



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MODULO DIDACTICO PARA EL
CONTROL Y MONITOREO DE SISTEMAS ELECTRONEUMATICOS POR
MEDIO DE PLC”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRONICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por:

LUIS ALBERTO BENAVIDES NUÑEZ

JOSE LUIS ESPINOZA YUMI

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

Expresamos un agradecimiento a todas las personas que estuvieron a nuestro lado durante nuestra carrera, especialmente a nuestra familia, amigos ingenieros y de manera especial a nuestros Padres por estar siempre prestos a brindarnos su apoyo.

Dedico este presente trabajo a Dios por brindarme la vida, a mis padres, hermanas y familiares por apoyarme incondicionalmente durante todo este tiempo, por ser parte de mi vida e inspirarme cada día a superarme y ser una mejor persona. A todos mis amigos, docentes y mi querida escuela que me acogió y puso en mi todos los conocimientos necesarios para la vida profesional.

José Luis

Doy las gracias a Dios por acompañarme darme fuerzas y estar a mi lado durante toda mi carrera, a mis padres, hermanos y hermanas por brindarme su apoyo, confianza y levantarme en mis días de flaqueza para alcanzar mi meta, a mis tíos y tías por los consejos brindados durante mis dudas, a mis amigos que me brindaron su confianza y amistad.

Luis Alberto

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes
DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMATICA Y ELECTRONICA

Ing. Paúl Romero
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERIA ELECTRONICA,
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Ing. Lenin Aguirre
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Diego Barba
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcdo. Carlos Rodríguez
DIRECTOR DEL DPTO
DOCUMENTACION

NOTA DE LA TESIS

“Nosotros, LUIS ALBERTO BENAVIDES NUÑEZ y JOSE LUIS ESPINOZA YUMI, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO”

Luis A. Benavides N.

José Luis Espinoza Y.

AUTORES

INDICE DE ABREVIATURAS

PLC	Control Lógico Programable
VDC	Voltaje de Corriente Directa
AND	Válvula de simultaneidad
OR	Válvula selectora de circuito
SI	Sistema Internacional
Q	Caudal
V	Volumen
t	Tiempo
P	Presión absoluta
V	Volumen específico
P	Densidad
T	Temperatura absoluta
SS	Acero inoxidable
Sn	Distancia de sensado
CP	Capacidad parasita
Cs	Capacidad del sensor
LED	Diodo emisor de luz
VH	Diferencia de potencia
B	Campo magnético
I	Corriente
CPU	Unidad central de proceso

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS

HOJA DE RESPONSABILIDAD

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCION

CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES.....	- 17 -
1.2. JUSTIFICACION.....	- 18 -
1.3. OBJETIVOS	- 18 -
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES:	- 18 -
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:	- 18 -
1.4. HIPOTESIS	- 19 -

CAPITULO II: CONCEPTOS BASICOS

2.1. AIRE COMPRIMIDO	- 20 -
2.2. Presión	- 22 -
2.2.1. Unidades de Presión.....	- 22 -
2.2.2. Medición de la presión.....	- 23 -
2.3. Caudal.....	- 23 -
2.4. Leyes de los gases.....	- 24 -
2.4.1. Ley General de Los Gases	- 24 -
2.5. NEUMATICA.....	- 25 -
2.5.1. Introducción.....	- 25 -
2.5.2. Aplicaciones	- 26 -
2.5.3. Ventajas	- 26 -
2.5.4. Desventajas	- 26 -

2.5.5. Representación Esquemática de Circuitos Neumáticos.....	- 27 -
2.6. ELECTRONEUMATICA	- 27 -
2.6.1. Introducción.....	- 27 -
2.6.2. Aplicaciones	- 28 -
2.6.3. Ventajas	- 28 -
2.6.4. Desventajas	- 28 -
2.6.5. Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas	- 29 -
2.6.5.1. Principio de funcionamiento de la Bobina Magnética.....	- 29 -
2.6.5.1.1. Diferencias de las Bobinas de alterna o continua de las electroválvulas	- 30
-	-
2.6.6. Condiciones para trabajar con Electroneumática	- 31 -
CAPITULO III	
3.1 SIMBOLOGIA NEUMATICA Y ELECTRONEUMATICA.....	- 32 -
3.1.1. Alimentación.....	- 32 -
3.1.2. Mantenimiento.....	- 32 -
3.1.3. Símbolos Combinados	- 33 -
3.1.4. Posiciones de maniobra y designación de las conexiones de válvulas de vías	- 34 -
3.1.5. Válvulas de cierre, válvulas de caudal y válvulas de presión	- 35 -
3.1.5.1. Válvulas de cierre	- 35 -
3.1.5.2. Válvula reguladora de caudal.....	- 36 -
3.2 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS NEUMATICOS Y	
ELECTRONEUMATICOS	- 38 -
3.2.1 Elementos Neumáticos.....	- 38 -
3.2.1.1. Compresor.....	- 38 -
3.2.1.2. Unidad de Mantenimiento	- 39 -
3.2.1.3. Válvulas Neumáticas.....	- 42 -
3.2.1.3. Electroválvulas.....	- 49 -
CAPITULO IV	
4.1. SENSORES.....	- 62 -
4.1.1. Definición	- 62 -
4.1.2. Simbología estándar utilizada para Sensores de tres hilos	- 63 -
4.2. Sensores de Proximidad	- 64 -
4.2.1. Sensor Inductivo	- 65 -
4.2.2. Sensor Capacitivo	- 68 -
4.2.3. Sensor Óptico	- 72 -
4.2.4. Barrera Fotoeléctrica.....	- 74 -
4.2.5. Sensores Magnéticos	- 77 -
CAPITULO V: COMUNICACION Y MONITOREO	
5.1. CONTROL LOGICO PROGRAMABLE (PLC).....	- 82 -

5.1.1. Introducción.....	- 82 -
5.1.2. ILUSTRACION DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PLC:	- 83 -
5.1.3. LENGUAJE DE PROGRAMACION.....	- 86 -
5.1.3.1. GRAFCET.....	- 86 -
5.1.3.2. LADDER.....	- 93 -
5.1.4. PLC TWIDO.....	- 97 -
Descripción de los componentes de un controlador compacto.....	- 100 -
5.1.4.1. Comunicación del PLC Twido	- 101 -
5.2. Software de Monitoreo en Tiempo Real (Lookout)	- 102 -
CAPITULO VI: DISEÑO Y DESARROLLO DEL MODULO DE PRACTICAS	
6.1 Diseño	- 109 -
6.1.1. Panel de trabajo	- 109 -
6.2 Etapa de funcionamiento.....	- 111 -
6.3. Listado de elementos del módulo	- 112 -
6.3.1. Descripción de los elementos del módulo	- 112 -
6.4 Costo Total del Módulo Didáctico Electroneumático	- 130 -
CAPITULO VII: PRUEBAS Y RESULTADOS	
7.1 Guía de Prácticas.....	- 131 -
7.1.1. Práctica 1	- 131 -
7.1.2. Práctica 2	- 135 -
7.1.3. Práctica 3	- 139 -
7.1.4. Práctica 4	- 143 -
7.1.5. Práctica 5	- 148 -
7.1.6. Práctica 6	- 152 -
7.1.7. Práctica 7	- 156 -
7.1.8. Práctica 8	- 160 -
7.1.9. Práctica 9	- 164 -
7.1.10. PRACTICA #1.....	- 168 -
7.1.11. PRACTICA #2.....	- 174 -
7.1.12. PRACTICA #3.....	- 178 -
7.1.13. PRACTICA #4.....	- 182 -
7.1.14. PRACTICA #5.....	- 186 -
7.1.15. PRACTICA #6.....	- 191 -
7.1.16. PRACTICA #7.....	- 196 -
7.1.17. PRACTICA # 8.....	- 203 -
7.1.18. PRACTICA #9.....	- 208 -
7.1.19. PRACTICA #10.....	- 213 -
7.1.20. PRACTICA #11.....	- 218 -
7.2 Análisis de aceptación del Módulo	- 223 -

7.2.1. Tabulación de Datos	- 223 -
7.2.2. Análisis de los Resultados	- 226 -
CONCLUSIONES	- 227 -
RECOMENDACIONES	- 228 -
RESUMEN.....	- 229 -
SUMMARY	- 230 -
GLOSARIO	- 231 -
BIBLIOGRAFÍA	234

INDICE DE FIGURAS

Figura II. 1.- Manómetro y sus partes	- 23 -
Figura II. 2.- Partes principales de un circuito neumático, representación y componentes ...	- 27 -
Figura II. 3.- Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas.....	- 29 -
Figura II. 4.- Bobina Magnética.....	- 30 -
Figura III. 5.- Representación de las válvulas.....	- 34 -
Figura III. 6.- Unidad de Mantenimiento.....	- 39 -
Figura III. 7.- Válvula 3/2 inicialmente abierta.....	- 43 -
Figura III. 8.- Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo cerrada en reposo	- 43 -
Figura III. 9.- Válvula distribuidora 5/2, accionamiento neumático	- 44 -
Figura III. 10.- Válvula distribuidora 5/2, doble pilotaje.....	- 45 -
Figura III. 11.- Regulador de caudal unidireccional.....	- 46 -
Figura III. 12.- Válvula selectora de circuito "OR"	- 47 -
Figura III. 13.- Válvula de simultaneidad.....	- 48 -
Figura III. 14.- Válvula de escape rápido	- 48 -
Figura III. 15.- Electroválvula de 2/2 vías sin servopilotaje	- 50 -
Figura III. 16.- Válvulas electromagnéticas con servopilotaje	- 51 -
Figura III. 17.- Electroválvula de 3/2 vías con servopilotaje	- 52 -
Figura III. 18.- Electroválvula de 5/2 vías con servopilotaje	- 53 -
Figura III. 19.- Cilindro simple efecto	- 55 -
Figura III. 20.- Partes de un cilindro de simple efecto.....	- 55 -
Figura III. 21.- Cilindros de doble efecto	- 56 -
Figura III. 22.- Partes de un cilindro de doble efecto.....	- 57 -
Figura III. 23.- Accesorios Neumáticos	- 57 -
Figura III. 24.- Codo.....	- 58 -
Figura III. 25.- Tee	- 59 -
Figura III. 26.- Tapón	- 60 -
Figura III. 27.- Silenciador	- 61 -
Figura III. 28.- Tubería Neumática	- 61 -
Figura IV. 29.- Simbología de sensores de tres hilos.....	- 63 -
Figura IV. 30.- Sensor Inductivo	- 65 -
Figura IV. 31.- Componentes de un sensor inductivo	- 65 -
Figura IV. 32.- Curvas característica de metales.....	- 66 -
Figura IV. 33.- Sensor Capacitivo	- 68 -
Figura IV. 34.- Efecto borde.....	- 69 -
Figura IV. 35.- Interferencias Capacitivas.....	- 69 -
Figura IV. 36.- Cable de conexión	- 70 -
Figura IV. 37.- Sensor óptico.....	- 72 -
Figura IV. 38.- Principio de operación de un sensor Óptico	- 73 -
Figura IV. 39.- Funcionamiento de una barrera fotoeléctrica	- 74 -
Figura IV. 40.- Light ON	- 75 -
Figura IV. 41.- Light ON	- 75 -

Figura IV. 42.- Distancia de sensado	- 75 -
Figura IV. 43.- Medición del ángulo direccional	- 76 -
Figura IV. 44.- Curva característica del sensor magnético	- 78 -
Figura V. 45.- PLC	- 83 -
Figura V. 46.- PLC compactos	- 84 -
Figura V. 47.- Compuertas Lógicas.....	- 86 -
Figura V. 48.- Etapas del grafcet	- 87 -
Figura V. 49.- Activar y desactivar un motor	- 90 -
Figura V. 50.- Líneas paralelas de grafcet.....	- 90 -
Figura V. 51.- Divergencia OR	- 91 -
Figura V. 52.- Convergencia OR	- 91 -
Figura V. 53.- Divergencia AND.....	- 92 -
Figura V. 54.- Convergencia AND.....	- 92 -
Figura V. 55.- Saltos Condicionales	- 93 -
Figura V. 56.- Esquema de campo de aplicaciones del PLC Twido	- 98 -
Figura V. 57.- PLC Twido de 24 E/S	- 98 -
Figura V. 58.- Módulos de ampliación y accesorios para el PLC.....	- 99 -
Figura V. 59.- Partes del PL.....	- 100 -
Figura V. 60.- Esquema ejemplo de comunicación Modbus	- 102 -
Figura V. 61.- Componentes de un sistema Scada.....	- 103 -
Figura V. 62.- Arquitectura de Lookout.....	- 104 -
Figura V. 63.- Crear un nuevo proyecto en Lookout.....	- 104 -
Figura V. 64.- Pantalla de color del panel de trabajo.....	- 105 -
Figura V. 65.- Listado de gráficos de Lookout.....	- 105 -
Figura V. 66.- Cuadro de diálogo para editar conexiones	- 106 -
Figura V. 67.- Creación de Objeto Driver	- 107 -
Figura V. 68.- Comunicación con el PLC	- 108 -
Figura VI. 69.- Estructura de aluminio perfilado.....	- 110 -
Figura VI. 70.- Base para elementos	- 110 -
Figura VI. 71.- Base para los sensores.....	- 111 -
Figura VI. 72.- Base para el PLC	- 111 -
Figura VI. 73.- Unidad de Mantenimiento.....	- 113 -
Figura VI. 74.- Válvula neumática 3/2 accionada por pulsador	- 113 -
Figura VI. 75.- Válvula 5/2 con interruptor Símbolo:	- 114 -
Figura VI. 76.- Válvula 3/2 accionada por rodillo.....	- 114 -
Figura VI. 77.- Válvula neumática 5/2 pilotada por un lado.....	- 115 -
Figura VI. 78.- Válvula neumática 5/2 pilotada doble pilotaje	- 115 -
Figura VI. 79.- Electroválvula 5/2 monoestable.....	- 116 -
Figura VI. 80.- Electroválvula 5/2 biestable.....	- 116 -
Figura VI. 81.- Selector de circuito OR.....	- 117 -
Figura VI. 82.- Válvula de simultaneidad.....	- 117 -
Figura VI. 83.- Escape rápido	- 118 -
Figura VI. 84.- Regulador de Flujo.....	- 118 -

Figura VI. 85.- Cilindro de doble efecto.....	- 119 -
Figura VI. 86.- Regulador de presión con manómetro.....	- 119 -
Figura VI. 87.- Manómetro.....	- 120 -
Figura VI. 88.- Distribuidor de aire 6 tomas.....	- 120 -
Figura VI. 89.- Tubería de plástico.....	- 121 -
Figura VI. 90.- Acumulador de aire.....	- 122 -
Figura VI. 91.- Conector neumático T.....	- 122 -
Figura VI. 92.- Conectores de diferente tipo.....	- 123 -
Figura VI. 93.- Ventosa.....	- 123 -
Figura VI. 94.- Introdutor de señales.....	- 124 -
Figura VI. 95.- Sensor Inductivo.....	- 124 -
Figura VI. 96.- Sensor Capacitivo.....	- 125 -
Figura VI. 97.- Sensor Capacitivo.....	- 126 -
Figura VI. 98.- Barrera Fotoeléctrica.....	- 127 -
Figura VI. 99.- Sensor Magnético.....	- 128 -
Figura VI. 100.- Sensor de presión.....	- 129 -
Figura VI. 101.- Bomba Neumática.....	- 129 -
Figura VII. 102.- Esquema del circuito neumático (Práctica 1).....	- 132 -
Figura VII. 103.- Montaje del circuito neumático (Práctica 1).....	- 133 -
Figura VII. 104.- Esquema del circuito neumático (Práctica 2).....	- 136 -
Figura VII. 105.- Montaje del circuito neumático (Práctica 2).....	- 137 -
Figura VII. 106.- Esquema del circuito neumático (Práctica 3).....	- 140 -
Figura VII. 107.- Montaje del circuito neumático (Práctica 3).....	- 141 -
Figura VII. 108.- Esquema del circuito neumático (Práctica 4).....	- 144 -
Figura VII. 109.- Montaje del circuito neumático (Práctica 4).....	- 145 -
Figura VII. 110.- Esquema del circuito neumático (Práctica 5).....	- 149 -
Figura VII. 111.- Montaje del circuito neumático (Práctica 5).....	- 150 -
Figura VII. 112.- Esquema del circuito neumático (Práctica 6).....	- 153 -
Figura VII. 113.- Montaje del circuito neumático (Práctica 6).....	- 154 -
Figura VII. 114.- Esquema del circuito neumático (Práctica 7).....	- 157 -
Figura VII. 115.- Montaje del circuito neumático (Práctica 7).....	- 158 -
Figura VII. 116.- Esquema del circuito neumático (Práctica 8).....	- 161 -
Figura VII. 117.- Montaje del circuito neumático (Práctica 8).....	- 162 -
Figura VII. 118.- Montaje del circuito neumático (Práctica 9).....	- 165 -
Figura VII. 119.- Montaje del circuito neumático (Práctica 9).....	- 166 -
Figura VII. 120.- Direccionamiento de memorias en twidosuite.....	- 169 -
Figura VII. 121.- Creación del panel de simulación en Lookout.....	- 170 -
Figura VII. 122.- Diseño del panel de simulación en Lookout.....	- 171 -
Figura VII. 123.- Pantalla de identificación de sensores (Práctica 1 electroneumática).....	- 171 -
Figura VII. 124.- Direccionamiento de memorias de sensores para el monitoreo.....	- 172 -
Figura VII. 125.- Grafcet (Práctica 2 electroneumática).....	- 175 -
Figura VII. 126.- Pantalla de monitoreo (Práctica 2 electroneumática).....	- 176 -
Figura VII. 127.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 2).....	- 177 -

Figura VII. 128.- Grafcet (Práctica 3 electroneumática).....	- 179 -
Figura VII. 129.- Pantalla de monitoreo (Práctica 3 electroneumática).....	- 180 -
Figura VII. 130.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 3)	- 181 -
Figura VII. 131.- Grafcet (Práctica 4 electroneumática).....	- 183 -
Figura VII. 132.- Pantalla de monitoreo (Práctica 4 electroneumática).....	- 184 -
Figura VII. 133.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 4)	- 185 -
Figura VII. 134.- Grafcet (Práctica 5 electroneumática).....	- 188 -
Figura VII. 135.- Pantalla de monitoreo (Práctica 5 electroneumática).....	- 189 -
Figura VII. 136.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 5)	- 189 -
Figura VII. 137.- Grafcet (Práctica 6 electroneumática).....	- 193 -
Figura VII. 138.- Pantalla de monitoreo (Práctica 6 electroneumática).....	- 194 -
Figura VII. 139.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 6)	- 194 -
Figura VII. 140.- Grafcet (Práctica 7 electroneumática).....	- 198 -
Figura VII. 141.- Pantalla de monitoreo (Práctica 7 electroneumática).....	- 199 -
Figura VII. 142.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 7)	- 199 -
Figura VII. 143.- Grafcet (Práctica 8 electroneumática).....	- 205 -
Figura VII. 144.- Pantalla de monitoreo (Práctica 8 electroneumática).....	- 206 -
Figura VII. 145.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 8)	- 206 -
Figura VII. 146.- Grafcet (Práctica 9 electroneumática).....	- 210 -
Figura VII. 147.- Pantalla de monitoreo (Práctica 9 electroneumática).....	- 211 -
Figura VII. 148.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 9)	- 211 -
Figura VII. 149.- Grafcet (Práctica 10 electroneumática).....	- 215 -
Figura VII. 150.- Pantalla de monitoreo (Práctica 10 electroneumática).....	- 216 -
Figura VII. 151.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 10)	- 216 -
Figura VII. 152.- Grafcet (Práctica 11 electroneumática).....	- 220 -
Figura VII. 153.- Pantalla de monitoreo (Práctica 11 electroneumática).....	- 221 -
Figura VII. 154.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 11)	- 221 -
Figura VII. 155.- Tabulación pregunta 1	- 223 -
Figura VII. 156.- Tabulación pregunta 2	- 224 -
Figura VII. 157.- Tabulación pregunta 3	- 225 -
Figura VII. 158.- Tabulación pregunta 4	- 226 -

INDICE DE TABLAS

Tabla II. I.- Equivalencia unidades de presión	- 22 -
Tabla II. II.- Diferentes Elementos y presiones típicas	- 23 -
Tabla II. III.- Leyes de los gases	- 24 -
Tabla VI. IV.- Costo Total del Módulo	- 130 -

INTRODUCCION

El diseño e implementación de un Módulo Didáctico para el control y monitoreo de Sistemas electropneumáticos por medio de PLC para la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales de la ESPOCH permitirá a los docentes impartir de una mejor manera las cátedras relacionadas con la Neumática y Electropneumática, facilitando a los estudiantes reforzar sus conocimientos teóricos mediante la práctica.

El módulo didáctico está construido en aluminio perfilado inoxidable para colocar las bases robustas sobre las cuales van los elementos electropneumáticos, para hacerlos de fácil uso y manipulación al momento de implementar prácticas básicas de neumática y electropneumática utilizadas en procesos de automatización industrial, que son programados en el software Twidosuite y cargados en el PLC mediante el computador, indicando el monitoreo en tiempo real de dichos procesos con el software Lookout, también se utilizó elementos eléctricos: sensores, pulsadores, relés y fuente de 24 VDC, elementos electropneumáticos: unidad de mantenimiento, electroválvulas, cilindros, válvula AND y OR, distribuidor de aire, conectores y compresor.

Finalmente se incorpora al módulo un manual de usuario con todas las especificaciones del módulo en general y la descripción de cada uno de los elementos.

CAPITULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES.

En la técnica de automatización de procesos industriales el control y monitoreo en tiempo real de actuadores y válvulas electroneumáticas son de principal importancia puesto que con esto se consigue una mejora en el proceso, detectando a tiempo posibles fallas y la posibilidad de cambios rápidos en modo y parámetros de operación.

En la actualidad existen muchas herramientas para analizar y ejecutar diversas tareas en el área de automatización y control la misma que en los últimos años ha experimentado mejoras en el área del control informático, la construcción de equipos didácticos deben basarse en estas nueva herramienta que junto a los controladores programables lógicos presentan una alternativa de mucha productividad para el área de automatismos.

El proceso industrial simulado presenta variables físicas importantes que se manejan en el mundo real, las mismas que sirven para el diseño de un programa de control con el uso del software de programación, complementado con el uso de un visualizador de procesos para labores de monitoreo en tiempo real.

Hoy en día, la simulación virtual es una de las opciones más rápidas, didácticas y económicas para el diseño y estudio de sistemas de automatización y control de procesos. Sin lugar a duda más y más sistemas están aprovechando la tecnología del PC para aplicaciones en las cuales el tiempo de prueba es primordial

1.2. JUSTIFICACION

Actualmente la Escuela de Ingeniería Electrónica y Control no cuenta con entrenadores didácticos de neumática, electroneumática, sensores, control y monitoreo en tiempo real donde se puedan simular procesos de automatización y consolidar el conocimiento sobre las tecnologías mencionadas, por lo que el desarrollar un entrenador para el estudio de estas tecnologías será de suma importancia para la formación de los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales, porque en primer lugar ayudará a explicar, con ejercicios comprensibles lo estudiado en clases además servirá como herramienta de laboratorio para proyectos investigación, innovación y desarrollo en el área de automatización y control.

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES:

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos por medio de PLC.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Diseñar y construir un tablero didáctico apropiado para el estudio de tecnología neumática, sensores y técnicas de control que se utilizará en la escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales.
- Diseñar y construir elementos didácticos neumáticos, electroneumáticos, sensores y de control para ser colocados sobre el tablero didáctico de una manera fácil y rápida.

- Simular y monitorear problemas típicos de automatización con elementos electroneumáticos y sensores mediante el uso de PLC e interface con software de monitoreo.
- Elaborar contenidos didácticos que muestren una serie de ejercicios de proyectos de control desde sistemas básicos de neumática hasta complejos sistemas electroneumáticos con varios actuadores controlados por medio de un PLC y monitoreados en tiempo real con el software Lookout.

1.4. HIPOTESIS

Con el diseño e implementación del módulo didáctico para el control y monitoreo de sistemas electro neumáticos será de gran ayuda a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica Control y Redes Industriales para realizar prácticas de laboratorio y así fortalecer los conocimientos obtenidos en clases.

CAPITULO II

CONCEPTOS BASICOS

2.1. AIRE COMPRIMIDO

El hecho de comprimir aire es debido a que el aire comprimido constituye en realidad una forma de transporte de energía de muy fácil manejo y por esto su utilización se ha ido imponiendo paulatinamente en la industria. Las principales propiedades que han contribuido a que el aire comprimido sea tan ampliamente utilizado son:

- **Abundante:** Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.
- **Transporte:** El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.
- **Almacenable:** No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).
- **Temperatura:** El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.
- **Antideflagrante:** No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones contra incendio, que son muy caras.

- Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.
- No recuperación: no requiere instalaciones especiales para la recuperación del fluido de trabajo (aire).
- Constitución simple de los elementos: que implica precios económicos.
- Velocidad: Permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas. (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones).
- A prueba de sobrecargas y golpes de ariete: Los elementos de trabajo neumáticos pueden llegar hasta su parada completa sin riesgo de sobrecargas.

Para delimitar el campo de utilización de la neumática es preciso conocer también las características adversas.

- Preparación: El aire atmosférico comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes). Desde el punto de vista microscópica, el aire presenta impurezas que, para su uso satisfactorio, deben eliminarse.
- Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.
- Fuerza: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bares), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20.000 a 30.000 N (2000 a 3000 kp). Para masas superiores se debe recurrir a la Hidráulica.
- Escape: El escape de aire (descarga a la atmósfera del aire utilizado) produce ruido. Se evitarse razonablemente con materiales insonorizantes y silenciadores. Cabe aclarar que el aire de descarga podría estar contaminado y que por lo tanto no puede recuperarse.

- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

2.2. Presión

La presión es el cociente entre la fuerza normal aplicada sobre un cuerpo y la superficie sobre la que incide. De esta forma obtenemos esta fórmula fundamental:

$$P = \frac{F}{S}$$

En donde:

P = Presión (en Pascales)

F = Fuerza (en Newton)

S = Superficie (en metros cuadrados)

2.2.1. Unidades de Presión

En el Sistema Internacional de unidades (SI), la unidad de medida de la presión es el PASCAL. Una presión de un Pascal (1 Pa) equivale a una fuerza de un Newton (1 N) aplicada perpendicularmente sobre una superficie de un metro cuadrado (1 m²).

A veces se utiliza el Kilo Pascal (kPa), que equivale a 1000 Pascales, y para medir la presión atmosférica (que habitualmente dan en la TV o radio junto con la temperatura), el hecto Pascal (hPa) que equivale a 100 Pascales.

En la siguiente tabla podrás encontrar las equivalencias entre las diferentes unidades utilizadas para medir la presión:

	Pascal	Bar	Atm	Torr	psi
Pascal	1	10 ⁻⁵	0,987×10 ⁻⁵	0,0075	0.00014504
Bar	100000	1	0,987	750	14.504
Atm	101325	1,013	1	760	14.696
Torr	133	0,00133	0,00132	1	0.019337
psi	6894.75	0.068948	0.068046	51.715	1

Tabla II. I.- Equivalencia unidades de presión

2.2.2. Medición de la presión

En neumática, para medir la presión del aire se utiliza un dispositivo denominado manómetro. Tiene en su frente una escala con los valores de presión indicados en distintas unidades (en algunos, en más de una unidad).

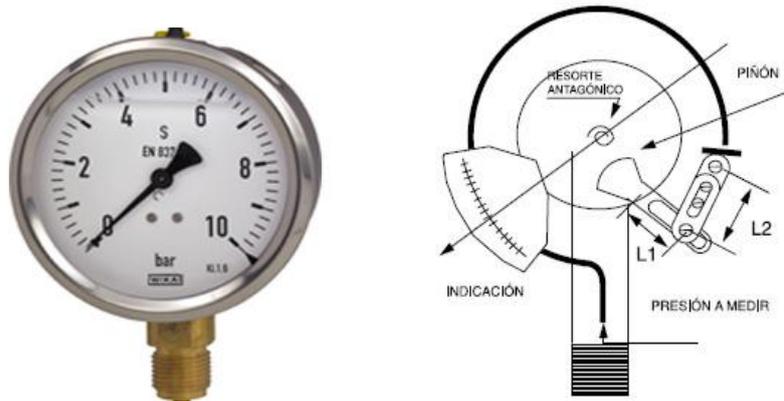


Figura II. 1.- Manómetro y sus partes

Para apreciar más intuitivamente los niveles de presión que representan las unidades se presentan algunos datos sobre las presiones a las cuales están sometidos los fluidos en diferentes instalaciones o depósitos industriales.

Elemento	Fluido	Presión
Extintor de incendios	Agua / Polvo	~ 15/20 Kg/cm ²
Instalación hidráulica en barcos (tubería de alta presión)	Aceite	~ 250Kg/cm ²
Instalación de calefacción en el hogar	Agua	1 bar
Instalación neumática industrial	Aire	9 bar

Tabla II. II.- Diferentes Elementos y presiones típicas

2.3. Caudal

El concepto de caudal ya sea para el agua, el aceite o el aire (en general para cualquier fluido) está relacionado con la cantidad de fluido que se mueve por unidad de tiempo. Más específicamente, el caudal es el volumen de fluido que pasa por un área dada en la unidad de tiempo:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q = Caudal (metros cúbicos/segundo)

V = Volumen (metros cúbicos)

t = tiempo (segundos)

Para medir el caudal se utilizan caudalímetros, aunque su uso es poco frecuente.

2.4. Leyes de los gases

Las condiciones de un gas se definen mediante tres variables de estado, que son: Presión absoluta (P), volumen específico (v, o densidad, ρ) y temperatura absoluta (T). Cuando se conocen dos de ellas, queda determinada la condición del gas, debido a la relación que existe entre ellas. A esta conclusión se llegó a través de la experimentación y las leyes que se enuncian a continuación en la tabla

Ley de Boyle-Mariotte [T = cte]	$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = Cte$
Ley de Charles Gay-Lussac [P = cte]	$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = Cte$
Ley de Amonton [V = cte]	$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = Cte$
Ley de Dalton (de las presiones parciales)	La presión de una mezcla de gases es la suma de presiones parciales de los gases constituyentes. La presión parcial es la que ejercería cada gas si ocupara él solo el volumen de la mezcla.
Ley de Amagat	El volumen de una mezcla de gases es igual a la suma de los volúmenes parciales que los gases constituyentes ocuparían si estuviera cada uno a la presión de la mezcla.
Ley de Avogadro	$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} = Cte$
Ley de Poisson [Proceso adiabático]	$P \cdot V^K = P_0 \cdot V_0^K = Cte$ K: exponente isoentrópico (c_p/c_v). Varía con P y T, aunque se suele asumir constante. Para gases monoatómicos, K=1,66; Biatómicos, K=1,40 (aire).

Tabla II. III.- Leyes de los gases

2.4.1. Ley General de Los Gases

La composición química del aire comprimido, hace que lo podamos tratar como un gas ideal. Si usamos las leyes anteriormente descritas y las combinamos, a través de desarrollos matemáticos, llegaremos a la siguiente fórmula:

$$\frac{P_o * V_o}{T_o} = \frac{P * V}{T} = Cte$$

La fórmula es la general para los gases ideales. Sustituyendo todas las leyes en una misma fórmula, y teniendo en cuenta que un mol de gas en condiciones estándar ocupa un volumen de 22,4 litros, se puede demostrar que tenemos:

$$P * V = n * R * T$$

Con P la presión absoluta en atmósferas, V el volumen en litros, n el número de moles, R constante e igual a 0.082 (atm*L) / (K*mol) y T es la Temperatura en Kelvin. Es importante saber que se definen unos estados de referencia que se usan a la hora de realizar cálculos mediante estas ecuaciones, y son las denominadas condiciones normales o estándar, término definido por la IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) que considera una temperatura de 0 °C (273,15 K) y una presión absoluta de 100 kPa (0,986 atm, 14,504 psi). Existen otras condiciones estándar, como la versión del NIST (*National Institute of Standards*) en la que la temperatura de referencia es de 20 °C (293,15 K) y la presión absoluta de 101,325 kPa (1 atm, 14,696 psi).

2.5. NEUMÁTICA

2.5.1. Introducción

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

Los sistemas neumáticos se complementan con los eléctricos y electrónicos que les permiten obtener un alto grado de sofisticación y flexibilidad. Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o fuerza que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja, lo que constituye un factor de seguridad.

2.5.2. Aplicaciones

- Accionamiento de válvula para aire o agua.
- Accionamiento de puertas pesadas o calientes.
- Elevación y movimiento en máquinas de moldeo.
- Sujeción para soldadura fuerte y normal.
- Accionamiento de cuchillas de guillotina.
- Transportadores de componentes y materiales.
- Manipuladores neumáticos.
- Torno de dentista.
- Automotriz: suspensión, frenos, dirección, refrigeración, etc.
- Aeronáutica: timones, alerones, trenes de aterrizaje, frenos, simuladores, equipos de mantenimiento aeronáutico, etc.
- Naval: timón, mecanismos de transmisión, sistemas de mandos, sistemas especializados de embarcaciones o buques militares.
- Medicina: Instrumental quirúrgico, mesas de operaciones, camas de hospital, sillas e instrumental odontológico, etc.

2.5.3. Ventajas

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra.
- 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.
- Cambios instantáneos de energía.

2.5.4. Desventajas

- 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

2.5.5. Representación Esquemática de Circuitos Neumáticos

Para poder representar instalaciones y circuitos neumáticos, así como los elementos que los componen, existen símbolos internacionales para la esquematización y representación. Podemos dividir un circuito neumático, de manera general, en las partes que vemos en la figura siguiente.

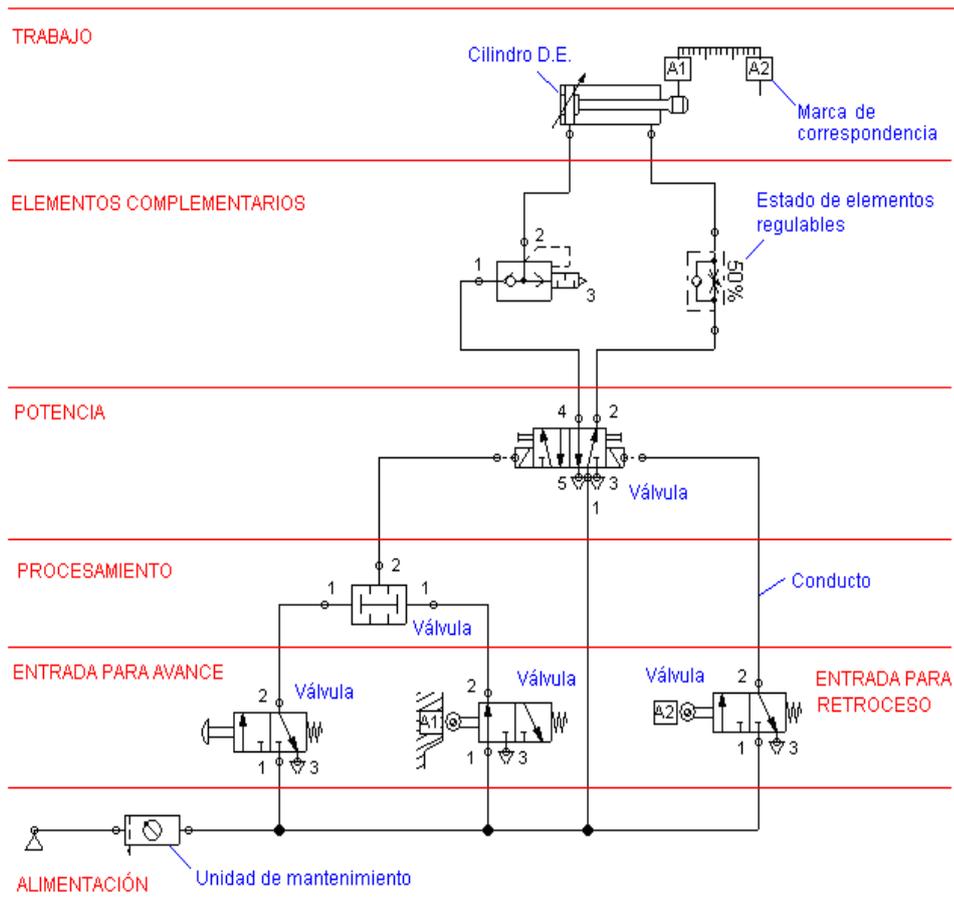


Figura II. 2.- Partes principales de un circuito neumático, representación y componentes

2.6. ELECTRONEUMATICA

2.6.1. Introducción

En electroneumática, la energía eléctrica substituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando.

Los elementos nuevos y/o diferentes que entran en juego están constituidos básicamente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

2.6.2. Aplicaciones

- Apertura y cierre de una puerta eléctrica.
- Para regular el nivel de un depósito de líquido.
- Para la activación de ascensores.
- Apertura y cierre de compuertas de una represa hidroeléctrica.

2.6.3. Ventajas

- Mediana fuerza (porque se pueden lograr fuerzas mucho más altas con la hidráulica). Altas velocidades de operación.
- Menos riesgos de contaminación por fluidos (especialmente si se utiliza en la industria de alimentos o farmacéutica).
- Menores costos que la hidráulica o la electricidad neta.

2.6.4. Desventajas

- Alto nivel sonoro.
- No se pueden manejar grandes fuerzas.
- El uso del aire comprimido, si no es utilizado correctamente, puede generar ciertos riesgos para el ser humano.
- Altos costos de producción del aire comprimido.

2.6.5. Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas

El convertidor es accionado con aire a presión. Al alcanzar la presión un valor previamente determinado, se produce una señal eléctrica. La presión de la señal neumática actúa contra un muelle regulable. Cuando la presión que actúa sobre una membrana sobrepasa la fuerza elástica, una leva activa un contacto eléctrico de conmutación. El elemento eléctrico de maniobra puede ser un contacto de reposo, un contacto de trabajo o un contacto inversor.

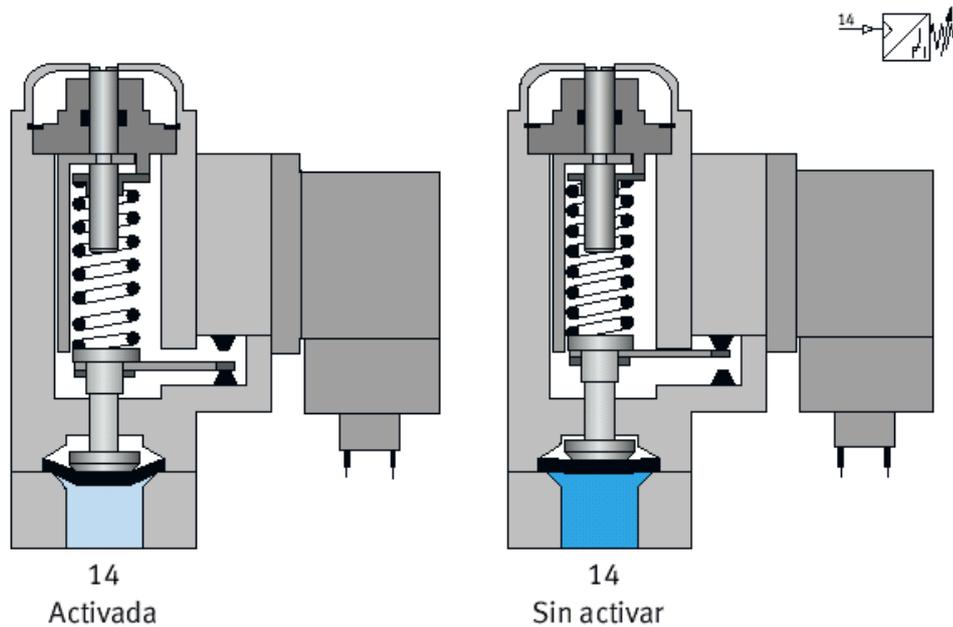


Figura II. 3.- Transformación de señales neumáticas en señales eléctricas

2.6.5.1. Principio de funcionamiento de la Bobina Magnética

Cuando la corriente eléctrica pasa por una bobina se genera un campo electromagnético. Para la intensidad del campo electromagnético vale lo siguiente:

- Al aumentar el número de espiras aumenta el tamaño del campo.
- El aumento de la intensidad de corriente aumenta el tamaño del campo.
- Al alargar la bobina disminuye el tamaño del campo.

Un núcleo de hierro dulce (inducido) se introduce en una bobina por la cual pasa corriente.

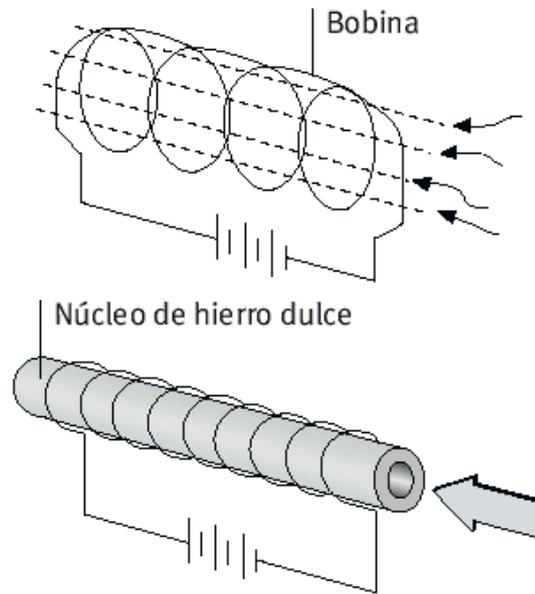


Figura II. 4.- Bobina Magnética

El control de las válvulas es eléctrico. Las válvulas son servo accionadas ya que necesitaríamos gran poder de los imanes y con el servo que significa ayuda no necesita una gran tensión, si no que el propio aire sea abierto por la bobina y acción de la válvula.

La neumática, digamos propiamente dicha solo se queda para la parte de fuerza y el circuito de mando será eléctrico, el circuito electro neumático lo podemos controlar con:

- Técnicas de Relés. ·
- Microprocesador (μp) o micro controlador (μc). ·
- PLC. (Autómatas) ·

2.6.5.1.1. Diferencias de las Bobinas de alterna o continua de las electroválvulas

En los relés de corriente continua, los circuitos magnéticos son macizos, los relés de corriente alterna se componen de un conjunto de chapas para evitar pérdidas de las corrientes parásitas.

2.6.6. Condiciones para trabajar con Electroneumática

Para la utilización de un circuito neumático debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Comprobar el circuito neumático con aire comprimido a baja presión (2-3 bares).
- Ajustar los sensores.
- Realizar el circuito eléctrico.

CAPITULO III

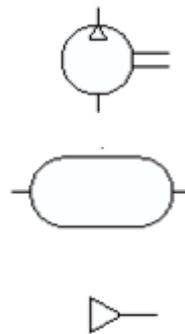
3.1 SIMBOLOGIA NEUMATICA Y ELECTRONEUMATICA

A nivel internacional la norma ISO 1219 1 y ISO 1219 2 se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

A continuación se muestra una colección de símbolos utilizados en circuito neumáticos y electroneumáticos:

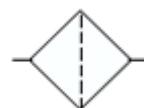
3.1.1. Alimentación

- Compresores con volumen constante de desplazamiento
- Acumuladores, depósitos de aire
- Fuente de presión

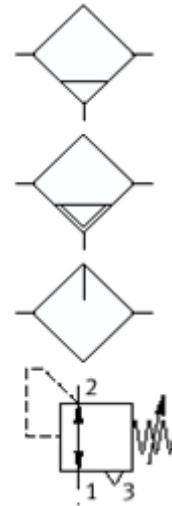


3.1.2. Mantenimiento

- Filtro

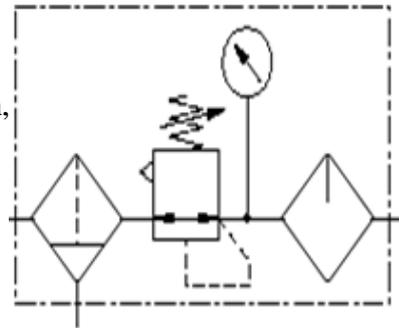


- Separadores de agua con accionamiento manual
- Separadores de agua automáticos
- Lubricador
- Válvula reguladora de presión con orificio de descarga regulable

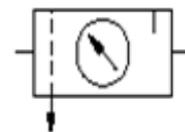


3.1.3. Símbolos Combinados

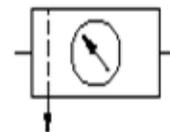
- Unidad de Mantenimiento
Consiste en filtro de aire, válvula reguladora de presión, manómetro y lubricador del aire a presión.



Presentación simplificada de unidad de mantenimiento



Presentación simplificada de unidad de mantenimiento sin aceitera para aire comprimido



3.1.4. Posiciones de maniobra y designación de las conexiones de válvulas de vías

Una válvula se simboliza por cuadros que representan que simbolizan estados de conmutación:

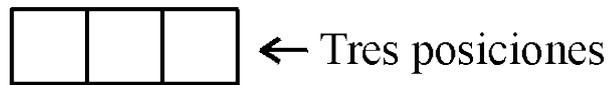


Figura III. 5.- Representación de las válvulas

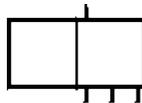
La posición de paso abierto para una válvula se representa por medio de una flecha de un extremo a otro del cuadrado.



La posición de bloqueo de flujo se muestra por una línea cortada, esto simboliza la interrupción de flujo.

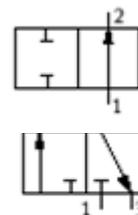


Las conexiones se agregan con pequeñas líneas en los costados de los rectángulos.

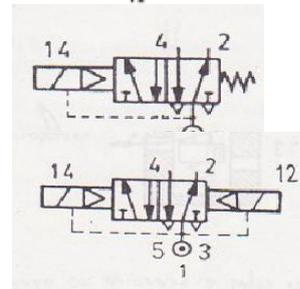
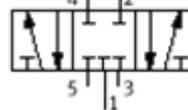
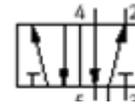
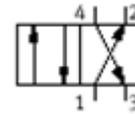
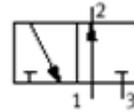


Una vez explicado la metodología para la formación de símbolos de válvulas, veamos algunos de los símbolos más comunes.

- Válvula de 2/2 vías abierta en reposo
- Válvula de 3/2 vías cerrada en reposo



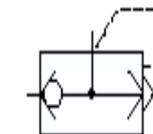
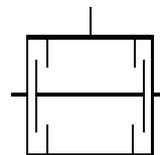
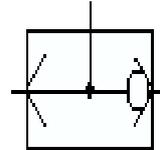
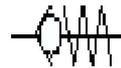
- Válvula de 3/2 vías abierta en reposo
- Válvula de 5/2 vías cerrada en reposo
Paso de caudal de 1 → 2 y de 4 → 3
- Válvula de 3/2 vías cerrada en reposo
Paso de caudal de 1 → 2 y de 4 → 5
- Válvula de 5/3 vías centro cerrado
- Electro válvula de 5/2 vías con LED monoestable
- Electro válvula de 5/2 vías con LED, de doble bobina



3.1.5. Válvulas de cierre, válvulas de caudal y válvulas de presión

3.1.5.1. Válvulas de cierre

- Válvula antirretorno
- Válvula antirretorno, bajo presión de resorte
- Válvula selectora (función O)
- Válvula de simultaneidad (función Y)
- Válvula de escape rápido
- Válvula de estrangulación de retención



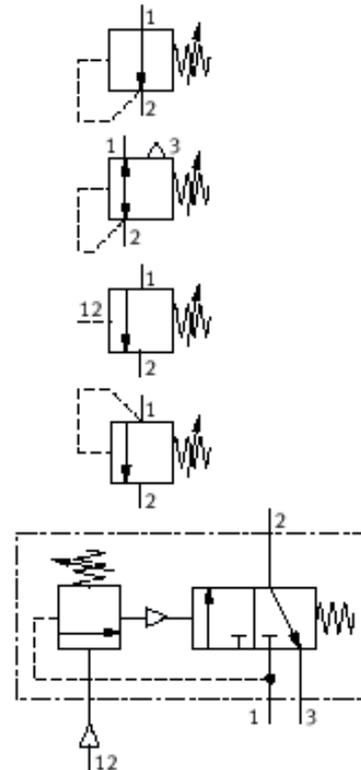
3.1.5.2. Válvula reguladora de caudal

- Válvula de estrangulación, regulable



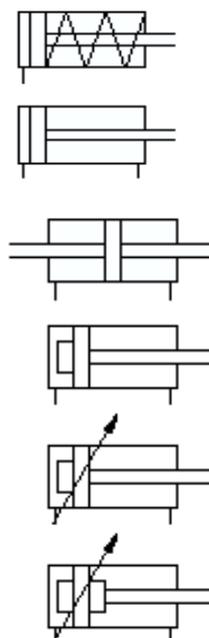
Válvulas de presión

- Válvula reguladora de presión ajustable sin orificio de escape
- Válvula reguladora de presión ajustable con orificio de escape
- Válvula de mando de presión con alimentación externa
- Válvula limitadora de presión
- Combinación de válvula de mando de presión

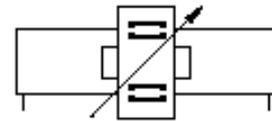


Símbolos de los principales elementos de trabajo

- Cilindro de simple efecto
- Cilindro de doble efecto
- Cilindro de doble efecto con doble vástago
- Cilindro de doble efecto con amortiguación sencilla, no regulable
- Cilindro de doble efecto con amortiguación sencilla, regulable
- Cilindro de doble efecto con amortiguación doble regulable



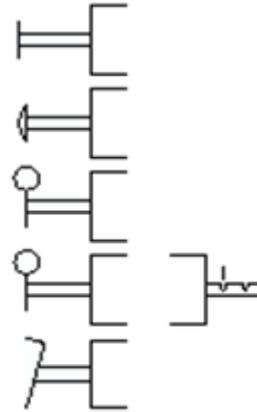
- Cilindro sin vástago, con émbolo de acoplamiento magnético



Tipos de accionamiento

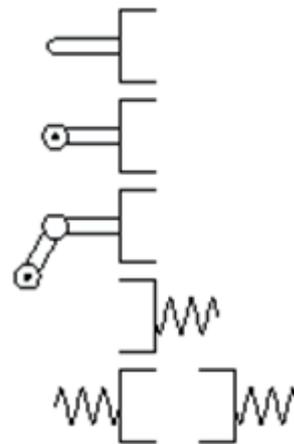
Accionamiento por fuerza muscular

- En general
- Por botón pulsador
- Por palanca
- Mediante palanca enclavable
- Por pedal



Accionamiento mecánico

- Por taqué
- Por rodillo
- Por rodillo funcionando en un solo sentido
- Por resorte
- Centrado elásticamente



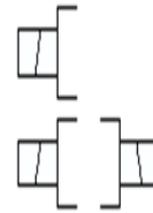
Accionamiento por aire comprimido

- Accionamiento directo por Aplicación de presión
- Accionamiento indirecto, por Aplicación de presión, servopilotada



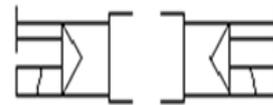
Accionamiento electromagnético

- Por medio de electroimán
- Por medio de dos electroimanes



Accionamiento combinado

- Válvula con mando previo accionada electromagnéticamente por dos lados, accionamiento



3.2 DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS NEUMATICOS Y ELECTRONEUMATICOS

3.2.1 Elementos Neumáticos

3.2.1.1. Compresor

Para producir aire comprimido se utilizan compresores, que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Todos los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central de generación. De esta manera no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada consumidor. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías. Las centrales de generación pueden ser fijas, como en la mayoría de las industrias, o móviles, como en la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente. Como norma general, al planificar una instalación, es necesario prever un tamaño superior de la red, para alimentar aparatos neumáticos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionarla, para que el compresor no resulte más tarde insuficiente. Toda ampliación posterior en el equipo generador supone gastos mayores que si se tiene en cuenta desde un principio.

3.2.1.2. Unidad de Mantenimiento

La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

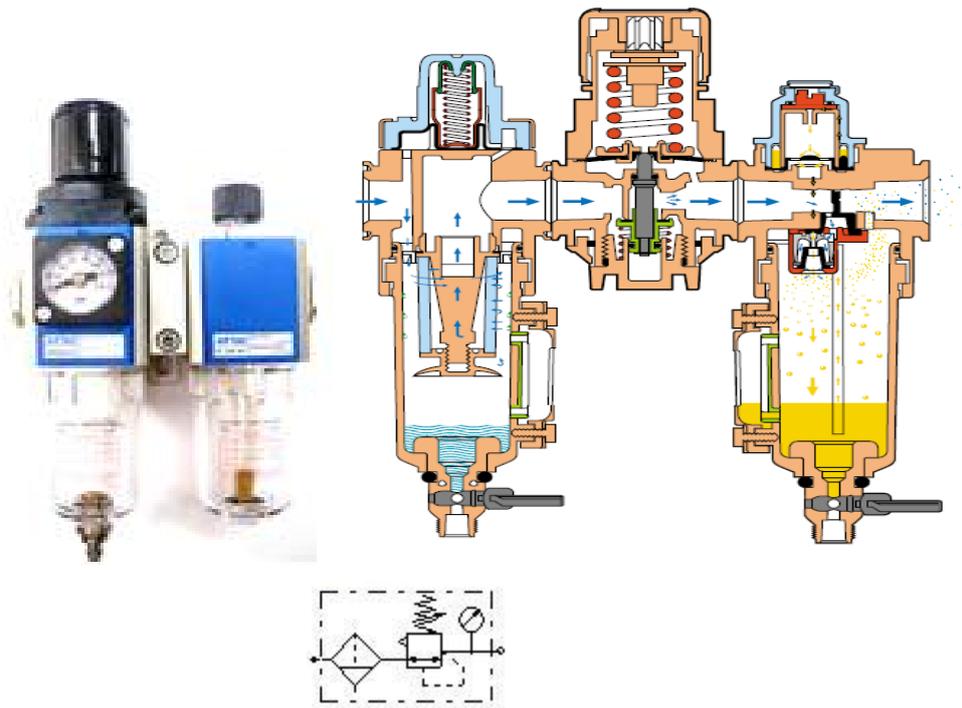


Figura III. 6.- Unidad de Mantenimiento

- **Filtros**

El aire ambiente que aspira el compresor, contiene impurezas. A éstas, se le agregan las que el propio compresor genera y también las que pueda encontrar en camino hacia los puntos de distribución. Esas impurezas son de distinta índole y de distinto tamaño.

En un ambiente normal pueden encontrarse alrededor de 150.000.000 de partículas por m³ de aire y que cerca de un 80% de estas tienen un diámetro medio de 2 micras (μm). Existen incluso partículas como las de los aerosoles de aceite con tamaños de 0,01 μm . El tratamiento debe responder en forma directa a las necesidades de calidad de aire

pretendido: un suministro central podría acondicionar el aire a la más alta calidad, pero muy probablemente esto no sea lógico ni rentable. Resulta más cómodo y más barato, preparar todo el aire para una calidad media y reacondicionarlo localmente según las necesidades. El rol fundamental de cualquier filtro es el de —protector aguas abajo. Con este concepto, entenderemos, no solo la importancia del filtro sino también la razón de sus eventuales combinaciones. Los filtros se dividen en dos grandes grupos: los estándares y los especiales. El filtro estándar está construido de manera tal que imprime al aire comprimido entrante un movimiento de rotación por medio del deflector de paletas eliminando los contaminantes como polvo y gotas de agua por centrifugado, filtrando luego las partículas más pequeñas mediante un elemento filtrante para que el aire comprimido procesado pueda fluir hacia la salida. Un deflector ubicado debajo evita la turbulencia que podría arrastrar los contaminantes extraídos. Los elementos filtrantes se clasifican por el tamaño de las partículas que interceptan, cubriendo un amplio rango, desde 2 hasta 100 μm , según los fabricantes. Cuando las gotas de condensado se depositan en el fondo del vaso, por efecto ciclónico, se produce una acumulación de agua que debe ser eliminada. La purga de este condensado puede ser manual o automática. La elección correcta de un filtro estándar se realiza mediante la consideración tanto de la caída de presión que origina para el caudal y presión considerado (área dispuesta para el filtrado), como del volumen del vaso (facilidad operativa para el cambio).

- **Regulación**

La energía disponible está directamente relacionada con la presión del sistema y el gobierno debe ejercerse controlando ésta. Los componentes que permiten el control son los reguladores de presión. Gracias a ellos podemos conseguir una presión menor a la que genera el compresor, que adaptaremos a nuestras necesidades de trabajo.

Podemos distinguir dos presiones (o niveles de energía) diferentes: la que entrega la fuente compresora y la que usamos para trabajar. La primera puede ser variable, obedeciendo en sus cambios a las posibilidades y regulación del compresor (depende de la carga), mientras que la segunda siempre deberá ser constante, pues para un aprovechamiento racional de la energía neumática, necesitamos que esta se mantenga al mismo nivel. Los reguladores de presión estándar son los más comunes en

automatización neumática. Su funcionamiento se basa en el equilibrio de fuerzas en una membrana que soporta en su parte superior la tensión de un resorte, que puede variarse a voluntad del operador por la acción de un tornillo manual. Por su parte inferior, la membrana está expuesta a la presión de salida y por lo tanto a otra fuerza, que en condición de descanso, resulta ser igual a la tensión del resorte. Cuando la membrana está en equilibrio, la entrada de aire comprimido está cerrada. Si desequilibráramos el sistema por aumento voluntario de la tensión del resorte, la membrana descendería ligeramente abriendo la entrada de aire a presión hasta que se logre el equilibrio perdido, sólo que esta vez a la salida la presión será ligeramente mayor.

- **Lubricación**

La función de los sistemas de lubricación es incorporar al aire tratado una determinada cantidad de aceite, para lubricar los actuadores neumáticos que, al fin y al cabo, son elementos mecánicos. En todos los casos, las unidades de lubricación cuentan con un dispositivo que eleva el aceite y lo incorpora pulverizado en la vena de aire. Esta elección puede controlarse externamente y la energía para hacerlo, así como también la necesaria para su pulverización, se toma de la energía del aire en circulación. Existen dos grandes grupos de lubricadores que se distinguen por el tipo de niebla de aceite que producen: el estándar y el de microniebla. En el lubricador estándar se produce una caída de presión provocada por la restricción del flujo. Esta caída produce un desequilibrio de presiones que adecuadamente dirigido provoca la elevación de la columna de aceite y su incorporación en la corriente de aire. Hay, al menos, tres dispositivos que permiten una variación proporcional, ellos son: válvula de asiento, pistón y aleta flexible. El problema de estos elementos reside en que la caída de presión está directamente relacionada con el caudal en circulación. Esto limitaría a caudales pequeños si no existiera la posibilidad de modificar la sección transversal en relación con la variación del caudal. El tamaño de estos aparatos está directamente relacionado con el caudal disponible. Su capacidad de lubricación está limitada aprox. a 7 m de recorrido por la tubería.

Por último, decir que normalmente encontramos siempre estos tres elementos (filtro, regulador y lubricador) tanto al principio de la red (tras el compresor) como antes de

cada punto de consumo. A este conjunto de elementos se le conoce como unidad de mantenimiento, y dispone de un símbolo específico.

3.2.1.3. Válvulas Neumáticas

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección de funcionamiento de los actuadores, así como la presión o el caudal del aire comprimido que circula por el circuito.

Según su función las válvulas se subdividen en los grupos siguientes:

- ✓ Válvulas de vías o distribuidoras
- ✓ Válvulas de bloqueo
- ✓ Válvulas de presión
- ✓ Válvulas de caudal y de cierre

- **Válvulas de vías o distribuidoras**

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de seguir el aire encada momento, gobernando a la postre el sentido de desplazamiento de los actuadores. Trabajan en dos o más posiciones fijas determinadas. En principio, no pueden trabajar en posiciones intermedias.

- **Válvula de 3/2 vías, accionada por pulsador**

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandos con cilindros de simple efecto o para el pilotaje de servo elementos.

En el caso de una válvula normalmente abierta o abierta en reposo (abierta de P (1) hacia A (2)), al accionar el taqué se cierra con un disco el paso de P(1) hacia A(2). Al seguir apretando, otro disco se levanta de su asiento y abre el paso de A (2) hacia R (3). El aire puede escapar entonces por R (3). Al soltar el taqué, los muelles reposicionan el émbolo con los discos estanquizantes hasta su posición.

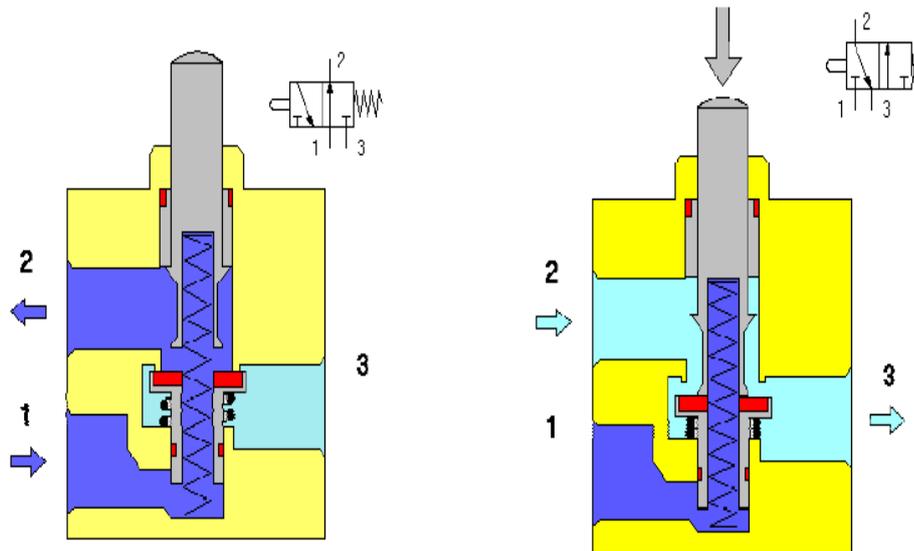


Figura III. 7.- Válvula 3/2 inicialmente abierta

- **Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo cerrada en reposo**

Cuando la válvula tiene un diámetro medio o grande se requiere un esfuerzo de accionamiento superior al que en determinados casos es factible. Para obviar esta dificultad se utiliza el denominado servopilotaje que consiste en actuar sobre una pequeña válvula auxiliar, que abierta deja paso al aire para que actúe sobre la válvula principal. Es decir el servopilotaje es simplemente un multiplicador de esfuerzos.

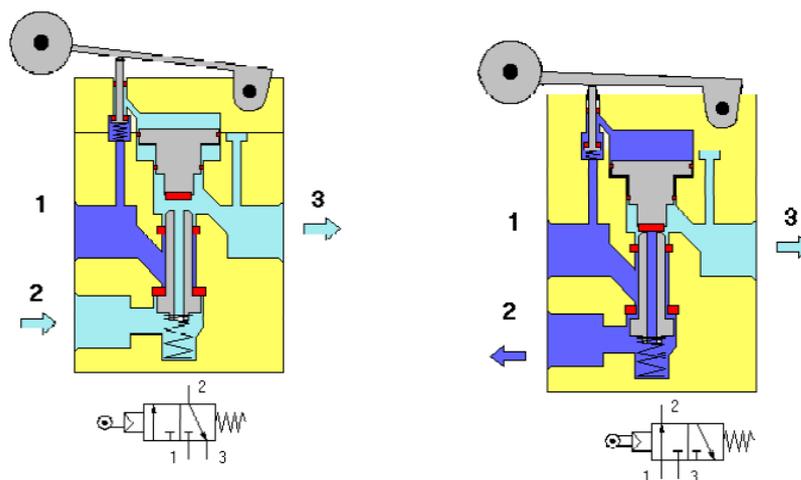


Figura III. 8.- Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo cerrada en reposo

Funcionamiento

La válvula con servopilotaje posee en su interior un pequeño conducto con una válvula auxiliar que conecta presión (1) con la cámara del émbolo que acciona la válvula. Cuando se acciona el rodillo, se abre la válvula auxiliar de servopilotaje, el aire comprimido circula hacia la cámara superior del émbolo que al desplazarlo modifica la posición de la válvula principal 3/2.

- **Válvula distribuidora 5/2, accionamiento neumático**

En esta válvula de asiento de membrana todos los empalmes se cierran por asiento. Esta válvula es invertida alternativamente por las entradas Z e Y. El émbolo de mando conserva, debido a la tensión de las membranas, la posición de maniobra hasta que se dé una contraseña. La válvula tiene características de memoria.

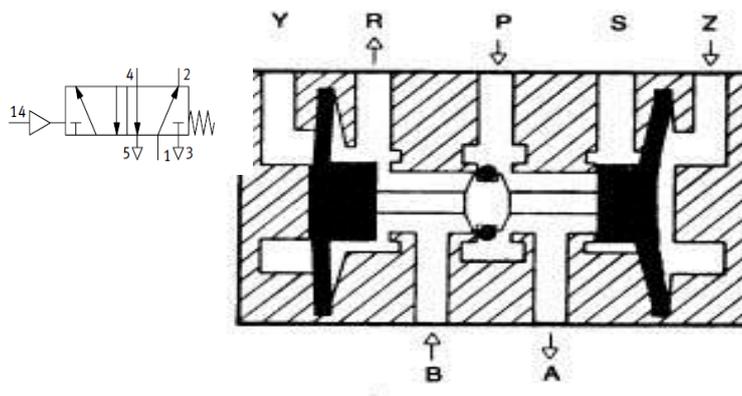


Figura III. 9.- Válvula distribuidora 5/2, accionamiento neumático

- **Válvula distribuidora 5/2, doble pilotaje**

El elemento de mando de esta válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal, uniendo o separando al mismo tiempo los correspondientes conductos.

La corredera está formada por cilindros y discos coaxiales de diferente diámetro dispuestos consecutivamente. La fuerza de accionamiento requerida es reducida, porque no hay que vencer una resistencia de presión de aire o de muelle, como en el caso de las válvulas de asiento. Las válvulas de corredera longitudinal pueden accionarse

manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para repositonar la válvula a su posición inicial.

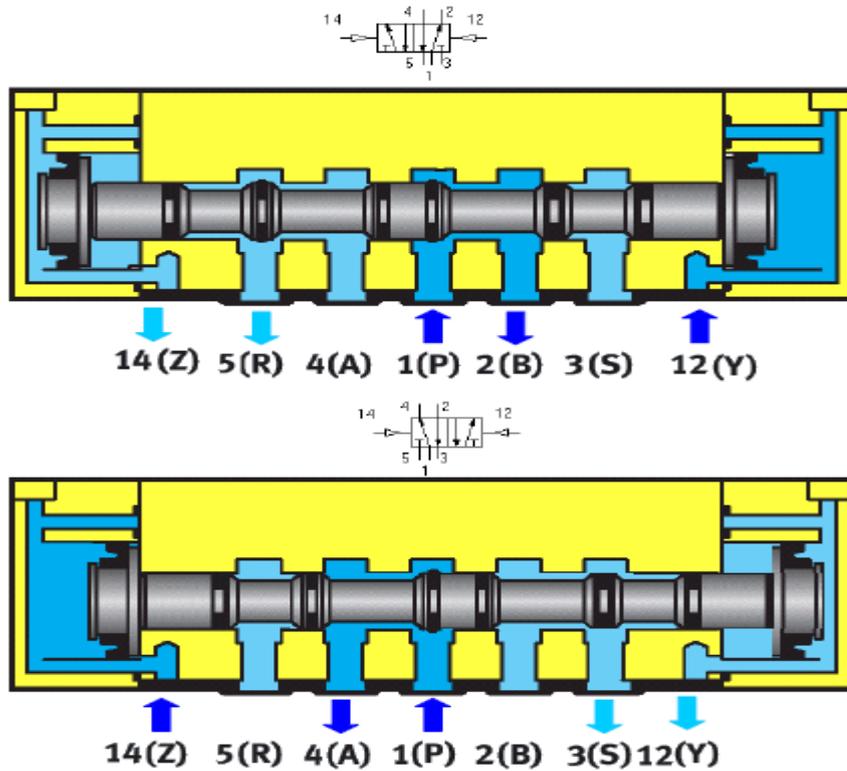


Figura III. 10.- Válvula distribuidora 5/2, doble pilotaje

- **Válvula Reguladora de Caudal**

Se trata de un bloque que contiene una válvula de estrangulación en paralelo con una válvula antirretorno. La estrangulación, normalmente regulable desde el exterior, sirve para variar el caudal que lo atraviesa y, por lo tanto, para regular la velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro. También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional.

La válvula antirretorno cierra el paso del aire en un sentido y el aire ha de circular forzosamente por la sección estrangulada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antirretorno abierta (figura III.11). Las válvulas antirretorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

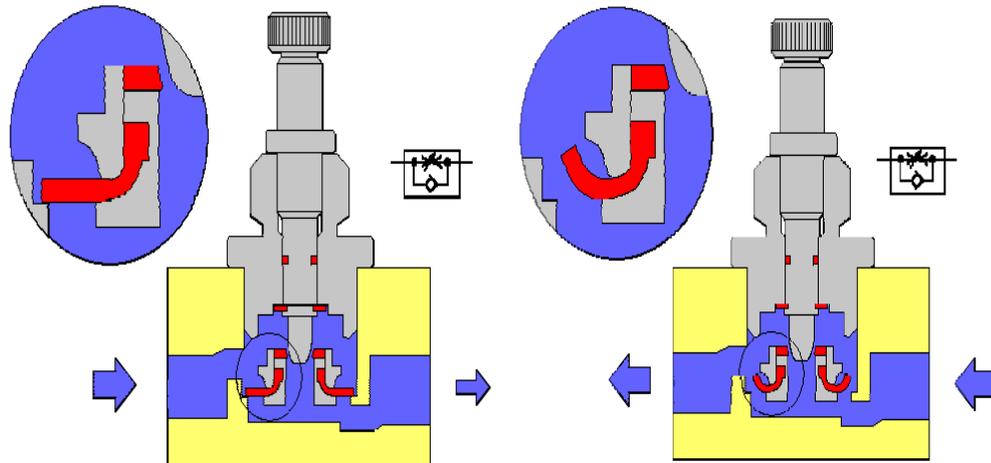


Figura III. 11.- Regulador de caudal unidireccional

Se utilizan para aminorar y regular la velocidad del vástago de un cilindro, de simple o doble efecto. Según como se disponga la válvula antirretorno se consigue regular la velocidad del vástago en uno u otro sentido.

- **Válvulas de cierre**
- **Válvula selectora de circuito(función lógica OR)**

Se trata de una válvula que permite el paso del aire cuando éste procede de uno u otro conducto. Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A (Figura III. 12). Cuando el aire comprimido entra por la entrada X, la bola obtura la entrada Y, y el aire circula de X hacia A.

También cuando el aire llega por Y se obtura la conexión X y pasa de Y hacia A. Por otra parte cuando el aire regresa, es decir procede de A, cuando se elimina el aire de un cilindro o una válvula, la bola permanece en la posición en que se encontraba permitiendo su paso hacia X o Y.

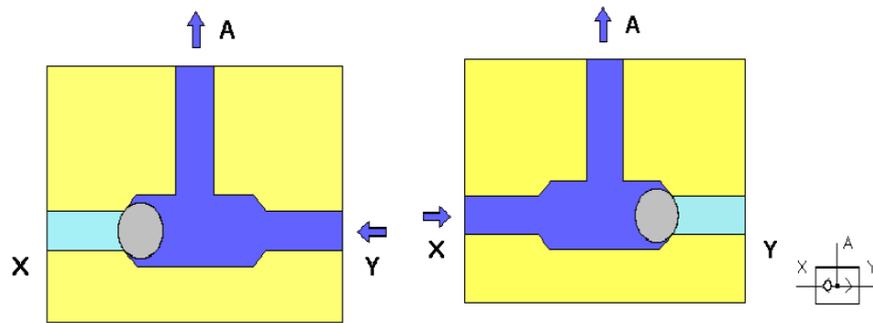


Figura III. 12.- Válvula selectora de circuito “OR”

Esta válvula se denomina también “elemento O (OR)”; aísla las señales emitidas por dos válvulas de señalización desde diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización. Se utiliza también cuando se desea mandar un cilindro o una válvula de gobierno desde dos o más puntos.

- **Válvula de simultaneidad(función lógica “Y”)**

Esta válvula tan solo se abre cuando recibe señales simultáneas de dos lugares diferentes.

Esta válvula tiene dos entradas X e Y, y una salida A (Figura III. 13). El aire comprimido puede pasar únicamente cuando hay presión en ambas entradas. Una única señal de entrada en X ó Y interrumpe el flujo, en razón del desequilibrio de fuerzas que actúan sobre la pieza móvil. Cuando las señales están desplazadas cronológicamente, la última es la que llega a la salida A. Si las señales de entrada son de una presión distinta, la mayor cierra la válvula y la menor se dirige hacia la salida A.

Esta válvula se denomina también módulo “Y” o función lógica “and”. Se utiliza principalmente en mandos de enclavamiento, funciones de control y operaciones lógicas.

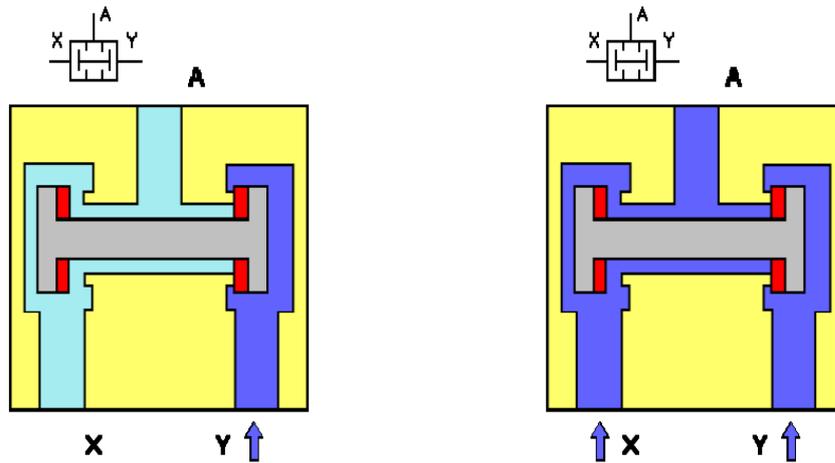


Figura III. 13.- Válvula de simultaneidad

Se emplea si se desea que un cilindro sea maniobrado cuando se reciban señales de aire comprimido simultáneas desde dos puntos diferentes. Es el caso en que interesa por cuestiones de seguridad que el operario tenga ocupadas sus dos manos al accionar un elemento que pudiera dañarlas, o bien cuando se requiere que sucedan dos hechos simultáneamente.

- **Válvula de escape rápido**

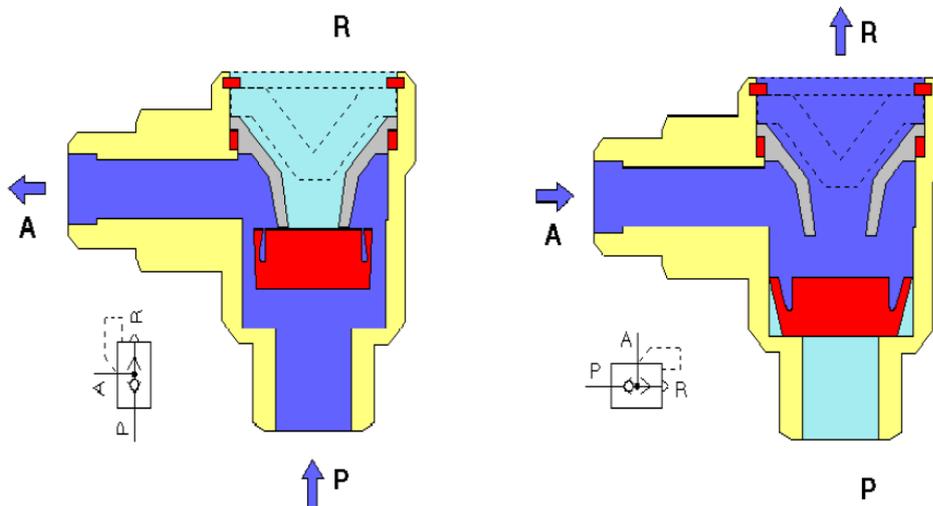


Figura III. 14.- Válvula de escape rápido

Se trata de una válvula que evacua el aire de manera rápida hacia la atmósfera. Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de los cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

La válvula tiene una conexión de alimentación P y otra de escape R, que pueden cerrarse (Figura III.14). Cuando el aire procede de la alimentación se cierra R y pasa hacia A. Si el aire procede de A se cierra P y el aire se dirige directamente a R. Se recomienda montar esta válvula directamente sobre el cilindro o lo más cerca posible de éste con el fin de mejorar su efecto.

La velocidad de retorno del vástago de un cilindro de simple efecto o la de un cilindro de doble efecto en cualquiera de sus dos sentidos puede ser incrementada por medio de una válvula de escape rápido.

3.2.1.3. Electroválvulas

- **Electroválvula de 2/2 vías sin servopilotaje**

Este tipo de válvula tiene la posición cerrada en reposo y el retroceso por muelle, su funcionamiento se describe:

- ✓ Bobina magnética sin corriente

- Conexión 1 cerrada
- Conexión 2 cerrada.
- No se logra el escape.

- ✓ Bobina magnética bajo corriente

- El inducido se levanta.
- Pasa aire a presión de la conexión 1 a la conexión 2.

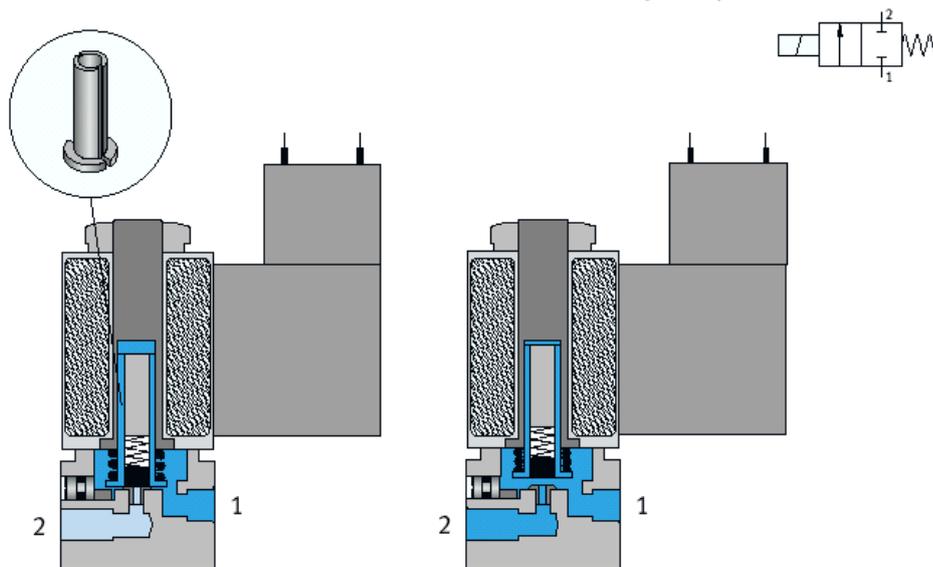


Figura III. 15.- Electroválvula de 2/2 vías sin servopilotaje

- **Válvulas electromagnéticas con servopilotaje.**

Las válvulas electromagnéticas con servopilotaje se componen de:

- ✓ Una válvula de servopilotaje de accionamiento electromagnético y
- ✓ Una válvula principal accionada neumáticamente.

Comparándolas con las válvulas electromagnéticas sin servopilotaje, las válvulas electromagnéticas con servopilotaje se caracterizan por los hechos siguientes:

- ✓ Es menor la fuerza requerida para accionar el inducido.
- ✓ Son más pequeñas las dimensiones de la cabeza de la bobina.
- ✓ Es menor el consumo de corriente.
- ✓ Es menor el calor generado.

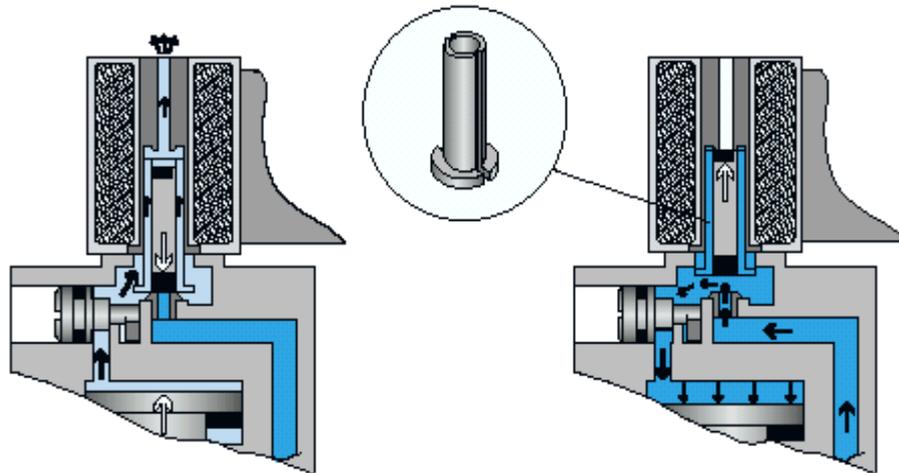


Figura III. 16.- Válvulas electromagnéticas con servopilotaje

- **Electroválvula de 3/2 vías con servopilotaje**

Este tipo de válvula tiene la posición de cierre en reposo, retroceso por muelle, y accionamiento auxiliar manual, su funcionamiento se describe:

Bobina magnética sin corriente.

- La conexión 1 está cerrada.
- El escape en la conexión 2 tiene lugar después del escape en la conexión 3.
- El canal de servopilotaje está bloqueado por la junta del inducido, en el costado de la válvula.
- El escape del espacio encima del émbolo de la válvula tiene lugar por medio del tubo-guía del inducido.

Bobina magnética con corriente.

- El inducido se levanta; la junta del inducido en el costado de la bobina obtura el orificio de evacuación de aire en el tubo-guía del inducido. La junta del inducido en el costado de la válvula abre el canal de activación previa.

- El aire a presión de que entra por la conexión 1 pasa a través del canal de servopilotaje y acciona el émbolo de la válvula.
- Se cierra la conexión 1.
- El aire a presión pasa de la conexión 1 a la conexión 2.

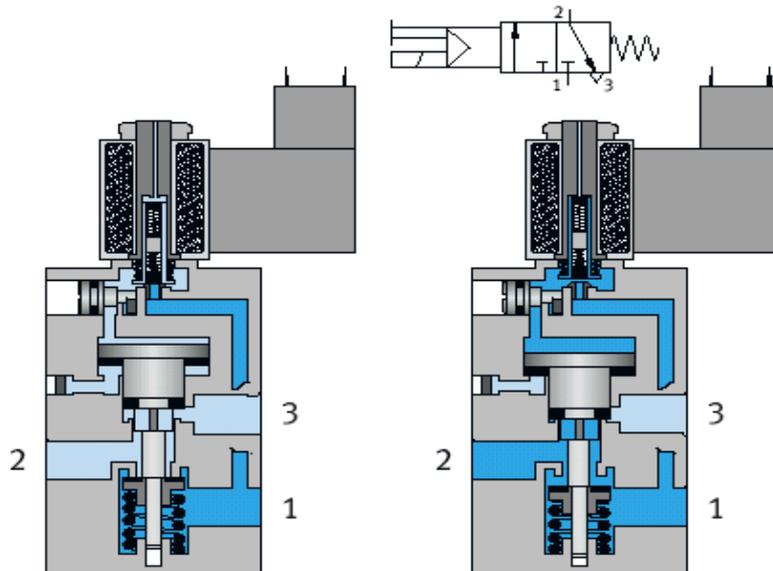


Figura III. 17.- Electroválvula de 3/2 vías con servopilotaje

- **Electroválvula de 5/2 vías con servopilotaje**

La válvula tiene retroceso por muelle, accionamiento manual auxiliar, su funcionamiento se describe:

Bobina magnética sin corriente

- El aire a presión pasa de la conexión 1 a la conexión 2.
- El escape en la conexión 4 tiene lugar después del escape en la conexión 5.
- La conexión 3 está cerrada.
- El canal de servopilotaje está cerrado.
- El escape del espacio encima del émbolo de la válvula tiene lugar por medio del tubo-guía del inducido.

Bobina magnética con corriente

- El inducido se levanta; la junta del inducido en el costado de la bobina obtura el orificio de escape de aire en el tubo-guía del inducido. La junta del inducido en el costado de la válvula abre el canal de servopilotaje.
- El aire a presión que entra por la conexión 1 pasa a través del canal de servopilotaje y acciona el émbolo de la válvula.
- Se cierra la conexión 5.
- Pasa aire a presión de la conexión 1 a la conexión 4.
- El escape de la conexión 2 tiene lugar a través de la conexión 3.

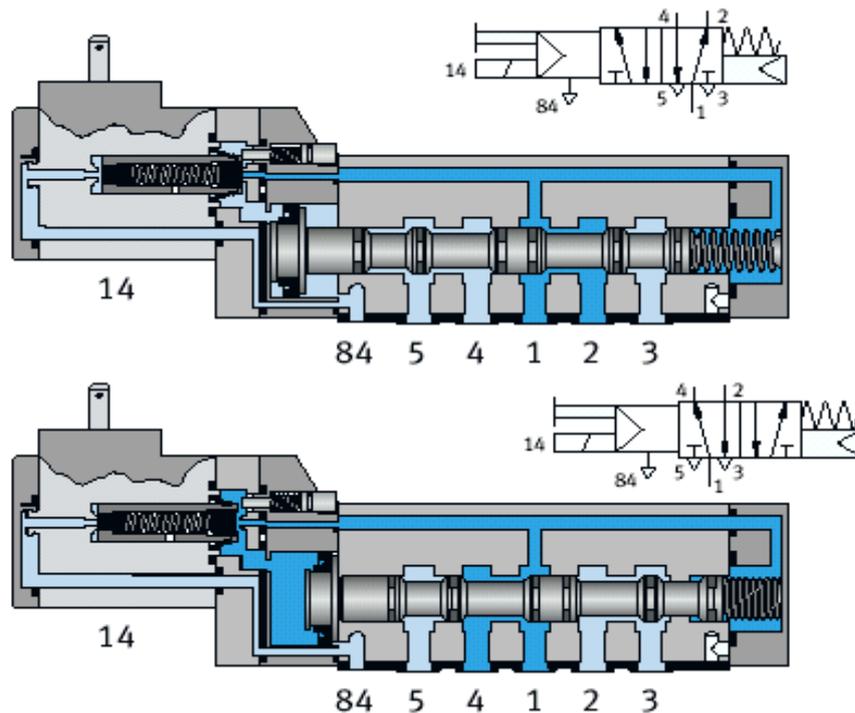


Figura III. 18.- Electroválvula de 5/2 vías con servopilotaje

- **Actuadores neumáticos**

Los elementos que permiten efectuar la transformación de la energía de presión transmitida por el aire, en energía mecánica, es decir en trabajo, se denominan actuadores neumáticos. Existe una clásica división, entre los elementos de trabajo neumático, basadas en sus posibilidades de actuación: los elementos o actuadores de

acción lineal y los de acción rotativa. Aunque, por otra parte, se han desarrollado tantas formas y modelos que prácticamente todas las industrias han encontrado una aplicación insustituible de los mismos. Al tratar de generar un movimiento rectilíneo sin partir de uno de rotación, vemos bastante limitado nuestro campo de acción. Entre los elementos posibles, después de un prolijo análisis, se encuentran: el electroimán, el resorte, el plano inclinado (aprovechamiento de la gravedad) y finalmente la energía de presión. Cada uno de los casos anteriores, salvo el último, no permite un control sencillo del movimiento. Un actuador neumático estándar adecuado para una instalación debe cumplir:

- ✓ Que exista en el tamaño necesario (diámetro y longitud)
- ✓ Que su rozamiento interno sea lo más bajo posible y su vida útil sea lo más larga posible
- ✓ Que su montaje o instalación sea simple y rápida
- ✓ Que existan gran variedad de diseños para adaptarlos a nuestra necesidad
- ✓ Que pueda utilizarse con o sin lubricación
- ✓ Que resista los esfuerzos de tracción, compresión y térmicos sin deformarse.

- **Tipos de cilindros**

- **Cilindro simple efecto**

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma

fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

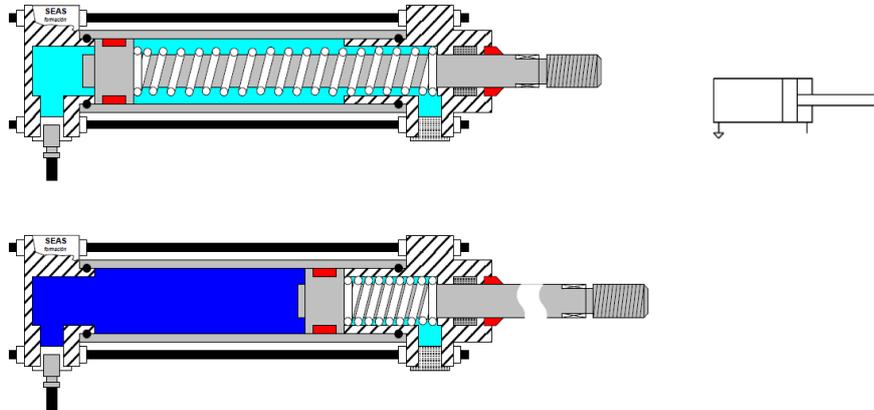


Figura III. 19.- Cilindro simple efecto

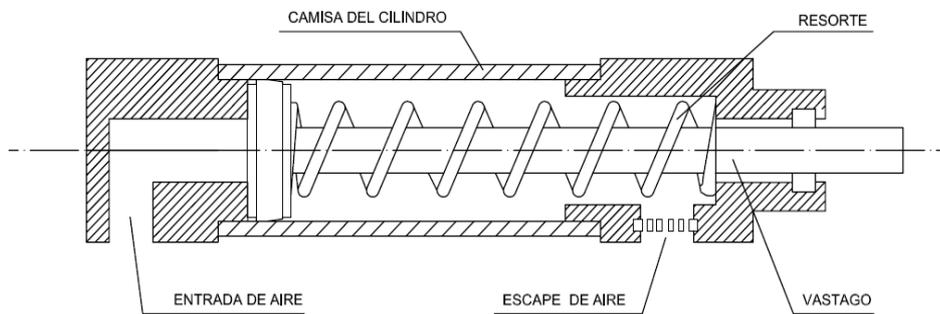


Figura III. 20.- Partes de un cilindro de simple efecto

✓ Cilindros de doble efecto

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

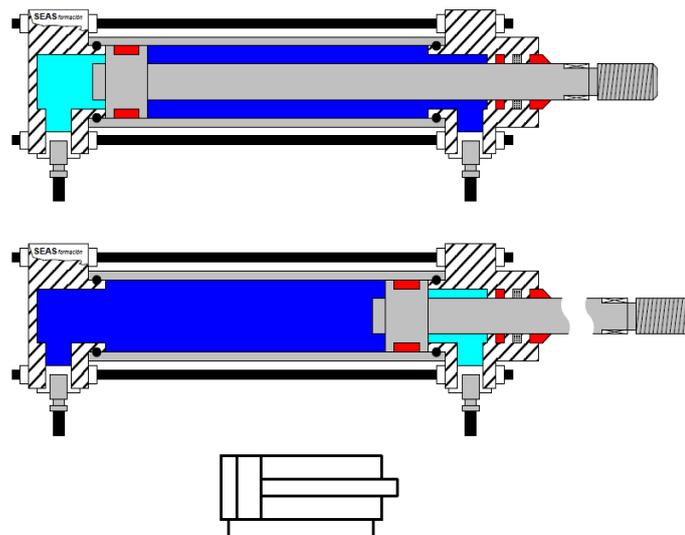


Figura III. 21.- Cilindros de doble efecto

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático.

Esto es debido a:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.
- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

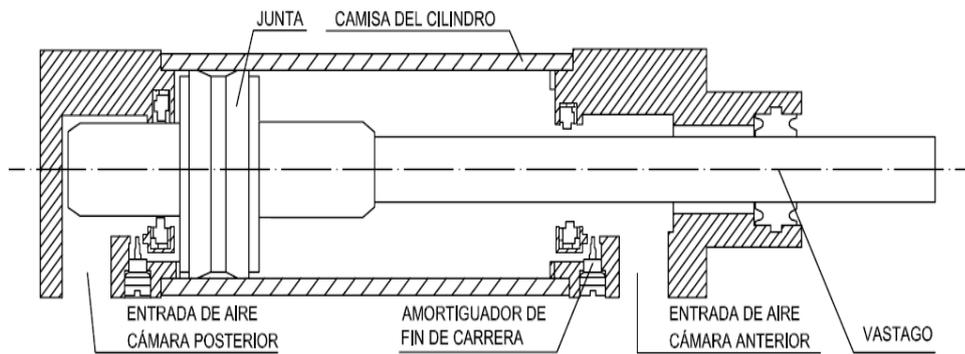


Figura III. 22.- Partes de un cilindro de doble efecto

- **Accesorios**

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.



Figura III. 23.- Accesorios Neumáticos

Entre los tipos de accesorios más comunes se puede mencionar:

- Bridas
- Codos
- Tes
- Reducciones

- Cuellos o acoples
- Empacaduras
- Tornillos

Entre las características se encuentran: tipo, tamaño, aleación, resistencia, espesor y dimensión.

- ✓ Diámetro.- Es la medida de un accesorio o diámetro nominal mediante el cual se identifica al mismo y depende de las especificaciones técnicas exigidas.
- ✓ Resistencia.- Es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede aportar un determinado accesorio en plena operatividad.
- ✓ Aleación.- Es el material o conjunto de materiales del cual esta hecho un accesorio de tubería.
- ✓ Espesor.- Es el grosor que posee la pared del accesorio de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

- Codos



Figura III. 24.- Codo

Los *codos* son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tanto grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la pre-fabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- ✓ Codos estándar de 45°
- ✓ Codos estándar de 90°
- ✓ Codos estándar de 180°

Las características principales son:

- ✓ Diámetro.- Es el tamaño o medida del orificio del codo entre sus paredes los cuales existen desde ¼" hasta 120". También existen codos de reducción.
- ✓ Angulo.- Es la existente entre ambos extremos del codo y sus grados dependen del giro o desplazamiento que requiera la línea.
- ✓ Radio.- Es la dimensión que va desde el vértice hacia uno de sus arcos. Según sus radios los codos pueden ser: radio corto, largo, de retorno y extra largo.
- ✓ Espesores.- Una normativa o codificación del fabricante determinada por el grosor de la pared del codo.
- ✓ Aleación.- Es el tipo de material o mezcla de materiales con el cual se elabora el codo, entre los más importantes se encuentran: acero al carbono, acero a % de cromo, acero inoxidable, galvanizado, etc.
- ✓ Junta.- Es el procedimiento que se emplea para pegar un codo con un tubo, u otro accesorio y esta puede ser: soldable a tope, roscable, embutible y soldable.
- ✓ Dimensión.- Es la medida del centro al extremo o cara del codo y la misma puede calcularse mediante fórmulas existentes.

(Dimensión = 2 veces su diámetro.) o (dimensión = diámetro x 2)

- Tee



Figura III. 25.- Tee

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y schedule y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Los tipos de tees existentes son:

- ✓ Diámetros iguales o te de recta
- ✓ Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

Las características son:

- ✓ Diámetro. Las tees existen en diámetros desde ¼" hasta 72" en el tipo fabricación.
- ✓ Espesor. Este factor depende del espesor del tubo o accesorio a la cual va instalada y ellos existen desde el espesor fabricación hasta el doble extrapesado.
- ✓ Aleación. Las más usadas en la fabricación son: acero al carbono, acero inoxidable, galvanizado, etc.
- ✓ Juntas. Para instalar las te en líneas de tubería se puede hacer, mediante procedimiento de rosca embutible-soldable o soldable a tope.
- ✓ Dimensión. Es la medida del centro a cualquiera de las bocas de la te.

- Tapones



Figura III. 26.- Tapón

Son accesorios utilizados para bloquear o impedir el paso o salida de fluidos en un momento determinado. Mayormente son utilizados en líneas de diámetros menores.

Según su forma de instalación pueden ser macho y hembra.

Sus características son:

- Aleación.- Son fabricados en mezclas de galvanizado, acero al carbono, acero inoxidable, bronce, monel, etc.
- Resistencia.- Tienen una capacidad de resistencia de 150 libras hasta 9000 libras.
- Espesor.- Representa el grosor de la pared del tapón.

- Junta.- La mayoría de las veces estos accesorios se instalan de forma enroscable, sin embargo por normas de seguridad muchas veces además de las roscas suelen soldarse. Los tipos soldables a tope, se utilizan para cegar líneas o también en la fabricación de cabezales de maniformes.

✓ Silenciador



Figura III. 27.- Silenciador

El silenciador se utiliza para reducir el ruido dinámico en la ventilación de elementos o de dispositivos neumáticos. Puede ser instalado directo en la abertura del respiradero de elementos o de dispositivos. El producto es pequeño en aspecto y fácil para la instalación. Tiene efecto perfecto de la eliminación de ruido.

✓ Tubería neumática



Figura III. 28.- Tubería Neumática

La tubería plástica neumática del poliuretano y la tubería de la poliamida son ampliamente utilizadas en el sistema neumático para transferir la potencia de aire de la presión, no son los componentes neumáticos más importantes de un sistema neumático, pero son necesarios.

CAPITULO IV

4.1. SENSORES

4.1.1. Definición

Un sensor o captador, es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea capaz de ser cuantificada.

Los sensores son elementos fundamentales en todo sistema automático y, como tal, precisan de un estudio adecuado tanto de sus características como de sus aplicaciones.

Las aplicaciones industriales de los sensores se enfocan principalmente a acciones de detecciones de presencia de piezas, identificación de acuerdo con su forma, material y color, control de velocidad y posición lineal y angular, control y mediciones de temperatura en plantas reales, medición de presión y fuerza en circuitos neumáticos y otros.

Los sensores tienen prevista la utilización de una salida para comunicación y posibilitar el tratamiento externo de la información.

4.1.2. Simbología estándar utilizada para Sensores de tres hilos

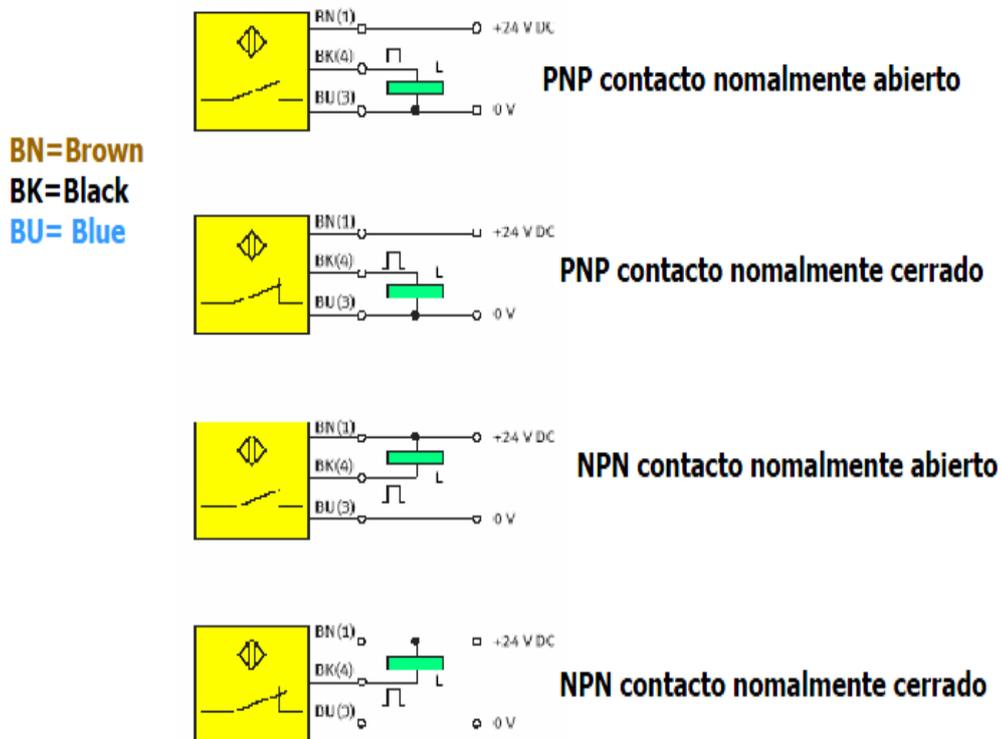


Figura IV. 29.- Simbología de sensores de tres hilos

- **Características deseables de los sensores**
- **Exactitud**

La exactitud de la medición debe ser tan alta como fuese posible. Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.

- **Precisión**

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

- **Rango de funcionamiento**

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

- **Velocidad de respuesta**

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

- **Calibración**

El sensor debe ser fácil de calibrar. El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

- **Fiabilidad**

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

De acuerdo a la función que cumplen o a sus aplicaciones existen muchas formas de clasificar a los sensores sin embargo para simplificar el contenido, se explica en una forma sencilla algunos tipos de sensores entre los cuales tenemos:

4.2. Sensores de Proximidad

- ✓ Inductivos
- ✓ Capacitivos
- ✓ Ópticos
- ✓ Magnéticos

4.2.1. Sensor Inductivo

Los sensores inductivos consisten en una bobina cuya frecuencia de oscilación cambia al ser aproximado un objeto metálico a su superficie axial. Esta frecuencia es empleada en un circuito electrónico para conectar o desconectar un tiristor y con ello, lo que esté conectado al mismo, de forma digital (ON-OFF) o, analógicamente. Si el objeto metálico se aparta de la bobina, la oscilación vuelve a empezar y el mecanismo recupera su estado original.

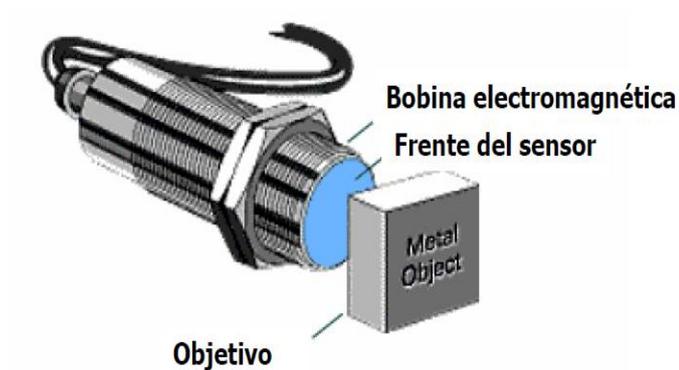


Figura IV. 30.- Sensor Inductivo

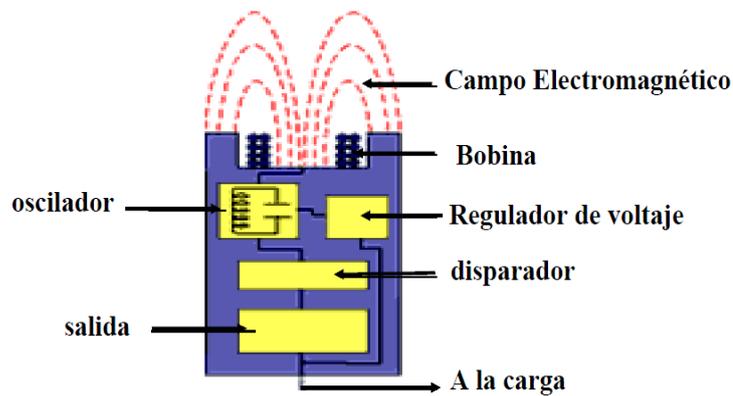


Figura IV. 31.- Componentes de un sensor inductivo

- **Distancia de censado**

La distancia de censado (S_n) especificada en la hoja de datos de un sensor inductivo está basada en un objeto de estándar con medidas de 1" x 1" de hierro dulce. Este valor variará sensiblemente si se quiere detectar otros tipos de metales, incluso con materiales ferrosos como el acero inoxidable (SS). Para otros no ferrosos, como el aluminio, pueden ser detectados, pero a menores distancias.

En el siguiente gráfico se puede ver como varía la distancia de detección en función del material a detectar y el tamaño del mismo.

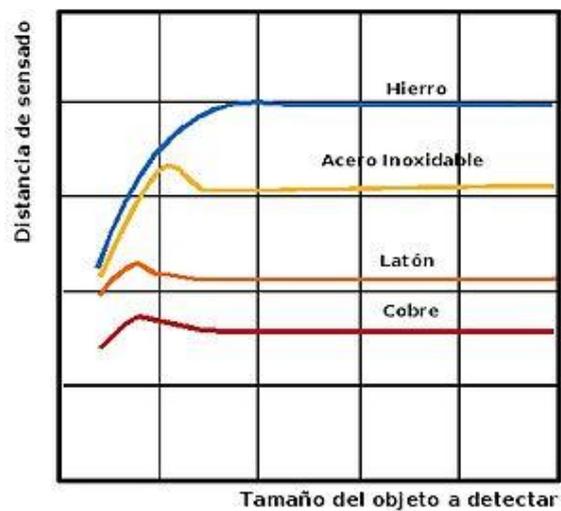


Figura IV. 32.- Curvas característica de metales

- ✓ **Características**

- ✓ La superficie del objeto a detectar no debe ser menor que el diámetro del sensor de proximidad (preferentemente 2 veces más grande que el tamaño o diámetro del sensor). Si fuera menor que el 50% del diámetro del sensor, la distancia de detección disminuye sustancialmente.
- ✓ Debido a las limitaciones de los campos magnéticos, los sensores inductivos tienen una distancia de detección pequeña comparados con otros tipos de sensores. Esta

distancia puede variar, en función del tipo de sensor inductivo, desde fracciones de milímetros hasta 40 mm en promedio.

- ✓ Para compensar el limitado rango de detección, existe una extensa variedad de formatos de sensores inductivos: cilíndricos, chatos, rectangulares, etc.
- ✓ Los sensores inductivos cilíndricos son los más usuales en las aplicaciones presentes en la industria.
- ✓ Posibilidad de montar los sensores tanto enrasados como no enrasados.
- ✓ Gracias a no poseer partes móviles los sensores de proximidad no sufren en exceso el desgaste.
- ✓ Gracias a las especiales consideraciones en el diseño, y al grado de protección IP67, muchos sensores inductivos pueden trabajar en ambientes adversos, con fluidos corrosivos, aceites, etc., sin perder operatividad
- ✓ **Uso y aplicaciones**

Los sensores inductivos se utilizan para detectar la velocidad de rotación y la posición angular del cigüeñal. La velocidad de rotación de las ruedas en los sistemas antibloqueo de frenos. Y en algunos vehículos para detectar la fase de los árboles de levas. El sensor inductivo se conecta a través de dos cables que son los extremos de la bobina. Si la tensión que debe medirse es muy pequeña se protegen los cables con una malla metálica para evitar interferencias de otros sistemas eléctricos. Para comprobar el funcionamiento de un sensor inductivo se pueden utilizar dos métodos, el estático midiendo resistencia o el dinámico midiendo tensión. Utilizando un polímetro se puede medir la resistencia del sensor que deberá estar dentro de los valores ofrecidos por el fabricante. También se puede medir el valor de tensión con el polímetro, pero el dato obtenido debe ser interpretado, ya que tienen que ver poco con la realidad. Los sensores inductivos se utilizan en los automóviles para medir velocidades de rotación o detectar la posición angular de un determinado elemento. Su principal ventaja es su reducido coste y simplicidad, mientras que su mayor inconveniente es la falta de precisión cuando las velocidades de giro son bajas.

4.2.2. Sensor Capacitivo



Figura IV. 33.- Sensor Capacitivo

Este tipo de sensor tiene la misión de detectar aquellos materiales cuya constante dieléctrica sea mayor que la unidad (1). El sensor capacitivo basa su operación en el campo eléctrico que puede ser almacenado en un capacitor, el cual dependiendo del material dieléctrico la carga almacenada será muy grande o pequeña, teniendo como base la constante dieléctrica del aire que es igual que 1, cualquier otro material que puede ser plástico, vidrio, agua, cartón, etc., tienen una constante dieléctrica mayor que 1. Pues bien para detectar un material que no sea el aire, el sensor capacitivo tiene que ser ajustado para que sepa que material debe detectar. Un ejemplo para emplear este tipo de sensor es en una línea de producción en donde deben llenarse envases transparentes ya sean de vidrio o plástico, con algún líquido que inclusive puede ser transparente también. Existen multitud de sensores capacitivos con geometrías diferentes, adaptadas a la medida de diversas magnitudes físicas. El empleo de un condensador variable como sensor está sujeto a una serie de limitaciones

✓ **Efecto borde:** en un condensador de placas paralelas, cuando la separación entre placas es mucho menor que las dimensiones laterales, este efecto es despreciable. En caso contrario, las alteraciones del campo eléctrico en las proximidades de los bordes del condensador, hacen que la capacidad real del mismo no coincida con la obtenida al aplicar la expresión teórica. Un método para reducir el efecto de los bordes sin alterar las relaciones geométricas es el empleo los denominados anillos de guarda. Consiste en

rodear una de las placas del condensador, a una cierta distancia g , con un anillo puesto al mismo potencial que dicha placa.

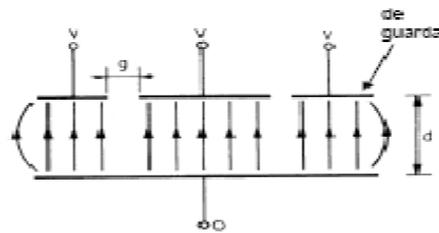


Figura IV. 34.- Efecto borde

✓ **Aislamiento entre placas:** debe ser alto y constante. Por ejemplo, si como consecuencia de variaciones de humedad, se altera el aislamiento ofrecido por el dieléctrico y aparecen resistencias parásitas en paralelo con C , se producen variaciones en la impedancia del condensador no atribuibles a un cambio de capacidad. Es decir, parte del cambio de impedancia no es consecuencia de la magnitud que se mide.

✓ **Interferencias capacitivas:** si cualquier conductor próximo al condensador variable alcanza un determinado potencial con respecto a la placa de este no conectada a masa, aparecerá una capacidad parásita (C_P) entre la placa y el conductor, que interfiere en la medida. Puede ser necesario apantallar eléctricamente esta placa y los cables conectados a ella respecto al entorno ajeno al sensor.

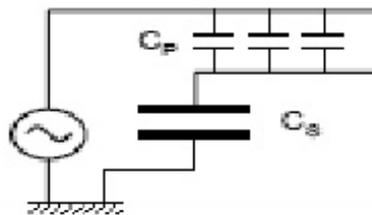


Figura IV. 35.- Interferencias Capacitivas

✓ **Cables de conexión:** al ser apantallados para evitar las interferencias capacitivas, aparece una capacidad parásita (C_P) en paralelo con la capacidad del sensor (C_S). Esto hace que se pierda sensibilidad, pues la magnitud a medir hará cambiar sólo C_S , que es ahora una parte de la capacidad total.

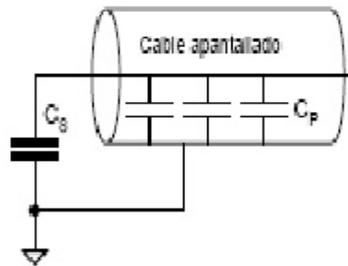


Figura IV. 36.- Cable de conexión

✓ **No linealidad:** su linealidad depende del parámetro que varía, de la expresión de la capacidad y de si se mide la impedancia o la admitancia del condensador. Para el caso de un condensador de placas paralelas.

✓ **Alta impedancia de salida:** si se quiere medir la tensión en los terminales del sensor capacitivo, es preciso utilizar un circuito de medida que tenga una impedancia de entrada muy alta. De lo contrario se producirá un error por carga considerable. Esto no siempre es fácil de conseguir. Una alternativa consiste en medir la corriente a través del sensor, con lo que la exigencia de una impedancia de entrada alta desaparece.

- **Características de funcionamiento**

✓ **Error por carga mecánica mínimo:** como sensores de desplazamiento, al no haber contacto mecánico directo, como sucedía en los potenciómetros, no hay errores por fricción. Además, el elemento móvil suele tener muy poca masa, con lo que su inercia es muy pequeña y la energía necesaria para desplazarlo es despreciable.

✓ **Estabilidad y reproducibilidad muy elevadas:** al no depender la capacidad de las propiedades de las placas, no afectan en este sentido los cambios de temperatura ni hay derivas temporales. Si el dieléctrico es el aire, varía poco con la temperatura. Para otros materiales, las variaciones de temperatura pueden tener más influencia. Pero en todo caso, la resistividad varía más con la temperatura, por lo que los sensores resistivos deben ser considerados menos inmunes a estos cambios de las condiciones ambientales.

✓ **Muy alta resolución en la medida de desplazamientos:** esto es consecuencia de la alta resolución que se puede conseguir, con los circuitos de acondicionamiento, en la medida de capacidades.

✓ **No producen campos eléctricos ni magnéticos grandes:** esto es una ventaja frente los sensores inductivos, que pueden producir campos magnéticos de dispersión intensos que perturban el funcionamiento de otros circuitos del entorno. Los valores habituales de capacidad están entre 1 y 500 pF y la frecuencia de alimentación suele ser superior a 10 KHz para reducir la impedancia de salida. Entre las aplicaciones más inmediatas de los sensores capacitivos están los detectores de proximidad y las medidas de desplazamientos lineales y angulares, niveles de líquidos y humedad. Estos sensores pueden medir otras magnitudes si un sensor primario apropiado las convierte en un desplazamiento. Por ejemplo, presión, aceleración, fuerza, etc.

- **Uso y aplicaciones**

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de controles de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles, ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona.

- ✓ **Detección de nivel**

En esta aplicación, cuando un objeto (líquidos, granulados, metales, aislantes, etc.) penetra en el campo eléctrico que hay entre las placas sensor, varía el dieléctrico, variando consecuentemente el valor de capacitancia.

- ✓ **Sensor de humedad**

El principio de funcionamiento de esta aplicación es similar a la anterior. En esta ocasión el dieléctrico, por ejemplo el aire, cambia su permisividad con respecto a la humedad del ambiente.

✓ **Detección de posición**

Esta aplicación es básicamente un condensador variable, en el cual una de las placas es móvil, pudiendo de esta manera tener mayor o menor superficie efectiva entre las dos placas, variando también el valor de la capacitancia, y también puede ser usado en industrias químicas. Pero como sabemos este tipo de aplicación no suele ser lo correcto.

4.2.3. Sensor Óptico



Figura IV. 37.- Sensor óptico

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación, teniendo las siguientes características:

- ✓ Son dispositivos que actúan por inducción al acercarlos un objeto.
- ✓ No requieren contacto directo con el material a censar.
- ✓ Son los más comunes y utilizados en la industria.
- ✓ Se encuentran encapsulados en plástico para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes.

• **Características**

- ✓ Son de confección pequeña, pero robustos
- ✓ Mayor distancia de operación.
- ✓ Detectan cualquier material.
- ✓ Larga vida útil

- **Principio de operación**

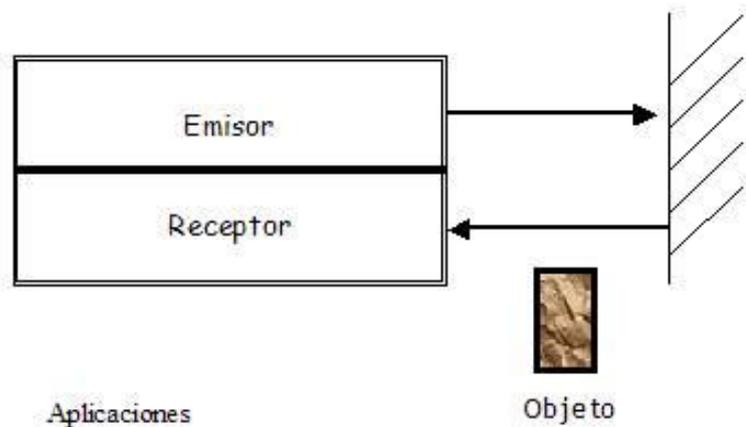


Figura IV. 38.- Principio de operación de un sensor Óptico

- ✓ Sistema de protección tipo barrera en rejillas de acceso en una prensa hidráulica, donde la seguridad del operario es una prioridad.
- ✓ Detección de piezas que viajan a muy alta velocidad en una línea de producción (industria electrónica o embotelladoras).
- ✓ Detección de piezas en el interior de pinzas, en este caso el sensor está constituido por un emisor y un receptor de infrarrojos ubicados uno frente a otro, de tal forma que la interrupción de la señal emitida, es un indicador de la presencia de un objeto en el interior de las pinzas.

- **Aplicaciones**

- ✓ Control de cintas transportadoras,
- ✓ Control de alta velocidad
- ✓ Detección de movimiento
- ✓ Conteo de piezas,
- ✓ Sensado de aberturas en sistemas de seguridad y alarma
- ✓ Sistemas de control como finales de carrera. (PLC's)
- ✓ Sensor óptico.

4.2.4. Barrera Fotoeléctrica

Los sensores fotoeléctricos de pulso modulado responden únicamente a la luz emitida por su propia fuente de luz.

Modular la luz de un LED simplemente significa encenderlo y apagarlo en alta frecuencia. El secreto de la eficiencia de un sistema modulado es que el fototransistor del sensor y el amplificador estén sintonizados a la frecuencia de la modulación, dando como resultado, que únicamente la luz modulada es amplificada y toda la otra luz que alcanza al fototransistor es ignorada. Esto es análogo a un radio receptor el cual sintoniza fuertemente a una estación mientras que ignora las otras ondas de radio que están presentes en el lugar.

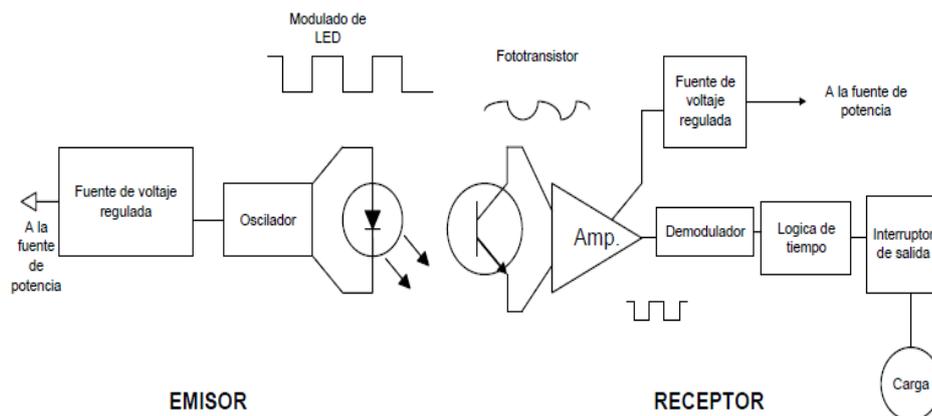


Figura IV. 39.- Funcionamiento de una barrera fotoeléctrica

- **Modos de detección de los sensores Fotoeléctricos**

Este tipo de sensores generalmente incorporan un circuito que permite la activación de sensores por la presencia o por la ausencia del objeto, a estos modos se les denomina Light ON (activación por luz) y Dark ON (activación por oscuridad).

Light ON (Activación por luz)

El objetivo por sí mismo debe reflejar el haz de luz al lente del receptor.

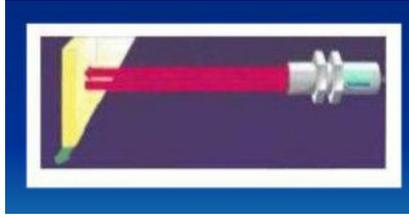


Figura IV. 40.- Light ON

Dark ON (Activación por Oscuridad)

El objeto debe romper o disminuir un haz de luz existente entre la fuente de luz y el lente receptor.

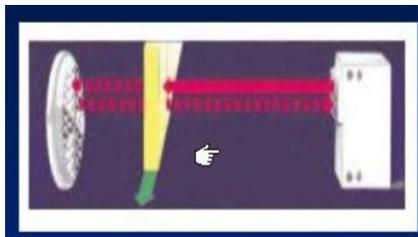


Figura IV. 41.- Light ON

- **Características de un sensor fotoeléctrico**
- **Distancia de sensado**

Es una de las características que se busca en un sensor que es la distancia ya que se tiene la necesidad de sensar un objeto a cierta distancia, por lo que se debe buscar el más apropiado, es decir buscar eficiencia tanto en calidad de detección como en el costo del sensor.

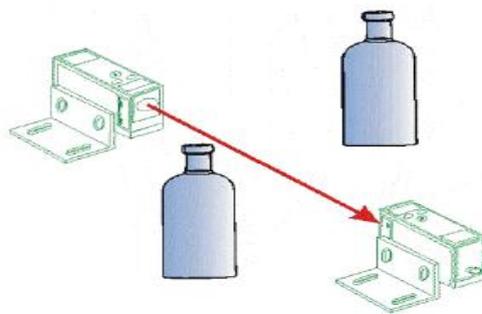


Figura IV. 42.- Distancia de sensado

- **Ángulo Direccional**

Cuando se realizan pruebas en la instalación de los sensores tipo separado o retroreflectivo, es conveniente realizar pruebas que permitan saber cuál es el alcance del sensor cuando este pudiera moverse y que no llegara a estar en línea de vista el emisor con el receptor, estos sensores están compuestos de dos elementos o a partes, por lo que se debe de considerar el ángulo direccional que pudiera formar estas partes, este ángulo nos informa cual es el riesgo máximo en que puede funcionar este sensor.

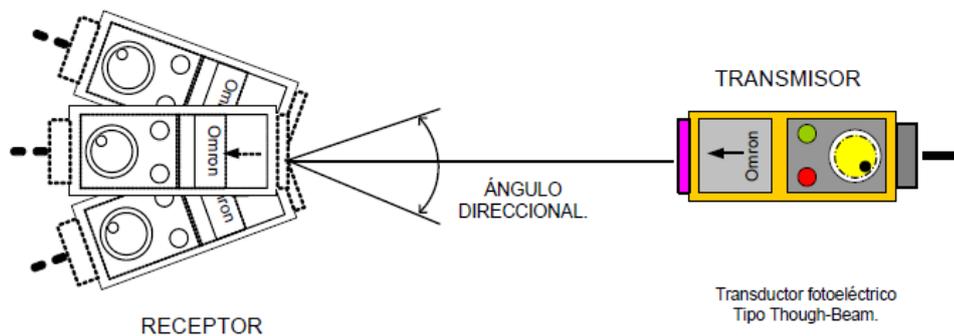


Figura IV. 43.- Medición del ángulo direccional

- **Localización de averías**

- ✓ La salida no se activa aunque entre un objeto en la zona de detección.
 - Conexión incorrecta
 - Comprobar el borneo en la etiqueta y el manual.
 - Utilización incorrecta del reflector o deterioro
 - Respetar la distancia, limpiar el reflector.
- ✓ Deja detectar después de haber estado funcionando un tiempo.
 - Vibraciones y choques.
 - Alinear de nuevo emisor receptor.
 - Contacto de relé deteriorado
 - Se recomienda no utilizar un relé para conteo rápido.
 - Polvo, suciedad.
 - Limpiar las lentes y el espejo con un paño húmedo.

- Conmutación intempestiva, haya o no objeto en la zona de detección.
- Influencia del plano posterior.
 - Ajustar la sensibilidad
- Alcance incorrecto respecto al reflector u objeto.
 - Limpiar lentes y reflector, alinear los aparatos.
- Influencia de alimentación, ruido.
 - Comprobar que la c.c. este filtrada correctamente.
- Influencia del entorno.
 - Proteger contra el sol, limpiar lentes y reflector.
- Tiempo de respuesta mayor del requerido.
 - Utilizar otro detector con mayor frecuencia de conmutación.

4.2.5. Sensores Magnéticos

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ej. hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.

Los portadores mayoritarios se mueven en el seno de un campo magnético con una velocidad V , por tanto, actúa sobre ellos una fuerza que los desplaza en la dirección perpendicular al campo y en un sentido u otro dependiendo de si son electrones o huecos. La acumulación de cargas designo contrario en las superficies del cristal origina una diferencia de potencial (V_H) entre las caras opuestas. Esta tensión genera un campo eléctrico cuya fuerza sobre los portadores anula la correspondiente al campo magnético, alcanzándose un equilibrio. La tensión Hall obtenido V_H depende del grosor t del material en la dirección del campo magnético aplicado, de la corriente I , del campo

magnético B y de las propiedades eléctricas del material (densidad de carga y movilidad de los portadores) recogidas en el denominado coeficiente Hall,

La relación entre estos parámetros es: El comportamiento descrito es el ideal. En la práctica, es preciso tener en cuenta algunas limitaciones

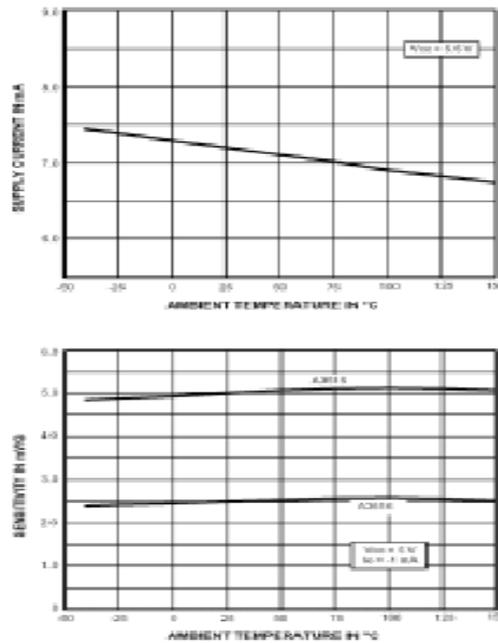


Figura IV. 44.- Curva característica del sensor magnético

- **Ventajas**

- ✓ **Salida independiente de la frecuencia del campo detectado:** la salida es una réplica en tensión del campo magnético detectado. En los sensores inductivos, cuando la variación del flujo magnético es lenta la salida es muy pequeña.
- ✓ **Son inmunes a condiciones ambientales adversas :** polvo, humedad, vibraciones, etc.
- ✓ **Ausencia de contactos en la detección de movimientos:** esto les confiere gran robustez. En la fabricación de elementos Hall se emplean semiconductores, en vez de metales, porque al ser menor la conductividad, la tensión Hall es mayor. Además, en los semiconductores la movilidad de los portadores se puede controlar mediante la adición de impurezas,

obteniéndose así un coeficiente Hall con un alto grado de repetitividad entre distintas unidades del mismo sensor. En la mayoría de los sensores de efecto Hall se integran junto con el sensor circuitos de estabilización de la alimentación y circuitos para el acondicionamiento más inmediato.

- **Usos y aplicaciones**

Basados en la ley de Faraday.

Se basa en el principio de que una variación en el flujo magnético sobre una bobina, genera una fuerza electromotriz.

Las condiciones que deben cumplirse para poder usar este tipo de medidor son:

- ✓ Perfil de velocidades simétrico.
- ✓ Tubería no metálica ni magnética: teflón o cerámica.
- ✓ Electrodo de acero o titanio
- ✓ Tubería llena
- ✓ Campo magnético continuo o alterno.
- ✓ Ideal para aguas residuales, líquidos corrosivos o con sólidos en suspensión.

Basados en el efecto Hall.

El efecto hall se refiere a la generación de un potencial en un conductor por el que circula una corriente y hay un campo magnético perpendicular a esta.

- ✓ Tiene como limitación La temperatura cambia la resistencia del material.
- ✓ Hay un error de cero debido a inexactitudes físicas.
- ✓ Tiene como ventajas:
- ✓ Salida independiente de la velocidad de variación del campo magnético.
- ✓ Inmune a las condiciones ambientales.
- ✓ Sin contacto.

- **Criterios de selección de sensores**

Si para automatizar un proceso se necesitan sensores, primero deberá saberse que funciones deberán ejecutar los sensores y elaborarse un pliego de condiciones para cada sensor.

Antes de decidir, es necesario tener en cuenta numerosos aspectos; algunos de ellos se mencionan a continuación.

Aspectos a tener en cuenta al decidir si los sensores son apropiados para una aplicación determinada:

- ✓ Tiempos de respuesta, tiempos de reacción, velocidad de conmutación
- ✓ Sistema de conexiones (sistema de 2, 3 o 4 hilos sistema de conexión serie o paralelo, etc.)
- ✓ Seguridad del funcionamiento, frecuencia de fallos, fiabilidad
- ✓ Posibilidad de control automático
- ✓ Margen de la temperatura de funcionamiento
- ✓ Posibilidad de ajustar los puntos de detección, la sensibilidad y el umbral de respuesta
- ✓ Resolución, precisión de la medición
- ✓ Resistencia a la corrosión
- ✓ Duración, vida útil
- ✓ Límites del rendimiento, margen del rendimiento
- ✓ Propiedades del objeto (material grado de remisión, estructura de la superficie, etc.)
- ✓ Montaje (dimensiones, masa, condiciones para el montaje, adaptación al lugar de la detección)

- ✓ Redundancia de la unidad de evaluación de datos
- ✓ Ausencia de reacciones secundarias
- ✓ Distancia de detección
- ✓ Variación del punto de detección, histéresis del punto de detección
- ✓ Clase de protección
- ✓ Alimentación de tensión (tensión de funcionamiento, fluctuación de la tensión, picos de tensión)
- ✓ Supresión de interferencias (insensibilidad frente a interferencias externas, tales como vibraciones, golpes, luz externa etc.)
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Resistencia temperaturas
- ✓ Protección ante sobrecargas (anticortocircuitaje, polos inconfundibles, resistencia a sobrecargas)
- ✓ Economía (relación entre costo y rendimiento, incluyendo los costos de montaje y puesta en funcionamiento)
- ✓ Homologaciones para aplicaciones especiales sala limpia, resistencia a explosiones, protección de operarios, etc.)
- ✓ Precisión de repetición del punto de detección.

CAPITULO V

COMUNICACION Y MONITOREO

5.1. CONTROL LOGICO PROGRAMABLE (PLC)

5.1.1. Introducción

Los PLC se crearon por la necesidad de remplazar complejos sistemas de control que utilizan relés. El nuevo sistema debía tener los siguientes requerimientos:

- ✓ Fácil programación.
- ✓ Cambios en el programa sin intervenir en el cableado.
- ✓ Más pequeño, más barato y confiable que un sistema de control por relés.
- ✓ Simple y de bajo mantenimiento.

El PLC se presenta como un controlador universal que puede ser usada en diferentes aplicaciones por medio de la programación instalada en su memoria, la cual puede ser cambiada en poco tiempo para modificar un proceso.

La tarea de un PLC involucra la conexión de señales de entrada y si la lógica de la programación es verdadera enciende las correspondientes señales de salida para la activación de componentes.

El álgebra Boleana es la forma matemática básica para su operación, la cual precisa dos estatus definidos de una variable “0” o “1”.



Figura V. 45.- PLC

5.1.2. ILUSTRACION DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PLC:



Dependiendo como esté conectada la unidad de control a los módulos de entrada y salida podemos tener PLC compactos (módulo de entrada, unidad de control central y módulo de salida en un solo cuerpo) o PLCs modulares.



Figura V. 46.- PLC compactos

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente.

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos

La fuente de alimentación es convertir la tensión de la red (110V, 220V de corriente alterna) a baja tensión, normalmente 24 V de corriente continua. Siendo esta la tensión de trabajo en los componentes electrónicos.

La unidad central de procesos (CPU) es el cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas.

Posteriormente las procesa para enviar la respuesta al módulo de salida. En su memoria se encuentra almacenado el programa de control del proceso.

El módulo de entradas recibe los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, sensores). La información recibida en él, es enviada al CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

Los captadores pueden ser de dos tipos: los activos y los pasivos.

Los captadores pasivos son aquellos que cambian su estado lógico por medio de una acción mecánica (interruptores, pulsadores, finales de carrera).

Los captadores activos son dispositivos electrónicos que deben ser alimentados con una fuente de energía para que varíen su estado lógico (sensores).

El módulo de salida del autómatas es el encargado de enviar una señal para activar o desactivar los actuadores (bobinas de relés, lámparas, motores pequeños). Según el tipo de proceso a controlar por el autómatas podemos utilizar diferentes módulos de salida, existen tres tipos bien diferenciados:

Salida a relés usados en circuitos de corriente alterna y continua, están basados en la conmutación mecánica por la bobina del relé de un contacto eléctricamente abierto.

Salida a triac se utiliza en circuitos de corriente continua y alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápida.

Salida a transistores es exclusivo de los circuitos de corriente continua a igual que los triacs son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión y desconexión muy rápidas.

• **LOGICA.**

NOMBRE	ECUACION	TABLA VERDAD	SIMBOLO	NEUMATICO	ELECTRICO															
IGUALDAD	$I = O$	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I	O	0	0	1	1												
I	O																			
0	0																			
1	1																			
NEGACION	$\bar{I} = O$	<table border="1"> <tr><td>I</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	I	O	0	1	1	0												
I	O																			
0	1																			
1	0																			
AND	$I1 \wedge I2 = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1			
I1	I2	O																		
0	0	0																		
0	1	0																		
1	0	0																		
1	1	1																		
OR	$I1 \vee I2 = O$	<table border="1"> <tr><td>I1</td><td>I2</td><td>O</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	I1	I2	O	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1			
I1	I2	O																		
0	0	0																		
0	1	1																		
1	0	1																		
1	1	1																		

Figura V. 47.- Compuertas Lógicas

Los lenguajes de programación en sí, aunque normalizados en su parte básica, son tan variados como fabricantes de PLC hay, así como también la manera de acceder a dichos controladores.

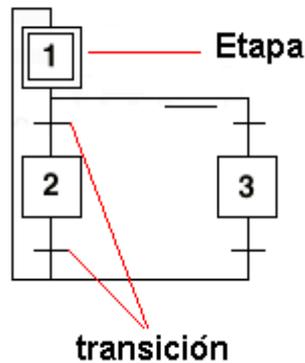
5.1.3. LENGUAJE DE PROGRAMACION

5.1.3.1.GRAFCET.

Es el llamado gráfico de orden etapa transición. Ha sido diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y a las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje es enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimiento de automatismos eléctricos.

Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en grafcet, tanto en modo gráfico como en lista de instrucciones. También podemos

utilizarlo para resolver problemas de automatización en forma teórica y posteriormente convertirlo a contactos en un plano.



Es una secuencia de etapas que tienen asociadas unas determinadas acciones a realizar sobre el proceso junto con las condiciones o transiciones que provocan que se produzca el paso de una etapa a otra

- ✓ Normalizado: International Electrotechnical Commission IEC 848
- ✓ Una de las mejores herramientas para representar automatismos secuenciales

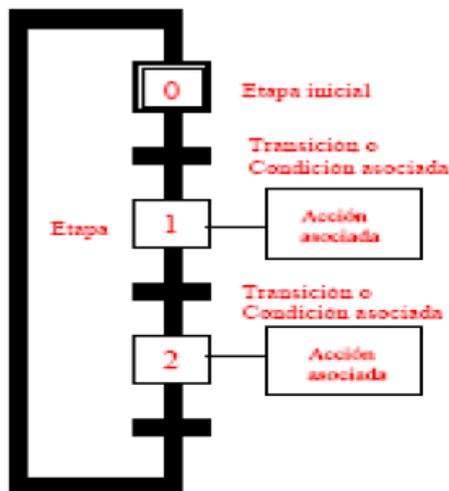


Figura V. 48.- Etapas del graficet

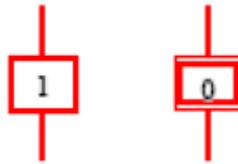
- ✓ El Graficet es un método gráfico de modelado de sistemas de control secuenciales.
- ✓ Describe la evolución de un proceso que se pretende controlar, indicando las acciones que hay que realizar sobre dicho proceso y que informaciones provocan el realizar una u otra acción.

- **Símbolos normalizados**

- ✓ **Etapas**

La evolución de un proceso representada mediante un gráfico Grafcet, está formada por una sucesión de etapas que representan cada uno de sus estados, llevando cada una de ellas asociada una o varias acciones a realizar sobre el proceso.

Las etapas se representan con un cuadro y un número o símbolo con un subíndice numérico en su interior, en ambos casos el número indica el orden que ocupa la etapa dentro del Grafcet.

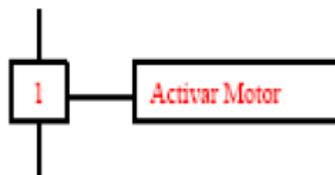


Las etapas iniciales, aquellas en las que se posiciona el sistema al iniciarse el proceso, se representan con un cuadro doble.

- **Acción asociada**

Son una o varias acciones a realizar sobre el proceso, cuando la etapa de la cual dependen dichas acciones se encuentra activada.

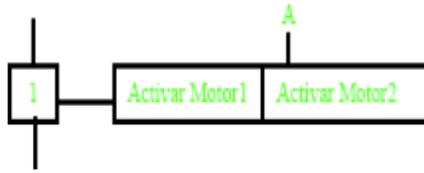
Dichas acciones correspondientes a una etapa, se simbolizan mediante rectángulos conectados y situados a la derecha de dicha etapa. En el interior de estos rectángulos se indica, bien de forma literal, bien de forma simbólica, las acciones a realizar.



En una primera clasificación se puede dividir las acciones en dos tipos:

Incondicionales: acciones que se ejecutan con solo quedar activadas las etapas correspondientes.

Condicionales: son las acciones que necesitan el cumplimiento de una condición además de la propia activación de la etapa correspondiente.



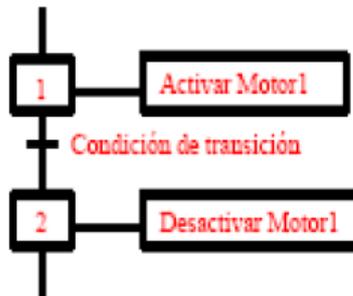
- **Clasificar las acciones en :**

- ✓ **Internas:** acciones que se producen en el equipo de control, por ejemplo temporizaciones, contadores, cálculos matemáticos, etc.
- ✓ **Externas:** las acciones que se producen sobre el proceso, por ejemplo abrir o cerrar una válvula, activar o desactivar una bomba, etc.

- **Transición y Condición de transición**

En el diagrama Grafcet, un proceso se compone de una serie de etapas secuenciales que se activan una tras otra unidas mediante una transición.

El paso de una etapa a la siguiente se realiza dependiendo de si se cumple o no la condición de transición entre ellas.



Toda transición lleva asociada una condición de transición o función lógica booleana que se denomina receptividad, y que puede ser verdadera o falsa.

Se dice que la transición está validada, cuando la etapa o etapas anteriores a la transición están activadas. El franqueamiento de la transición se producirá si, y sólo si, la transición esta valida da y la receptividad es verdadera.

- **Esquema de elementos que componen el Grafcet**

La situación de etapa activada, se indica mediante la colocación de una marca en el interior del gráfico representativo de la etapa.

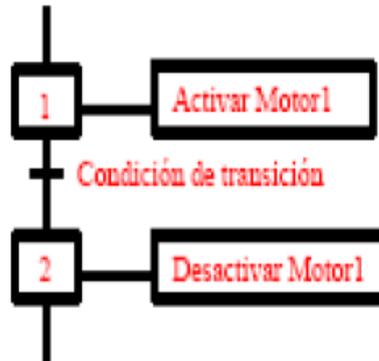


Figura V. 49.- Activar y desactivar un motor

- **Líneas paralelas (conurrencia)**

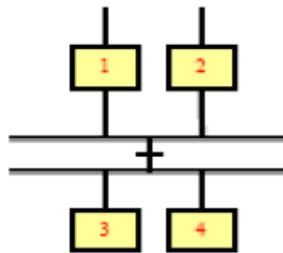


Figura V. 50.- Líneas paralelas de grafcet

- **Reglas de evolución del Grafcet**

- ✓ La etapa inicial de un Grafcet se activa de forma incondicional. Esta situación inicial se corresponde en general con una situación de reposo.
- ✓ Una transición está en disposición de ser validada cuando todas las etapas inmediatamente precedentes, unidas a dicha transición, están activadas. La activación de una transición se produce cuando está validada y la condición de transición o receptividad es verdadera. Se podría definir una etapa como activable cuando la transición precedente esta validada.
- ✓ Franquear una transición implica la activación de todas las etapas siguientes

inmediatas, y la desactivación de las inmediatas precedentes.

✓ Transiciones conectadas en paralelo, se activan de forma simultánea si se cumplen las condiciones para ello.

✓ Una o varias acciones se asocian a cada etapa. Estas acciones sólo están activas cuando la etapa esta activa.

- **Estructuras lógicas**

- **Funciones lógicas OR, AND y saltos condicionales**

- ✓ **Divergencia OR**

Se utiliza cuando lo que se trata es de modelar la posibilidad de tomar dos o más secuencias alternativas a partir de una etapa común.

La etapa n pasará a estar activa si estando activa la etapa n1, se satisface la condición de transición o receptividad x. De igual forma la etapa n2 pasará a estar activa si estando activa la etapa n1 se satisface la condición de transición o receptividad y.

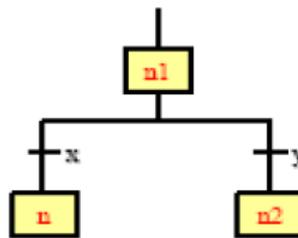


Figura V. 51.- Divergencia OR

- **Convergencia OR**

La etapa n1 pasará a estar activa, si estando activa la etapa n se satisface la condición de transición o receptividad x ; o si estando activa la etapa n2 se satisface la condición de transición o receptividad y.

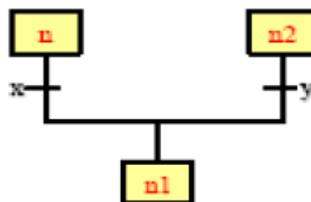


Figura V. 52.- Convergencia OR

- **Divergencia AND**

Permite la implementación de procesos concurrentes síncronos, de forma que dos o más subprocesos del sistema, representados por las secuencias paralelas, pueden activarse de forma sincronizada.

La etapa $n2$ y n pasarán al estado activo, si estando activa la etapa $n1$ se satisface la condición de transición o receptividad $d+c$.

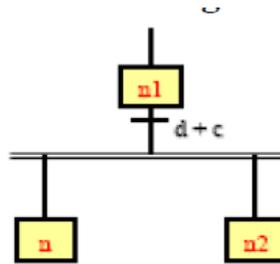


Figura V. 53.- Divergencia AND

- **Convergencia en AND**

La etapa $n1$ pasará a estar activa, si estando las etapas $n-1$ y $n-2$ activas se satisface la condición de transición o receptividad x .

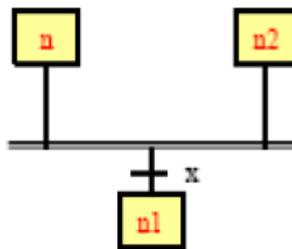


Figura V. 54.- Convergencia AND

- **Saltos Condicionales**

- a) se implementa un salto condicional a la etapa $i+j+1$ si esta activada la etapa i y se cumple la condición de transición o receptividad
- b) se implementa un bucle que permite la repetición de la secuencia de etapas hasta que x sea igual a 1.

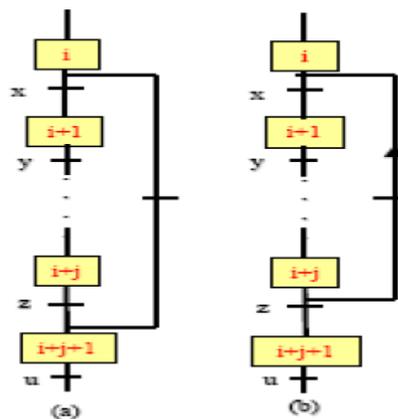


Figura V. 55.- Saltos Condicionales

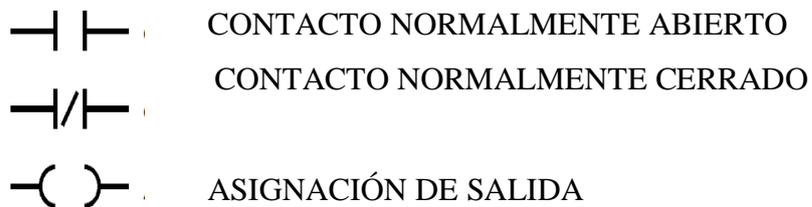
5.1.3.2. LADDER

Es un lenguaje gráfico, derivado del lenguaje de relés.

Mediante símbolos representa contactos, bobinas, etc.

Su principal ventaja es que los símbolos básicos están normalizados según el estándar IEC y son empleados por todos los fabricantes.

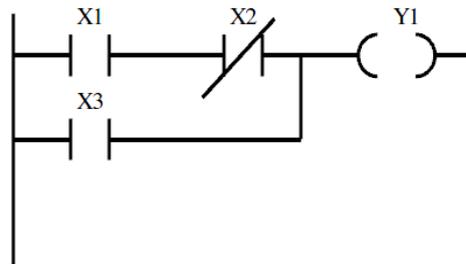
Los símbolos básicos son:



En estos diagramas la línea vertical a la izquierda representa un conductor con tensión, y la línea vertical a la derecha representa tierra.

Por ejemplo:

Con este tipo de diagramas se describe normalmente la operación eléctrica de distintos tipos de máquinas, y puede utilizarse para sintetizar un sistema de control y, con las herramientas de software adecuadas, realizar la programación del PLC.



Se debe recordar que mientras que en el diagrama eléctrico todas las acciones ocurren simultáneamente, en el programa se realizan en forma secuencial, siguiendo el orden en el que los "escalones" fueron escritos, y que a diferencia de los relés y contactos reales (cuyo número está determinado por la implementación física de estos elementos), en el PLC se puede considerar que existen infinitos contactos auxiliares para cada entrada, salida, relé auxiliar o interno, etc.

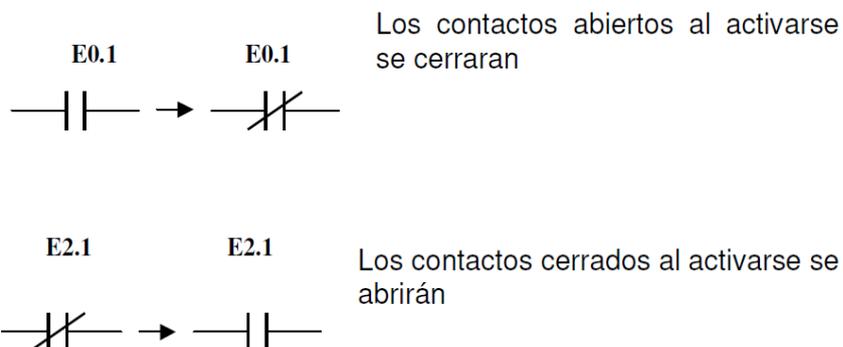
- **Los contactos**

Los elementos a evaluar para decidir si activar o no las salidas en determinado "escalón", son variables lógicas o binarias, que pueden tomar solo dos estados: 1 ó 0, Estos estados que provienen de entradas al PLC o relés internos del mismo.

En la programación Escalera (Ladder), estas variables se representan por contactos, que justamente pueden estar en solo dos estados: abierto o cerrado.

Los contactos se representan con la letra "E" y dos números que indicaran el modulo al cual pertenecen y la bornera al la cual están asociados

Ejemplo: S0.1 L Salida del Modulo "0" borne "1"

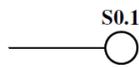


- **Relés Internos o Marcas**

Como salidas en el programa del PLC se toma no solo a las salidas que el equipo posee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "**Relés Internos o Marcas**". Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaran posteriormente en el programa.

Se las identifica con la letra "M" y un número el cual servirá para asociarla a algún evento

Ejemplo: S0.1 L Salida del Módulo "0" borne "1"

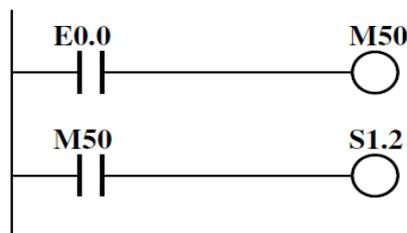


- **Relés Internos o Marcas**

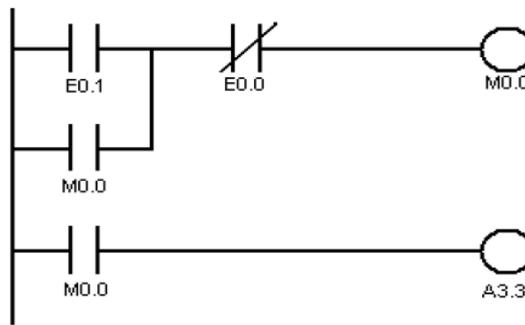
Como salidas en el programa del PLC se toma no solo a las salidas que el equipo posee físicamente hacia el exterior, sino también las que se conocen como "**Relés Internos o Marcas**". Los relés internos son simplemente variables lógicas que se pueden usar, por ejemplo, para memorizar estados o como acumuladores de resultados que utilizaran posteriormente en el programa.

Se las identifica con la letra "M" y un número el cual servirá para asociarla a algún evento

Por ejemplo:



El estado de la salida M50 depende directamente de la entrada E0.0, pero esta salida no está conectada a un borne del módulo de salidas, es una marca interna del programa. Mientras que el estado de la salida S1.2 es resultado de la activación del contacto M50



Las marcas remanentes son aquellas que en el caso de haber un fallo de tensión, cuando se restablece recuerdan su estado anterior, o sea, si estaban a 1 se pondrán a 1 solas (las salidas **NO** son remanentes).

Las funciones lógicas más complejas como:

- ✓ Temporizadores
- ✓ Contadores
- ✓ Registros de desplazamiento etc.

Se representan en formato de bloques.

Estos no están normalizados, aunque guardan una gran similitud entre sí para distintos fabricantes.

Resultan mucho más expresivos que si se utiliza para el mismo fin el lenguaje en lista de instrucciones.

Sobre estos bloques se define:

La base de los tiempos y el tiempo final en el caso de temporizadores

El módulo de contaje y condiciones de paro y reset en el caso de contadores.

Existen también bloques funcionales complejos que permiten la manipulación de datos y las operaciones con variables digitales de varios bits.

La presencia de estos bloques de ejecución dependiente de una o más condiciones binarias, multiplica la potencia de programación sin dejar de mantener las ventajas de la representación gráfica del programa. Así, pueden programarse situaciones de automatización compleja que involucren variables digitales, registros, transferencias, comparaciones, señales analógicas, etc.

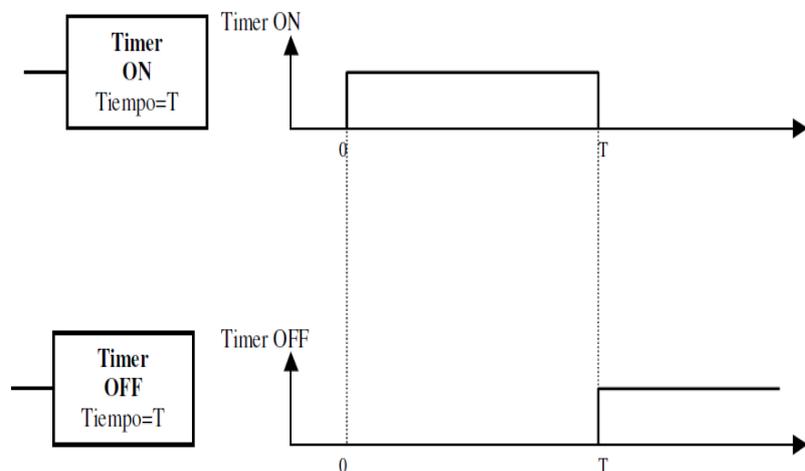
Por supuesto, no todos los Autómatas, aun del mismo fabricante, pueden manejar todas las posibilidades de programación con contactos: solo las gamas más altas acceden a la totalidad de extensiones del lenguaje.

- **Los temporizadores**

Como lo indica su nombre, cada vez que alcanzan cierto valor de tiempo activan un contacto interno. Dicho valor de tiempo, denominado PRESET o meta, debe ser declarado por el usuario.

Luego de haberse indicado el tiempo de meta, se le debe indicar con cuales condiciones debe empezar a temporizar, o sea a contar el tiempo. Para ello, los temporizadores tienen una entrada denominada START o inicio, a la cual deben llegar los contactos o entradas que sirven como condición de arranque. Dichas condiciones, igual que cualquier otro renglón de Ladder, pueden contener varios contactos en serie, en paralelo, normalmente abiertos o normalmente cerrados.

Una de las tantas formas de representación sería:



5.1.4. PLC TWIDO

La elección de un modelo u otro de autómatas vendrá dada por la tipología y complejidad de la aplicación que se desea automatizar.

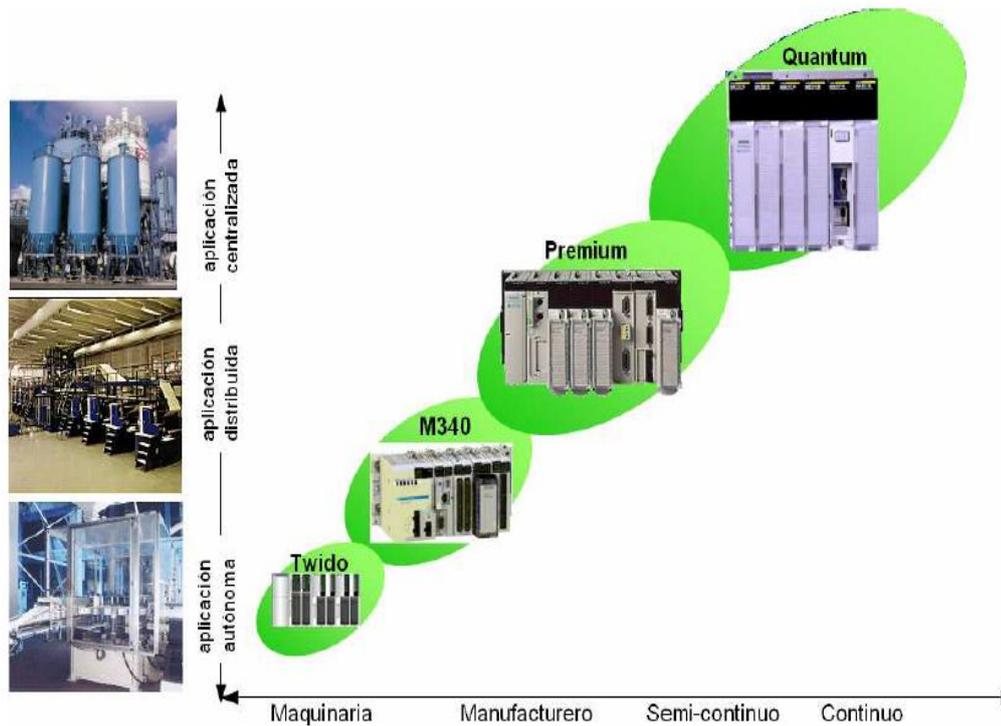


Figura V. 56.- Esquema de campo de aplicaciones del PLC Twido

Los Controladores programables **Twido**, han sido optimizados para las instalaciones sencillas y las máquinas pequeñas: aplicaciones estándar de **10 a 100 E/S** (máx. 252 E/S). Donde el Twido ofrece una flexibilidad y sencillez a la hora de automatizar este tipo de aplicaciones.

Los controladores de **24 E/S** y **40 E/S** admiten módulos de ampliación que nos confieren una mayor flexibilidad a la hora de elegir el tipo de controlador.



24 E/S

Figura V. 57.- PLC Twido de 24 E/S

En los controladores de 24 E/S es posible colocar hasta 4 módulos de ampliación y en los de 40 E/S hasta 7 módulos, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software TwidoSuite.

Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta 152 E/S con el controlador de 24 E/S y hasta 264 E/S como máximo con el de 40 E/S.

Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vca (que garantiza la alimentación 24 Vcc de los captadores), o una alimentación de corriente continua comprendida entre 19,2 y 30 Vcc (prever una alimentación auxiliar externa tipo Phaseo para la alimentación de los captadores).

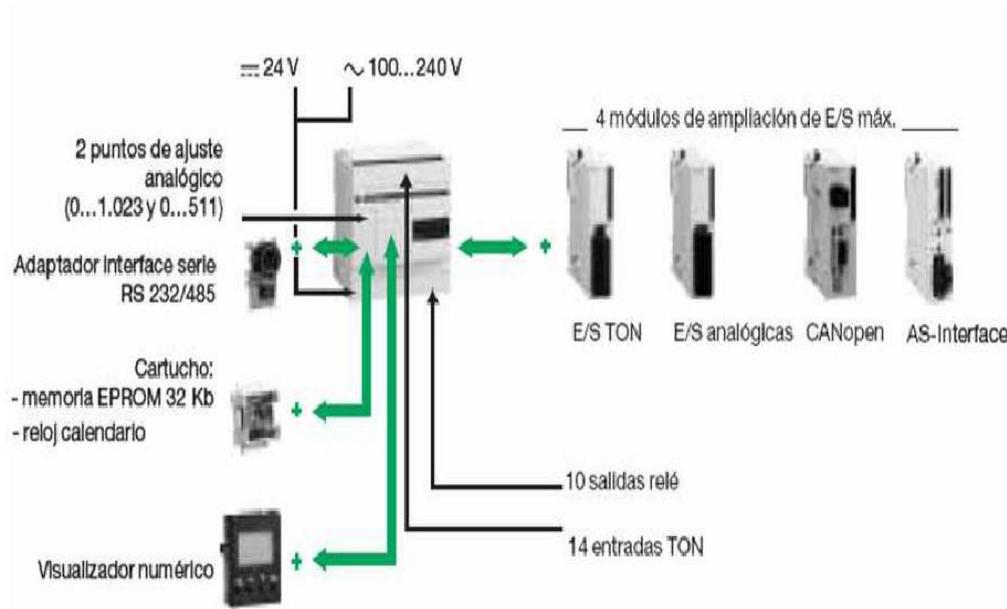


Figura V. 58.- Módulos de ampliación y accesorios para el PLC

Además de los módulos de ampliación, los controladores compactos Twido, también disponen de módulos opcionales, como visualizador numérico, cartucho de ampliación de memoria, cartucho de reloj calendario y puerto de comunicación RS 485 o RS 232C suplementario, que permiten ajustarse a las necesidades de la aplicación.

Descripción de los componentes de un controlador compacto

Los controladores Twido compactos están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos de controlador, pero que los componentes siempre serán los mismos:

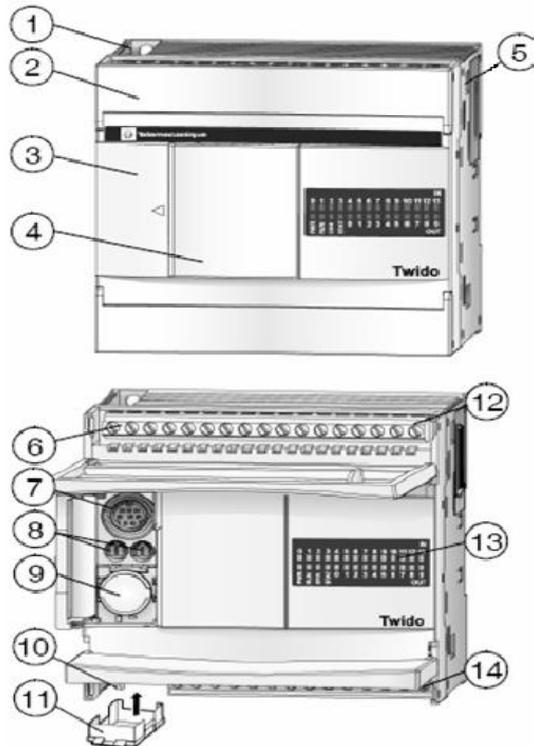


Figura V. 59.- Partes del PL

- 1 Orificio de montaje
- 2 Cubierta de terminal.
- 3 Puerta de acceso
- 4 Cubierta extraíble del conector del HMI.
- 5 Conector de ampliación (en las series 24DRF y 40DRF)
- 6 Terminales de potencia del sensor
- 7 Puerto serie 1
- 8 Potenciómetros analógicos (solo están en algunas series)
- 9 Conector de puerto serie 2.
- 10 Terminales de fuente de alimentación.

11 Conector de cartuchos (ubicado en la parte inferior del controlador)

12 Terminales de entradas

13 Indicadores LED

14 Terminales de salidas

5.1.4.1. Comunicación del PLC Twido

Los controladores Twido disponen de un puerto serie, o de un segundo puerto opcional, que se utiliza para servicios en tiempo real o de administración de sistemas. Los servicios en tiempo real proporcionan funciones de distribución de datos para intercambiar datos con dispositivos de E/S, así como funciones de administración para comunicarse con dispositivos externos. Los servicios de administración de sistemas controlan y configuran el controlador por medio de TwidoSoft. Cada puerto serie se utiliza para cualquiera de estos servicios, pero sólo el puerto serie 1 es válido para comunicarse con TwidoSoft.

Para poder utilizar estos servicios, se utiliza el siguiente protocolo disponible en el PLC:

- **Bus de comunicación Modbus**

El enlace serie Modbus permite responder a las arquitecturas maestro/esclavo (no obstante, es necesario comprobar que los servicios Modbus útiles para la aplicación se implanten en los equipos implicados).

El bus está constituido por una estación maestro y por estaciones esclavo. Sólo la estación maestro puede iniciar el intercambio (la comunicación directa entre estaciones esclavo no es posible). Existen dos mecanismos de intercambio:

- ✓ **Pregunta/respuesta**, las peticiones del maestro se dirigen a un esclavo determinado.

El esclavo interrogado espera de vuelta la respuesta.

- ✓ **Difusión**, el maestro difunde un mensaje a todas las estaciones esclavo del bus.

Éstas últimas ejecutan la orden sin emitir respuesta.

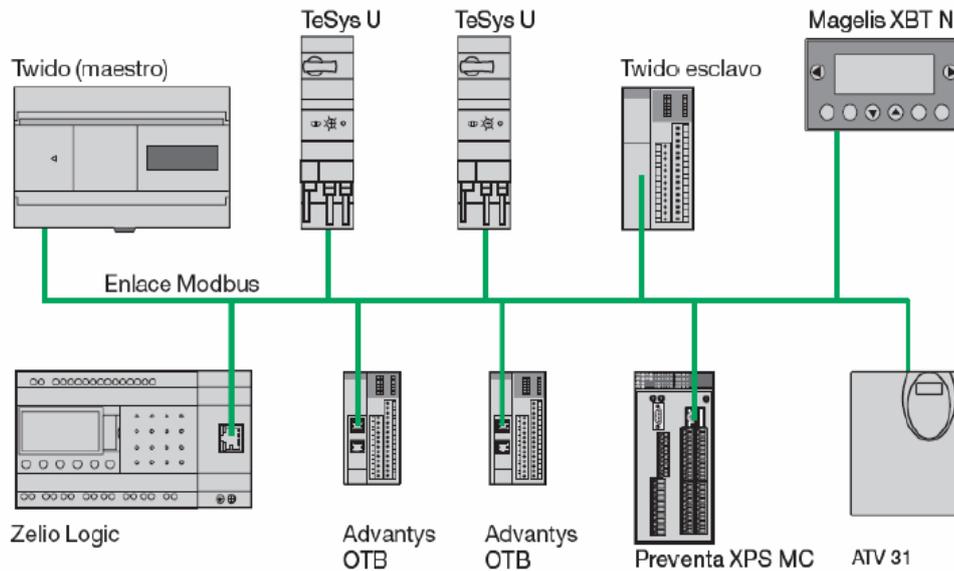


Figura V. 60.- Esquema ejemplo de comunicación Modbus

- **Modo maestro de Modbus:** el modo maestro de Modbus permite que el controlador pueda iniciar una transmisión de solicitudes Modbus, esperando una respuesta desde un esclavo Modbus.

- **Modo esclavo Modbus:** el modo esclavo Modbus permite que el controlador pueda responder a las solicitudes de Modbus desde un maestro Modbus. Se trata del modo de comunicación predeterminado si no existe ninguna comunicación configurada.

La comunicación Modbus Maestro/Esclavo se puede realizar por ambos puertos (RS485 o 232).

Este protocolo permite conectar Twido a un gran número de equipos industriales, como variadores de velocidad, arrancadores de motor, sensores, etc.

5.2. Software de Monitoreo en Tiempo Real (Lookout)

Lookout es una poderosa herramienta de software (MMI y SCADA) de fácil uso para la automatización industrial. Se ejecuta bajo Windows y se comunica con E/S ubicadas en campo mediante PLCs, RTUs y otros dispositivos. Proyectos típicos de Lookout

incluyen control monitoreo y supervisión continua de procesos, fabricación discreta, aplicaciones batch, y sistemas de telemetría remota.

Con Lookout, se puede crear representaciones gráficas sobre la pantalla de una computadora de dispositivos reales tales como interruptores (switchs), escalas gráficas, registradores de eventos, botones pulsadores (pushbuttons), preillas (knobs), etc. y después enlazar sus imágenes a los actuales instrumentos de campo usando PLCs, RTUs, tarjetas DAQ, u otros dispositivos de E/S.

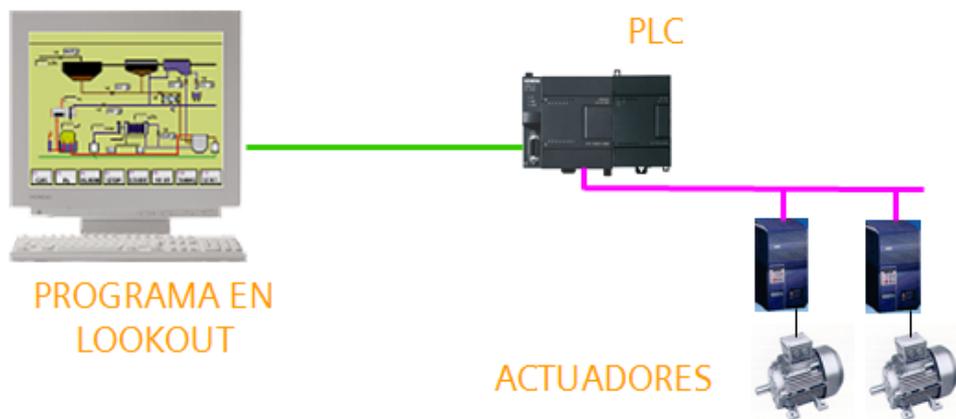


Figura V. 61.- Componentes de un sistema Scada

La arquitectura de Lookout es basada en objetos y conexiones entre ellos, objetos son representaciones de Software tal como botoneras, contadores, etc.

Un objeto es una unidad de programa que se auto contiene, y que tiene una base de datos predefinida, un grupo de parámetros, y funcionalidad empotrada.

Se piensa en un objeto como un modelo programado de algo físico. Por ejemplo, un interruptor de luz es algo físico. Se puede prender y apagar. En Lookout un objeto Switch representa el interruptor físico. También puede prenderse o apagarse.

Los *parámetros* definen los límites de la funcionalidad del objeto. Por ejemplo, en el objeto Switch el parámetro **Security Level** determina quién puede prender o apagarlo, luego una *base de datos* puede almacenar información indicando la posición actual del interruptor. Henry Mendiburu Diaz.

Cada objeto encapsula una específica funcionalidad.

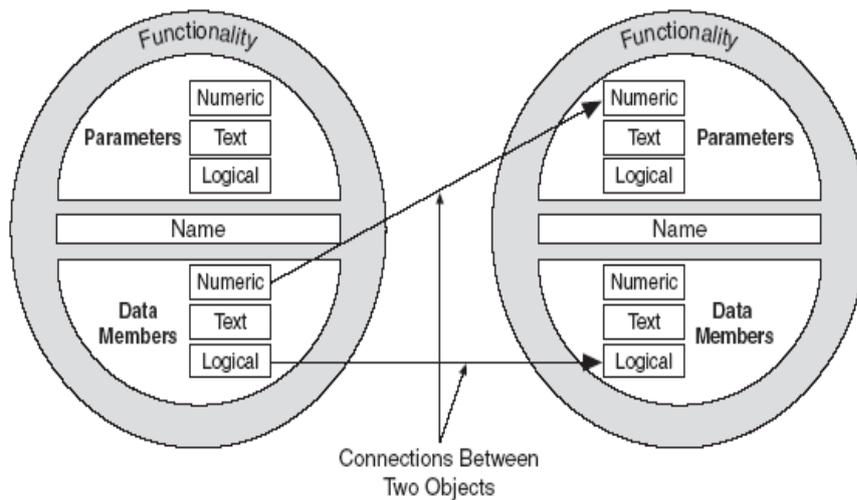


Figura V. 62.- Arquitectura de Lookout

- **Creación de un nuevo proyecto**

A continuación se procede a dar un click en la opción file ->> new, luego aparece la siguiente pantalla

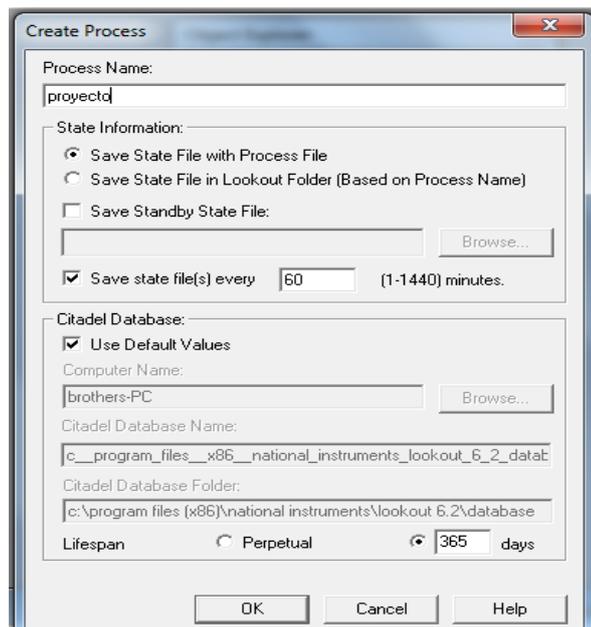


Figura V. 63.- Crear un nuevo proyecto en Lookout

Aquí damos un nombre a nuestro proyecto y le damos en aceptar y nos aparecerá la siguiente pantalla que nos indica que tipo de color le queremos dar al panel de control.

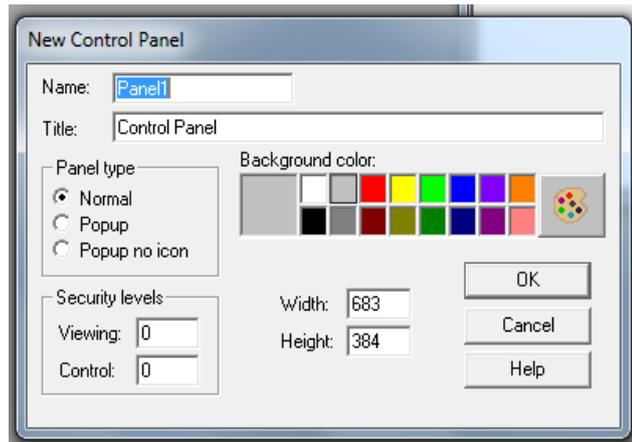


Figura V. 64.- Pantalla de color del panel de trabajo

Y listo nuestro nuevo proyecto estará creado y listo para desarrollar cualquier tipo de simulación.

Lookout proporciona una extensa gama de gráficos Meta file con extensión (wmf) y los bitmap con extensión Bmp.

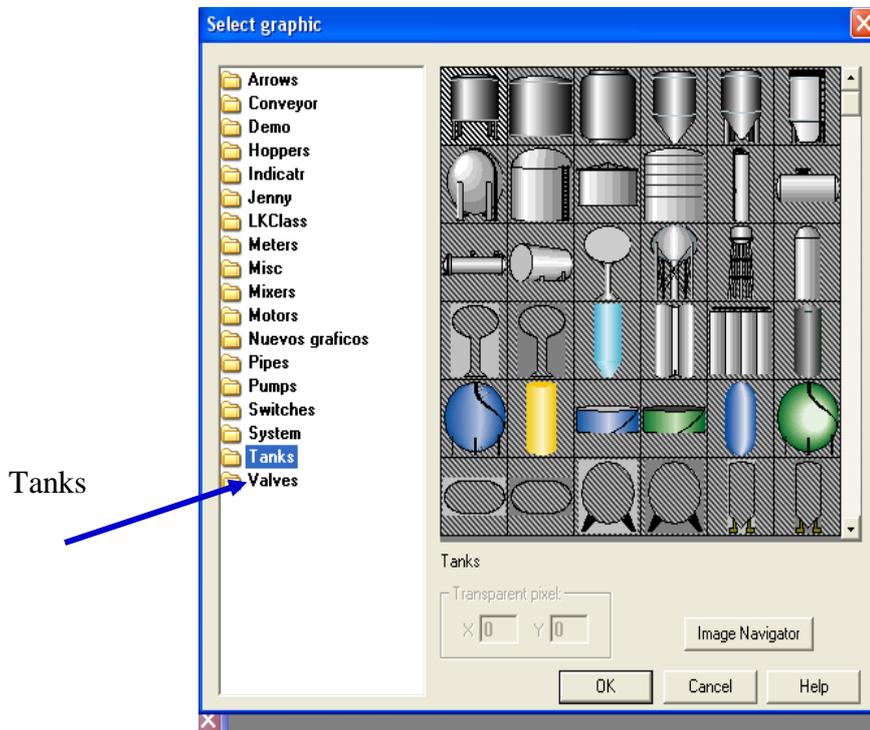


Figura V. 65.- Listado de gráficos de Lookout

Para establecer la comunicación con el PLC, Lookout proporciona objetos drives.

Para editar conexiones entre objetos se debe seleccionar Objeto >> Editar conexiones y escogemos el objeto que queremos modificar. La figura siguiente muestra el cuadro de diálogo para editar conexiones.

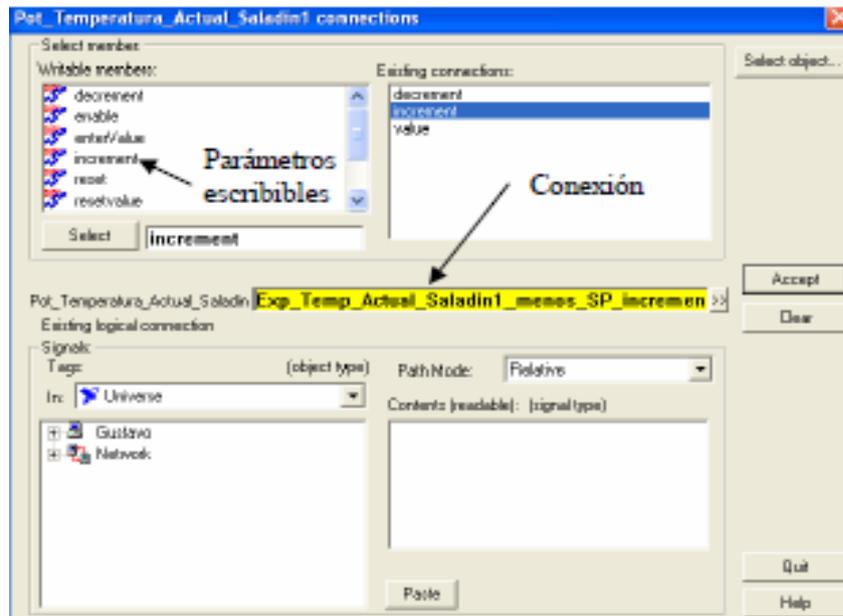


Figura V. 66.- Cuadro de diálogo para editar conexiones

- **Creación de Objeto Driver**

El Driver es un objeto, que al ser configurado permite la comunicación de Lookout con el Hardware de control (PLC).

Existen varios tipos de drives que permiten comunicarse con diferentes marcas de PLC el que se utilizo es el Modbus.

Se debe hacer click en la opción object ->> créate, luego de eso nos aparecerá una pantalla donde debemos elegir la opción Modbus y le damos OK.

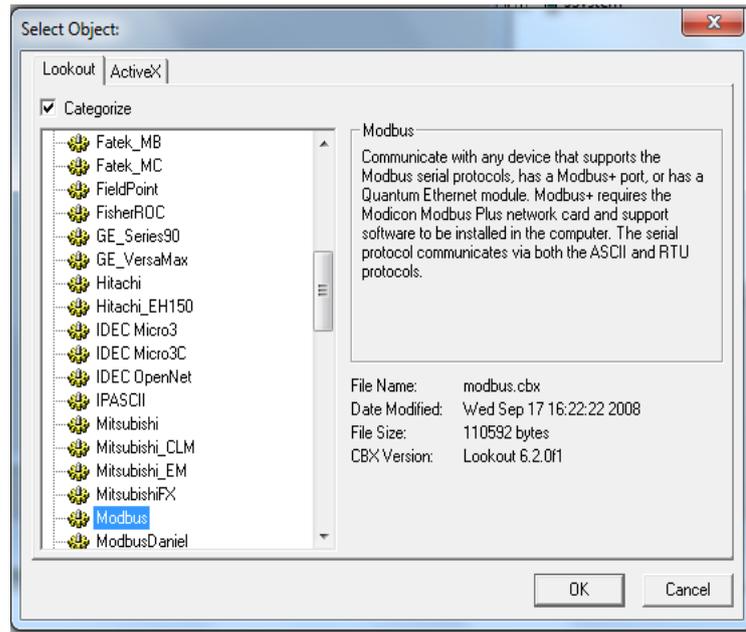


Figura V. 67.- Creación de Objeto Driver

- **Configuración de comunicación con el PLC**

Para comunicar nuestro PLC cualquiera que este sea con nuestra aplicación, lo que hay que hacer primero es crear un Objeto, con lo cual seguimos los pasos mostrados en la sección anterior para la creación de objetos.

Lookout contiene los controladores de muchos PLC, para nuestro caso el que necesitamos crear es el Twido.

Para configurar el objeto debemos de seguir los siguientes pasos:

- ✓ Debemos de darle un nombre a nuestro objeto.
- ✓ Escogemos el modelo y el protocolo de comunicación con nuestro equipo que en este caso es Modbus.
- ✓ Configurar la comunicación serial escogiendo el puerto por el que nos comunicaremos, la velocidad de transmisión, paridad, bits de parada y la cantidad de bits del dato.
- ✓ Existe también el parámetro Poll Rate que es el tiempo en ql que el PLC nos va a estar muestreando las entradas o salidas.

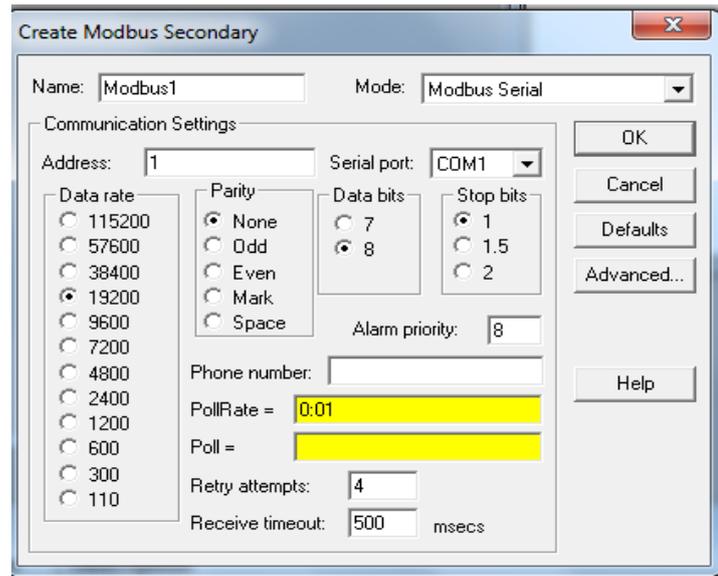


Figura V. 68.- Comunicación con el PLC

CAPITULO VI

DISEÑO Y DESARROLLO DEL MODULO DE PRACTICAS

6.1 Diseño

6.1.1. Panel de trabajo

Para poder diseñar un bosquejo del panel de neumática y electroneumática se requirió que inicialmente se diseñe el área de trabajo en el que se colocarán los elementos para realizar las prácticas. Por lo tanto se diseñó para tales requerimientos un panel con canales para que las bases robustas que contienen los elementos se puedan colocar de una manera sencilla y didáctica para realizar los diferentes procesos. El panel tiene las siguientes características:

Material: Aluminio perfilado

Dimensión: 104 cm de largo x 70.37 cm de ancho

Espesor: 3.20 cm

Distancia de los canales: 1 cm

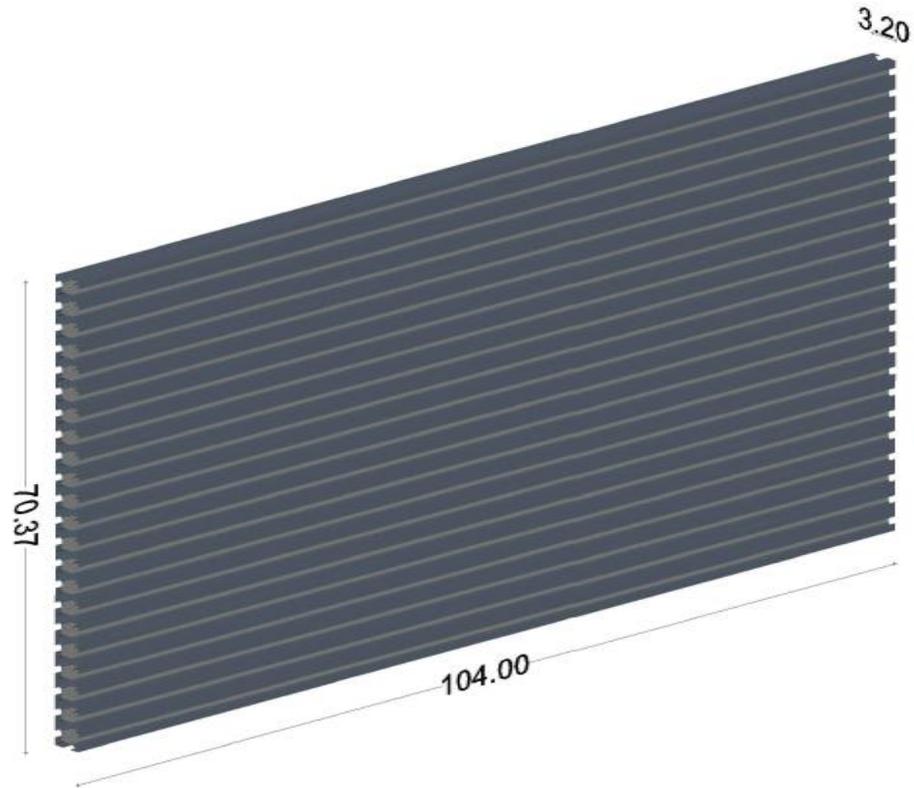


Figura VI. 69.- Estructura de aluminio perfilado

A continuación se pasa a determinar el tipo de bases robustas tanto para los sensores, elementos neumáticos, electroneumáticos y el PLC, que contienen a los mismos.

- **Base para los elementos**

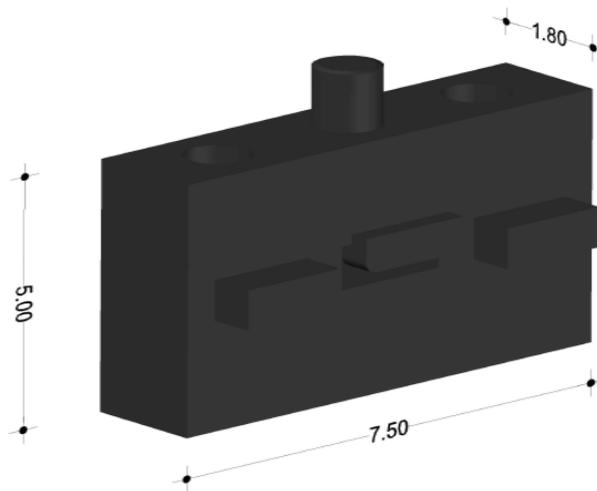


Figura VI. 70.- Base para elementos

- **Base para los sensores**

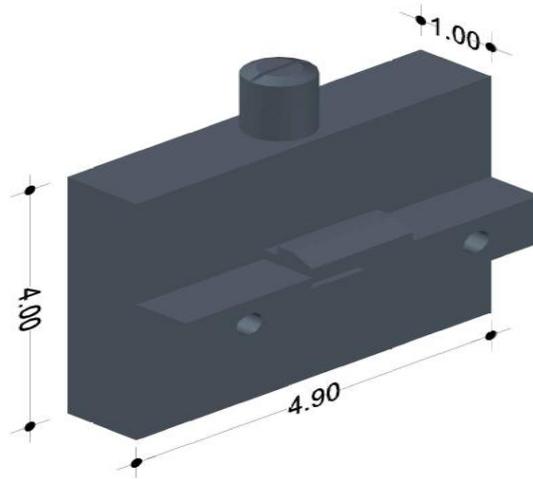


Figura VI. 71.- Base para los sensores

- **Base para el PLC**

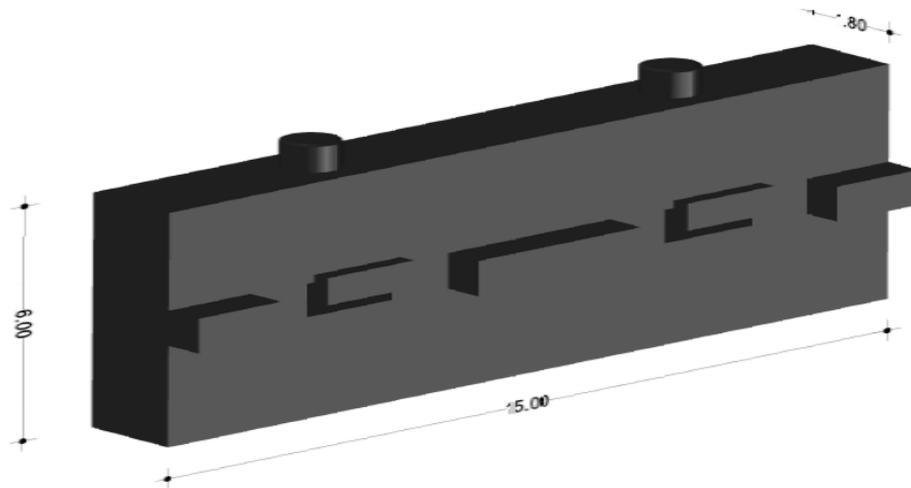


Figura VI. 72.- Base para el PLC

6.2 Etapa de funcionamiento

Para activar los procesos neumáticos se utilizarán:

- El flujo de aire
- La válvula 3/2 accionada por pulsador.
- La válvula 5/2 selector manual.

Para activar los procesos electroneumáticos monitoreados en Lookout se utilizará:

- ✓ 2 botones de START (verde) y STOP (rojo) tanto físico como virtual para activar los procesos.
- ✓ Seis tipos de sensores utilizados en aplicaciones básicas tanto activar el proceso como para monitorearlo.
- ✓ 3 Cilindros de doble efecto.
- ✓ 3 Electroválvulas 5/2 monoestables con retorno por muelle.
- ✓ 1 Electroválvula 5/2 biestable.

6.3. Listado de elementos del módulo

- Aluminio perfilado.- Es el componente fundamental en la construcción del módulo.
- Cilindros.- Utilizados para simular el accionamiento de una tarea específica dentro de un proceso.
- Unidad de mantenimiento.- Consta de un filtro, un regulador de presión y un lubricador para acondicionar el aire que circula por los cilindros.
- Electroválvulas.- Se utilizaron para el accionamiento de los cilindros de doble efecto.
- Válvulas neumáticas.- Se utilizó una gama variada como distribuidoras, de cierre.
- Sensor magnético, inductivo, capacitivo, reflectivo, barrera fotoeléctrica.
- PLC.- Se utilizó un PLC Telemecanique de 24 entradas/16 salidas para el comando de los procesos simulados.
- Fuente de alimentación.- Se usó una fuente variable de 24V DC hasta 2.5 A.

6.3.1. Descripción de los elementos del módulo

- **Unidad de Mantenimiento**

Es fundamental la unidad de mantenimiento para proteger a los elementos de cualquier impureza que se encuentre en el aire que ingresa a los mismos.

Se seleccionó FR+L, puesto que es una unidad compacta, que ofrece todos los beneficios que se necesita.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 73.- Unidad de Mantenimiento

REF. # 1

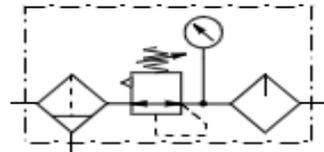
Nombre : Unidad de mantenimiento FRL de 1/4

Marca : Airtac

Modelo : GFC

ϕ : 97 mm

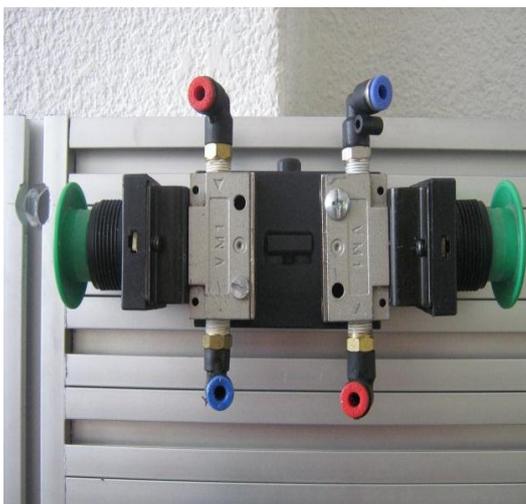
Símbolo:



- **Válvula neumática de 3/2 vías, accionada por pulsador**

Se seleccionó este tipo válvula por su fácil uso y gran utilización en el accionamiento de los diferentes procesos.

Especificaciones Técnicas



REF. # 2

Nombre : Válvula neumática de 3/2 vías, Accionada por pulsador.

Marca : S/N

Modelo : S3PM05 – P11A

ϕ : 36 mm

Símbolo :

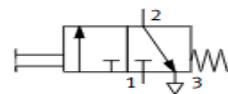


Figura VI. 74.- Válvula neumática 3/2 accionada por pulsador

- **Válvula neumática de 5/2 vías con interruptor**

Esta válvula se la escogió para el accionamiento manual de un cilindro de doble efecto.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 75.- Válvula 5/2 con interruptor

REF. # 3

Nombre : Válvula de 5/2 vías con interruptor

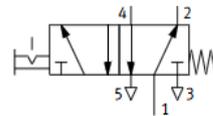
SM

Marca : Airtac

Modelo : S3PL05 – P12A

ϕ : 20 mm

Símbolo:



- **Válvula neumática de 3/2 vías, accionada por rodillo**

Se seleccionó este tipo de válvula para emplearla en la aplicación de secuencias de cilindros.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 76.- Válvula 3/2 accionada por rodillo

REF. # 4

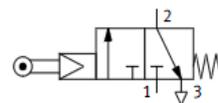
Nombre : Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo

Marca : Univer

Modelo : AI9100

ϕ : 41.5 mm

Símbolo:



- **Válvula neumática de 5/2 pilotada por un lado**

Se escogió este tipo de válvula para poder demostrar que con un accionamiento neumático se puede controlar un actuador siempre y cuando se lo mantenga accionado debido a su retorno por muelle.

Especificaciones Técnicas



REF. # 5

Nombre : Válvula neumática de 5/2 vías,
pilotada por un lado

Marca : Airtac

Modelo : 4V210 – 08

ϕ : 77.7 mm

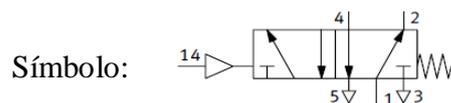


Figura VI. 77.- Válvula neumática 5/2 pilotada por un lado

- **Válvula neumática de 5/2 vías, doble pilotaje**

Esta válvula mediante un accionamiento neumático se mantiene activa hasta que cambia de estado al activar su otro accionamiento.

Especificaciones Técnicas



REF. # 6

Nombre : Válvula neumática de 5/2 vías,
doble pilotaje

Marca : Airtac

Modelo : 4A220 - 08

ϕ : 92 mm

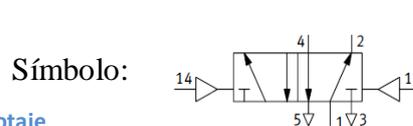


Figura VI. 78.- Válvula neumática 5/2 pilotada doble pilotaje

- **Electroválvula 5/2 monoestable vías con LED**

Esta válvula requiere de un pulso eléctrico que hace que la bobina se accione y permita el flujo de aire que ingresa al cilindro neumático.

Especificaciones Técnicas



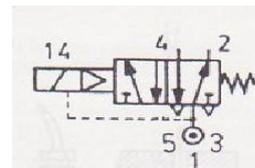
REF. # 7

Nombre : Electroválvula de 5/2 vías con LED monoestable

Marca : Airtac

Modelo : 2V210 - 08

ϕ : 117 mm



Símbolo:

Figura VI. 79.- Electroválvula 5/2 monoestable

- **Electroválvula 5/2 vías biestable con LED**

Esta electroválvula necesita dos pulsos eléctricos para permitir el flujo de aire que ingresa al cilindro neumático.

Especificaciones Técnicas



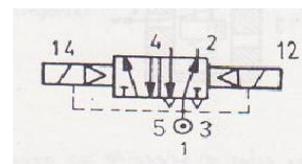
REF. # 8

Nombre : Electroválvula de 5/2 vías con LED, de doble bobina

Marca : Airtac

Modelo : 4V220 - 08

ϕ : 171 mm



Símbolo:

Figura VI. 80.- Electroválvula 5/2 biestable

- **Selector de circuito (OR)**

Es una válvula lógica que permite el paso del aire, si el flujo de aire alimenta cualquiera de las dos entradas de la misma

Especificaciones Técnicas



REF. # 9

Nombre : Selector de circuito (OR)

Marca : S/N

Modelo : S/N

ϕ : 45 mm

Símbolo:

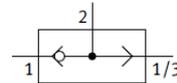


Figura VI. 81.- Selector de circuito OR

- **Válvula de simultaneidad (AND)**

Es una válvula lógica que permite el paso del aire solo si el flujo de aire alimenta las dos entradas de la misma.

Especificaciones Técnicas



REF. # 11

Nombre : Válvula de simultaneidad (AND)

Marca : Univer

Modelo : Am

ϕ : 35 mm

Símbolo:



Figura VI. 82.- Válvula de simultaneidad

- **Escape rápido**

Las válvulas de escape rápido se utilizan para mejorar el rendimiento de los cilindros neumáticos al proporcionar una descarga rápida del aire del cilindro sin la necesidad de tuberías de gran diámetro ni válvulas selectoras.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 83.- Escape rápido

REF. # 12

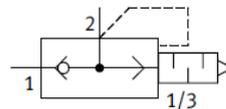
Nombre : Escape rápido

Marca : S/N

Modelo : S/N

ϕ : 43 mm

Símbolo:



- **Regulador de flujo unidireccional**

El regulador de flujo unidireccional es una combinación de un regulador de flujo y un antirretorno. La sección de paso restringida puede ajustarse por medio de un tornillo moleteado.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 84.- Regulador de Flujo

REF. # 13

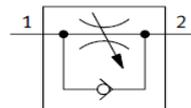
Nombre : Regulador de flujo unidireccional

Marca : Airtac

Modelo : ASC100 - 06

ϕ : 46.8 mm

Símbolo:



- **Cilindro de doble efecto**

Los cilindros neumáticos producen un trabajo: transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Especificaciones Técnicas



REF. # 14

Nombre : Cilindro de doble efecto 16 x 100 con reguladores de caudal

Marca : Airtac

Modelo : MI20X100-S-CA

ϕ : 200 mm

Símbolo:

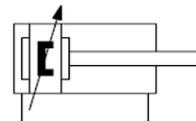


Figura VI. 85.- Cilindro de doble efecto

- **Regulador de presión con manómetro de ¼**

La válvula reguladora de presión regula la alimentación de aire comprimido hasta que alcanza la presión de funcionamiento. Además, compensa de la presión. El sentido del flujo se indica mediante flechas en el cuerpo de la válvula. El manómetro indica la presión regulada.

Especificaciones Técnicas



REF. # 15

Nombre : Regulador de presión con manómetro de ¼

Marca : Airtac

Modelo : SR 200

ϕ : 50 mm

Símbolo:

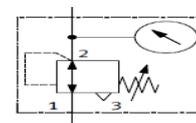


Figura VI. 86.- Regulador de presión con manómetro

- **Manómetro**

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 87.- Manómetro

REF. # 16

Nombre : Manómetro

Marca : Airtac

Modelo : SR

ϕ : 40 mm

Símbolo:



- **Distribuidor de aire de 6 tomas**

Un distribuidor permite alimentar aire comprimido al control a través de seis conexiones individuales.

Especificaciones Técnicas



Figura VI. 88.- Distribuidor de aire 6 tomas

REF. # 17

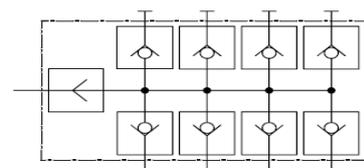
Nombre : Distribuidor de aire de 6 tomas

Marca : S/N

Modelo : S/N

ϕ : mm

Símbolo:



- **Tubo de plástico**

El mismo es utilizado en aplicaciones generales dado que admite pequeños radios de curvatura y es resistente a la luz, la humedad y el desgarre.

Instrucciones de Uso de la Manguera Neumática:

- ✓ No doble la Manguera.
- ✓ Verifique que se encuentre correctamente ajustada a los conectores.
- ✓ Verifique que no existan fugas.
- ✓ Al retirar la manguera de un conector no hale, presione para retirar.

Especificaciones Técnicas



REF. # 18

Nombre : Tubo de plástico

Marca : Airtac

Modelo : EX29-H-J02

ϕ : 4 x 0.25 mm

Figura VI. 89.- Tubería de plástico

- **Acumulador de aire**

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido.

Especificaciones Técnicas



REF. # 19

Nombre : Acumulador de aire

Marca : S/N

Modelo : S/N

ϕ : 90 mm

Símbolo:



Figura VI. 90.- Acumulador de aire

- **Conectores neumáticos T**

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y schedule y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Especificaciones Técnicas



REF. # 20

Nombre : Conectores neumáticos T

Marca : Airtac

Modelo : S/N

ϕ : 4 mm

Símbolo:



Figura VI. 91.- Conector neumático T

- **Conectores neumáticos de diferente tipo**

Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

Especificaciones Técnicas



REF. # 21

Nombre : Conectores neumáticos de diferente tipo

Marca : Airtac

Modelo : S/N

ϕ : 4 mm

Símbolo:

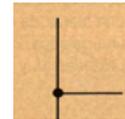


Figura VI. 92.- Conectores de diferente tipo

- **Ventosa**

Es una pieza cóncava de material elástico en la que, al ser oprimida contra una superficie lisa, se produce el vacío, con lo cual queda adherida a dicha superficie:

Especificaciones Técnicas



REF. # 22

Nombre : Ventosa

Marca : Camozzi

Modelo : VDE-09

ϕ : 97 mm

Símbolo:

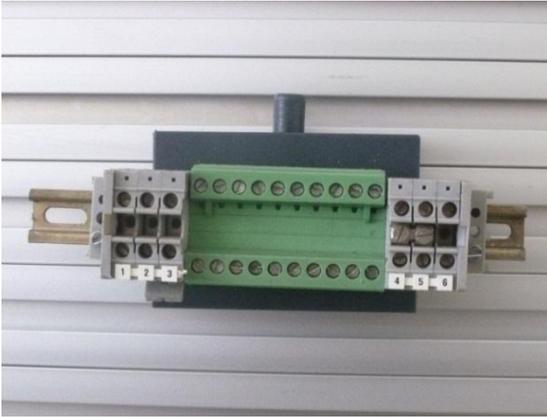


Figura VI. 93.- Ventosa

- **Introduccion de señales eléctricas**

Este elemento permite acoplar las señales eléctricas provenientes del PLC y los sensores para realizar los diferentes procesos industriales.

Especificaciones Técnicas



REF. # 23

Nombre : introduccion de señales eléctricas

Marca : S/N

Modelo : S/N

Figura VI. 94.- Introduccion de señales

- **Sensor Inductivo**

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Especificaciones Técnicas



REF. # 24

Nombre Sensor Inductivo

Marca : Ibest

Modelo : IPSL – 12PO4B

Figura VI. 95.- Sensor Inductivo

- ✓ Diámetro del cilindro del sensor: 12 mm
- ✓ Con blindaje o sin blindaje tipo.
- ✓ Tipo DC de 2 hilos (10-30V DC), DC 3-hilos (10-30V DC), 4 hilos, CC (10-30V DC), AC 2-hilos (90-250 AC).
- ✓ Modo de conexión: cables = 2M directamente, o con el conector del cable M12.
Montaje de distancia: blindados (2 mm) / sin blindaje (4 mm)
Con la operación de la lámpara LED fácilmente se los identifica.
- ✓ Objeto detectable estándar: metales iferrous
- ✓ Durante la carga, protección contra cortocircuitos, contra inversión de polaridad.

• Sensor Capacitivo

Los sensores capacitivos (KAS) reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.

Especificaciones Técnicas



REF. # 25

Nombre : Sensor Capacitivo

Marca : Ibest

Modelo :

Figura VI. 96.- Sensor Capacitivo

- ✓ Cilindro del sensor de 60 mm y 12 mm longitud.
- ✓ Objeto detectable estándar: metálicos o no metálicos

- ✓ Sin blindaje-M12: 2 mm o 4 mm (M18-sin blindaje: 5 mm o 8 mm.-M30 sin blindaje: 15 mm o 25 mm)
- ✓ DC 3 hilos (10-30V DC), PNP o NPN, NA o NC.
- ✓ Modo de conexión: cable = 2M o con conector M12 y cable. Con la operación de la lámpara LED indican, fácilmente identificables.
- ✓ Latón cromado, prueba de ácido de aceite y agua, y alcalina. Protección de la tasa: IP67, resistente al agua.

- **Sensor Óptico Retroreflectivo**

También conocido como reflex, el sensor contiene tanto el emisor y el receptor. La barrera efectiva se establece entre el emisor, el espejo retroreflectivo y el receptor. Como en el modo opuesto, el objeto detectado cuando interrumpe la barrera luminosa.

Especificaciones Técnicas



REF. # 26

Nombre : Sensor óptico, Tipo M18

Marca : Ibest

Modelo : PESL – D18POC30D

Figura VI. 97.- Sensor Capacitivo

- ✓ Zona de sensado de 10 cm [regulación de la distancia]
- ✓ M18 carcasa cilíndrica: cromado de bronce
- ✓ Polaridad PNP : la función de salida de NO / NC
- ✓ 300 mA de carga de salida
- ✓ Fuente de alimentación de 10 – 30 VDC.

- **Barrera Fotoeléctrica**

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Especificaciones Técnica



REF. # 27

Nombre : Barrera Fotoeléctrica

Marca : Ibest

Modelo : PES-T12PO3MD

Figura VI. 98.- Barrera Fotoeléctrica

- ✓ Luz de recurso: LED infrarrojo
- ✓ De gran resistencia al choque y anti-vibración.
- ✓ Detección de deferentes objetos: vidrio, metal, plástico, madera, líquido.
- ✓ Distancia de barrera: 3m / difusa-reflectante: 10 cm.
- ✓ Respuesta rápida: de barrera: <5 ms / difusa reflexiva-: <3 ms.
- ✓ Identifica los colores de los objetos: de acuerdo con la reflectividad de los colores y la Capacidad de absorción, los sensores detectan la luz que el objeto refleja.

- **Sensor Magnético**

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto. Usando los conductores magnéticos (ej. hierro), el campo magnético se puede transmitir sobre mayores distancias para, por ejemplo, poder llevarse la señal de áreas de alta temperatura.

Especificaciones Técnicas



REF. # 28

Nombre : Sensor Magnético

Marca : Airtac

Modelo : CS1 - E

Figura VI. 99.- Sensor Magnético

- ✓ Tipo: Red Switch
- ✓ Tipo de contacto: Normalmente abierto
- ✓ Rango de Voltaje DC: 5 – 24 V
- ✓ Rango de corriente: 5 – 6 mA
- ✓ Tiempo de respuesta 1ms
- ✓ Rango de temperatura: 0 – 60 °C
- ✓ Indicador: LED
- ✓ Longitud del cable: 2 metros
- ✓ Protección: IP - 67

- **Sensor de presión**

Está basado en la deformación de un elemento elástico cuyo movimiento es detectado por un transductor que convierte pequeños desplazamientos en señales eléctricas analógicas, más tarde se pueden obtener salidas digitales acondicionando la señal. Pueden efectuar medidas de presión absoluta (respecto a una referencia) y de presión relativa o diferencial (midiendo diferencia de presión entre dos puntos).

Especificaciones Técnicas



REF. # 29

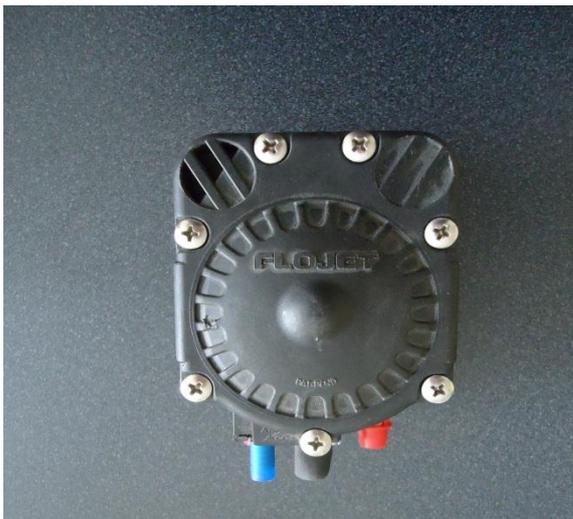
Nombre : Sensor de presión

Marca : S/N

Modelo : S/N

Figura VI. 100.- Sensor de presión

- **Bomba Neumática**



REF. # 30

Nombre : Bomba neumática

Marca : Flojet

Modelo : S/N

Símbolo:

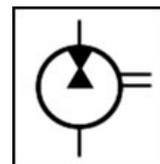


Figura VI. 101.- Bomba Neumática

6.4 Costo Total del Módulo Didáctico Electroneumático

Todos los gastos que se realizaron durante la construcción de la banda transportadora se detallan en la tabla VI. IV.

Impresiones	30
Transporte	240
Dispositivos eléctricos y electrónicos	40
Sensores	400
Dispositivos neumáticos	1250
Estructura de Aluminio y Bases Robustas	600
Varios	300
Internet	300
Imprevistos	120
Manguera de polietileno	10
TOTAL	3290

Tabla VI. IV.- Costo Total del Módulo

CAPITULO VII

PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1 Guía de Prácticas

7.1.1. Práctica 1

Título

MANDO REMOTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento básico de un cilindro de Doble efecto utilizando un mando remoto.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento básico de un cilindro de doble efecto utilizando un mando remoto.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de un cilindro de doble efecto utilizando un mando remoto.

- Montar y verificar el correcto funcionamiento del cilindro de doble efecto utilizando un mando remoto.

Lista de Elementos

- 1 Unidad de mantenimiento
- 1 Distribuidor de aire de 8 tomas
- 1 válvula neumática 5/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)
- 1 Una válvula neumática 5/2 pilotada por un lado con retorno muelle
- 1 Cilindro de doble efecto
- Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto se realiza mediante un válvula neumática de 5/2 pilotada por un lado, accionada por un pulsador neumático, En el que presionado el pulsador sale el vástago del cilindro y dejándolo de pulsar regresa a su posición inicial.

Esquema del circuito neumático

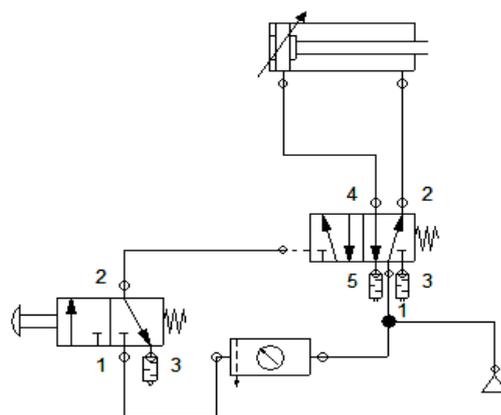


Figura VII. 102.- Esquema del circuito neumático (Práctica 1)

Montaje del circuito



Figura VII. 103.- Montaje del circuito neumático (Práctica 1)

Cuestionario

¿Defina que es un cilindro de doble efecto?

Al decir doble efecto significa que tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento.

¿Cuándo sale el vástago del cilindro de doble efecto?

En la práctica el vástago del cilindro de doble efecto sale cuando presionamos el pulsador neumático, éste activa la válvula neumática de 5/2 pilotada por un lado entregando el flujo de aire a la toma del cilindro de doble efecto, haciendo que el vástago del cilindro.

¿Qué sucede cuando se deja de presionar el pulsador neumático?

Al dejar de presionar el pulsador neumático instantáneamente cambia la posición de la válvula neumática, por lo que el vástago del cilindro retorna a su posición inicial.

¿Cite un ejemplo en el que se aplicaría este esquema neumático?

El estampado de una pieza mientras el operario mantiene el mando actuado.

Conclusiones

- La simulación previa al montaje es indispensable puesto que mediante esta se puede detectar posibles fallas en los esquemas que afectarían a los elementos que se utilizan en la práctica.
- La práctica desarrollada es básica, pero aun así es muy empleada en el sector industrial.
- Con el accionamiento de la válvula neumática pilotada por un lado, cambia la posición del vástago del cilindro.
- Para la práctica se debe regular la presión entre los 60 a 80 PSI
- La unidad de mantenimiento protege de las impurezas de la fuente de alimentación de aire.

7.1.2. Práctica 2

Título

ACCIONAMIENTO DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON UNA VALVULA NEUMATICA DE 5/2 VIAS CON INTERRUPTOR SELECTOR MANUAL.

Objetivos

General

- Demostrar el accionamiento de un cilindro de doble efecto con una válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el accionamiento de un cilindro de doble efecto con una válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el accionamiento de un cilindro de doble efecto con una válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual.
- Montar y verificar el correcto accionamiento de un cilindro de doble efecto con una válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

1 Válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual

2 Válvulas reguladoras unidireccionales.

1 Cilindro de doble efecto

Manguera Neumática

Descripción

Para la apertura o cierre del vástago del cilindro de doble efecto basta con presionar o tirar la válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual

Esquema del circuito neumático

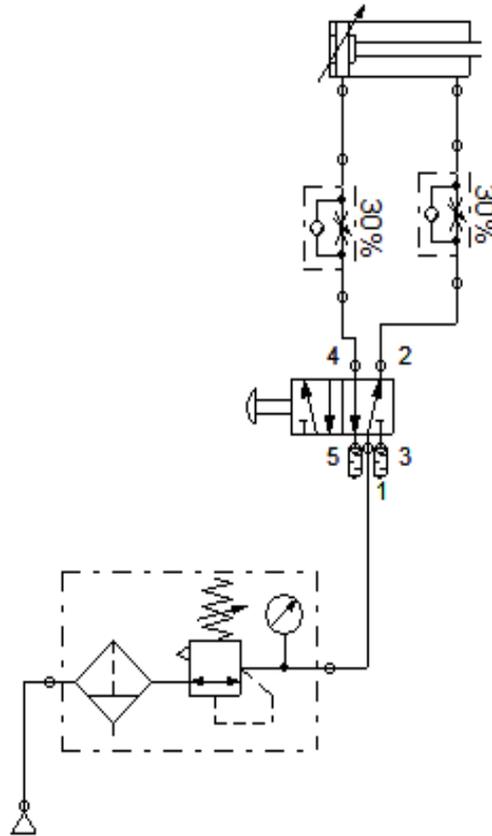


Figura VII. 104.- Esquema del circuito neumático (Práctica 2)

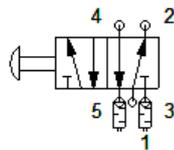
Montaje del circuito



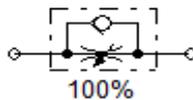
Figura VII. 105.- Montaje del circuito neumático (Práctica 2)

Cuestionario

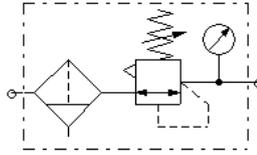
¿Grafique el símbolo de una válvula neumática 5/2 vías con interruptor selector manual?



¿Grafique el símbolo de una válvula reguladora unidireccional?



¿Grafique el símbolo de una unidad de mantenimiento?



¿Regulador de presión?

Permiten corregir una presión menor a la que genera el compresor, que adaptaremos a nuestras necesidades de trabajo.

Conclusiones

- La apertura del vástago del cilindro de doble efecto es presionando la válvula neumática 5/2 con interruptor selector manual.
- El cierre del vástago del cilindro de doble efecto es jalar la válvula neumática 5/2 con interruptor selector manual.
- Podemos regular la presión a la que queremos trabajar en la práctica.
- El lubricador permite incorporar al aire una determinada cantidad de aceite, para lubricar los actuadores neumáticos que, al fin y al cabo, son elementos mecánicos.

7.1.3. Práctica 3

Título

MANDO BIMANUAL AVANCE SUPER_RAPIDO

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento básico de un mando bimanual de avance súper rápido a un cilindro de doble efecto.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento básico de un mando bimanual de avance súper rápido.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de un mando bimanual de avance súper rápido.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento del mando bimanual de avance súper rápido.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

2 válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

1 Una válvula neumática monoestable 5/2 pilotada por un lado con retorno muelle

1 Cilindro de doble efecto

1 Escape rápido

Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto se realiza mediante un válvula neumática de 5/2 pilotada por un lado, accionada por dos pulsadores neumáticos, presionando los dos pulsadores sale el vástago del cilindro y dejando de pulsar regresa a su posición inicial.

Esquema del circuito neumático

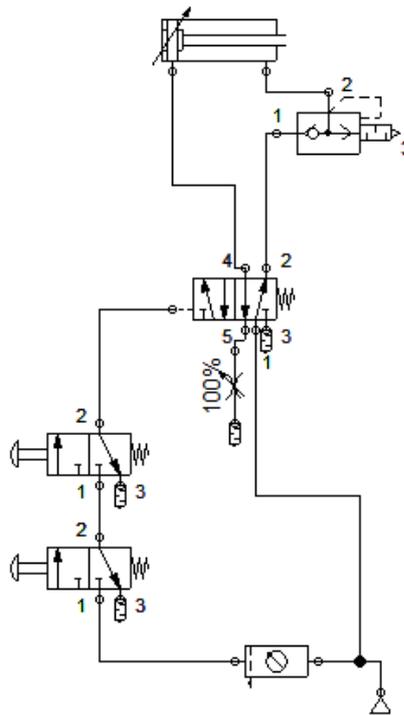


Figura VII. 106.- Esquema del circuito neumático (Práctica 3)

Montaje del circuito

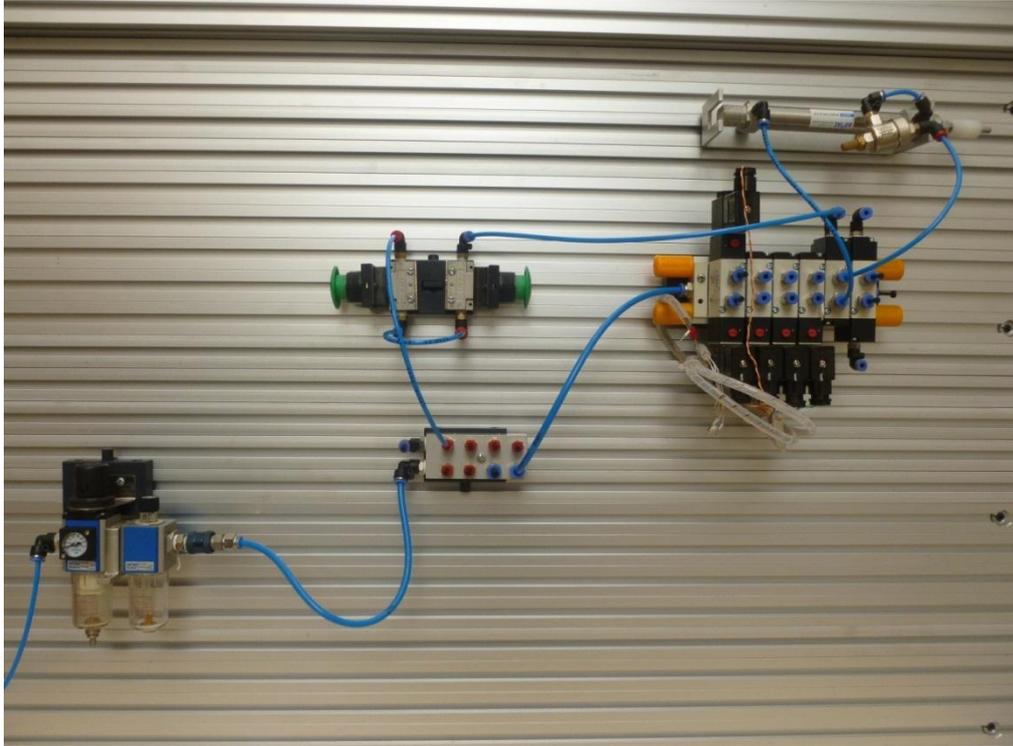


Figura VII. 107.- Montaje del circuito neumático (Práctica 3)

Cuestionario

¿Defina que es escape rápido?

Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de cilindros. Con ellas se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

¿Qué contiene una unidad de mantenimiento?

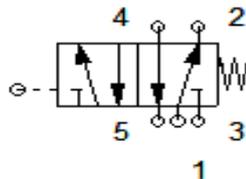
La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

¿Cuál es la función de un regulador de presión?

Conseguir una presión menor a la que genera el compresor, la cual adaptamos a nuestras necesidades de trabajo.

¿Grafique el símbolo de una válvula neumática de 5/2 vías, pilotada por un lado?



¿Qué garantiza la fiabilidad de un mando neumático?

Es necesario que el aire que alimenta el sistema tenga un nivel de calidad suficiente.

- Presión correcta
- Aire seco
- Aire limpio

Con este fin el aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar al punto de consumo, ya que el aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento en la cantidad de fallas y en consecuencia disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos.

Conclusiones

- La simulación previa al montaje es indispensable puesto que mediante esta se puede detectar posibles fallas en los esquemas que afectarían a los elementos que se utilizan en la práctica.
- El escape rápido provoca que el vástago del cilindro de doble efecto salga más rápido.
- Que con el mando bimanual genera una condición lógica “AND” por qué necesita de los dos accionamientos para que se active la válvula neumática 5/2 pilotada por un lado.

7.1.4. Práctica 4

Título

MANEJO DE VALVULA NEUMATICA MONOESTABLE COMO MEMORIA

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento de una válvula neumática monoestable como memoria.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento de una válvula neumática monoestable como memoria.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de una válvula neumática monoestable como memoria.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento de una válvula neumática monoestable como memoria.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Acople 1 a 2 (T)

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

2 válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

1 Una válvula neumática monoestable 5/2 pilotada por un lado con retorno muelle

1 Cilindro de doble efecto

1 Válvula neumática OR selector de circuito

Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto con el manejo de una válvula monoestable como memoria, cuando activamos el pulsador neumático 1 activa al cilindro de doble efecto, al ingresar por las dos entradas de la válvula OR esta retroalimentada con el flujo de aire que pasa por la válvula neumática de 5/2 pilotada por un lado, así que si dejamos de presionar el pulsador neumático 1 el cilindro permanece activo, para desactivar el cilindro de doble efecto presionamos el pulsador neumático 2.

Esquema del circuito neumático

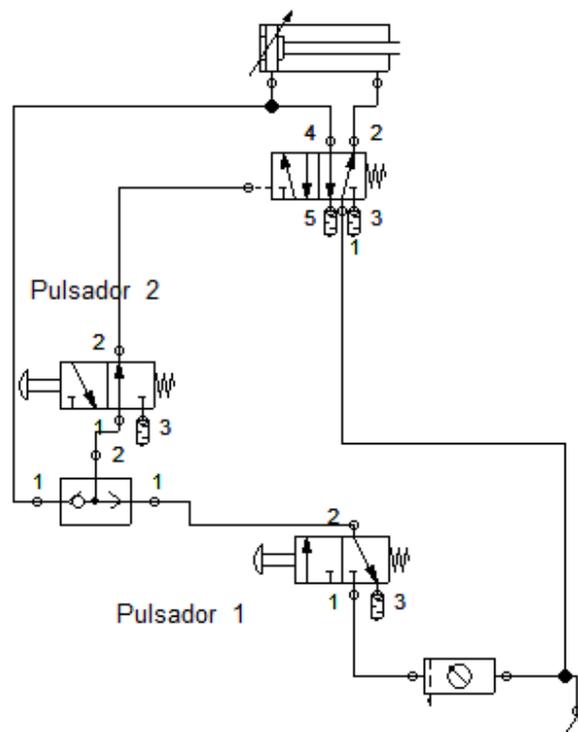


Figura VII. 108.- Esquema del circuito neumático (Práctica 4)

Montaje del circuito

Nota: Se utiliza una válvula neumática 3/2 accionada por pulsador normalmente cerrada a cambio de una válvula neumática 3/2 accionada por pulsador normalmente abierta. Para la práctica se requiere tener presionado el pulsador 2 para que genere el manejo de la válvula monoestable como memoria

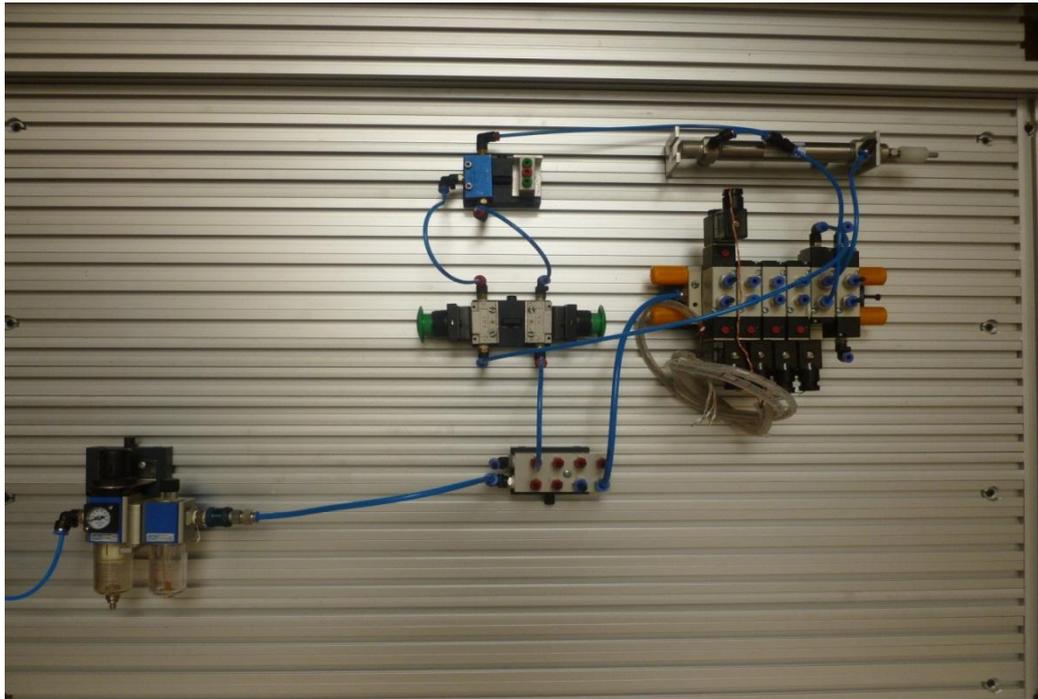


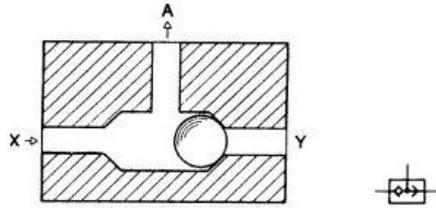
Figura VII. 109.- Montaje del circuito neumático (Práctica 4)

Cuestionario

¿Defina que es una válvula selectora de circuito?

Se denomina “elemento (OR)” y aísla las señales emitidas por válvulas de señalización desde diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización.

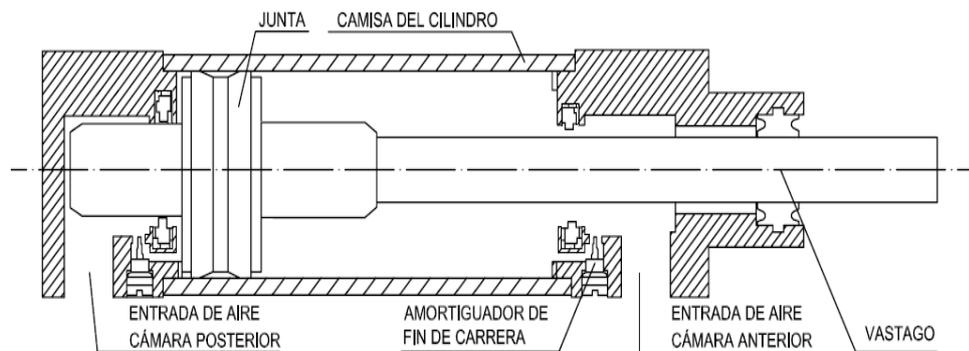
Si se desea mandar un cilindro o una válvula de mando un cilindro o una válvula de mando desde dos o más puntos, se usa esta válvula.



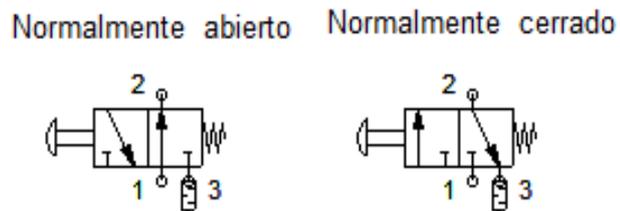
¿Describa la función de un silenciador neumático?

El silenciador se utiliza para reducir el extractor y el ruido de la entrada en circuitos neumáticos.

¿Indique las partes de un cilindro de doble efecto?



¿Grafique una válvula neumática 3/2 accionada por pulsador esta normalmente cerrada o normalmente abierta?



Conclusiones

- Que para el accionamiento del cilindro de doble efecto necesitamos accionar los dos pulsadores neumáticos.
- El mando de memoria de la práctica es nuestro pulsador neumático 2 porque si dejamos de presionar el pulsador neumático 1 permanece el vástago del cilindro abierto por la retroalimentación del flujo de aire que ingresa a la válvula selectora OR.
- El vástago del cilindro regresa a su posición inicial al dejar de presionar el pulsador neumático 2.
- Que Accionando inicialmente el pulsador neumático 2 no se activa el cilindro de doble efecto.

7.1.5. Práctica 5

Título

MANDO DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO CON VALVULAS REGULADORAS UNIDIRECCIONALES.

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento de mando de cilindro de doble efecto con válvulas reguladoras unidireccionales.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento de mando del cilindro de doble efecto con válvulas reguladoras unidireccionales.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de mando del cilindro de doble efecto con válvulas reguladoras unidireccionales.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento de mando del cilindro de doble efecto con válvulas reguladoras unidireccionales.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

2 válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

1 Una válvula neumática 5/2 doble pilotaje

2 Reguladores de flujo unidireccional

1 Cilindro de doble efecto

Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto se lo ejecuta presionando el pulsador neumático 1 y si presionamos el pulsador neumático 2 regresa el cilindro a la posición inicial.

Esquema del circuito neumático

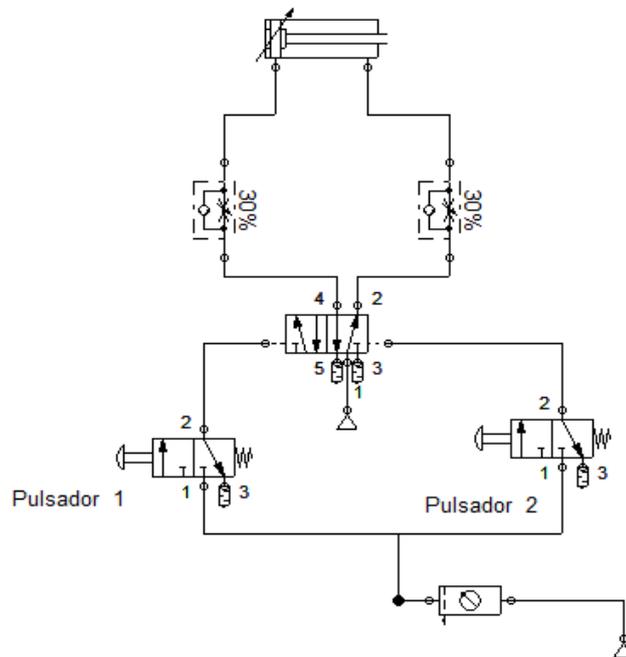


Figura VII. 110.- Esquema del circuito neumático (Práctica 5)

Montaje del circuito

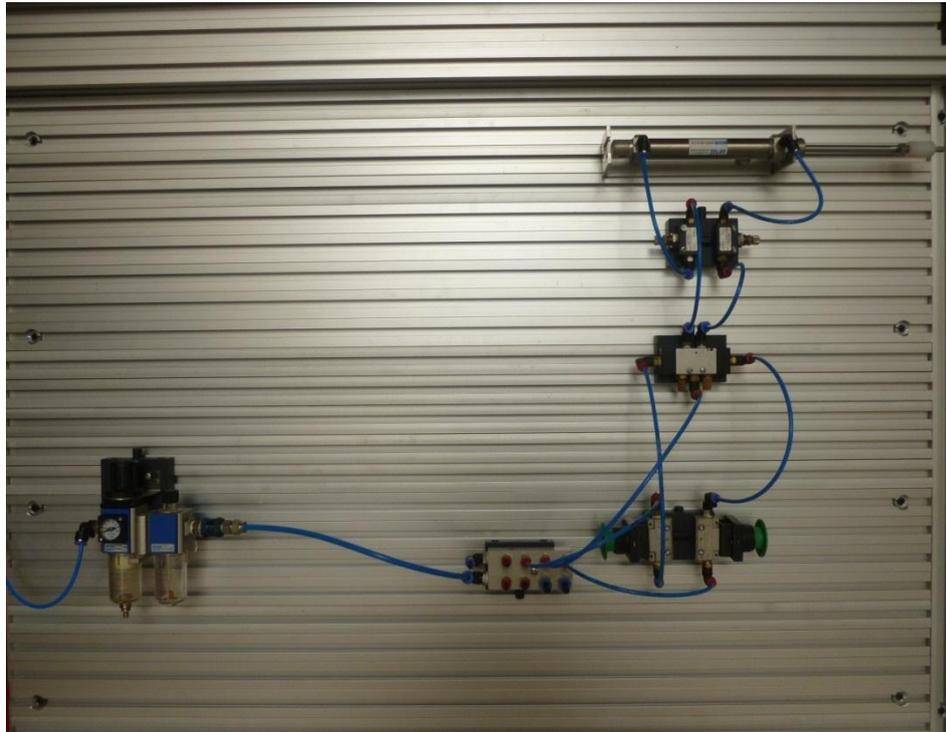


Figura VII. 111.- Montaje del circuito neumático (Práctica 5)

Cuestionario

¿Qué es una válvula reguladora de caudal?

Se trata de un bloque que contiene una válvula de estrangulación en paralelo con una válvula antiretorno. La estrangulación, normalmente regulable desde el exterior, sirve para variar el caudal que lo atraviesa y por lo tanto, para regular la velocidad de desplazamiento del vástago de un cilindro. También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional

¿Cómo controlo la velocidad de accionamiento del cilindro?

El control de velocidad se realiza mediante los reguladores de flujo unidireccional, variando con el ajuste de las válvulas antes mencionada.

¿Cuál es la presión recomendable de trabajo para los elementos de modulo neumático?

Entre 6 a 8 bares

¿Cómo trabaja una válvula neumática 5/2 de doble pilotaje?

Las válvulas de corredera longitudinal pueden accionarse manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para reposicionar la válvula a su posición inicial.

Conclusiones

- Con el control de flujo de aire disminuye la velocidad con que el vástago del cilindro se abre o se cierra.
- Con el accionamiento del pulsador neumático 1 el vástago de cilindro de doble efecto sale
- El vástago del cilindro regresa a su posición inicial si presionamos el pulsador neumático 2.
- La presión que trabaja en la práctica esta entre los 6 y 8 bares.
- La válvula neumática 5/2 de doble pilotaje requiere el mando de flujo de aire de ambos lados para cambiar el estado del cilindro de doble efecto.

7.1.6. Práctica 6

Título

VAIVEN CON PARADA EN UN SOLO SITIO

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento de vaivén con parada en un solo sitio.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento de vaivén con parada en un solo sitio.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de vaivén con parada en un solo sitio
- Montar y verificar el correcto funcionamiento de vaivén con parada en un solo sitio.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

2 válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

1 Una válvula neumática 5/2 doble pilotaje

2 válvulas neumáticas 3/2 accionadas por rodillo

1 Cilindro de doble efecto

1 acople 2 a 1(T)

Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto se lo ejecuta presionando los 2 pulsadores neumáticos generando la apertura y cierre del vástago del cilindro repitiéndose este accionamiento debido a las válvulas neumáticas 3/2 accionada por rodillo las cuales permiten el paso el flujo de aire el momento en que se encuentran activadas, alimentando a los pulsadores neumáticos y estos a su vez a la válvula neumática de 5/2 pilotada por ambos lados.

Esquema del circuito neumático

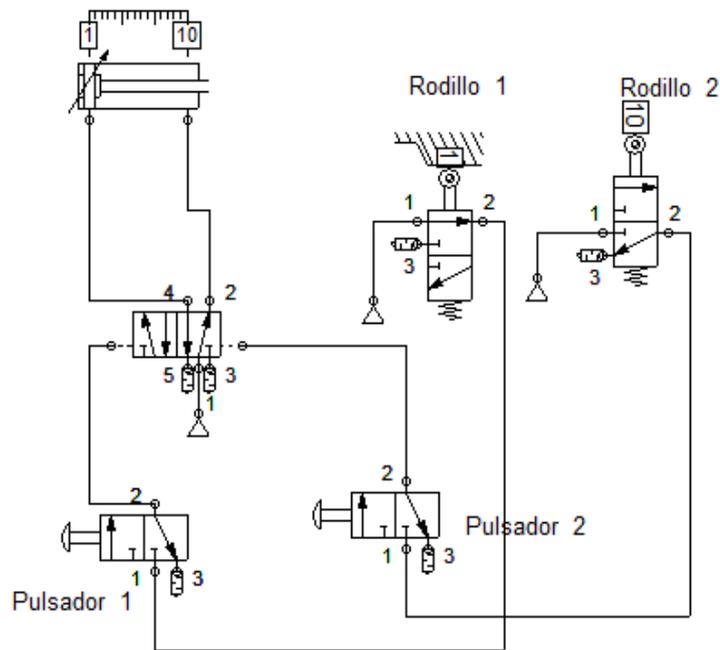


Figura VII. 112.- Esquema del circuito neumático (Práctica 6)

Montaje del circuito

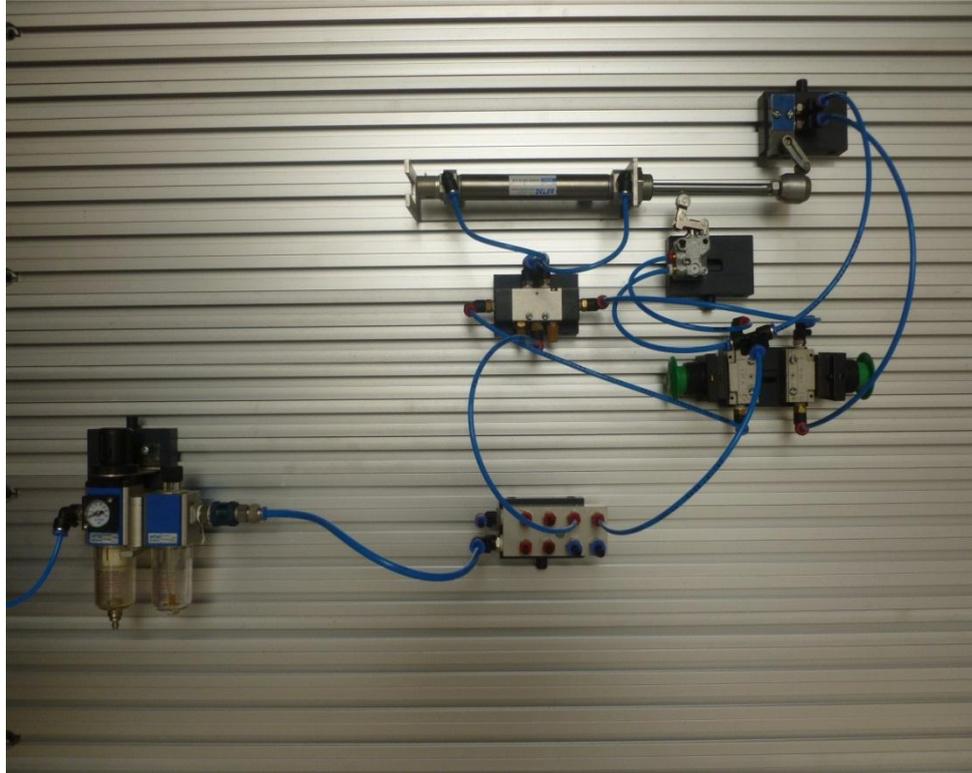
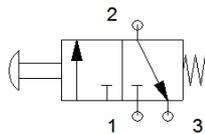


Figura VII. 113.- Montaje del circuito neumático (Práctica 6)

Cuestionario

¿Grafique el símbolo de una válvula neumática 3/2 accionada por pulsador?



¿Qué sucede con el cilindro de doble efecto cuando presionamos el pulsador neumático 1?

Permite el paso del flujo de aire a la válvula de 5/2 posiciones, abriendo el vástago del cilindro de doble efecto.

¿Cómo se comporta una válvula de 3/2 posiciones accionadas por rodillo?

Permite el paso de flujo de aire en el momento que se encuentra activada dicha válvula caso contrario el flujo de aire sale por el escape que posee.

¿Qué sucede si presionamos los dos pulsadores neumáticos?

El vástago del cilindro de doble efecto se abrirá y cerrará repetitivamente hasta que deje de presionar un pulsador neumático.

Conclusiones

- Que para la apertura del vástago del cilindro de doble efecto necesita estar activado el pulsador neumático 1 y la válvula neumática 3/2 accionada por rodillo 1.
- Que la válvula neumática de 3/2 accionada por rodillo se activa cuando el vástago del cilindro de doble efecto está totalmente abierto o cerrado.
- Para la activación de la válvula neumática 5/2 doble pilotaje requiere que las válvulas neumáticas 3/2 accionadas por rodillo estén activadas tanto para la apertura y el cierre del vástago.
- Presionando los dos pulsadores neumáticos el cilindro se abre y se cierra repetitivamente.

7.1.7. Práctica 7

Título

MANDO BIMANUAL CON PARADA DE EMERGENCIA

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento del mando bimanual con parada de emergencia.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento del mando bimanual con parada de emergencia.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento del mando bimanual con parada de emergencia.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento del mando bimanual con parada de emergencia.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

2 Válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

2 Válvula neumática 3/2 accionadas por rodillo

1 Una válvula neumática 5/2 doble pilotaje

1 Cilindro de doble efecto

1 Reguladores de flujo unidireccional

1 Escape rápido

1 Válvula neumática OR

1 Acople 2 a 1 (T)

Manguera Neumática

Descripción

El accionamiento del cilindro de doble efecto se lo ejecuta presionando los 2 pulsadores neumáticos generando la apertura del vástago del cilindro, como tenemos una válvula reguladora unidireccional el vástago del cilindro tarda unos segundos en salir para visualizar el accionamiento, el cierre del vástago se activa al momento de accionar la válvula 3/2 por rodillo, tenemos una parada de emergencia el cual al accionarse regresa el vástago del cilindro a su posición inicial, para esta práctica utilizamos una válvula neumática 3/2 accionada por rodillo por la válvula de parada de emergencia.

Esquema del circuito neumático

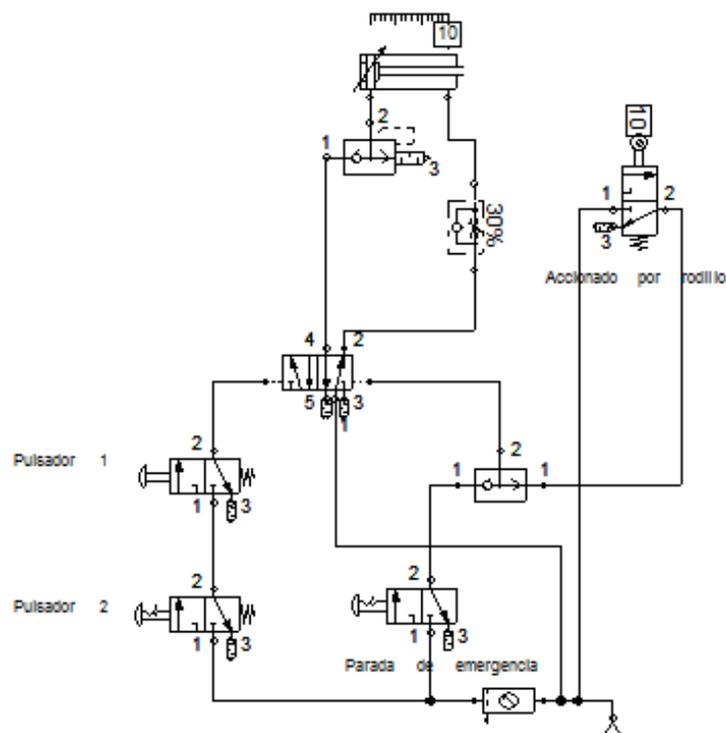


Figura VII. 114.- Esquema del circuito neumático (Práctica 7)

Montaje del circuito

Nota: En la práctica se utiliza una válvula neumática 3/2 accionada por rodillo como parada de emergencia.

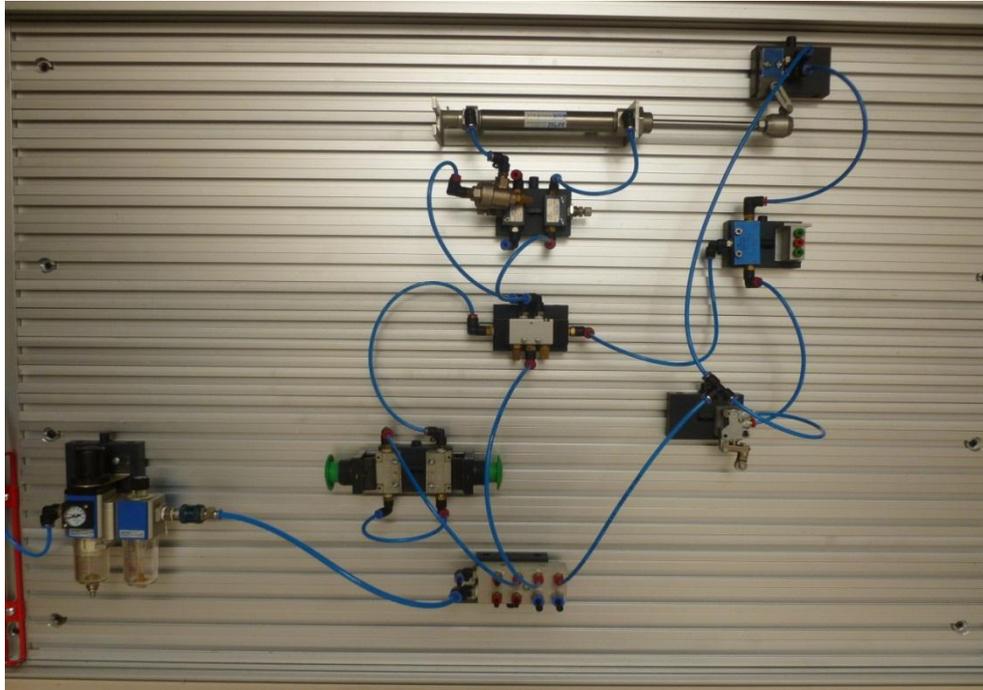


Figura VII. 115.- Montaje del circuito neumático (Práctica 7)

Cuestionario

¿Cuándo se abre el vástago del cilindro de doble efecto?

El vástago del cilindro de doble efecto se abre cuando presionamos los dos pulsadores neumáticos.

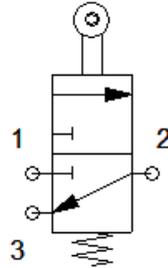
¿En la práctica que función tiene la válvula de escape rápido?

Que el vástago del cilindro retorne rápido a la posición inicial.

¿Para que utilizamos la parada de emergencia?

Este pulsador es usado para detener la ejecución del proceso obligando a que el vástago del cilindro regrese a su posición inicial.

¿Grafique el símbolo de una válvula neumática 3/2 accionada por rodillo y retorno por muelle?



Conclusiones

- El accionamiento del cilindro de doble efecto requiere activar los dos pulsadores neumáticos porque es un accionamiento bimanual.
- Con la válvula de regulación unidireccional controla el tiempo en que el vástago cilindro de doble efecto tarda en salir.
- Cuando se presiona la válvula neumática 3/2 accionada por rodillo activa el retorno del vástago del cilindro de doble efecto.
- La válvula de parada de emergencia activa el retorno inmediato del vástago del cilindro de doble efecto
- Con el uso del escape rápido permite retornar el vástago del cilindro de doble efecto en poco tiempo.

7.1.8. Práctica 8

Título

ACCIONAMIENTO DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO USANDO VALVULAS NEUMATICAS AND Y OR.

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento de un esquema de distribución del accionamiento del cilindro de doble efecto usando válvulas neumáticas AND y OR.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento de un esquema de distribución del accionamiento del cilindro de doble efecto usando válvula neumáticas AND y OR.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de un esquema de distribución del accionamiento del cilindro de doble efecto usando válvulas neumáticas AND Y OR.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento de un esquema de distribución del accionamiento del cilindro de doble efecto usando válvulas neumáticas AND y OR.

Lista de Elementos

- 1 Unidad de mantenimiento
- 1 Distribuidor de aire de 8 tomas
- 2 Válvulas neumáticas 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)
- 1 Una válvula neumática 5/2 doble pilotaje
- 1 Cilindro de doble efecto
- 2 Válvulas neumáticas 3/2 accionadas por rodillo
- 1 Válvula neumática AND

- 1 Válvula neumática OR
- 1 Acople 2 a 1 (T)
- Manguera Neumática

Descripción

La instalación adicional de una válvula de simultaneidad AND y de una válvula 3/2 accionada por rodillo 1 permite tener la seguridad que el cilindro retrocede completamente hasta la posición inicial antes de volver a avanzar. La condición que debe cumplirse para que avance nuevamente el cilindro consiste en que se oprima uno de los dos pulsadores y que este active la válvula neumática rodillo 1. Una vez alcanzada la del rodillo 2, el cilindro retrocede incluso estando aun activadas las válvulas provistas de pulsadores 1 y 2, ya que el rodillo 1 no está activo

Esquema del circuito neumático

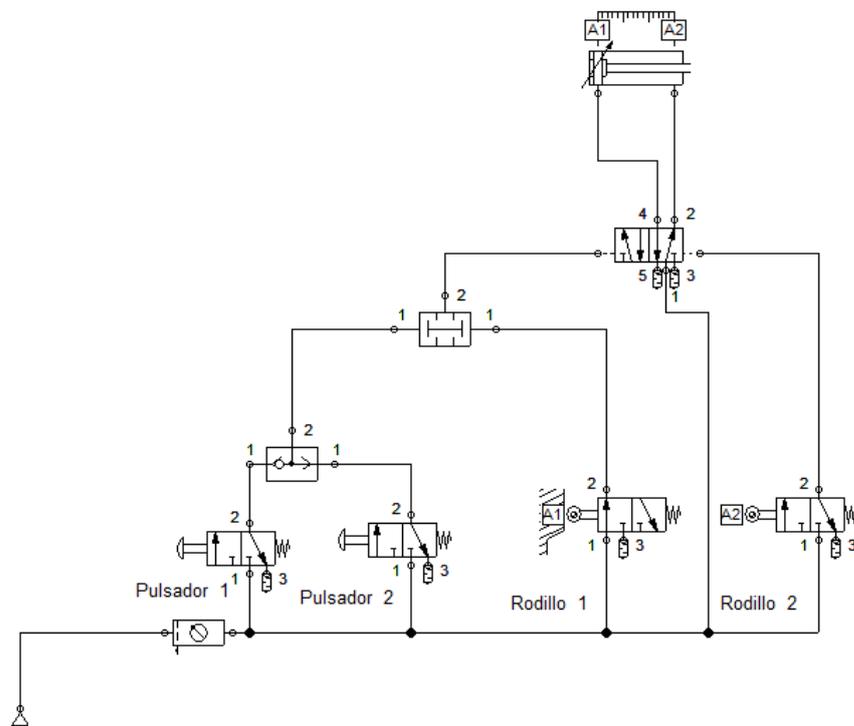


Figura VII. 116.- Esquema del circuito neumático (Práctica 8)

Montaje del circuito



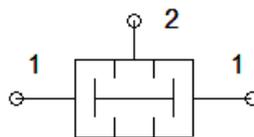
Figura VII. 117.- Montaje del circuito neumático (Práctica 8)

Cuestionario

¿Qué función realiza la válvula neumática AND?

Esta permite el paso del flujo de aire siempre y cuando se active uno de los pulsadores neumáticos (Pulsador 1 o Pulsador 2) y la válvula neumática accionada por rodillo (Rodillo 1)

¿Grafique el símbolo de una válvula neumática AND?



Entradas: 1

Salidas: 2

¿Con que accionamiento regresa el vástago del cilindro de doble efecto?

Cuando se activa la válvula 3/2 accionada por rodillo (Rodillo 2) permite el paso del flujo de aire hacia la válvula neumática 5/2 cambiando la posición, haciendo que el vástago del cilindro de doble efecto regrese a su posición inicial.

¿Qué condición debe cumplir para que el vástago del cilindro de doble efecto se abra?

Debe estar activada la válvula neumática 3/2 accionada por rodillo (Rodillo 1) y presionar cualquier pulsador neumático (Pulsador 1 o Pulsador 2)

Conclusiones

- Que el uso de la válvula neumática AND y OR permite realizar combinaciones para activaciones de las válvulas neumáticas.
- Con el uso de la válvula neumática AND asegura que el vástago del cilindro retorne completamente antes de iniciar otra apertura del vástago.
- Para activar el cilindro de doble efecto requiere estar activada la válvula neumática de 3/2 accionada por rodillo y cualquiera de los dos pulsadores neumáticos.
- La activación de la válvula 3/2 accionada por rodillo 2 genera el retorno del vástago del cilindro de doble efecto.

7.1.9. Práctica 9

Título

Secuencia sin bloqueo A+B+A-B-

Objetivos

General

- Demostrar el funcionamiento de una Secuencia sin bloqueo A+B+A-B-.

Específicos

- Diseñar el esquema neumático para el funcionamiento de una secuencia sin bloqueo A+B+A-B-.
- Implementar y comprobar el esquema neumático diseñado en un simulador (Festo Fluidsim).
- Reconocer y seleccionar los elementos necesarios para el funcionamiento de una secuencia sin bloqueo A+B+A-B-.
- Montar y verificar el correcto funcionamiento de una secuencia sin bloqueo A+B+A-B-.

Lista de Elementos

1 Unidad de mantenimiento

1 Distribuidor de aire de 8 tomas

1 Válvula neumática 3/2 accionada por pulsador (Pulsador neumático)

2 Una válvula neumática 5/2 doble pilotaje

2 Cilindro de doble efecto

4 válvulas neumáticas 3/2 accionadas por rodillo

Manguera Neumática

Descripción

La práctica genera la secuencia A+B+A-B- siempre que tenga presionado el pulsador neumático (Pulsador 1).

A+: El vástago del cilindro A sale.

A-: El vástago del cilindro A entra.

B+: El vástago del cilindro B sale.

B-: El vástago del cilindro B entra.

Esquema del circuito neumático

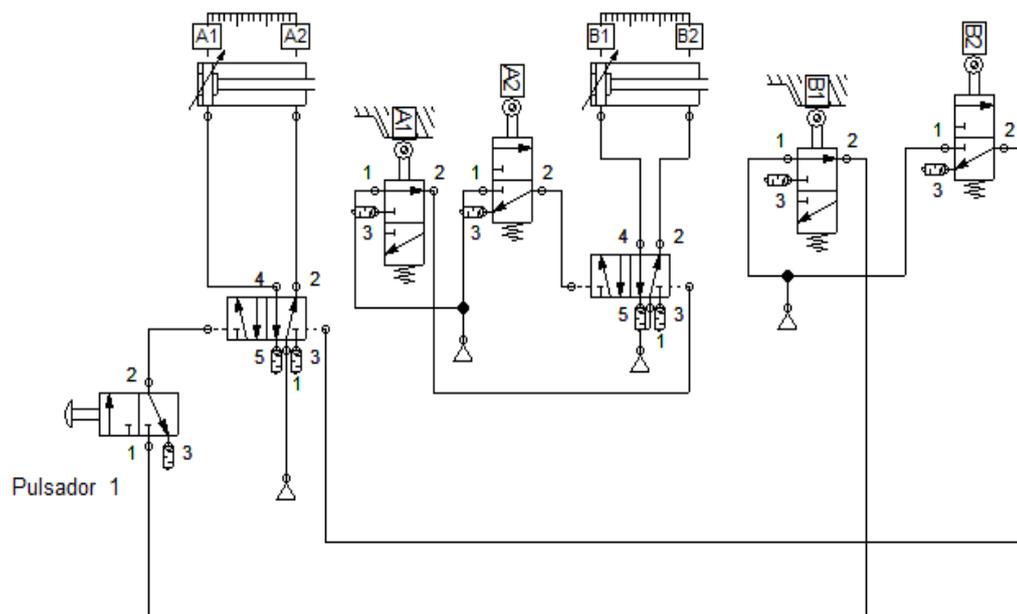


Figura VII. 118.- Montaje del circuito neumático (Práctica 9)

Montaje del circuito

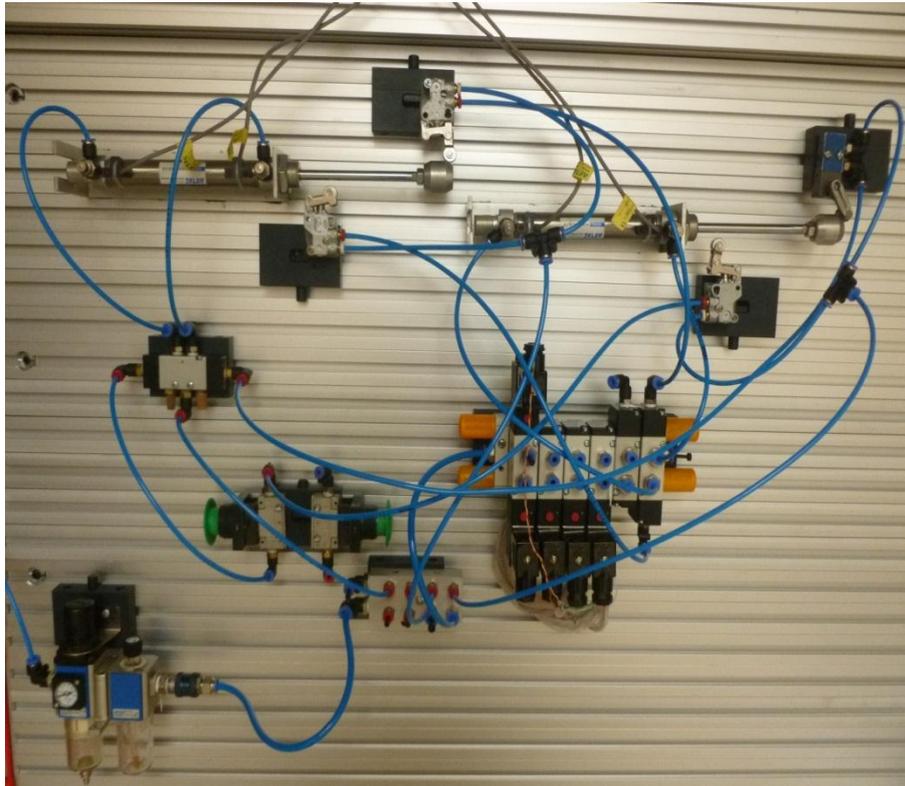


Figura VII. 119.- Montaje del circuito neumático (Práctica 9)

Cuestionario

¿Qué condiciones iniciales deben cumplir para realizar la secuencia A+B+A-B- en esta práctica?

Los vástagos de los cilindros de doble efecto deben estar cerrados, activadas las válvulas neumáticas 3/2 por accionamiento por rodillo iniciales (A1 y B1).

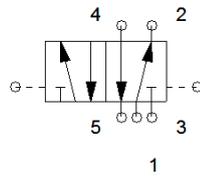
¿Cómo se genera la secuencia A+B+A-B-?

Accionamos el pulsador neumático 1 el que genera la serie A+B+A-B-, permite pasar el flujo de aire para iniciar la secuencia.

¿Qué sucede cuando se activa la válvula neumática 3/2 accionada por rodillo B2?

Hace que retorne el vástago del cilindro A, a su posición inicial.

¿Grafique el símbolo de una válvula neumática 5/2 de doble pilotaje?



Conclusiones

- Con el accionamiento de la válvula neumática 3/2 por pulsador iniciamos la secuencia de la práctica.
- Para iniciar de nuevo la secuencia volvemos a pulsar la válvula neumática 3/2 por pulsador (Pulsador 1).
- Para poder visualizar la secuencia se recomienda utilizar válvulas reguladoras de aire.
- Esta secuencia puede ser usada para la clasificación de objetos.

Práctica de electroneumática utilizando PLC

7.1.10. PRACTICA #1

Título

Identificación de los diferentes tipos de sensores a utilizar en el módulo

Objetivos

General

- Identificar los sensores a utilizar mediante la programación en el software Twidosuite y para el monitoreo en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que direcciona las entradas de los sensores a memorias.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice las señales los sensores.

Lista de Elementos

1 sensor óptico de barrera

1 Sensor óptico refractivo

4 sensor magnético

1 sensor inductivo

1 sensor capacitivo

1 cable para la comunicación

Hardware

1 Computadora

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

En la práctica conectamos las señales de los sensores a las entradas del PLC, programamos y asignamos las entradas a memorias para poder monitorear en el software Lookout.

Esquema del programa

Se programa la asignación de las entradas de los sensores a memoria en el software Twidosuite.

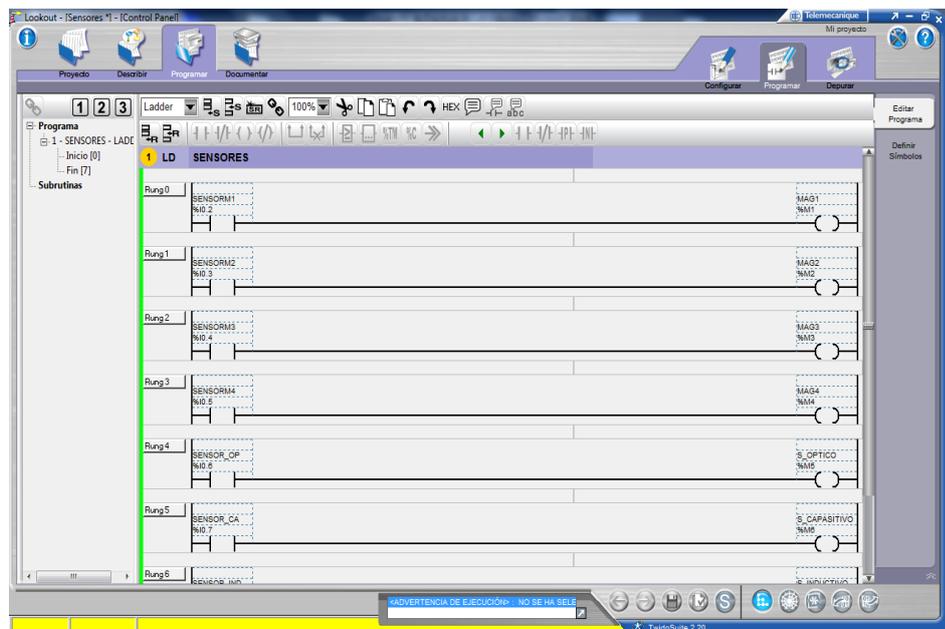


Figura VII. 120.- Direccionamiento de memorias en twidosuite

LD %I0.0.2
ST %M1
LD %I0.0.3
ST %M2
LD %I0.0.4
ST %M3
LD %I0.0.5
ST %M4
LD %I0.0.6
ST %M5
LD %I0.0.7
ST %M6
LD %I0.0.8
ST %M7
LD %I0.0.9
ST %M8

Creación del panel de presentación para el monitoreo

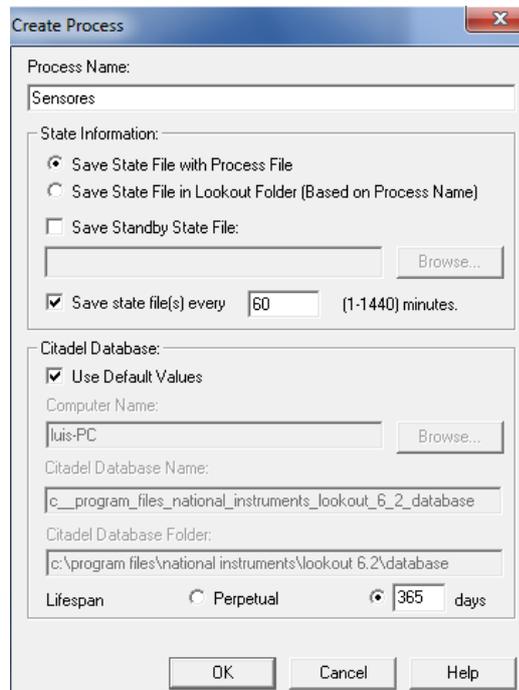


Figura VII. 121.- Creación del panel de simulación en Lookout

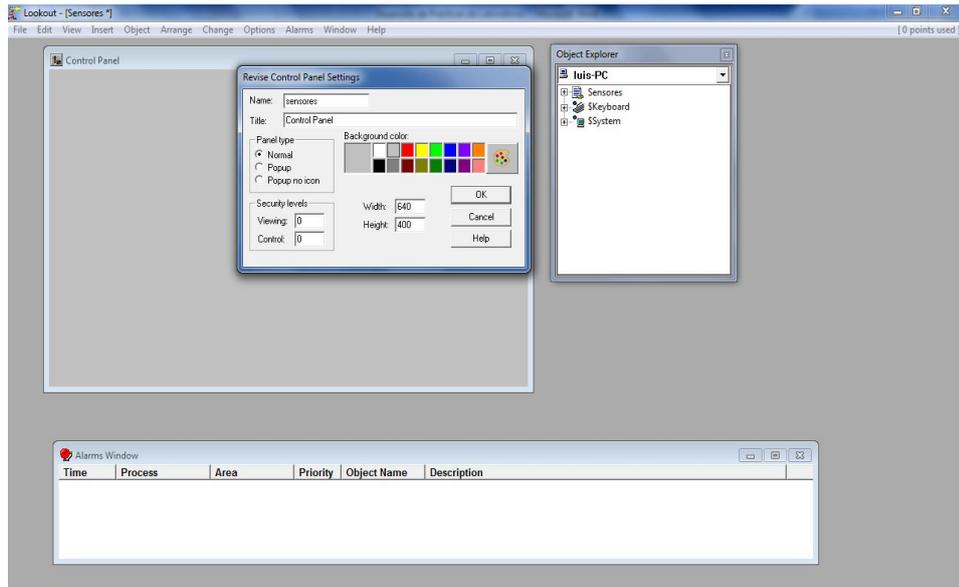


Figura VII. 122.- Diseño del panel de simulación en Lookout



Figura VII. 123.- Pantalla de identificación de sensores (Práctica 1 electroneumática)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Creamos animaciones ejemplo indicadores las cuales usamos para visualizar el accionamiento de los sensores.

El direccionamiento en el software Lookout debe ser una más que la asignación realizada en el software Twidosuite.

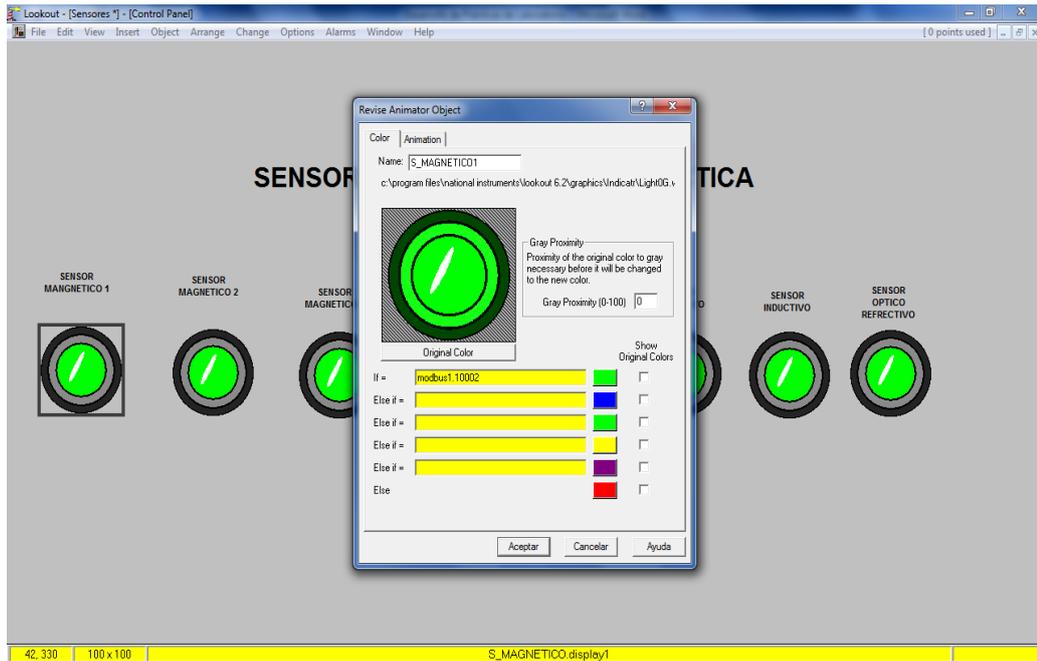


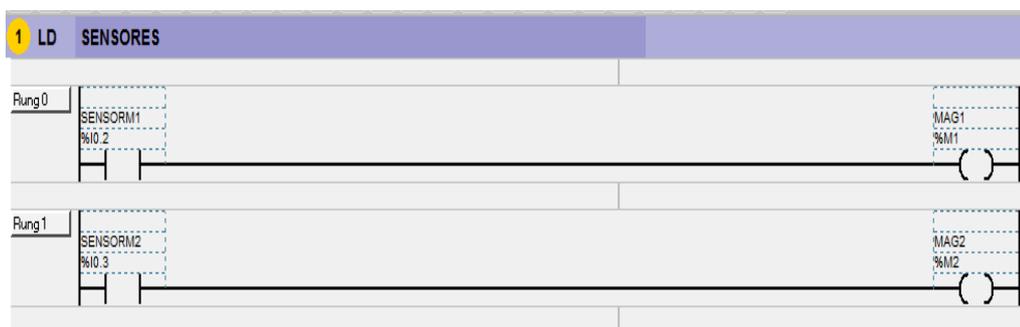
Figura VII. 124.- Direccionamiento de memorias de sensores para el monitoreo

Cuestionario

¿Qué tipo de comunicación utiliza el software Twidosuite para cargar el programa al PLC Telemecanique?

Comunicación Modbus serial.

¿Cómo se asigna las entradas a memorias en el software Twidosuite?



¿Cómo creamos una animación en el software Lookout?

Object-----Creat-----Multimedia-----Animator.

¿El sensor inductivo que tipo de materiales detecta?

Metales

Conclusiones

- Que la asignación de memorias en el software Twidosuite se usa para combinaciones de procesos o secuencias.
- Que el monitoreo en Lookout podemos visualizar en tiempo real, las señales emitidas por los sensores.
- Para establecer la comunicación entre el Lookout y el PLC tenemos que detener la conexión con el Twidosuite.
- La asignación de memoria para la comunicación entre el Lookout y el PLC tiene que ser una más a la asignación que se realizó en el software Twidosuite.

7.1.11. PRACTICA #2

Título

SECUENCIA DE DOS CILINDROS A+A-B+B-

Objetivos

General

Programar la secuencia A+A-B+B- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia A+A-B+B-.
- Direccional las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que se va a monitorear la secuencia A+A-B+B-.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

2 Cilindros de doble efecto

2 Electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

2 Pulsadores, rojo de parada y verde de encendido.

Manguera neumática

1 cable de comunicación

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia A+A-B+B-, programada en el software Twidosuite, direccionamos las señales de las entradas de sensores conectados al PLC a memorias para el monitoreo en el software Lookout, las salidas del PLC conectamos a las electroválvulas para activar a los dos cilindro de doble efecto que usamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite en el que genera la secuencia y asignar las memorias a las salidas del PLC, estas accionan las electroválvulas de 5/2 con retorno muelle.

Asignar memorias para los botones de encendido y apagado de la secuencia.

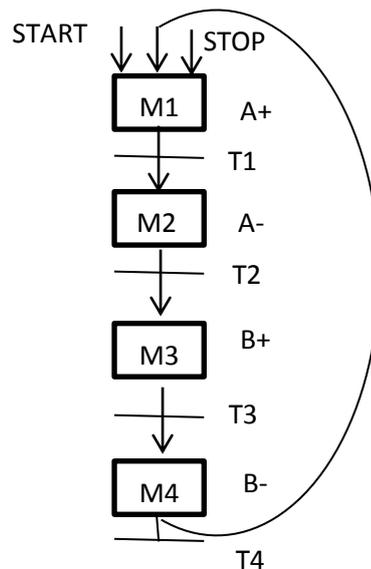


Figura VII. 125.- Grafcet (Práctica 2 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo

La presentación en el software Lookout permite visualizar la secuencia de los dos sensores, gracias a la asignación memorias de los sensores que se las realiza en el software Twidosuite.

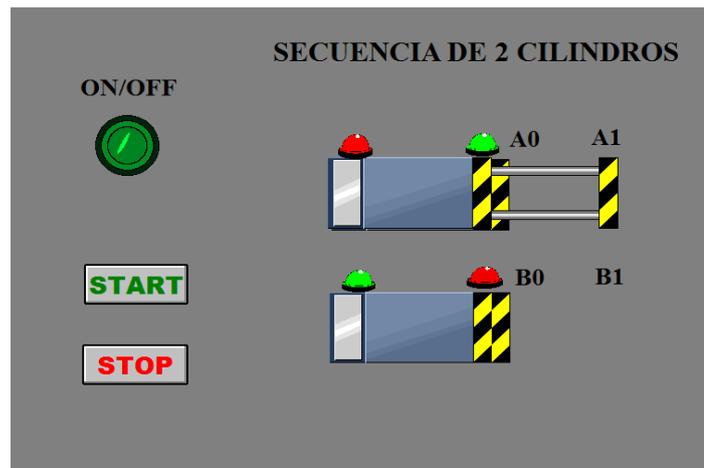
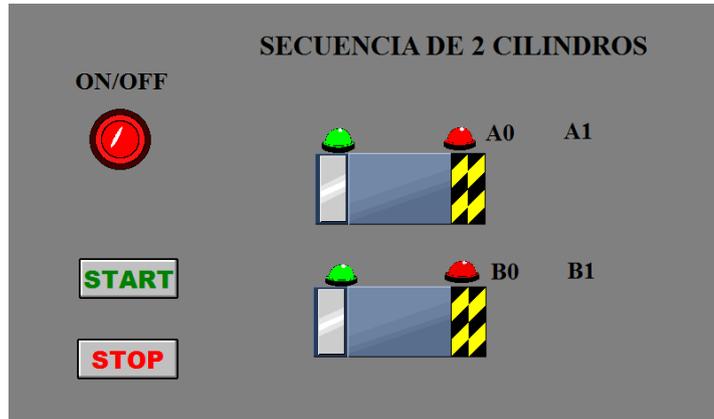


Figura VII. 126.- Pantalla de monitoreo (Práctica 2 electroneumática)

Montaje del circuito

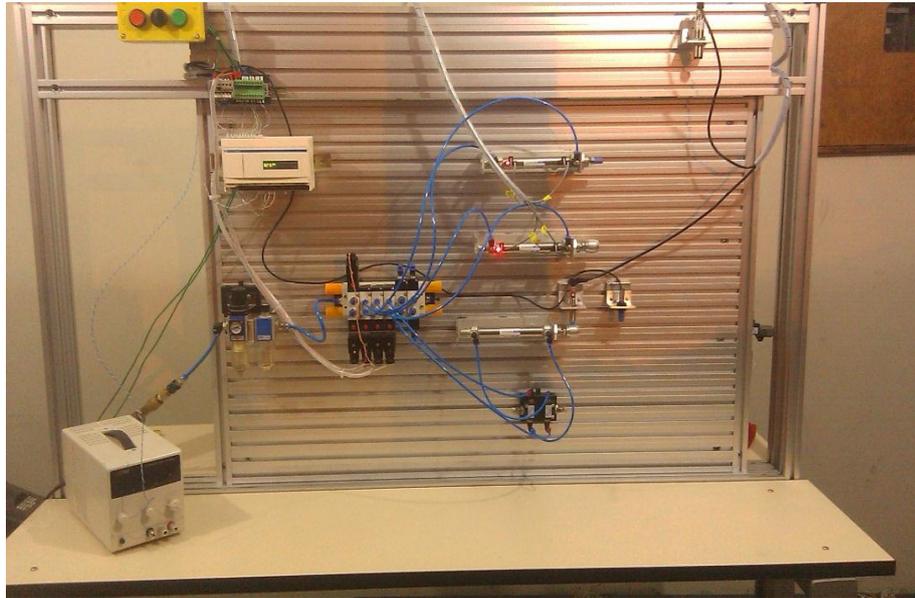


Figura VII. 127.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 2)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- El accionamiento de la secuencia se lo realiza accionando el pulsador eléctrico o presionando el botón Start del programa en Lookout.
- La asignación de memorias de los sensores son de gran ayuda para poder monitorear procesos secuenciales.
- Que en el direccionar de las memorias en el software Lookout debe ser una más de las que se realiza en el programa Twidosuite.
- La comunicación entre el PLC y el software Lookout es el Modbus

7.1.12. PRACTICA #3

Título

SECUENCIA DE DOS CILINDROS B+A+A-B-

Objetivos

General

- Programar la secuencia B+A+A-B- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia B+A+A-B- con una variación de tiempo de 5 segundos.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice la secuencia B+A+A-B-.
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Lista de Elementos

4 sensor magnético

2 cilindros de doble efecto

2 electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia B+A+A-B- programada en el software Twidosuite, direccionamos las señales de las entradas de sensores conectados al PLC a memorias para el monitoreo en el software Lookout, las salidas del PLC conectamos a las electroválvulas para activar a los dos cilindro de doble efecto que usamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite en el que genera la secuencia y asignar las memorias a las salidas del PLC, estas accionan las electroválvulas de 5/2 con retorno muelle.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

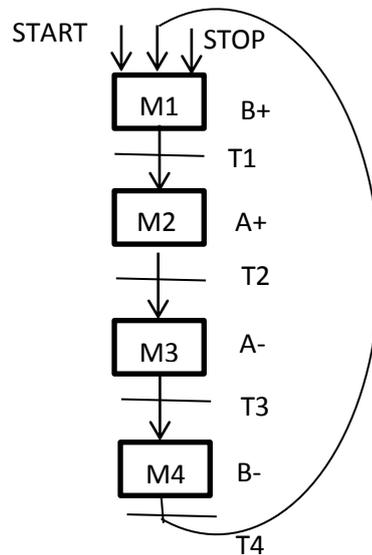


Figura VII. 128.- Grafcet (Práctica 3 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo

Asignación de memorias para el control de encendido y apagado de la secuencia dentro de Lookout.

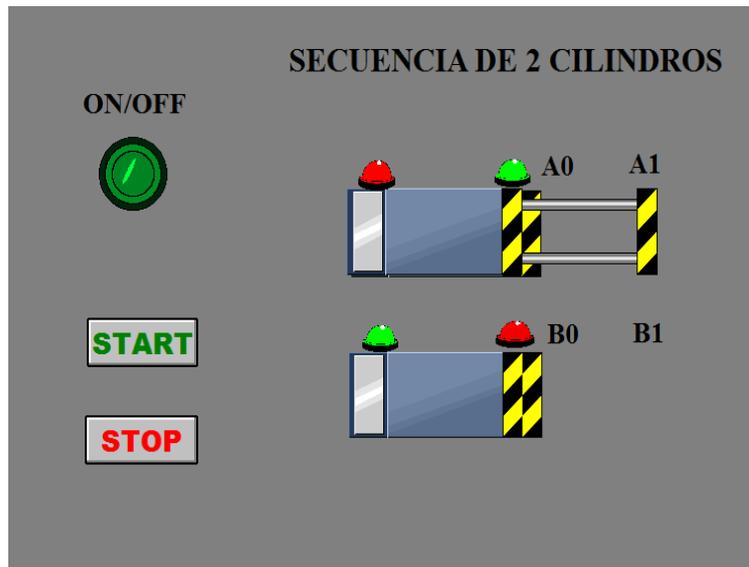
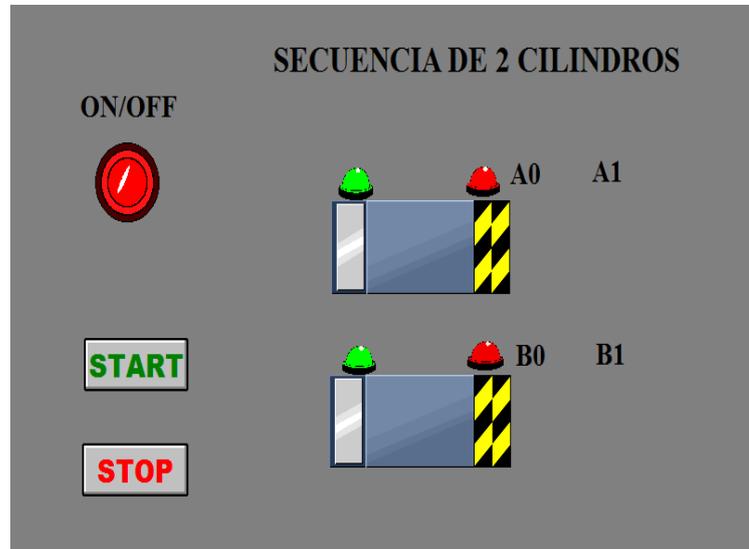


Figura VII. 129.- Pantalla de monitoreo (Práctica 3 electropneumática)

Montaje del circuito

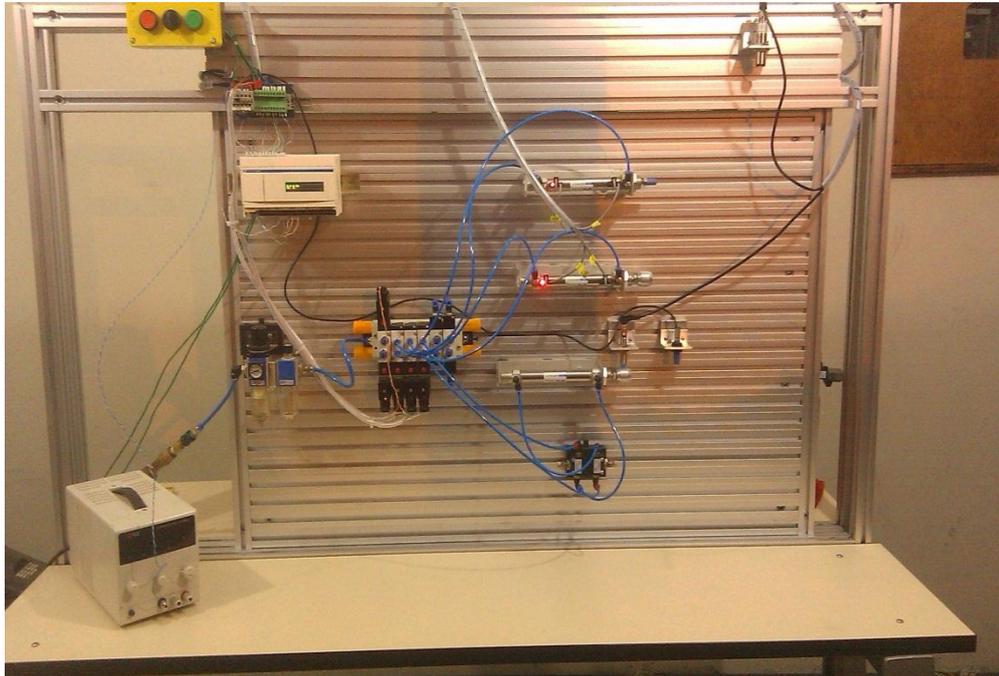


Figura VII. 130.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 3)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- Con la variación de los parámetros filas y columnas en el cell/rate, podemos determinar el tipo de presentación de la animación.
- Mediante la activación de los sensores magnéticos se visualiza en el software Lookout la animación de los dos cilindros.
- Se requiere puentear el negativo de las electroválvulas con la fuente de alimentación para el PLC para evitar cortos involuntarios.
- Con los reguladores de flujo de aire se puede visualizar de una mejor manera la operación de secuencia de los dos cilindros de doble efecto.

7.1.13. PRACTICA #4

Título

SECUENCIA DE DOS CILINDROS A+B+A-B-

Objetivos

General

- Programar la secuencia A+B+A-B- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia A+B+A-B-con una variación de tiempo de 3 segundos.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice la secuencia A+B+A-B-.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF.
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 sensor magnético

2 cilindros de doble efecto

2 electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia A+B+A-B- programada en el software Twidosuite con una variación de tiempo de 3 segundos, direccionamos las señales de las entradas de sensores conectados al PLC a memorias para el monitoreo en el software Lookout, las salidas del PLC conectamos a las electroválvulas para activar a los dos cilindro de doble efecto que usamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

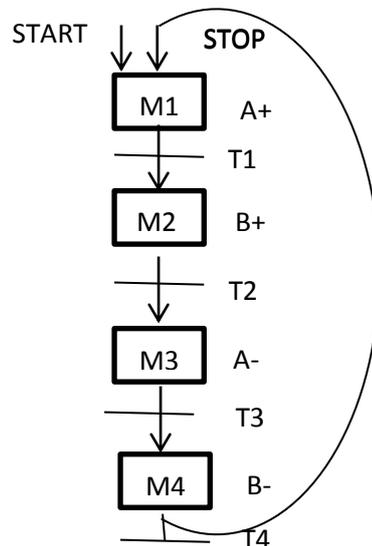


Figura VII. 131.- Grafcet (Práctica 4 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo

Asignación de memorias para el control de encendido y apagado de la secuencia dentro de Lookout.

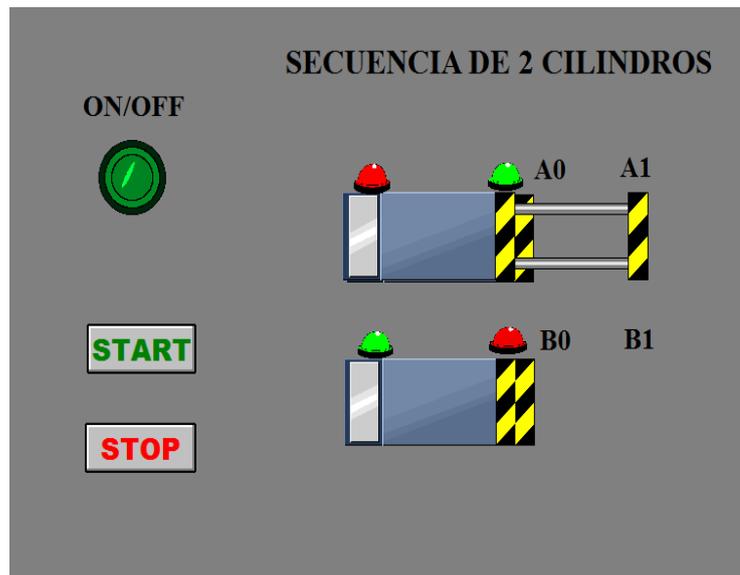
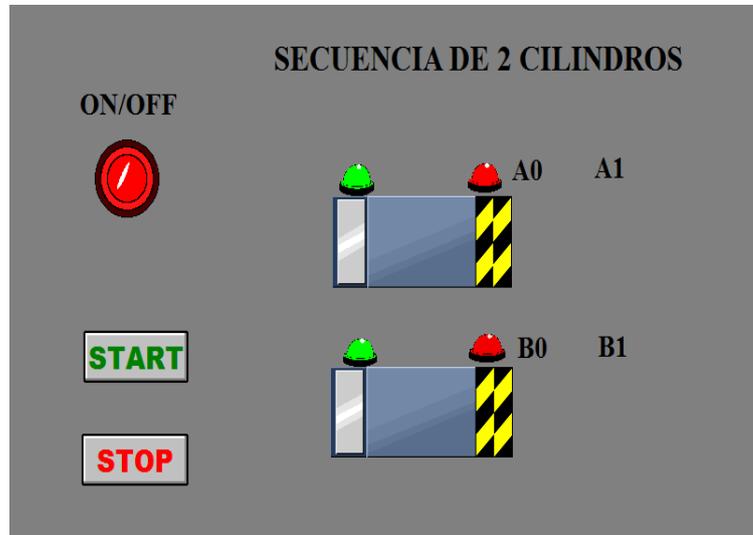


Figura VII. 132.- Pantalla de monitoreo (Práctica 4 electropneumática)

Montaje del circuito

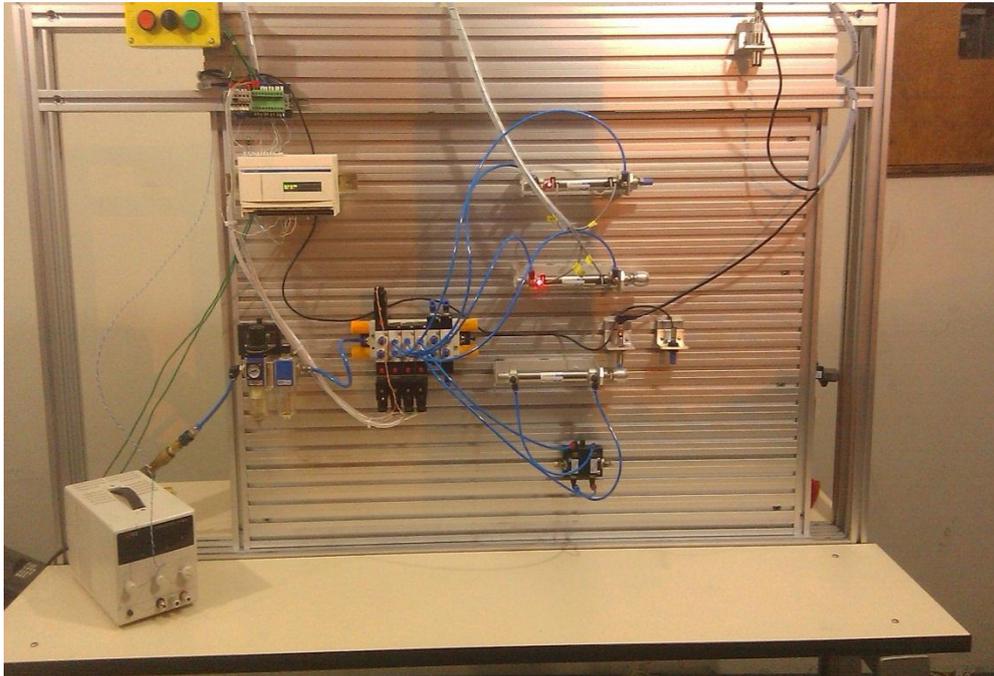


Figura VII. 133.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 4)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- El nivel de voltaje de la fuente de alimentación debe estar entre los 21.6 a 26.4 voltios.
- La secuencia se genera en el momento que pulsamos el botón de inicio eléctrico.
- El control de encendido y apagado se lo realiza manualmente y por el software de monitoreo Lookout.
- Con el cambio de accionamiento de memorias varia la secuencia de accionamiento de las electroválvulas.

7.1.14. PRACTICA #5

Título

SECUENCIA DE TRES CILINDROS A+B+C+C-B-A-

Objetivos

General

- Programar la secuencia A+B+C+C-B-A- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia A+B+C+C-B-A- con una variación de tiempo de 5 segundos.
- Crear un panel de presentación en el software Lookout para monitorear la secuencia A+B+C+C-B-A-.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF.
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

1 Sensor inductivo

1 Sensor capacitivo

3 Cilindros de doble efecto

3 Electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia A+B+C+C-B-A-, programada en el software Twidosuite con una variación de tiempo de 5 segundos, direccionamos las señales de las entradas de sensores conectados al PLC a memorias para el monitoreo en el software Lookout, las salidas del PLC conectamos a las electroválvulas para activar a los dos cilindro de doble efecto que usamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Graf set en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

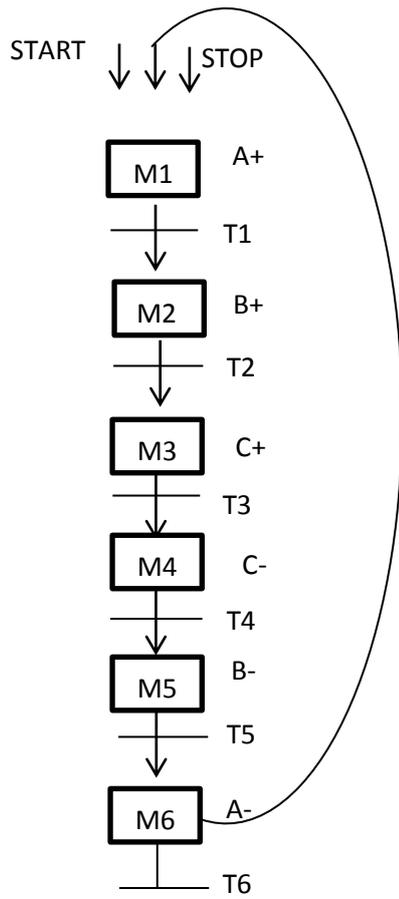
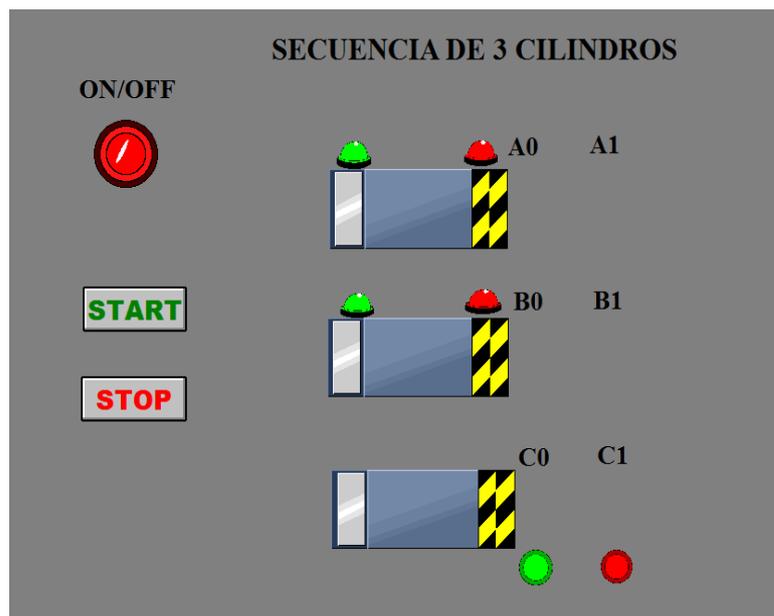


Figura VII. 134.- Grafcet (Práctica 5 electropneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



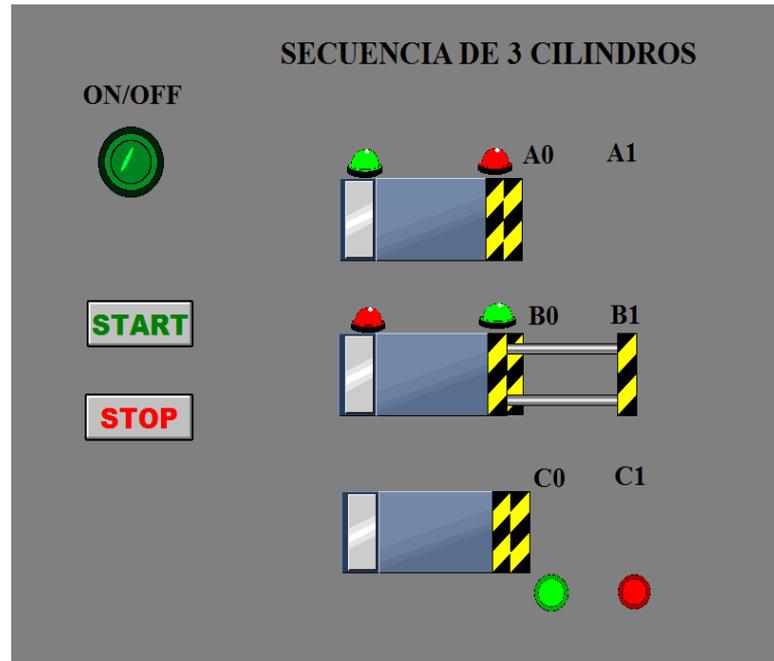


Figura VII. 135.- Pantalla de monitoreo (Práctica 5 electroneumática)

Montaje del circuito

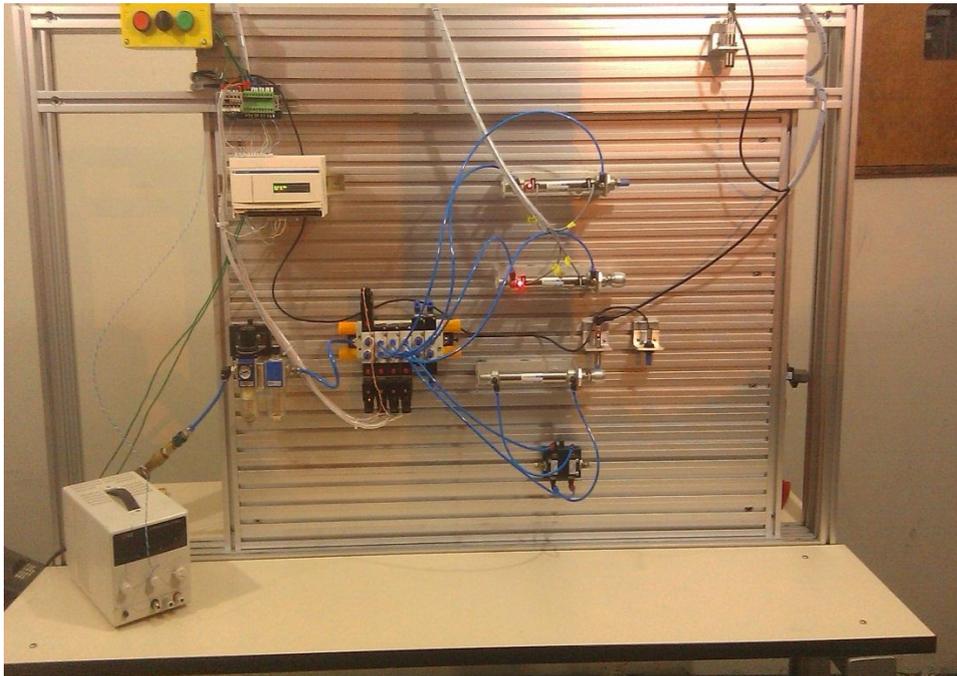


Figura VII. 136.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 5)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- Se activación del sensor inductivo cuando detecta algún material de tipo metálico.
- Con el manómetro variamos la presión según la necesidad para la práctica.
- Se identificar bien los terminales de conexión de los sensores para que trabaje de una forma adecuada.
- Al ser un sensor magnético como un switch requiere trabajar con protecciones, por trabajar con corrientes bajas.

7.1.15. PRACTICA #6

Título

SECUENCIA DE TRES CILINDROS A+A-B+B-C+C-

Objetivos

General

- Programar la secuencia A+A-B+B-C+C- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia A+A-B+B-C+C- con una variación de tiempo de 3 segundos.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice la secuencia A+A-B+B-C+C-.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

1 Sensor inductivo

1 Sensor capacitivo

3 Cilindros de doble efecto

3 Electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia A+A-B+B-C+C-, programado en el software Twidosuite con una variación de tiempo de 3 segundos, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar a los tres cilindro de doble efecto que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia

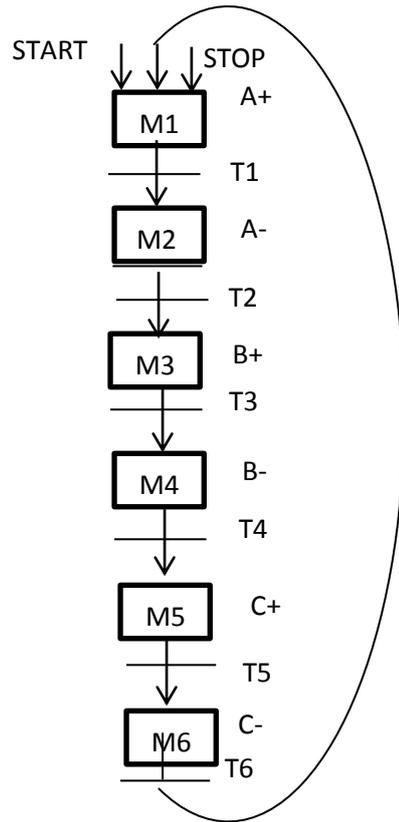
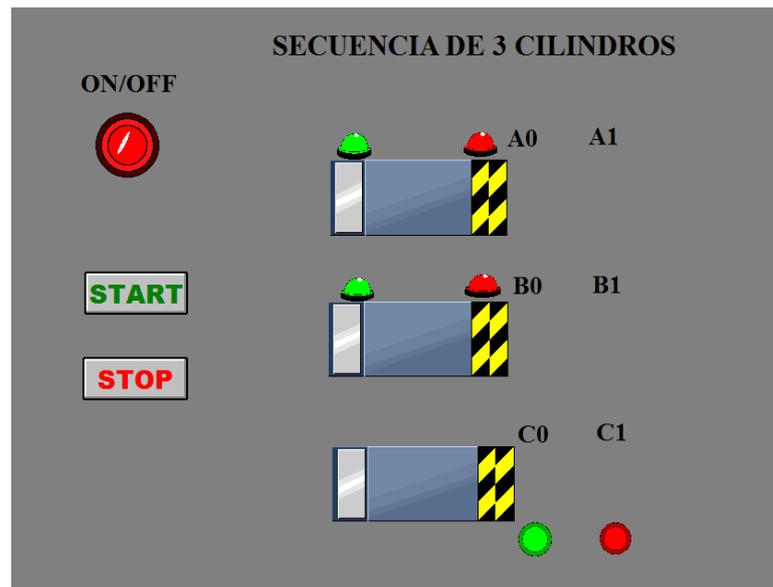


Figura VII. 137.- Grafset (Práctica 6 electropneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



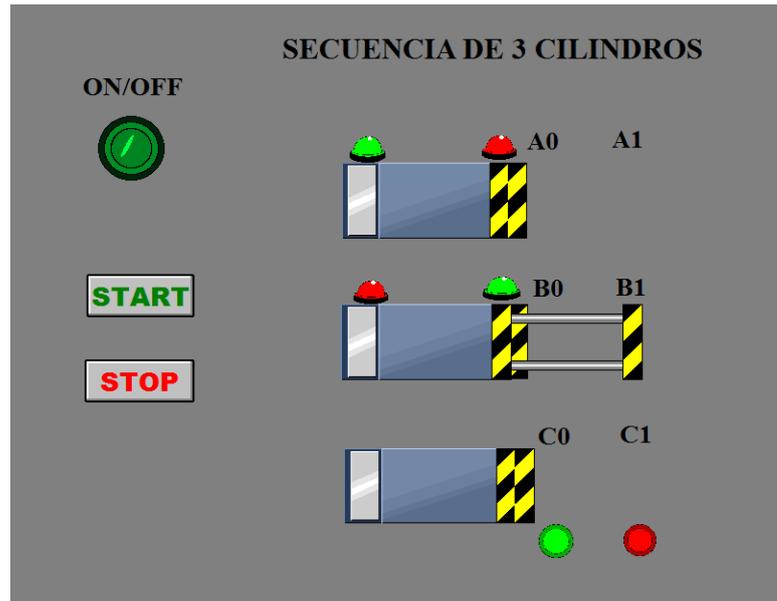


Figura VII. 138.- Pantalla de monitoreo (Práctica 6 electroneumática)

Montaje del circuito

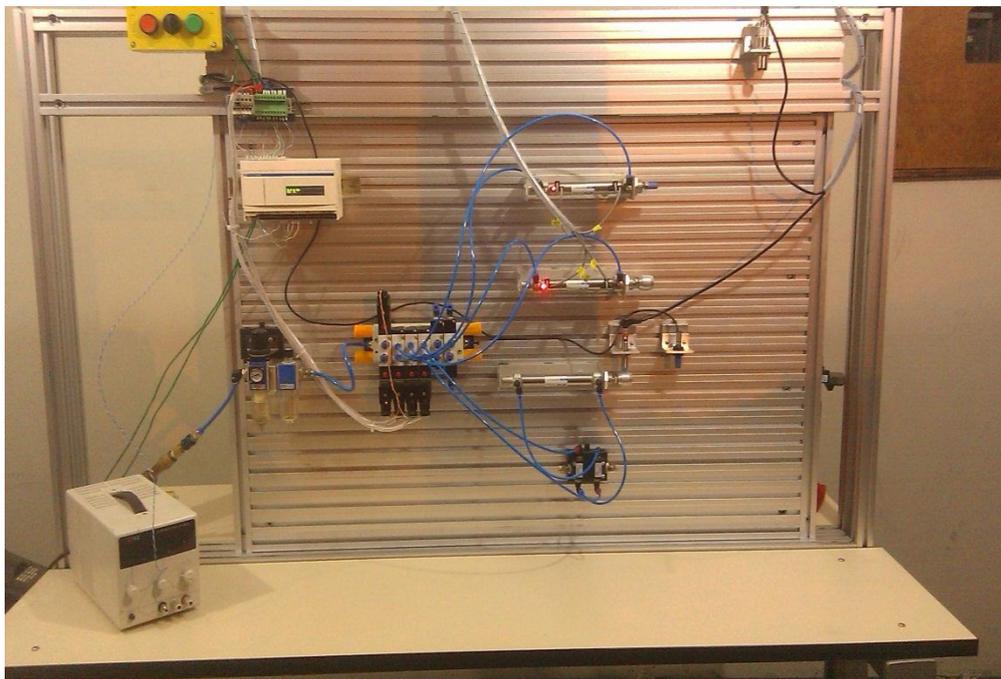


Figura VII. 139.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 6)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- La secuencia generada es sencilla y puede utilizarse para clasificado de cajas o para control de calidad.
- Ajustar los terminales de los sensores para evitar fallas en el monitoreo del proceso de secuencia.
- Se debe establecer bien direccionamiento de memorias porque en el software de monitoreo no puede presentarse lo que uno requiere.
- Que el sensor inductivo tiene un campo de acción de bajo debido a sus características básicas.

7.1.16. PRACTICA #7

Título

SECUENCIA DE TRES CILINDROS C+B+A+C-B-A-

Objetivos

General

- Programar la secuencia C+B+A+C-B-A- y monitorear en el software Lookout.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere la secuencia C+B+A+C-B-A- con una variación de tiempo de 3 segundos.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice la secuencia C+B+A+C-B-A-.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

1 Sensor inductivo

1 Sensor capacitivo

3 Cilindros de doble efecto

3 Electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Con dos pulsadores eléctricos, accionamos y detenemos la secuencia C+B+A+C-B-A-, programado en el software Twidosuite con una variación de tiempo de 3 segundos, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar a los tres cilindro de doble efecto que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

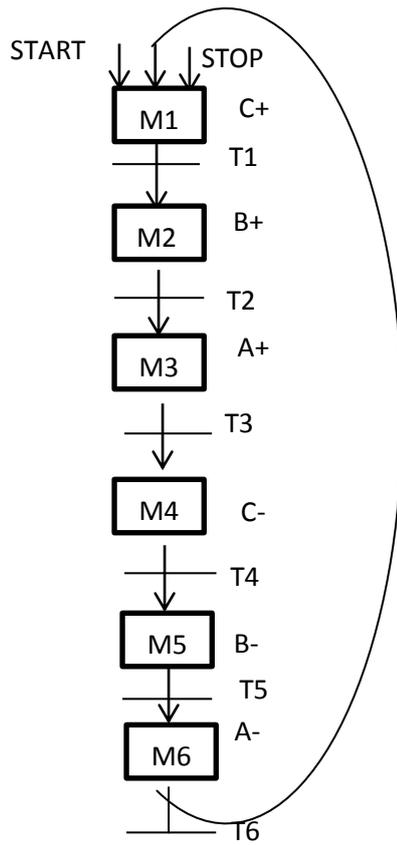
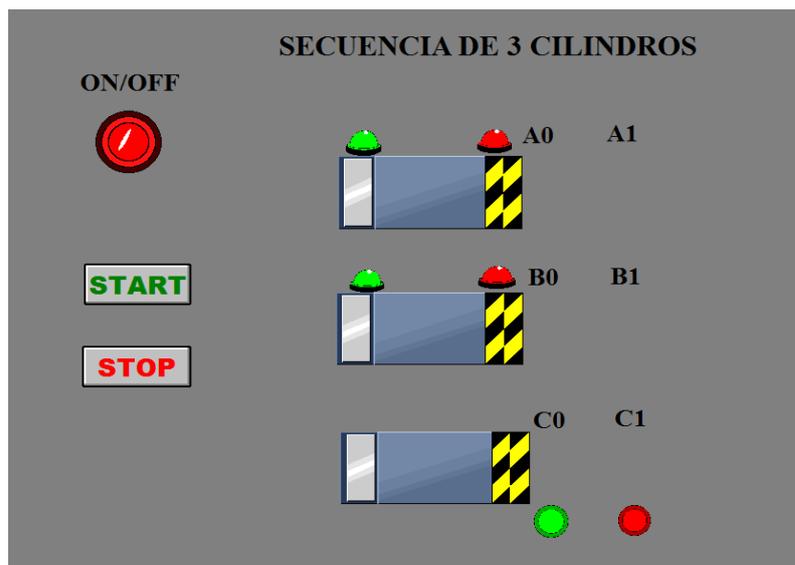


Figura VII. 140.- Grafset (Práctica 7 electropneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



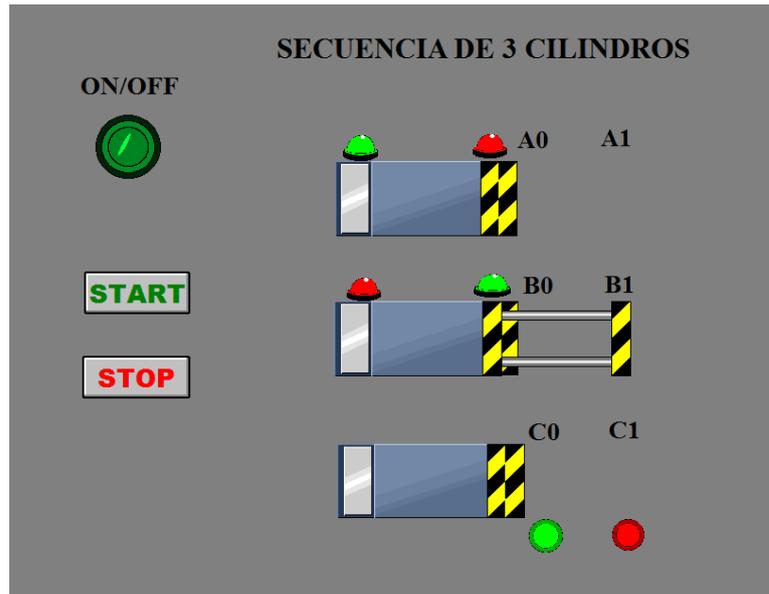


Figura VII. 141.- Pantalla de monitoreo (Práctica 7 electroneumática)

Montaje del circuito

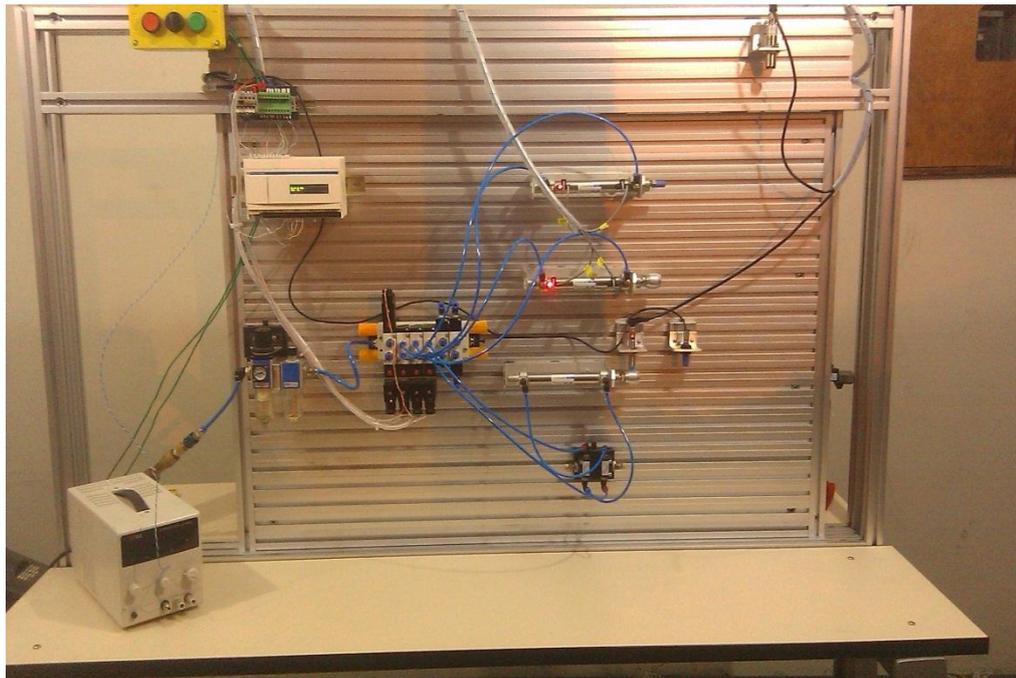


Figura VII. 142.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 7)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Conclusiones

- Ajustar los terminales de los sensores para evitar fallas en el monitoreo del proceso de secuencia.
- Con el cambio de accionamiento de memorias varia la secuencia de accionamiento de las electroválvulas.
- Para establecer la comunicación entre el Lookout y el PLC tenemos que detener la conexión con el Twidosuite.
- Tenemos que puentear los comunes de las salidas del PLC al negativo de la fuente de alimentación para poder accionar las electroválvula con la señal que genera el PLC.

Banco de preguntas de las practicas secuenciales 2 hasta la 8.

¿Qué es un Grafcet?

Es un diagrama funcional que describe los procesos a automatizar, teniendo en cuenta las acciones a realizar y los procesos intermedios que provocan estas acciones.

¿Cómo creamos un pushbutton?

Object-----Create-----Display-----Pushbutton

¿Cómo realizamos el direccionamiento de un pushbutton?

Object-----Creat-----EditConections-----Modbus1-----Select-----memoria-----
Pusbutton-----Accept.

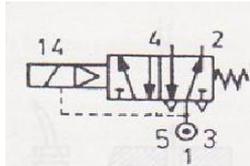
¿Para qué se usan temporizadores?

Permiten controlar el tiempo en que cambia de estado de la secuencia.

¿Defina que es un sensor?

Un sensor o captador, es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea capaz de ser cuantificada.

¿Grafique el símbolo de una electroválvula de 5/2 con retorno de muelle?



¿Qué instrucción debemos agregar para animar un gráfico en el software Lookout?

En el animador en animación pulsamos Rate (cells/sec)

Cell/rate =Nif (memoria, velocidad, posición)

¿Cuál es la tarea de un PLC?

La tarea de un PLC involucra la conexión de señales de entrada y si la lógica de la programación es verdadera enciende las correspondientes señales de salida para la activación de componentes.

¿Cuál es el rango de activación de la bobina de la electroválvula monoestable 5/2?

21.6 a 26.4

¿Qué tipo de control realiza el pulsador de parada?

El accionamiento que realiza el pulsador eléctrico de parada o el pulsador de stop de Lookout es detener la secuencia o proceso.

¿Estructura básica de un PLC?

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada

- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos

7.1.17. PRACTICA # 8

Título

PROCESO DE LAVADO

Objetivos

General

- Programar el proceso de lavado con detección de sensores ópticos de barrera y retroreflectivo.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere el proceso de lavado en el que accione al cilindro neumático como banda y a la bomba neumática para que genere la presión de agua.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que se va a monitorear el proceso de lavado.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF.
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

1 Sensor óptico retroreflectivo

1 Sensor óptico de barrera receptor emisor

1 Cilindros de doble efecto

2 Electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

1 computador

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Para iniciar el proceso de lavado se requiere activar el botón de inicio (Start) y para detener el proceso el botón de parada, programado en el software Twidosuite en el momento que detecte el sensor óptico barrera activa la banda en esta práctica por no contar con la banda transportadora se simulara con un cilindro de doble efecto, empezando trasladándose el auto el momento que detecta el sensor óptico retroreflectivo se activa la bomba neumática, este proceso se repite cada vez que detecte el sensor de barrera, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar al cilindro de doble efecto y a la bomba neumática que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Graf set en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

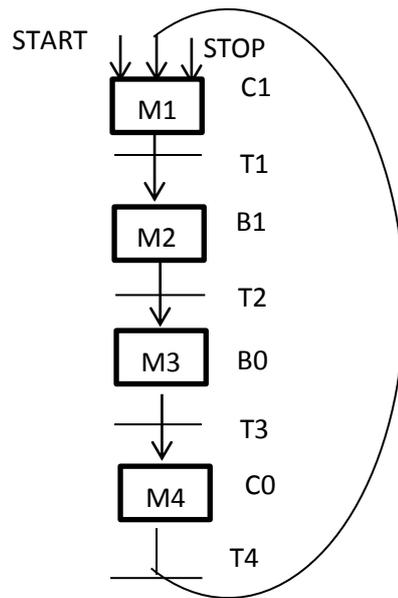
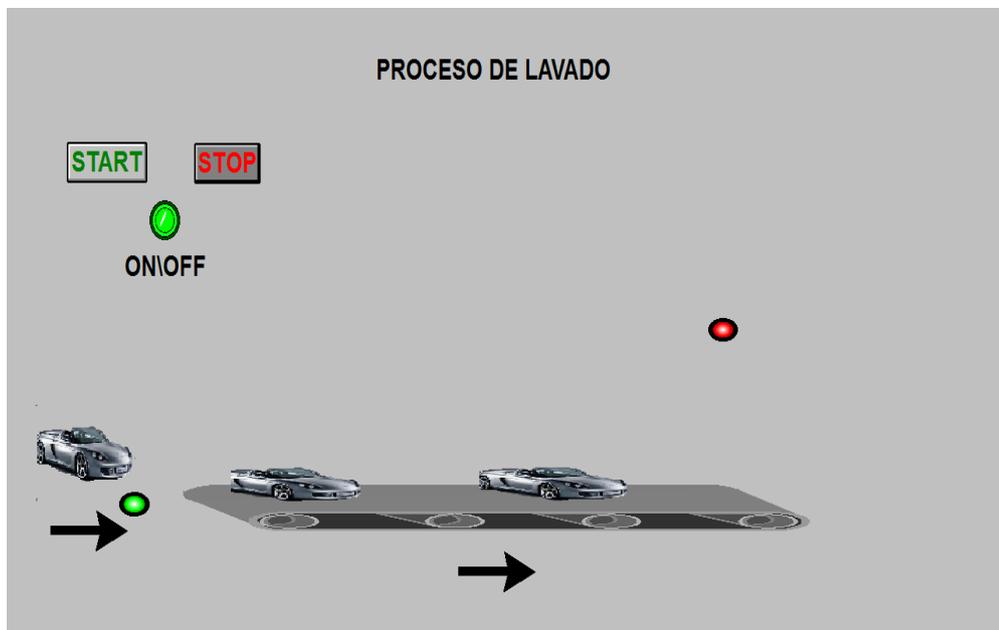


Figura VII. 143.- Grafcet (Práctica 8 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo del proceso de lavado.



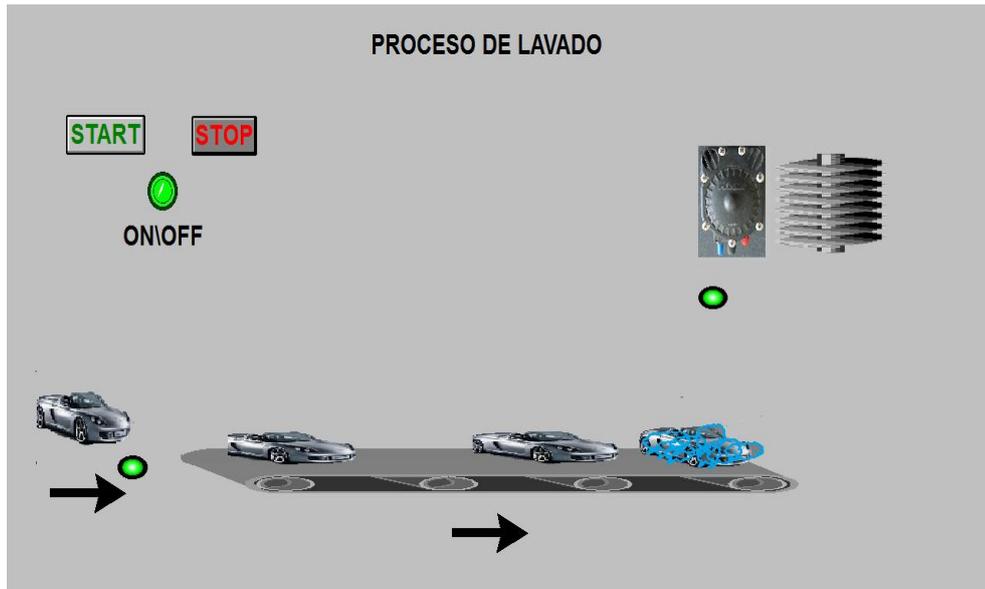


Figura VII. 144.- Pantalla de monitoreo (Práctica 8 electroneumática)

Montaje del circuito

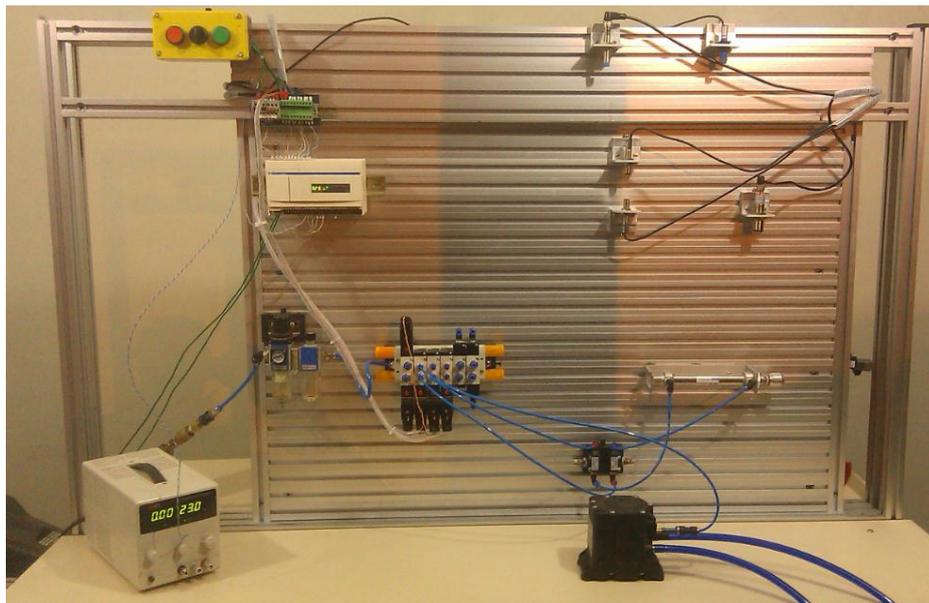


Figura VII. 145.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 8)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Cuestionario

¿Qué es un sensor óptico?

Son dispositivos que detectan señales para actuar en un determinado proceso u operación, teniendo las siguientes características:

- Son dispositivos que actúan por inducción al acercarlos un objeto.
- No requieren contacto directo con el material a censar.
- Son los más comunes y utilizados en la industria.
- Se encuentran encapsulados en plástico para proveer una mayor facilidad de montaje y protección ante posibles golpes.

¿En la práctica que función cumple el sensor retroreflectivo?

El momento que detecta el sensor óptico activa la electroválvula monoestable de 5/2 la cual deja pasar el flujo de aire a la bomba neumática e inicia la expulsión del fluido líquido a una mayor presión.

¿Qué condición debe cumplir para iniciar el proceso de lavado?

Además de activar el botón de inicio (Start) se requiere que el sensor óptico de barrera se active e inicia el proceso de lavado.

¿Qué tiempo esta activada la electroválvula monoestable 5/2 que activa la bomba neumática?

La bomba permanece activa siempre y cuando se active el sensor retroreflectivo

Conclusiones

- Que nuestro sensor de barrera tiene una distancia de censado de 5 metros.
- Que la bomba neumática se activa siempre y cuando inicie el accionamiento de la banda y detecte el sensor óptico retroreflectivo.
- Para que el liquido de la bomba neumática genere espuma se debe utilizar jabón líquido.
- El proceso de lavado es secuencial eso quiere decir que es repetitivo siempre y cuando se active el sensor retroreflectivo.

7.1.18. PRACTICA #9

Título

PROCESO DE ESTAMPADO

Objetivos

General

- Programar el proceso de lavado con detección de sensores ópticos retroreflectivo.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere el proceso de estampado.
- Crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice el proceso de estampado.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

1 Sensor óptico retroreflectivo.

1 Sensor inductivo

1 Sensor capacitivo

3 cilindros de doble efecto

3 electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Para iniciar el proceso de estampado se requiere activar el botón de inicio (Start) y para detener el proceso el botón de parada, programado en el software Twidosuite en el momento que detecte el objeto con el sensor retroreflectivo, en el momento acciona a dos cilindro que van a sostener el objeto mientras que un tercer cilindro procede hacer el estampado repitiéndose el proceso solo cuando se detecte al sensor antes mencionado, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar al cilindro de doble efecto y a la bomba neumática que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Grafcet en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

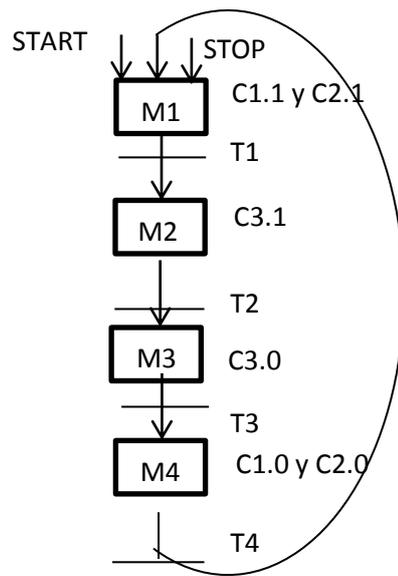
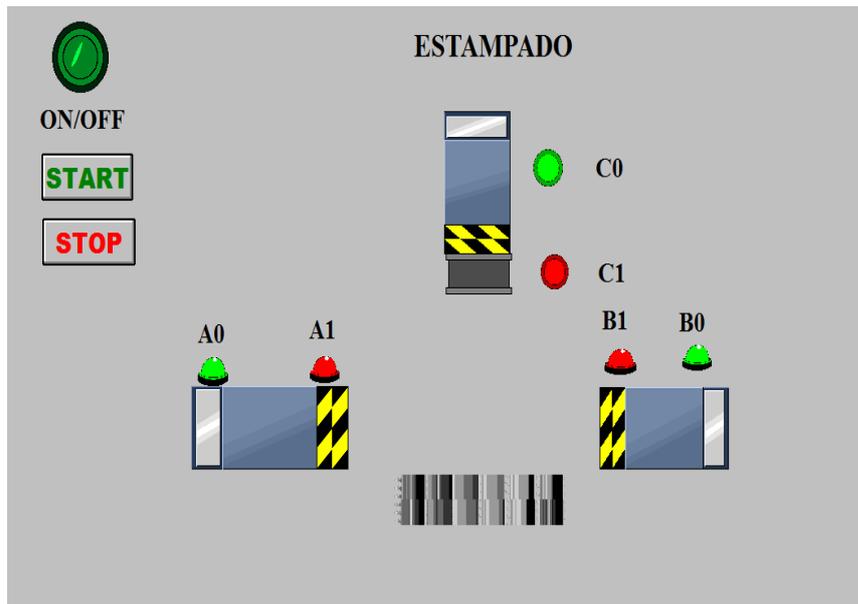


Figura VII. 146.- Grafcet (Práctica 9 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



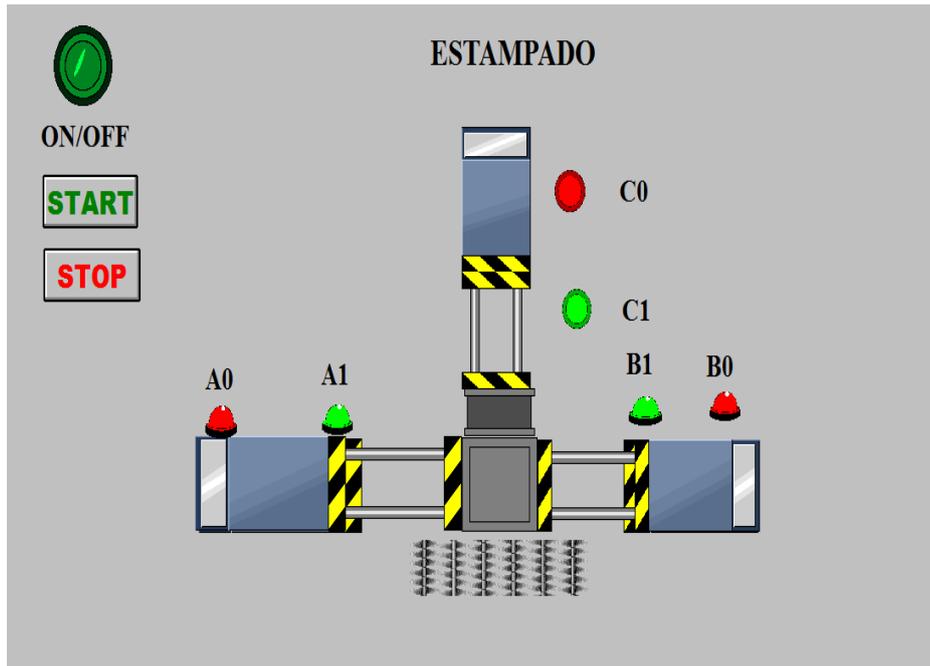


Figura VII. 147.- Pantalla de monitoreo (Práctica 9 electroneumática)

Montaje del circuito

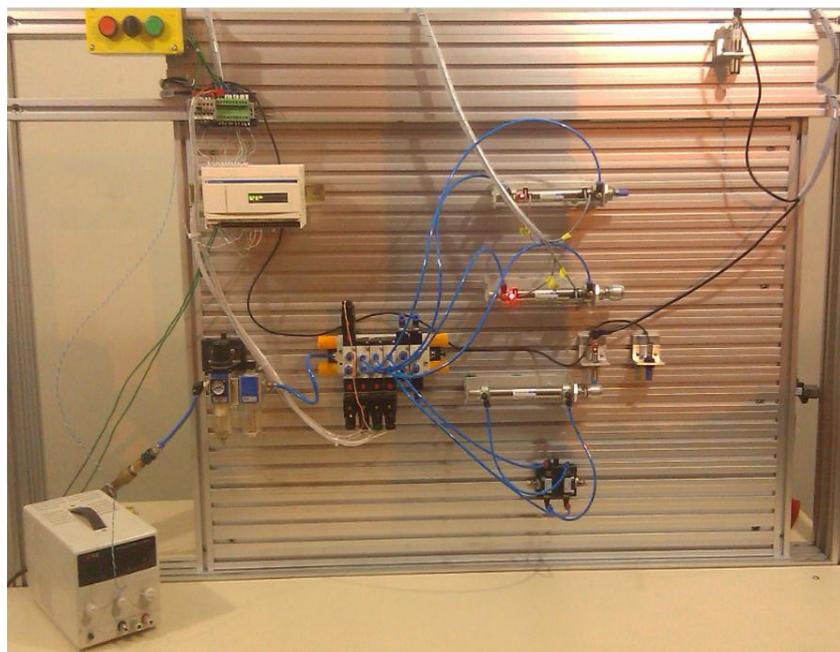


Figura VII. 148.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 9)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Cuestionario

¿Qué función realiza el cilindro A y B en la práctica?

Cuando detecta el objeto estos cilindros tienen la función de prensa, sosteniendo el objeto siempre que se encuentre activado el sensor retroreflectivo.

¿Cómo inicia el proceso de estampado?

La activación del estampado inicia cuando detecta el objeto a estampar por medio del sensor óptico retroreflectivo.

¿En un proceso de estampado en una banda transportadora como debe activarse este?

Debe iniciar a moverse la banda cuando active el botón de inicio (Start) y detenerse la banda cuando detecte el objeto a estampar, después de estar estampado debe moverse la banda así el proceso se repite cada vez que detecte el objeto.

¿Para qué asignamos memorias a las entradas de las señales de los sensores?

Para que en el monitoreo en el software Lookout podamos llamar a estas memorias más una y así monitorear el proceso en tiempo real.

Conclusiones

- El proceso de estampado es repetitivo eso quiere decir que mientras no se active el pulsador de stop continúa estampado siempre y cuando detecte el objeto.
- Con la variación del temporizador en el programa Twidosuite controlamos el tiempo en que el vástago del tercer cilindro sale y retorna a su posición inicial.
- La activación del cilindro A y B debe ser precisa y en el mismo tiempo para que el objeto no varíe su posición.

7.1.19. PRACTICA #10

Título

PROCESO DE ATORNILLADO

Objetivos

General

- Programar el proceso de atornillado con detección de sensores ópticos refractivo.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere el proceso de atornillado.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice el proceso de atornillado.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direcccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensor magnético

1 Sensor óptico retroreflectivo

1 Sensor inductivo

1 Sensor capacitivo

3 cilindros de doble efecto

3 electroválvulas de 5/2 con retorno por muelle

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Para iniciar el proceso de estampado se requiere activar el botón de inicio (Start) y para detener el proceso el botón de parada, programado en el software Twidosuite el proceso de atornillado inicia cuando detecta el objeto con el sensor refractivo, en el momento acciona a dos cilindro que van a sostener el objeto mientras que un tercer cilindro procede hacer el atornillado, repitiéndose el proceso solo cuando se detecte al sensor antes mencionado, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar los cilindro de doble efecto que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Graf set en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

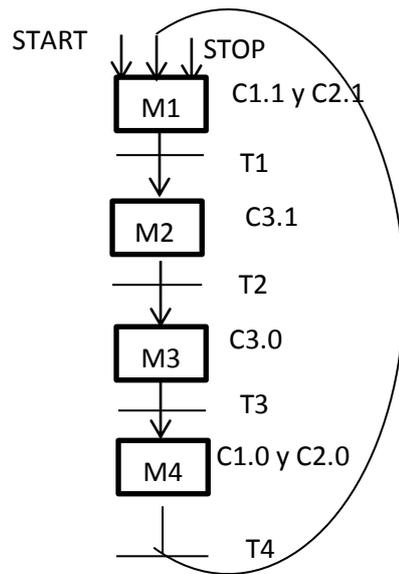
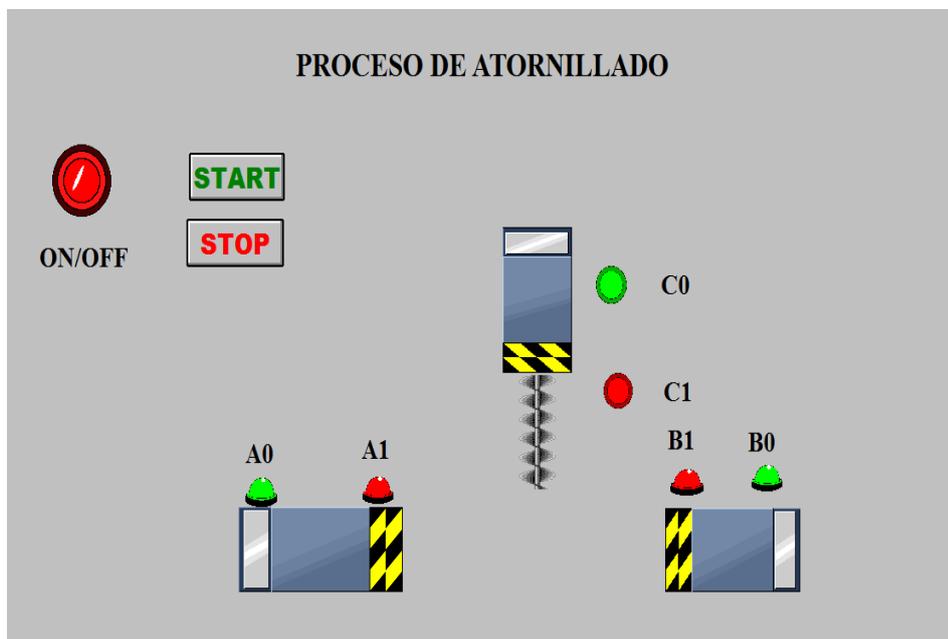


Figura VII. 149.- Grafcet (Práctica 10 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



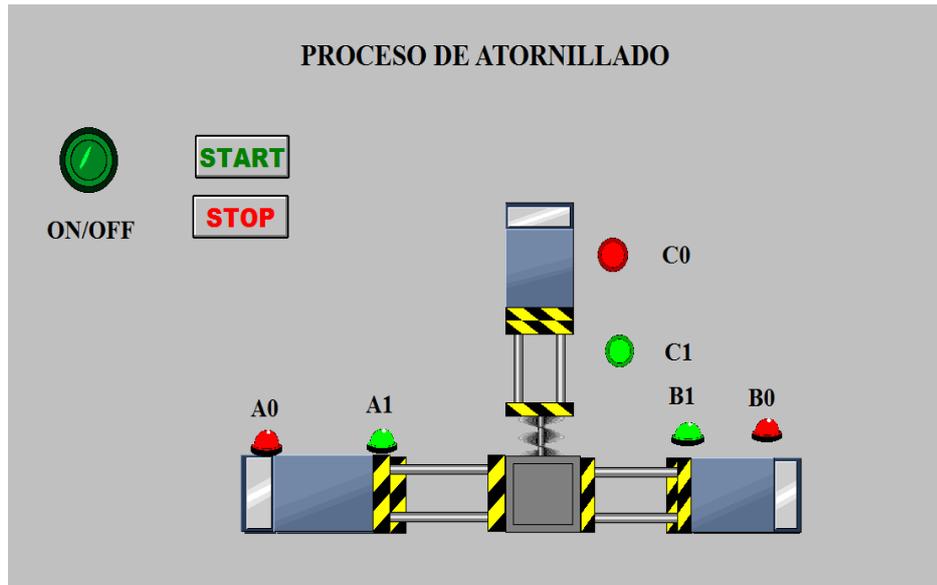


Figura VII. 150.- Pantalla de monitoreo (Práctica 10 electroneumática)

Montaje del circuito

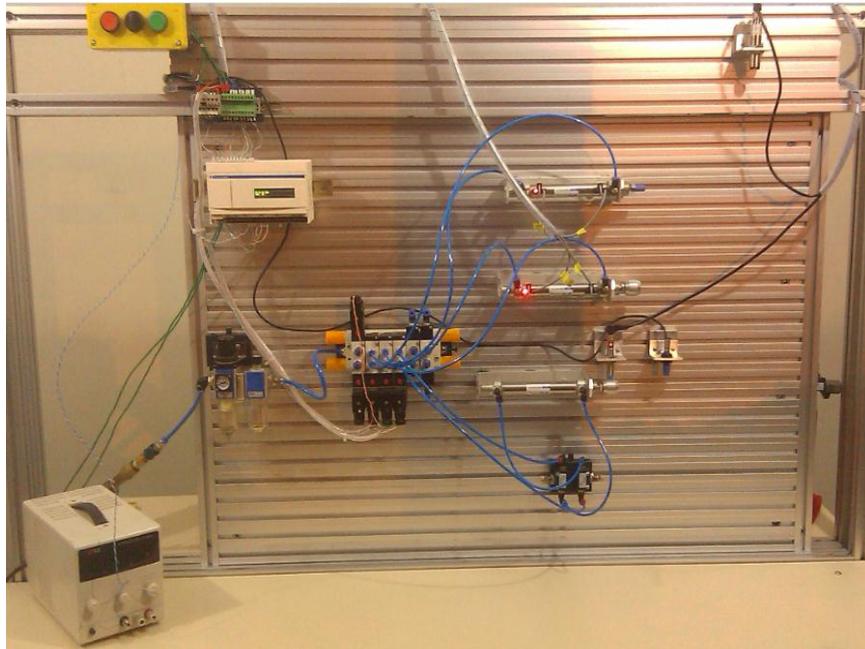


Figura VII. 151.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 10)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Cuestionario

¿Qué asignación se le realiza para que visualice la animación del taladro en el software Lookout?

Nif (16,30,0) fila 1, columna 6

¿Describa el proceso de funcionamiento del PLC?



¿Qué debemos hacer para controlar el encendido y apagado del proceso desde el software Lookout?

Conectar una memoria en paralelo al botón de inicio (Start) y una memoria en serie a la de parada (stop), direccionamos en el software Lookout a las memorias, conectadas anteriormente.

¿Qué característica tienen los sensores magnéticos?

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas.

Conclusiones

- Que el sensor retroreflectivo detecta el objeto a 30 cm.
- Que requiere estar montado en el cilindro C para detecte y que pueda ejecutar el atornillado ya montado en un proceso industrial.
- Que el proceso solo se acciona cuando detecte el objeto a atornillar.
- Que no se puede tener un control de qué tipo de material va hacer atornillado por las características de nuestro sensor.

7.1.20. PRACTICA #11

Título

PROCESO DE TRASLADO

Objetivos

General

- Programar el proceso de traslado con detección del sensor óptico retroreflectivo.

Específico

- Crear un programa en software Twidosuite en el que genere el proceso de traslado.
- Proceder a crear un panel de presentación en el software Lookout en el que visualice el proceso de traslado.
- Establecer la comunicación entre el software Lookout y el PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF
- Direccionar las animaciones pertenecientes a los sensores que controlan el monitoreo.

Lista de Elementos

4 Sensores magnéticos

1 Sensor óptico retroreflectivo.

2 Cilindros de doble efecto

2 Electroválvulas monoestables de 5/2 con retorno muelle

1 Electroválvula de 5/2, doble bonina

1 ventosa

Manguera neumática

Hardware

1 Computador

1 PLC Twido modelo TWDLCAE40DRF

Software

Twidosuite

Lookout

Descripción

Para iniciar el proceso de traslado se requiere activar el botón de inicio (Start) y para detener el proceso el botón de parada, programado en el software Twidosuite, inicia el proceso cuando detecta el objeto con el sensor retroreflectivo, en el momento acciona al cilindro B sale el vástago se activa la ventosa, entra el vástago del cilindro B, sale el vástago del cilindro A, sale el vástago del cilindro B se desactiva la ventosa, entra el cilindro B y el cilindro A, repitiéndose el proceso solo cuando se detecte al sensor antes mencionado, direccionamos las señales de sensores a las entradas del PLC, las salidas del PLC conectar a las electroválvulas para activar los cilindro de doble efecto y la ventosa que utilizamos en la práctica.

Esquema del programa

Programar el siguiente Graf set en el software Twidosuite y asignar las memorias a las salidas del PLC las cuales accionaran a las electroválvulas.

Asignar memoria para los botones de encendido y apagado para la secuencia.

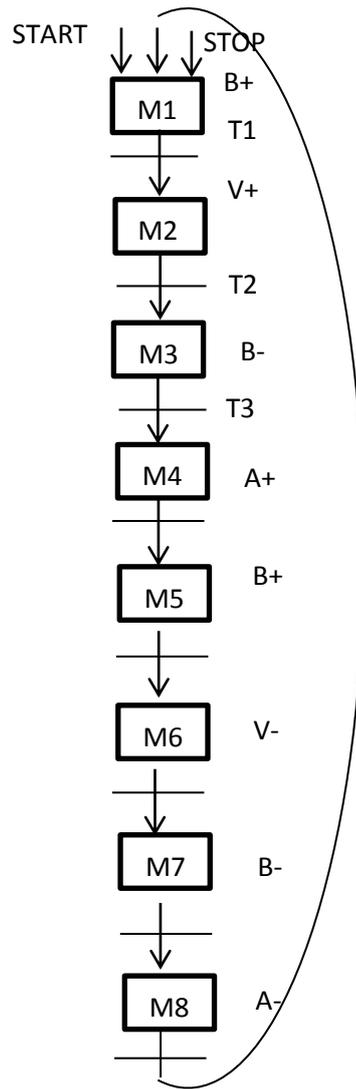


Figura VII. 152.- Grafcet (Práctica 11 electroneumática)

Creación del panel de presentación para el monitoreo



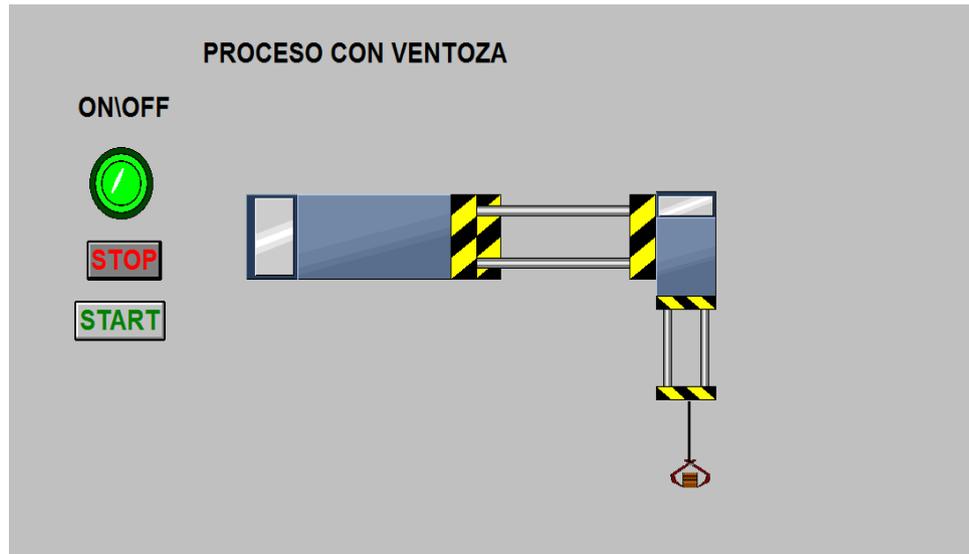


Figura VII. 153.- Pantalla de monitoreo (Práctica 11 electroneumática)

Montaje del circuito

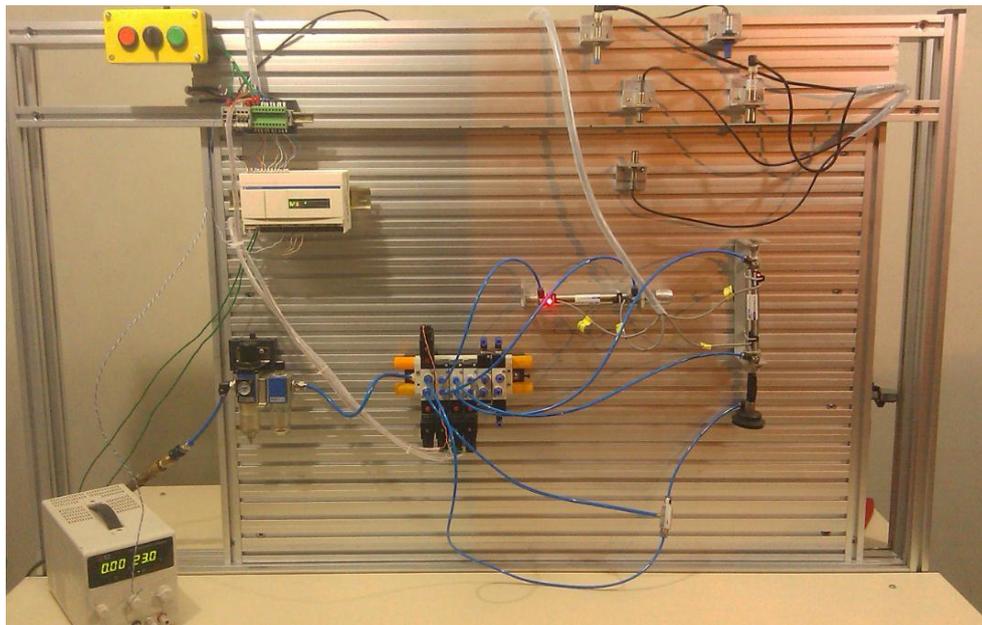


Figura VII. 154.- Montaje del circuito electroneumático (Práctica 11)

Direccionamiento de memoria en el software Lookout

Crear el tipo de comunicación, en la práctica se utiliza el puerto serial.

El direccionamiento de memorias en el software Lookout debe ser una más que la asignación que se lo realiza en el software Twidosuite.

Cuestionario

¿Para qué proceso industrial puede aplicarse esta práctica?

Para el traslado o paleo de material con superficie plana y sólida.

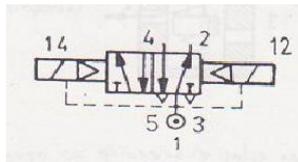
¿Cómo trabaja una ventosa?

Al ser oprimida a una superficie lisa, se produce el vacío, con lo cual queda adherida a dicha superficie.

¿Cuándo se genera vacío?

Cuando el aire comprimido es forzado a pasar por una boquilla cónica, se produce un aumento de velocidad y una caída de presión.

¿Grafique el símbolo de una electroválvula 5/2 de doble bobina?



Conclusiones

- El traslado del objeto se lo realiza en dos coordenadas X y Y al ser un movimiento lineal.
- Para el monitoreo de las animaciones en el software requiere asignaciones de memoria combinadas para visualizar el accionamiento del proceso.
- Para controlar el accionamiento de la ventosa utilizamos la electroválvula de 5/2 de doble bobina ya que este necesita estar activada hasta que traslade al otro lado el objeto.
- Con el proceso de traslado se requiere una presión entre los 6 y 8 bares para su óptimo desempeño.

7.2 Análisis de aceptación del Módulo

Para comprobar la hipótesis se recurrió a realizar una encuesta a 30 personas entre docentes y estudiantes de Octavo semestre de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, siendo los más indicados puesto que en estos niveles se aborda cátedras relacionadas con Neumática y Electroneumática, obteniendo los siguientes resultados;

7.2.1. Tabulación de Datos

Primera Pregunta:

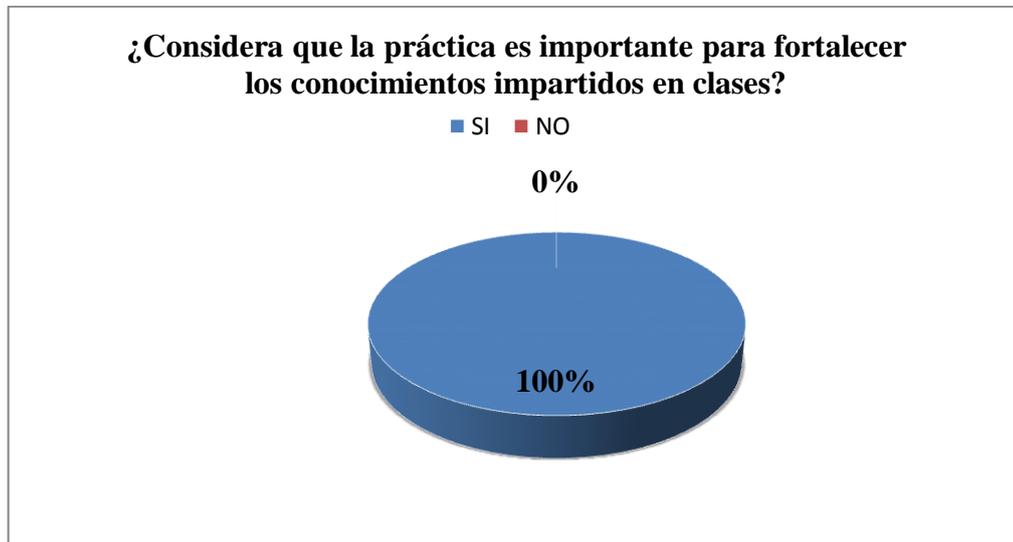


Figura VII. 155.- Tabulación pregunta 1

El resultado refleja que el 100% de las personas participantes considera que la práctica es muy importante porque pueden visualizar los elementos de una manera real además de asimilar de una mejor manera los conocimientos, adquiriendo una mejor perspectiva para posteriormente enfrentarse al campo industrial.

Segunda Pregunta:

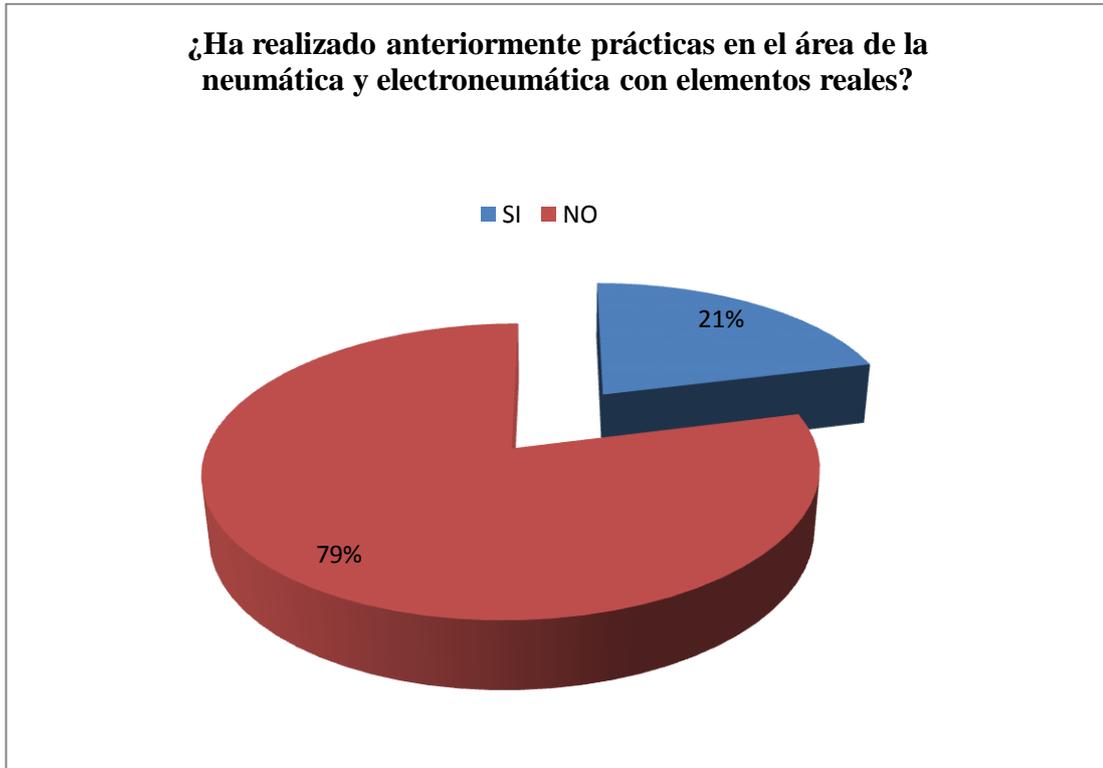


Figura VII. 156.- Tabulación pregunta 2

El 79% de los participantes, es decir 24 personas no han realizado anteriormente prácticas en el área de la neumática con elementos reales, y apenas el 21%, es decir 6 personas si han tenido la oportunidad de realizar prácticas.

Tercera Pregunta:

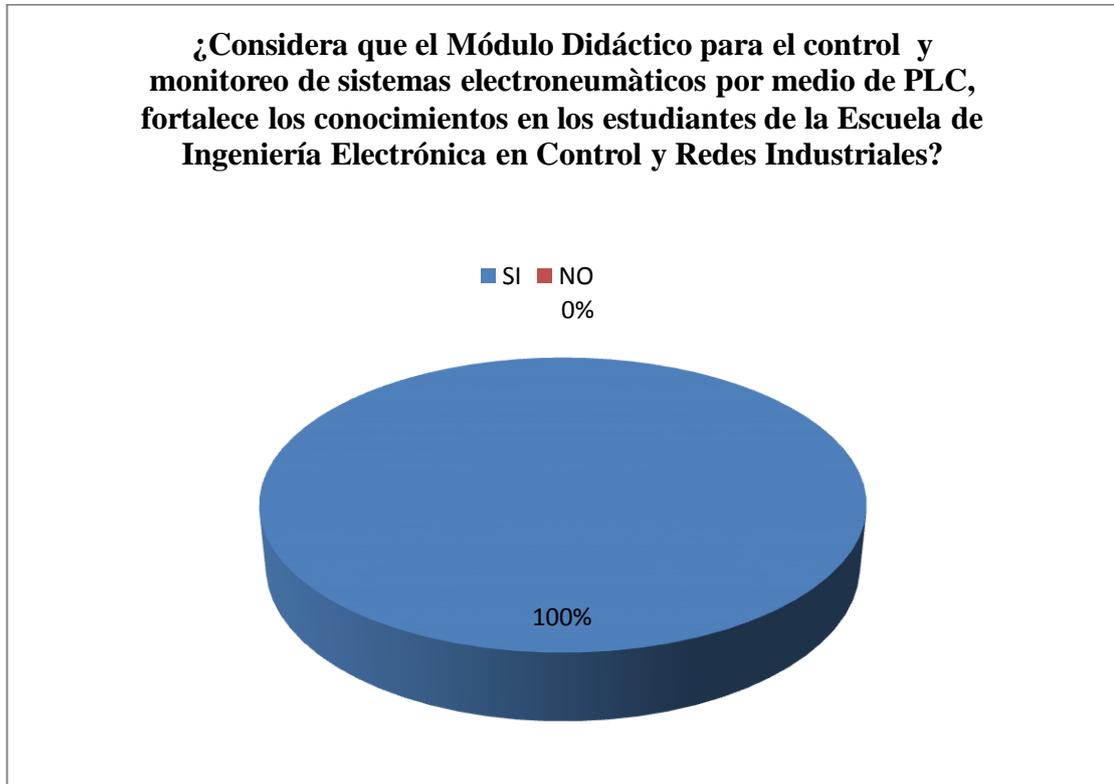


Figura VII. 157.- Tabulación pregunta 3

El 100% de los participantes consideran que el Módulo Didáctico para el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos por medio de PLC fortalece los conocimientos en los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales puesto que consideran que de esta manera tienen a la disposición elementos reales para reforzar los conocimientos teóricos.

Cuarta Pregunta:

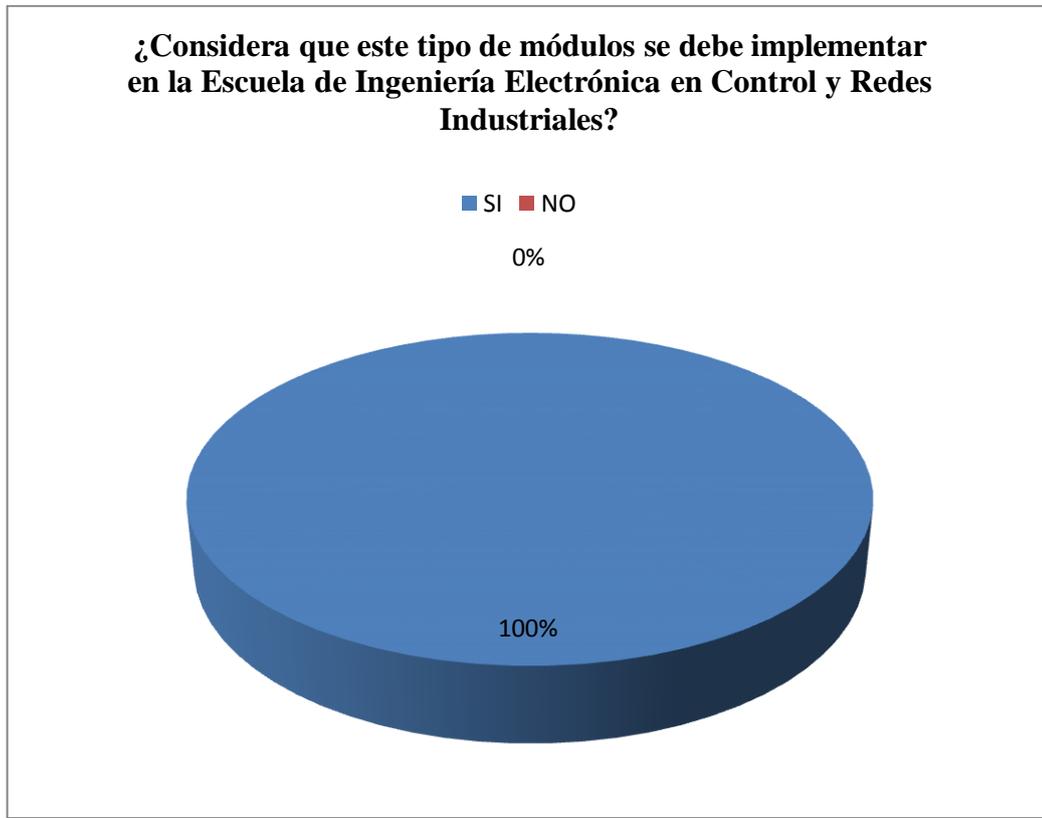


Figura VII. 158.- Tabulación pregunta 4

El 100% de los participantes consideran que este tipo de módulos se debería implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales.

7.2.2. Análisis de los Resultados

Mediante las encuestas realizadas y los datos tabulados obtenidos se determinó la aceptación del Módulo Didáctico para el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos por medio de plc que fortalece el proceso de enseñanza aprendizaje en la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la ESPOCH

CONCLUSIONES

1. El diseño e implementación de un módulo didáctico para el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos por medio de plc fortalecerá los conocimientos de los estudiantes de la Escuela de Electrónica Control y Redes Industriales en las áreas de neumática, electroneumática, automatización, sensores.
2. La construcción del tablero didáctico es de un material aluminio perfilado inoxidable con canales para que las bases robustas que contienen los elementos se puedan colocar de una manera sencilla y didáctica para realizar los diferentes procesos.
3. Mediante el monitoreo de procesos neumáticos en el software Lookout el operador puede control el accionamiento de actuadores neumáticos, también el encendido y apagado de dichos procesos.
4. Las diferentes prácticas de neumática presentan una introducción a procesos sencillo de accionamiento, utilizando los diferente elementos neumáticos que contiene el modulo.
5. Con el debido direccionamiento para el monitoreo podemos visualizar animaciones referentes a los elementos neumáticos que poseemos.
6. Con nuestro manual de usuario se describe los materiales que contiene el tablero didáctico así como características principales de cada elemento neumático y sensores.
7. El manual de prácticas presenta ejercicios de neumática básica y procesos industriales de control por medio de PLC y monitoreo en tiempo real de procesos neumáticos en el software Lookout.

RECOMENDACIONES

1. Leer el manual de usuario para conocer los elementos neumáticos, electroneumáticos y sensorios que contiene el tablero didáctico.
2. Regular el manómetro de la unidad de mantenimiento entre los 60 y 80 psi para un adecuado funcionamiento de los elementos de mando neumáticos.
3. Purgar la unidad de mantenimiento en cada práctica para mantenerla libre de contaminantes.
4. Direccional de una manera clara las memorias de asignación de sensores para el control en el monitoreo de procesos.
5. Simular los ejercicios de neumática en el software (FestoFluisdim) para ver las fallas que pueden presentarse en la simulación y no cometerlos en la práctica con los elementos neumáticos.
6. Realizar la conexión de los sensores a las entradas del introductor de señales y comprobar la continuidad entre las mismas y las entradas del PLC, así como la respectiva alimentación de 110 VCA y 24 VDC al PLC.

RESUMEN

Se realizó el diseño y la implementación de un Módulo Didáctico para el control y monitoreo de sistemas electroneumáticos por medio de PLC para la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los métodos aplicados son: inductivo puesto que partimos de la selección en catálogos de componentes acorde a requerimientos establecidos y disponibilidad en el mercado para el desarrollo del módulo y experimental porque se plantearon prácticas de laboratorio, mismas que permiten probar su funcionamiento.

El módulo didáctico está construido en aluminio inoxidable, con canales para colocar las bases robustas sobre las cuales van los elementos electroneumáticos, para hacerlos de fácil uso y manipulación al momento de implementar prácticas básicas de neumática y electroneumática utilizadas en procesos de automatización industrial, que son programados en el software Twidosuite y cargados en el PLC mediante el computador, indicando el monitoreo en tiempo real de dichos procesos con el software Lookout, también se utilizó elementos eléctricos: sensores, pulsadores, relés y fuente de 24 VDC, elementos electroneumáticos: unidad de mantenimiento, electroválvulas, cilindros, válvula AND y OR, distribuidor de aire, conectores y compresor.

Se ha logrado obtener un 100% de aceptación al aplicar encuestas a docentes y estudiantes de la materia de automatización industrial, demostrándose un excelente desempeño del Módulo Didáctico implementado fortaleciéndose el proceso de enseñanza aprendizaje.

Se recomienda al personal de laboratorio de automatización brindar un mantenimiento preventivo periódico.

SUMMARY

Design and Implementation of training module for Control and Monitoring via electro pneumatics system and Programmable Logic Control (PLC) for the School of Electrical Engineering, Control and Industrial Network Polytechnic School of Chimborazo.

This inductive research, that demonstrates how important it is to strengthen the teaching – learning process design and implementation of training module which will aid in system monitoring and control via PLC electro pneumatic. So, we start from the catalogs of components selection according to established requirements and availability labs, allowing them to test operation.

The training module is constructed of stainless aluminum, with channels to place the robust foundations on which are electro elements, to make them easy to use and handling practices when implementing basic pneumatic and electro pneumatic used in industrial automation processes, which are programmed into the software and carfer TwidoSuite in Programmable Logic Control (PLC) using the computer, indicating the real – time monitoring of these processes with the Lookout software was also used electrical items: witches, relays and power 24 voltage direct current electromagnetic, maintenance unit, solenoid valves, cylinders, valve AND, and OR, air distribution, connectors, and compressors.

As a result of this research, it has been possible to get a 100% acceptance by applying into account teachers and students of the Industrial Automation Field, showing an excellent performance of the training module, implementation, reinforcing the learning process in teaching.

Conclusions, recommended for the Laboratory Automation provide periodic preventive maintenance.

GLOSARIO

Accionar.- Hacer que actúe una fuerza, con preferencia para la inversión de una válvula, pudiendo ser esta acción mecánica, eléctrica, neumática o hidráulica.

Acumulador Neumático.- Depósito en el que se almacena aire comprimido hasta una presión máxima que debe estar indicada.

Aire Comprimido.- Aire sometido a una presión superior a la atmosférica.

Bar.- Unidad de presión, igual a 10^5 dinas por cm. Equivale a una presión de 75,007 cm de mercurio (a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a latitud de 45°). $1\text{ atm normal} = 1,01325\text{ bar} = 1013,25\text{ mbar}$; en los mandos neumáticos: sobrepresión $1\text{ atm} = 1\text{ kp/cm}^2 = 0,980665\text{ bar} = 10^5\text{ dinas/cm}^2 = 10^5\text{ N/m}^2$ (Newton/m²)

Caudal.- Volumen de gas o líquido que circula por una sección determinada en una unidad de tiempo.

Cilindro Neumático.- Aparato neumático para transformar la energía del aire comprimido en energía de movimiento.

Codo.- Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Compresor.- Máquina de trabajo para la extracción y compresión de medios gaseosos.

Filtro.- Aparato para la limpieza del aire comprimido de las partículas de suciedad y separación del agua de condensación.

Longitud de la carrera.- Medida (en mm) de la carrera.

Lubricador.- Aporta a los dispositivos neumáticos (cilindros, motores, válvulas, ...) el lubricante necesario para su funcionamiento correcto.

Mando Electroneumático.- Mando combinado que contiene elementos neumáticos y eléctricos.

Manómetro.- Aparato para la medida e indicación de la presión del aire.

Neumática.- Se refiere al estudio del movimiento

Pistón.- Parte móvil en el cilindro que forma un cierre hermético contra la pared interna del tubo del cilindro. Transforma fuerzas de compresión en fuerzas de movimiento (energía estática en energía mecánica).

Presión.- Se define como la cantidad de fuerza aplicada por unidad de superficie.

Presión de trabajo.- Presión a la que trabaja una instalación o aparato neumático.

Presóstato.- Interruptor de presión.

Purga.- Escape al exterior del aire comprimido de los elementos neumáticos. El aire comprimido queda sin presión y asimilado a la presión atmosférica.

Purgador automático de agua.- Funciona automáticamente por una válvula de flotador de vaciado de la condensación y extrae las partículas de suciedad.

Relevador.- Dispositivos accionados electromagnéticamente que resultan muy adecuados para el control automático.

Sensor Fotoeléctrico.- Se usan para detectar la presencia de un objeto opaco al interponerse éste entre el haz luminoso o radiación infrarroja y el dispositivo, o al detectar la luz que refleja el objeto

Silenciador.- Aparato para disminuir el ruido producido por el escape exterior del aire comprimido.

Símbolos.- Representación gráfica simplificada de elementos neumáticos y de otro tipo con inclusión de las funciones, p. ej. al dibujar un esquema.

Sistema Neumático.- Todo aquel sistema que funciona en base a aire comprimido

Tapón.- Son accesorios utilizados para bloquear o impedir el paso o salida de fluidos en un momento determinado. Mayormente son utilizados en líneas de diámetros menores.

Tee.- Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Tubería Neumática.- Enlace flexible para la conducción de un material o de una energía desde la fuente de producción hasta el consumidor.

Unidad de Mantenimiento.- Aparato combinado para filtrar, regular y engrasar el aire comprimido.

Válvula Distribuidora.- Válvulas que determinan la apertura y cierre y las modificaciones en el sentido de la circulación. A la denominación "válvulas de vías" se le antepone el número de vías y el número de las posiciones de maniobra; p. ej., válvula de 3/2 vías, es una válvula con 3 líneas controladas y 2 posiciones de maniobra.

Válvula Electroneumática.- Esta válvula realiza la conversión de energía eléctrica a energía neumática, transmitida a los actuadores o a alguna otra válvula neumática

Válvula Neumática.- Es un elemento de regulación y control de la presión y el caudal del aire a presión.

Válvula Reguladora de Caudal.- Válvula antirretorno con estrangulación para la regulación de la velocidad del pistón de un cilindro de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MARTÍN, Raúl. Neumática Industrial: generalidades, el circuito neumático, aplicaciones industriales”
http://www2.uca.es/dept/ing_industrial/mecanica/Documentacion/San%20Roque%20Ponencia1.pdf [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (2) CONCEPTOS BÁSICOS DE NEUMÁTICA E HIDRÁULICA
<http://www.sapiensman.com/neumatica/> [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (3) NEUMÁTICA
http://www.guillesime.galeon.com/index_archivos/Page736.htm [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (4) COMPRESOR (MÁQUINA)
[http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_\(m%C3%A1quina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Compresor_(m%C3%A1quina)) [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (5) SENA. Neumática básica
<http://es.scribd.com/doc/2741243/Elementos-neumaticos> [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (6) ROURA, Jon. Actuadores
<http://automatastr.galeon.com/a-valvulas.htm> [en línea]
[Consultado: 5 de Agosto del 2011]

- (7) AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
<http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/tratamiento-del-aire-comprimido.html> [en línea]
[Consultado: 10 de Agosto del 2011]

- (8)** SOLOSTOCKS, Colombia. Accesorios neumáticos
<http://www.solostocks.com.co/venta-productos/equipo-industrial/maquinaria-industrial/accesorios-neumaticos-701274> [en línea]
[Consultado: 10 de Agosto del 2011]
- (9)** RS. Acopl. Neumático de unión en T, 4mm
<http://es.rs-online.com/web/search/searchBrowseAction.html?method=getProduct&R=0812077> [en línea]
[Consultado: 10 de Agosto del 2011]
- (10)** ACCESORIOS DE TUBERÍAS
<http://html.rincondelvago.com/accesorios-de-tuberias.html> [en línea]
[Consultado: 10 de Agosto del 2011]
- (11)** QN. Silenciadores neumáticos
http://www.qncomponentes.com/qnci/category.php?id_category=18 [en línea]
[Consultado: 10 de Agosto del 2011]
- (12)** SICONTROL S.L. Racores y accesorios para neumática
<http://www.sicontrol.com/racores.htm> [en línea]
[Consultado: 15 de Agosto del 2011]
- (13)** TOLOCKA, Ernesto. Curso introducción a la neumática
<http://es.scribd.com/doc/35532710/Neumatica-2-Presion-y-Caudal> [en línea]
[Consultado: 15 de Agosto del 2011]
- (14)** SALGADO, Jhon. metrología: comparador de carátula
http://jhonjairo-mecanico.blogspot.com/2010_06_01_archive.html [en línea]
[Consultado: 15 de Agosto del 2011]

- (15)** CHELIC PNEUMATIC EQUIPMENTS, Taiwan. SDX series stainless steel cylinder
<http://www.chelic.com/eng/products/AC/SDX.php> [en línea]
[Consultado: 15 de Agosto del 2011]
- (16)** SRITONG ENGINEERING CO., LTD., China. Pneumatic cylinder -> standard cylinder
<http://www.sritong.co.th/chanto/Wc583f7b829044.htm> [en línea]
[Consultado: 16 de Agosto del 2011]
- (17)** SRITONG ENGINEERING CO., LTD., China. Pneumatic control -> accessories
<http://www.sritong.co.th/chanto/Wc9fd8270d17aa.htm> [en línea]
[Consultado: 16 de Agosto del 2011]
- (18)** PELLACANI. Catálogo digital de Conectores neumáticos
http://www.pellacaniweb.com.ar/catalogo/PDF_CATALOG_CONECTORES-V1.pdf [en línea]
[Consultado: 16 de Agosto del 2011]
- (19)** SRITONG ENGINEERING CO., LTD., China. Pneumatic control -> f.r.l. combination
<http://www.sritong.co.th/chanto/Wcff4ccf4b6085.htm> [en línea]
[Consultado: 16 de Agosto del 2011]