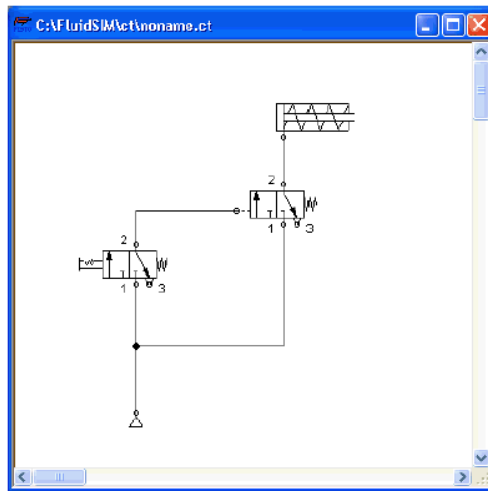


Figura 49. Circuito neumático en conexión.

- Guarde, inicie la simulación luego detenga la simulación y cambie a la opción de modo de trabajo.

Escoja de la biblioteca de componentes el diagrama de estado y dirija éste hacia la ventana del circuito. El diagrama de estado informa de las medidas de estado de los componentes principales y las muestra gráficamente.

- Hallándose en modo de edición, haga doble clic en el diagrama de estado o seleccione la opción de menú Edición- Propiedades; como se indica en la figura 50.

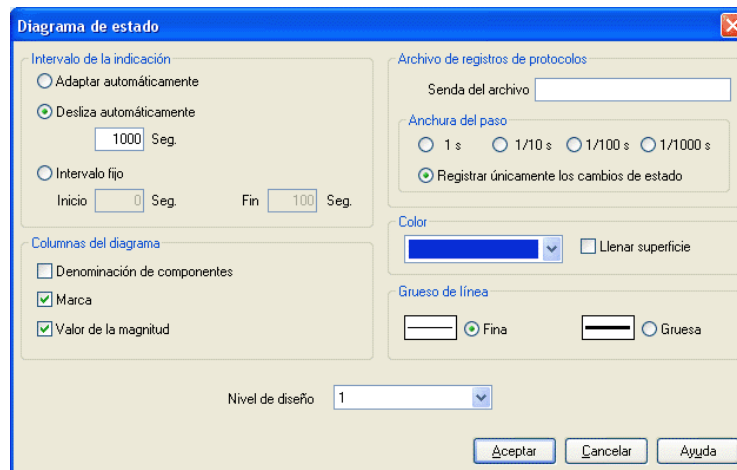


Figura 50. Configuración de diagrama de estado

Descripción de la caja de diálogo:

Intervalo de visualización

Ahí es donde puede introducir el punto inicial y el final del intervalo, definiendo cómo se registrarán las variables de estado. Antes de la simulación, no necesita saber necesariamente cuando se producirán eventos interesantes; el intervalo de visualización también puede cambiarse tras la simulación, ya que FluidSIM registra internamente todos los valores durante toda la simulación.

Si selecciona el campo “ajustar automáticamente”, los límites definidos serán ignorados y el eje de tiempo será escalado de forma tal que todo el período de la simulación puede ser visualizado.

Active el campo “desplazar automáticamente”, si el diagrama es para los últimos n segundos. En este caso, el eje de tiempo será desplazado al lado derecho una vez que el periodo de simulación sobrepase la ventana de tiempo definida.

En el campo de entrada puede definir cuántos segundos deben visualizarse en la correspondiente ventana de tiempo.

Archivo de registro

FluidSIM crea, si se desea, un archivo de protocolo con los valores de las variables de estado. Introduzca además la referencia del archivo en el campo de entradas y seleccione una extensión de los pasos adecuada.

Tenga en cuenta que, en caso de que se cuente con un intervalo muy reducido entre los pasos, aumentará el tamaño de la cantidad de datos.

Si activa el campo “Registrar sólo cambios de estado”, FluidSIM ofrecerá un listado que contenga solamente los valores en caso de que se hayan modificado, como mínimo, en una variable de estado.

Color

Determina el color del diagrama. El color puede introducirse tras haber efectuado un clic sobre la flecha que indica hacia abajo eligiendo a continuación un color en el listado de la derecha.

Rellenar superficie

Determina si se rellena la totalidad de la superficie o únicamente el borde del diagrama.

Grueso de línea

Aquí es donde puede definir si las curvas del diagrama serán gruesas o finas. Las líneas finas son adecuadas para una lectura clara de los valores, mientras que las gruesas son adecuadas para ver las curvas desde una cierta distancia.

Columnas del diagrama

Aquí es donde puede seleccionar las columnas a mostrar en el lado izquierdo del diagrama. Las columnas “Descripción”, “Denominación” y “Valor” puede combinarse a su elección.

Capa

En esta lista podrá determinar la Capa. La capa puede introducirse tras haber efectuado un clic sobre la flecha que indica hacia abajo eligiendo a continuación una capa en el listado de la derecha.

Según la configuración de la capa puede ser que la esquina derecha no se muestre o que no se deje modificar. Para hacer visible el objeto, deberá activar provisionalmente la capa en el menú Ver-Capas.

Arrastre el diagrama de estado hacia una posición libre en el circuito y empuje el cilindro mediante Drag-and-Drop sobre el diagrama. Inicie la simulación y observe el diagrama de espacio/tiempo; como se muestra en la figura 51.

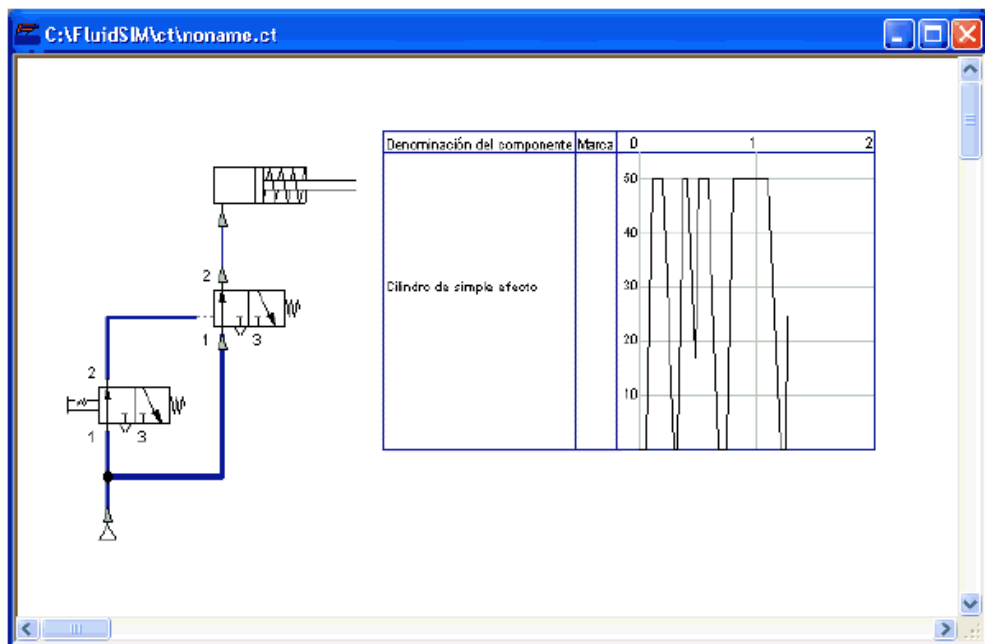


Figura 51. Circuito neumático con diagrama de estado

Podrá utilizar varios diagramas de estado en una ventana e igualmente mostrar varios componentes en el mismo diagrama. A través del arrastre de los componentes sobre el diagrama introducirá los componentes al diagrama de estado.

Un nuevo arrastre sobre el diagrama eliminará nuevamente los componentes de este diagrama. Pueden mostrarse los siguientes componentes, así como sus correspondientes medidas de estado. En la tabla 1 se indica los componentes y medidas de estado.

Componente	Valor/Estado
cilindro	posición, velocidad aceleración, fuerza
válvula de vías	posición
manómetro, acumulador	presión
válvula de cierre y estrangulación	nivel de apertura
bomba, motor	rpm
actuador semigiratorio	posición
válvulas de presión y conmutadoras	estado, presión
válvulas reguladoras de caudal	caudal
caudalímetro	caudal, volumen
válvula de presión o conmutadora	estado
interruptor	estado
relé, electroválvula	estado
piloto indicador, bocina, manómetro	estado
contador	estado, valor de recuento
generador de funciones, voltímetro	tensión
regulador de estado, regulador PID	tensión

Tabla 1. Componentes y medidas de estado.

1.4.2. Simulación avanzada de circuitos

1.4.2.1. Configurar las medidas para el dibujo

En el modo de trabajo se muestra el tamaño de la página mediante un cuadrado rojo. De forma estándar se ofrece el formato “DIN A4 formato alto”. Si desea cambiar esta configuración, seleccione en el sumario Archivo el punto del menú Tamaño del dibujo; como se muestra en la figura 52.

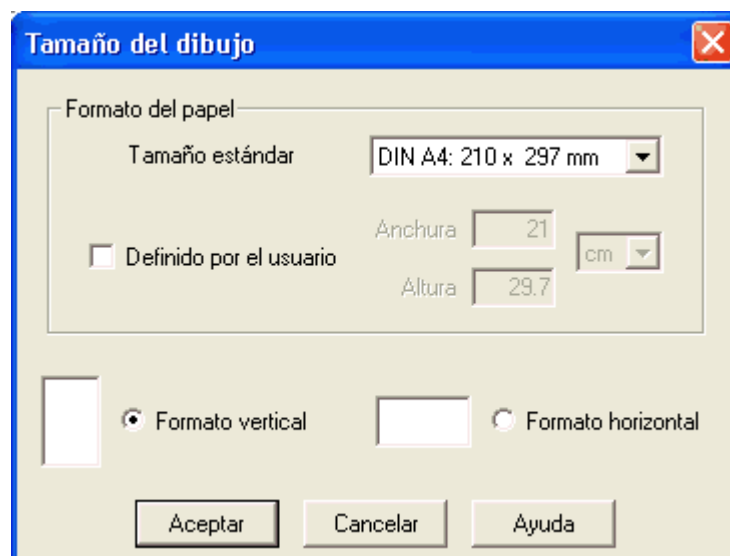


Figura 52. Cuadro de diálogo Tamaño del dibujo

Escoja aquí las medidas requeridas así como la orientación del dibujo. En el caso de que la escala supere las medidas de impresión, podrá repartir el dibujo en varias páginas (mosaico).

Con el fin de mejorar la visualización, podrá introducir en el circuito algunos datos mediante la selección, en el sumario Archivo del punto del menú Propiedades. El texto que haya introducido en el campo Descripción aparecerá en la ventana de visualización bajo la ilustración de miniatura; como se indica en la figura 53.

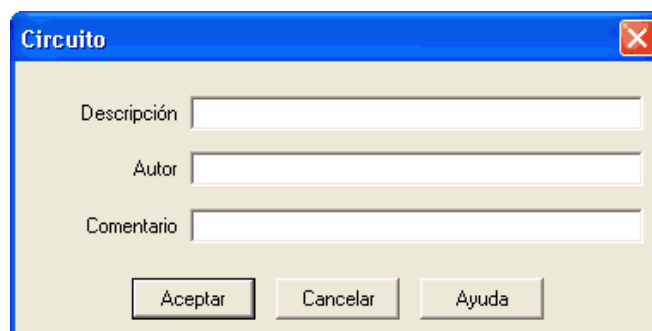



Figura 53. Detalles de circuito

1.4.2.2. Plantilla de cuadrícula

La plantilla de cuadrícula se activa por medio de . Si hace clic en Opciones- Cuadrícula, aparecerá una ventana de diálogo en la cual podrá escoger entre diferentes tipos de cuadrículas y de representaciones, como se muestra en la figura 54.

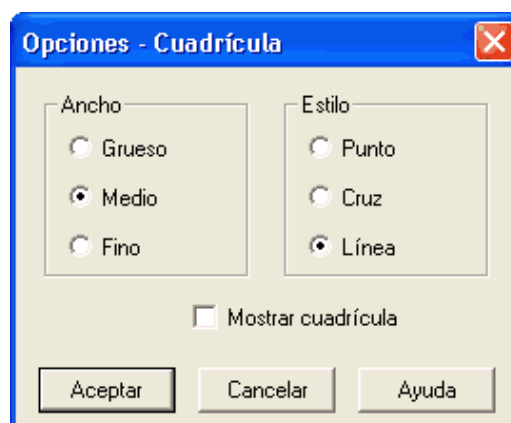


Figura 54. Cuadro de diálogo Opciones-Cuadrícula

1.4.2.3. Diagramas de asignación de terminales

El establecimiento automático de diagramas de asignación de terminales (también denominados bornes) ayuda a clarificar el cableado de interruptores externos, sensores y pilotos fuera del armario de maniobra con los relés e interruptores dentro.

FluidSIM numera de forma automática y adecuada los terminales en la parte eléctrica del circuito en el momento en que coloca el componente “diagrama de asignación de terminales”.

Utilizando Opciones- Diagrama de asignación de terminales, puede preestablecer varias opciones; como lo indica la figura 55:

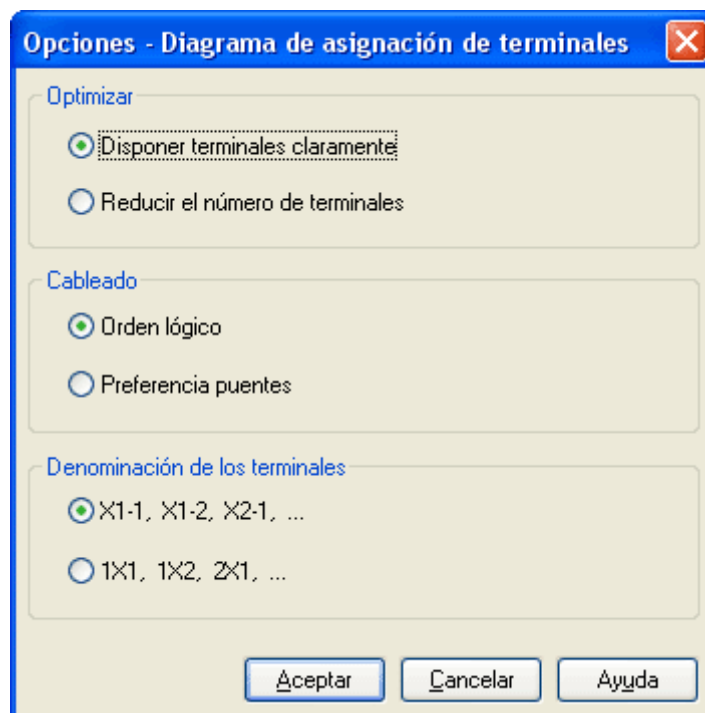


Figura 55. Opciones-Diagrama de asignación de terminales

Optimizar

A fin de optimizar, puede elegir o bien un mejor aspecto o un reducido número de terminales.

Cableado

Se debe seleccionar si FluidSIM realizará rigurosamente el orden lógico al numerar los terminales o, si es posible, dé prioridad a los puentes, incluso aunque esto provoque distorsiones en el orden estricto de la numeración.

1.4.2.4. Denominación de los terminales

Define qué convención regirá en la denominación de los terminales del circuito eléctrico. En el circuito eléctrico, deje un espacio generoso entre los componentes y hacia las líneas de alimentación de tensión, para dar suficiente espacio a las conexiones de terminales insertadas automáticamente así como para que puedan verse sus denominaciones.

FluidSIM inicia una nueva regleta de terminales para cada circuito parcial que no tiene conexión con otros circuitos eléctricos. Estos son numerados mediante "X1", "X2", "X3", etc. Cada lista de asignaciones de terminal puede mostrar o todas las regletas de terminales o una sola. Para ello, abra el diálogo de estado de la lista de asignación de terminales haciendo doble clic en él; como se muestra en la figura 56:

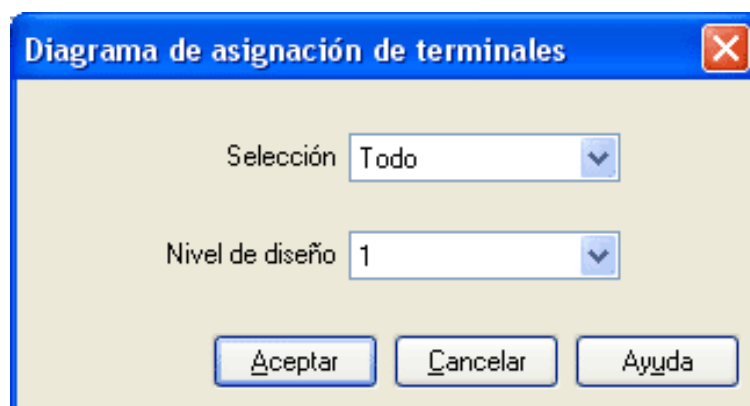


Figura 56. Diagrama de asignación de terminales

Selección

Define para qué circuito parcial eléctrico será indicada la asignación en esta tabla.

Capa

En esta lista de selección puede determinar la capa de dibujo del diagrama. La capa de dibujo puede establecerse haciendo clic en la flecha que apunta hacia abajo en el lado derecho de la lista y eligiendo la capa.

1.4.2.5. Valores medidos

El valor numérico de todas las variables medidas o sólo de las seleccionadas de un circuito, también puede mostrarse en ausencia de un instrumento de medición. Para ello haga clic en el menú Ver sobre Valores para abrir la ventana que muestra los valores medidos; como se muestra en la figura 57:

	Ninguna	Particular	Todo	Tecla
Cilindro				
Velocidad v	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	V
Fuerza F	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	F
Estrangulador				
Grado de abertura [%]	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	D
Conexión neumática				
Presión p	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	P
Caudal q	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	Q
Conexión eléctrica				
Tensión U [V]	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	U
Corriente I [A]	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	I
Conexión digital				
Estado [Lo/Hi]	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	D
<input type="checkbox"/> Mostrar unidades de medida				E

Figura 57. Cuadro de diálogo Ver-Valores

Para cada valor representado (velocidad, presión) puede definirse aquí el tipo de presentación. La visualización de los valores de presión, caudal y fuerza permite la selección de diferentes unidades. Estos ajustes influyen en la visualización de las variables de estado de conexiones, componentes y diagramas de estado. La elección de la inserción de la conexión para la presentación de valores individuales, es posible de la forma siguiente:

- Abra un circuito.
- Haga un doble clic, en el modo de edición, p.e. sobre una conexión de componentes o bien escoja el menú Edición- Propiedades.

A continuación se abrirá una ventana de diálogo con las configuraciones de la conexión. En la entrada “mostrar valores” podrá comprobar qué valores deben mostrarse en la conexión correspondiente, en caso de que la opción “seleccionada” se haya activado en la ventana que muestra el estado del parámetro correspondiente.

Las configuraciones para la presentación de los valores son específicas del circuito, es decir, se refieren únicamente al circuito actual. Con ello pueden configurarse, para distintos circuitos abiertos, diferentes opciones de visualización.

Por medio de un clic en Opciones- Guardar configuración actual pueden guardarse las configuraciones hechas en la presentación de valores del circuito actual; éstas servirán como estándar para todos los circuitos que se abran por primera vez.

1.4.3. Acoplamiento de equipo neumático y eléctrico.

Del mismo modo que pueden insertarse circuitos neumáticos también pueden instalarse circuitos eléctricos. Para ello son igualmente

llevados los componentes de su biblioteca correspondiente sobre la superficie de diseño y allí se ordenan y ensamblan entre ellos.

La figura 58 muestra un pequeño ejemplo:

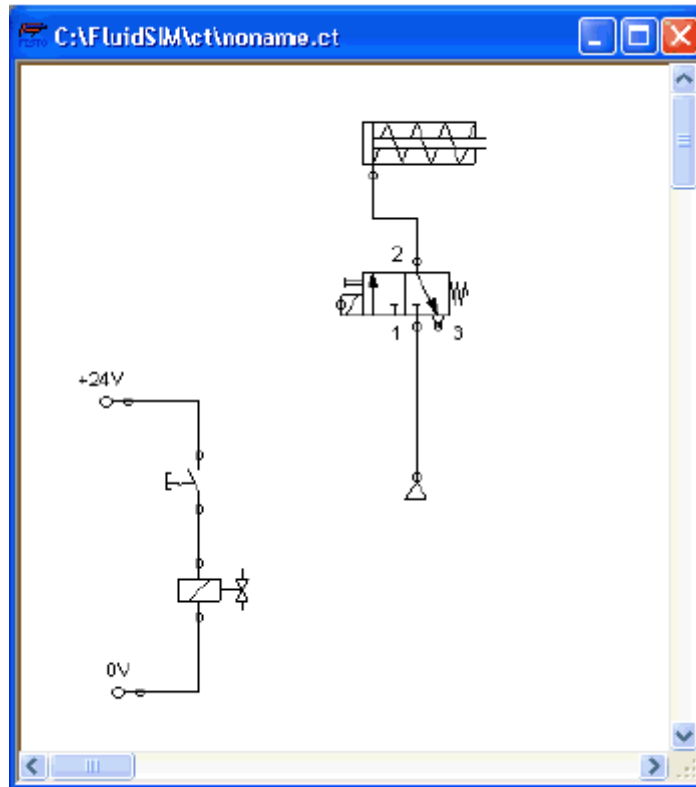


Figura 58. Construcción de un circuito eléctrico.

Estos componentes se acoplan, con la ayuda de las marcas, para que la válvula pueda ser manejada por el solenoide.

- Haga doble clic sobre el solenoide de válvula o seleccione el solenoide y haga clic en Edición - Propiedades

Aparece la ventana siguiente; como se indica en la figura 59:

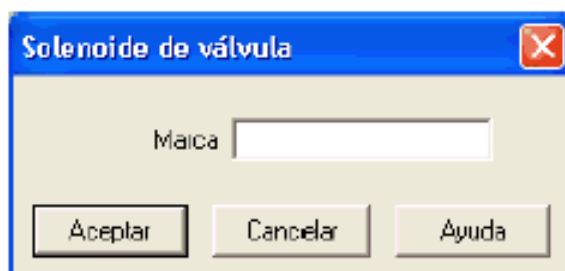


Figura 59. Marca de la Solenoide de válvula.

Descripción de la caja de diálogo:

Marca

Este nombre puede constar de hasta 32 caracteres y tener en su interior una combinación de letras, números y caracteres especiales.

- Introduzca un nombre para esa marca (p.e.Y1).
- Haga doble clic fuera, en el solenoide eléctrico de la válvula, para abrir la ventana correspondiente al nombre de la marca.
- Introduzca aquí el mismo nombre de marca que en el solenoide eléctrico (Y1).

Ahora estará acoplado el solenoide eléctrico con la válvula.

- Inicie la simulación.

Se calculan: el flujo de corriente y la distribución de presión y de flujo. Las presiones resultantes se indican coloreadas; como se indica en la figura 60.

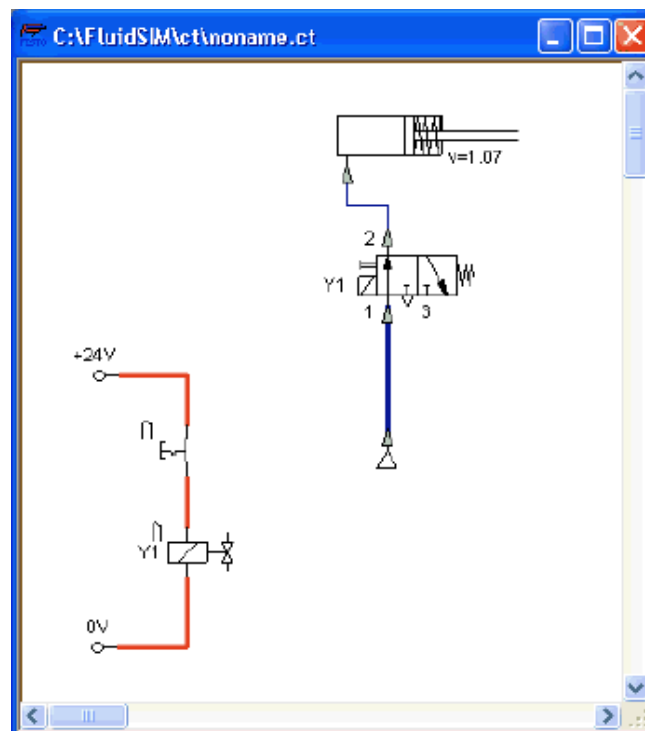


Figura 60. Simulación de un circuito eléctrico y neumático combinado.

Las válvulas eléctricas o neumáticas accionadas sólo se dejan conmutar manualmente si no existe ninguna señal de control.

En muchas ocasiones es deseable encuadrar marcas del mismo modo que la designación de componentes por medio de un cuadrado. Para ello puede seleccionar en el menú Ver la entrada Marcas. Aparecerá la siguiente ventana de diálogo; como se indica en la figura 61:

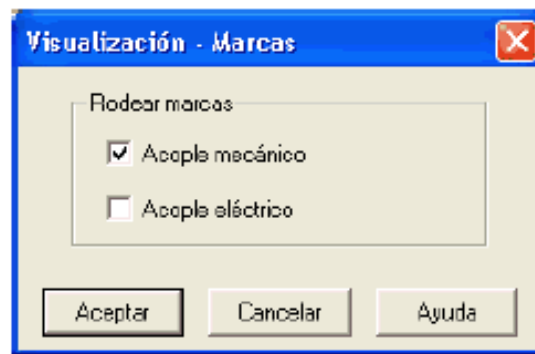


Figura 61. Cuadro de dialogo Visualización-Marcas

Una forma de interconexión particular se presenta en la conexión de un cilindro con un encoder de desplazamiento. Así es como, por ejemplo en combinación con válvulas proporcionales, puede crear sistemas regulados.

- Doble clic en un cilindro.

Se abre una caja de diálogo como se muestra en la figura 62, en la que puede definir las propiedades del cilindro. Asegúrese de tener el registro “Configuración” en primer plano.

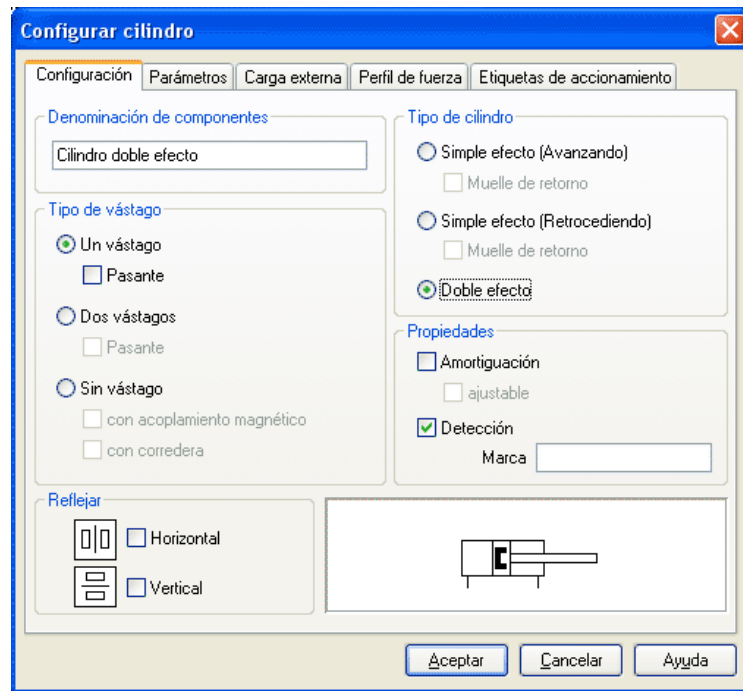


Figura 62. Configurar cilindro

- Active la casilla “Detección” y añada una etiqueta.
- Inserte el encoder de desplazamiento desde la biblioteca de componentes en el circuito y haga un doble clic para abrir el diálogo de propiedades. Introduzca aquí la misma etiqueta que introdujo en el cilindro; como se muestra en la figura 63.

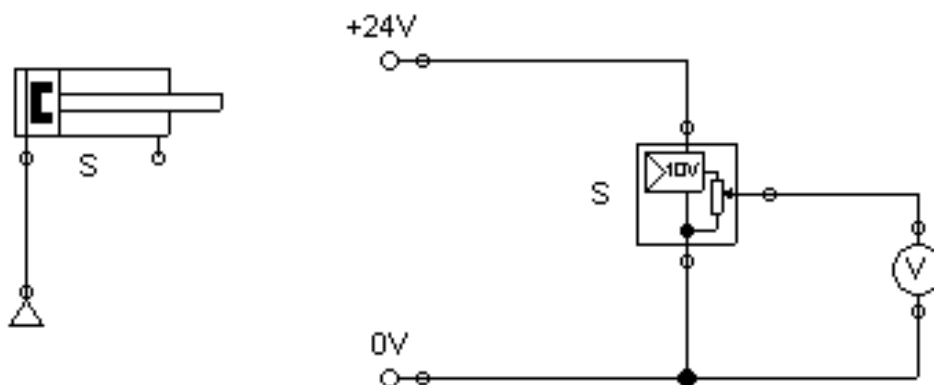



Figura 63. Conexión de un cilindro con encoder de desplazamiento.

La salida del encoder de desplazamiento proporciona una tensión proporcional a la posición del émbolo del cilindro. La tensión se halla en su valor mínimo definido cuando el cilindro está completamente retraído; la tensión se halla en su valor máximo definido cuando el vástago del cilindro está completamente extendido.

1.4.4. Accionamiento de interruptores.

Aquí se describe cómo pueden ser accionados los interruptores: por presión, por medio de un relé o incluso a través de otros interruptores.

El pulsador de límite y el de alimentación pueden ser activados por medio del pistón del cilindro. Para ello es necesario instalar en primer lugar una regla de distancia en el cilindro para la colocación de interruptores:

- Arrastre un cilindro y una regla de distancia  hacia la superficie de diseño.
- Acerque la regla de distancia al cilindro.

La regla de distancia se coloca automáticamente cerca del cilindro en la posición correcta. Desplace el cilindro sólo un poco, así se moverá también la barra. En cambio, si desplaza el cilindro unos centímetros se rompe la conexión entre éste y la regla de distancia. Ésta no se moverá simultáneamente.

La posición correcta de una regla de distancia depende del tipo de cilindro. Estas barras de medida de recorrido pueden abrirse sobre o delante de la caja del cilindro (en los vástagos salientes) o en ambos lugares al mismo tiempo; como se muestra en la figura 64:

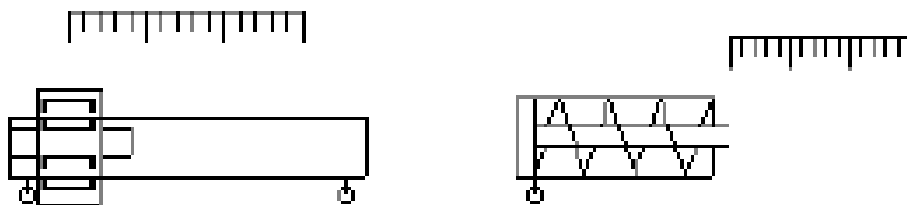


Figura 64. Cilindros con reglas de distancia

- Haga un doble clic sobre la regla de distancia.

Aparece la siguiente ventana; como se muestra en la figura 65:



Figura 65. Cuadro de dialogo Regla de distancia.

- Introduzca en la primera línea Y1 como marca y como posición 35, surgirá al momento, bajo la regla de distancia y en la posición correspondiente, una raya con el nombre de marca correspondiente; a continuación cierre la ventana haciendo clic sobre aceptar; como se muestra en la figura 66:

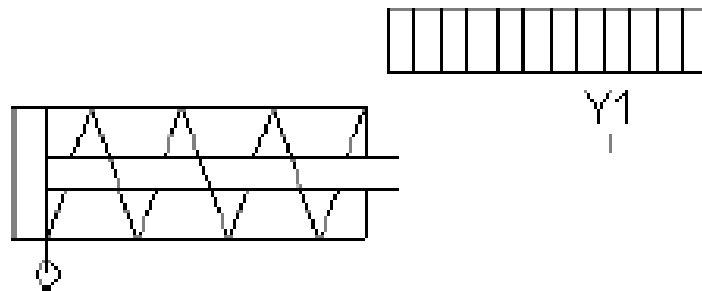


Figura 66. Cilindro y marca del cilindro.

Esto es, este cilindro activa el interruptor o la válvula con la marca Y1, si su vástago ha recorrido 35 mm siempre y cuando se haya introducido en el interruptor de la parte eléctrica del circuito. En la conexión mecánica de la válvula la misma marca.

Para introducir marcas en los interruptores eléctricos, proceda a hacer un clic doble sobre el componente. Las válvulas de accionamiento mecánico cuentan con una conexión prevista para ello.

1.4.5. Reconocimiento automático de interruptores

FluidSIM reconoce los temporizadores, finales de carrera e interruptores de presión por el tipo de construcción y por las etiquetas, e introduce automáticamente el símbolo correspondiente del componente en el circuito eléctrico.

La representación de interruptores que son accionados por cilindros puede determinarse seleccionando el tipo correspondiente de interruptor en el diálogo de propiedades del componente; como se muestra en la figura 67:

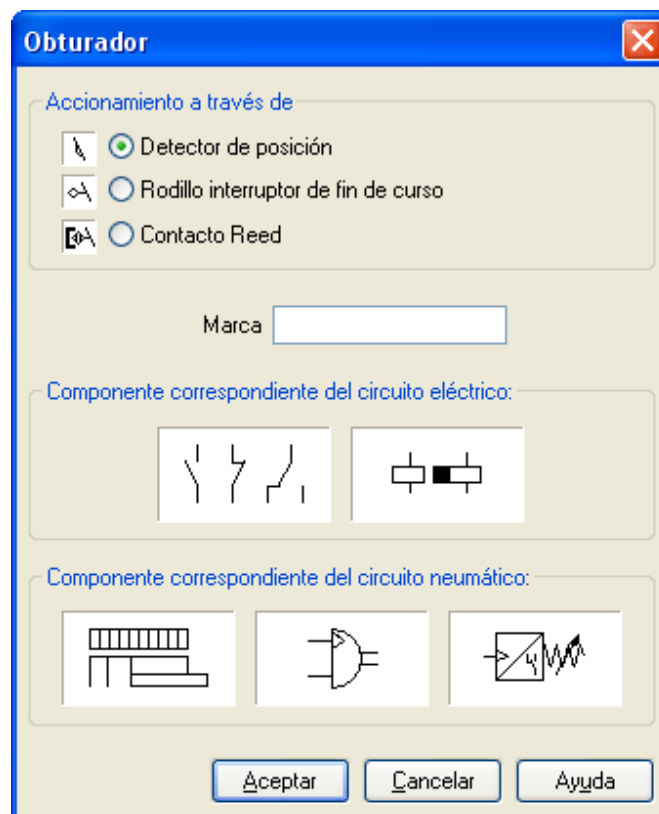


Figura 67. Propiedades del interruptor

Esto significa que en la biblioteca de componentes de FluidSIM no existen símbolos especiales para estos componentes. En lugar de ello, pueden utilizarse símbolos de interruptores simples; como se indica en la figura 68:

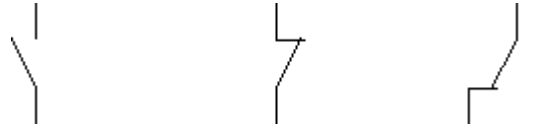



Figura 68. Símbolo de interruptores simples.

1.4.6. Componentes configurables.

Existen componentes cuyos parámetros pueden ser configurados en el modo de edición. Ya se habló de alguno de estos componentes en apartados anteriores. La tabla 2 resume estos componentes:

Componente	Parámetros configurables
Cabeza conmutadora de vacío	Presión nominal
Cilindro	Denominación, fuerza, carrera máxima, posición del pistón
Contador de preselección (eléctrico)	Valor de cómputo
Contador de preselección (neumático)	Valor de cómputo
Fuente de aire comprimido	Presión de servicio
Interruptor de presión diferencial	Presión diferencial
Relé de deceleración	Tiempo de deceleración
Sensor analógico de presión	Presión de conmutación
Unidad de mantenimiento	Presión de servicio
Válvula antirretorno estranguladora	Grado de abertura
Válvula de conmutación a presión	Presión nominal
Válvula de deceleración	Grado de abertura
Válvula reguladora de presión	Presión de servicio
Regla de distancia	Posiciones de los interruptores

Tabla 2. Componentes configurables en modo de edición

La ventana de diálogo para la configuración de estos parámetros se abre a través de un clic en Edición-Propiedades. En el modo de simulación y moviendo el ratón sobre el componente, el puntero del ratón cambia al símbolo de la corredera  si es posible realizar “ajustes en tiempo real” en el componente; como se muestra en la figura 69.

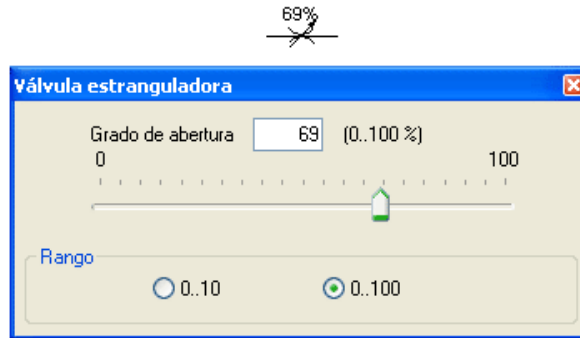


Figura 69. Configuración de válvula estranguladora en modo de simulación

1.4.7. Configuraciones para la simulación.

En el menú Opciones pueden configurarse para la simulación, bajo Simulación y Sonido, parámetros y opciones. Si se hace clic sobre Opciones-Simulación, aparecerá una ventana de diálogo con los parámetros para la simulación, como se muestra en la figura 70:

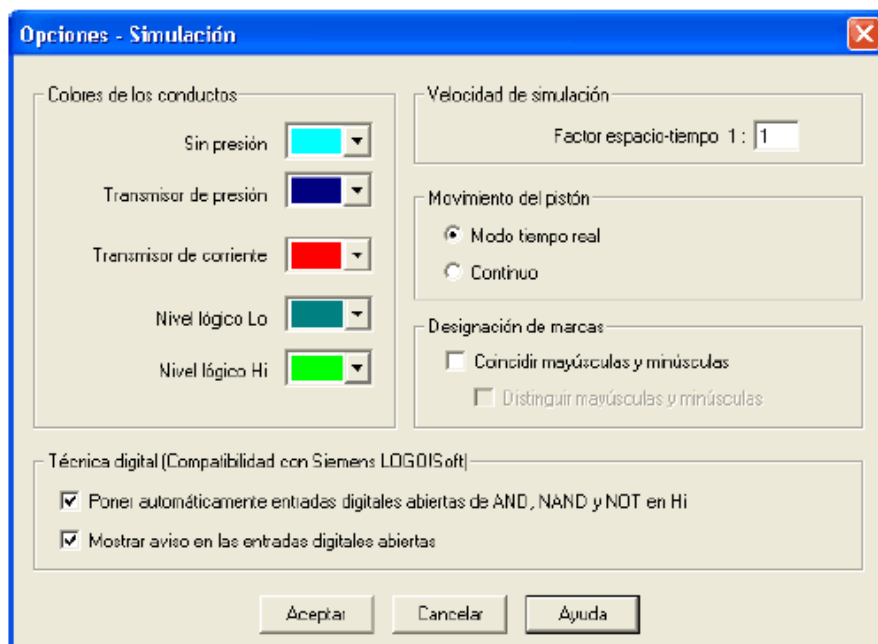


Figura 70. Cuadro de diálogo Opciones-Simulación

Descripción de la caja de diálogo:

Colores del conducto

Durante la simulación, los conductos eléctricos neumáticos se colorean. Se introduce un color por medio de un clic sobre la flecha que indica hacia abajo eligiendo a continuación un color en el listado de la derecha.

Factor espacio-tiempo

El factor de espacio-tiempo define bajo qué condiciones debe correr la simulación más lentamente que en la realidad. Esto significa que para un factor de espacio-tiempo de 1:1, será la simulación tan rápida, o tan lenta, como en la realidad.

Movimiento del pistón

Con la inserción de la configuración Modo tiempo real se pretende que el pistón funcione tan rápido como en la realidad. El factor de extensión de tiempo es aquí tomado en cuenta. Sin embargo, el mantenimiento del tiempo real es sólo posible en ordenadores con capacidad suficiente para ello.

La configuración Fluido utiliza por completo toda la capacidad de que dispone el disco. Aquí la meta será un movimiento sin interrupciones. El movimiento del pistón señalado puede ser tan rápido o tan lento como el real.

Designación de marcas

Por defecto, FluidSIM no diferencia, en las marcas de conexiones mecánicas y eléctricas, mayúsculas de minúsculas. Al introducir el

etiquetado en las ventanas de diálogo se transformarán normalmente de forma automática las letras en mayúsculas.

Mediante la opción Coincidir mayúsculas y minúsculas podrá indicarle a FluidSIM, que mantenga en esas marcas el tipo de escritura escogido por el usuario.

Sin embargo, ambos tipos serán tratados de forma equivalente en la unificación, es decir, a y A serán tomadas p. ej. Como idénticas. Si se activa, aparte, la opción distinguir mayúsculas y minúsculas FluidSIM tratará a y A como marcas diferentes.

Opciones de Sonido

Haciendo clic sobre Opciones-Sonido, aparecerá una ventana con los parámetros de configuración de sonido como lo indica la figura 71:



Figura 71. Cuadro de diálogo Opciones-Sonido

Descripción de la caja de diálogo:

Activar sonido

Puede activarse o desactivarse un sonido para los componentes siguientes: Interruptor, Relé, Válvula e indicador acústico. Si no están instalados el hardware o el software de sonido necesarios, la configuración no tendrá resultado.

1.4.8. Comunicación OPC y DDE con otras aplicaciones.

FluidSIM ofrece la posibilidad de intercambiar datos con otras aplicaciones y de este modo trabajar. La condición para este acoplamiento es que, o bien la otra aplicación posea un interfaz de OPC, o que pueda actuar como DDE cliente.

El acoplamiento tiene lugar por medio de componentes especiales de entrada/salida, los cuales ponen a disposición ocho entradas y salidas.

- Configure en primer lugar en el menú Opciones Contacto OPC/DDE, la opción utilizar OPC.
- Arrastre desde la biblioteca de componentes un componente de entrada o de salida hacia una ventana de circuito.
- Abra la ventana de diálogo con la configuración mediante un doble clic o bien a través del menú Edición Propiedades.

Se abrirá la ventana siguiente como se muestra en la figura 72:

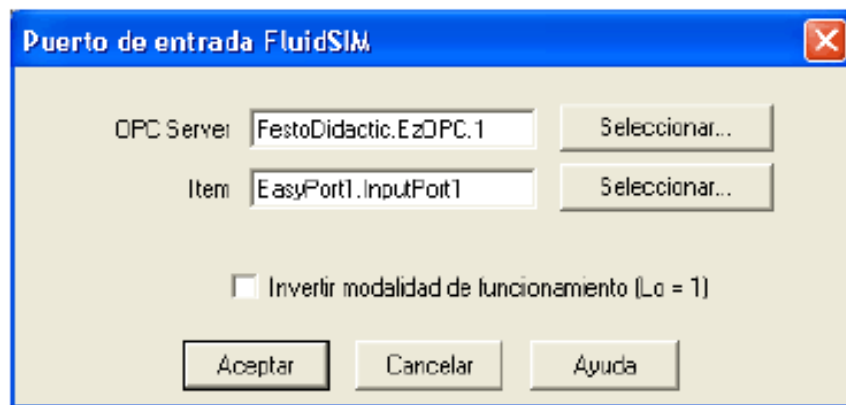


Figura 72. Cuadro de diálogo Puerto de entrada Fluid Sim.

Descripción de la caja de diálogo:

Servidor OPC

Introduzca aquí el servidor de OPC o entre en el campo Seleccionar y escoja uno de la lista.

Palabra de datos (Ítem)

Se debe introducir aquí la palabra de datos o entre en el campo Seleccionar y escoger una de la lista.

Negar señal

Con este interruptor se puede invertir los valores de DDE. De forma estándar supone un flujo de corriente que ha instalado el bit.

- Seleccione en el menú Opciones Contacto OPC/DDE, la opción utilizar DDE.
- Abra de nuevo la ventana de configuración por medio de un doble clic o a través del menú Edición Propiedades. Se abrirá la siguiente ventana de diálogo como se muestra en la figura 73:

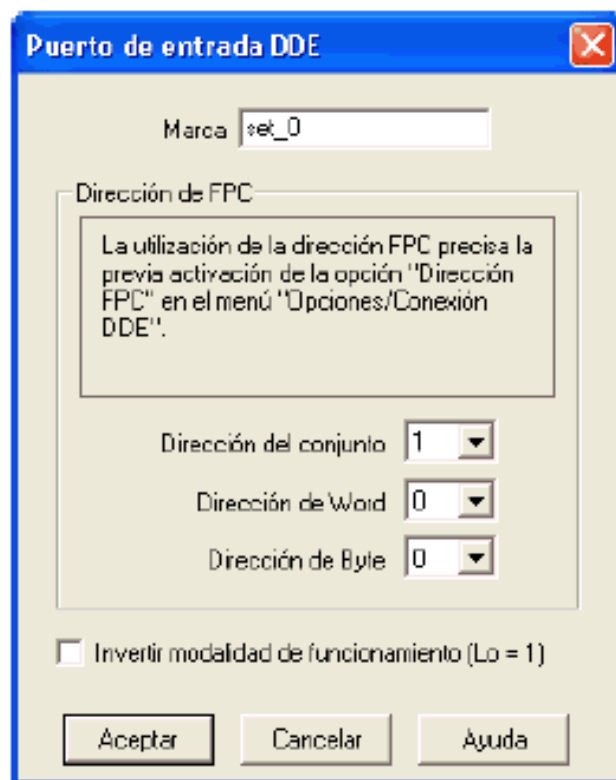


Figura 73. Cuadro de dialogo puerto de entrada DDE.

Descripción de la caja de diálogo:

Marca

Introduzca aquí la marca con la cual el componente DDE u OPC procederá a realizar la acción configurada.

Dirección FPC

Se puede acoplar FluidSIM con otro programa que también apoye la dirección FPC, podrá introducir la dirección de los grupos de construcción, del término y de Byte. Estos valores sólo serán precisos si en la ventana de diálogo de se ha activado la opción Modo FPC.

Inversión de las funciones

Con este interruptor puede invertir los valores lógicos de los componentes DDE. De forma estándar corresponde a un flujo de corriente que tiene el bit correspondiente.

1.4.9. Utilización del hardware Easy Port

FluidSIM puede direccionar un EasyPort que se halle conectado al puerto serie del ordenador. No se requieren otros controladores o herramientas de software para ello. La interconexión se realiza implementando componentes eléctricos especiales de entrada/salida que proporcionan ocho entradas y ocho salidas.

Los componentes son los mismos que los utilizados para la interconexión vía OPC o DDE. El modo de funcionamiento de estos componentes de entrada y salida se define utilizando la opción de menú Opciones- Conexión EasyPort/OPC/DDE.

El hardware EasyPort también puede direccionarse utilizando la comunicación OPC. Así es como pueden direccionarse también módulos EasyPort que no estén conectados localmente (por ejemplo, utilizando una conexión LAN).

Si los módulos EasyPort están conectados localmente al ordenador que realiza la simulación, recomendamos definir una conexión directa.

- Inicialmente, seleccione la opción “conexión EasyPort directa” en el menú Opciones- Conexión EasyPort/OPC/DDE
- Arrastra un componente de entrada o salida desde la biblioteca a la ventana del circuito y abra la caja de diálogo de propiedades haciendo doble clic y accediendo al menú Edición- Propiedades
- Se abrirá la siguiente ventana de diálogo como se muestra en la figura 74:

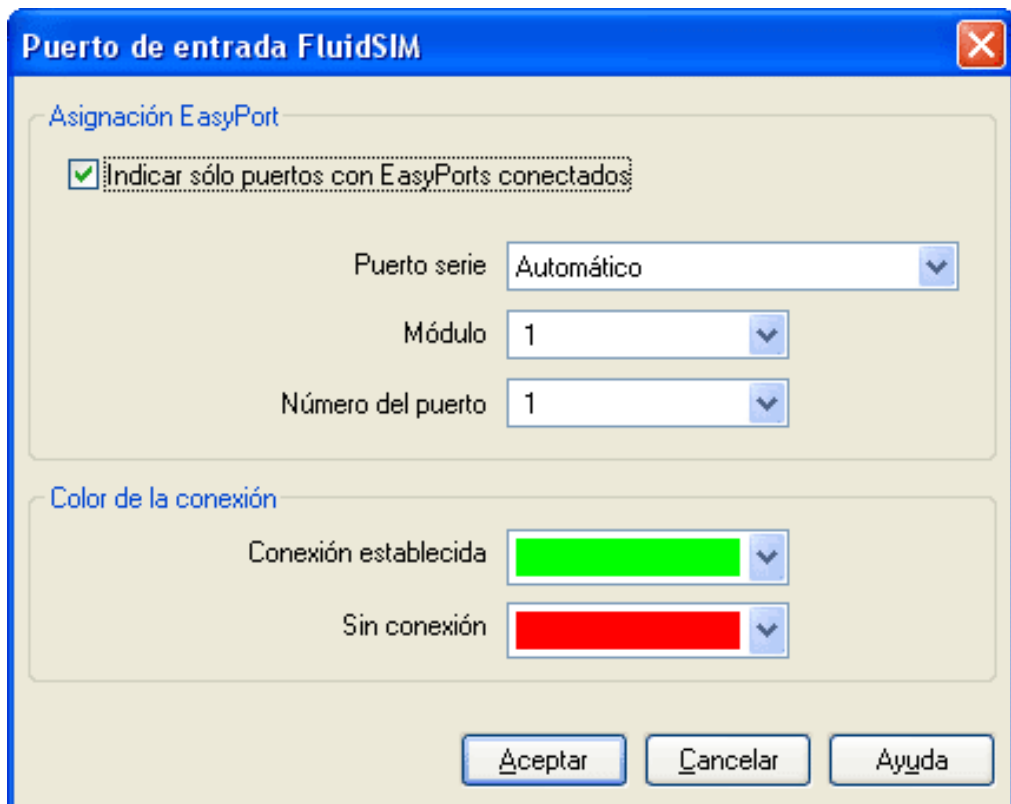


Figura 74. Cuadro de diálogo puerto de entrada FluidSim

Descripción de la caja de diálogo:

Asignación del EasyPort

Aquí es donde puede definir qué puerto serie utiliza el hardware para conectarse con su ordenador, qué módulo EasyPort y qué número de puerto está asignado al módulo de E/S.

Si no conoce exactamente qué número utiliza el interface serie, utilice el ajuste “automáticamente”, FluidSIM buscará EasyPorts en todos los puertos disponibles.

En ejecución estándar, el hardware del EasyPort viene con un interface serie, que ha demostrado funcionar bien durante años tanto en el mundo de los ordenadores como en su uso industrial. Los ordenadores modernos y casi todos los portátiles tienden cada vez más a prescindir de este interface.

No obstante, se puede añadir fácil y econonómicamente un interface serie utilizando un convertidor USB-serie, que le permitirá utilizar el EasyPort.

El propio software del convertidor define un puerto COM virtual, al que se le asigna un número superior al de los interfaces físicos existentes (generalmente COM 5). Este puerto virtual le permite direccionar el hardware como de costumbre.

Color de la conexión

Define el color del indicador de conexión para el componente de E/S cuando el EasyPort está activo o cuando la conexión no está disponible o no funciona. El color puede definirse haciendo clic en la flecha que apunta hacia abajo en el lado derecho de la lista y seleccionando un color.

Si FluidSIM no encuentra el hardware EasyPort al iniciar la simulación, se mostrará un mensaje de advertencia. La simulación aún puede empezar, pero hasta el final o hasta una nueva puesta en marcha de la simulación FluidSIM no intentará detectar de nuevo EasyPort.

Si la conexión falla durante la simulación (por ejemplo, debido a una desconexión involuntaria del cable), la simulación continuará sin interconexión con EasyPort, pero FluidSIM intentará establecer la conexión.

Una vez que el hardware esté de nuevo disponible en el interface definido, la conexión se establecerá de nuevo y la simulación continuará incluyendo la comunicación con el EasyPort.

1.4.10. Configuraciones para la comunicación OPC y DDE.

Al hacer clic sobre Opciones Contacto OPC/DDE, aparecerá una ventana de diálogo con configuraciones para la conexión OPC y DDE como se muestra en la figura 75:

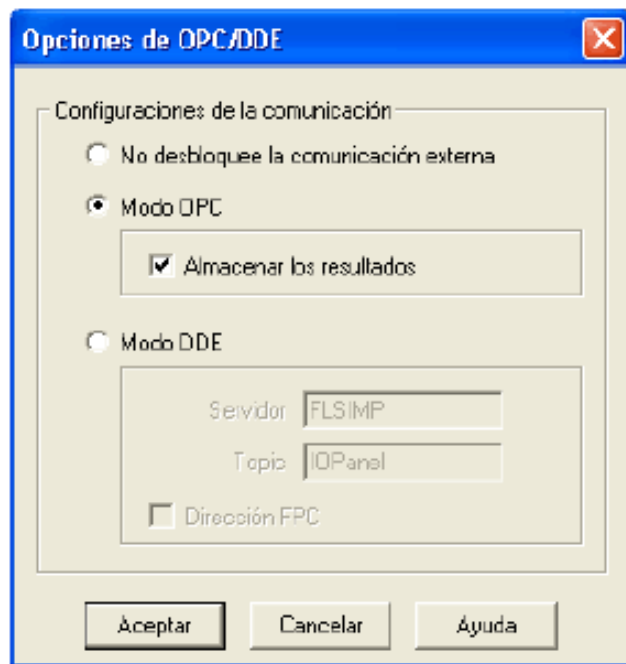


Figura 75. Cuadro de diálogo Opciones de OPC/DDE.

Descripción de la caja de diálogo:

No dejar libre la comunicación exterior

Haga clic sobre este campo si no desea que FluidSIM establezca comunicación con otras aplicaciones. De hallarse seleccionada esta opción, FluidSIM no reacciona ante los intentos de establecer una comunicación de OPC o de DDE.

Utilizar OPC

Seleccione esta opción en caso de que desee acoplar FluidSIM, a través de una conexión de OPC, con otras aplicaciones.

Almacenar resultados

Este campo se selecciona si se desea que FluidSIM almacene en segundo plano todos los cambios de estado y que los vaya elaborando según el orden de llegada. Si esta opción está desactivada, podrán perderse los resultados que van llegando en el momento en que FluidSIM está ocupado.

Utilizar DDE

Seleccione esta opción si desea que FluidSIM se acople a otras aplicaciones por medio de una conexión de DDE.

Servidor

Aquí se introduce el nombre bajo el cual FluidSIM deberá presentarse ante otros programas. Deberá introducir este nombre en el programa con el cual Vd. quiere conectar, como servidor.

Topic

La entrada topic es necesaria para unir un tema común para el intercambio de datos. Se deberá introducir esta denominación como topic en el programa con el cual pretende establecer una conexión.

Direccionamiento de FPC




Haga clic en este campo en caso de que la aplicación con la cual desea acoplar FluidSIM también soporte este tipo de direccionamiento.

1.4.11. Simbología.

Simbología según la norma DIN ISO 1219 para circuitos para componentes y sistemas accionados por fluidos.

Unidades de tratamiento del aire

La Tabla 3 muestra en resumen los símbolos utilizados en las unidades de tratamiento aire.

Símbolo:	Descripción:
	Filtro con purga de agua manual.
	Filtro con purga de agua automática.
	Filtro en general.


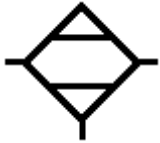









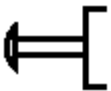
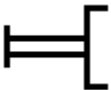
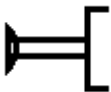
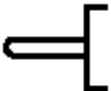

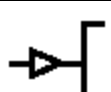
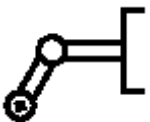
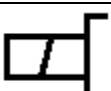
	<p>Refrigerador.</p>
	<p>Secador.</p>
	<p>Lubrificador.</p>
	<p>Unidad de acondicionamiento.</p>
	<p>Compresor.</p>
	<p>Generador de vacío.</p>
	<p>Termómetro.</p>
	<p>Manómetro.</p>
	<p>Silenciador.</p>
	<p>Tanque.</p>

Tabla 3. Símbolos de Unidades de tratamiento de aire

Accionamientos

La Tabla 4 muestra en resumen los símbolos utilizados para accionamientos neumáticos.

Símbolo:	Descripción:
	Enganche con enclavamiento.
	Pulsador de emergencia. Seta.
	Pulsador en general.
	Tirador.
	Accionamiento por leva.
	Accionamiento por rodillo.
	Accionamiento por presión.
	Accionamiento por rodillo.
	Electroválvula.

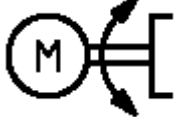
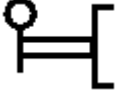




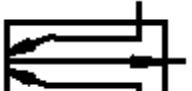
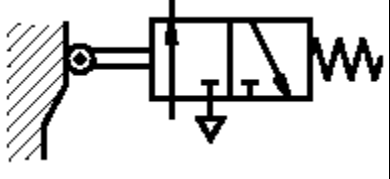
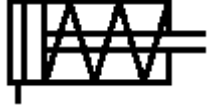
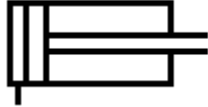
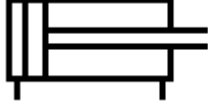




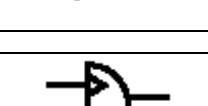
	<p>Accionamiento por Motor eléctrico.</p>
	<p>Accionamiento por Palanca.</p>
	<p>Accionamiento por Pedal</p>
	<p>Retorno por muelle.</p>
	<p>Electroválvula servo-pilotada.</p>
	<p>Electroválvula servo-pilotada gobernable manualmente.</p>
	<p>Detector neumático.</p>
	<p>Final de carrera accionado.</p>

Tabla 4. Símbolos utilizados para accionamientos neumáticos

Cilindros y Actuadores

La Tabla 5 muestra en resumen los símbolos utilizados para cilindros.

Símbolo:	Descripción:
	De simple efecto. Retorno por muelle.
	De simple efecto. Retorno por fuerza externa.
	De doble efecto.
	De doble efecto con amortiguador.
	De doble efecto con doble vástago.
	De simple efecto telescópico.
	Lineal sin vástago.
	Accionador angular.

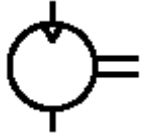
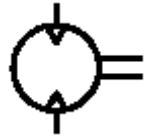

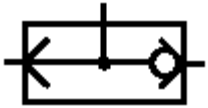
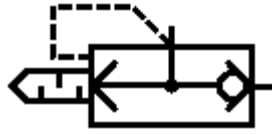


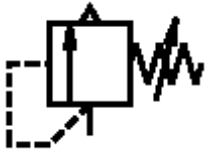

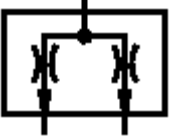


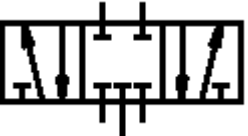
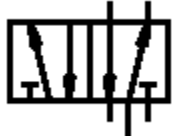

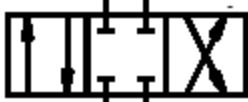
	<p>Motor neumático de un solo sentido de giro.</p>
	<p>Motor neumático de dos sentidos de giro.</p>

Tabla 5. Símbolos utilizados para cilindros y actuadores

Válvulas

Las designaciones para las válvulas distribuidoras siguen la norma ISO 5599-3, Edición 1990. La Tabla 6 muestra en resumen los símbolos utilizados para las válvulas de aire comprimido.

Símbolo:	Descripción:
	<p>Regulador de caudal unidireccional.</p>
	<p>Válvula selectora.</p>
	<p>Escape rápido.</p>
	<p>Anti retorno.</p>
	<p>Anti retorno con resorte.</p>

	<p>Regulador de presión.</p>
	<p>Regulador de presión con escape.</p>
	<p>Bifurcador de caudal.</p>
	<p>Regulador de caudal.</p>
	<p>Regulador constante de cauda.</p>
	<p>Válvula 5/3.</p>
	<p>Válvula 5/2.</p>
	<p>Válvula 4/3.</p>
	<p>Válvula 4/3.</p>

	Válvula 4/2.
	Válvula 3/3.
	Válvula 3/2.
	Válvula 3/2.
	Válvula 2/2.
	Válvula 2/2.

Tabla 6. Símbolos utilizados para válvulas en neumática

Lógica

La Tabla 7 muestra en resumen los símbolos utilizados para la lógica de aire comprimido.

Símbolo:	Descripción:
	Función igualdad.

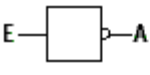
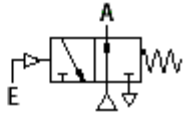

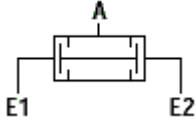
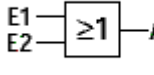
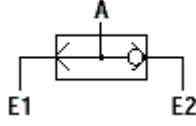
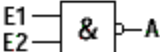
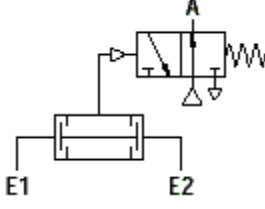
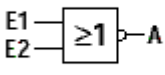
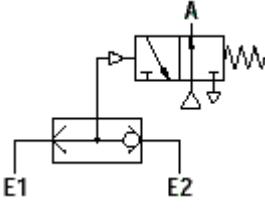
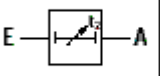
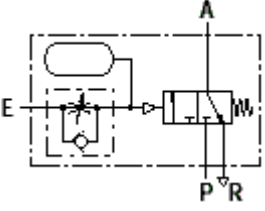

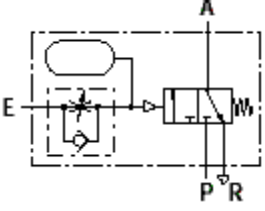
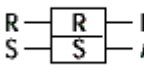
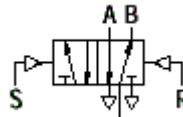
		Función negación.
		Función AND.
		Función OR.
		Función NAND.
		Función NOR.
		Temporizador a la conexión.
		Temporizador a la desconexión.
		Bi-estable. Memoria S-R.

Tabla 7. Símbolos utilizados para la lógica en neumática

CAPÍTULO II

ESTUDIO DEL EQUIPO

2.1. Diagrama de Bloques

2.1.1. Definición

Los diagramas de bloques sirven para indicar en forma resumida algún tipo de proceso, en donde actúan varios elementos que dependen uno del otro con la finalidad que la aplicación sea exitosa. La figura 76 muestra la interface de comunicación en diagrama de bloques.

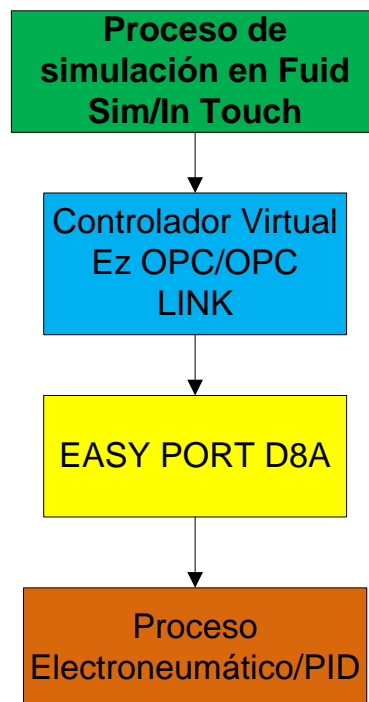


Figura 76. Diagrama de bloques de la Interfaz de Comunicación

2.2. Introducción al equipo Easy Port D8A.

Easy Port D8A, lleva a cabo una transmisión bidireccional de señales del sistema entre un proceso del mando real que usa la tecnología de bajo-voltaje (24 VDC) y un PC.

Para regular la posibilidad de afectar al proceso del PC, sólo eléctricamente las interfaces (opto-acopladores o las fibras ópticas) son usadas para la transmisión de los datos entre los módulos de Easy Port individuales o el PC. La figura 77 muestra el módulo Easy Port D8A.

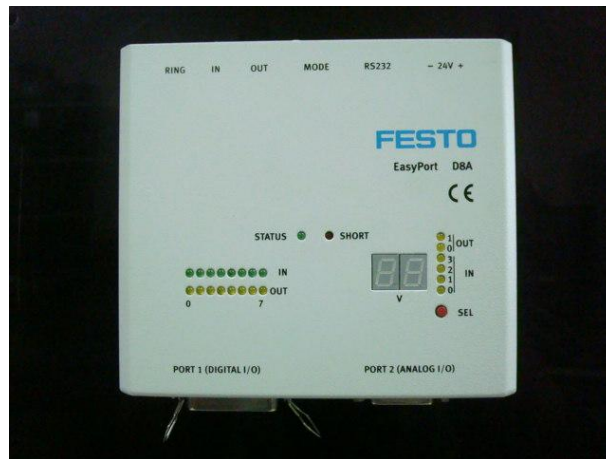


Figura 77. Easy Port D8A

Se puede conectar hasta 8 módulos Easy Port a un anillo de fibra-óptica. No se requiere de direccionamiento ya que el sistema se configura automáticamente. El sistema está diseñado y perfeccionado para estos propósitos, pero también puede usarse fuera de este ambiente.

2.2.1. Datos Técnicos del Módulo Easy Port D8A

A continuación se indica en la tabla 8, los datos técnicos del módulo Easy Port D8A.

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje de operación	24 VDC +/- 10%
Consumo de potencia	3 VA
Salidas	8 digitales 24V/ 2 análogas 0..10V
Carga de las salidas (máx.)	0.3A por salida digital/10mA por salida análoga
Protección contra corto circuito	Si
Entradas	8 digitales 24VDC/ 4 análogas 0..10 VDC
Punto de operación de la entrada digital	12 VDC
Histéresis de la entrada digital	3 VDC
Filtro	10 ms
Interface de comunicación	RS232, eléctricamente aislado y fibra óptica
Longitud de fibra óptica	0.3 m a 5.0 m
Protocolo	ASCII, 19.2 KBd
Grado de protección	IP20
Inmunidad a la interferencia	Clase 4 según DIN/IEC 801/4
Temperatura ambiente permisible operación/almacenamiento	0 a 55 °C / 0 a 70 °C
Dimensiones mm/inch (LxAxH)	162x148x36/7.38x5.83x1.41
Peso en Kg	0.65

Tabla 8. Datos técnicos del Easy Port

2.3. Tipo de comunicación del Easy Port D8A.

2.3.1. Comunicación con fibra óptica

La interfaz de comunicación entre el PC y el módulo Easy Port se realiza por medio de una interfaz RS232 eléctricamente aislada. Los módulos de expansión son enlazados vía fibra óptica. El puerto de fibra óptica exterior blanco siempre debe conectarse al puerto de fibra óptica negro por encima de los módulos Easy Port.

Inserte cuidadosamente el terminal de la fibra óptica en la conexión del socket y rotar el seguro del socket hacia la derecha. Las fibras ópticas individuales pueden estar en el rango de 0.3 a 5.0 metros. Se debe usar una hoja afilada para cortar las fibras ópticas plásticas a la longitud deseada.

2.3.2. Configuración de la interface⁵

La interface de comunicación se selecciona por medio de un interruptor ubicado en la parte posterior del módulo de 3 pines; la tabla 9 muestra la configuración de cada interruptor.

On	Interface activa	Configuración
1	Solamente la interface RS232	Solamente un módulo conectado al PC
2	Interface RS232 y fibra óptica	Primer módulo en anillo (puerto del PC)
3	Solamente fibra óptica	Extensión del módulo en anillo

Tabla 9. Configuración de pines de la interface del Easy Port

Únicamente un interruptor debe ser colocado para encender.

2.3.3. El suministro de poder

El suministro de 24 VDC para el Módulo Easy Port D8A debe proporcionarse externamente o puede alimentarse mediante los puertos o

⁵ Easy Port D8A Manual de Usuario

mediante los 2 terminales de tornillo localizados en la parte posterior del módulo.

2.3.4. Asignación de pines de los terminales

La tabla 10 muestra la asignación de terminales tanto digital como análogo.

CONECTOR IEEE488 TERMINAL-24 PINES		CONECTOR D-SUBMIN TERMINAL-15 PINES	
DIGITAL		ANÁLOGO	
Port 1	Pin	Port 2	Pin
Salida 0	1	Salida 0	1
Salida 1	2	Salida 1	2
Salida 2	3	0 VDC	3
Salida 3	4	sin uso	4
Salida 4	5	sin uso	5
Salida 5	6	0 VDC	6
Salida 6	7	Entrada 1	7
Salida 7	8	Entrada 2	8
Entrada 0	13	sin uso	9
Entrada 1	14	sin uso	10
Entrada 2	15	10 V(+) ref	11
Entrada 3	16	sin uso	12
Entrada 4	17	sin uso	13
Entrada 5	18	Entrada 3	14
Entrada 6	19	Entrada 4	15
Entrada 7	20		
0 VDC	11/12		
	23/24		
24 VDC	9/10		
	21/22		

Tabla 10. Configuración de pines de terminales del Easy Port.

Un terminal de 9 pines cable de extensión serial, disponible comercialmente, puede usarse para la conexión al PC. La tabla 11 muestra la configuración de terminales de la interfaz RS232 para el módulo Easy Port D8A.

INTERFACE RS232	SIGNIFICADO	PIN
Sin uso		1
Recepción de datos	RxD	2
Transmisión de datos	TxD	3
Sin uso		4
Señal de tierra	SGnd	5
Sin uso		6
Sin uso		7
Sin uso		8
Sin uso		9

Tabla 11. Configuración de terminales de la interface RS232

2.3.5. Notas de Seguridad

Los voltajes máximos indicados para el suministro de poder y para las entradas y rendimientos del Easy Port no deben excederse. Bajo ninguna circunstancia los voltajes deben superar los 30 VDC. Sólo deben hacerse las conexiones eléctricas con los dispositivos apagados.

El dispositivo sólo puede usarse en sistemas que devuelven automáticamente a un estado seguro cuando el poder se apaga. Las notas de seguridad para los dispositivos conectados también debe observarse.

2.4. Accesorios del módulo Easy Port D8A.

2.4.1. Terminal digital SysLink

2.4.1.1. Características

Se combinan los terminales para 8 entradas y 8 salidas en una unidad básica. Además, se mantienen los terminales del distribuidor 0 V y 24 VDC para el suministro de sensores y actuadores. La base de la unidad puede sujetarse hacia las barras del riel. El terminal de I/O se conecta por medio de un cable de I/O de 24-pines SysLink. La figura 78 muestra el terminal digital SysLink

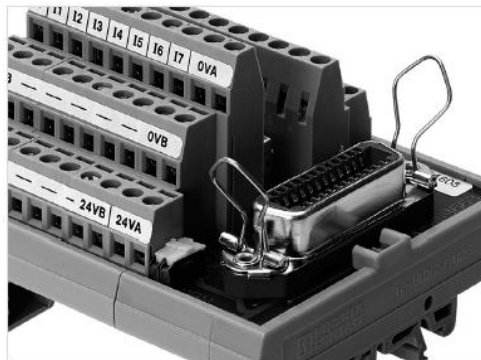


Figura 78. Terminal digital con terminales SysLink

2.4.1.2. Distribución de pines

La distribución de pines del terminal digital SysLink se muestra en la figura 79.

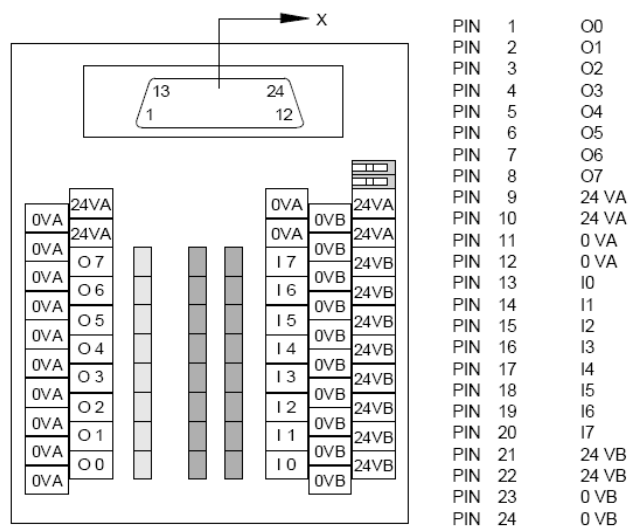


Figura 79. Distribución de pines del terminal digital

Nota

Pueden cambiarse las entradas del terminal de I/O para la conexión de cualquier sensor de conexión positiva (PNP) o conexión negativa (NPN), mediante dos interruptores del dispositivo.

Para realizar la conexión de sensores de conexión positiva (PNP), se debe colocar ambos interruptores del terminal digital en la posición de PNP, tal como se muestra en la figura 80.

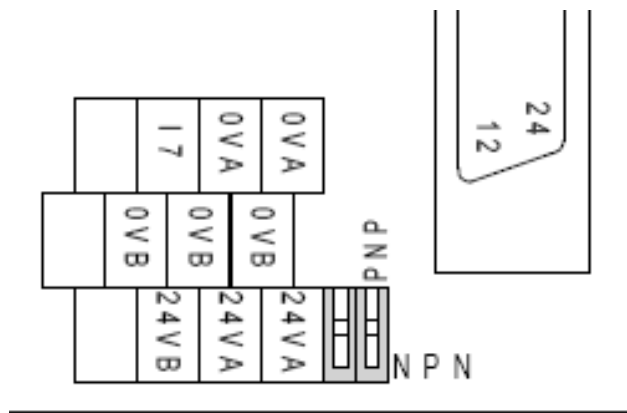


Figura 80. Posiciones del interruptor del dispositivo PNP

Para realizar la conexión de sensores de conexión negativa (NPN), se debe colocar ambos interruptores del terminal digital en la posición de NPN, tal como se muestra en la figura 81.

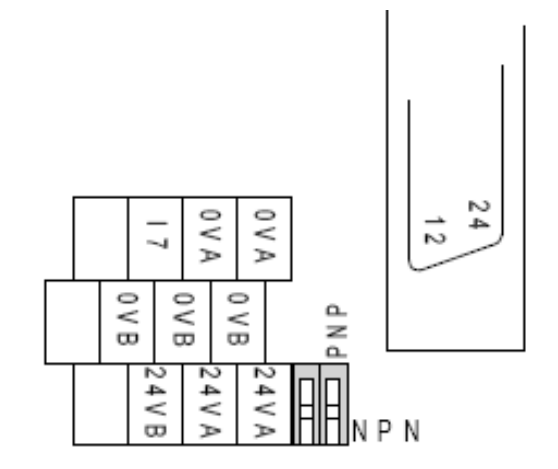


Figura 81. Posiciones del interruptor del dispositivo NPN

2.4.2. Cable I/O digital con conector SysLink (IEEE 488) con clavijas en ambos extremos⁶

2.4.2.1. Características

Cable con 21 hilos de una sección de 0.34 mm². Se encajan 24 conectores de tapón de alfiler a ambos terminales. La figura 82 muestra el cable I/O digital paralelo con conector SysLink.



Figura 82. Cable I/O digital con conector SysLink

2.4.3. Datos técnicos

A continuación se muestra en la tabla 12 los datos técnicos del cable I/O digital:

PARÁMETRO	VALOR
Nº de hilos	21
Sección transversal	0.34 mm ²
Tipo de terminal	24 pines (SysLink)

Tabla 12. Datos técnicos cable I/O digital

⁶ Cable I/O digital con conector SysLink (IEEE 488), Manual de Usuario

2.4.3.1. Colores de hilos y asignación de pines

La figura 83 muestra la asignación de pines y la tabla 13 muestra la asignación de pines y colores del cable I/O digital.

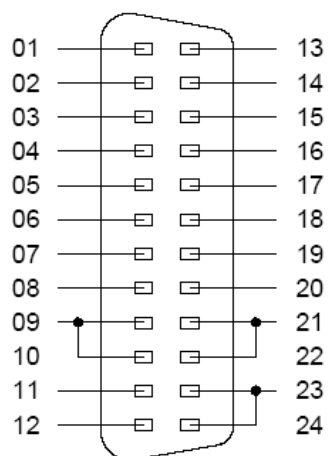


Figura 83. Asignación de pines cable I/O digital

01	Bit 0	Output word	Blanco	13	Bit 0	Input word	gris-rosado
02	Bit 1	Output word	café	14	Bit 1	Input word	rojo-azul
03	Bit 2	Output word	verde	15	Bit 2	Input word	blanco-verde
04	Bit 3	Output word	amarillo	16	Bit 3	Input word	café-verde
05	Bit 4	Output word	gris	17	Bit 4	Input word	blanco-amarillo
06	Bit 5	Output word	rosado	18	Bit 5	Input word	amarillo-café
07	Bit 6	Output word	azul	19	Bit 6	Input word	blanco-gris
08	Bit 7	Output word	rojo	20	Bit 7	Input word	gris-café
09	24 V	Alimentación	negro	21	24 V	Alimentación	blanco-rosado
10				22			
11	0 V	Alimentación	rosado-café	23	0 V	Alimentación	blanco-azul
12	0V	Alimentación	morado	24			

Tabla 13. Asignación de pines y colores de hilos

2.4.4. Cable I/O digital con conector SysLink y terminales abiertos

2.4.4.1. Características

Cable con 21 alambres cada uno de sección de 0.34 mm². Un extremo tiene los hilos sueltos con fundas. Los pines 9 y 10, 21 y 22, 23 y 24 están interconectados en dos grupos. La figura 84 muestra este tipo de cable.



Figura 84. Cable I/O digital de terminales abiertos

2.4.4.2. Datos técnicos

PARÁMETRO	VALOR
Nº de hilos	21
Sección transversal	0.34 mm ²
Tipo de terminal	24 pines (Amphenol)

Tabla 14. Datos técnicos cable I/O terminales abiertos

2.4.4.3. Colores de hilos y asignación de pines

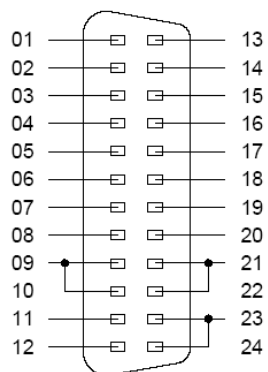


Figura 85. Asignación de pines cable I/O digital

01	Bit 0	Output word	Blanco	13	Bit 0	Input word	gris-rosado
02	Bit 1	Output word	café	14	Bit 1	Input word	rojo-azul
03	Bit 2	Output word	verde	15	Bit 2	Input word	blanco-verde
04	Bit 3	Output word	amarillo	16	Bit 3	Input word	café-verde
05	Bit 4	Output word	gris	17	Bit 4	Input word	blanco-amarillo
06	Bit 5	Output word	rosado	18	Bit 5	Input word	amarillo-café
07	Bit 6	Output word	azul	19	Bit 6	Input word	blanco-gris
08	Bit 7	Output word	rojo	20	Bit 7	Input word	gris-café
09	24 VDC	Alimentación	negro	21	24 VDC	Alimentación	blanco-rosado
10				22			
11	0 VDC	Alimentación	rosado-café	23	0 VDC	Alimentación	blanco-azul
12	0VDC	Alimentación	morado	24			

Tabla 15. Asignación de pines y colores de hilos

2.4.5. Cable hilo de conexión.

Posee 3-pines, con zócalos de seguridad de 4 mm, tiene los extremos enfundados y es ideal para la conexión de la alimentación de cualquier sensor o actuador. La figura 86 muestra este tipo de cable.



Figura 86. Cable hilo de conexión 4mm.

2.4.6. Cable analógico cruzado.

Sirve para la conexión del puerto análogo del módulo Easy Port D8A con el terminal analógico; posee 15 terminales Sub-D cruzados. La figura 87 muestra el cable analógico cruzado.



Figura 87. Cable analógico cruzado

2.4.7. Cable de datos I/O, cruzado, con zócalo terminal SysLink.

Conecta el puerto digital del módulo Easy Port D8A con el terminal digital SysLink de 24 pines y a una unidad de conexión universal. La figura 88 muestra el cable I/O cruzado.



Figura 88. Cable I/O cruzado.

2.4.8. Cable analógico paralelo.

Sirve para la conexión del puerto análogo del módulo Easy Port D8A con el terminal analógico, posee 15 terminales Sub-D paralelos. La figura 89 muestra el cable analógico I/O paralelo.



Figura 89. Cable analógico paralelo.

2.4.9. Terminal analógico

Las señales analógicas se pasan a un terminal analógico especial con un zócalo Sub-D de 15 pines. La figura 90 muestra el terminal analógico Sub-D de 15 pines



Figura 90. Terminal analógico Sub-D 15 pines.

2.5. Tipos de controles de proceso

Despliegues (LEDs parte superior del módulo)

Cortos

Si un cortocircuito se produce en una de las salidas, las luces de corto se enciende y el led rojo empieza a parpadear. Las salidas del Easy Port se apagan entonces.

Este led también se enciende durante el inicio del módulo y apaga de nuevo durante el curso de la prueba del encendido. Antes que los conductores de salida sean activados

Estados

El estado led verde tiene varias condiciones:

- 1 Hz parpadeo: La condición de encendido, el módulo no comunica todavía.
- Pulsando: El módulo es direccionado. La dirección se muestra en los intervalos de dos segundos por el número de veces que el led es apagado.

Entradas 0 a 7

Los estados despliegan de las 8 entradas digitales por LEDs verde.

Salidas de 0 a 7

Los estados despliegan de los 8 salidas digitales por LEDs verde.

Pantalla 7 segmentos

El despliegue del voltaje de entrada/salida de voltaje de la parte analógica en Voltios

Botón de selección

Este botón selecciona el canal analógico desplegado en el 7 segmentos.
Una línea led indica el canal seleccionado de manera normal.

CAPÍTULO III

SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN PC-MÓDULOS OLEONEUMÁTICOS.

3.1. Especificaciones de funciones

3.1.1. Funciones del Easy Port

El Easy Port D8A tiene 8 entradas digitales y 4 entradas analógicas, así como 8 salidas digitales y 2 salidas analógicas. Encendiendo en modo de prueba, el módulo está listo para su funcionamiento y esperando para la instalación en el PC.

La dirección se asigna automáticamente de acuerdo con la situación del módulo en el anillo de conexión. La falla del módulo es detectada por medio de un estado de corto regular y puede ser manejado por el programa con tal de que la transmisión no se interrumpa. La Transferencia de datos hasta y desde un módulo de Easy Port es por medio de comandos direccionados.

3.1.2. Funciones del Terminal SysLink Digital

El terminal de I/O proporciona 8 entradas y 8 salidas en los terminales de tornillo. 24 LEDs están disponibles para el despliegue de estado para indicar el estado de las I/O.

La tabla 16 muestra las funciones del terminal digital SysLink

PARÁMETRO	VALOR
Número de entradas con Led	8
Número de salidas con Led	8
Número de terminales 0 VDC	22
Número de terminales 24 VDC	12
Conector	24 pines, GE series

Tabla 16. Funciones del terminal digital

3.1.3. Funciones del cable I/O digital con conector SysLink

El cable de I/O conecta un terminal de I/O a un gabinete de mando. Pueden transmitirse 16 señales de I/O. Además, el cable puede llevar la alimentación para sensores y actuadores.

3.1.4. Funciones del cable I/O digital con conector SysLink y terminales abiertos

El cable de I/O proporciona una conexión universal entre el módulo Easy Port y un PLC o el hardware de cualquier sensor o actuador. Puede transmitir hasta 16 señales de I/O. Además, el cable puede llevar alimentación para sensores y actuadores (no sobrepasar la carga máxima permisible).

3.1.5. Funciones del cable I/O digital cruzado con conector SysLink

La función de este dispositivo consiste en proporcionar una conexión rápida entre el puerto 1 terminal digital del Easy Port y el terminal digital en el cual se puede conectar cualquier elemento sensor o actuador que maneje una señal de 24 VDC.

3.1.6. Funciones del cable I/O análogo con conector D-Submin

Proporciona una rápida conexión entre el puerto 2 terminal análogo del Easy Port y el terminal análogo en el cual se puede conectar cualquier elemento actuador o sensor que se dirige al proceso que maneje una señal de 0 a 10 VDC.

3.1.7. Funciones del cable I/O análogo cruzado con conector D-Submin

De igual manera que el cable I/O análogo paralelo éste cable proporciona una conexión rápida entre el terminal análogo del proceso y el puerto 2 del Easy Port, las señales de este cable se reciben en forma cruzada.

3.1.8. Funciones del cable hilo de conexión

Proporciona la alimentación de 24 VDC para el Easy Port para una conexión segura.

3.1.9. Funciones del Terminal Análogo.

La función de este terminal consiste en proporcionar una conexión rápida entre el puerto 2 del Easy Port y los cables I/O analógicos. Posee 15 terminales en donde se puede conectar cualquier elemento sensor o actuador que maneje señales de 0 a 10 VDC.

3.2. Selección de dispositivos

Para la implementación de la interfaz de comunicación entre PC-Módulos oleoneumáticos, resumiendo son los siguientes.

- Easy Port D8A
- Terminal SysLink Digital

- Terminal D-Submin Análogo
- Cable I/O digital
- Cable I/O digital cruzado
- Cable I/O digital con terminales abiertos
- Cable I/O análogo
- Cable I/O análogo cruzado
- Cable hilo de conexión.

3.2.1. Selección de dispositivos adicionales.

Para el desarrollo de aplicaciones como: electroneumática, regulación en bucle cerrado, regulación en bucle abierto, control PID se ha seleccionado elementos adicionales que se acogen a las características técnicas de la interfaz y demás componentes neumáticos, eléctricos y electroneumáticos indispensables en el desarrollo de las mismas. Los dispositivos seleccionados se detallan a continuación:

3.2.1.1. Electroválvula de 3/2 vías con led normalmente cerrada⁷

Dispositivo normalizado con conector M8 para conectar las bobinas. El aire comprimido viene por racores QS4; como se muestra en la figura 91. El aire de escape va por los silenciadores. Posee dos electroválvulas abiertas en la posición de reposo. La tabla 17 muestra los datos técnicos de la electroválvula 3/2.

PARÁMETRO	VALOR
Medio	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación
Tensión	24 VDC
Conexión	Clavija de 4 mm y conector de 2 terminales
Margen de presión	2.5 a 8 bares
Conexión	Racores CU-PK-3 para tubo plástico PUN- 4 x 0.75

Tabla 17. Datos técnicos electroválvula de 3/2 vías.

⁷ Electroválvula de 3/2 vías, Manual de usuario



Figura 91. Electroválvula de 3/2 vías normalmente cerrada y símbolo

3.2.1.2. Depósito de reserva de aire

Dispositivo que posee funciones como la generación de presión estática con ayuda de un regulador de caudal, para generar largos retardos de tiempo en combinación con temporizadores, para compensar fluctuaciones de presión, como reserva para caídas bruscas de presión y para la generación de un sistema de control con retardo de primer orden.

Su construcción es un depósito soldado con una capacidad de 400 ml y un margen de presión de 0 a 16 bar; la figura 92 muestra el depósito de aire.



Figura 92. Depósito de reserva de aire y símbolo.

3.2.1.3. Electroválvula 5/3 vías con led centro cerrado

Dispositivo dotado de dos accionamientos manuales y las conexiones eléctricas están protegidos ante polaridad inversa para el led que poseen circuito supresor, la tabla 18 muestra los datos técnicos de la electroválvula 5/3.

PARÁMETRO	VALOR
Medio	Aire comprimido filtrado con o sin lubricación
Ejecución	Válvula de corredera, pilotada, centro cerrado
Margen de presión	3 – 8 bar
Tiempos de conmutación	A 6 bar con: 20 ms, Desconexión: 30ms
Caudal nominal estándar	500 l/min
Conexión	Racores CU-PK-3 para tubo plástico PUN- 4 x 0.75
Tensión	24 VDC
Consumo	1.5 W
Conexión	Clavija de 4 mm y conector de 2 terminales

Tabla 18. Datos técnicos electroválvula 5/3 con led centro cerrado.

La figura 93, muestra la electroválvula 5/3 con led centro cerrado



Figura 93. Electroválvula 5/3 vías con led centro cerrado

3.2.1.4. Electroválvula proporcional de 5/3 vías

Dispositivo cuya principal característica es la regulación electrónica integrada del recorrido de la corredera que permite unas excelentes características estáticas y dinámicas, como refleja su baja histéresis, corto tiempo de conmutación y elevada frecuencia crítica.

La válvula proporcional de 5/3 vías es particularmente adecuada para regular la posición de un cilindro neumático, en caso particular con un regulador de posición nivel superior. La tabla 19 muestra los datos técnicos de la electroválvula proporcional de 5/3 vías.

PARAMETRO	VALOR
Medio	Aire comprimido filtrado, (con o sin lubricación)
Rango de temperatura del medio	+ 5 a 40° C
Conexiones neumáticas	G 1/8
Conexiones eléctricas	Zócalo
Presión de funcionamiento, valor nominal	6 bar
Caudal a la presión nominal, máximo	10 bar
Consumo, corredera en posición media	24 VDC
Consumo, valor máximo	2 W
Valor nominal en posición media neumática	5 VDC
Resistencia de entrada	70 kOhms
Tiempo de accionamiento	5 ms
Histéresis	0.3 %
Linealidad	1.0 %
Frecuencia limite	100 Hz
Tiempo de accionamiento	5 ms
Grado de protección	IP 65
Cable	Cable de 4 hilos, 2 m

Tabla 19. Datos técnicos electroválvula proporcional de 5/3 vías.

La tabla 20 y figura 94 muestra la distribución de pines de la válvula proporcional.

DISTRIBUCIÓN DE PINES ⁸		
Pin	Conexiones	Clavija
1	Alimentación + 24 V	Rojo
2	Alimentación 0 V	Azul
3	Señal de tensión	Negro
4	Tierra de señal	Blanco

Tabla 20. Distribución de pines válvula proporcional

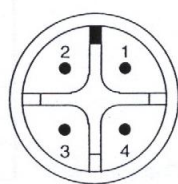


Figura 94. Pines de válvula proporcional

La figura 95 muestra la válvula proporcional de 5/3 vías y su símbolo.



Figura 95. Válvula proporcional de 5/3 vías y símbolo.

La válvula proporcional 5/3 vías de centro cerrado, posee una curva muy característica, en esta curva se observa que la válvula tiene salida de caudal máximo a 0 VDC y un valor mínimo a 4.7 VDC; entre 4.71 y 5.6 VDC la válvula se encuentra cerrada y la válvula tiene salida de caudal desde un valor mínimo de 5.61 VDC a un valor máximo 10 VDC, como se muestra en la figura 96.

⁸ Electroválvula proporcional de 5/3 vías, Manual de usuario

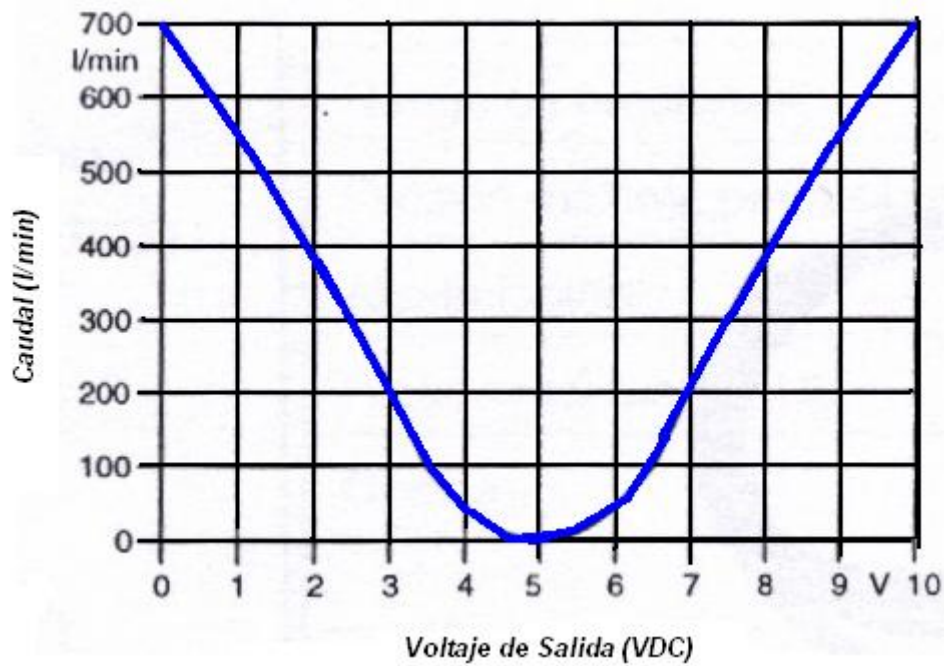


Figura 96. Curva Ganancia de Caudal de una Válvula Proporcional

3.2.1.5. Distribuidor de aire

Dispositivo distribuidor de aire con ocho válvulas de antirretorno de cerrado automático, un distribuidor común (PUN 6x1) permite alimentar el aire comprimido al control a través de ocho conexiones individuales (PUN 4x0.75). La figura 97 muestra el distribuidor de aire y su símbolo.

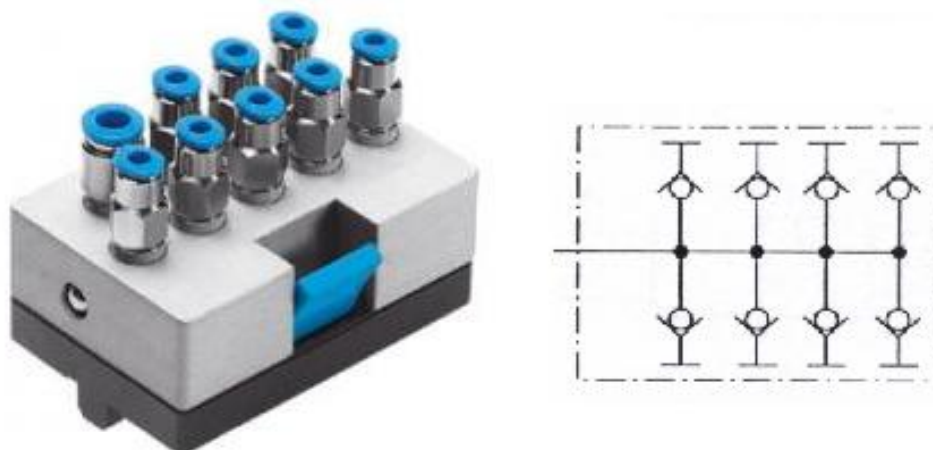


Figura 97. Distribuidor de aire y símbolo

3.2.1.6. Potenciómetro Lineal

Dispositivo encoder de desplazamiento analógico preciso para la determinación de posición. El cual proporciona una señal de salida eléctrica de 0 a 10 VDC.

La tensión que suministra es proporcional a la tensión de la alimentación y a la posición del patín. Su material resistivo consiste en una capa de plástico conductor, que tiene la ventaja sobre los potenciómetros bobinados, de ofrecer una mayor resolución y una duración también mayor. La figura 98 muestra el potenciómetro lineal y su símbolo.

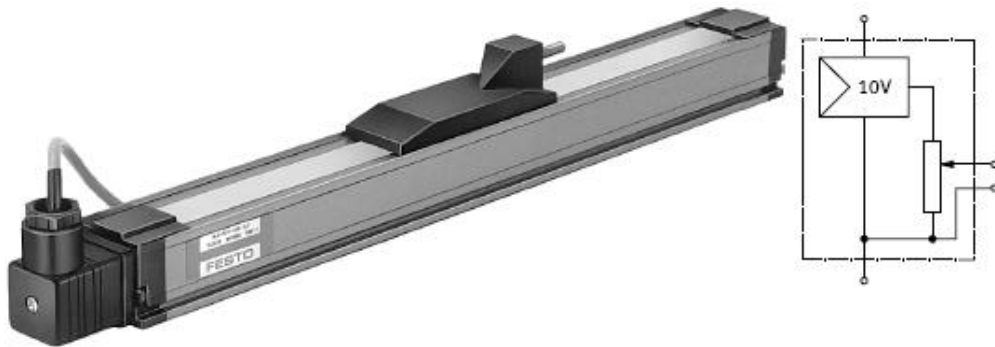


Figura 98. Potenciómetro Lineal y símbolo

Asignación de pines

A continuación se muestra en la figura 99 y la tabla 21, la asignación de terminales del potenciómetro lineal.

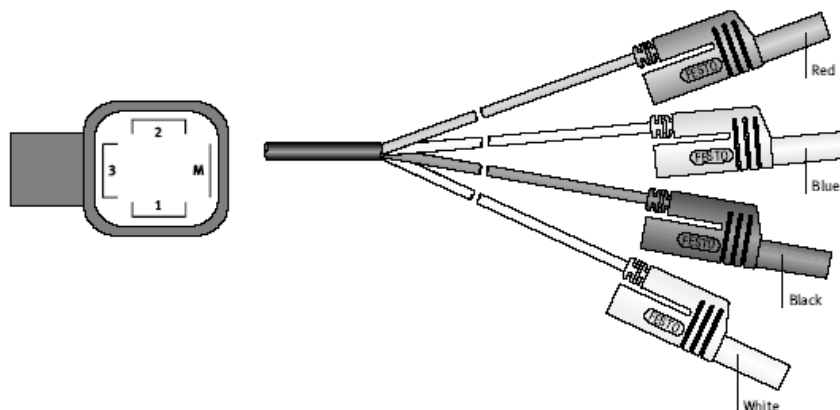


Figura 99. Asignación de pines del potenciómetro lineal

PARAMETRO	VALOR
1-ROJO	Suministro de voltaje 13-30 VDC
2-AZUL	Suministro de voltaje 0 VDC
3-NEGRO	Señal + (0-10 VDC)
4-BLANCO	Señal -

Tabla 21. Asignación de pines de potenciómetro lineal

Datos Técnicos

La tabla 22 muestra los datos técnicos del potenciómetro lineal.

PARAMETRO	VALOR
Tensión de funcionamiento admisible	13 a 30 VDC
Resistencia del potenciómetro	5 k Ω
Recorrido de trabajo eléctrico efectivo	304 mm
Tensión de salida	0 a 10 VDC
Temperatura ambiente de funcionamiento	- 30 a + 70° C
Error máximo de linealidad	+/- 0.07 %
Resolución	<= 0.01 mm
Protegido contra polaridad inversa	Si
Resistencia de aislamiento	< 100 M Ω a 500 V, 0, 1 bar
Rigidez dieléctrica	500 V a 50 Hz, 1 min, 1 bar
Velocidad de ajuste	<= 10 m/s
Aceleración durante el ajuste	<= 200 m/s ²
Fuerza de accionamiento horizontal	< 1 N
Nº máximo de accionamientos	10 ⁸
Material (caja)	Aluminio
Peso	720 g
Cable	4 hilos, 2m
Conexión	Cable con clavijas

Tabla 22. Datos técnicos potenciómetro lineal

3.2.1.7. Unidad de entrada y salidas eléctricas

La unidad tiene una tecla luminosa de contacto con retención del estado de conmutación y dos teclas luminosas de contactos sin retención del estado de conmutación y dos barras colectoras para alimentación de tensión. Todos los conectores son de seguridad, de 4 mm. La unidad se monta sobre un bastidor o en el panel de prácticas perfilado mediante cuatro adaptadores enchufables. La figura 100 muestra la unidad de entrada y salidas eléctricas.



Figura 100. Unidad de entrada y salidas eléctricas.

3.2.1.8. Regulador PID

El regulador PID puede usarse, entre otras cosas, como controlador en bucle cerrado de circuitos de mando neumáticos e hidráulicos; la figura 101 muestra el Regulador PID y su símbolo



Figura 101. Regulador PID y símbolo

El regulador PID tiene las siguientes funciones:

- Suministro de Poder
- Entradas diferenciales
- Comparador
- Componentes controladores: El componente proporcional, componente Integral y componente diferencial
- Corrección de Offset
- Punto de Suma
- Limitador
- Salidas

La figura 102 muestra la representación en diagrama de circuito de las entradas y salidas del regulador PID.

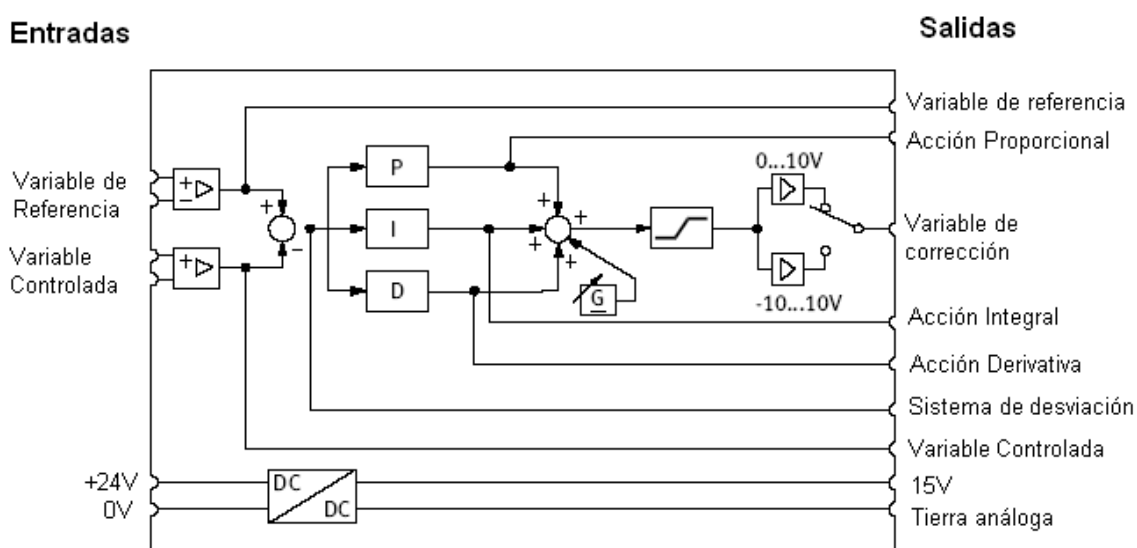


Figura 102. Representación en diagrama de circuito

Características Técnicas⁹

Suministro Eléctrico

El controlador PID requiere una alimentación de 24 VDC. Este voltaje es convertido internamente a +/- 15 VDC y alimentado a un

⁹ Regulador PID, Manual de usuario.

controlador electrónico. Los voltajes son eléctricamente aislados con respecto a otros, la tarjeta del controlador tiene dos referencias a cero, (Tierra análoga y la tierra de alimentación).

Nota:

La tierra analógica y la tierra de la alimentación nunca deben unirse, esto produce interferencias en las señales. Los 15 VDC deben utilizarse junto con la tierra analógica como alimentación de los sensores para asegurar que las señales de ruido se mantengan a valores mínimos.

Entradas Diferenciales

En cada caso, el regulador PID está provisto de una entrada diferencial para las señales del punto de consigna y del valor real. La señal diferencial puede medirse con referencia a la tierra analógica. Las entradas diferenciales están montadas con filtros pasa-bajos para referencias. La sobremodulación por debajo de -10 VDC y/o por encima de + 10 VDC se indica por LEDS.

Comparador

El comparador se conecta en serie con las señales de entrada y calcula la desviación del sistema entre el punto de consigna y el valor real.

Componentes del regulador

Los tres componentes del regulador (P, I y D) pueden conectarse y desconectarse separadamente, permitiendo utilizar diferentes combinaciones. Los parámetros individuales del regulador se ajustan con la ayuda de potenciómetros.

Offset de la variable de corrección

El offset de la variable de corrección puede utilizarse para sobreponer tensiones constantes en la señal de salida, por ejemplo, para compensar el desplazamiento del punto cero de los actuadores.

Limitador de la variable de corrección

El limitador de la variable de corrección convierte las señales del regulador al rango de trabajo requerido por los actuadores. Cualquier sobremodulación de la señal de salida se indica por un LED.

Salida y Terminal de prueba

La variable de corrección puede evaluarse con referencia a la tierra analógica de la salida.

Varios terminales de prueba permiten medir los voltajes señalados con la tierra análoga.

Claves de Conexiones

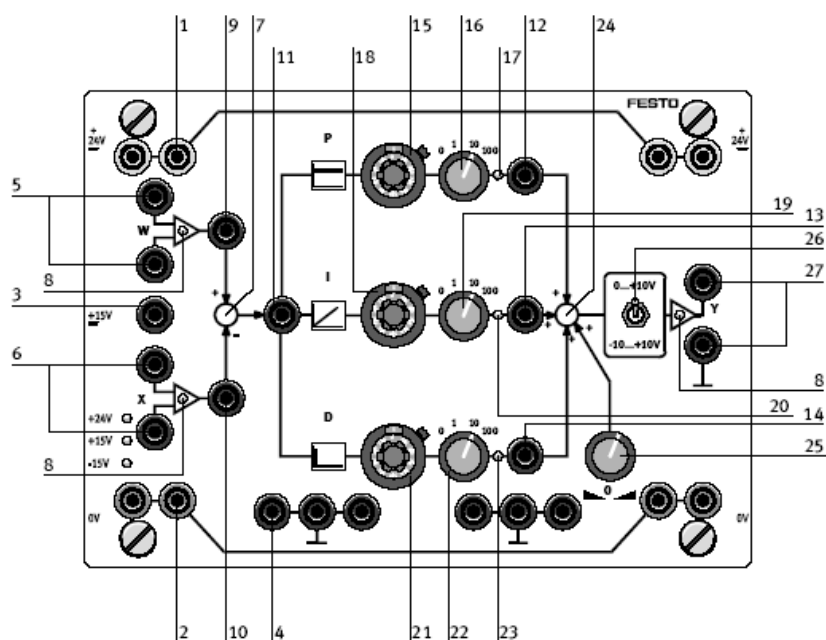


Figura 103. Asignación de pines del regulador PID.

PIN	VALOR
1	Alimentación: + 24 VDC
2	Tierra de la alimentación: 0 VDC
3	Alimentación del sensor: + 15 VDC
4	Tierra del sensor o tierra analógica
5	Entrada de punto de consigna diferencial
6	Entrada del valor real diferencial
7	Comparador
8	Indicador de sobremodulación
9	Zócalo de test: Punto de consigna
10	Zócalo de test: Valor real
11	Zócalo de test: Desviación del sistema
12	Zócalo de test: Ganancia proporcional
13	Zócalo de test: Ganancia integral
14	Zócalo de test: Ganancia diferencial
15	Potenciómetro rotativo: Componente P
16	Interruptor rotativo: Componente P
17	Indicador de conectado: Componente P
18	Potenciómetro rotativo: Componente I
19	Interruptor rotativo: Componente I
20	Indicador de conectado: Componente I
21	Potenciómetro rotativo: Componente D
22	Interruptor rotativo: Componente D
23	Indicador de conectado: Componente D
24	Punto sumador
25	Potenciómetro rotativo para el offset de la variable de corrección.
26	Interruptor selector de rango
27	Salida de la variable de corrección

Tabla 23. Asignación de pines del regulador PID

Configurando los coeficientes

Los coeficientes K_P , K_I y K_D del controlador son los productos de los valores colocados en el potenciómetro rotatorio y el switch rotatorio.

La figura 104 muestra el Switch rotatorio para la configuración de los valores de K_p , K_i y K_d .

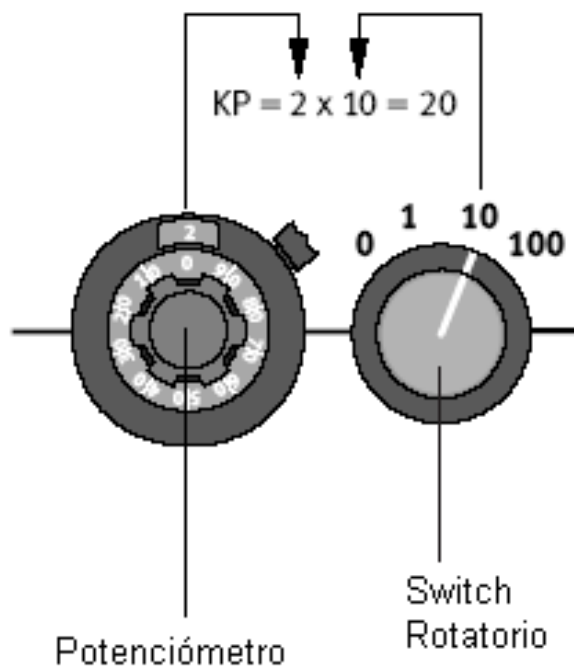


Figura 104. Configuración de los coeficientes KD, KI, KD.

Datos Técnicos

La tabla 24 muestra los datos técnicos del Regulador PID.

PARÁMETRO	VALOR
Alimentación	+ 24 V +/- 10 %
Indicador de sobremodulación	-10 VDC > Ue > + 10 VDC
Margen de tensión de entrada	- 13 VDC.....+ 13 VDC
Coefficiente Proporcional KP	0...1000
Coefficiente Integral KI	0...1000 1/s
Coefficiente Diferencial KD	0...1000 ms
Limitación de tensión de salida	[0..+10 VDC] [- 10..+10 VDC]
Offset de la variable de corrección	5 VDC +/- 3.5 VDC con [0..+10 VDC] 0 VDC +/- 7 VDC con [- 10..+10 VDC]

Tabla 24. Datos Técnicos del Regulador PID.

3.2.1.9. Actuador lineal sin vástago

Es un dispositivo usado para la detección de posición, con unión rígida entre el émbolo y la corredera, y amortiguación regulable en los finales de recorrido.

El imán permanente montado en el émbolo permite la detección de la posición por medio de un sensor adecuado. Esto permite detectar las posiciones finales e intermedias. La figura 105 muestra el actuador lineal sin vástago y su símbolo.



Figura 105. Actuador lineal y símbolo.

Datos técnicos

Los datos técnicos del actuador lineal se muestran en la tabla 25.

Tipo de amortiguación: Neumática, ajustable
Longitud de la amortiguación: 18 mm
Protección anti-giro: por guía
Carrera: 450 mm
Longitud total: 650 mm
Margen de presión: 200 – 800 kPa (2 – 8 bar)
Tipo de conexión /paso: Rosca G 1/8"
Fuerza de avance (teórica) a 600 kPa (6 bar): 295 N
Consumo de aire a 6 bar: 0,03 l/ carrera

Tabla 25. Datos técnicos del actuador lineal

3.2.1.10. Interruptor de proximidad inductivo

El Interruptor de proximidad inductivo se cierra ante una alteración suficiente de su campo electromagnético inducido; la figura 106 muestra el interruptor de proximidad inductivo y su símbolo.



Figura 106. Interruptor de proximidad inductivo y símbolo

3.2.1.11. Interruptor de proximidad capacitivo

El interruptor de proximidad capacitivo se cierra ante una modificación suficiente de su campo electrostático; la figura 107 muestra el interruptor de proximidad capacitivo y su símbolo.



Figura 107. Interruptor de proximidad capacitivo y símbolo

3.2.1.12. Interruptor de proximidad óptico

El interruptor de proximidad óptico se cierra si su barrera de luz se interrumpe; la figura 108 muestra el interruptor de proximidad óptico y su símbolo.



Figura 108. Interruptor de proximidad óptico y símbolo

3.2.1.13. Interruptor de proximidad magnético

Este dispositivo se cierra cuando se le acerca un imán; la figura 109 muestra el interruptor de proximidad magnético y su símbolo.



Figura 109. Interruptor de proximidad magnético y símbolo

3.3. Montaje de dispositivos

Para el montaje de los dispositivos de la interfaz de comunicación se ha construido un módulo en el cual se pueden acoplar todos los dispositivos como son el módulo Easy Port D8A, cable RS232, fibra óptica, cables digitales y análogos tanto paralelos como cruzados en sus respectivos terminales de forma rápida y transportarlos de igual manera.

La figura 110 muestra el módulo para la Interface de comunicación.



Figura 110. Módulo de Interface de Comunicación

El módulo posee una fuente de alimentación de 24 VDC fija y una fuente de alimentación variable de 0-30 VDC, las mismas que van conectadas al suministro eléctrico de 110 VAC.

La fuente de alimentación de 24 VDC servirá para alimentar al módulo Easy Port D8A, y la fuente variable de 0-30 VDC servirá para alimentar a los distintos dispositivos sensores y actuadores que se utilizarán en las aplicaciones y como variable de referencia del Regulador PID la cual necesita de 15 VDC.

También en la parte inferior de éste se ha colocado rieles DIN para el acople de los terminales digital y análogo y cualquier PLC o dispositivo que posea esta característica de montaje.

La figura 111 muestra el acople de los cables I/O digital y análogo que van a los terminales digital y análogo respectivamente; así como el cable RS232 que va al PC



Figura 111. Acople de terminales en los rieles y cables con el módulo Easy Port.

El módulo para la interface de comunicación entre PC-Módulos Oleoneumáticos se visualiza en diagrama de bloques en la figura 112.

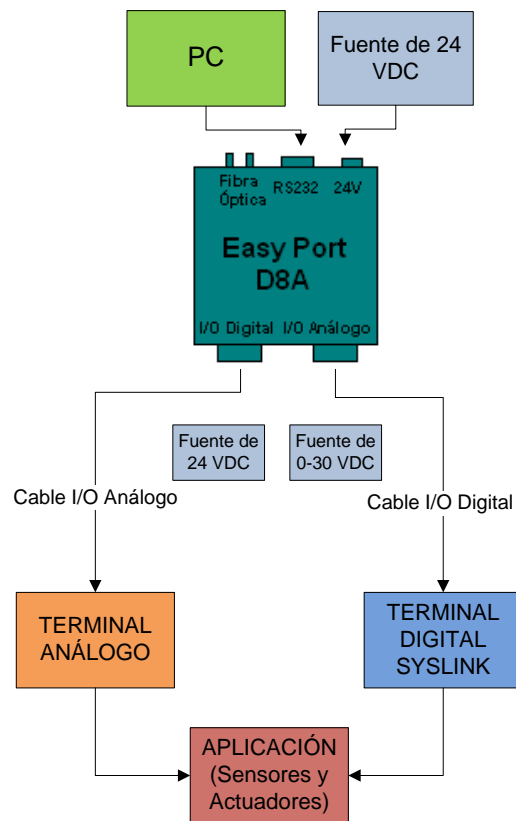


Figura 112. Diagrama de bloques del módulo para la Interface de comunicación.

3.4. Calibración de dispositivos.

3.4.1. Calibración del Easy Port

Para calibrar la interface de comunicación del módulo Easy Port D8A con el PC, se selecciona por medio de un interruptor ubicado en la parte posterior del módulo de 3 pines, el pin 1 sirve solamente para la interface RS232 cuando está un solo módulo conectado al PC, el pin 2 se utiliza cuando se va a utilizar la interface RS232 y fibra óptica y el pin 3 se utiliza cuando solamente se utiliza fibra óptica para la interface.

Únicamente un interruptor debe ser colocado para realizar la interface de comunicación. Se debe tomar en cuenta que la fuente de alimentación de 24 voltios debe tener una tolerancia del 10% tanto en sobre voltaje como en bajo voltaje, las cargas máximas tolerables para las salidas digitales son de 0.3A y para las salidas análogas 10 mA, así como su rango de funcionamiento para las salidas y entradas digitales que deben ser de 24 VDC voltios y de 0 a 10 VDC para las salidas y entradas análogas.

La temperatura ambiente de operación es de 0 a 55°C y la temperatura de almacenamiento es de 0 a 70°C, con un grado de protección IP 20.

3.4.2. Calibración del Terminal Digital SysLink

Las entradas del terminal digital I/O pueden calibrarse según su aplicación, para la conexión de sensores cuya configuración es positiva ó PNP; ambos interruptores deben ir en la posición PNP.

La conexión de sensores de conexión negativa ó NPN, ambos interruptores en la posición de NPN.

La figura 113 muestra la configuración de la posición del interruptor del terminal digital en conexión PNP.

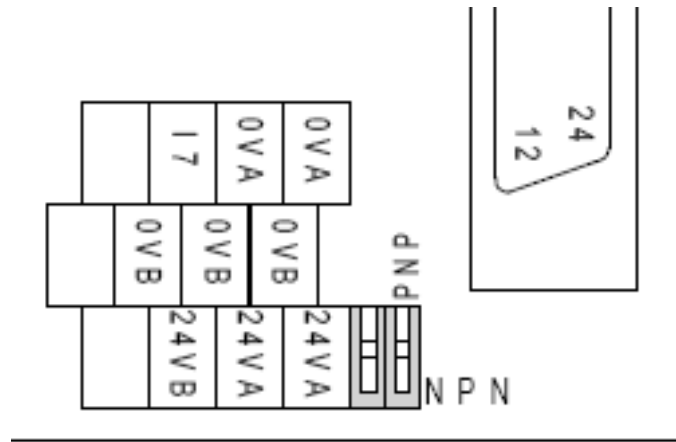


Figura 113. Posiciones del interruptor del dispositivo PNP

3.4.3. Calibración del Regulador PID¹⁰

La calibración del regulador PID se realizará de acuerdo al funcionamiento del sistema de posición; el cual se debe sintonizar las tres constantes necesarias para el funcionamiento del mismo: constantes proporcional, integral y derivativa mediante los potenciómetros e interruptores rotativos provistos en el Regulador PID, hasta lograr disminuir el error en estado estable del sistema para obtener la señal de salida correcta.

En el regulador PID el coeficiente proporcional K_P tiene un rango de ganancia en el orden de 0 a 1000; el coeficiente integral en el rango de 0 a 1000 1/s y el coeficiente diferencial K_d , en el rango de 0 a 1000 ms.

3.4.4. Calibración del Potenciómetro Lineal

El rango de operación del potenciómetro lineal puede ir desde los + 13 VDC hasta los + 30 VDC la cual es convertida a 10 VDC por medio

¹⁰ Regulador PID, Manual de usuario.

de un regulador, La señal de salida del potenciómetro va de 0 a 10 VDC, la cual es proporcional a la posición del patín. La resistencia total en el potenciómetro es de 5 Kohms. La calibración manual no interviene en este dispositivo.

CAPÍTULO IV

CONTROL DEL SISTEMA MEDIANTE FLUID SIM

4.1. Introducción al control del sistema mediante Fluid Sim

El control del sistema mediante Fluid Sim se lo realiza directamente interactuando con los elementos de la biblioteca de componentes utilizados en el circuito de la aplicación electroneumática; el software tiene la posibilidad de comunicarse con cualquier proceso, a través de un puerto virtual de entrada y un puerto virtual de salida, los cuales sirven para comunicarse con sensores y actuadores. La figura 114 muestra la pantalla principal de Fluid Sim con los puertos virtuales de entrada y de salida.

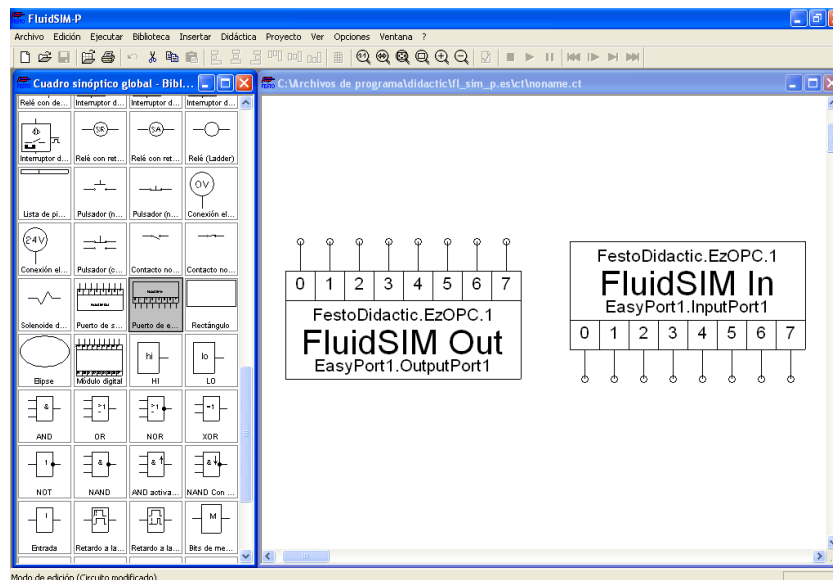


Figura 114. Pantalla principal de FluidSim con los puertos de Entrada y Salida y su biblioteca de componentes

4.2. Programación en Fluid Sim

Una vez que se tenga identificada la aplicación procedemos a realizar un nuevo proyecto en Fluid Sim, ubicando los componentes en una nueva pantalla de trabajo. La figura 115 muestra la pantalla principal de Fluid Sim en donde se puede colocar los elementos de la biblioteca de componentes.

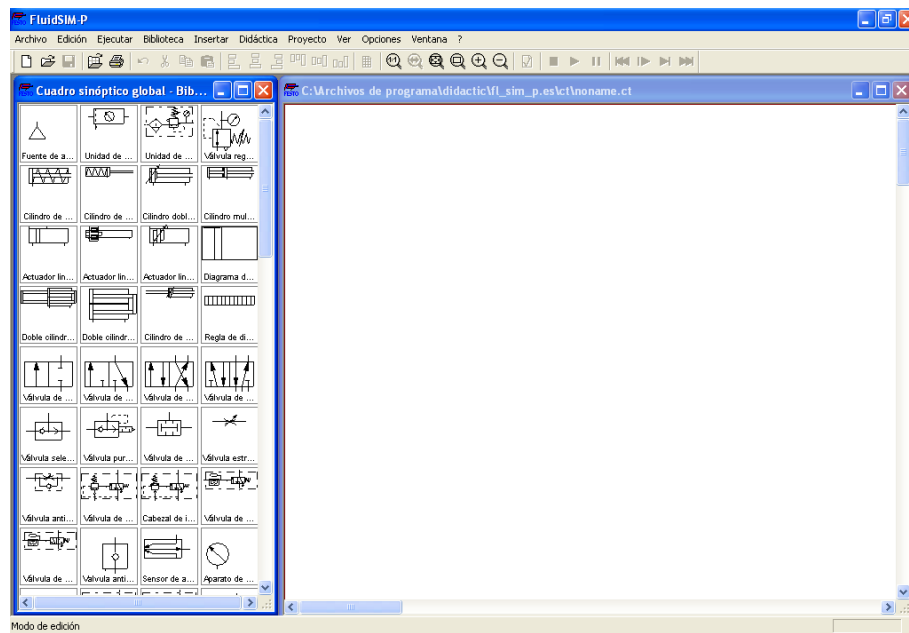


Figura 115. Pantalla principal FluidSim

Ubicamos los componentes que sean necesarios para realizar una determinada aplicación, como válvulas distribuidoras, fuente de alimentación, relés, etc. Los puertos de entrada y de salida deben configurarse de acuerdo a la interface de comunicación que se va a utilizar, FluidSIM y el servidor OPC Server ó FluidSIM y DDE Server.

4.2.1. FluidSIM y OPC Server¹¹

Dirigir el puntero hacia *Opciones_Conexión de OPC/DDE*, se abrirá una ventana de *Opciones de OPC/DDE* para las configuraciones de comunicación y seleccionar el *Modo OPC*, almacenar los resultados para

¹¹ Fluid Sim V 4.2, Manual de Usuario

que FluidSIM guarde en segundo plano todos los cambios de estado y que elabore según el orden de llegada.

Si esta opción está desactivada, podrán perderse los resultados que van llegando en el momento en que FluidSIM está ocupado. La figura 116 muestra el cuadro de diálogo del opciones de conexión OPC/DDE.

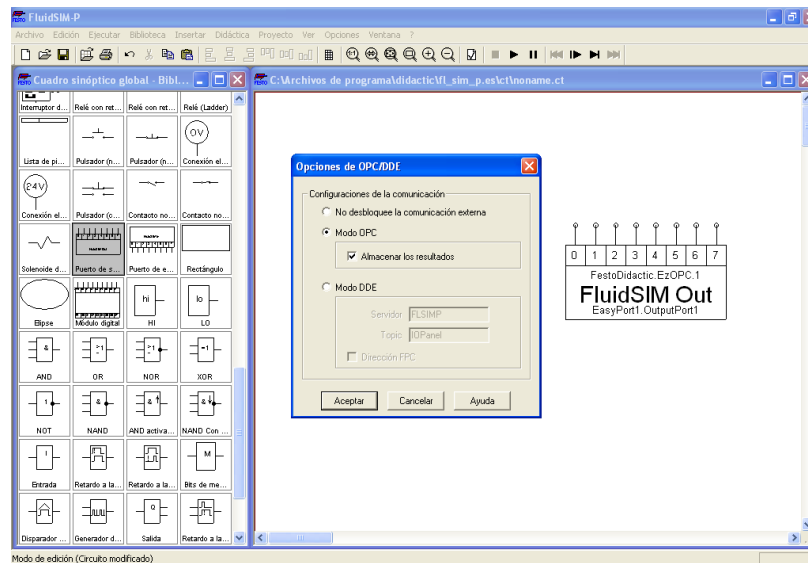


Figura 116. Cuadro de diálogo de Opciones de Conexión OPC/DDE

Hacer doble click en el puerto de entrada FluidSim In, y seleccionar el ítem y el OPC Server que se va a utilizar. La figura 117 muestra la ventana de configuración puerto de entrada Fluid Sim con OPC.

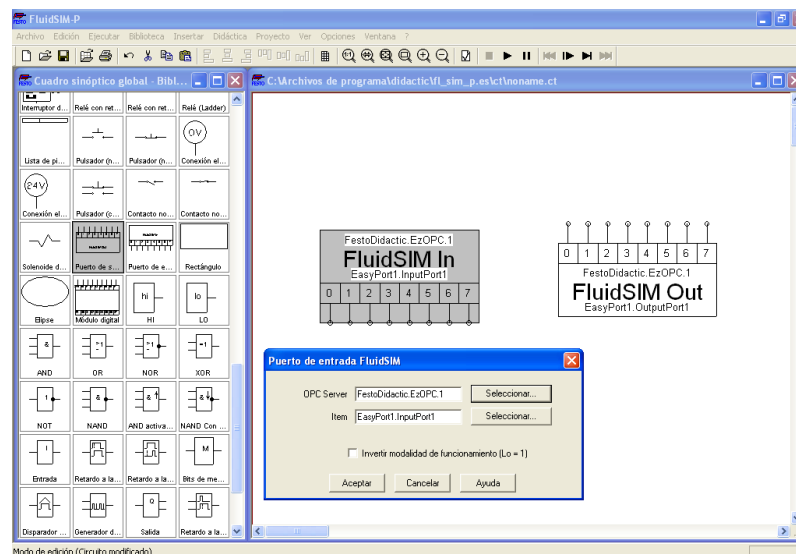


Figura 117. Configuración del puerto de entrada Fluid Sim con OPC.

De la misma forma para el puerto de salida Fluid Sim Out seleccionar el ítem y el OPC Server que se va a utilizar, como se muestra en la figura 118.

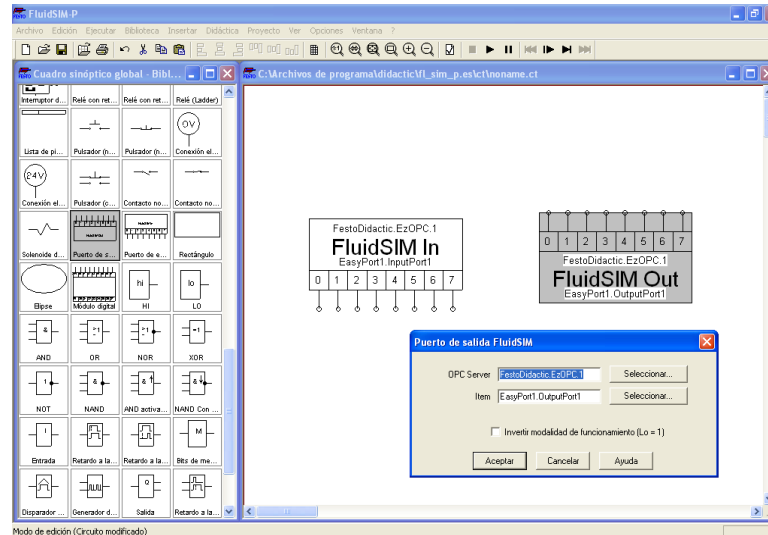


Figura 118. Configuración del puerto de salida Fluid Sim con OPC.

4.3. Comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos.

La comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos se la realiza a través del Software FluidSim y el módulo digital y analógico Easy Port D8A, el cual permite la combinación del Software con el cualquier sensor y actuador.

La interfaz de comunicación entre el Software Fluid Sim y el módulo Easy Port se consigue a través de programas diseñados específicamente para este propósito como son:

- Ez OPC versión 4.9.6
- VSwitch para FluidSim P V.3 y Ez DDE
- Ez OPC versión 5.0

La figura 119 muestra en diagrama de bloques en forma resumida la comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos.

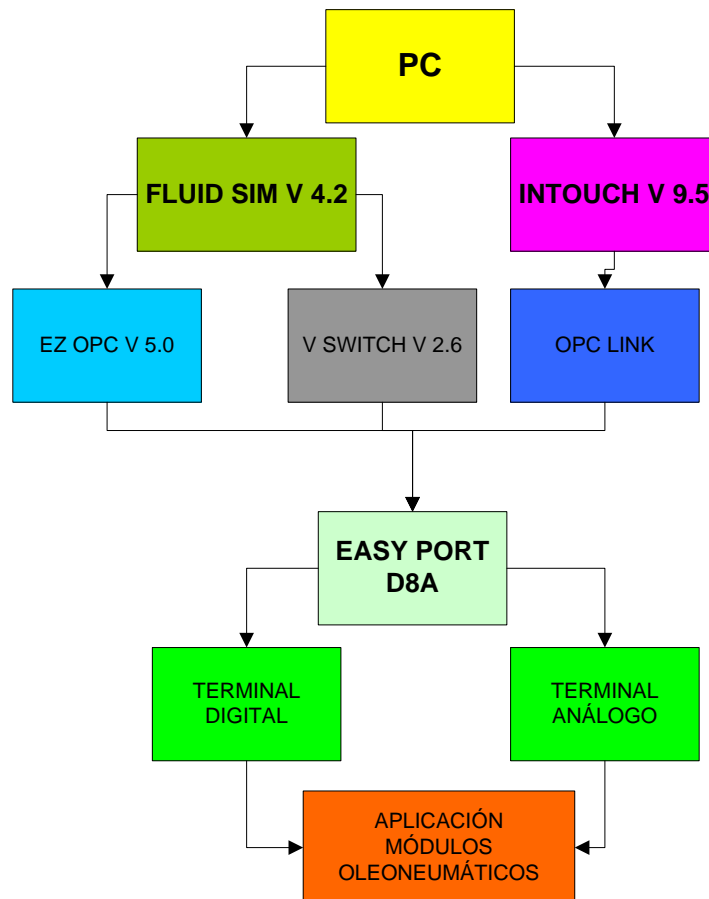


Figura 119. Diagrama de bloques de comunicación entre PC y Módulos Oleoneumáticos

4.4. Programación del sistema.

4.4.1. EZ OPC Server Versión 4.9.6¹²

OPC representa la conectividad entre Fluid Sim y la aplicación neumática; es una interfaz normal establecida en el campo de la tecnología de automatización y define interfaces e interoperabilidad entre las aplicaciones y sistemas de comunicación de los diferentes fabricantes. Esto habilita las tareas como la visualización, adquisición de datos o funciones de mando a realizar, independientemente del equipo involucrado. OPC es así una norma abierta que no se sujeta a cualquier aplicación específica.

¹² EZ OPC Server V 4.9.6, Manual de Usuario

4.4.1.1. Configuración

Después de instalar el software, se debe configurar los parámetros de comunicación y los componentes en su sistema. Empezar este procedimiento en el Ez OPC menú de inicio. Sólo se necesita empezar Ez OPC manualmente para configurar los parámetros de comunicación y los componentes individuales de su sistema. El Ez OPC se empezará como consecuencia automáticamente cuando un eslabón de OPC se establece.

Configuración de la Interface Serial

Si se desea conectar un componente del hardware al PC, se requerirá un Easy Port por lo menos. El Easy Port se conecta al PC mediante la interfaz serial. Para llevar a cabo la configuración necesaria, seleccionar el menú *Config_Serial Port Settings for Easy Port*.

En esta caja del diálogo se puede definir la interfaz a que el Easy Port será conectado. Los campos grises sólo son para los propósitos de información. La figura 120 muestra la ventana de configuración del puerto serial del Easy Port.

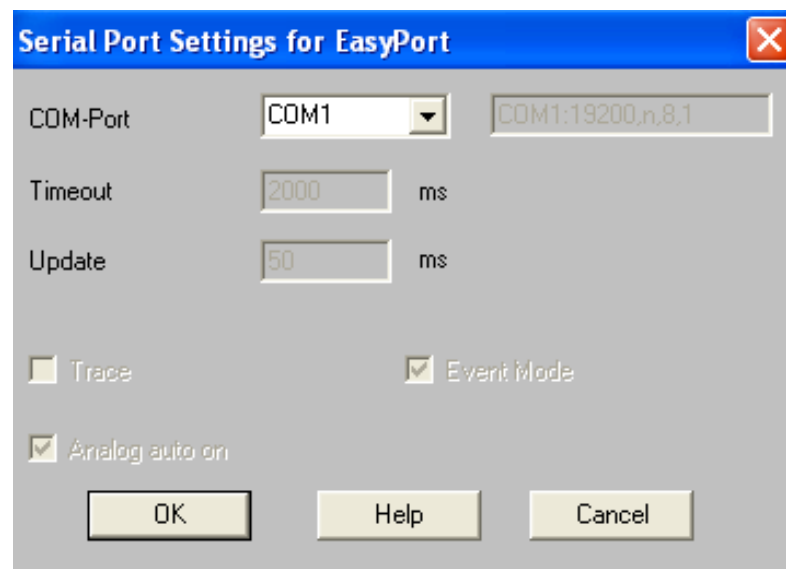


Figura 120. Configuración del Puerto Serial

Configuración del Easy Port

Se puede comunicar con varios componentes del servidor. Con este fin, se debe configurar las comunicaciones con estos componentes. Empezar *Ez OPC* y seleccionar el menú *Config_Communication Setup*. La figura 121 muestra la configuración de comunicación del Easy Port.

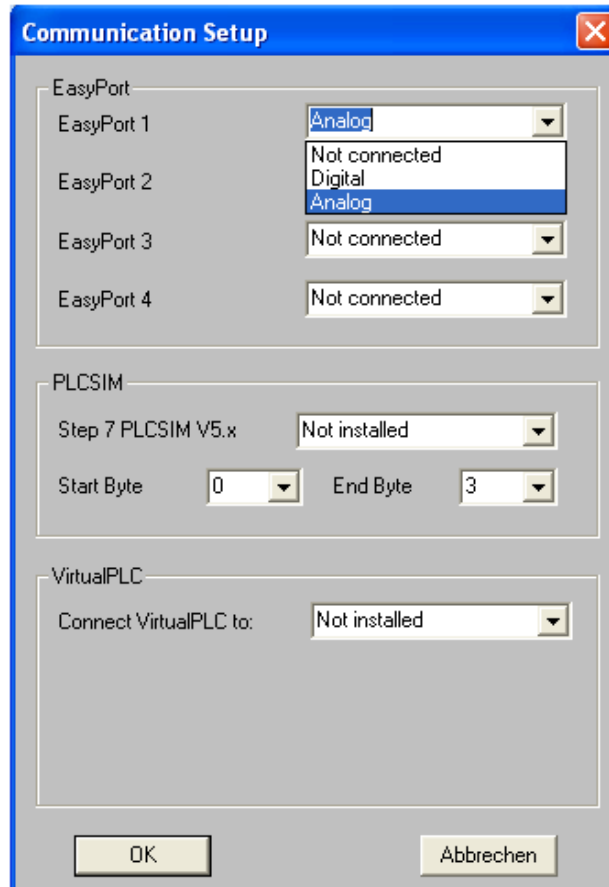


Figura 121. Configuración de comunicación.

En la sección de Easy Port se define qué tipo de Easy Port (digital, análogo), en nuestro caso será el Easy Port análogo D8A y cuántos Easy Ports serán conectados. La figura 122 muestra la configuración del Easy Port análogo.

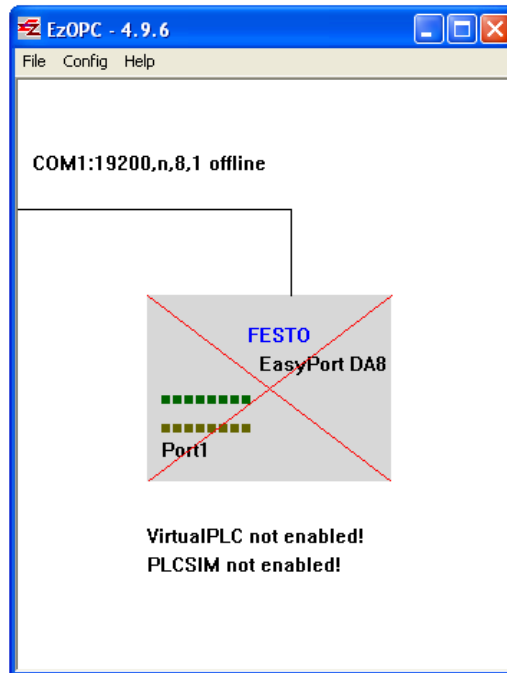


Figura 122. Ejemplo de configuración

La línea de la cima muestra la configuración de la interfaz serial. El estado desconectado indica que no se ha establecido una conexión todavía con el Easy Port. Una presentación gráfica del Easy Port configurado en el formulario simbólico aparece debajo de esta información.

Hay dos otros componentes con que la comunicación es posible vía Ez OPC - el PLC virtual y el PLCSIM SUAVE de Siemens. El texto en la parte inferior de la ventana denota que ninguno de los componentes se ha configurado.

Nota:

Easy Port sólo puede instalarse si un Easy Port realmente será conectado al PC, por otra parte recibirá un mensaje de error de comunicación en el funcionamiento real.

Configuración del lenguaje del sistema:

Seleccionar el Menú *Config_Language*. Aquí puede cambiar Ez OPC a un idioma diferente. Alemán e inglés es los únicos idiomas que

están en la actualidad disponibles. El idioma seleccionado será activo después de reiniciar Ez OPC. La figura 123 muestra la configuración del lenguaje del Ez OPC.

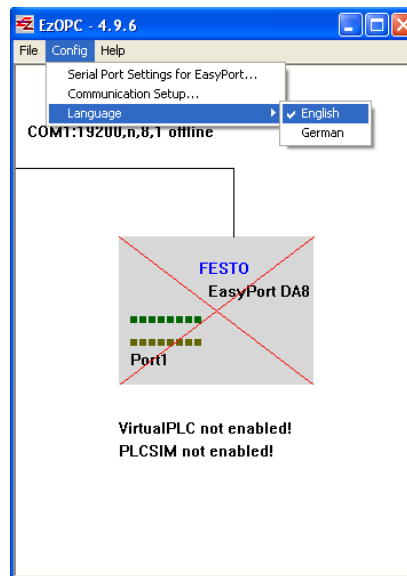


Figura 123. Configuración de Lenguaje

4.4.1.2. Conexión OPC

El procedimiento para establecer una conexión de OPC se presenta debajo por la referencia al ejemplo del cliente de OPC normal de la compañía de Factory Soft. Empezar el cliente de OPC, y seleccionar el menú *OPC_Connect*. La figura 124 muestra la ventana la conexión con el Ez OPC Server.

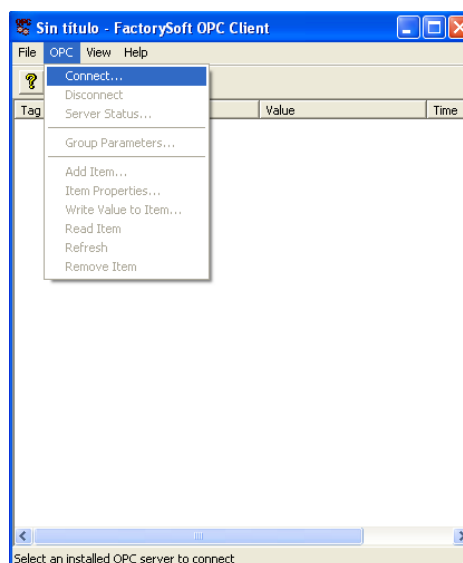


Figura 124. Estableciendo una conexión con el Ez OPC Server

La sección de los servidores disponible, detalla todos los servidores de OPC que se instalan en su sistema. El servidor de Ez OPC se llama FestoDidactic.EzOPC.1. Después de seleccionar este servidor mediante un click, su nombre aparecerá en los datos de campo como Nombre del Servidor. La figura 125 muestra la selección de servidor para la conexión OPC.

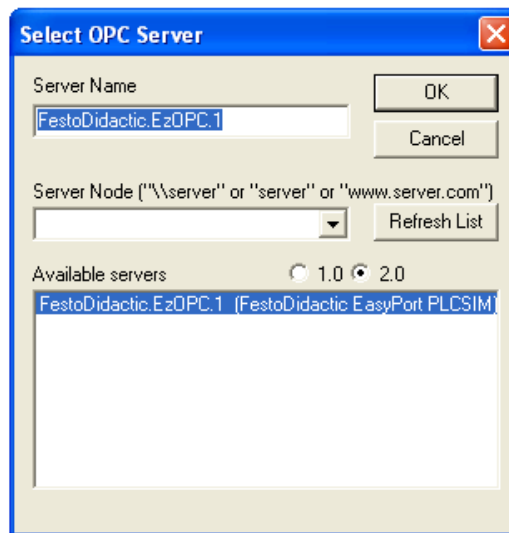


Figura 125. Selección de Servidor

Confirmar la selección, Ez OPC empezará ahora automáticamente. Después de que la conexión al servidor de Ez OPC se ha establecido, el menú del cliente de OPC se abrirá como se muestra en la figura 126:

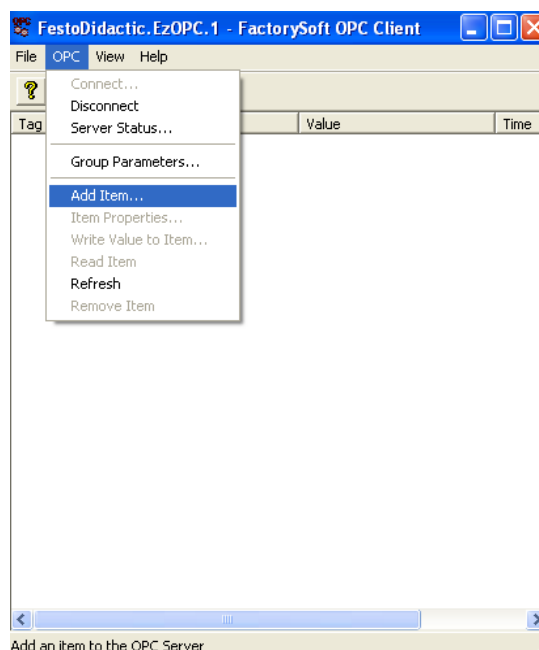


Figura 126. El cliente OPC, menú después de establecer la conexión

Se necesita informar al cliente acerca de qué datos serán comunicados con el servidor. En el idioma de OPC, un elemento de comunicación está llamado como un artículo. Ahora agregar un artículo mediante el menú *OPC _ Add Ítem*. La figura 127 muestra las opciones para la pantalla de variables de comunicación.

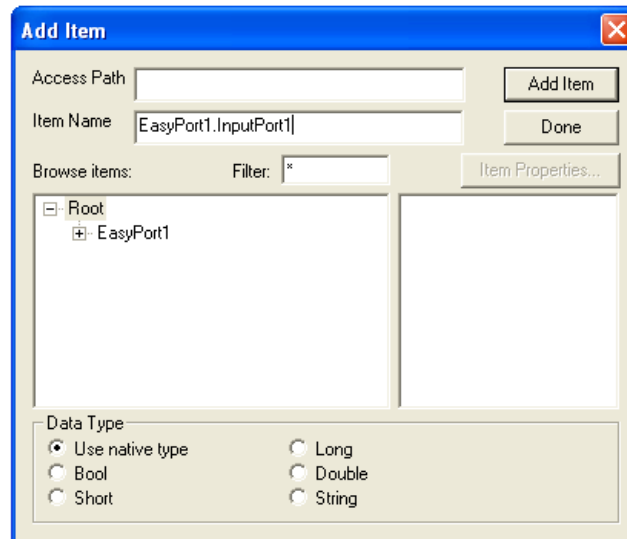


Figura 127. Opciones para la pantalla de variables de comunicación

En el ejemplo de la figura 128, InputPort1 de EasyPort1 se ha seleccionado.

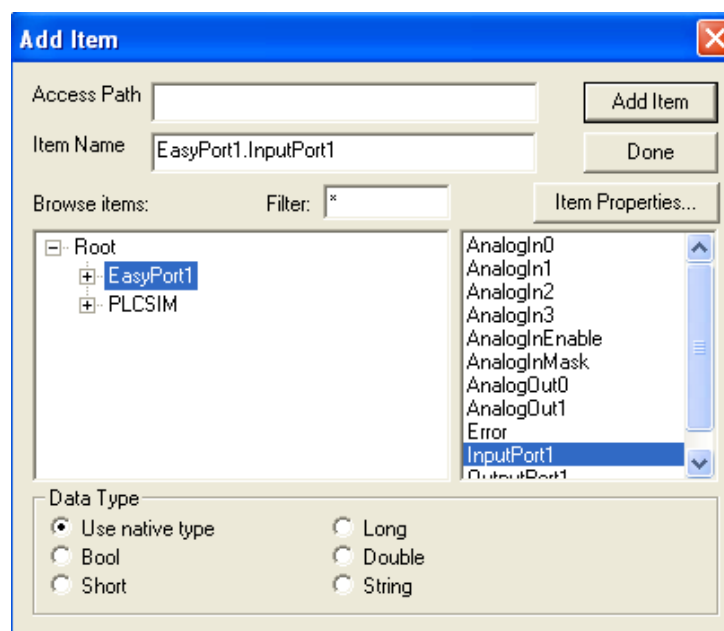


Figura 128. Pantalla de comunicación variables – Ítem

Seleccionar Input Port 1y haciendo click adelante agregar el Artículo para desplegar los datos de valores de Input Port 1. Si se desea desplegar sólo valores de bits específicos de EasyPort1, haga clic en Bits en el área izquierda de la ventana, después de lo cual el siguiente despliegue siguiente aparecerá como se muestra en la figura 129.

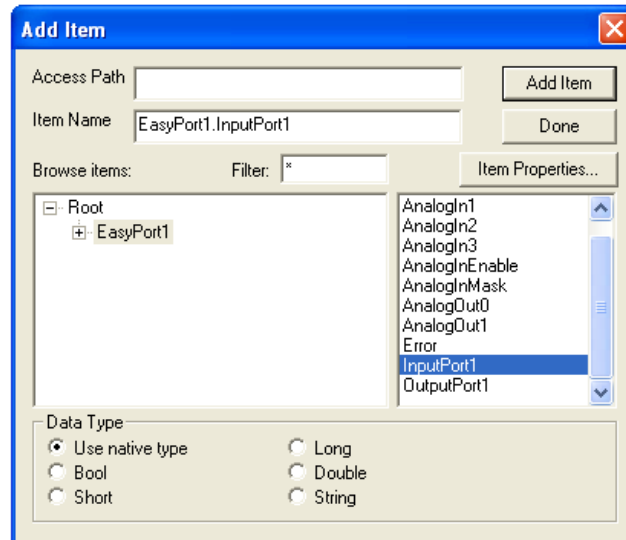


Figura 129. Pantalla de variables

Una vez comunicado el sistema Ez OPC con el Easy Port D8A aparecerá una ventana como ésta, la cual indica la comunicación correcta del Easy Port con cualquier aplicación; tal como se indica en la figura 130.

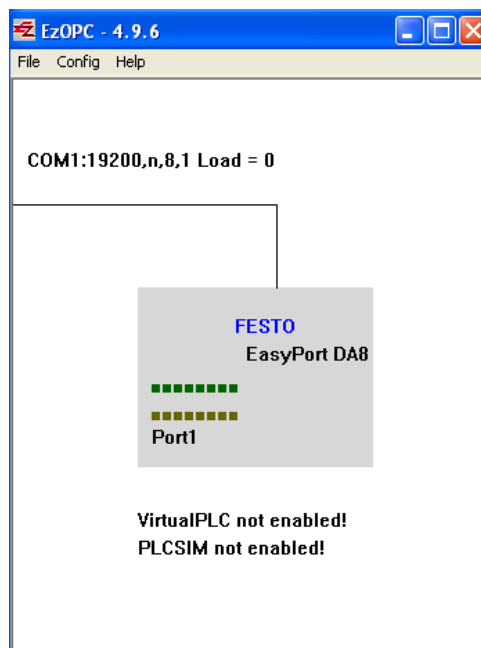


Figura 130. Comunicación exitosa del Easy Port

4.4.2. Ez OPC versión 5.0

La interfaz Ez OPC V5.0 permite la comunicación de éste con las siguientes aplicaciones:

- Easy Port de Festo Didactic
- "STEP 7 Simulator" de Siemens, PLCSIM 5.1 o mayor.
- "CoDeSys OPC Server V2.0" de 3S software.

4.4.2.1. Procedimiento

- Arrancar EzOPC V5.0 y seleccionar la pestaña de *Overview* y seleccionar los botones de comando *Process vía EasyPort-VirtualControler-Controller in FluidSim*, como se muestra en la figura 131.

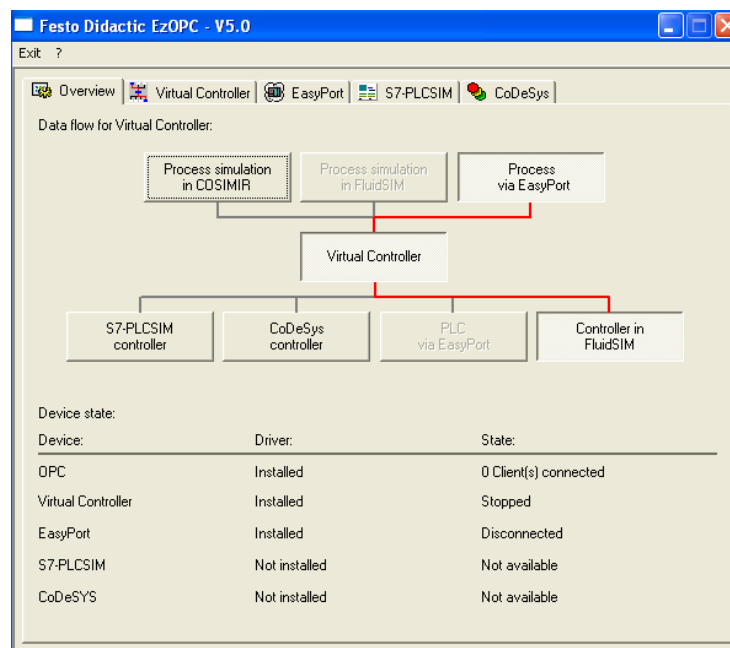


Figura 131. Pantalla principal de EzOPC V5.0

- Una vez que se seleccionó lo requerido de acuerdo a la aplicación a realizar se puede visualizar el estado de los dispositivos en la parte inferior de la pantalla.
- Después que se seleccionó los botones de comando, dirigir el puntero a la pestaña de *Easy Port* y seleccionar; una pantalla se

abrirá, en esta se puede visualizar el número de Easy Ports conectados y el estado en que se encuentran como se muestra en la figura 132.

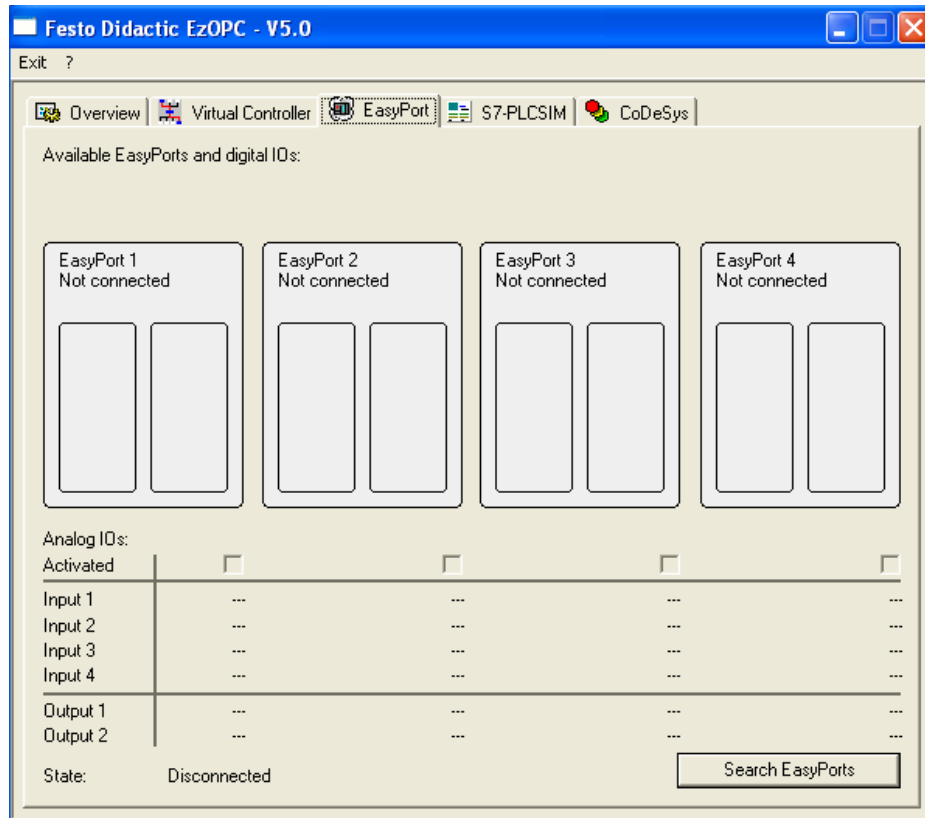


Figura 132. Pantalla de visualización del Easy Port.

- Teniendo ya configurado el modo OPC en el software FluidSim se procede a seleccionar el botón de comando *Search Easy Ports* y automáticamente se identificará y conectará el Easy Port con el proceso, y la interfaz se encontrará lista para su propósito.

4.5. Control del sistema con In Touch versión 9.5

4.5.1. Introducción a In Touch V. 9.5

InTouch es un paquete de software utilizado para crear aplicaciones de interface hombre máquina bajo entorno *PC*. InTouch utiliza como sistema operativo el entorno de *WINDOWS*. El paquete consta básicamente de dos elementos: *WINDOWMAKER* y *WINDOWVIEWER*.

WINDOWMAKER es el sistema de desarrollo, permite todas las funciones necesarias para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas de I/O externos o a otras aplicaciones de *WINDOWS*. *WINDOWVIEWER* es el sistema runtime utilizado para rodar las aplicaciones creadas con *WINDOWMAKER*.

4.5.2. Programación en In Touch

En *WINDOWMAKER* se realiza las ventanas de control y visualización con la ayuda de Wizard Selection y Symbol Factory, en donde se encuentran todos los iconos para las aplicaciones gráficas. Las ventanas gráficas son Easy Port, Proceso y Sintonización. La figura 133 muestra la ventana grafica Easy Port.



Figura 133. Ventana de visualización Easy Port

Los objetos a colocar en la ventana Easy Port son comandos de acceso a las siguientes ventanas y figuras de presentación del sistema. Para realizar la ventana Proceso, de la misma forma se coloca comandos de acceso a las diferentes ventanas del sistema y esta debe contener todos los objetos que se utilizaron en la ventana, tratando se seleccionar los más similares a los reales. La figura 134 muestra la ventana de visualización del proceso.

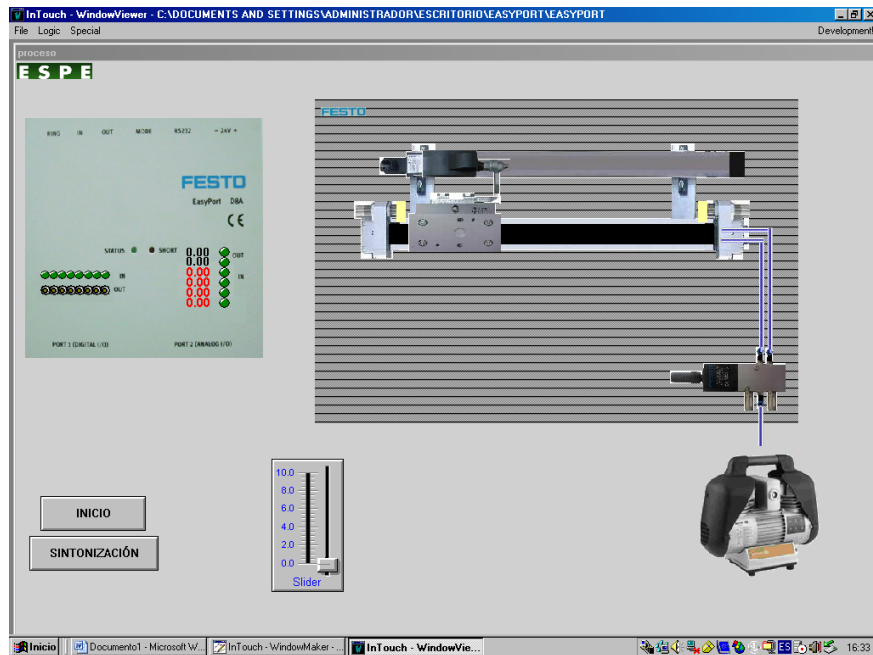


Figura 134. Ventana de visualización Proceso

Para realizar la animación para la posición en del vástago del actuador lineal y visualizar los valores de entrada y salida del proceso, se realiza mediante la ejecución de los siguientes pasos:

1. Seleccionar cada uno de los objetos que se muestran en la ventana de Proceso
2. Con un doble clic en el objeto que se requiere que se visualice el valor de voltaje, o se requiera arrojar un valor de salida análogo o digital y aparecerá la siguiente ventana, como se muestra en la figura 135:

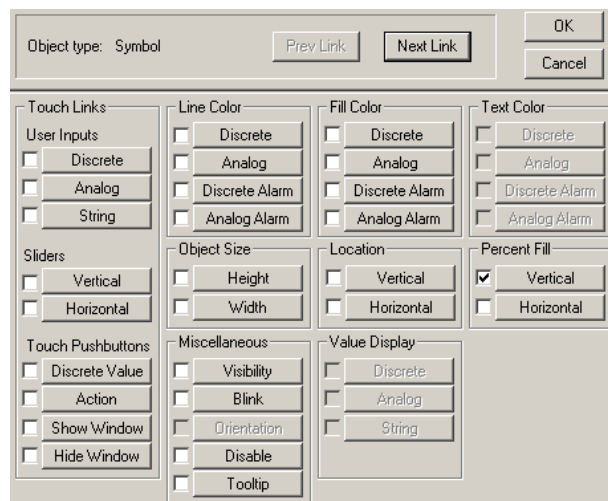


Figura 135. Ventana de configuración de objetos.

En la ventana Sintonización, se coloca las curvas de Sintonización del controlador PID, y valores de Set Point, Variable del proceso, como se muestra en la figura 136.

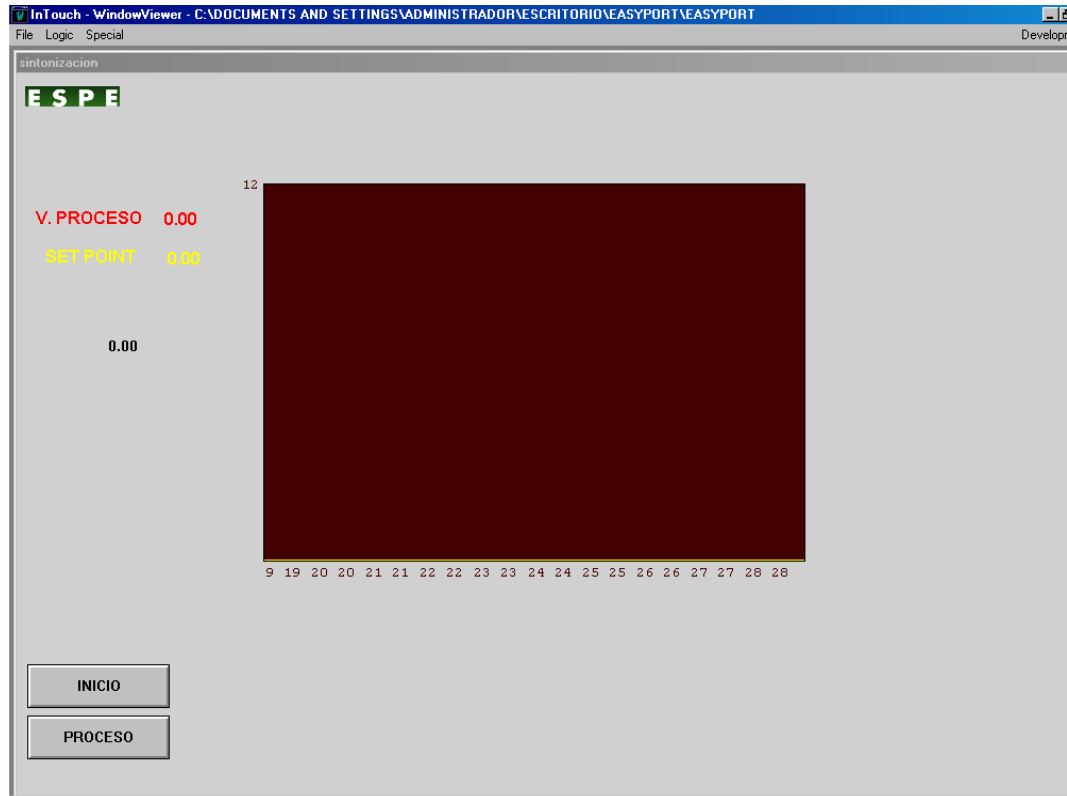


Figura 136. Ventana de visualización de Sintonización.

Una vez que se han colocado todos los objetos requeridos para la visualización del proceso se procede a designar los TAGNAMES, o direccionamiento de los objetos de las ventanas con las entradas y salidas digitales y entradas y salidas análogas de dispositivo EASYPORT D8A realizando el siguiente procedimiento:

1. Configuración del OPC LINK.
2. Configuración del OPC TAG CREATOR
3. Configuración de los TAG NAMES en IN TOUCH.

1. Configuración del OPC LINK¹³

OPC LINK de WONDERWARE es un programa de Microsoft Windows que actúa como un convertidor de comunicaciones. Todas las aplicaciones se pueden activar en forma local o remota mediante un Servidor OPC. OPC LINK detecta automáticamente cada Servidor conectado y transfiere los datos usando DDE, FastDDE o Suite Link. En la figura 137 se muestra en diagrama de bloques de forma resumida la conexión OPC utilizando OPC Link.

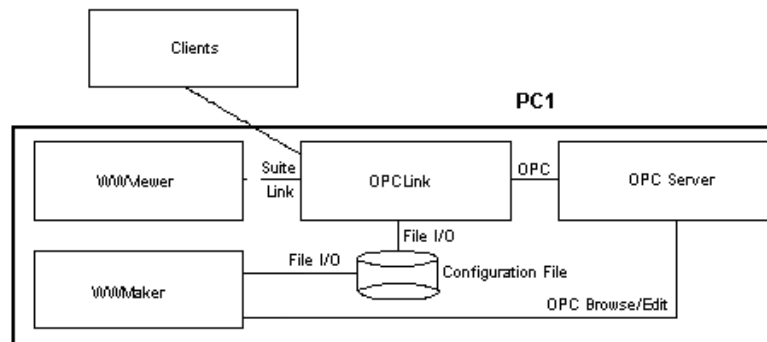


Figura 137. Representación gráfica para una conexión OPC

Para iniciar una nueva configuración se procede de la siguiente manera:

Abrir una nueva ventana de OPC LINK. La figura 138 muestra la ventana de OPC Link:

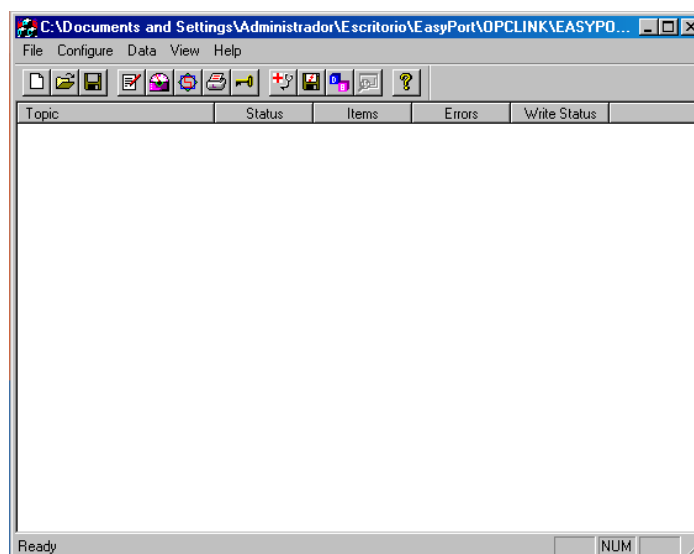


Figura 138. Nueva ventana de OPC LINK

¹³ OPC Link, Tutorial

Cuando se tenga abierta la ventana, se procede a realizar la configuración de los parámetros necesarios para la comunicación, empezando por la Definición del Tópico o nombre de la aplicación, como lo indica la figura 139:

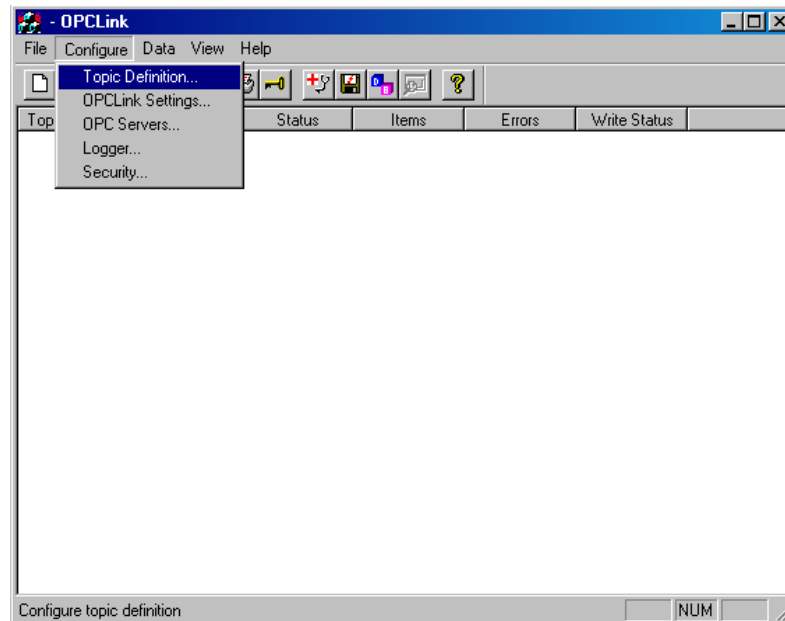


Figura 139. Ventana de Definición de Tópico

Aparecerá una ventana como la que se muestra en la Figura 140 en donde se debe crear una aplicación nueva:

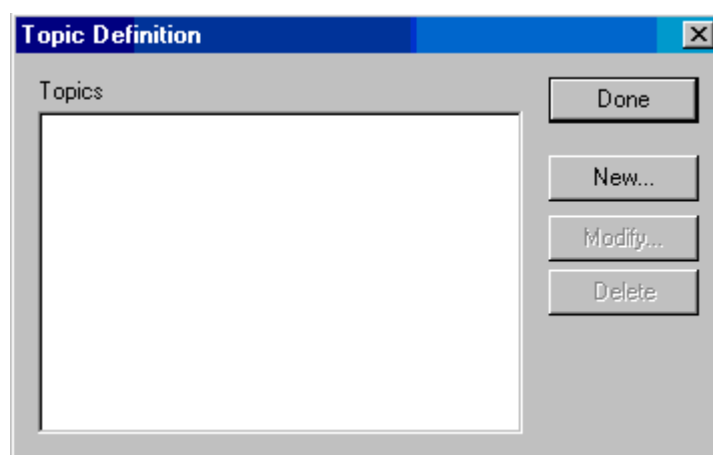
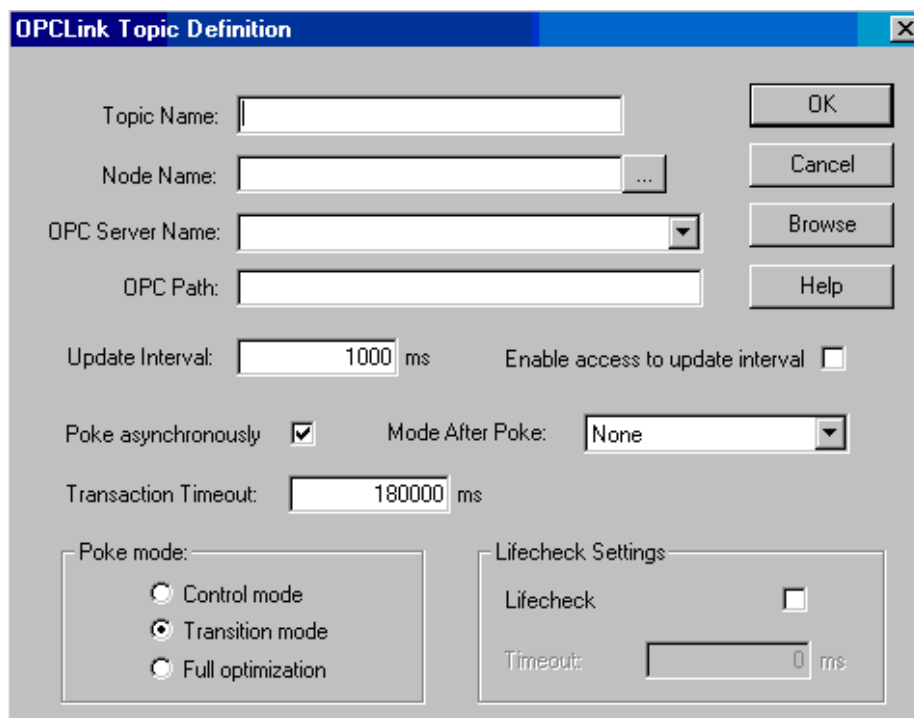


Figura 140. Ventana de creación de una nueva definición de tópico.

Al elegir una nueva aplicación nueva aparecerá una ventana que se muestra en la Figura 141, en donde debemos introducir el nombre de

la aplicación, seleccionar el nombre del Servidor OPC, seleccionar la ruta de OPC e introducir la actualización del intervalo de tiempo.

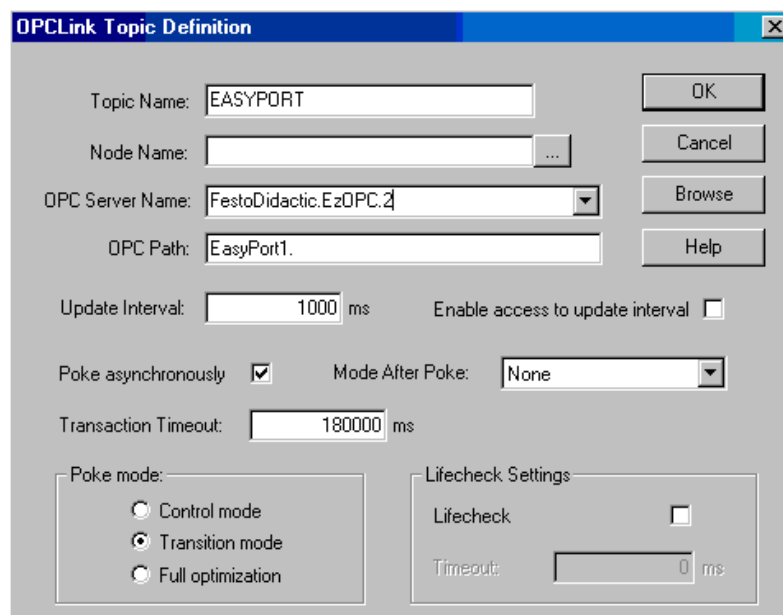


The screenshot shows the 'OPCLink Topic Definition' dialog box. It contains the following fields and controls:

- Topic Name: [Empty text box]
- Node Name: [Empty text box with browse button]
- OPC Server Name: [Empty dropdown menu]
- OPC Path: [Empty text box]
- Update Interval: [1000] ms
- Enable access to update interval:
- Poke asynchronously:
- Mode After Poke: [None] (dropdown)
- Transaction Timeout: [180000] ms
- Poke mode:
 Control mode
 Transition mode
 Full optimization
- Lifeclock Settings:
Lifeclock:
Timeout: [0] ms
- Buttons: OK, Cancel, Browse, Help

Figura 141. Ventana de definición de tópico del OPC LINK con parámetros detallados.

La ventana con los valores configurados se visualizará de la siguiente manera, como se indica en la figura 142.



The screenshot shows the 'OPCLink Topic Definition' dialog box with the following configured values:

- Topic Name: EASYPORT
- Node Name: [Empty text box with browse button]
- OPC Server Name: FestoDidactic.EzOPC.2
- OPC Path: EasyPort1.
- Update Interval: [1000] ms
- Enable access to update interval:
- Poke asynchronously:
- Mode After Poke: [None] (dropdown)
- Transaction Timeout: [180000] ms
- Poke mode:
 Control mode
 Transition mode
 Full optimization
- Lifeclock Settings:
Lifeclock:
Timeout: [0] ms
- Buttons: OK, Cancel, Browse, Help

Figura 142. Ventana de definición de tópico con valores configurados.

La ruta de OPC se debe configurar de acuerdo al OPC SERVER en nuestro caso es el EZ OPC versión 5.0, el cual reconocerá al Easy Port D8A que se encuentra conectado, para esto dirigir el puntero a Browse, que se encuentra ubicado en la ventana de definición de tópicos, y la abrir, aparecerá una ventana como la que se indica en la figura 143:

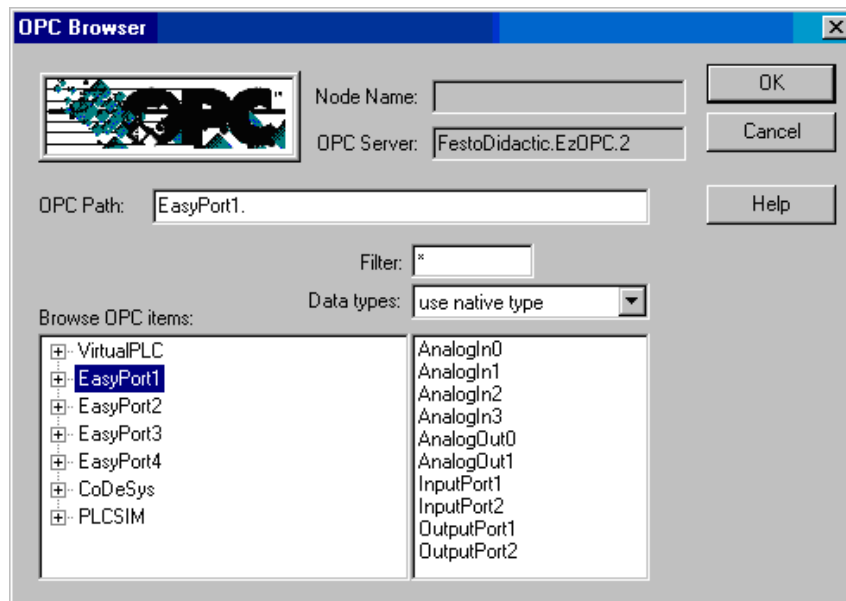


Figura 143. Venta de OPC Browser.

En esta ventana se debe seleccionar el *Easy Port* que se encuentra conectado, en este caso en el *Easy Port 1*, y aceptar.

A continuación dirigir el puntero a *Configure_Server Settings* y definir el tiempo de conmutación del protocolo de comunicación y aceptar, tal como se muestra en la figura 144.

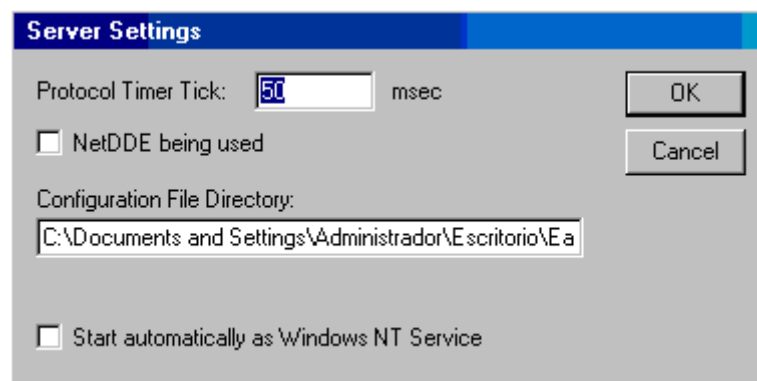


Figura 144. Ventana de configuración del servidor.

Luego abrir *Configure OPC Server Configurations*, en la ventana se encontrará el servidor OPC EzOPC de Festo Didactic, señalar el servidor y seleccionamos *Configure*. La figura 145 muestra la ventana de configuración del servidor OPC.

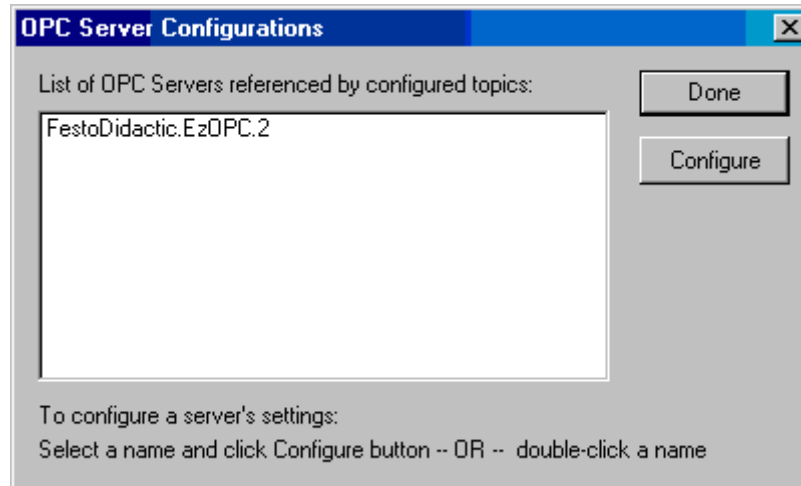


Figura 145. Ventana de Configuración de servidor OPC

Se abrirá una ventana de Configuración de servidor OPC en donde se debe seleccionar la opción *ALL* para que el Servidor sirva localmente, además se debe introducir el tiempo de reconexión del servidor OPC, en este caso es de 10 segundos, como lo indica la figura 146:

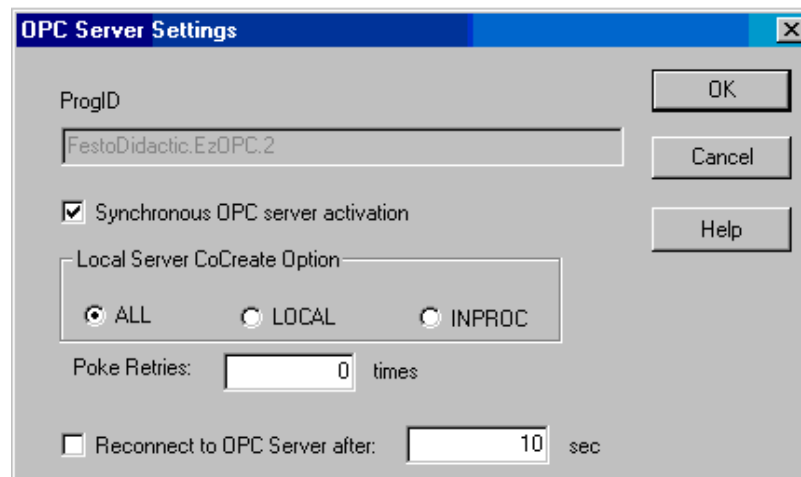


Figura 146. Configuración del servidor OPC.

Una vez que se ha configurado todos los parámetros mencionados anteriormente el OPC LINK se encuentra listo para la comunicación.

2. Configuración del OPC TAG CREATOR

El creador de TAG NAMES es una dinámica opción de WINDOW MAKER, en el cual se puede crear y configurar automáticamente sin temor a equivocación los nombres de las entradas y salidas ya sean estas digitales o análogas del Easy Port D8A configurado anteriormente en el OPC LINK para utilizarlos en WINDOW MAKER. El procedimiento para la configuración de los TAG NAMES es el siguiente:

Dirigir el puntero a la pestaña de OPC y seleccionar: como se muestra en la figura 147:

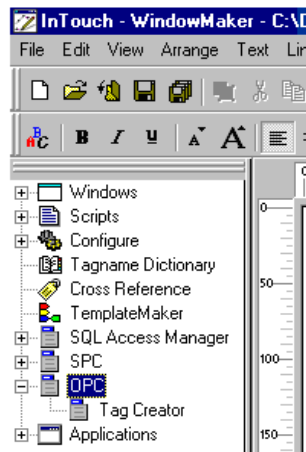


Figura 147. Selección de la ventana OPC TAG CREATOR.

Se abrirá la ventana de configuración de OPC TAG CREATOR; la figura 148 muestra la ventana de configuración de OPC TAG CREATOR:

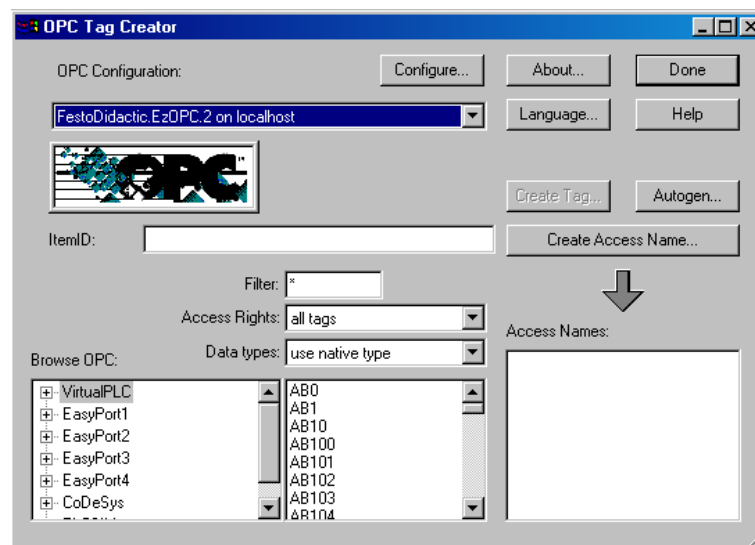


Figura 148. Ventana de configuración de OPC TAG CREATOR.

Después dirigir hacia *OPC Configuration_Configure* y se abrirá la ventana siguiente como la que se muestra en la figura 149:

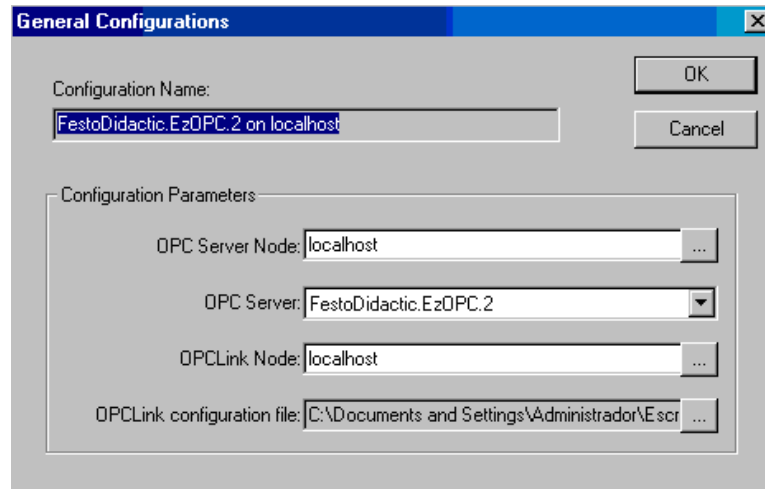


Figura 149. Configuraciones generales del OPC.

En esta ventana se debe seleccionar el Servidor OPC que en nuestro caso es el FestoDidactic.EzOPC.2 y abrir el archivo de configuración del OPC LINK y aceptar.

Luego de esto se procede a configurar el *ACCESS NAME* de la aplicación del OPC LINK, para esto se hace click en *CREATE ACCESS NAME* de la Ventana de configuración de *OPC TAG CREATOR* y aparecerá una ventana como esta y seleccionar *EASY PORT* que ya fue configurado previamente en el servidor OPC LINK, como se indica en la figura 150:

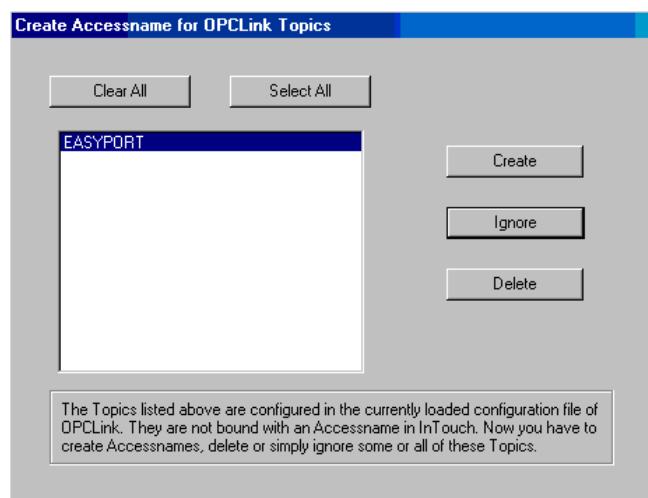


Figura 150. Ventana de creación de ACCESS NAMES para el tópic OPC LINK.

Luego de esto se procede a seleccionar el dispositivo *Easy Port 1*, y las entradas y salidas ya sean estas digitales y análogas que se convenga crear, y seleccionar el comando *CREATE TAG*, como lo indica la figura 151, para luego utilizarlos en *WINDOW MAKER*.

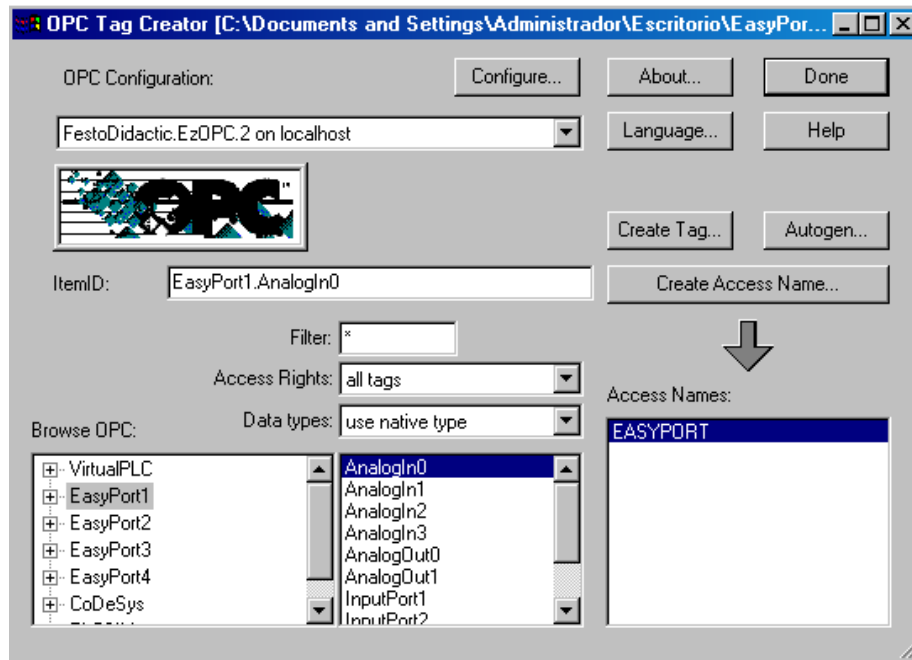


Figura 151. Ventana para creación de TAG NAMES

Por ejemplo para la creación de una entrada análoga se procede de la siguiente forma, seleccionar *Easy Port 1*, la entrada *AnalogIn0* y el Access Name *EASYPOR* y seleccionar *Create Tag*, una ventana como la que se muestra en la figura 152 aparecerá:

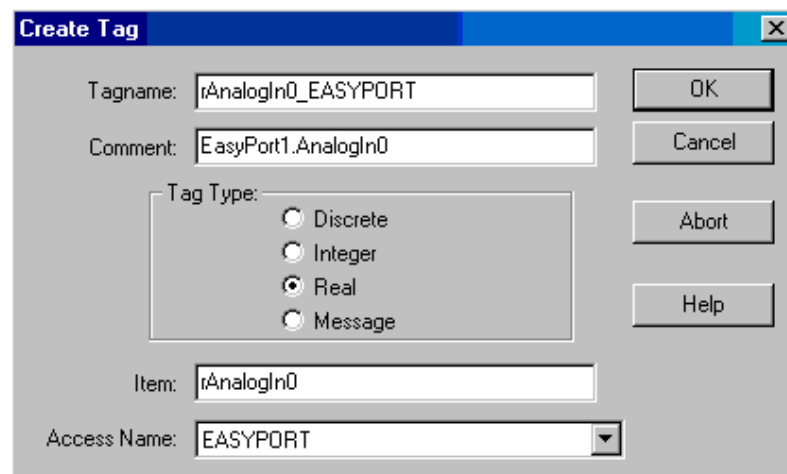


Figura 152. Ventana de configuración de TAG NAMES

En este caso se trata de una entrada análoga por lo que se debe seleccionar el tipo de *TAG Real*, y aceptar con lo cual ya se creó la entrada análoga.

Para la creación de una salida digital se procede de la siguiente forma, seleccionar *Easy Port 1*, la salida *OutputPort1* y el Access Name *EASYPOR*T y seleccionar *Create Tag*, una ventana como la que se muestra en la figura 153 aparecerá:

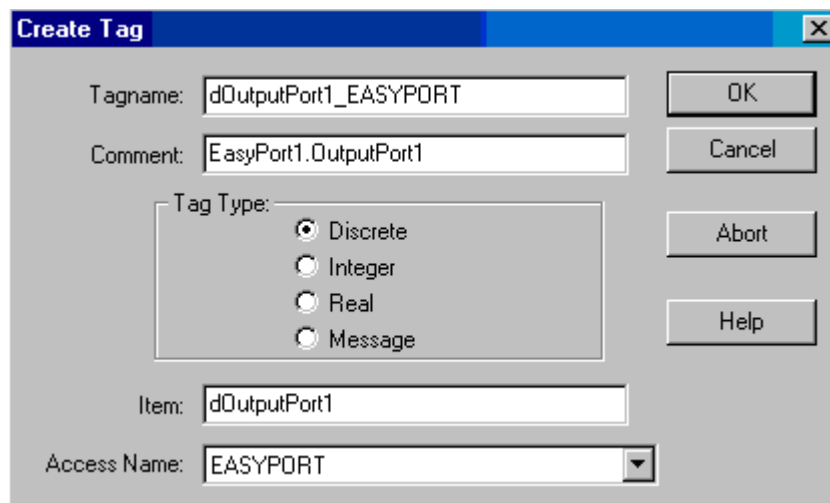


Figura 153. Ventana de configuración de TAG NAMES.

En este caso se trata de una salida digital por lo que se debe seleccionar el tipo de *TAG Discrete*, y aceptar; con lo cual ya se creó la salida digital.

3. Configuración de los TAG NAMES en IN TOUCH.

Cuando se haya introducido en WINDOW MAKER todos los objetos tomados de Wizard, Symbol Factory o Mapas de bits introducidos a la ventana, que se requieren para realizar la visualización del proceso, se procede a definir su dirección por medio de un TAG NAME que fueron creados anteriormente por OPC TAG CREATOR.

Marcando el objeto deseado aparecerá una ventana en donde se debe seleccionar el tipo y función que desempeñará la señal dentro de WINDOW MAKER. La figura 154 muestra la ventana de configuración de objetos.

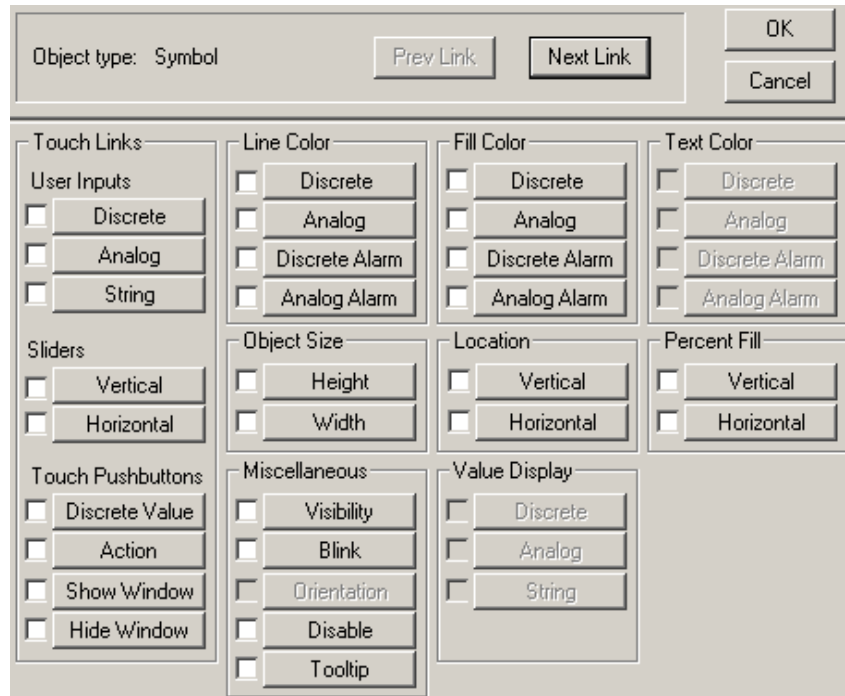


Figura 154. Ventana de configuración de objetos de Window Maker.

Una vez configurado el objeto se procede a seleccionar el TAG NAME realizando doble click en Expression y aparecerá la ventana siguiente, como se muestra en la figura 155:

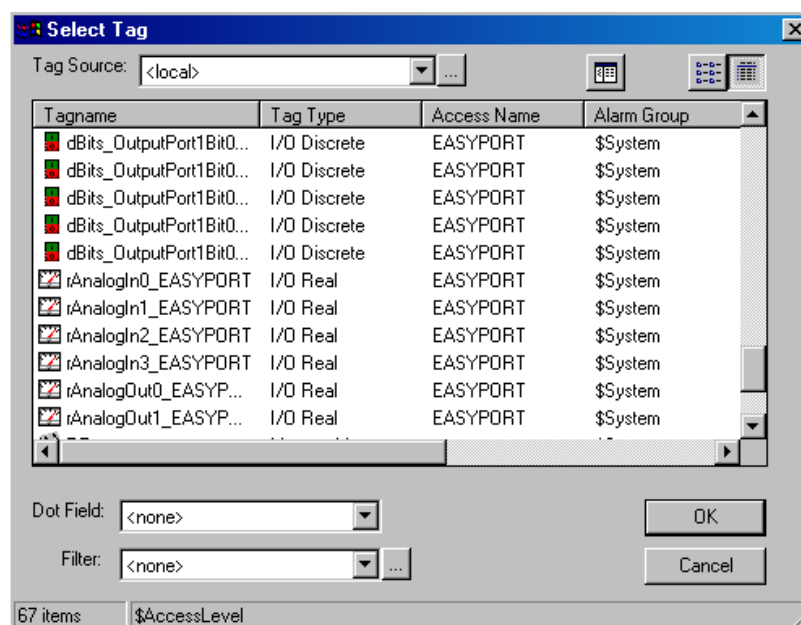


Figura 155. Ventana de selección de TAG NAMES

Se procede a seleccionar el *TAG NAME* adecuado para el objeto que se desea realizar la animación. La tabla 26 muestra todos los TAG NAMES del modulo Easy Port tanto en sus señales digitales y análogas.

TAG NAME	TIPO	EASY PORT	DETALLES
dBits_InputPort1Bit00_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 0	
dBits_InputPort1Bit01_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 1	
dBits_InputPort1Bit02_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 2	
dBits_InputPort1Bit03_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 3	
dBits_InputPort1Bit04_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 4	
dBits_InputPort1Bit05_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 5	
dBits_InputPort1Bit06_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 6	
dBits_InputPort1Bit07_EASYPORT	I/O Discrete	In Digital 7	
dBits_OutputPort1Bit00_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 0	
dBits_OutputPort1Bit01_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 1	
dBits_OutputPort1Bit02_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 2	
dBits_OutputPort1Bit03_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 3	
dBits_OutputPort1Bit04_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 4	
dBits_OutputPort1Bit05_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 5	
dBits_OutputPort1Bit06_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 6	
dBits_OutputPort1Bit07_EASYPORT	I/O Discrete	Out Digital 7	
rAnalogIn0_EASYPORT	I/O Real	In Análoga 0	Variable del Proceso
rAnalogIn1_EASYPORT	I/O Real	In Análoga 1	Kp
rAnalogIn2_EASYPORT	I/O Real	In Análoga 2	Ki
rAnalogIn3_EASYPORT	I/O Real	In Análoga 3	Kd
rAnalogOut0_EASYPORT	I/O Real	Out Análoga 0	Set Point
rAnalogOut1_EASYPORT	I/O Real	Out Análoga 0	

Tabla 26. TAG NAMES utilizados en WINDOW MAKER.

4.5.3. Sintonización del Control Proporcional Integral Derivativo de Posición.

Para la sintonización del Control PID, se debe tomar en cuenta todos los datos técnicos del potenciómetro lineal, sensor de presión y válvula proporcional, la correcta calibración de estos dispositivos permitirán controlar al sistema en bucle cerrado.

Para que los dispositivos trabajen dentro de rangos establecidos y poder controlar al sistema se han obtenido algoritmos en base a las curvas de trabajo del potenciómetro lineal y sensor de presión.

El potenciómetro lineal posee una carrera útil de 413 mm y emite una señal de salida de 0 a 10 VDC, esto sin carga, pero al momento de encontrarse anclado al actuador lineal trabaja en un rango de 0,16 a 8,97 VDC, estos valores fueron medidos una vez que los dispositivos fueron acoplados.

La válvula proporcional posee tres rangos de trabajo los mismos que son de 0 a 5 VDC (Salida vía derecha), de 5 a 6 VDC (zona muerta), y de 6 a 10 VDC (salida vía izquierda), factores que se debe tomar en cuenta para realizar los algoritmos y relacionarlos de manera correcta con las curvas de trabajo del potenciómetro lineal y sensor de presión.

Con los rangos de trabajo tanto del potenciómetro lineal como de la válvula proporcional se procede a definir la ecuación de la recta del potenciómetro lineal en función de la válvula proporcional; como se muestra en la figura 156.

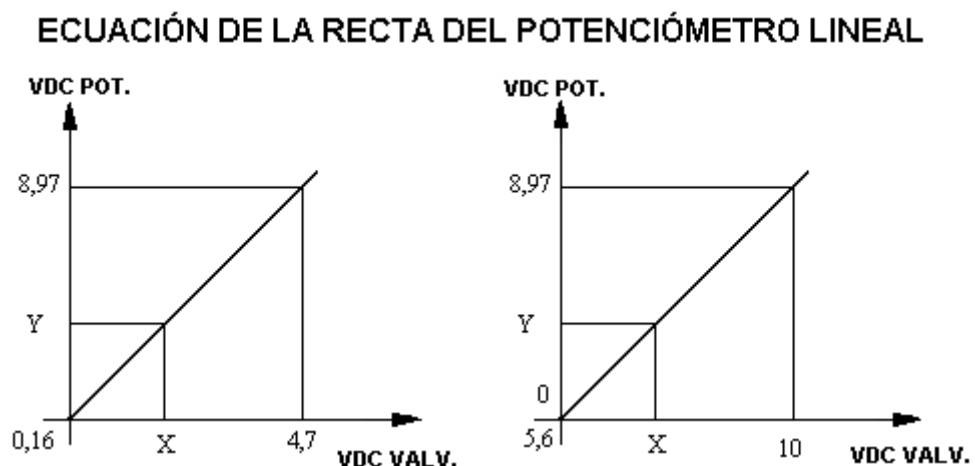


Figura 156. Curva característica del potenciómetro lineal.

El funcionamiento de la válvula proporcional utilizando el potenciómetro lineal se la realiza mediante los siguientes algoritmos.

$$\frac{8,97 - 0}{Y - 0} = \frac{4,7 - 0,16}{X - 0,16}$$

Ecuación 1.0

$$\frac{8,97 - 0}{Y - 0} = \frac{10 - 5,6}{X - 5,6}$$

H

$$X = \frac{4,54Y + 1,4352}{8,97}$$

Ecuación 1.1

$$X = \frac{4,4Y + 50,232}{8,97}$$

Ecuación 2.1

Una vez que se calculó los algoritmos del potenciómetro lineal, se debe introducir el algoritmo del dispositivo que se esté utilizando en el Control para relacionarlo con la señal de la variable del proceso en IN TOUCH por medio del siguiente procedimiento:

- Seleccionar *Special_Scripts_Window Script*, como se muestra en la figura 157.

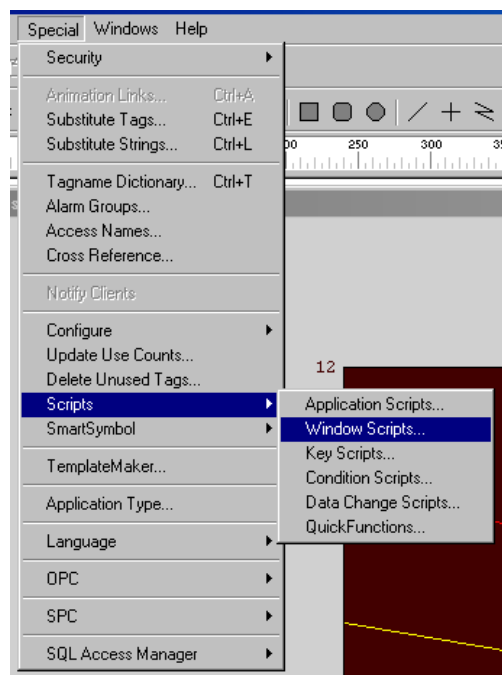


Figura 157. Selección de la opción Window Script

Se abrirá una ventana como de la Figura 158 en donde se debe introducir el algoritmo obtenido anteriormente; en IN TOUCH se le asigna el *TAG NAME* z, tanto en el tipo de condición On Show y While Show, relacionando con la válvula proporcional que es la variable del proceso que tiene el *TAG NAME* rAnalogIn0_EASYPORT.

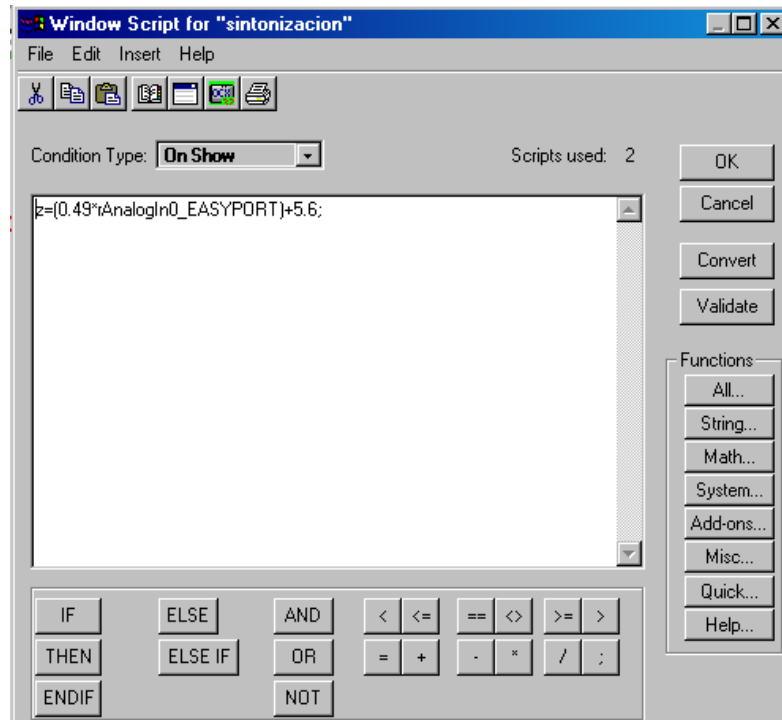


Figura 158. Ventana de escritura para sintonización.

El TAG NAME *z*, es de tipo memoria real y se lo asigna en el *Pen 2* de la ventana de configuración de las curvas en tiempo real; como se muestra en la figura 159:

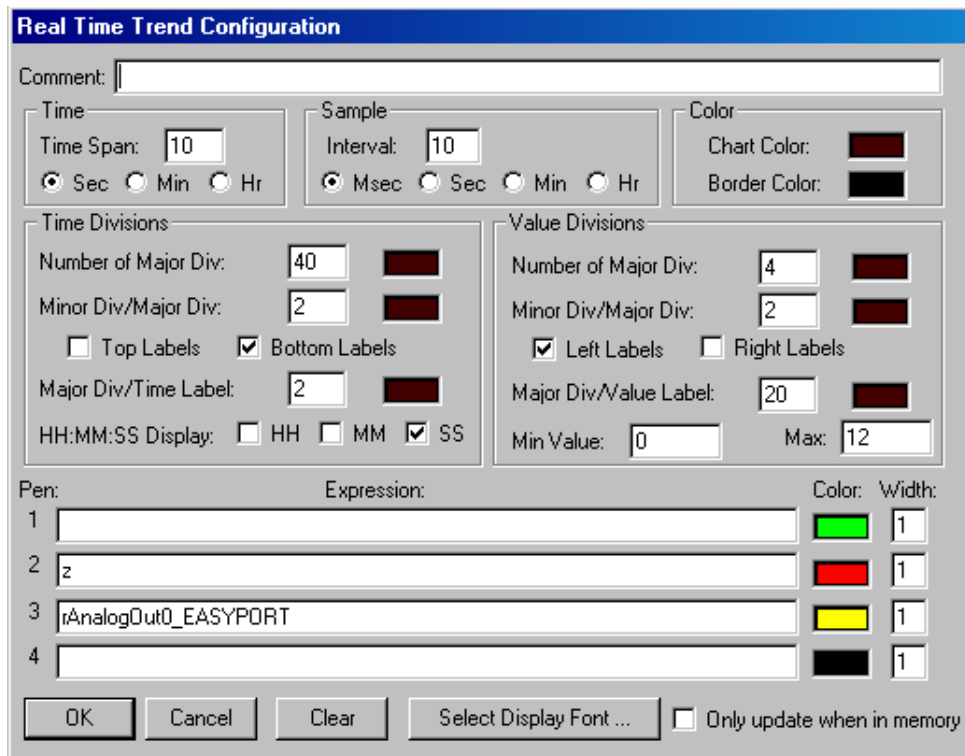


Figura 159. Ventana de configuración de curvas en tiempo real.

Una vez que fueron colocados todos los parámetros necesarios e iniciados la simulación; las gráficas en tiempo real muestran las siguientes curvas del proceso; como se muestra en la figura 160:

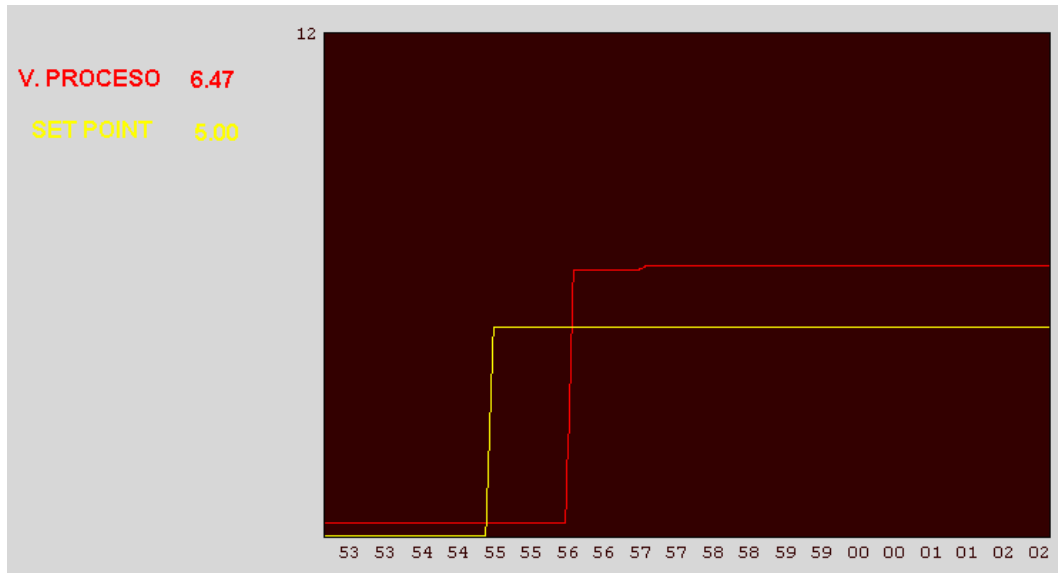


Figura 160. Curva de la variable del proceso y set point, iniciándose el control.

Cuando el sistema se encuentra sin las constantes adecuadas para la sintonización del control de posición, como son las constantes de proporcionalidad, integrabilidad y derivatibilidad correctas, el sistema se encuentra inestable y oscilante; la figura 161 muestra este tipo de curvas:

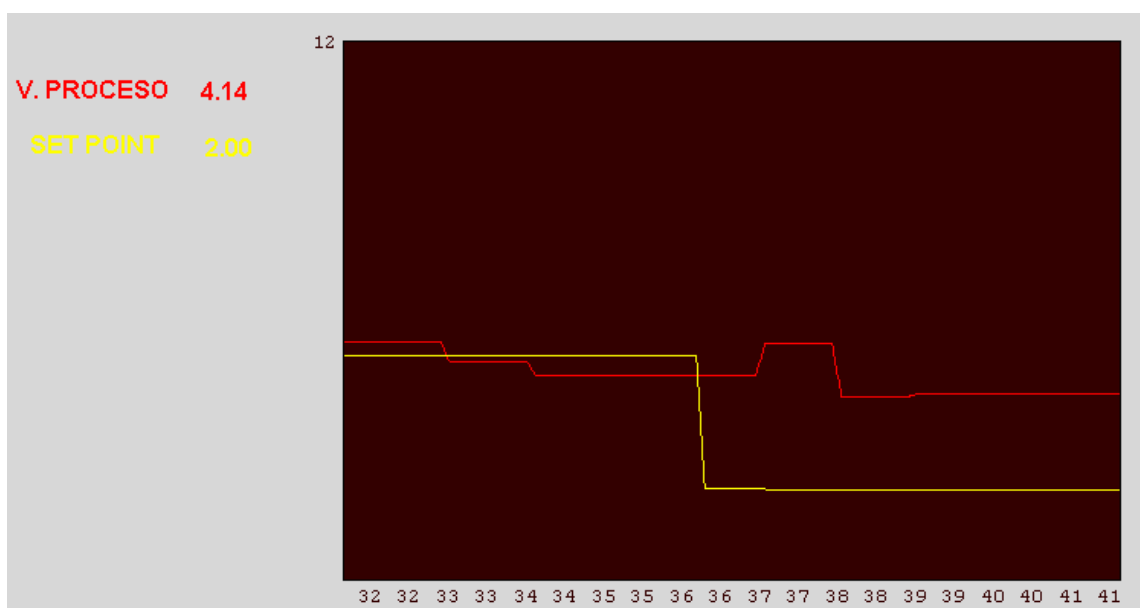


Figura 161. Sistema oscilante e inestable.

Una vez que fueron introducidas las constantes correctas para la sintonización del Control PID posición, se puede observar en la figura 162, el máximo sobre-impulso y como el sistema se estabilizó en poco tiempo.

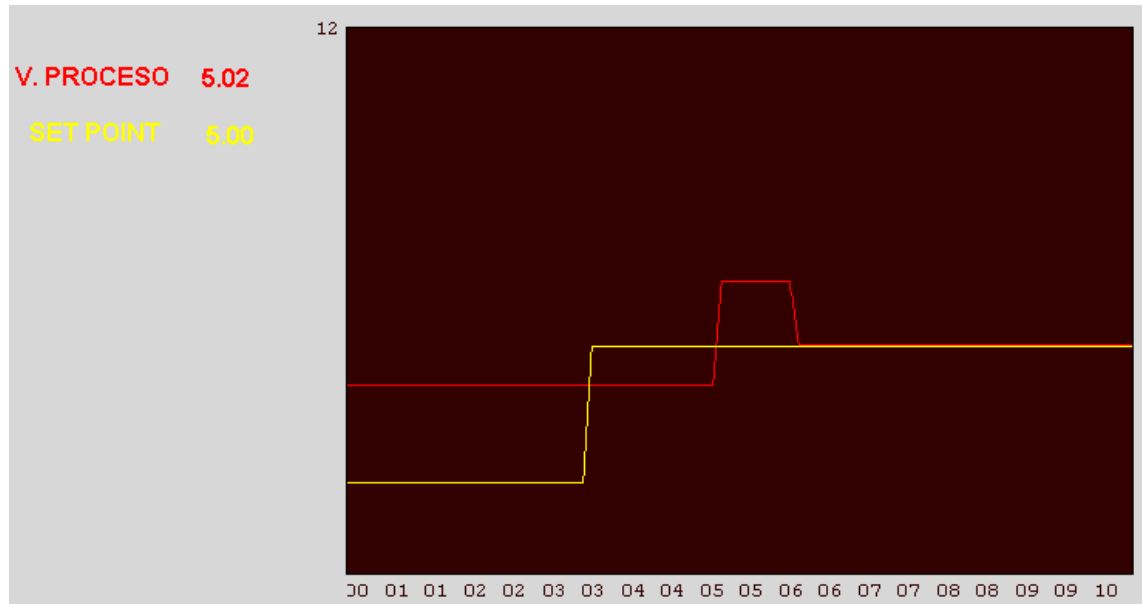


Figura 162. Estabilidad del control PID posición.

4.5.4. Sistema de Control para el Control PID de Posición¹⁴.

El propósito del controlador de Posición PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia (Set Point) y la señal de salida (Válvula proporcional), sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

La acción del control proporcional es simplemente proporcional al error de control que genera una actuación de control correctivo proporcional al error. La función principal de la acción integral es asegurar que la salida del proceso (Válvula Proporcional) concuerde con la referencia (Set Point) en estado estacionario. Con el controlador

¹⁴ Ogata Katsuhiko, Sistemas de control.

proporcional, normalmente existiría un error en estado estacionario y el propósito de la acción derivativa es mejorar la estabilidad de lazo cerrado.

El algoritmo de control está definido por tres parámetros:

- La banda proporcional (es el rango en el que los cambios del proceso causan un cambio porcentual de 0 a 100% en la salida del controlador).
- La constante de tiempo integral (es el tiempo, en segundos, que toma a la salida del proceso debida a sólo la acción integral en igualar a la salida del proceso debida sólo a la acción proporcional con un error de control constante).
- La constante de tiempo derivativa (es el tiempo, en segundos, en el cual la salida debida a sólo la acción proporcional es igual a la salida debida a la acción derivativa con un error de control rampa. De esta manera, mientras exista un error rampa, la acción derivativa es repetida por la acción proporcional cada tiempo derivativo).

Que permiten la ejecución de la acción proporcional, integral y derivativa, respectivamente.

Para realizar la sintonía del control de posición se la realiza por medio del Método de Ziegler-Nichols que consiste en usar temporalmente la parte proporcional del PID. Se varía la ganancia K_p desde 0 hasta un valor crítico K_{cr} en donde la salida exhibe oscilaciones sostenidas para la sintonía del PID Posición.

La figura 163 muestra la configuración del sistema de control en lazo cerrado, en donde se toma como referencia el controlador K_p , para obtener el periodo de la oscilación P_{cr} y la ganancia crítica de proporcionalidad K_{cr} de la señal de salida y así calcular las demás constantes K_d y K_i .

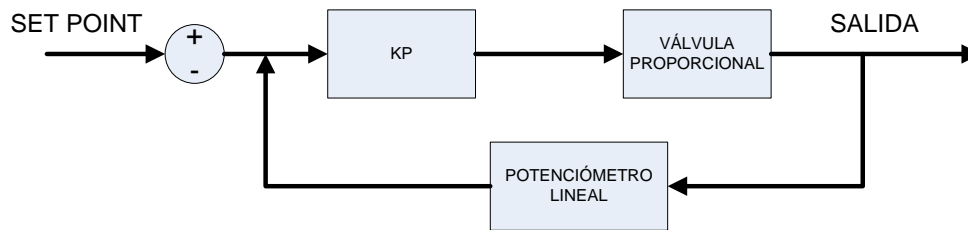


Figura 163. Sistema de control en lazo cerrado para el control de posición.

Para el cálculo del periodo P_{cr} , procedemos a medir con el osciloscopio la señal de salida del sistema en este caso es la señal de la válvula proporcional; esto se lo debe realizar con carga y sin carga en el actuador lineal. La figura 164 muestra la forma de onda obtenida de la salida del sistema, sin carga en donde se observa el periodo $P_{cr}=0.25s$; esto con una constante crítica de proporcionalidad de $K_{cr}=10$.

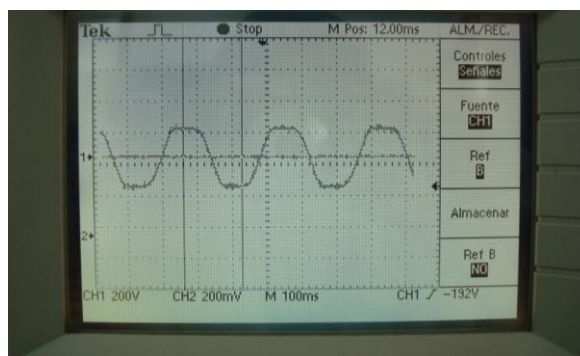


Figura 164. Forma de onda de la salida del sistema sin carga.

Luego se procede a colocar carga en el actuador lineal y a visualizar la forma de onda a la salida del sistema; la figura 165 muestra la forma de onda del sistema con carga, en donde el período $P_{cr}=0.5 s$; y la constante crítica de proporcionalidad es $K_{cr}=4.6$.

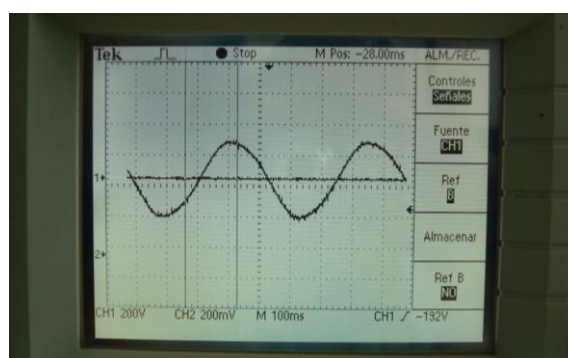


Figura 165. Forma de onda de la salida del sistema con carga.

Entonces la ganancia crítica K_{cr} y el periodo P_{cr} correspondientes se determinan experimentalmente, y Ziegler-Nichols sugieren establecer los valores de K_p , T_i y T_d de acuerdo con la formula que aparece en la tabla 27:

TIPO	KP	Ti	Td
P	0.5 K_{cr}	inf	0
PI	0.45 K_{cr}	$P_{cr}/1.2$	0
PID	0.6 K_{cr}	0.5 P_{cr}	0.125 P_{cr}

Tabla 27. Reglas de Sintonización basadas en la respuesta al escalón de la planta

Los valores introducidos en el Regulador PID, para la sintonización del Control PID de acuerdo a los datos obtenidos experimentalmente se muestran en la tabla 28 son los siguientes:

TIPO			KP	Ti	Td
PID	Kcr	Pcr	0.6 Kcr	0.5 Pcr	0.125 Pcr
CON CARGA	4,6	0,5	2,76	0,25	0,06
SIN CARGA	10	0,25	6	0,125	0,03

Tabla 28. Valores para la sintonización del control PID posición

Que se encuentran dentro del rango de operación del Regulador PID del módulo TP 111 que son:

$$K_p = 0 - 1000$$

$$K_i = 0 - 1000 \text{ 1/s}$$

$$K_d = 0 - 1000 \text{ ms}$$

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN

5.1. Pruebas de Operación

Las pruebas de operación de la Interface de comunicación se las ha dividido en dos grupos para su mejor estudio e interpretación, los cuales son:

1. Pruebas de operación de señales digitales.
2. Pruebas de operación de señales análogas.

1. Pruebas de operación de señales digitales (Ver Anexo A).

En este tipo de pruebas se realizaron las siguientes pruebas, se detallan completamente en el Anexo A:

- **Configuración y montaje de un sistema de clasificación de piezas (Práctica 1)**

Con esta práctica se clasifican pruebas de agua en función del tamaño de los frascos. En donde el sistema de mando permite ejecutar este proceso con la utilización de un cilindro de simple efecto y en caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.

- **Configuración y montaje de un sistema de bloqueo del flujo de agua (Práctica 2)**

Un sistema de tratamiento de agua tiene que abrirse o cerrarse el paso de agua en numerosas tuberías. En donde deberá encontrarse uno de los posibles sistemas de accionamiento de una válvula de cierre.

Para la ejecución de esta práctica deberá utilizarse un cilindro de doble efecto el cual deberá controlarse mediante un pulsador y en caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.

- **Configuración y montaje de un equipo para encajar tapas (Práctica 3)**

En esta práctica se simula el llenado de cubos de plástico con pintura para paredes o techos. Después de la operación de llenado, los cubos se cierran con tapas que se encajan a presión. Se deberá utilizar un cilindro de doble efecto el que se deberá controlar mediante un pulsador y en caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.

- **Configuración y montaje de una compuerta abatible (Práctica 4)**

En esta práctica de laboratorio se simula la dosificación de granulado de material plástico proveniente de un silo. El silo se abre y cierra mediante una compuerta abatible.

La operación deberá poderse activar desde dos lugares diferentes para el desarrollo de la misma deberá utilizarse un cilindro de simple efecto, el control del cilindro deberá ser indirecto y mediante pulsadores manuales.

- **Configuración y montaje de un sistema de desviación de piezas (Práctica 5)**

En la presente práctica se trata de simular un sistema de desviación de piezas en donde se desvían paquetes de una cinta de transporte a otra. En la cual se debe utilizar un cilindro de doble efecto y el accionamiento de un cilindro es indirecto y por medio de pulsadores.

- **Taladradora (Práctica 6)**

En la siguiente actividad simularemos la operación de un taladrado vertical de piezas. Se dispone de un cilindro A que se encarga de sacar las piezas del cargador vertical y posicionarlas para que sean taladradas. El avance del taladro se realiza a través del cilindro B que baja 2 segundos después de ser posicionada la pieza por el cilindro A. El avance de este cilindro será lento y el retroceso rápido.

- **Lavador de piezas (Práctica 7)**

En esta práctica se simula un lavador de piezas en donde el sistema compuesto de un cilindro en el que se cuelga una cesta llena de piezas, cuando baja el cilindro se introduce la cesta en el baño, cuando sube se sacan las piezas lavadas.

Disponemos de 2 formas de trabajo: manual y automático. Cuando se trabaje en manual se pulsa un pulsador para introducir la cesta en el baño, al pulsarlo la cesta saldrá del baño. Trabajando en

automático, tras iniciar el ciclo a través del pulsador 2, la cesta estará entrando y saliendo durante 5 segundos, al cabo de este tiempo el cilindro retrocederá finalizando así el ciclo automático.

- **Movimiento de cilindro frente de señal (Práctica 8)**

En esta prueba un cilindro se encuentra desplazando mediante la acción de una válvula solenoide de 5/2 vías.

Dos interruptores de tope en este caso sensores de proximidad capacitivos, detectan las posiciones “extendida” y “retirada” respectivamente. El cilindro se mueve una sola vez siempre y cuando se accione la señal de control.

- **Levantamiento de paquetes (Práctica 9)**

Se transporta paquetes por guías y cuando un paquete llega a la parte inferior del deslizadero, dos cilindros neumáticos lo trasladan al tope del próximo.

El cilindro para levantar y el de empuje está controlado por una doble válvula solenoide 5-2 vías. Dos sensores capacitivos se utilizan para indicar la posición superior o inferior del paquete, respectivamente.

- **Simulación de un Control PID de posición (práctica 10)**

El control de posición en el que se determina una posición a alcanzar por el cilindro. En este caso, la válvula es regulada eléctricamente de tal forma que el cilindro se desplace. La posición actual del cilindro se utiliza como valor de entrada para regular la válvula y se compara con la posición que deberá alcanzar el cilindro.

Una vez que el cilindro ha alcanzado la posición deseada, la desviación es 0 y la válvula se sitúa en posición central (Regulación en Bucle Cerrado).

Con ello el cilindro se detiene. Si por cualquier razón externa el cilindro abandonara la posición de referencia alcanzada, la válvula se abriría en el sentido adecuado para compensar la desviación; el cilindro regresaría a su posición programada.

2. Pruebas de operación de señales análoga. (Práctica 11)

En este tipo de prueba se realizó SUPERVISIÓN Y CONTROL PID POSICIÓN, la supervisión se la realizó mediante el paquete IN TOUCH versión 9.5, en donde se realizó una interfaz gráfica del proceso físico y la visualización de la sintonía del Control PID.

Para el control se realizó un circuito de regulación en bucle cerrado, utilizando el potenciómetro lineal el sistema se logró estabilizar con los siguientes valores que se muestran en la tabla 29:

TIPO			KP	Ti	Td
PID	Kcr	Pcr	0.6 Kcr	0.5 Pcr	0.125 Pcr
CON CARGA	4,6	0,5	2,76	0,25	0,06
SIN CARGA	10	0,25	6	0,125	0,03

Tabla 29. Valores para la sintonización del control PID posición

La figura 166 muestra el regulador PID en donde se visualiza el lugar de conexión de las entradas con la desviación del sistema, y las salidas con la variable de corrección.

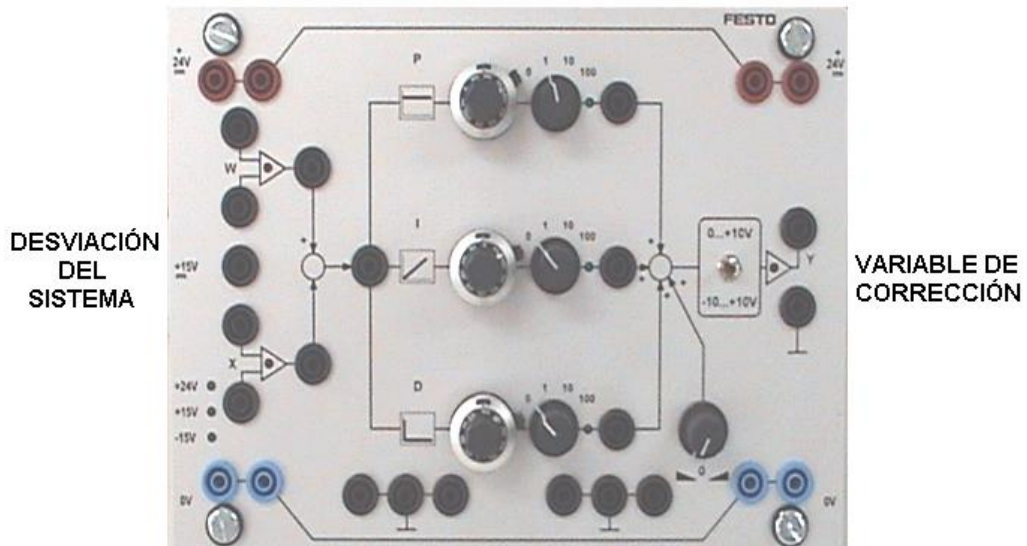


Figura 166. Regulador PID

5.2. Pruebas del Software

Para elegir los paquetes computacionales se lo hizo de acuerdo al tipo de aplicación y a las características del software de acuerdo a que reúna los requisitos de una herramienta de simulación para la obtención de los conocimientos de neumática aplicada.

Los paquetes computacionales elegidos para la Interface de Comunicación entre PC-Módulos Oleo-Neumáticos son:

- Fluid Sim versión 4.2
- Ez OPC versión 5.0
- Wonderware In Touch versión 9.5
- OPC TAG CREATOR de Wonderware
- OPC LINK de Wonderware

Estos paquetes computacionales reúnen los requisitos para que la Interface de Comunicación sea una herramienta Didáctica, Multifuncional e Interactiva. Todos ellos se han detallado específicamente en el desarrollo del Capítulo 1 y Capítulo 4.

5.3. Pruebas del Sistema de Comunicación

Antes de elegir los paquetes computacionales detallados anteriormente, se hicieron varias pruebas con similares software, que reunían ciertas características y la comunicación era exitosa, pero no cumplían requerimientos didácticos.

- **Ez OPC versión 4.9.6**

En esta versión el software presenta una extensa configuración de los parámetros de comunicación y los componentes del sistema, teniendo que obligatoriamente comunicarse a la vez con el Software Factory Soft OPC Client.

OPC Client es la puerta de enlace entre el servidor Ez OPC y el paquete computacional Fluid Sim, además que es una versión antigua con relación al Servidor Ez OPC versión 5.0. La figura 167 muestra las ventanas principales de EZ OPC 4.9.6 y OPC Client.

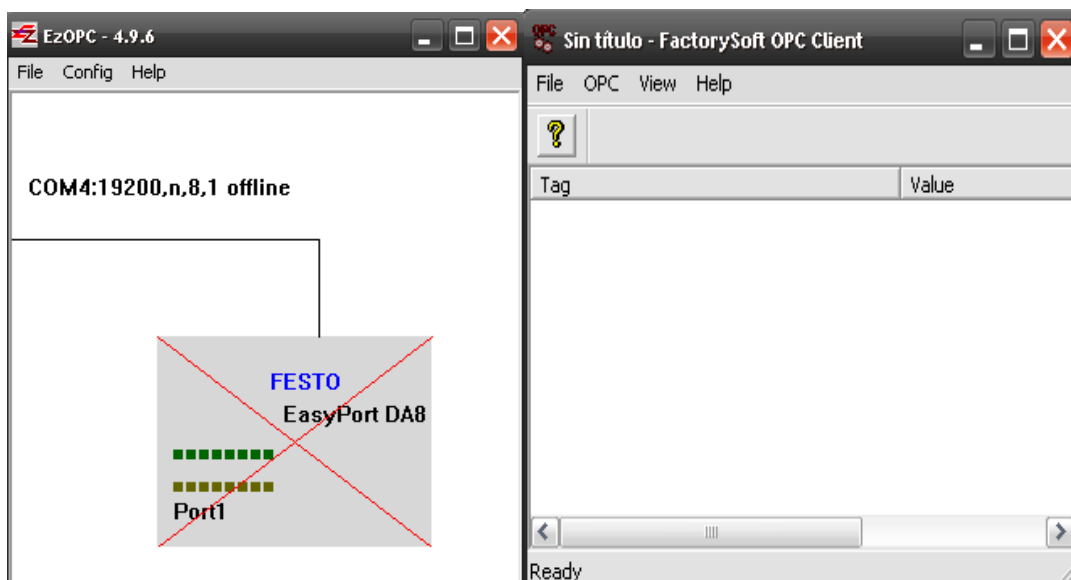


Figura 167. Ventana principal de Ez OPC versión 4.9.6 y Factory Soft OPC Client.

- **EASY OPC de Festo Didactic**

Software que se presenta con una fácil configuración de los parámetros de comunicación y los componentes del sistema, pero no en forma didáctica, por lo que no fue seleccionado para la interface de comunicación, manteniéndose las selección de los paquetes detallados anteriormente. La figura 168 muestra la ventana principal de EASY OPC.

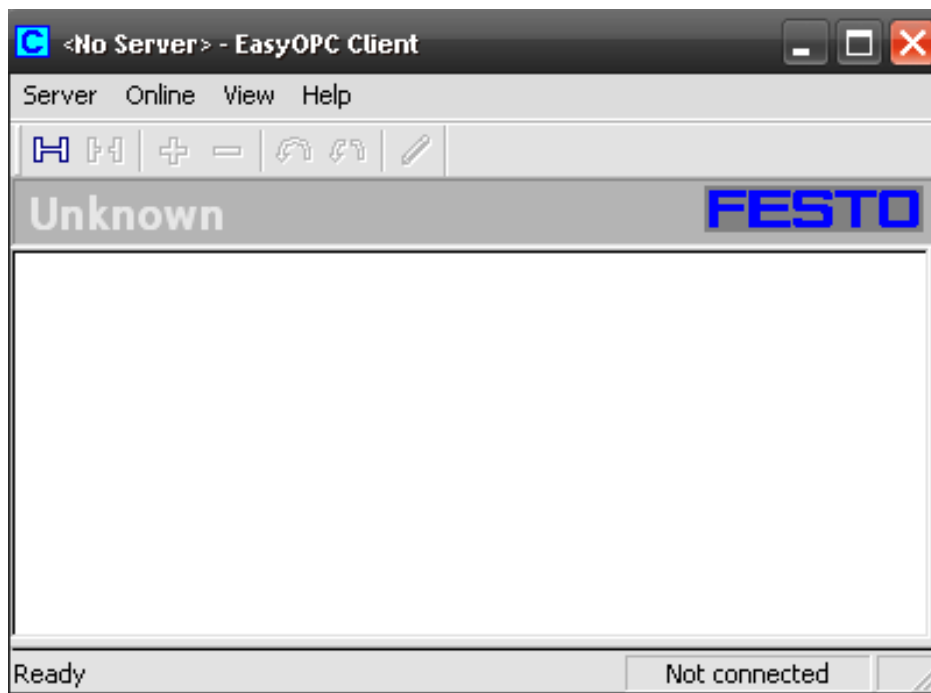


Figura 168. Ventana principal de EASY OPC.

- **TOP SERVER**

El servidor TOP SERVER es un paquete computacional que proporciona un canal de medios para obtener datos e información de una amplia gama de dispositivos industriales y sistemas en las aplicaciones del cliente en la ventana del PC. La figura 169 muestra la ventana principal de TOP SERVER.

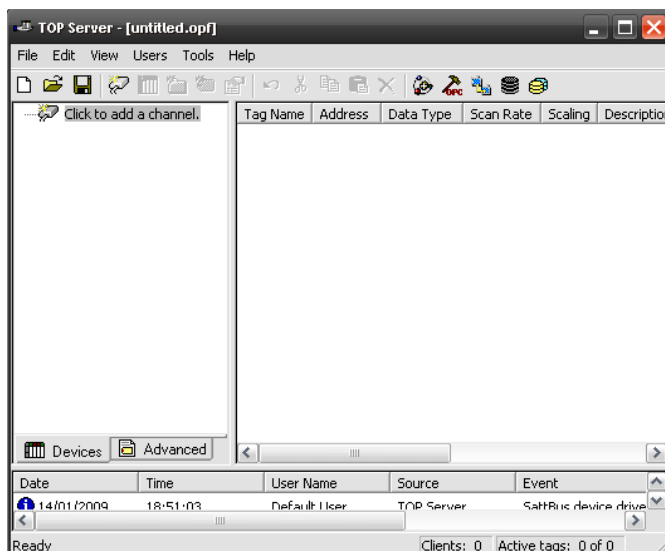


Figura 169. Ventana principal de TOP SERVER

Este servidor posee también entre su listado de conexión de dispositivos el OPC DA Client Driver que una opción de configuración con el Easy Port D8A. En donde se debe incluir el servidor Ez OPC como una puerta de enlace entre el servidor TOP SERVER y el dispositivo Easy Port. La figura 170 muestra el listado de dispositivos del TOP SERVER.

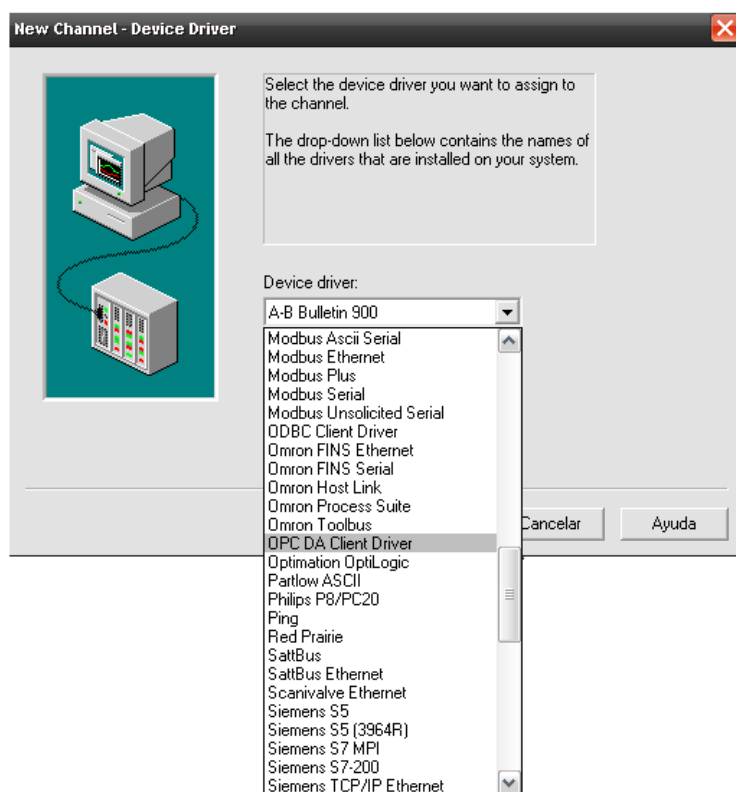


Figura 170. Ventana de dispositivos disponibles para el servidor TOP SERVER

La configuración y selección de ítems para la comunicación resulta muy extensa con lo cual puede dar lugar a equivocaciones además de que necesita un OPC Client en donde se debe configurar el enlace de manera reiterativa a diferencia del servidor OPC LINK que es muy sencillo y rápido, razón por la cual no se eligió al Software TOP SERVER como servidor para la comunicación con In Touch versión 9.5.

5.4. Pruebas y resultados de Monitoreo en Tiempo Real

El monitoreo en tiempo real es una herramienta muy versátil que permite la comprobación de situaciones reales de procesos industriales y permite al operario tomar decisiones con conocimiento de causa del estado de los equipos según su requerimiento, para conseguir objetivos, y proporciona técnicas con las que se puede evaluar los procesos.

Las pruebas se las realizaron en cada una de las prácticas de laboratorio detalladas en las HOJAS GUÍA DE PRACTICAS (Anexo A). Con la finalización de las mismas se llegó a los siguientes resultados:

En Fluid Sim tenemos la posibilidad de verificar cada uno de los componentes actuadores, distribuidores, eléctricos y neumáticos que se encuentran conectados en el diagrama eléctrico, en el diagrama neumático y en el puerto de entrada y de salida del Fluid Sim del Easy Port D8A. La figura 171 muestra el monitoreo de una aplicación electroneumática.

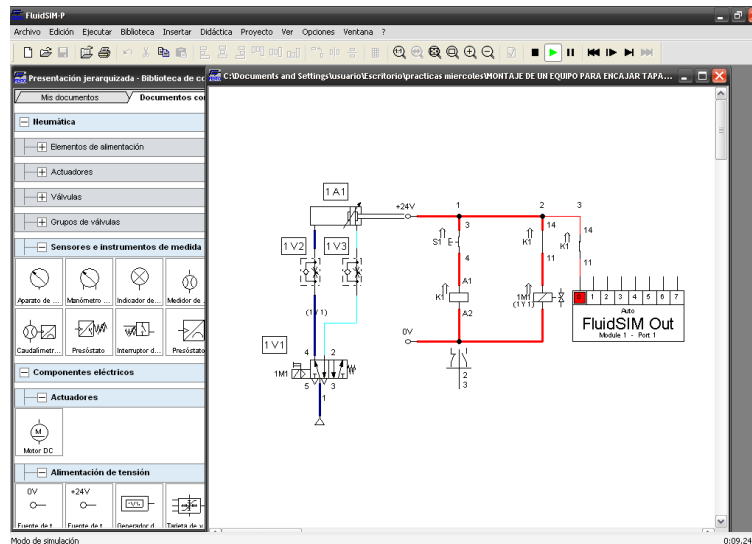


Figura 171. Monitoreo de un proceso Electro-neumático.

Se determina la causa de las situaciones que se desarrollan en el proceso electro-neumático, para determinar acciones de control en el mismo.

En In Touch el monitoreo en tiempo real tiene un concepto más versátil en donde se pueden visualizar los objetos lo más reales posibles a los del proceso, logrando un control integral sobre todos los dispositivos intervinientes en la interfaz hombre-máquina, como se muestra en la figura 172.

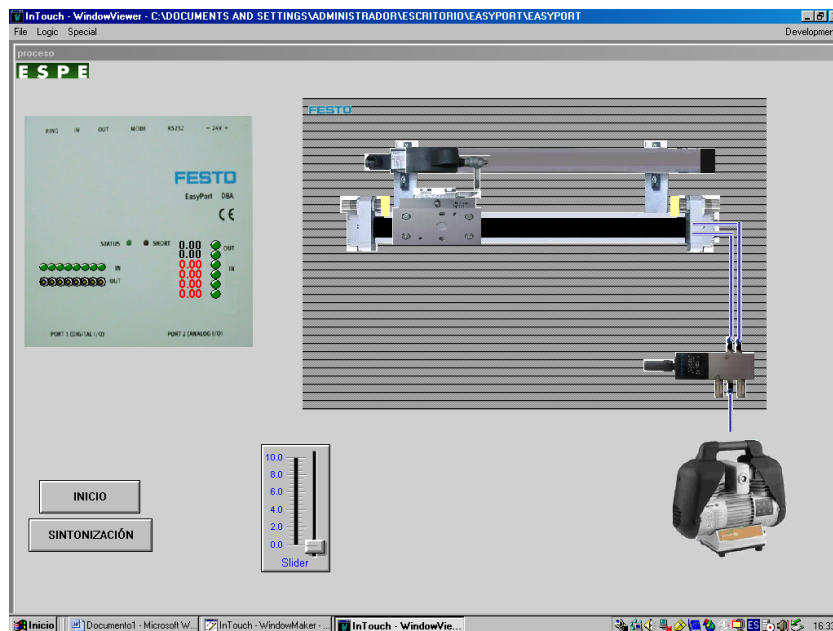


Figura 172. Monitoreo de un proceso en In Touch

5.5. Comprobación del Sistema

La interfaz de comunicación funciona de manera correcta, en éste al operario le permite obtener muchos beneficios como son la Interacción Hombre-Máquina, al lograr un control integral del proceso que se esté desarrollando, regulado por un prototipo denominado Easy Port D8A y los paquetes computacionales elegidos para éste dispositivo, que serán el medio por el cual se pueda combinar la simulación práctica con la real.

Este sistema logra tener un completo control por medio del software al medio físico, beneficiando al usuario que tendrá la posibilidad de realizar prácticas con confirmación de hechos.

La simulación y verificación del comportamiento de situaciones reales, permite al alumno diseñar y animar circuitos de variadas tecnologías, como son la Neumática básica, la Neumática avanzada, Electro-neumática, Control PID, facilitando el control del proceso desarrollado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

- Se implementó la Interface de Comunicación entre PC-Módulos Oleoneumáticos I/O análogos y digitales en tiempo real para el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la ESPE-L.
- Se seleccionó e implementó el módulo Easy Port D8A de Festo Didactic como medio físico de la Interfaz de Comunicación.
- Se seleccionó e implementó el paquete computacional Fluid Sim versión 4.2 para las aplicaciones digitales como software de interacción el cual ayuda a enseñar, aprender y visualizar la neumática.
- Se seleccionó e implementó el paquete computacional In Touch versión 9.5 para las aplicaciones análogas como software de monitoreo y control de la Interfaz de Comunicación.
- Se implementó una Interfaz Hombre Máquina HMI, simulando un proceso industrial con el equipo de laboratorio disponible.
- Se estableció una comunicación OPC y DDE mediante los servidores Ez OPC versión 5.0 y OPC LINK, con Fluid Sim versión 4.2 e In Touch versión 9.5; en donde se utilizó los equipos didácticos de laboratorio.

- Se implementó un programa de prácticas de electroneumática y neumática proporcional en donde se puede realizar diseño, monitoreo, control y supervisión de circuitos neumáticos.
- La sintonización del Control PID posición fue basándose en el método de Ziegler-Nichols tomando como referencia el método de oscilaciones.
- El tipo de interfaz implementado es RS232, el cual presenta facilidades de comunicación ya que no se requiere configuraciones previas.
- El módulo Easy Port D8A no requiere de direccionamiento ya que el sistema se configura automáticamente.
- Se implementó la Supervisión y control PID posición como práctica de laboratorio de señales análogas, utilizando como módulo de adquisición de datos el Easy Port D8A.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Los voltajes máximos indicados para el suministro de poder y para las entradas y salidas del módulo Easy Port D8A no deben excederse bajo ninguna circunstancia los voltajes deben superar los 30 VDC. Sólo deben hacerse las conexiones eléctricas e interrumpidas con dispositivos apagados.
- El dispositivo Easy Port D8A sólo puede usarse en sistemas que devuelven automáticamente a un estado seguro cuando la fuente de voltaje se apaga.
- Verificar que la conexión de sensores de conexión positiva PNP y conexión negativa NPN, concuerde con la configuración de los interruptores del terminal digital Sys Link.
- Utilizar los cables de datos paralelos y cruzados tanto digitales como análogos de acuerdo a la aplicación que se desee, una mala elección podría causar cortocircuitos o mal funcionamiento de dispositivos conectados al proceso.

- En caso de que el led indicador de corto circuito (Short) del Easy Port D8 A no se apague después de cinco segundos, se debe desconectarlo de la fuente de alimentación de 24 VDC y verificar conexiones.
- En caso de utilizar el cable de datos digital Sys Link con los terminales abiertos se debe verificar la asignación de pines del cable, para evitar malas conexiones.
- En caso de que la comunicación Fluid Sim-Ez OPC no sea exitosa se recomienda cerrar los paquetes computacionales, reiniciar el equipo y las aplicaciones que se estuvieron realizando, así también si se diera el caso de la comunicación entre In Touch-OPC Link.

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELECTRONEUMÁTICA**PRÁCTICA N° 1**

**TEMA: CONFIGURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE
CLASIFICACIÓN DE PIEZAS.**

1. OBJETIVOS

- Estudiar la constitución y el funcionamiento de un cilindro de simple efecto.
- Identificar la constitución y el funcionamiento de una válvula 3/2 vías.
- Explicar el funcionamiento de un accionamiento directo y poder montar un sistema correspondiente.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cuál es la simbología de un cilindro de simple efecto?
- b. ¿Cómo se realiza el retorno de un cilindro de simple efecto?
- c. ¿Cuales son las funciones de una electroválvula 3/2?
- d. ¿Qué función tiene la unidad de mantenimiento dentro de un sistema neumático?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA**DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

Con este equipo se clasifican pruebas de agua en función del tamaño de los frascos. La tarea consiste en desarrollar un sistema de mando que permite ejecutar este proceso ver en la Figura 1.

- Deberá utilizarse un cilindro de simple efecto.
- El cilindro deberá controlarse mediante un pulsador.
- En caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.



Figura 1. Sistema de clasificación de piezas

4. EQUIPO

El equipo utilizado en ésta práctica se muestra en la tabla 1:

Cantidad	Denominación de componentes
1	Cilindro de simple efecto
1	Unidad de mantenimiento
1	Fuente de aire comprimido
1	Válvula de 3/n vías
1	Puerto de salida FluidSIM
2	Fuente de tensión (24V)
1	Fuente de tensión (0V)
1	Relé
1	Pulsador (Obturador)
1	Interruptor (Obturador)
1	Solenoides de válvula
1	Obturador

Tabla 1. Equipo utilizado en la simulación de la práctica.

5. PROCEDIMIENTO

a. Programe el circuito de la Figura 2 en FluidSim:

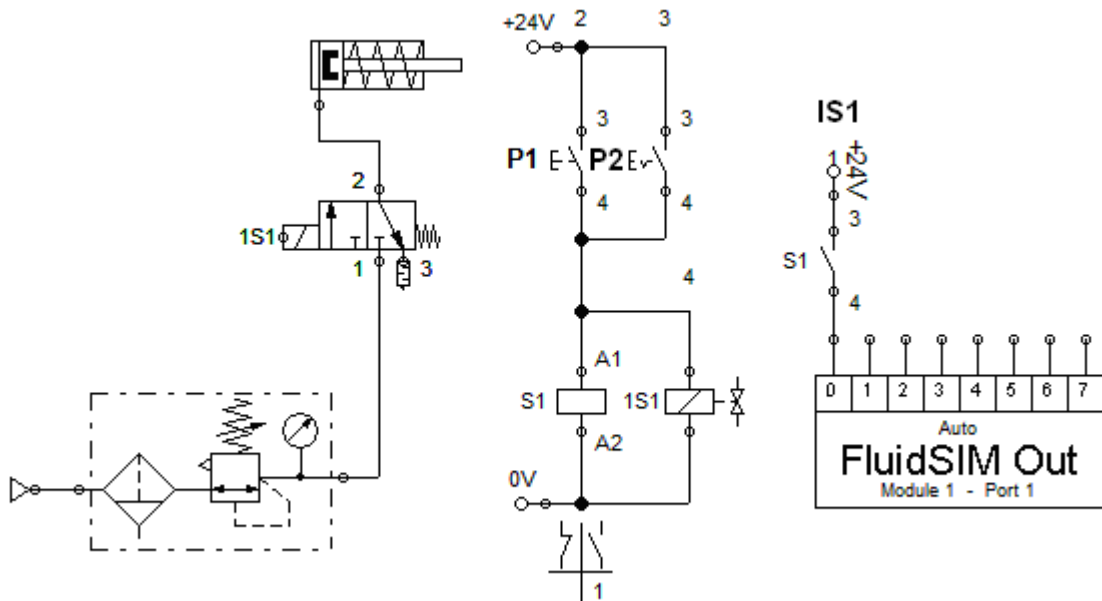


Figura 2. Diagrama Electroneumático de la práctica.

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la Figura 3.

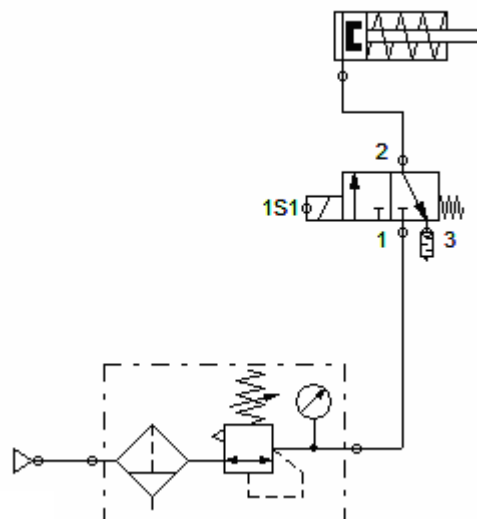


Figura 3. Esquema neumático de la práctica.

- c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia las electroválvulas, en base al cuadro de la figura 4.

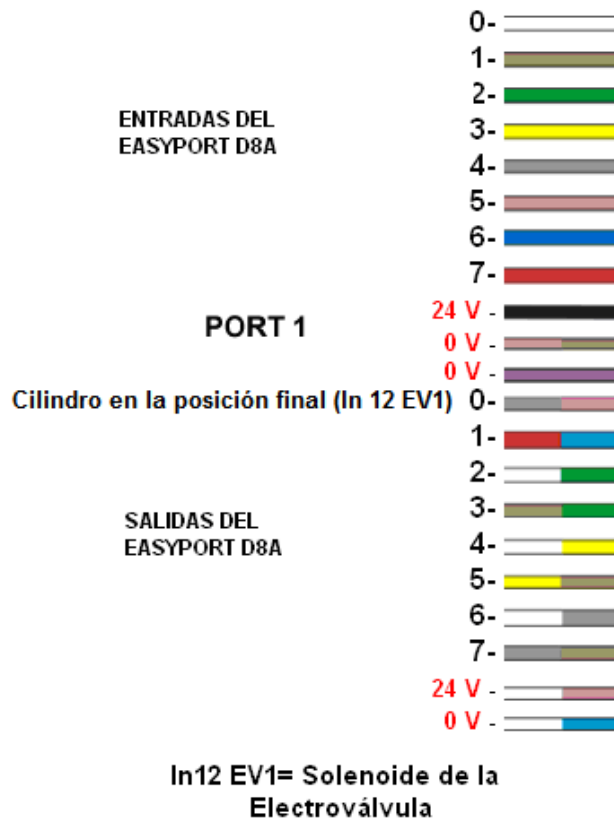


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica.

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada.

6. CUESTIONARIO

- ¿Qué voltaje mediría entre la salida 0 y referencia?
- ¿Cuál es la presión que muestra el manómetro al expulsar el cilindro?
- ¿Qué tipo de accionamiento tiene la válvula neumática utilizada en Fluid Sim?
- ¿Cuál es la función de la unidad de mantenimiento en el sistema?

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ELECTRONEUMÁTICA
PRÁCTICA N° 2**

**TEMA: CONFIGURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE BLOQUEO
DEL FLUJO DE AGUA.**

1. OBJETIVOS

- Identificar la construcción y funcionamiento de un cilindro de doble efecto.
- Explicar el funcionamiento de un accionamiento directo y poder montar el sistema correspondiente.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cuál es funcionamiento de un cilindro de doble efecto?
- b. ¿Cuál es el funcionamiento de una electroválvula 5/2?
- c. ¿Cuáles son las características de funcionamiento de una válvula estranguladora?
- d. ¿Describa el accionamiento directo de un circuito neumático?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un sistema de tratamiento de agua tiene que abrirse o cerrarse el paso de agua en numerosas tuberías. En este ejercicio deberá encontrarse uno de los posibles sistemas de accionamiento de una válvula de cierre como se muestra en la Figura 1.

- Deberá utilizarse un cilindro de doble efecto
- El cilindro deberá controlarse mediante un pulsador.
- En caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.



Figura 1. Boqueo de flujo de agua automático

4. EQUIPO

El equipo utilizado en ésta práctica se muestra en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Fuente de aire comprimido
2	Fuente de tensión (24V)
1	Fuente de tensión (0V)
1	Pulsador (Obturador)
1	Solenoides de válvula
1	Cilindro doble efecto
2	Válvula antirretorno estranguladora
1	Válvula de solenoide direccional quintuple de 2 vías
1	Relé
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Contacto normalmente abierto (Ladder)

Tabla 1 Equipo utilizado en la simulación de la práctica.

5. PROCEDIMIENTO

a. Programe el circuito de la Figura 2 en FluidSim.

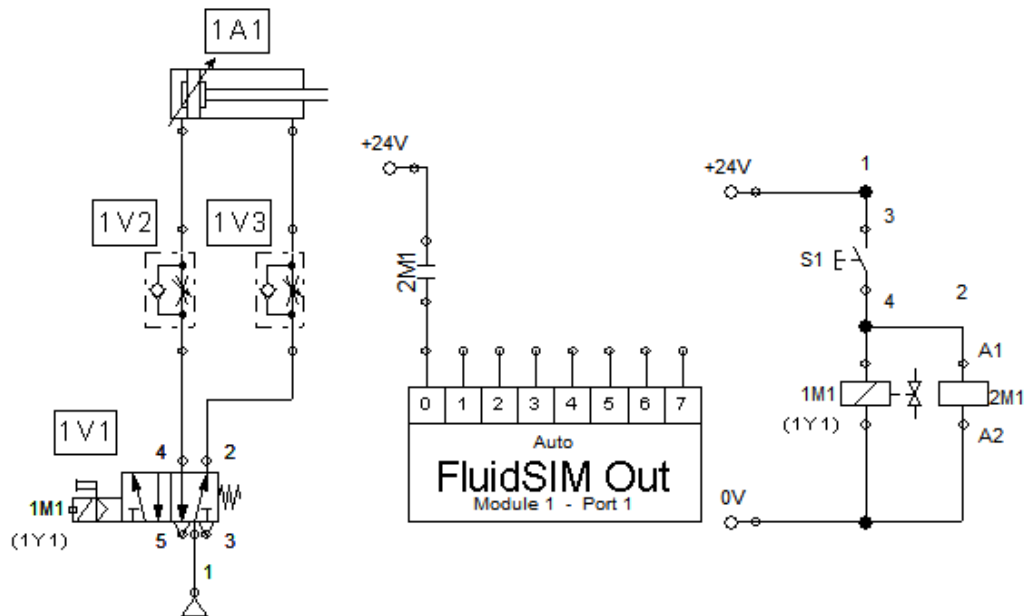


Figura 2. Diagrama electroneumático de la práctica.

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la Figura 3.

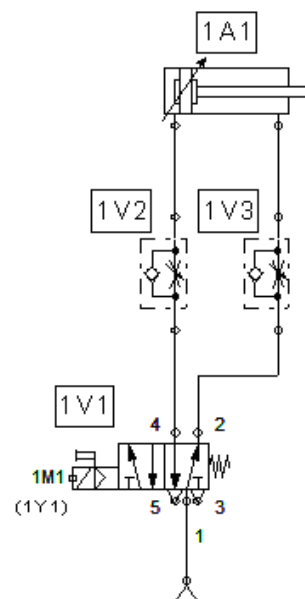


Figura 3 Esquema neumático de la práctica

c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

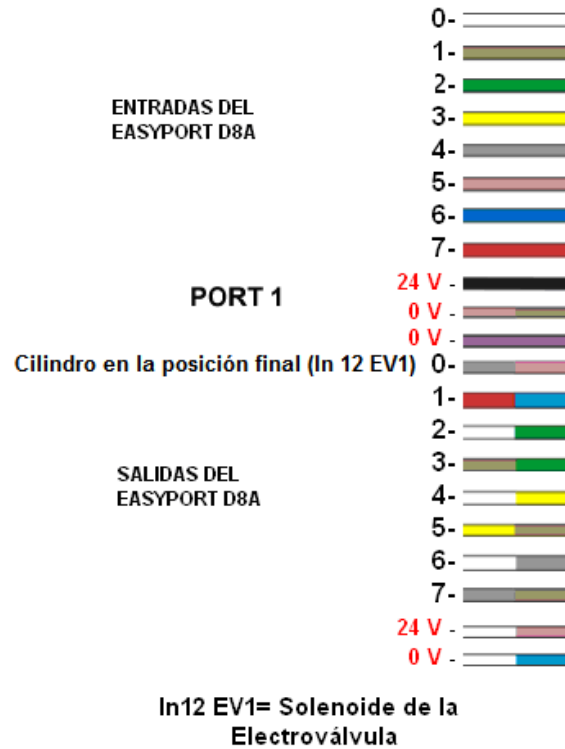


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica

- Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- Determine las características de operación de la aplicación realizada.

6. CUESTIONARIO

- ¿Qué electroválvula se utilizó para la activación de un cilindro de doble efecto?
- ¿Cuál es la función de la válvula estranguladora dentro del circuito neumático?
- Mida la presión a la salida de las válvulas estranguladoras y compare con el manómetro de la unidad de mantenimiento, justifique.

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ELECTRONEUMÁTICA
PRÁCTICA Nº 3**

**TEMA: CONFIGURACIÓN Y MONTAJE DE UN EQUIPO PARA ENCAJAR
TAPAS.**

1. OBJETIVOS

- Describir los construcción y la utilización de las válvulas distribuidoras.
- Explicar el funcionamiento de un accionamiento directo y poder montar el sistema correspondiente.
- Determinar el funcionamiento y configuración de la función de válvulas de reposición por muelle.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cuáles son las diferencias entre una electroválvula 3/2 y una electroválvula 5/2?
- b. ¿Cuál son los tipos de accionamientos de las válvulas neumáticas?
- c. ¿En qué consiste el accionamiento directo?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

Llenado de cubos de plástico con pintura para paredes o techos. Después de la operación de llenado, los cubos se cierran con tapas que se encajan a presión observar la figura 1.

- Deberá utilizarse un cilindro de doble efecto
- El cilindro deberá controlarse mediante un pulsador.

- En caso de un corte de energía, el vástago del cilindro deberá desplazarse a la posición final posterior.



Figura 1. Encajado de Tapas automático

4. EQUIPO

El equipo utilizado en ésta práctica se muestra en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Fuente de aire comprimido
2	Fuente de tensión (24V)
1	Fuente de tensión (0V)
1	Pulsador (Obturador)
1	Solenoides de válvula
1	Cilindro doble efecto
1	Relé
2	Obturador
2	Válvula antirretorno estranguladora
1	Válvula de solenoide direccional quintuple de 2 vías
1	Puerto de salida FluidSIM

Tabla 1. Equipo utilizado en la practica 3

5. PROCEDIMIENTO

- Programe el circuito de la Figura 2 en FluidSim.

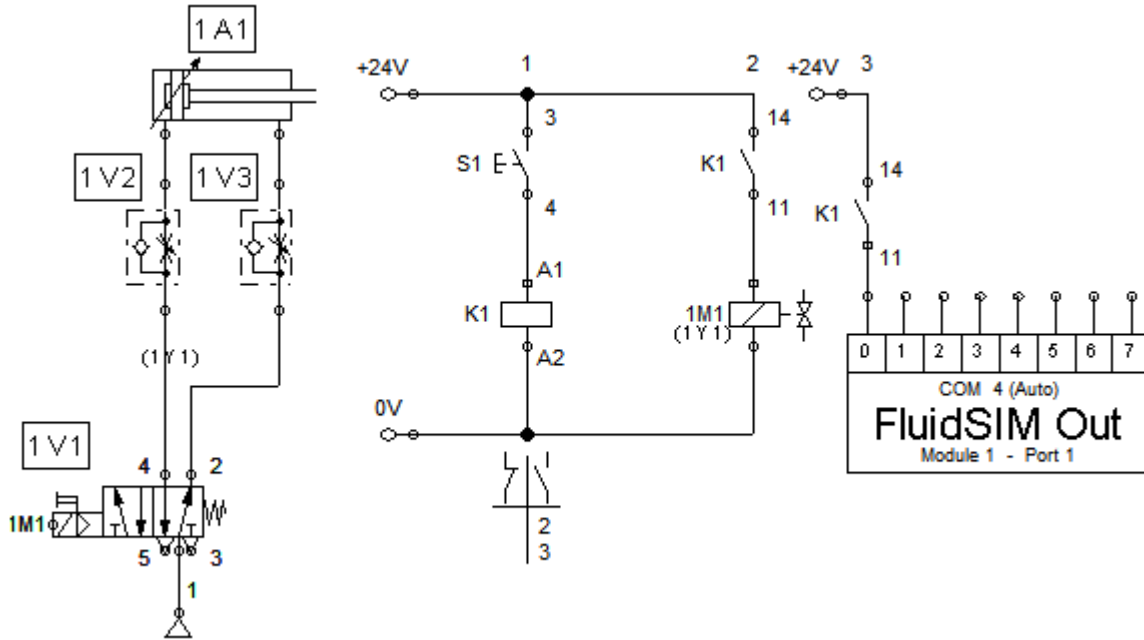


Figura 2. Diagrama electropneumático de la práctica

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

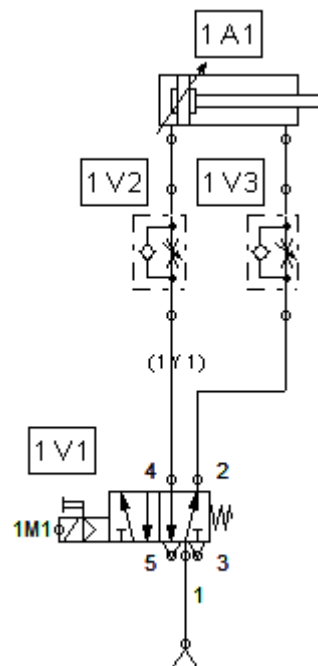


Figura 3. Conexión neumática de la práctica

- c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

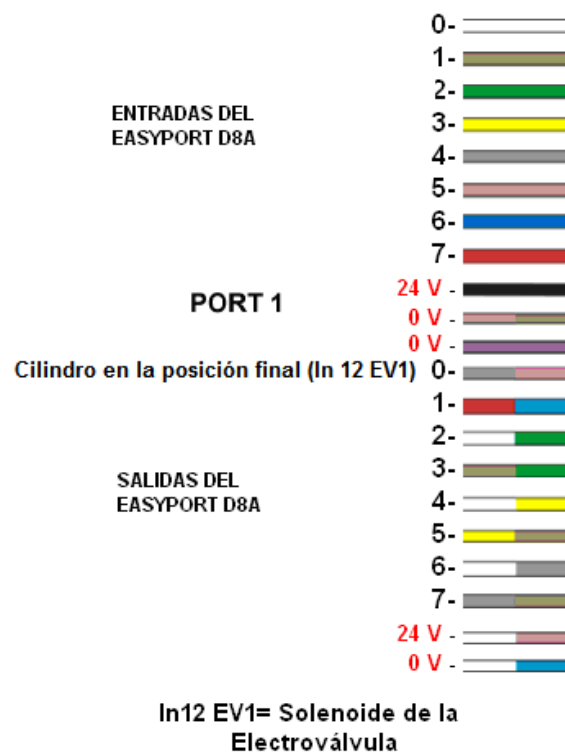


Figura 4. Conexiones eléctricas de la práctica.

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada.

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué beneficio presenta una electroválvula con retorno por muelle?
- b. ¿Se puede utilizar una marca similar para activar un relé y un solenoide de electroválvula en Fluid Sim? Justifique.

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ELECTRONEUMÁTICA
PRÁCTICA N° 4**

TEMA: CONFIGURACIÓN Y MONTAJE DE UNA COMPUERTA ABATIBLE.

1. OBJETIVOS

- Implementar un sistema de accionamiento indirecto.
- Aplicar las funciones lógicas.
- Seleccionar electroválvulas en función de determinados criterios.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿En que consiste el accionamiento indirecto?
- b. ¿Cuáles son las funciones lógicas utilizadas en neumática?
- c. ¿Qué formas de accionamiento poseen las válvulas de vías?
Enumere.
- d. ¿Cuál es la simbología utilizada en Fluid Sim, para los elementos actuadores?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Dosificación de granulado de material plástico proveniente de un silo. El silo se abre y cierra mediante una compuerta abatible. La operación deberá poderse activar desde dos lugares diferentes como se muestra en la figura 1.

- Deberá utilizarse un cilindro de simple efecto.
- El control del cilindro deberá ser indirecto y mediante pulsadores manuales.



Figura 1. Compuerta Abatible

4. EQUIPO

Los equipos utilizados en esta práctica se muestran en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Fuente de aire comprimido
2	Fuente de tensión (24V)
1	Fuente de tensión (0V)
2	Pulsador (Obturador)
1	Solenoides de válvula
1	Relé
1	Obturador
1	Cilindro de simple efecto
1	Válvula antirretorno estranguladora
1	Válvula de solenoides direccional quintuple de 2 vías
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Contacto normalmente cerrado (Ladder)

Tabla 1. Equipo utilizados en la práctica.

5. PROCEDIMIENTO

- Programe el circuito de la Figura 2 en FluidSim.

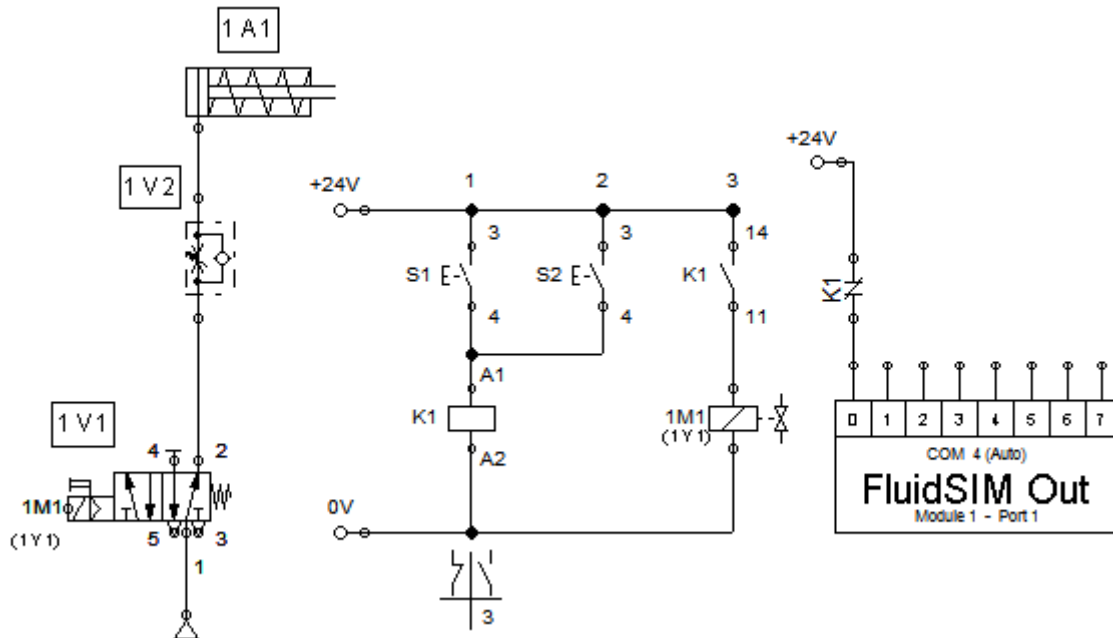


Figura 2. Esquema Electroneumático de la práctica.

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

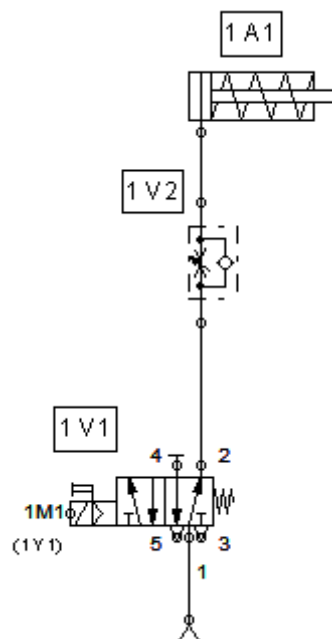


Figura 3. Conexión neumática de la práctica.

- c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

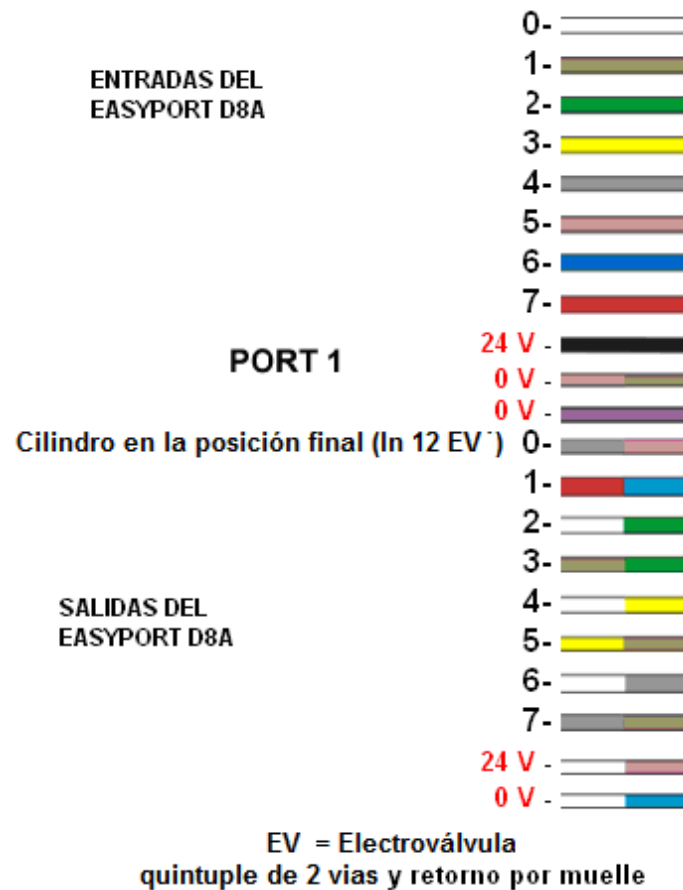


Figura 4. Conexión eléctrica de la practica 4

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada.

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Cuál es la razón de colocar la válvula estranguladora e la entrada del cilindro de simple efecto con retorno por muelle?

- b. ¿Por qué razón se colocó en el circuito de control de Fluid Sim un accionamiento indirecto?
- c. ¿Se puede utilizar en esta práctica un cilindro de doble efecto? Justifique.

7. CONCLUSIONES.**8. RECOMENDACIONES.**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELECTRONEUMÁTICA**PRÁCTICA N° 5**

**TEMA: CONFIGURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE DESVIACIÓN
DE PIEZAS.**

1. OBJETIVOS

- Establecer el funcionamiento de un cilindro de doble efecto al trabajar con una electroválvula de impulsos.
- Examinar la construcción y funcionamiento de una electroválvula de impulsos.
- Explicar el funcionamiento de un accionamiento indirecto y montar el sistema correspondiente.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cuales son las características de funcionamiento de una electroválvula impulsos?
- b. ¿Cuántas salidas se pueden activar simultáneamente en el módulo Easy Port?
- c. ¿Cuál es la carga máxima que se le puede aplicar por salida al módulo Easy Port, en el terminal digital?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA**DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Mediante un sistema de desviación de piezas se desvían paquetes de una cinta de transporte a otra para lo que se debe utilizar un cilindro de doble

Efecto, el accionamiento de un cilindro es indirecto y por medio de pulsadores como se muestra en la figura 1.



Figura1. Sistema de desviación de piezas

4. EQUIPO

El equipo utilizado en esta práctica se observa en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Fuente de aire comprimido
3	Fuente de tensión (24V)
1	Fuente de tensión (0V)
2	Pulsador (Obturador)
2	Solenoides de válvula
1	Cilindro doble efecto
2	Relé
4	Obturador
1	Válvula de 5/2
2	Válvula antirretorno estranguladora
1	Puerto de salida FluidSIM

Tabla 1. Equipo utilizado en la práctica.

4. PROCEDIMIENTO

- a. Programar el circuito de la Fig. 2 en Fluid Sim.

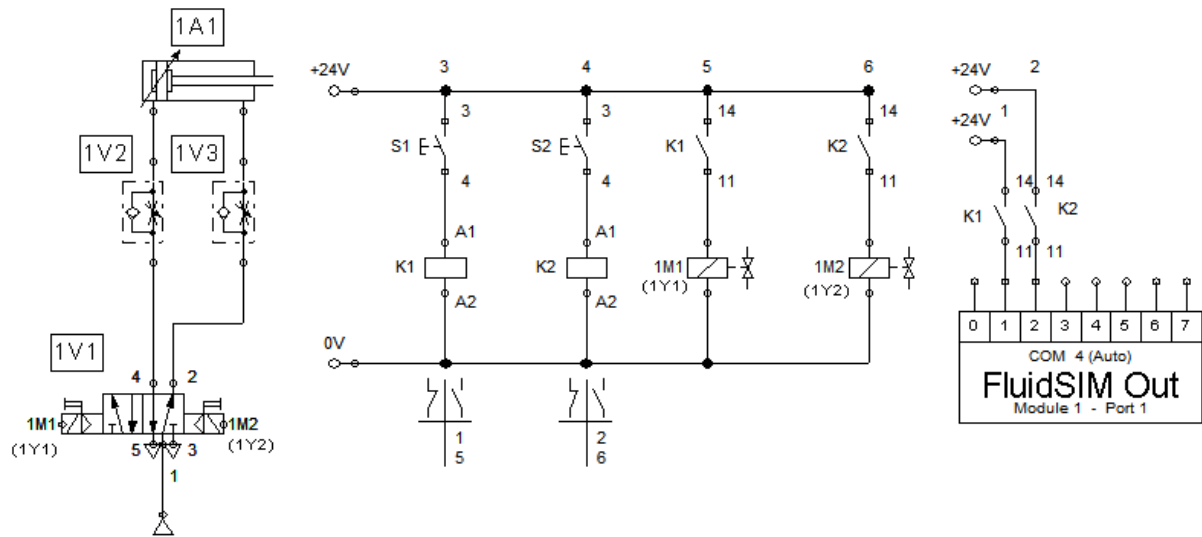


Figura 2. Esquema Electroneumático de la práctica

b. Implementar el esquema neumático como se muestra en la figura 3.

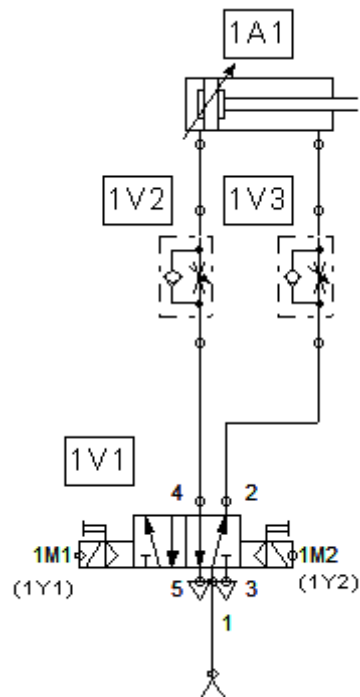


Figura 3. Conexión neumática de la práctica.

c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

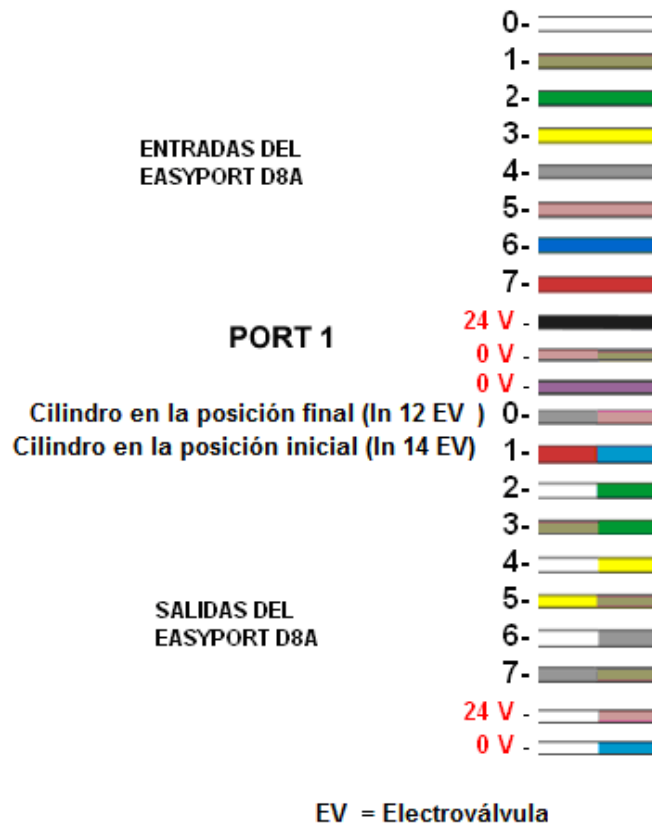


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica.

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada.

5. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué ventajas tiene la electroválvula de impulsos frente a la electroválvula de reposición por muelle?
- b. ¿Por qué se utiliza un relé para activar otra salida para realizar el retorno del cilindro de doble efecto?
- c. Calcular el consumo de corriente eléctrica en las bobinas de la electroválvula suponiendo una tensión de 24 DC y una resistencia de la bobina de 48 ohmios.

6. CONCLUSIONES

7. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ELECTRONEUMÁTICA
PRÁCTICA N° 6**

TEMA: TALADRADORA

1. OBJETIVOS

- Establecer el funcionamiento de relés con retardo a la conexión y desconexión en circuitos de control electroneumático.
- Controlar el funcionamiento de dos cilindros de doble efecto.
- Operar los modos de funcionamiento de ciclo individual y ciclo continuo.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Explicar las características de funcionamiento del relé con retardo a la conexión y desconexión?
- b. ¿Cuál es la carga máxima permisible por entrada digital del módulo Easy Port?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

En esta práctica simularemos la operación de un taladrado vertical de piezas como se muestra en la figura 1. Se dispone de un cilindro A que se encarga de sacar las piezas de cargador vertical y posicionarlas para que sean taladradas. El avance del taladro se realiza a través del cilindro B que baja 2 segundos después de ser posicionada la pieza por el cilindro A. El avance de este cilindro será lento y el retroceso rápido.

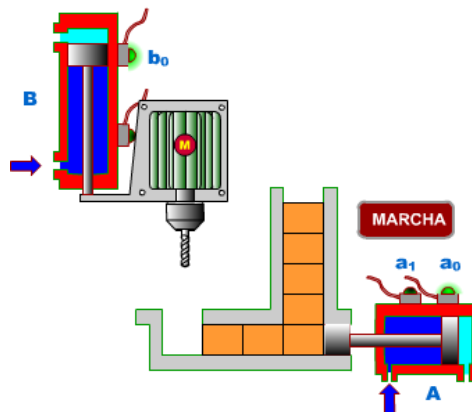


Figura 1. Taladradora

4. EQUIPO

El equipo utilizado en esta práctica se muestra en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Puerto de entrada FluidSIM
2	Cilindro doble efecto
2	Válvula de 4/n vías
2	Fuente de aire comprimido
2	Fuente de tensión (24V)
2	Fuente de tensión (0V)
1	Pulsador (Obturador)
4	Solenoides de válvula
6	Relé
15	Contacto normalmente abierto (Ladder)
4	Relé con deceleración de arranque
6	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
1	Interruptor (Obturador)
1	Interruptor (Franqueador)

Tabla 1. Equipo utilizado en la práctica

5. PROCEDIMIENTO

- a. Programe el circuito de la Figura 2 en FluidSim.

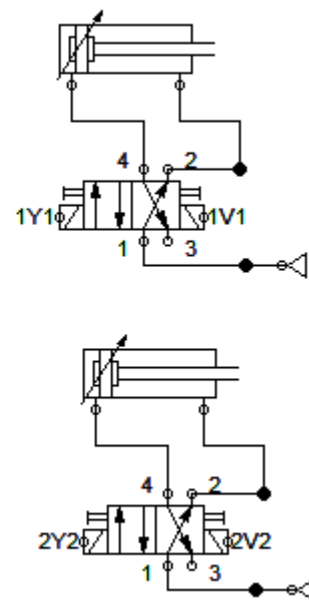
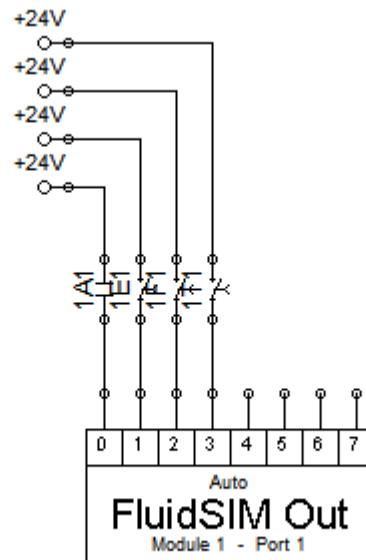
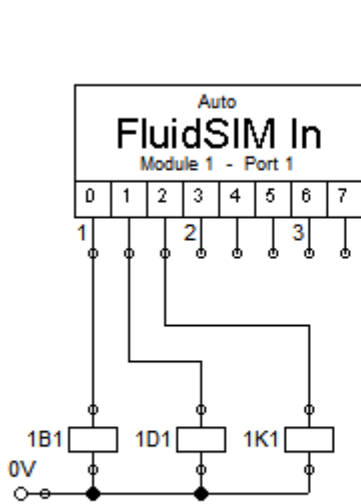
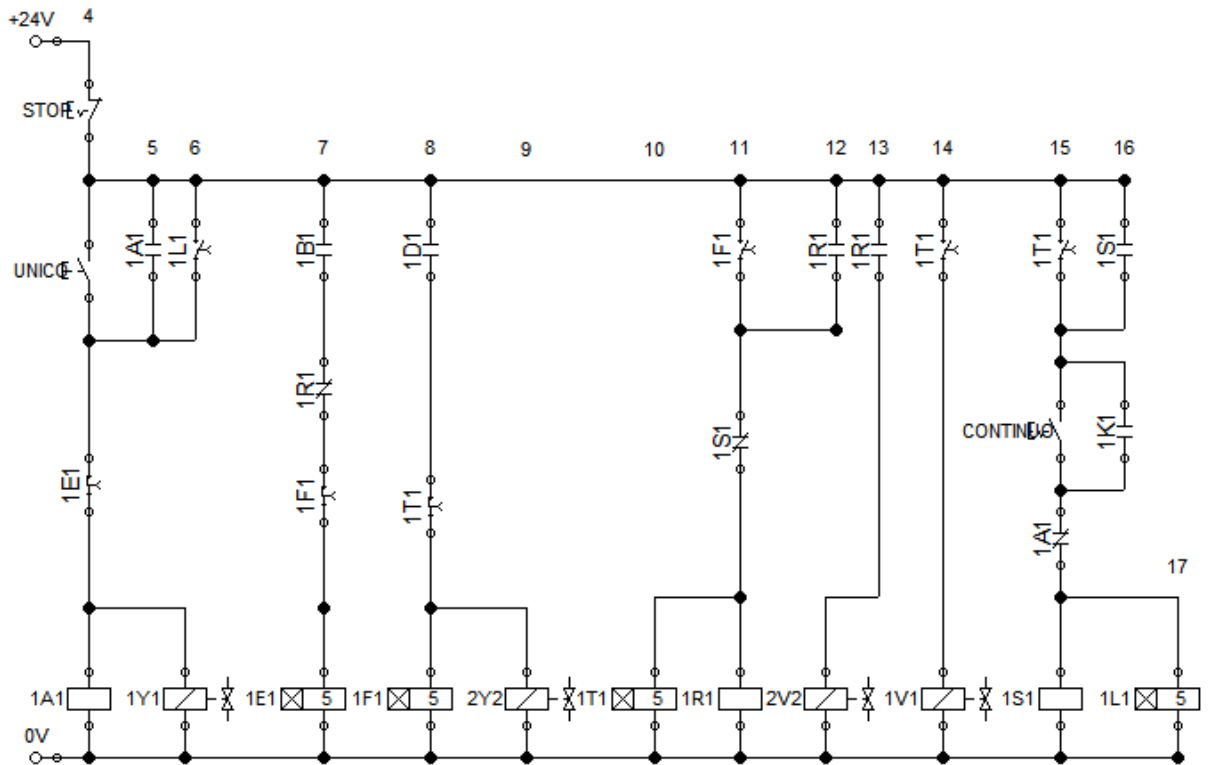


Figura 2. Diagrama electropneumático de la práctica

b. Implementar el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

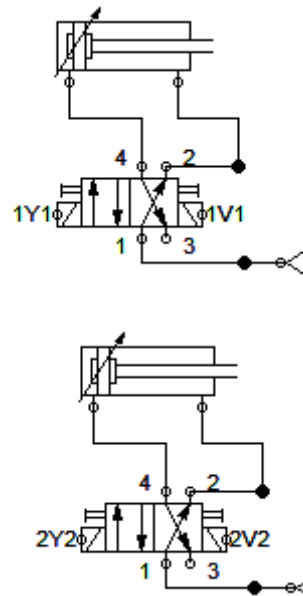


Figura 3. Conexión neumática de la práctica

c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

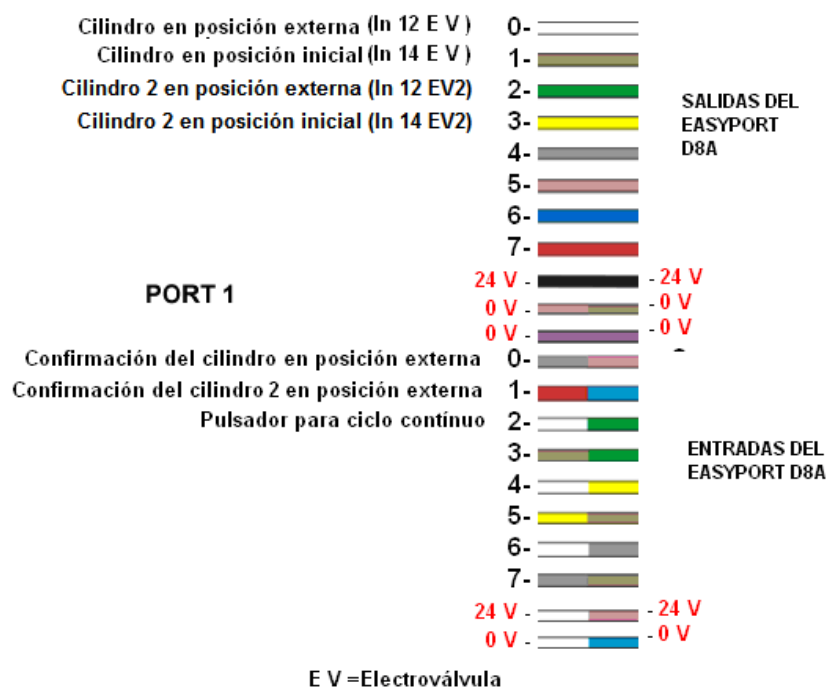


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada.

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Se puede conectar los dispositivos actuadores a una fuente de alimentación de 24 VAC? Justifique.
- b. ¿Los actuadores regresan a la posición inicial en caso de que se oprima el paro de emergencia? Justifique.
- c. ¿Cuál es la razón de colocar silenciadores en las vías que quedan libres de las válvulas distribuidoras?

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELECTRONEUMÁTICA**PRÁCTICA N° 7****TEMA: LAVADOR DE PIEZAS****1. OBJETIVOS**

- Relacionar el control neumático en dos mandos, manual y automático
- Comprobar la forma de colocar un interruptor de emergencia.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cuál es la diferencia ente la electroválvula 4/2 y la electroválvula 5/2?
- b. ¿Se puede conectar en una sola salida del módulo Easy Port dos electroválvulas? Justifique.
- c. ¿Cuánto peso puede soportar un cilindro neumático?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

En esta práctica se simula un lavador de piezas en donde el sistema compuesto de un cilindro en el que se cuelga una cesta llena de piezas, cuando baja el cilindro se introduce la cesta en el baño, cuando sube se sacan las piezas lavadas.

La figura 1 muestra el esquema gráfico de la presente práctica de laboratorio.

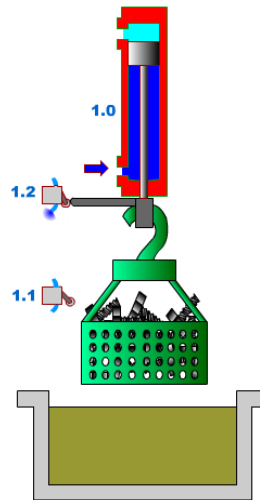


Figura1. Lavador de piezas

- Disponemos de 2 formas de trabajo: manual y automático.
- Cuando se trabaje en manual se pulsa un pulsador para introducir la cesta en el baño, al pulsarlo la cesta saldrá del baño.
- Trabajando en automático, tras iniciar el ciclo a través del pulsador 2, la cesta estará entrando y saliendo durante 5 segundos, al cabo de este tiempo el cilindro retrocederá finalizando así el ciclo automático.

4. EQUIPO

El equipo utilizado en esta práctica se muestra en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Puerto de entrada FluidSIM
2	Cilindro doble efecto
2	Válvula de 4/n vías
1	Fuente de aire comprimido
1	Fuente de tensión (24V)
2	Fuente de tensión (0V)
1	Pulsador (Obturador)
2	Solenoides de válvula
4	Relé
5	Contacto normalmente abierto (Ladder)
2	Relé con deceleración de arranque
6	Contacto normalmente cerrado (Ladder)
1	Interruptor (Obturador)
1	Interruptor (Franqueador)

Tabla 1. Equipo utilizado en la práctica

5. PROCEDIMIENTO

a. Programe el circuito de la Figura 2 en Fluid Sim.

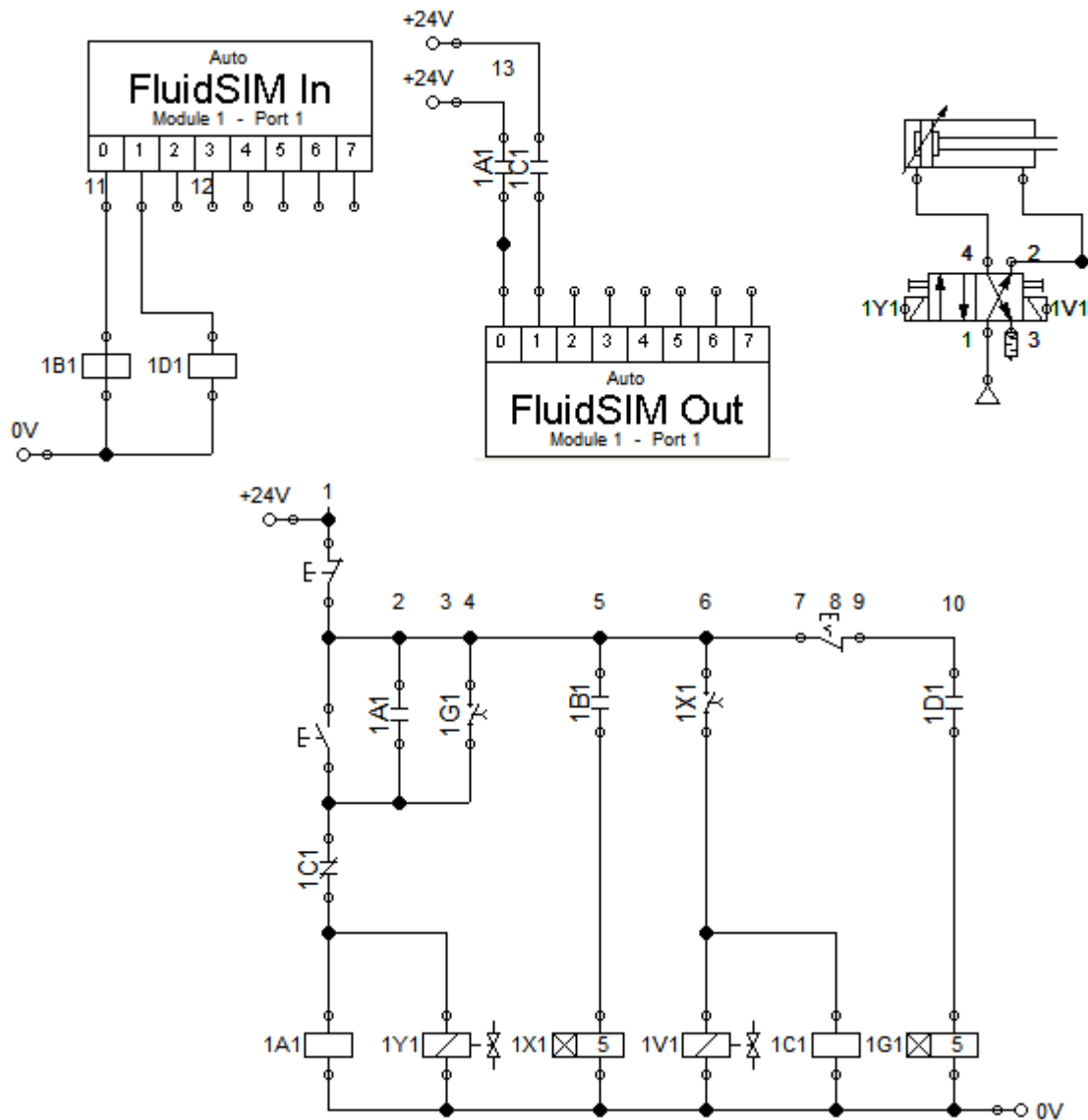


Figura 2. Diagrama electroneumático de la práctica

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

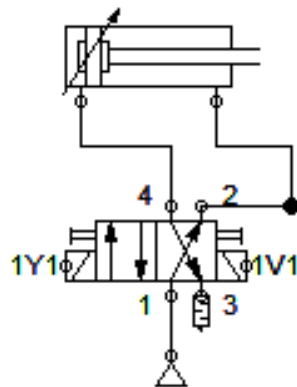


Figura 3. Conexión neumática de la práctica.

- c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

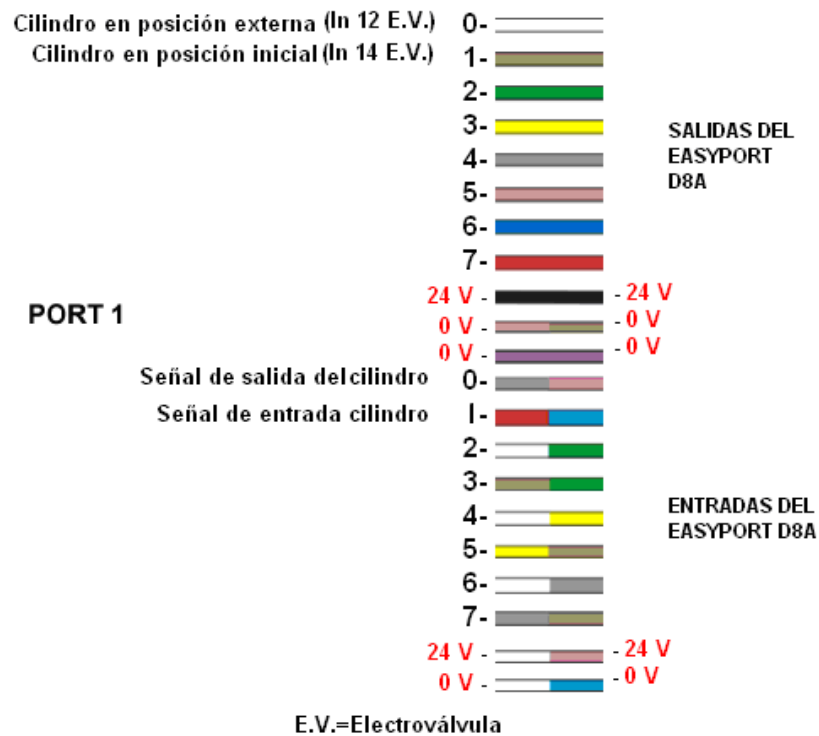


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica.

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué voltaje mediría entre la entrada del puerto digital y referencia?
- b. ¿Se puede activar una salida digital, con un solenoide en el programa Fluid Sim a una electroválvula en el bloque de salida del módulo Easy Port? Justifique
- c. ¿Cuál es la diferencia entre un interruptor y un obturador?

7. CONCLUSIONES**8. RECOMENDACIONES**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

ELECTRONEUMÁTICA**PRÁCTICA Nº 8****TEMA: MOVIMIENTO DE CILINDRO FRENTE DE SEÑAL.****1. OBJETIVOS**

- Explicar el diseño y modo de funcionamiento de un sensor actuando como final de carrera.
- Comprobar el funcionamiento y conexión de una electroválvula.
- Implementar la conexión de sensores de configuración PNP

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Explicar el funcionamiento de un sensor inductivo, magnético, capacitivo y óptico?
- b. ¿Indicar cual es la diferencia entre la configuración de sensores PNP y NPN?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

El desplazamiento del cilindro está realizado mediante una válvula solenoide de 5/2 vías. Dos interruptores de tope detectan las posiciones “extendida” y “retirada” respectivamente. Un pulsador puede utilizarse para desplazar el cilindro de una posición final a la otra. El cilindro mueve una sola vez siempre y cuando se apriete el pulsador. Para que el cilindro mueva de nuevo, se ha de liberar y volver apretar el pulsador. Dos sensores para indicar las posiciones finales del cilindro como se indica en la figura 1.

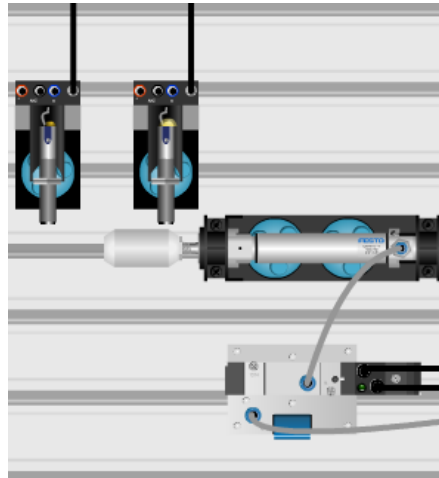


Figura 1. Movimiento del cilindro frente de señal

4. EQUIPO

El equipo utilizado en esta práctica se indica en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Puerto de entrada FluidSIM
2	Fuente de tensión (24V)
2	Fuente de tensión (0V)
4	Relé
6	Obturador
1	Válvula de 4/n vías
1	Cilindro doble efecto
1	Fuente de aire comprimido
2	Solenoides de válvula
1	Pulsador (Obturador)

Tabla1. Equipo utilizado en la práctica

5. PROCEDIMIENTO

a. Programe el circuito de la Figura 2 en Fluid Sim:

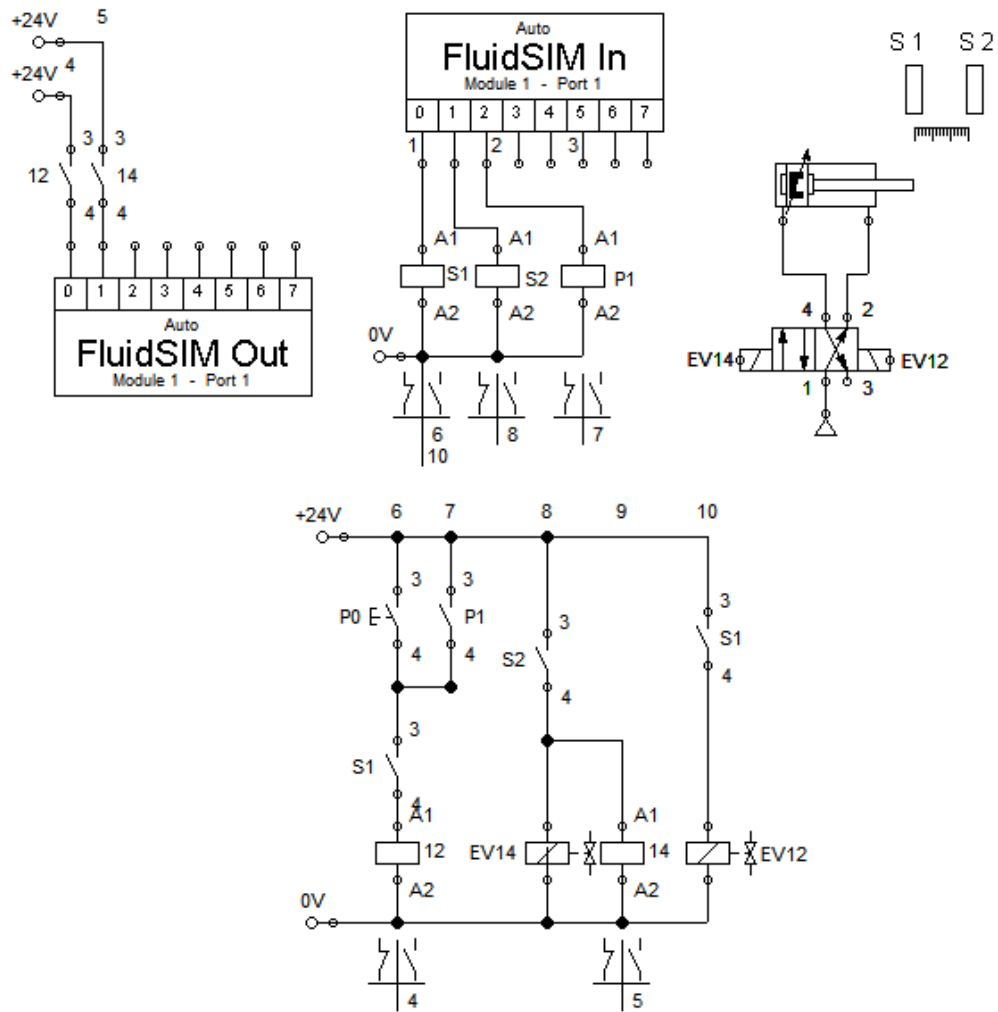


Figura 2. Diagrama electroneumático de la práctica

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

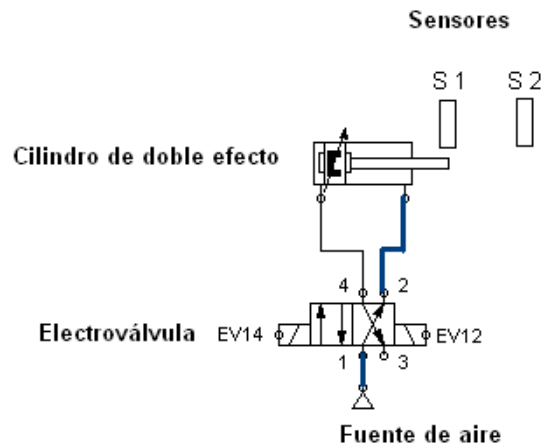


Figura 3. Esquema neumático de la práctica

- c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

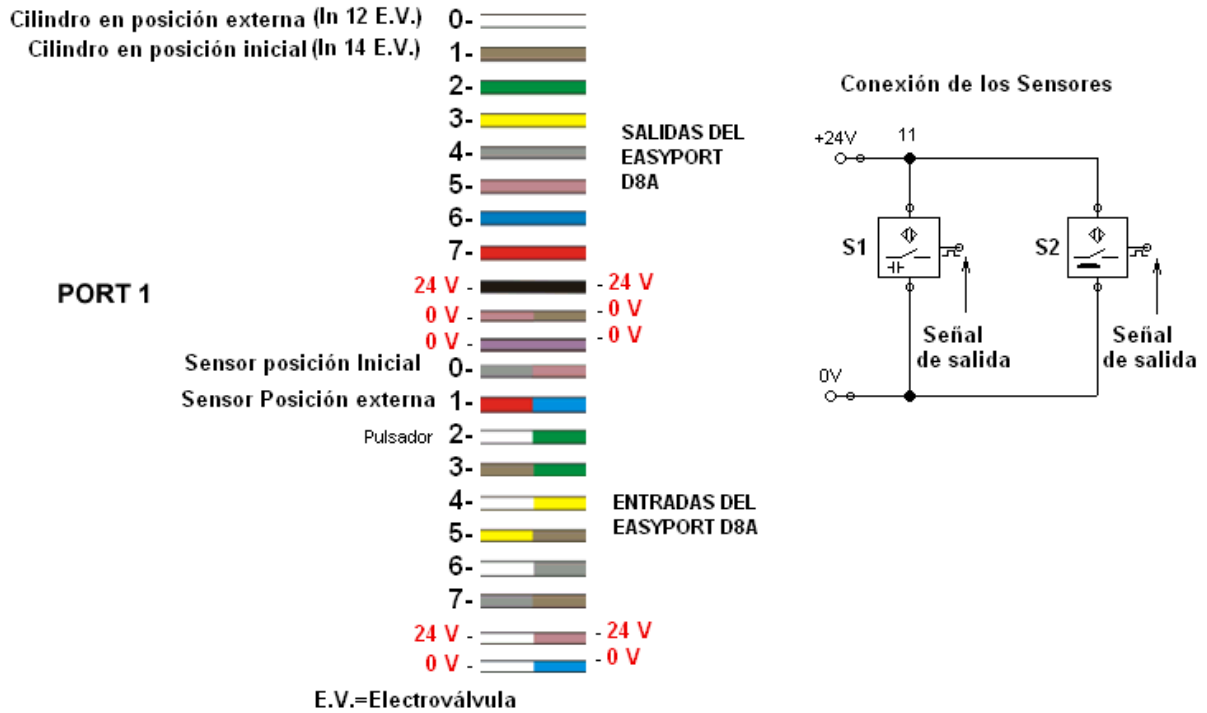


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica

- d. Ejecute la simulación de Fluid Sim, para lo cual deberá estar abierto el Ez OPC, y simule la operación desde el PC.
- e. Determine las características de operación de la aplicación realizada

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué tipo de sensor utilizó en la presente práctica?
- b. ¿Puede utilizar sensores de configuración NPN en el módulo Easy Port? Justifique.

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**ELECTRONEUMÁTICA
PRÁCTICA Nº 9**

TEMA: LEVANTAMIENTO DE PAQUETES.

1. OBJETIVOS

- Identificar el funcionamiento de una conexión neumática utilizando sensores de proximidad.
- Comprobar el funcionamiento de dos cilindros de doble efecto con confirmación de señales.
- Aplicar sensores de configuración PNP.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Qué grado de protección IP posee el Módulo Easy Port D8A?
- b. ¿Qué tipo de electroválvula utilizaría para activar un cilindro de doble efecto? Justifique

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

Se transporta paquetes por deslizaderos. Cuando un paquete llega a la parte inferior del deslizadero, dos cilindros neumáticos lo trasladan al tope del próximo, como se muestra en la figura 1.

El cilindro para levantar, está controlado por una doble válvula solenoide 5-2 vías y el cilindro de empuje por una válvula solenoide de 5-2 vías.

Además se utiliza dos sensores para indicar la posición superior o inferior del paquete, respectivamente.

- Un sensor para indicar las posiciones finales del cilindro elevador.
- Un sensor para indicar las posiciones finales del cilindro de empuje.
- Un manipulador para comandar al cilindro elevador (arriba-abajo).
- Un pulsador para comandar al cilindro de empuje.

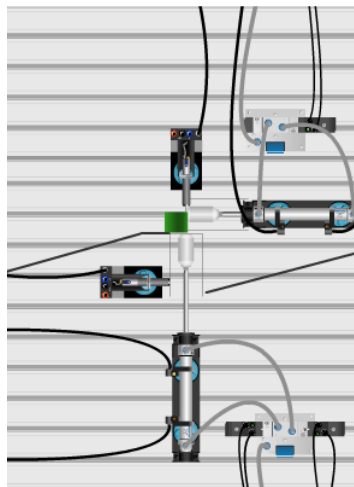


Figura 1. Levantamiento de paquetes.

4. EQUIPO

El equipo utilizado en esta práctica se muestra en la tabla 1.

Cantidad	Denominación de componentes
1	Puerto de entrada FluidSIM
1	Puerto de salida FluidSIM
1	Interruptor (Franqueador)
2	Fuente de tensión (0V)
2	Fuente de tensión (24V)
5	Relé
6	Obturador
2	Cilindro doble efecto
2	Fuente de aire comprimido
2	Válvula de 4/vías
1	Franqueador
1	Relé con deceleración de caída
4	Solenoides de válvula

Tabla 1. Equipos utilizados en la práctica

5. PROCEDIMIENTO

a. Programe el circuito de la Figura 1 en Fluid Sim:

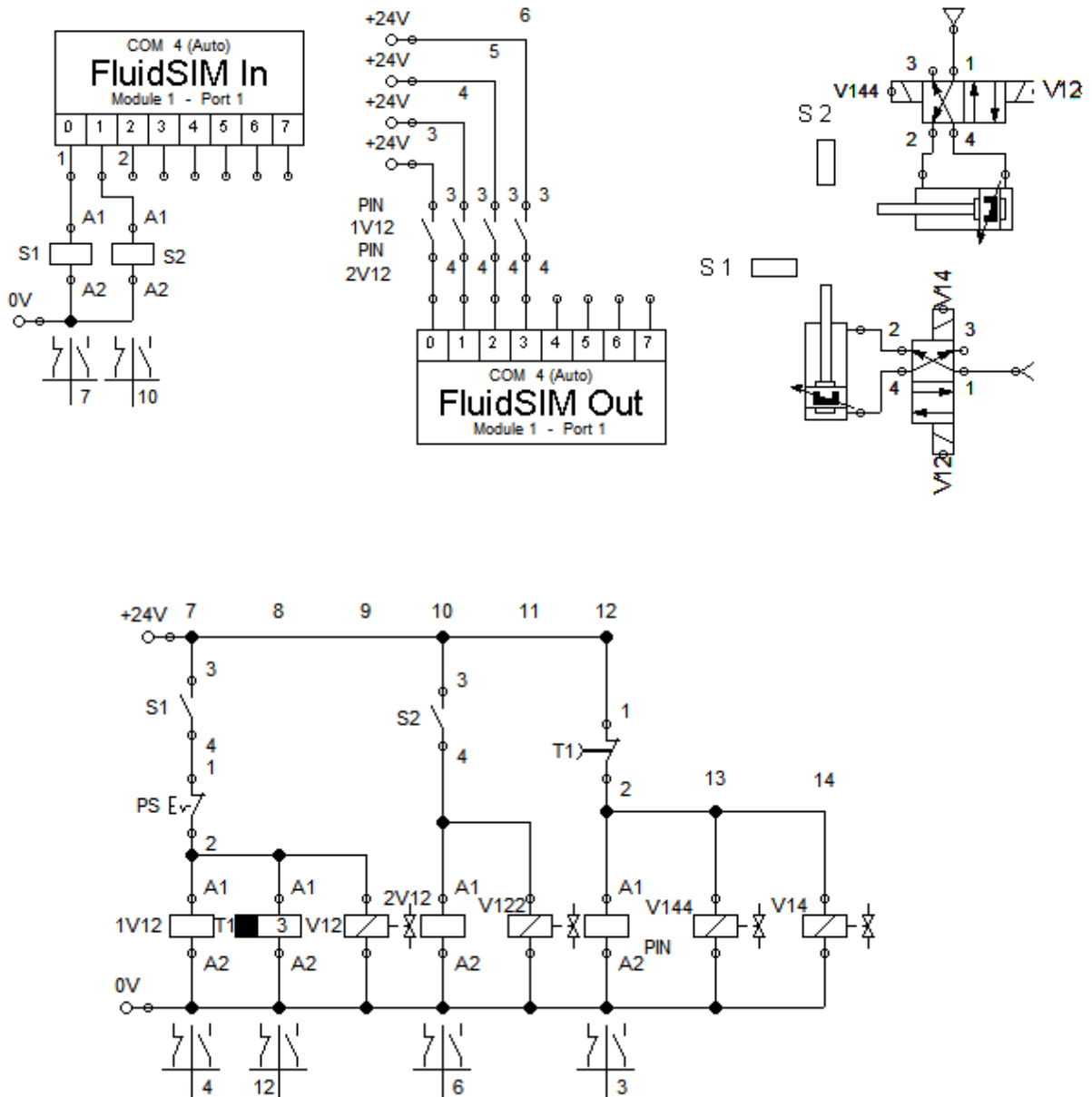


Figura 1 Diagrama electroneumático de la práctica

b. Implemente el esquema neumático que se muestra en la figura 3.

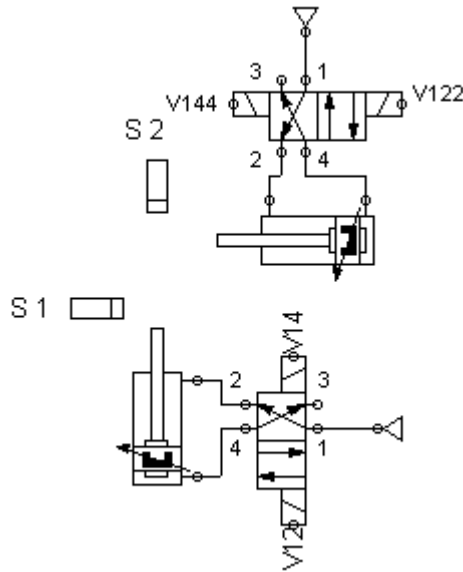


Figura 3. Esquema neumático de la práctica

c. Implemente las conexiones eléctricas desde las salidas del bloque terminal digital, hacia la electroválvula, en base al cuadro de la figura 4.

Cilindro elevador en la posición inicial (In 14 EV1)	0-	-----	-	8
Cilindro elevador en la posición final (In 12 EV1)	1-	-----	-	9
Cilindro de empuje en la posición inicial (In 14 EV2)	2-	-----	-	10
Cilindro de empuje en la posición final (In 12 EV2)	3-	-----	-	11
	4-	-----	-	12
	5-	-----	-	13
	6-	-----	-	14
	7-	-----	-	15
	24 V -	-----	-	24 V
	0 V -	-----	-	0 V
	0 V -	-----	-	0 V

PORT 1

S1 Válvula para desplazar el cilindro hacia arriba
 S2 Válvula para desplazar el cilindro de empuje

0-	-----	-	8
1-	-----	-	9
2-	-----	-	10
3-	-----	-	11
4-	-----	-	12
5-	-----	-	13
6-	-----	-	14
7-	-----	-	15
24 V -	-----	-	24 V
0 V -	-----	-	0 V

ENTRADAS DEL EASYPORT D8A

SALIDAS DEL EASYPORT D8A

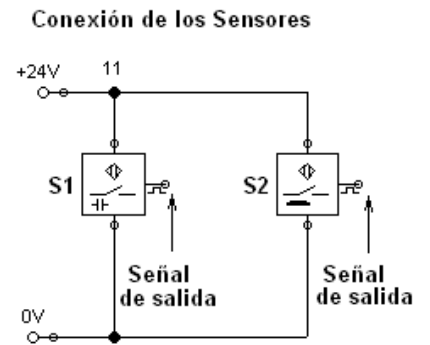


Figura 4. Conexión eléctrica de la práctica

6. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué tipo de sensores se aplica para la detección de un paquete de cartón negro, metálico y dorado?
- b. ¿Se encuentra sobrecargado de consumo eléctrico el módulo Easy Port con cuatro salidas digitales ocupadas y funcionando simultáneamente en esta práctica?

7. CONCLUSIONES**8. RECOMENDACIONES**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**NEUMÁTICA PROPORCIONAL
PRÁCTICA N° 10**

TEMA: SIMULACIÓN DE UN CONTROL P.I.D POSICIÓN

1. OBJETIVOS

- Simular un control PID de posición en Fluid Sim.
- Identificar los dispositivos que intervienen en este tipo de control en lazo cerrado
- Explicar el tipo de señales que emiten los dispositivos actuadores.
- Determinar los valores de estabilización del sistema.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿En que consiste una regulación en bucle abierto y cerrado?
- b. ¿Detalle brevemente en que consiste un control PID?
- c. ¿Cuáles son los parámetros de control o constantes que sirven para estabilizar un control PID?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

El control de posición en el que se determina una posición a alcanzar por el cilindro. En este caso, la válvula es regulada eléctricamente de tal forma que el cilindro se desplace. La posición actual del cilindro se utiliza como valor de entrada para regular la válvula y se compara con la posición que deberá alcanzar el cilindro. Una vez que el cilindro ha alcanzado la

posición deseada, la desviación es 0 y la válvula se sitúa en posición central (centro cerrado).

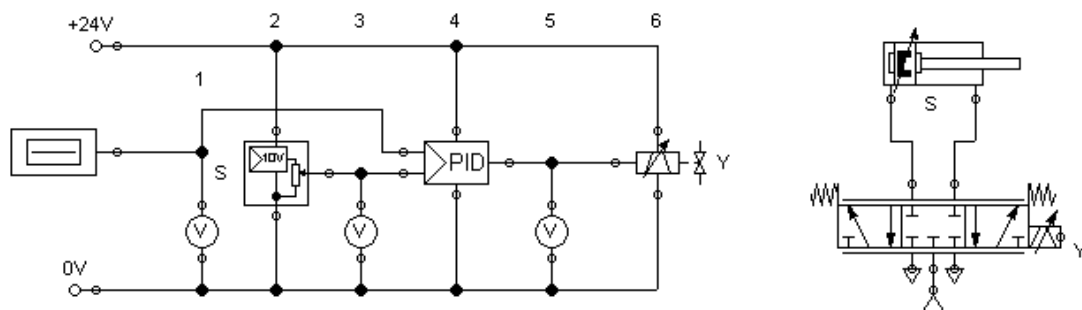
Con ello el cilindro se detiene. Si por cualquier razón externa el cilindro abandonara la posición de referencia alcanzada, la válvula se abriría en el sentido adecuado para compensar la desviación; el cilindro regresaría a su posición programada.

4. EQUIPO

Fluid Sim Versión 4.2

5. PROCEDIMIENTO

1. Armar el circuito de la Figura 1.



Marca	Valor de la magnitud	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
S	Desplazamiento mm	5000	4000	3000	2000	1000					
Y	Tensión V	10	8	6	4	2					

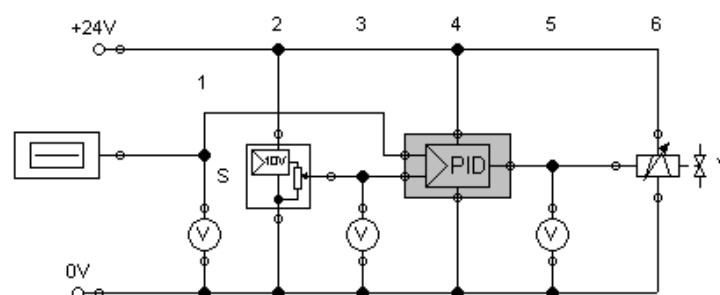
Figura 1. Simulación de un control PID con diagrama neumático y diagrama de estado

2. Arrastrar el cilindro configurable y la válvula proporcional al diagrama de estado para visualizar la señal de salida de la válvula proporcional y el cilindro.
3. Introduzca las marcas correspondientes en cada uno de los elementos actuadores y distribuidores.
4. Ejecutar la simulación y cambie gradualmente la desviación-y del generador de funciones entre 0 y 10 como se ve en la Figura 2.



Figura 2. Ventana de configuración del generador de funciones

5. Cambiar la posición inicial y observe con qué precisión el cilindro alcanza su posición de destino cada vez.
6. Ajustar la carrera del cilindro a 5000 mm, ajuste la desviación-y del generador de funciones a 5 y la posición de partida del vástago a 0 y luego ejecute la simulación.
7. Seleccione el Regulador PID, para configurar las constantes de estabilización del sistema.



8. Introducir las constantes adecuadas para la sintonización del sistema en este caso las que se muestran en la Figura 3.

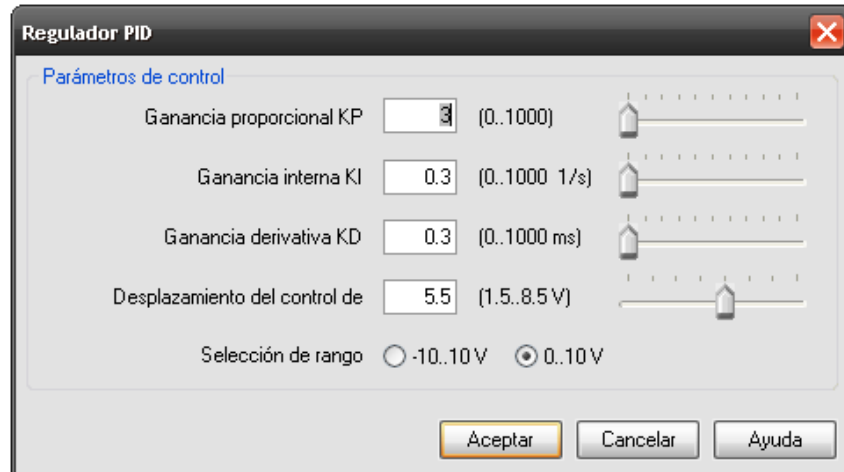


Figura 3. Ventana de configuración de parámetros PID

9. Analizar en el diagrama de estado las señales de salida y la estabilización del sistema, de las señales del cilindro y la válvula proporcional como se muestra en la Figura 4.

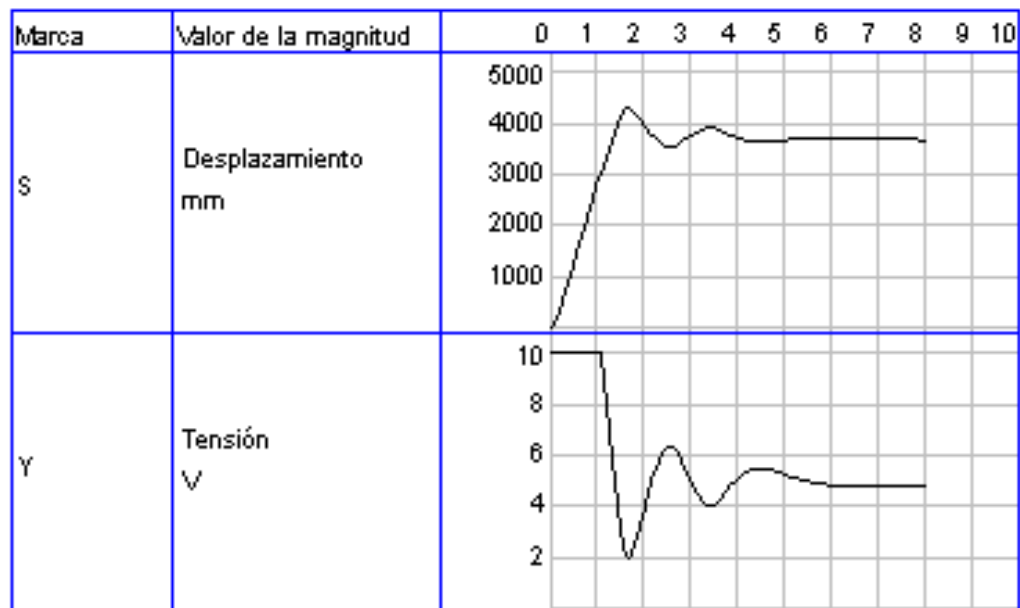


Figura 4 Diagrama de estado del cilindro y válvula proporcional.

5. CUESTIONARIO

- a. ¿Qué objetivo tiene el generador de funciones dentro de la simulación de un control de posición PID?
- b. ¿Cuál es el tiempo de estabilización del sistema según las curvas de la figura 3?
- c. ¿Con qué valores de K_p , K_i y K_d logró estabilizarse el sistema?

6. CONCLUSIONES**7. RECOMENDACIONES**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

NEUMÁTICA PROPORCIONAL

PRÁCTICA N° 11

TEMA: SUPERVISIÓN Y CONTROL P.I.D DE POSICIÓN.

1. OBJETIVOS

- Realizar la supervisión y control PID posición automático del módulo TP111, implementado en el laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la ESPEL.
- Realizar la adquisición de datos por medio del módulo EASY PORT D8A.
- Adquirir la señal de la válvula proporcional y escalarla en función del potenciómetro Lineal para poder realizar el control de posición.
- Sintonizar el PID para lograr la mayor estabilidad posible del sistema.

2. TRABAJO PREPARATORIO

- a. ¿Cómo funciona una válvula proporcional y un potenciómetro lineal?
- b. ¿Explicar el funcionamiento de un controlador PID?
- c. ¿Cuáles son los valores de voltaje que maneja el módulo Easy Port D8A en sus entradas y salidas análogas?
- d. ¿Qué grado de protección IP posee el potenciómetro lineal?
- e. ¿Cuál es el objetivo de colocar un depósito de aire a la entrada de la válvula proporcional?

- f. ¿Qué significa la constante crítica de proporcional (K_{cr}) y el periodo (P_{cr})?

3. INFORMACIÓN TEÓRICA

El controlador de Posición PID (Proporcional, Integral y Derivativo) es un controlador realimentado cuyo propósito es hacer que el error en estado estacionario, entre la señal de referencia (Set Point) y la señal de salida (Válvula proporcional), sea cero de manera asintótica en el tiempo, lo que se logra mediante el uso de la acción integral. Además el controlador tiene la capacidad de anticipar el futuro a través de la acción derivativa que tiene un efecto predictivo sobre la salida del proceso.

4. EQUIPO

- Potenciómetro lineal
- Actuador lineal
- Depósito de aire
- Módulo de Easy Port D8A
- Fuente de aire comprimido
- Manómetro
- Unidad de mantenimiento
- Válvula proporcional
- Controlador PID
- Regla graduada
- Fuente de alimentación de 24 VCD
- Fuente de alimentación de 0 a 12 VDC variable
- Voltímetro
- Peso para cargar.

5. PROCEDIMIENTO

- a. Utilizando el potenciómetro lineal arme el circuito de la Figura 1 en el Controlador PID.

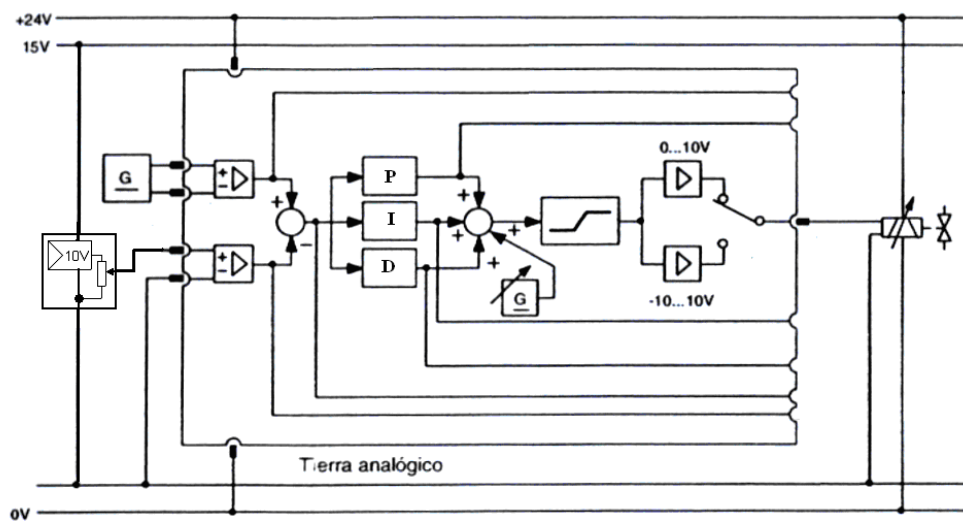


Figura 1. Regulador PID.

- b. Arme el circuito neumático como se muestra en la Figura 2.

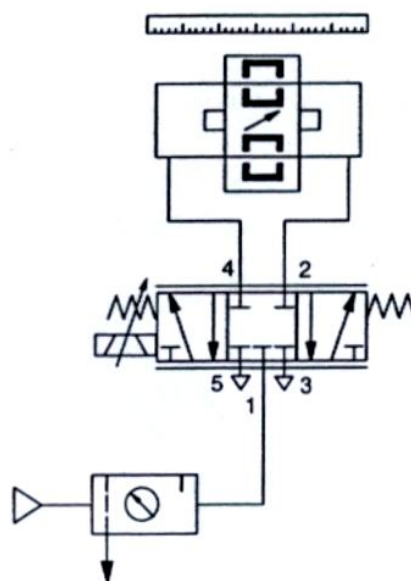


Figura 2. Circuito neumático

- c. Energizar el circuito eléctrica y neumáticamente y calibrar la entrada de presión a 4 bar y un Set-Point de 5 V.
- d. Para ajustar las constantes proporcional, integral o derivativa cada una de las variables mover el interruptor rotativo para el ajuste fijo 0, 1, 10, 100, luego mover el potenciómetro de ajuste fino para lograr sintonizar el sistema.
- e. Para encontrar el periodo P_{cr} y la constante crítica de proporcionalidad K_{cr} del sistema, colocar el interruptor rotativo de las constantes K_d y K_i en cero, y mover el interruptor de la constante K_p hasta que el sistema se encuentre oscilante.
- f. Medir con el osciloscopio la señal de salida del sistema sin carga y con carga para determinar el periodo, tal como se muestra en la figura 3.

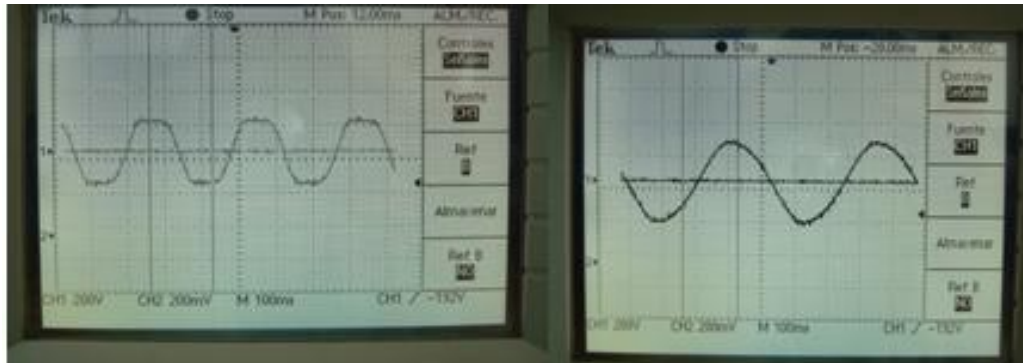


Figura 3. Variación del periodo de la señal de salida con carga y sin carga.

- g. Anotar el valor de la constante K_p , con la cual logró el sistema entrar en oscilaciones constantes, con carga y sin carga al igual que el valor de presión del sistema y el Set Point y justifique los resultados.
- h. Realizar la interface de comunicación con In Touch, verificando que se encuentre habilitado el servidor OPC Link y el Ez OPC del Easy Port D8A, para realizar la supervisión del sistema.
- i. Calcular los valores de las constantes K_p , K_i y K_d según el método de Ziegler-Nichols para realizar la sintonización del sistema.

<i>TIPO</i>	<i>KP</i>	<i>Ti</i>	<i>Td</i>
CON CARGA	2,76	0,25	0,06
SIN CARGA	6	0,125	0,03

Tabla. Valores de sintonización del sistema calculados.

- j. Ingresar las constantes K_p , K_i y K_d en el Regulador PID, y verificar que el sistema se estabiliza, con los valores calculados.
- k. En caso de que el sistema no logre estabilizarse, mover las constantes K_P , K_I y K_D , hasta que el sistema se estabilice.
- l. Observar las curvas obtenidas en In Touch y analizar el máximo sobre impulso y el error en estado estable, cuando el sistema empiece a estabilizarse.
- m. Variar el Set Point del sistema y verificar que el sistema se encuentre estable, y proporcionar una perturbación manualmente al actuador lineal para verificar que el sistema sigue estable.
- n. Supervisar las señales de voltaje de todo el sistema en In Touch.

8. CUESTIONARIO

- a. ¿El comportamiento del sistema es el mismo sin carga y con carga?
- b. ¿Las constantes proporcional integral deriva K_p , K_i , K_d , son las mismas con carga y sin carga?
- c. ¿Cuanto varía el período y la constante crítica de proporcionalidad de la señal de salida de la válvula proporcional, con carga y sin carga al momento de estabilizarse?
- d. ¿Cuáles son los valores K_p , K_i y K_d con los que el sistema logró estabilizarse, con carga y sin carga?
- e. ¿Cuánto recorrió el actuador lineal en su carrera útil?

9. CONCLUSIONES

10. RECOMENDACIONES

ELABORADO POR:

Albán Campaña Freddy Xavier

Lescano Velasco Lisandro Elías

APROBADO POR:

Ing. Mario Jiménez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICADO POR:

Dr. Eduardo Vásquez
SECRETARIO ACADÉMICO