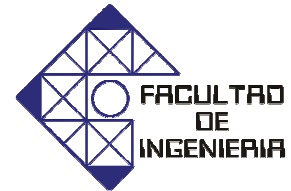




UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



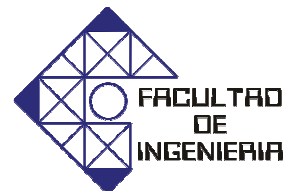
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL EN UN BANCO DE ENSAYO ELECTRO- OLEOHIDRÁULICO

Mendoza P., María F.
Toledo U., Gabriel A.

Naguanagua, 9 de Junio de 2009



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL EN UN BANCO DE ENSAYO ELECTRO-OLEOHIDRÁULICO

Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutor académico:

Nombre del Tutor. *Ing. Luis Escalona.*

Autores:

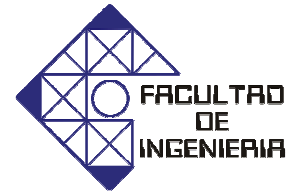
Mendoza P., María F.

Toledo U., Gabriel A.

Naguanagua, 9 de Junio de 2009



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DISEÑO E IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL EN UN BANCO DE ENSAYO ELECTRO- OLEOHIDRAULICO

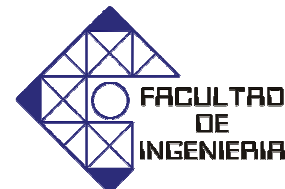
*Trabajo especial de grado presentado ante la Ilustre Universidad de
Carabobo para optar al título de Ingeniero Mecánico*

Mendoza P., María F.
Toledo U., Gabriel A.

Naguanagua, 9 de Junio de 2009



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para examinar la Tesis de Pregrado titulada "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL EN UN BANCO DE ENSAYO ELECTRO-OLEOHIDRÁULICO", presentada por los bachilleres: **Mendoza P. María F.** y **Toledo U., Gabriel A.**, portadores de la Cédula de Identidad N°: **17.067.255** y **17.778.007**, respectivamente; hacemos constar que hemos revisado y aprobado el mencionado trabajo.

Prof. Tutor, *Ing. Luis Escalona*
Presidente del jurado

Prof. Jurado1, *Ing. Adriana Herrera*
Miembro del jurado

Prof. Jurado2, *Ing. Oriana Barrios*
Miembro del jurado

En Naganagua a los 5 días del mes de Junio de 2008

Agradecimientos

Queremos expresar, sin tomar en consideración un orden específico, nuestros más sincero agradecimiento a nuestro tutor, el Profesor Luis Escalona, por sus consejos, guiatuura y sugerencias oportunas durante el desarrollo de este trabajo de investigación. De igual manera agradecemos a los Profesores Lucia, Jesús Romero y el técnico Marcos, quienes en todo momento, durante el desarrollo de la investigación, estuvieron atentos y prestaron toda colaboración, orientación, guiatuura y dirección académica para la realización de este proyecto.

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio del Banco de Ensayos Electro-oleohidráulico presente en el Laboratorio de Automatización Industrial, para el diseño e implementación de los sistemas control de acuerdo a los tipos de tecnologías aplicables al mismo. El análisis de las características y condiciones técnicas del equipo de pruebas así como los módulos para el desarrollo de control lógico programable, permite la realización de montajes que relacionen los elementos oleohidráulicos y electro-oleohidráulicos. Complementando el contenido teórico de la asignatura.

Índice de figuras

2.1 Transformación y distribución de la potencia oleohidráulica	10
2.2 Estructura de un sistema oleohidráulico	12
2.3 Estructura de un sistema electro-oleohidráulico	13
2.4 Ciclo de operación del PLC	16
2.5 Grafcet	21
2.6 Lista de instrucciones	21
2.7 Diagrama de escalera	22
4.1 (a) Elementos básicos de la unidad de fuerza. (b) Representación simbólica de la unidad de fuerza	30
4.2 Unidad de fuerza del banco de ensayos electro-oleohidráulico	30
4.3 Dimensiones y accesorios del depósito	32
4.4 Representación simbólica de una bomba cilindrada fija con una dirección de fluido	32
4.5 (a) Válvula reguladora de presión. (b) Representación simbólica según normas DIN	34
4.6 (a) Estructura interna del manómetro Bourdon. (b) Símbolo de acuerdo normas DIN	34
4.7 Representación simbólica del tornillo regulador de aire	35
4.8 (a) Estructura interna del motor eléctrico. (b) Símbolo representativo del motor eléctrico según Normas DIN	35
4.9 Panel HYD 2001	36
4.10 (a) Panel de control de banco de ensayos electro-oleohidráulico. (b) Representación simbólica de panel de control. (Curso HYD 2300, 1992).	37
4.11 Manómetro del panel de control	38
4.12 (a) Identificación de las partes del Panel HYD 2001. (b) Contenedor de medición	38

4.13 Panel HYD 2110	39
4.14 (a) Partes de un cilindro doble efecto diferencial. (b) Símbolo correspondiente según Normas DIN del cilindro doble efecto	40
4.15 (a) Representación interna de la válvula reguladora de caudal unidireccional. (b) Símbolo según normas DIN de la válvula reguladora de caudal unidireccional con regulación ajustable. (c) Válvula reguladora de caudal unidireccional con regulación ajustable del banco de ensayos	40
4.16 (a) Representación interna de la válvula reguladora de control de flujo variable. (b) Símbolo representativo según Normas DIN. (c) Válvula reguladora de control de flujo variable presente en el banco de ensayos	41
4.17 Panel HYD 2120 de banco de ensayos electro-oleohidráulico	41
4.18 (a) Válvula 3/2 vías y 4/2 vías, monoestables, accionadas por palanca del banco de ensayos. (b) Válvula 4/2 vías de corredera accionada por palanca	42
4.19 (a) Explicación grafica del funcionamiento de la válvula distribuidora 3/2 de corredera. (b) Símbolo representativo según Normas DIN	43
4.20 (a) Explicación grafica de la válvula 4/2 vías de corredera, (Álvarez, 2009). (b) Símbolo representativo según normas DIN	43
4.21 (a) Estructura interna de una válvula 4/3 vías tipo tandem (b) Símbolo representativo de la válvula según Normas DIN. (c) Válvula 4/3 vías tipo tandem perteneciente al banco de ensayos	44
4.22 Panel HYD 2130	44
4.23 Válvula anti-retorno. (a) En paso libre. (b) En paso cerrado. (c) Representación simbolica según Normas DIN, (Barrasco, 1998). (d) Válvula anti-retorno del banco de ensayos electro-oleohidráulico	45
4.24 (a) Válvula anti-retorno pilotada en funcionamiento con paso libre. (b) Válvula anti-retorno pilotada cerrada. (c) Válvula anti-retorno pilotada (Abierta)	46
4.25 (a) Válvula anti-retorno pilotada. (b) Simbolo de la válvula anti-retorno pilotada según Normas DIN	46
4.26 Válvula reguladora de presión ajustable (a) Cerrada; (b) Abierta. (c) Símbolo según las Normas DIN. (d) Válvula reguladora de presión ajustable del banco de ensayo electro-oleohidráulico	47
4.27 (a) Válvula reguladora de caudal de 2 vías, compensada. (b) Símbolo según las Normas DIN, de la válvula reguladora de caudal	48
4.28 Panel HYD 2140	48
4.29 Representación gráfica tubo de 4 mm de diámetro (3 conexiones)	49
4.30 Representación gráfica del tubo de 2 mm de diámetro (2 conexiones)	50
4.31 Tubo de 4 mm de diámetro – con codos de 90° (2 conexiones)	50

4.32 Símbolo representativo de los tubos según lo expone el Curso HYD 2100 (1992)	50
4.33 Panel HYD 2310	51
4.34 Indicadores luminosos del Panel HYD 2310	52
4.35 Representación de un pulsador (a) Normalmente abierto N/O y (b) Normalmente cerrado N/C en los circuitos eléctricos según Normas DIN. Representación de un pulsador (c) Normalmente abierto N/O y (d) Normalmente cerrado N/C en el banco de ensayos	52
4.36 (a) Pulsador de parada de emergencia con dos (2) Contactos asociados, N/O y N/C. (b) Dos (2) pulsadores con cuatro (4) contactos asociados c/u, dos (2) N/O y dos (2) N/C	53
4.37 Señalización sonora del banco de ensayos	53
4.38 (a) Barra de hierro dulce (Núcleo). (b) Elementos constitutivos del electroimán	54
4.39 (a) Partes del relé conmutador. (b) Relé conmutador	54
4.40 (a) Accionamiento del electroiman cuando pasa corriente a través de él. (b) Posición del relé cuando éste esta accionado. (c) Desconexión de la corriente através del electroimán	54
4.41 (a) Relé conmutador de dos polos. Estructura externa (b) e interna (c) del relé presente en el Panel HYD 2320	55
4.42 Cuatro (4) relés conmutadores de dos polos c/u, pertenecientes al Panel HYD 2310 del banco de ensayos	55
4.43 (a) Relés conmutadores de cuatro polos. (b) Relé conmutador de cuatro polos del panel del banco de ensayos	56
4.44 Representación de los interruptores de palanca acortada NO y NC del banco de ensayos	56
4.45 Panel HYD 2320 de banco de ensayos electro-oleohidráulico	57
4.46 Estructura interna de una válvula electro-oleohidráulica 3/2 vías, monoestable. (a) Abierta. (b) Cerrada. (c) Símbolo de la válvula electro-oleohidráulica 3/2 vías, monoestable según Normas DIN	57
4.47 (a) Representación grafica de la estructura interna de la válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica, monoestable, (b) Símbolo representativo de la válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica, monoestable, según las Normas DIN	58
4.48 (a) Válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica equilibrada en su centro. (b) Estructura interna de una válvula 4/3 vías de centro cerrado.	59
4.49 Símbolo representativo de la válvula 4/3 vías electro- oleohidráulica, con centro cerrado según la nomenclatura de las Normas DIN	60
4.50 Panel HYD 2330 del banco de ensayos de electro-oleohidráulica	60
4.51 (a) Configuración electronica del contacto, un (1) polo con dos (2) posiciones. Loria (1994). (b) Estructura fisica del final de los limites de carrera. (c) Representación según Normas DIN de los finales e inicios N/O y N/C de carrera.	61

4.52 (a) Representación gráfica interna del presostato. (b) Símbolo representativo del presostato.	62
4.53 (a) Estructura interna de las tuberías flexibles presurizadas del banco de ensayos. (b) Estructura externa de las tuberías flexibles presurizadas del banco de ensayos.	64
4.54 Acoplamiento de la tuberías flexibles presurizada. (b) Tipo ajuste del acople.	65
4.55 Tubería flexible good year spiraflex SPT 250.	65
4.56 Estado inicial de las tuberías flexibles del banco. (b) Manómetro deteriorado.	66
4.57 Tuberías flexibles nuevas instalas en el banco de ensayos electro-oleohidráulico.	66
4.58 Interconexión de un Micro-PLC S7-200.	70
4.59 PLC SIEMENS. (a) Estructura del CPU 224. (b) Conexiones de entradas y salidas	71
4.60 Descripciones de las operaciones	73
4.61 (a) Representación de los contactos y bobinas en los diferentes lenguajes. (b) Representación de los contadores en los diferentes lenguajes	74
4.62 Representación de los temporizadores en modo SIMATIC e IEC	74
4.63 Comunicación entre PC y GM7U a través del puerto incorporado RS-232C	75
4.64 CPU GM7-DR30U GM7	75
4.65 Conexiones de entradas y salidas para el PLC LG	76
4.66 (a) Diagrama de circuito para la entrada IX0.0.0 y IX0.0.1. (b) Diagrama de circuito para la entrada IX0.0.2	76
4.67 Diagrama de circuito para las salidas	76
4.68 Montaje oleohidráulico utilizando la válvula 4/3 vías con palanca con establecimientos de detención	82
4.69 Montaje oleohidráulico utilizando una válvula 4/2 vías con accionamiento por palanca	84
4.70 Sistema de control electro-oleohidráulico accionado por interruptor (a) y accionado por pulsador (b)	85
4.71 Esquema eléctrico del sistema de control accionado por interruptor (a) (b) por pulsador	85
4.72 Montaje electro-oleohidráulico, regulación de la velocidad de extensión del vástago del cilindro	87
4.73 Esquema eléctrico utilizado para el accionamiento de la Válvula 4/2 vías, electro-oleohidráulica, monoestable	87
4.74 Montaje electro-oleohidráulico para la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro	89
4.75 Esquema eléctrico utilizado en la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del cilindro de doble efecto	89
4.76 Montaje electro-oleohidráulico para la retracción automática del cilindro doble efecto gobernado por una electroválvula 4/2 vías	91

4.77 Esquema eléctrico para la retracción automatizada del vástago de un cilindro oleohidráulico	91
4.78 Montaje electro-oleohidráulico para la retracción de un cilindro de doble efecto gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías	93
4.79 Esquema eléctrico para la retracción automatizada del vástago de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado	93
4.80 Diagrama de pasos, del comportamiento de los dos cilindros en el proceso automatizado	95
4.81 Sistema de control electro-oleohidráulico del diagrama de pasos	96
4.82 Esquema eléctrico de los elementos utilizados en el proceso automatizado de dos cilindros de doble efecto	96
4.83 Montaje oleohidráulico con sistema de seguridad para el retorno del émbolo del cilindro oleohidráulico	98
4.84 Esquema eléctrico del sistema de seguridad para el retorno del émbolo del cilindro oleohidráulico	98
4.85 Montaje electro-oleohidráulico, esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad	100
4.86 Esquema eléctrico del esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad	101
4.87 Diagrama de pasos de los dos cilindros oleohidráulicos de doble efecto	103
4.88 Montaje del diagrama de pasos de los cilindros oleohidráulicos del banco de ensayo	104
4.89 Diagrama de secuencia del montaje de diagrama de pasos de los dos cilindros de doble efecto pertenecientes al banco de ensayo	105
4.90 Conexión de los elementos del montaje del diagrama de pasos al PLC SIEMENS	105
4.91 Diagrama de escalera del Montaje diagrama de pasos utilizando elementos básicos del PLC SIEMENS	106
4.92 Diagrama de escalera del montaje del diagrama de pasos utilizando operaciones del relé de control secuencial (SCR)	108
4.93 Montaje del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión	111
4.94 Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema de control considerando la presión	112
4.95 Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto con presostato	112
4.96 Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador	114
4.97 Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema con contador decremental e incremental	115
4.98 Diagrama de escalera del sistema con movimiento sostenido controlado por contador decremental	115
4.99 Diagrama de escalera del sistema con movimiento sostenido	117

controlado por contador incremental	
4.100 Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo	119
4.101 Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema con retardo	120
4.102 Diagrama de escalera del el sistema controlado en función del tiempo	120
4.103 Diagrama de pasos de los dos cilindros oleohidráulicos de doble efecto	122
4.104 Montaje del diagrama de pasos de los dos cilindros de doble efecto del banco de ensayo	122
4.105 Conexión de los elementos al PLC LG del montaje del diagrama de pasos	123
4.106 Diagrama de escalera del diagrama de pasos (PLC LG)	123
4.107 Etapas del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	125
4.108 Diagrama de escalera de la etapa cero del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	126
4.109 Diagrama de escalera de la etapa uno del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	126
4.110 Diagrama de escalera de la etapa dos del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	127
4.111 Diagrama de escalera de la etapa tres del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	127
4.112 Etapa cuatro del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC	127
4.113 Montaje del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión	128
4.114 Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema de control considerando la presión	129
4.115 Diagrama de escalera del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión	129
4.116 Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador	131
4.117 Conexión de los elementos eléctricos al PLC LG del sistema con contador	132
4.118 Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto con contador incremental	135
4.119 Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto con contador decremental	135
4.120 Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo	136
4.121 Conexión de los elementos al PLC LG del sistema con retardo	137
4.122 Diagrama de escalera del sistema con movimiento alternativo sostenido con temporizador (PLC LG)	137

4.123 Activación de la memoria %MX0.0.2 por medio de la variable TIMER.Q	138
---	-----

Índice de tablas

2.1 Ventajas y desventajas de la lógica cableada y programada	23
4.1 Datos de placa del motor eléctrico	35
4.2 Características nominales de operación de los elementos eléctricos del panel HYD 2310	56
4.3 Características generales	61
4.4 Características de operación	61
4.5 Contactos de los finales de carrera OMRON	62
4.6 Especificaciones del aceite utilizado en el banco de ensayo	63
4.7 Características de las tuberías flexibles del banco	65
4.8 Modificadores de las listas de instrucciones	78
4.9 Operadores básicos de las listas de instrucciones	78
4.10 Carriles de poder del lenguaje LD	79
4.11 Líneas de conexión del lenguaje LD	79
4.12 Contactos del lenguaje LD	79
4.13 Bobinas del lenguaje LD	80
4.14 Bloques de función del lenguaje del diagrama de escalera	80
4.15 Identificación de los elementos del montaje oleohidráulico utilizando la válvula 4/3 vías con palanca con establecimientos de detención	83
4.16 Identificación de los elementos del montaje oleohidráulico utilizando una válvula 4/2 vías con accionamiento por palanca	84
4.17 Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción del cilindro accionado por Interruptor. montaje "a"	86
4.18 Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción del cilindro accionado por pulsador. Montaje "b"	86

4.19	Identificación de los elementos utilizados para la regulación de la velocidad de extensión del vástago del cilindro	88
4.20	Identificación de los elementos utilizados para la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro	90
4.21	Identificación de los elementos utilizados para la retracción automatizada del vástago de un cilindro oleohidráulico	91
4.22	Identificación de los elementos utilizados para la retracción de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado	93
4.23	Identificación de los elementos utilizados para el diagrama de pasos	96
4.24	Identificación de los elementos utilizados para el sistema de seguridad para el retorno del émbolo del cilindro oleohidráulico	99
4.25	Identificación de los elementos utilizados en el esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad	101
4.26	Identificación de los elementos del montaje de diagrama de pasos utilizando el PLC SIEMENS	104
4.27	Identificación de los elementos utilizados en el montaje de sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión	111
4.28	Identificación de los elementos utilizados en el montaje con contador (CTU y CTD).	114
4.29	Identificación de los elementos utilizados en el sistema controlado en función del tiempo	119
4.30	Identificación de los elementos utilizados en el diagrama de pasos (PLC LG)	122
4.31	Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción de un cilindro doble efecto con presostato (PLC LG).	128
4.32	Direccionamiento de los elementos eléctricos utilizados en el PLC LG para el sistema con contador	131
4.33	Identificación de los elementos utilizados en el sistema controlado en función del tiempo	136

Índice general

Índice general	i
Índice de figuras	v
Índice de tablas	xi
CAPÍTULO 1 Planteamiento del Problema	1
1.1 Introducción, 1	
1.2 Situación problemática, 1	
1.3 Objetivos, 3	
1.3.1 <i>Objetivo General</i> , 3	
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> , 3	
1.4 Justificación, 3	
1.5 Alcance, 5	
1.6 Limitaciones, 5	
1.7 Antecedentes, 5	
CAPÍTULO 2 Marco Teórico	9
2.1 Introducción, 9	
2.2 Estructura de un sistema oleohidráulico, 9	
2.2.1 <i>Grupo de impulsión (bloque A)</i> , 11	
2.2.2 <i>Circuito oleohidráulico (bloque B)</i> , 11	
2.2.3 <i>Actuadores del sistema (bloque C)</i> , 11	
2.3 Estructura de un sistema electro-oleohidráulico, 12	
2.3.1 <i>Etapas de potencia</i> , 12	
2.3.2 <i>Etapas de control de señal</i> , 15	
2.3.3 <i>Interfaz entre la etapa de control de señal y la etapa</i>	

de potencia, 15	
2.4 Funcionamiento de los controladores lógicos programables, 15	
2.4.1 Verificar el estado de las entradas, 16	
2.4.2 Ejecución del programa, 16	
2.4.3 Actualización del estado de las salidas, 17	
2.5 Características de los controladores lógicos programables, 17	
2.5.1 Fuente de alimentación, 18	
2.5.2 Unidad de procesos (CPU), 18	
2.5.3 Sistema de memoria, 18	
2.5.4 Capacidad, 18	
2.5.5 Tiempo de acceso, 19	
2.5.6 La memoria del sistema, 19	
2.5.7 Módulos de Entrada/Salida, 19	
2.5.8 Lenguajes de programación, 20	
2.6 Comparación entre lógica a relé y lógica programada, 23	
CAPÍTULO 3	25
Metodología	
3.1 Introducción, 25	
3.2 Reparación y acondicionamiento del banco de ensayo, 25	
3.3 Estudio de la documentación disponible en el manual del banco de ensayo, 26	
3.4 Realización de pruebas en el banco de ensayo junto con todos sus paneles, 26	
3.5 Determinar las funciones que desempeñan los elementos que conforman el banco de ensayo, 27	
3.6 Estudio de la tecnología de control, 27	
3.7 Determinación de los posibles sistemas de control aplicables al banco, 28	
3.8 Diseños de los sistemas de control, 28	
3.9 Implementación de los sistemas de control, 28	
CAPÍTULO 4	29
Desarrollo	
4.1 Análisis y estudio de las características del banco de ensayos de electro-oleohidráulica, 29	
4.1.1 Unidad de fuerza del banco de ensayos de electro-oleohidráulica, 30	
4.1.2 Elementos que conforman el banco de ensayo Electro-Oleohidráulico DEGEM SYSTEMS, 35	
4.1.3 Elementos adicionales pertenecientes al banco de ensayo electro-oleohidráulico, 63	
4.2 Tipos de tecnologías de control aplicables al banco de ensayo de electro-oleohidráulica, 67	
4.2.1 Elementos oleohidráulicos, 67	

- 4.2.2 Elementos electromecánicos y electro-oleohidráulicos, 68
- 4.2.3 Dispositivos lógicos programables, 69
- 4.3 Montajes oleohidráulicos, electro-oleohidráulicos y con PLC, 80
 - 4.3.1 Mando directo de un cilindro de doble efecto con interrupción de desplazamiento en punto intermedio de su carrera, 81
 - 4.3.2 Mando directo de un cilindro de doble efecto con retracción condicionada mediante válvula distribuidora adicional, 83
 - 4.3.3 Accionamiento de una electroválvula mediante un interruptor y mediante un pulsador, 85
 - 4.3.4 Regulación de la velocidad de extensión del vástago de un cilindro oleohidráulico, 87
 - 4.3.5 Regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro oleohidráulico, 89
 - 4.3.6 Retracción automática del vástago de un cilindro oleohidráulico gobernado mediante una electroválvula 4/2 vías monoestable, 90
 - 4.3.7 Accionamiento de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado, 92
 - 4.3.8 Proceso automatizado realizado mediante la manipulación de dos cilindros al oprimir un pulsador, 95
 - 4.3.9 Sistema de seguridad para el retorno del émbolo de un cilindro oleohidráulico de doble efecto, 97
 - 4.3.10 Esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad para el retorno del émbolo del cilindro oleohidráulico, 100
 - 4.3.11 Diagrama de pasos utilizando elementos básicos del diagrama de escalera del PLC SIEMENS, 103
 - 4.3.12 Diagrama de pasos utilizando operaciones del relé de control secuencial (SCR), 108
 - 4.3.13 Sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión, 110
 - 4.3.14 Sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador, 113
 - 4.3.15 Sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo, 118
 - 4.3.16 Diagrama de pasos utilizando elementos básicos del software PLC LG, 121
 - 4.3.17 Diagrama de pasos utilizando lenguaje SFC (PLC LG), 125
 - 4.3.18 Sistema de control electro-oleohidráulico

considerando la presión, 128

*4.3.19 Sistema con oscilación sostenida y repetición
ajustada mediante un contador , 130*

*4.3.20 Sistema con movimiento alternativo sostenido con
retardo, 136*

CAPÍTULO 5	Conclusiones y recomendaciones	141
5.1	Conclusiones, 141	
5.2	Recomendaciones, 142	
Referencias bibliográficas		145
Apéndices		149

Introducción

La oleohidráulica estudia el uso de fluidos incompresibles, confinados y bajo presión, para transmitir potencia. Se basa en el principio de pascal, y es empleada porque permite desarrollar trabajos con mayores niveles de energía. Por esta razón, se emplea como fluido energético en maquinarias especializadas para controlar procesos a nivel industrial. Frente a los sistemas mecánicos tradicionales presenta las siguientes ventajas: reducción de desgaste y mantenimiento, esta exenta de vibraciones y fácil regulación de velocidad.

En muchas de sus aplicaciones, la oleohidráulica se combina con controles electrónicos para proporcionar movimientos precisos y controlados, permitiendo la realización de sistemas automatizados que ayudan ó sustituyen la mano de obra del hombre.

El trabajo de grado a continuación, presenta el estudio y aplicación de sistemas de control oleohidráulicos, en un banco de enseñanza presente en el laboratorio de Automatización Industrial de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo.

Está estructurado en cuatro capítulos, cada uno de estos contiene información relacionada con la estructura y funcionamiento del banco de enseñanza.

En el primer capítulo se explica la situación problemática que motivó la realización de éste trabajo, además de presentar los objetivos a cumplir, la justificación e importancia que representa el hecho de que los estudiantes tengan conocimiento acerca de esta rama, también se plantea el alcance que tiene este trabajo investigativo y las limitaciones presentadas a lo largo de desarrollo.

En el segundo capítulo, se desarrolla el marco teórico, el cual presenta diversos conceptos y definiciones sustentadas a través de libros e investigaciones anteriores, es decir, una investigación documental. Se fundamenta principalmente, en el estudio de los sistemas oleohidráulicos y los, sistemas electro-oleohidráulicos. El estudio se enfoca en la estructura básica de estos sistemas: etapa de control y etapa de potencia. Abarca el uso de tecnología existente para la captación y procesamiento de señales así como la ejecución de órdenes.

En el tercer capítulo, se explica la estructura seguida en el desarrollo de ésta investigación, desde la puesta a punto del banco de ensayos hasta el desarrollo de esquemas de control en el mismo.

En el cuarto capítulo, se realiza un análisis detallado de los elementos que conforman al equipo de pruebas, describiendo la función que realizan en este banco. De igual forma se detalla los módulos de control que dispone el laboratorio, y que se pueden implementar en el equipo electro-oleohidráulico. Además se desarrollan diversos montajes basados en las tecnologías disponibles en dicho laboratorio, representados por sus respectivos esquemas de control.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de acuerdo con los objetivos planteados en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO 2

Marco Teórico

2.1 Introducción

La oleohidráulica es una de las técnicas más utilizadas para la transmisión de energía, donde su base es el principio de pascal, que en relación con otras tecnologías como la neumática, permite desplazamientos precisos y controlables, gracias a la incompresibilidad del fluido.

En la actualidad se dispone de una variedad de autómatas programables según las especificaciones que se requiera, ya que puede ser configurado bajo ciertos tipos de lenguajes. Pudiéndose aplicar como tecnología de control en los procesos electro-oleohidráulicos, representando una gran ayuda en el desarrollo de este tipo de circuitos.

2.2 Estructura de un sistema oleohidráulico

Un sistema oleohidráulico es un conjunto de elementos que, dispuestos en forma adecuada y conveniente, producen energía oleohidráulica partiendo de otra fuente, que normalmente es electromecánica (motor eléctrico) o termomecánica (motor de combustión interna).

La energía entregada por los medios mencionados es recibida por los elementos del sistema, conducida, controlada y, por último transformada en energía mecánica por los actuadores.

El fluido transmisor de ésta energía es el aceite, evidentemente no cualquier aceite, ya que debe poseer algunas características particulares.

La energía oleohidráulica producida por un sistema se logra en líneas generales, de la siguiente manera:

Se recibe energía electromecánica a través de la bomba de la instalación, ésta es transformada por medio del fluido (aceite) hasta el circuito para llegar a los actuadores, encargados de transformar dicha energía en trabajo, normalmente de dos maneras de acuerdo al actuador:

- 1- Con un actuador lineal o cilindro a través del cual se trasmite una fuerza a una determinada velocidad de desplazamiento.
- 2- Con un actuador rotativo ó motor, el que está preparado para transmitir un par a una determinada velocidad angular.

En un sistema oleohidráulico pueden destacarse tres grupos perfectamente localizados, a detallar:

- Sistema de impulsión o bombeo.
- Sistema intermedio compuesto por elementos de control y conexiones.
- Actuadores o consumidores.

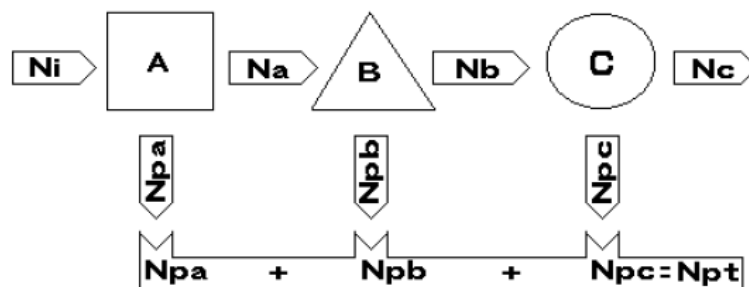


Figura 2.1. Transformación y distribución de la potencia oleohidráulica. (Modesti, 2002)

2.2.1 Grupo de impulsión (bloque A)

Tiene como principal función el bombeo de fluido, este es el encargado de transformar la potencia que recibe en energía oleohidráulica, que no se transmite en su totalidad, por ser la bomba un conjunto mecánico compuesto por una serie de elementos, logrados cada uno de ellos bajo tolerancias de fabricación, su rendimiento debe ser considerado y tiene una pérdida de N_{pa} (pérdida de potencia por impulsión), como se observa en la figura 2.1.

2.2.2 Circuito oleohidráulico (bloque B)

Incluye los elementos encargados de marcar el camino al aceite para llegar a los actuadores, está compuesto por tubería, accesorios, comandos, etc. Este grupo produce una pérdida N_{pb} (perdida de potencia por comando, control y tuberías) como se observa en la figura 2.1, ofreciendo resistencia al paso del aceite, que se denominan pérdidas de carga y se traducen en pérdidas de presión. “Cada elemento cobra peaje al aceite y éste le paga con presión”, presión que se pierde y no se dispone más para su utilización convirtiéndose en pérdidas de potencia para la instalación, sumándose a la pérdida por la bomba.

2.2.3 Actuadores del sistema (bloque C)

En esta parte se encuentran los elementos finales del esquema oleohidráulico, los cuales realizan un movimiento lineal por influencia del aceite proveniente del bloque B. En esta etapa las pérdidas de potencia se producen por la misma razón que en la bomba, ya que son conjuntos mecánicos (Ej. Un cilindro hidráulico hace uso de la presión para realizar su trabajo y además, para vencer sus rozamientos naturales).

N_{pc} (perdida de potencia por los actuadores) es el tercer y último término de la suma de pérdidas de potencia, conformando el gasto total de la instalación (N_{pt}), para finalmente obtener una potencia oleohidráulica real

disponible (N_c) a partir de la potencia instalada (N_i), como se observa en la figura 2.1 (Modesti, 2002).

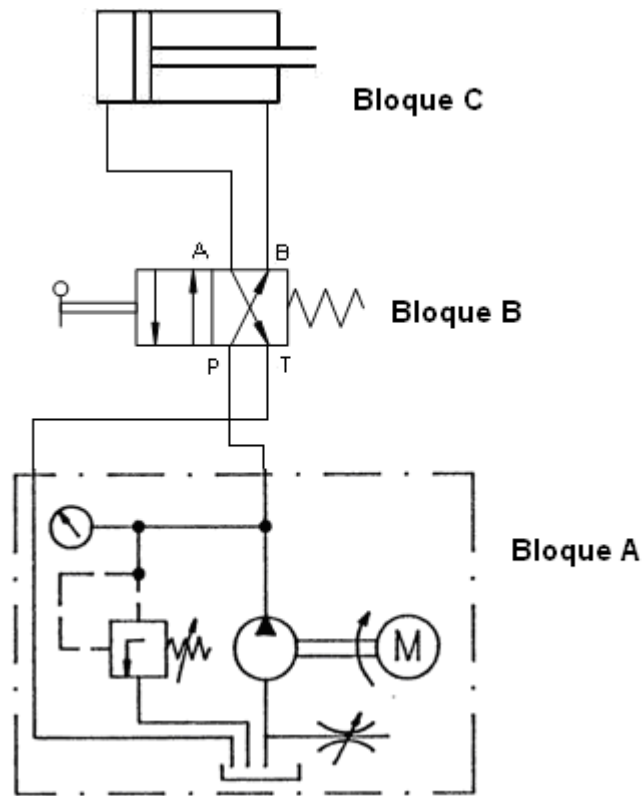


Figura 2.2. Estructura de un sistema oleohidráulico

2.3 Estructura de un sistema electro-oleohidráulico

Un sistema electro-oleohidráulico está compuesto principalmente por dos etapas: la etapa de potencia y la etapa de control de señal.

2.3.1 Etapa de potencia

La etapa de potencia de un sistema electro-oleohidráulico comprende todas las partes que aseguran el suministro de energía, el control de potencia y los movimientos de trabajo de un sistema. En la mayor parte de los casos, esta etapa de potencia apenas se diferencia de la etapa de poder de un sistema "puramente" hidráulico, a excepción del modo de accionamiento de las válvulas. Esta se divide en:

- Etapa de alimentación de potencia

- Etapa de control de potencia
- Etapa del accionamiento/actuador

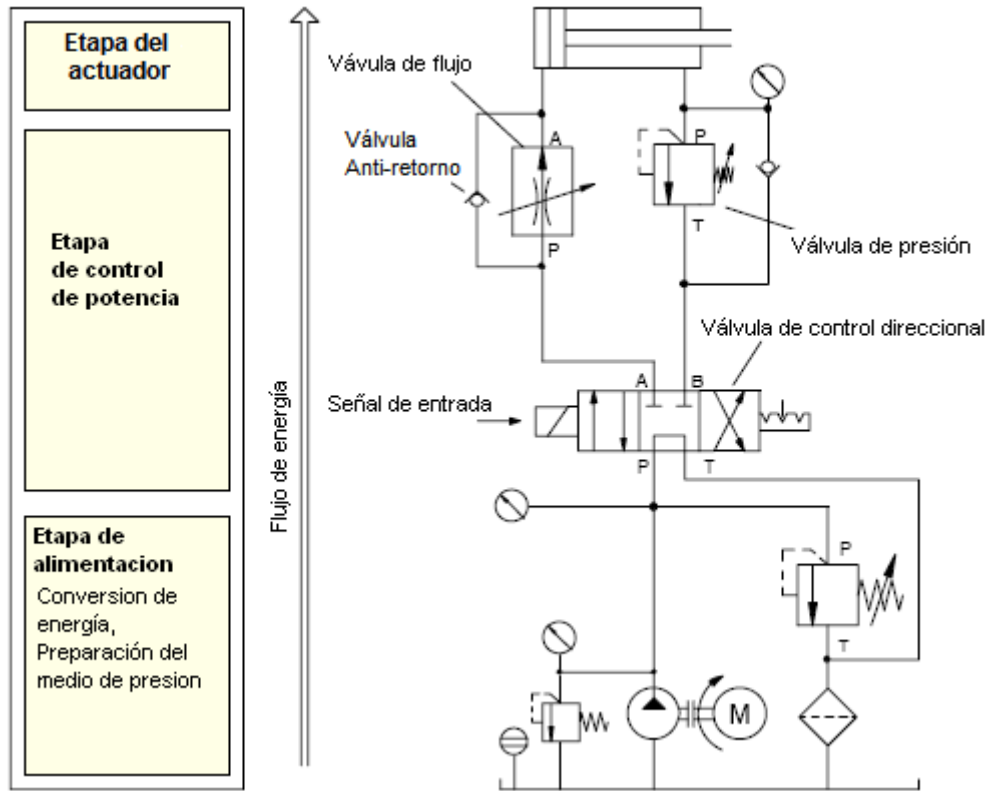


Figura 2.3. Estructura de la etapa de potencia de un sistema electro-oleohidráulico. (Merkle *et al*, 1994)

Etapa de alimentación de potencia

La etapa de alimentación de potencia es dividida en: a) conversión de energía y b) preparación del medio de presión. Es en esta parte del sistema que la energía hidráulica es generada y la presión del fluido correctamente preparada. En el proceso de conversión de energía - la energía eléctrica es convertida primero en la energía hidráulica y luego mecánica los siguientes elementos son normalmente utilizados:

- Motor eléctrico o motor de combustión
- Acoplamiento
- Bomba

- Manómetro
- Equipos de protección

El medio de presión es preparado usando los siguientes componentes:

- Tanque con el indicador de nivel del líquido
- Filtro
- Enfriador
- Calentador
- Indicador de temperatura

Etapas de control de potencia

En los sistemas electro-oleohidráulicos, la tarea de control de potencia se realiza mediante válvulas. Las cuales pueden ser divididas en cuatro grupos:

- Válvula de control direccional
- Válvula de Anti-retorno
- Válvulas de presión
- Válvulas de flujo

Etapas del accionamiento/actuador

El trabajo para producir los movimientos en los cilindros del circuito electro-oleohidráulico, se realiza en la etapa del actuador del sistema. La energía hidráulica en el medio de presión es convertida en energía mecánica con la ayuda de cilindro o motores. El consumo de energía de los componentes motores de la etapa de accionamiento determina los requerimientos con respecto al diseño de los componentes en la etapa de alimentación de potencia y la etapa de control de potencia. Todos los

componentes deben ser diseñados para las presiones y caudales que se producen en la etapa de funcionamiento.

2.3.2 Etapa de control de señal

En los sistemas electro-oleohidráulicos, la etapa de control de señal es dividida en dos áreas de función: entrada de señal (la tecnología de sensor) y el procesamiento de señal (la tecnología de procesador).

2.3.3 Interfaz entre la etapa de control de señal y la etapa de potencia

La válvula solenoide forma la interfaz entre la etapa de control de señal y la etapa de potencia de un sistema electro-oleohidráulico. Electroimanes DC que funcionen a una tensión de 24 V, se utilizan generalmente para accionar la válvula solenoide. Las solenoides AC también son utilizadas en el rango de voltaje de 110-220V (Merkle *et al*, 1994).

2.4 Funcionamiento de los controladores lógicos programables

Un PLC tiene un funcionamiento, salvo en el proceso inicial que sigue a un RESET, de tipo secuencial y cíclico, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se va repitiendo continuamente mientras se mantenga energizado.

A este proceso se le conoce como el "SCAN" del PLC (figura 2.4) y es presentado como un parámetro de especificación importante en un PLC, ya que da una idea de la rapidez de operación del mismo.

Puede pensarse que este ciclo de rastreo (SCAN) consiste de 3 pasos importantes, que son:

- Chequear status de las entradas
- Ejecución del programa
- Actualización del status de las salidas

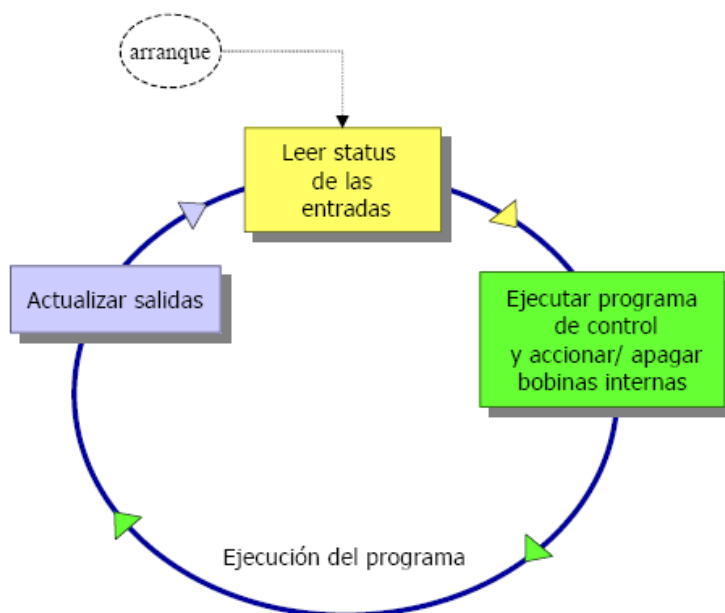


Figura 2.4. Ciclo de operación del PLC. (Canto, 2006)

2.4.1 Verificar el estado de las entradas

El PLC primero verifica si cada una de las entradas está activada o desactivada, y almacena temporalmente estos datos en su memoria para emplearlos durante la siguiente etapa.

2.4.2 Ejecución del programa

Luego del primer paso, el PLC ejecuta en su programa una instrucción a la vez, es decir, realiza las operaciones del programa siguiendo el orden en que se han grabado, por ejemplo: el programa puede indicar que si la primera entrada está activada entonces que se accione la primera salida. Ya que, desde la etapa anterior, éste ya sabe que entradas están accionadas o apagadas, será capaz de decidir si la primera salida tendría que activarse basándose en el estado de la primera entrada. Este guardará los resultados de la ejecución para ser usados más tarde en la siguiente etapa.

2.4.3 Actualización del estado de las salidas

Finalmente, el PLC actualiza el estado de las salidas, de acuerdo al estado de las entradas que estuvieron activadas durante el primer paso y los resultados de la ejecución de su programa durante el segundo paso. De acuerdo al ejemplo del paso 2 (ejecución del programa) ahora se activaría la primera salida ya que la primera entrada estuvo accionada y su programa indica, activar la primera salida cuando esta condición sea verdadera.

Luego de esta última etapa el PLC retorna a chequear el status de las entradas y repite los pasos continuamente (Canto, 2006).

2.5 Características de los controladores lógicos programables

El PLC es en toda la acepción del término, un computador especialmente diseñado para el entorno industrial, para ocupar el lugar de la unidad de mando del proceso.

Consta sustancialmente de dos partes fundamentales, el hardware y el software.

El PLC se compone esencialmente de algunas partes comunes a todos los modelos, y otras que dependen de la envergadura del mismo y la aplicación en la cual será utilizado.

Se puede identificar dos tipos de autómatas de acuerdo a su estructura, pueden ser compactos o modulares. En el primer caso, estos PLCs son utilizados para aplicaciones pequeñas, siendo potentes a nivel de programación y en las comunicaciones con equipos externos. Para el segundo caso, el PLC admite la configuración de hardware que esté disponible para su gama de productos correspondientes, y puede ser reconfigurado por medio de la incorporación o eliminación de módulos extraíbles.

2.5.1 Fuente de alimentación

Un autómata programable está formado por bloques que requieren niveles de tensión y de potencias diferentes y que, además, están sometidos a condiciones ambientales de ruido electromagnéticos también distintas. Es decir, la función de la fuente de alimentación en un controlador, es suministrar la energía a la CPU y demás tarjetas según la configuración del PLC.

2.5.2 Unidad de procesos (CPU)

Esta unidad asume la coordinación y el control de todas las funciones que realiza el control programable. Dispone al menos de un microprocesador, y la capacidad de cálculo de la CPU está vinculada a su arquitectura y frecuencia de trabajo, así como también del set de instrucciones que dispone para la programación y la capacidad de direccionamiento.

2.5.3 Sistema de memoria

Como cualquier sistema informático, el PLC dispone de una memoria de programa, donde se almacenan los códigos encargados de ejecutar las funciones programadas para controlar el proceso. Las instrucciones serán almacenadas en bytes y la cantidad que pueden ser almacenadas, depende de la cantidad de memoria que la CPU puede direccionar.

2.5.4 Capacidad

Representada por el número total de bits que pueden ser almacenados, la misma determina la magnitud del programa que puede ser cargado para el desarrollo de la aplicación.

2.5.5 Tiempo de acceso

Es el tiempo requerido para ser leída la memoria, en cualquier posición de la misma. Este tiempo está determinado de acuerdo a la tecnología de la CPU.

El PLC cuenta con diferentes zonas de memoria de acuerdo a la función que debe desempeñar en el sistema global. Algunas de estas memorias son:

- Memoria del programa de usuario
- Memoria de la tabla de datos
- Memoria del sistema
- Memoria de almacenamiento

2.5.6 La memoria del sistema

Aquí se encuentra el programa en código máquina, que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador / microcontrolador que posea el autómata (Castro *et al*, 2003).

La memoria del usuario es la que utiliza quien proyecta la aplicación a fin de satisfacer las necesidades de la misma, es indispensable que el contenido sea modificable para producir cambios en la aplicación por lo que se encuentra en RAM.

2.5.7 Módulos de Entrada/Salida

Los dispositivos de entrada/salida conectan el controlador con el proceso, se denominan también interfaces o adaptadores I/O, aseguran el ajuste de las señales en términos de corriente entre el control y el campo así como filtrado de las perturbaciones eléctricas.

Las señales una vez interpretadas y/o procesadas, se registran habitualmente en un área de la memoria del sistema denominada **registro-imagen de entrada/salida** (Modesti, 2002)

2.5.8 Lenguajes de programación

El incremento en la complejidad de la programación de los autómatas programables requiere más que nunca de la estandarización de la misma. Para esto se utiliza el IEC 1131-3 (IEC 65), el cual alcanzó el estado de Estándar Internacional en agosto de 1992. Los lenguajes gráficos y textuales definidos en el estándar son una fuerte base para entornos de programación potentes en PLC. Con la idea de hacer el estándar adecuado para un gran abanico de aplicaciones, cinco lenguajes han sido definidos, los cuales son:

Gráfico secuencial de funciones (GRAFCET)

El gráfico secuencial de funciones (SFC o Grafcet) es un lenguaje gráfico que proporciona una representación en forma de diagrama de las secuencias del programa. Soporta selecciones alternativas de secuencia y secuencias paralelas.

Los elementos básicos son pasos y transiciones. Los pasos consisten de piezas de programa que son inhibidas hasta que una condición especificada por las transiciones es conocida. Un ejemplo de este tipo de lenguaje se puede observar en la figura 2.5.

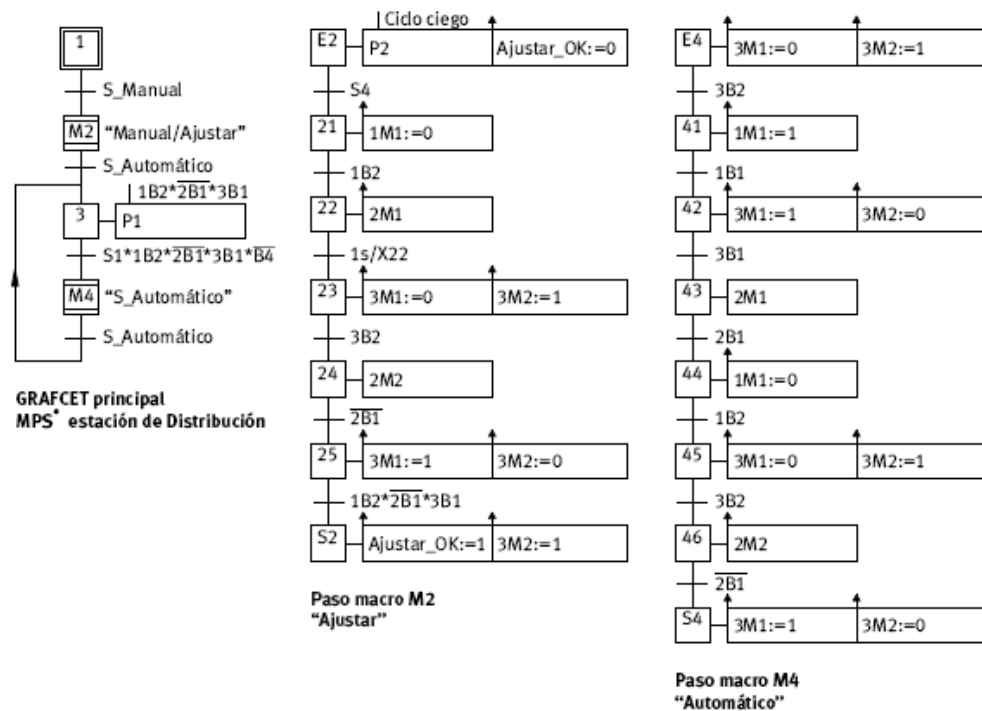


Figura 2.5. Grafcet. (Schmidt, 2007)

Lista de instrucciones (IL o AWL)

La lista de instrucciones es un lenguaje de bajo nivel, similar al lenguaje ensamblador. Con IL sólo una operación es permitida por línea (Ej. almacenar un valor en un registro) como se puede observar en la figura 2.6. Este lenguaje es adecuado para pequeñas aplicaciones y para optimizar partes de una aplicación.

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

Figura 2.6. Lista de instrucciones. (Castro *et al*, 2003)

Texto estructurado

El texto estructurado (structured text o ST) es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques que posee una sintaxis parecida al PASCAL. El ST puede ser empleado para realizar rápidamente sentencias complejas que manejen variables con un amplio rango de diferentes tipos de datos, incluyendo valores analógicos y digitales.

Diagrama de contactos ó “diagrama de escalera”

El diagrama de contactos (ladder diagram LD) es un lenguaje que utiliza un juego estandarizado de símbolos de programación como muestra la figura 2.7. En el estándar IEC los símbolos han sido racionalizados (se ha reducido su número). Este tipo de diagrama utiliza la lógica de escalera, por lo que es uno de los más utilizados.

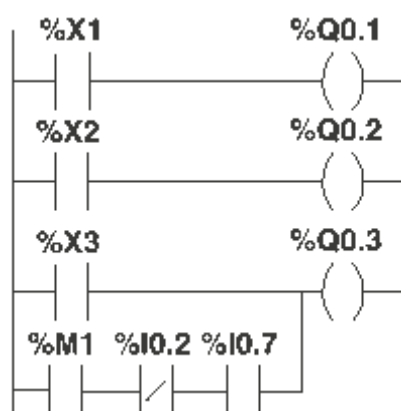


Figura 2.7. Diagrama de escalera. (Castro *et al*, 2003)

Diagrama de funciones

El diagrama de funciones (function block diagram o FBD) es un lenguaje gráfico que permite programar elementos que aparecen como bloques para ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito. FBD es adecuado para muchas aplicaciones que involucren el flujo de información o datos entre componentes de control (Castro *et al*, 2003).

Comparación entre lógica a relé y lógica programada

El PLC programado puede ser probado para evaluarlo en condiciones de laboratorio; de esta forma se realizan las modificaciones necesarias para que trabaje correctamente en el campo. En el cual la velocidad de operación es bastante rápida comparada con la lógica cableada, en general esta determinada por el tiempo de escaneo de los datos, que ronda los milisegundos. En la tabla 2.1 se muestran algunas ventajas y desventajas de estas tecnologías.

En el caso de ser necesario realizar una variación del programa, no hay que modificar el cableado del autómatas, sino solamente el contenido del programa (Manual CPU 224,2005).

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas de la lógica cableada y programada

Características	Lógica a relé	Lógica programada
Ventajas	Sencillez de los sistemas de mando: relés, contactores, temporizadores, etc. Muy extendida, experiencia en el sector	Flexibilidad Implementación de cambios y Corrección de errores Bajo costo Prueba piloto Velocidad de operación Seguridad
Desventajas	Sólo para instalaciones sencillas Complejidad del cableado y el mantenimiento	Aplicaciones de programas fijos Consideraciones ambientales Operación segura en fallas

En los sistemas de relés, una falla en la alimentación detiene el sistema, y el relé no se restaura automáticamente cuando esta acaba. Esto se puede programar en un PLC, sin embargo, algunos programas requieren alimentación para detener el dispositivo. Esta desventaja se puede resolver agregando relés de seguridad al sistema del PLC (Elizondo *et al*, 2003).

CAPÍTULO 3

Metodología

3.1 Introducción

Para la implementación de sistemas de control a un proceso determinado, se realiza un estudio previo de los controladores posibles y más viables para la operación de sus funciones. Este capítulo se centrará en el procedimiento para llevar a cabo el acondicionamiento y estudio del banco de ensayo, así como el diseño y aplicación de los esquemas basados en las tecnologías de lógica programada como cableada.

3.2 Reparación y acondicionamiento del banco de ensayo

Para cumplir con esta primera tarea, se observaron e identificaron los problemas de funcionamiento que presenta el equipo, para realizar el correspondiente cambio de piezas del mismo. Para esto se estudiaron las partes que conforman el banco, detallando las piezas que se encuentra en desuso y aquellas que se encontraban dañadas. Las partes deterioradas son reemplazadas comprando piezas nuevas, y en el caso de no funcionar correctamente un elemento o algún sistema relacionado con el desempeño del banco de ensayo, se repara con la asistencia técnica que se encuentra en la facultad de ingeniería u otro personal según sea el problema identificado.

De esta forma al reemplazar las piezas dañadas del equipo y reparar aquellos elementos que se encontraban relacionados con la función del banco de ensayo, se acondicionó el mismo para proceder a realizar los siguientes pasos.

3.3 Estudio de la documentación disponible en el manual del banco de ensayo

Para cumplir con este segundo paso, se estudió la información contenida en los manuales con que el banco de pruebas cuenta. En ellos se referencia el funcionamiento de las válvulas que conforman el mismo, así como también la descripción de varios montajes, ya sea utilizando elementos de oleohidráulica pura o electro-oleohidráulica, ya que los esquemas que se desarrollan en estos manuales se pueden utilizar como prácticas en el laboratorio.

3.4 Realización de pruebas en el banco de ensayo junto con todos sus paneles

Estas pruebas se establecieron para la verificación del correcto funcionamiento de los paneles que conforman el banco de ensayo así como los sistemas relacionados con su operatividad basados en los diagramas básicos predeterminados en los manuales del banco de ensayo, para esto, se colocó en marcha cada elemento que conforma a cada panel (válvulas, actuadores, etc.), en donde se observó si estos cumplen con una función determinada, es decir para los cilindros se observó si la retracción o extensión es correcta según el esquema, y para las válvulas se verificó el funcionamiento de cada parte que las conforman.

La comunicación entre cada elemento presente en los paneles y el suministro del banco de ensayo se realizó mediante las conexiones o tuberías flexibles, las cuales permiten el paso del aceite para que lleguen a los módulos correspondientes. Para esto la presión que debe manejar el equipo

debe ser la adecuada. Una vez terminado de observar el funcionamiento en un panel, se procedió a realizarlo en el otro, y así sucesivamente hasta que se verificaron todos los elementos. De esta forma también se comprobó si el sistema en general (motor, bomba, paneles y mangueras) se encontraban en buenas condiciones de operación para la realización de una práctica.

3.5 Determinar las funciones que desempeñan los elementos que conforman el banco de ensayo

Con la realización de las pruebas del paso anterior se determinó el funcionamiento que tienen los elementos que conforman el banco de ensayo accionados de forma manual, utilizando previamente información contenida en los manuales de operación acerca del funcionamiento de algunos de los paneles que constituyen el equipo de pruebas.

3.6 Estudio de la tecnología de control

Para este paso se investigó acerca de las distintas alternativas de tecnología de control y se profundizó en las funciones y aplicaciones que pueden darse.

Este estudio se centró en la investigación de los autómatas programables así como la lógica cableada, conociendo en el caso de los PLC las señales analógicas y digitales, la programación, capacidad de entrada/salida y comunicaciones que presentan este tipo de dispositivo. Para la lógica cableada se profundizó en las áreas más importantes como son: los esquemas de conexión y de principio, montajes, relés y funciones lógicas. Este basamento teórico es equilibrado con ejercicios básicos que relacionen la utilización de estas tecnologías.

3.7 Determinación de los posibles sistemas de control aplicables al banco

Una vez realizada la investigación de las tecnologías de control, se determinaron los posibles sistemas a desarrollar de acuerdo con aplicaciones reseñadas en distintas fuentes bibliográficas y en base a los dispositivos disponibles en el banco.

3.8 Diseños de los sistemas de control

Una vez seleccionadas las tecnologías de control, se estudió la forma de aplicarlas en el banco de ensayos, es decir, de acuerdo a los componentes que este banco presenta en conjunto con los sistemas de control, se realizó los diseños y esquemas de los posibles montajes que sean adaptables para el correcto funcionamiento del mismo.

3.9 Implementación de los sistemas de control

Después de los diseños de los esquemas de montajes previamente analizados y estudiados, viene la aplicación o el periodo de pruebas, que no es mas que el empleo de cada uno de los diseños implementados en el banco para determinar si se encontraban bien elaborados o no, si los montajes generaban fallas, si era correcta la instalación; en si, era determinar si los montajes realizados eran los adecuados y verificar si eran realmente viables para el correcto uso de este banco de ensayos.

CAPÍTULO 4

Desarrollo

4.1. Análisis y estudio de las características del banco de ensayos de electro- oleohidráulica.

El banco de ensayos electro-oleohidráulico, brinda conocimientos acerca de los sistemas hidráulicos. Está constituido de elementos eléctricos, oleohidráulicos y electro-oleohidráulicos, que permiten la realización de montajes básicos que brindan al estudiante un conocimiento acerca de su funcionamiento individual y en sistemas de control al ser implementados. El banco se divide en tres estructuras básicas:

La unidad de fuerza. Es la parte del banco donde se le proporciona energía al fluido para que obtenga la presión necesaria para la ejecución de los sistemas de control (ver figura 4.1).

Panel de control. Este panel recibe el fluido proveniente de la unidad de fuerza, es aquí donde se ajusta la presión que se desea en el montaje hidráulico. Aparte, también contiene la tubería para el retorno del fluido utilizado a la unidad de fuerza (ver figura 4.1).

Paneles del banco de ensayos. Presentan los elementos a usar en el sistema de control; son fundamentales en la ejecución del montaje diseñado, de acuerdo a los componentes requeridos.

4.1.1 Unidad de fuerza del banco de ensayos de electro-oleohidráulica.

La unidad de fuerza está compuesta por los elementos mostrados en la figura 4.1, los cuales se describen a continuación. Además, en ella también se muestran los sentidos del flujo de suministro (tubería en amarillo) y la línea de retorno del fluido al tanque (tubería en naranja). En la figura 4.2 se muestra la representación simbólica de la unidad de fuerza para los diagramas de potencia.

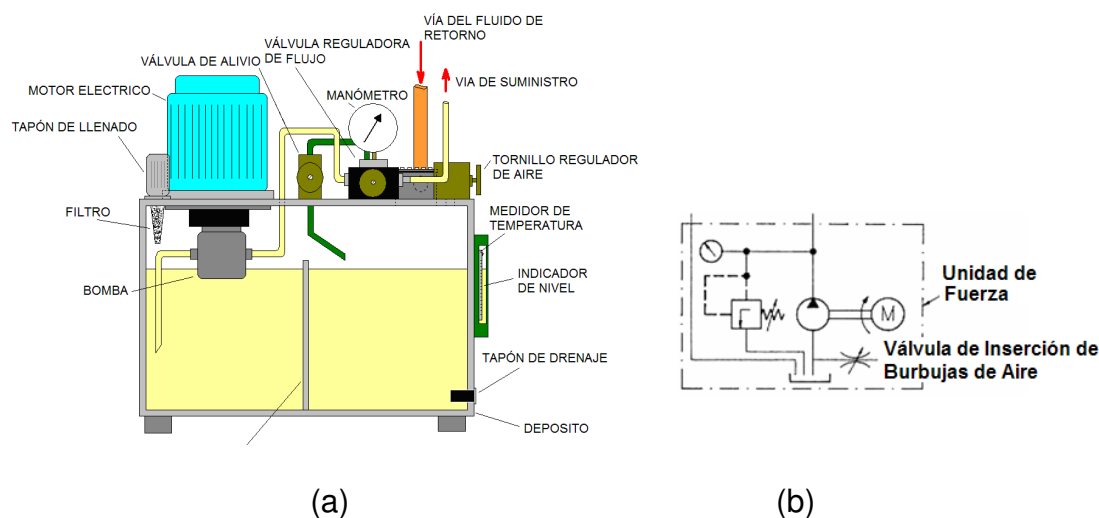


Figura 4.1. (a) Elementos básicos de la unidad de fuerza. (b) Representación simbólica de la unidad de fuerza. (Curso HYD 2300, 1992).



Figura 4.2. Unidad de fuerza del banco electro-oleohidráulico.

○ Depósito

Usado para mantener el fluido hidráulico necesario para el accionamiento.

Funciones del depósito, (Ferreyros, 2006):

- Almacena el aceite hidráulico. El principal objetivo del tanque es garantizar un amplio suministro de aceite al sistema.
- Enfría el aceite hidráulico. Esto se realiza mediante transferencia de calor a través de las paredes del tanque con el medio ambiente
- Permite que el aire se separe del aceite. El deflector, evita el flujo turbulento y ayudan a separar el aire.
- Permite que se asienten las partículas. En el tanque algunos contaminantes se asientan en el fondo, de donde se extraen.

El depósito del sistema hidráulico contiene los siguientes accesorios, (Barrasco, 1998):

- Placa deflectora para separar la cámara de retorno del fluido de la aspiración de la bomba y reducir así las posibilidades de cavitación de la bomba.
- Un tapón para el vaciado del depósito, otro para su llenado, y una tapa que al desmontarse permite la inspección del interior, así como el acceso al posible filtro del fluido de retorno.
- Indicador de la temperatura del fluido; este presenta una escala de medida hasta 210 F/100° C. Según el curso HYD 2300 (1992) se indica que la temperatura de aceite durante el accionamiento no debe sobre pasar 60° C.
- Una válvula de seguridad para mantener la presión interna del depósito cuando éste está presurizado.

- En la boca de llenado se instala un colador para evitar que se introduzcan partículas extrañas en el momento de llenado. (Erises, 2001).

- Indicador de Nivel. Por medio de éste se observa el nivel del fluido dentro del tanque.

Dimensiones del depósito:

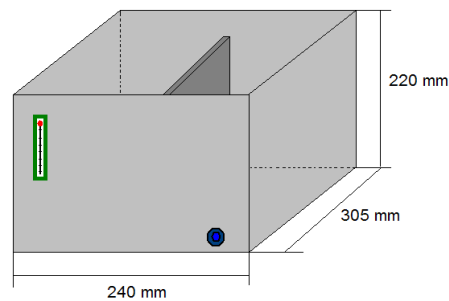


Figura 4.3. Dimensiones y accesorios del depósito del banco de ensayo del laboratorio.

○ **Bomba de aceite**

La bomba es usada para crear la presión del sistema de trabajo, esta es accionada por un motor eléctrico, de una fase 230 V, esto se especifica en el Curso HYD 2300 (1992). El caudal medido que maneja la bomba a una presión de trabajo de 3000 psi, es de aproximadamente 50,66 cm³/s.

En el libro de Hidráulica Básica 3 (2000) se indica, que los dispositivos giratorios aparecen representados por un círculo. Y que las bombas con un triangulo de energía que apunta fuera del perímetro (ver figura 4.4) indican que la energía sale del componente.

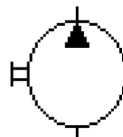


Figura 4.4. Representación simbólica de una bomba cilíndrica fija con una dirección de fluido. (Barrasco, 1998).

○ **Válvula de control de flujo**

La válvula de control de flujo se utiliza para regular el caudal que va dirigido al panel de control. Ésta genera resistencia adicional al circuito, aumentando la presión en la línea, lo que da como resultado un desvío parcial del fluido sobre la válvula de alivio (ver figura 4.16 para observar la estructura interna de la válvula).

○ **Válvula reguladora de presión**

La válvula reguladora de presión (también conocida como válvula limitadora de presión) se controla directamente por medio de una perilla de ajuste. Esta válvula protege el circuito hidráulico de sobrecargas originadas por una presión alta, (Curso HYD 2100, 1992).

El puerto primario de la válvula se encuentra conectado a la línea de presión (sistema de presión) y el puerto secundario está conectado al depósito (flujo de retorno). El cabezal móvil es activado por un nivel de presión predeterminado por la perilla reguladora; cuando la presión es alcanzada, se conecta la línea de presión con la línea de retorno desviándose así el flujo al depósito. Ésta válvula también se denomina válvula de alivio por la función que cumple dentro de la unidad de fuerza.

En la válvula reguladora de presión, el cabezal móvil se mantiene cerrado mediante la fuerza directa de un resorte mecánico que es normalmente ajustable. La tensión del resorte se fija mediante una perilla de ajuste, para mantener el cabezal móvil cerrado hasta que la presión del sistema ejercida contra el cabezal móvil alcance la presión de apertura deseada. Cuando la presión del sistema alcanza el valor de alivio total, todo el fluido pasa por el cabezal móvil al pasaje del depósito, tal como se muestra en la figura 4.5, (Hidráulica Básica 3, 2000).

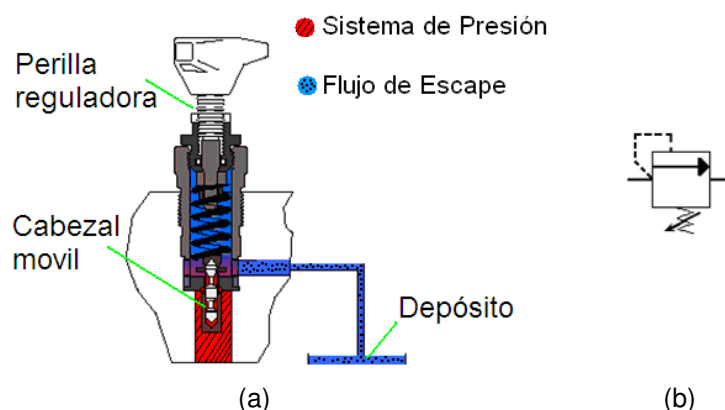


Figura 4.5. (a) Válvula reguladora de presión, (Hidráulica Básica 3, 2000). (b) Representación simbólica según normas DIN.

○ Manómetro

La función principal del manómetro ubicado en la unidad de fuerza del banco de ensayos electro-oleohidráulico es indicar la presión a la que se regula la salida de la bomba. El tipo de manómetro que se emplea es de tubo de Bourdon, cuyo dial está calibrado en la escala que se indica: en psi y en bar. El rango (mínimo) de medida del manómetro es de 0-1500 psi.

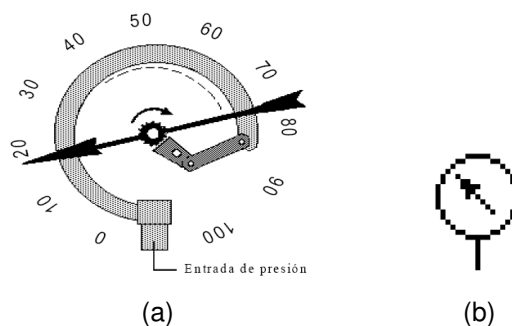


Figura 4.6. (a) Estructura interna del manómetro Bourdon, (Hidráulica básica 3, 2000). (b) Símbolo de acuerdo a las normas DIN, (Oleohidráulica, 1998)

○ Tornillo regulador de aire

Es un tipo de válvula utilizada para ingresar burbujas de aire al sistema. Simbólicamente se representa como una válvula reguladora de caudal ajustable, pero es denominada como tornillo regulador de flujo, esto se observa en la figura 4.7. (Para ver su ubicación en la unidad de fuerza, se recomienda dirigirse a la figura 4.1 y 4.2).

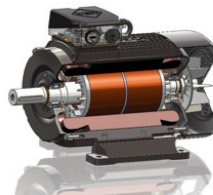


Figura 4.7. Representación simbólica del tornillo regulador de aire, (Curso HYD 2100, 2000).

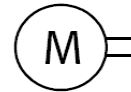
○ Motor eléctrico

Tabla 4.1. Datos de placa del motor eléctrico

Características Básicas del Motor Eléctrico	
Potencia	3 hp
Frecuencia	50 Hz (C/S)
Velocidad de giro	1380 RPM
Corriente	3,45/ 2,0 A
Voltaje	220/ 380 Volt



(a)



(b)

Figura 4.8. (a) Estructura interna del motor eléctrico. (www.ven.com, 2009). (b) Símbolo representativo del motor eléctrico según Normas DIN.

4.1.2 Elementos que conforman el banco de ensayo electro-oleohidráulico DEGEM SYSTEMS

Los elementos que constituyen el banco de ensayos electro-oleo hidráulico se encuentran distribuidos en ocho (8) paneles, lo cuales son insertables en el mismo en una cantidad máxima de cuatro (4) paneles.

A continuación se presenta una breve descripción de los elementos que conforman el banco de ensayos electro-oleohidráulico, la cual se presenta desglosada por cada panel e identificados con su respectiva numeración.

PANEL HYD 2001

El Panel HYD 2100 es fijo en el banco y esta conectado directamente con la unidad de fuerza. Su función principal es suministrar y controlar el fluido de trabajo, además permitir el retorno del mismo. Está conformado por:



Figura 4.9. Panel HYD 2001.

○ Panel de Control

Este es el elemento del Panel HYD 2100 que se encarga de controlar el fluido proveniente de la unidad de fuerza (ver figura 4.10). Aquí se ajusta la presión de trabajo máxima a la cual se quiere trabajar el sistema de control. Lo forman los siguientes elementos:

- **Válvula de Alivio Compensada.** Es usada para establecer la presión requerida para el montaje, esta actúa igual que la válvula reguladora ó de alivio de la unidad de fuerza electro - oleohidráulica (ver figura 4.10 a). Su línea de presión está conectada con la salida de la válvula reguladora de flujo de la unidad de fuerza, y su línea de retorno se conecta directamente al contenedor de medición (ver figura 4.10).
- **Manómetro.** Se encarga de indicar la presión a la salida de la válvula de alivio, es decir, muestra la presión de trabajo del flujo que ingresa al banco (ver figura 4.10). El máximo valor de su rango es 100 bar. Este manómetro, al igual que todos los presentes en el Banco de Ensayos (ver figura 4.12 a), es de tubo Bourdon, relleno de glicerina que sirve para amortiguar los movimientos bruscos a los que puede estar sometida la aguja indicadora.

- **Contenedor de medición.** Todo el fluido que retorna del montaje, es decir, que proviene de las conexiones de retorno del panel, se deposita en este contenedor. Posee una escala en cm^3 , y su capacidad máxima es de 460 cm^3 (ver figura 4.10 y 4.12 b).

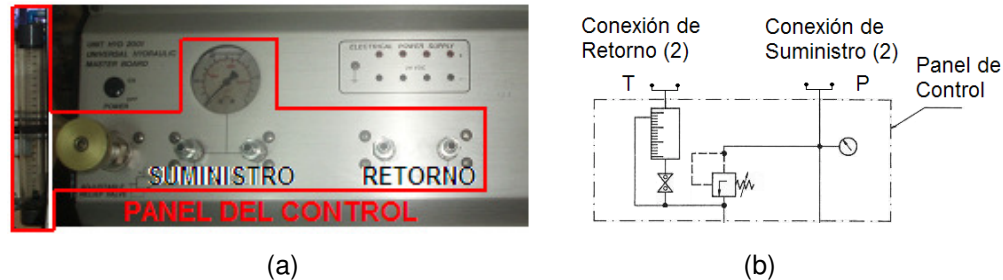


Figura 4.10. (a) Panel de control de banco de ensayos electro-oleohidráulico. (b) Representación simbólica de panel de control. (Curso HYD 2300, 1992).

○ Interruptor eléctrico

Es usado para activar y desactivar la potencia eléctrica en el banco (ver figura 4.12 a), de modo que si éste interruptor no se encuentra activado, ninguno de los elementos del banco electro-oleohidráulico funcionará, aunque su unidad de fuerza se encuentre encendida.

○ Medidores de presión

Estos se usan para medir la presión en una línea de trabajo específica establecida directamente por el operario. La presión de la línea se transmite a través de una conducción hasta la entrada del manómetro. Estos manómetro se encuentran interiormente semillenos de glicerina que sirve para amortiguar los movimientos bruscos a los que puede estar sometida la aguja indicadora. El rango de trabajo es 0 - 60 bar, suficiente para medir la presión requerida para los experimentos (ver figura 4.12 a). Éste panel contiene dos (2) de éstos medidores de presión.

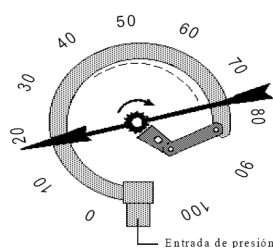


Figura 4.11. Manómetro del panel de control. (Barrasco, 1998)

○ Conexiones de retorno al depósito

Es usada para retornar el aceite utilizado al depósito (ver figura 4.12 a). Este panel presenta dos (2) conexiones para el retorno. Generalmente, se conecta directamente con los elementos de mando de los montajes, recibiendo el fluido y transfiriéndolo al contenedor de medición.

○ Zócalo para el suministro de fuerza eléctrica de 24 V DC

La tensión que suministra para accionar los diversos componentes eléctricos, es de 24 V DC (ver figura 4.12 a).

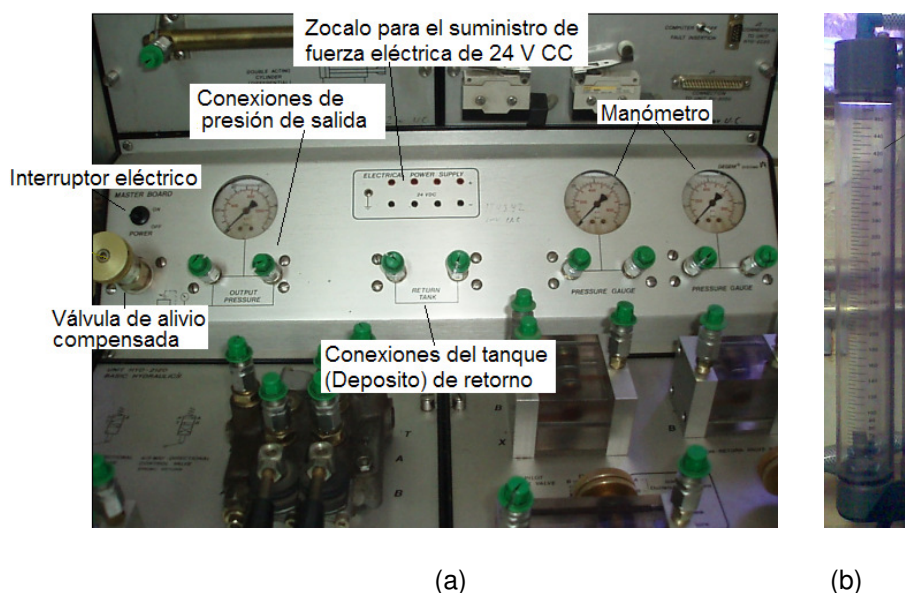


Figura 4.12. (a) Identificación de las partes del Panel HYD 2001. (b) Contenedor de medición

PANEL HYD 2110

En este panel se encuentran los actuadores del banco de ensayo, y los elementos que son capaces de modificar la velocidad de los cilindros, tales como la válvula reguladora de caudal unidireccional y la válvula reguladora de caudal bidireccional. En la figura 4.13, se muestran estos elementos.



Figura 4.13. Panel HYD 2110.

○ Cilindros de doble efecto

Es el elemento de trabajo más importante dentro del sistema hidráulico. Por medio de éste se obtiene una fuerza fácilmente controlable de la energía procedente del líquido hidráulico, suministrada por un acumulador de presión hidráulica o una bomba hidráulica.

Estos son conocidos como cilindros diferenciales, ya que poseen un vástago sólo en un lado de la superficie del émbolo, originando que sus superficies activas (superficie mayor y superficie menor) sean de diferente tamaño. Por tanto, la superficie por el lado del émbolo tiene mayor fuerza que la superficie del lado del vástago (ver figura 4.14 a), ya que resulta efectiva sólo la superficie menor, (Langer Hidraulik, 2009).

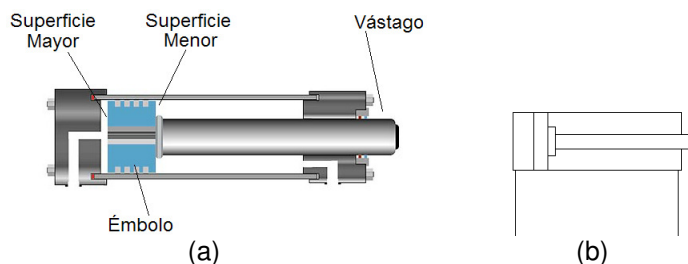


Figura 4.14. (a) Partes de un cilindro doble efecto diferencial, (Hidráulica Básica 3, 2000). (b) Símbolo correspondiente según Normas DIN del cilindro doble efecto.

○ Válvula reguladora de caudal unidireccional con regulación ajustable

Las válvulas reguladoras de caudal unidireccional son dispositivos que permiten el paso regulado de flujo en un solo sentido, mientras que en sentido opuesto no existe ningún estrangulamiento del caudal por lo que circula sin restricción alguna.

Como se observa en la figura 4.15 a, esta válvula esta constituida por una combinación de la válvula bidireccional con la válvula anti-retorno, donde para un sentido de circulación (1 a 2), el caudal se ve obligado a pasar por la estrangulación al encontrar oposición completa en el otro camino, cuando circula en sentido contrario (2 a 1), el aceite toma la ruta de menor resistencia correspondiente a aquella que inicialmente se encontraba completamente cerrada. (Herrera, 2008).

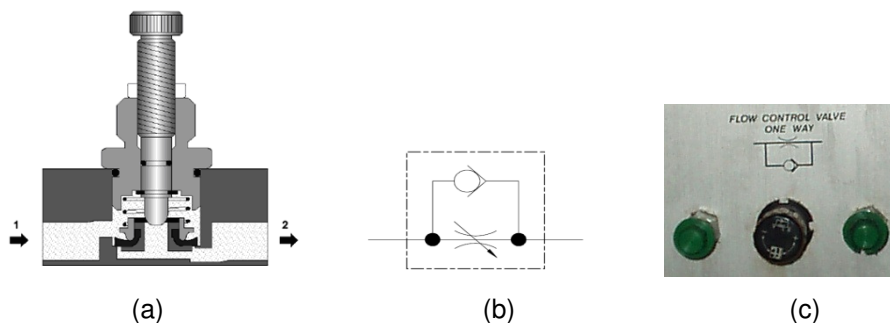


Figura 4.15. (a) Representación interna de la válvula reguladora de caudal unidireccional. (b) Símbolo según normas DIN de la válvula reguladora de caudal unidireccional con regulación ajustable, (Herrera, 2008). (c) Válvula reguladora de caudal unidireccional con regulación ajustable del banco de ensayos

○ Válvula de Aguja de Control de Flujo Variable

La función de estas válvulas consiste en servir de restricción ajustable en la línea hidráulica. Generalmente se emplean en el ajuste de la velocidad de los actuadores, (Herrera, 2008).

Barraco (1998), indica que en este tipo de válvulas el caudal regulado esta influenciado por la presión del circuito, ya que al incrementar la presión también aumentará el caudal que pasa a través de la válvula.

Asimismo, explica que un cono conectado al mando de regulación abre o cierra el paso según se separe más o menos de su asiento (ver figura 4.16).

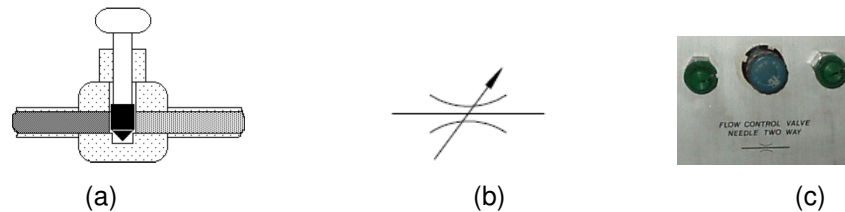


Figura 4.16. (a) Representación interna de la válvula reguladora de control de flujo variable. (b) Símbolo representativo según Normas DIN, (Barraco, 1998). (c) Válvula reguladora de control de flujo variable presente en el banco de ensayos.

PANEL HYD 2120

El Panel HYD 2120, contiene todos los elementos de mando oleohidráulicos del banco de ensayos. Está compuesto por una válvula 4/3 vías, con centro tandem, accionada por palanca con establecimiento de detección, por una válvula 3/2 vías y 4/2 vías, ambas monoestables y accionadas por palanca.



Figura 4.17. Panel HYD 2120 de banco de ensayos electro-oleohidráulico.

○ Válvulas monoestables 3/2 vías y 4/2 vías, accionadas por palanca

La válvula monoestable 3/2 vías está unida con una 4/2 vías formando una sola válvula, tal como se observa en la figura 4.18 a. Estas válvulas, tiene el mismo punto para el suministro de aceite (P) y el mismo punto para el retorno del mismo (T). La válvula, presenta dos (2) palancas, (ver figura 4.18 a), donde la palanca de la izquierda acciona a la válvula 3/2 vías, y la palanca de la derecha acciona a la válvula 4/2 vías. El accionamiento por palanca se puede ver reflejado en la figura 4.18 b, donde se muestra como al dejar de accionar la palanca, el muelle permite que la corredera regrese a su posición inicial, además de observar como al bajar la palanca se produce la contracción del muelle.

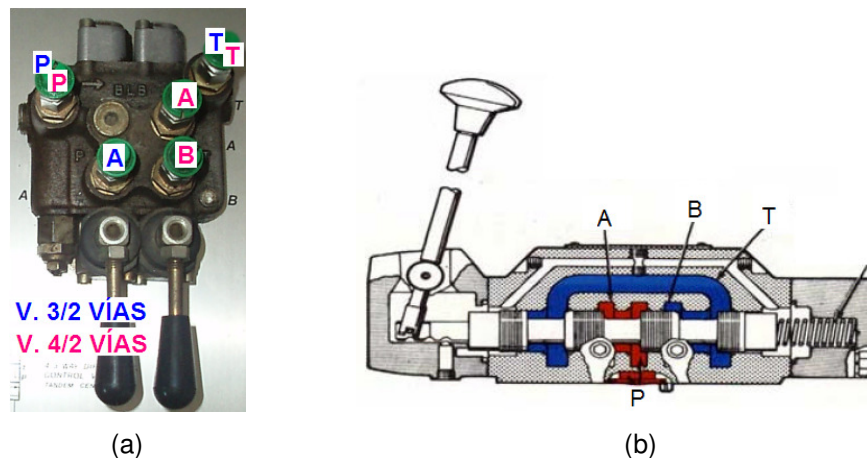


Figura 4.18. (a) Válvula 3/2 vías y 4/2 vía, monoestables, accionadas por palanca del banco de ensayos. (b) Válvula 4/2 vías de corredera accionada por palanca. (Barrasco, 1998).

La función de la válvula 3/2 vías monoestable, accionada por palanca es controlar la dirección del flujo. Tal y como su nombre lo indica, tiene tres vías y dos posiciones.

En la posición de reposo, cuando el resorte no se encuentra comprimido, el puerto de suministro del fluido P está cerrado. El paso de retorno entre A (cilindro) y T (depósito) está abierto. Al mover la palanca, la válvula cierra la vía T y abre el paso entre la vía P y la vía A. En la figura 4.19, se representa la distribución de caudal que sufre la válvula. (Álvarez, 2009).

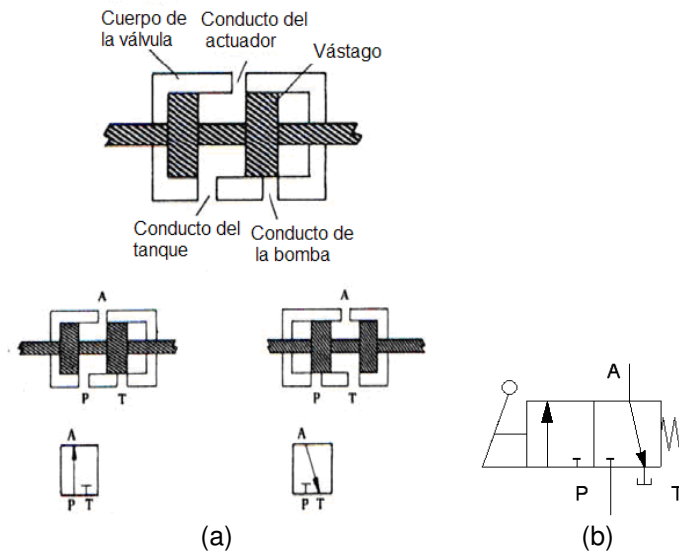


Figura 4.19. (a) Explicación gráfica del funcionamiento de la válvula distribuidora 3/2 de corredera. (Álvarez, 2009). (b) Símbolo representativo según Normas DIN.

La válvula 4/2 vías monoestable, con accionamiento mediante palanca, también controla la dirección del flujo. Esta válvula tiene cuatro vías y dos posiciones.

En su posición de reposo (mantenida por el resorte de retorno) el paso entre las vías P y B, al igual que el paso entre las vías A y T están abiertas. Al presionar la palanca, se comprime el resorte permitiendo que el aceite bajo presión fluya desde P hacia A (ver figura 4.20). (Álvarez, 2009).

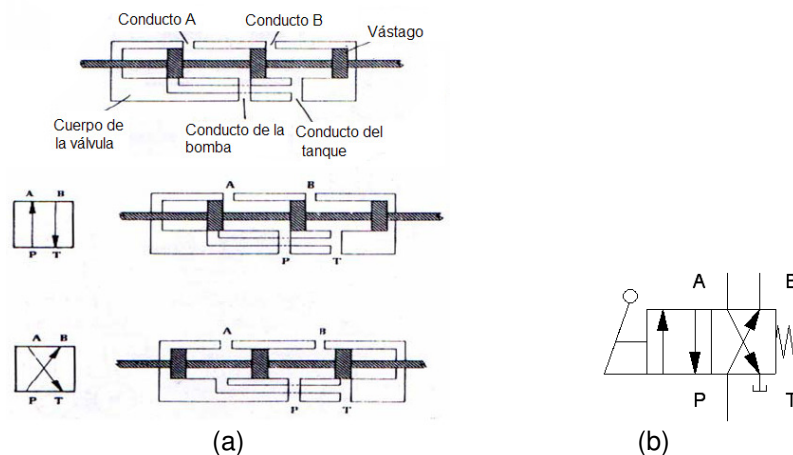


Figura 4.20. (a) Explicación gráfica de la válvula 4/2 vías de corredera, (Álvarez, 2009). (b) Símbolo representativo según normas DIN.

○ Válvula 4/3 vías direccional con centro en tandem

Las válvulas 4/3 vías direccionales con centro en tandem es usada en circuitos hidráulicos para controlar los cilindros de doble efecto. La válvula tiene cuatro vías y tres posiciones. En su posición central hay un paso libre entre las vías P y T, mientras que las vías A y B están cerradas (entre las vías P y T hay un flujo sin presión). Al tirar de la manija de activación, se conecta la vía B a la vía P, y la vía T a la vía A. Los pasos entre las vías B y P y entre las vías T y A son abiertos y permiten un flujo libre. En su posición central permite el paso del aceite desde la bomba de aceite al depósito (ver figura 4.21 a y b).

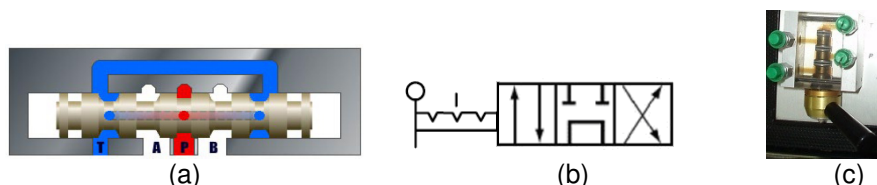


Figura 4.21. (a) Estructura interna de una válvula 4/3 vías tipo tandem (Hidráulica Básica 3, 2000). (b) Símbolo representativo de la válvula según Normas DIN. (c) Válvula 4/3 vías tipo tandem perteneciente al banco de ensayos.

PANEL HYD 2130

Este panel esta conformado por cuatro (4) elementos descritos a continuación y mostrados en la figura 4.22.

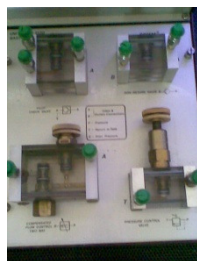


Figura 4.22. Panel Oleohidráulico HYD 2130.

○ Válvula Unidireccional Anti-retorno

El principio de funcionamiento de ésta válvula según detalla Barrasco (1998), se basa en que mientras la presión del fluido actúe en contraposición a la del muelle, ésta se abrirá permitiendo el paso del fluido en la dirección

hacia la vía opuesta (ver figura 4.23 a). Pero, si la presión entra en la válvula por la parte del muelle, esta presión se suma a la propia del muelle bloqueando totalmente el paso y evitando que el fluido pueda ir en sentido contrario al anterior (ver figura 4.23 b).

Además señala que todas las válvulas anti-retorno precisan una presión mínima para abrirse, la cual está en función de la fuerza del muelle. Por ello se puede variar la presión de apertura de la válvula cambiándole el muelle interior.

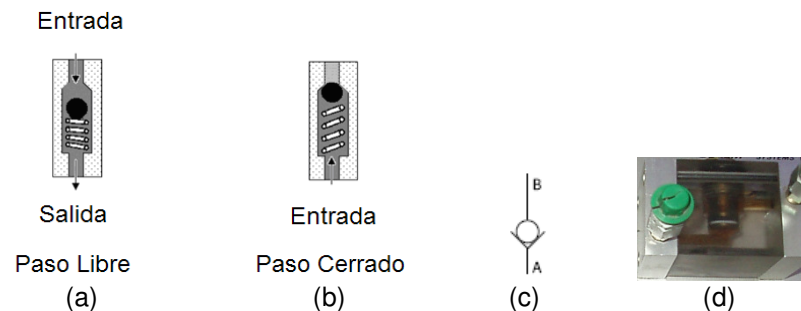


Figura 4.23. Válvula anti-retorno: (a) En paso libre. (b) En paso cerrado. (c) Representación simbólica según Normas DIN, (Barrasco, 1998). (d) Válvula anti-retorno del banco de ensayos electro-oleohidráulico.

○ Válvula Anti-retorno Pilotada

El funcionamiento de esta válvula sólo permite en condiciones normales el flujo del fluido en un sentido; sin embargo, y mediante la acción de un pilotaje externo, puede permitir también el flujo en sentido inverso (ver figura 4.25).

La figura 4.24 (a) muestra una válvula anti-retorno pilotada en funcionamiento con paso libre, ya que la presión del fluido vence la fuerza del muelle y hace que la válvula se abra. La figura 4.24 (b) esquematiza cómo al circular el fluido en sentido contrario la presión del mismo se suma a la fuerza del muelle y hace que la válvula se cierre, funcionando como un anti-retorno normal. En la figura 4.24 (c) se ha aplicado una presión de pilotaje que hace que el pistón de la válvula se desplace hacia abajo, abriendo el paso al caudal en sentido ascendente (sentido del dibujo), (Barrasco, 1998).

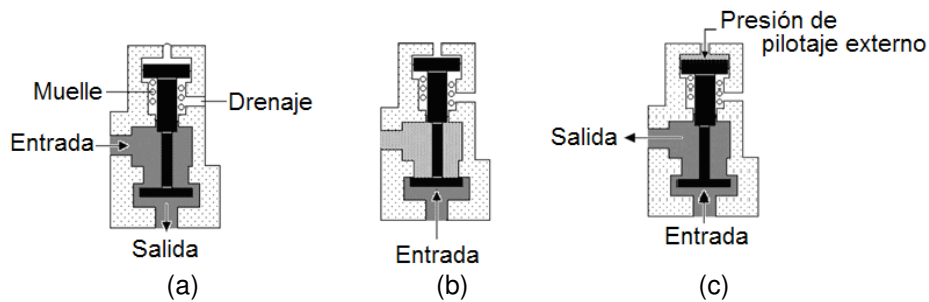


Figura 4.24. (a) Válvula anti-retorno pilotada en funcionamiento con paso libre. (b) Válvula anti-retorno pilotada cerrada. (c) Válvula anti-retorno pilotada abierta. (Barrasco, 1998)

En la figura 4.25 se muestra la imagen real de la válvula antiretorno pilotada del banco de ensayo.

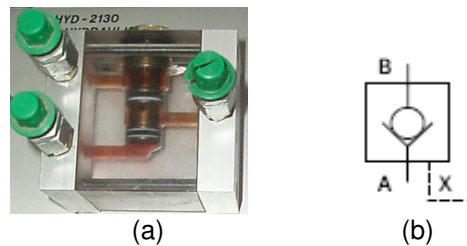


Figura 4.25. (a) Válvula anti-retorno pilotada. (b) Símbolo de la válvula anti-retorno pilotada según Normas DIN. (Barrasco, 1998)

○ **Válvula reguladora de presión ajustable**

La válvula reguladora de presión contenida en el Panel HYD 2130 presenta un tornillo regulador que puede ser manipulado directamente por el operario, para establecer un valor de presión. Esta válvula trabaja bajo el mismo principio de funcionamiento de la válvula reguladora de presión ajustable de la unidad de fuerza del banco de ensayo electro-oleohidráulico.

El valor de presión predeterminado en la válvula reguladora es siempre un poco mayor que la presión de trabajo máxima.

La línea de presión de dicha válvula está conectada a la vía P, mientras que la línea de retorno del depósito está conectada a la vía T. La válvula cónica está oprimida contra su asiento por la fuerza del resorte, cerrando el paso entre las vías P y T (ver figura 4.26 a). Esta fuerza puede ser ajustada por medio del tornillo regulador o del ajuste (ver figura .26 d).

La válvula se levanta para abrir el paso cuando la presión a la entrada de la vía P se incrementa suficientemente como para vencer la fuerza del resorte (ver figura 4.26 b). El aceite se escapa a través del paso hacia la compuerta T, previendo de esta manera el incremento ulterior de la presión.

La válvula volverá a cerrarse cuando sea liberada una cantidad de aceite suficiente como para reducir la fuerza originada por la presión de aceite que trata de levantar la válvula contra la fuerza del resorte.

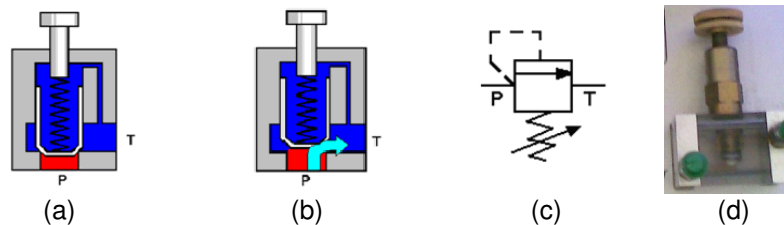


Figura 4.26. Válvula reguladora de presión ajustable: (a) Cerrada, (b) Abierta. (c) Símbolo según las Normas DIN. (Lozano, 2009). (d) Válvula reguladora de presión ajustable del banco de ensayo electro-oleohidráulico.

○ Válvula de regulación de caudal ajustable de 2 vías, compensada

Estas válvulas son muy utilizadas puesto que mantienen las velocidades de los actuadores dentro de unos límites mucho más definidos que las válvulas no compensadas, según explica Barrasco (1998).

Además, en el Curso HYD 2100 (1992) se especifica: “La función de estas válvulas de control de flujo compensado de dos vías en el circuito hidráulico consiste en mantener constante el caudal determinado, pese a las variaciones de carga y/o presión”.

También indica que los cambios en la presión de entrada pueden ocurrir durante la activación o desactivación de un cilindro o motor hidráulico.

Los cambios en la presión de salida pueden ser causados por las variaciones de carga (como, por ejemplo, en el pistón del cilindro). El aceite forzado a través de la válvula de control, tiene que pasar a través de un orificio, ajustado por una válvula de aguja. Los cambios en la posición de la

válvula de aguja cambian el tamaño de apertura del orificio, afectando el caudal.



Figura 4.27. (a) Válvula reguladora de caudal de 2 vías, compensada. (b) Símbolo según las Normas DIN, de la válvula reguladora de caudal. (Barrasco, 1998)

PANEL HYD 2140

Este panel presenta tres (3) tuberías curvadas, la función de cada uno de los tubos es crear resistencia al fluido cuando éste pase a través de ellos. Cada tubo difiere del otro por algún aspecto externo que conlleva a establecer conclusiones acerca de las caídas de presión producidas. El Curso HYD 2100 (1992) establece “Cuando el aceite pasa a través de una tubería, los valores de presión a lo largo de la tubería se reducen gradualmente en dirección del flujo”.



Figura 4.28. Panel HYD 2140.

Estas caídas de presión serán ocasionadas debido los siguientes factores:

- Velocidad del Flujo.
- Caudal.

- Tipo de flujo – Laminar ó Turbulento.
- Viscosidad del Flujo.
- Rugosidad de las paredes del tubo.
- Diámetro interno del tubo.
- Variaciones en el diámetro interno del tubo.
- Curvas, Codos, Válvulas, Orificios.

○ **Tubo de 4 mm de Diámetro – Curvado.**

Esta tubería tiene 4mm de diámetro interno, es la más larga de las tres tuberías, es aproximadamente el doble de largo, además, presenta tres conexiones, una conexión a la entrada, una a la salida y una a la mitad de su longitud. Es bueno recalcar, gracias a que la misma presenta tres conexiones, puede ser utilizada como una T, que permite distribuir el fluido de llegada en dos ramales, ó permite también la conexión de un manómetro en la línea de interés.

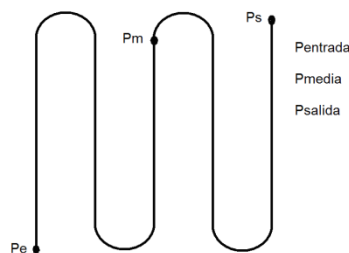


Figura 4.29. Representación gráfica del tubo de 4 mm de diámetro (3 conexiones).

○ **Tubo de 2 mm de Diámetro – Curvado**

Esta tubería presenta un diámetro interno de 2 mm, es de menor longitud que la tubería anterior, aparte de presentar curvaturas muy semejantes. Presenta dos conexiones, cada una se encuentra en los extremos de la tubería. Este tubo origina una resistencia mayor para el sistema, ya que el

líquido sufre el pasar de una tubería de aproximadamente 8 mm de diámetro interno a otra de 2 mm, reduciéndose de manera inesperada la velocidad del fluido.

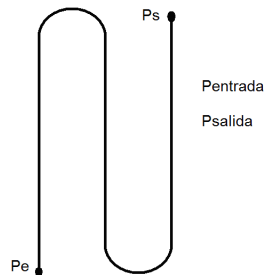


Figura 4.30. Representación gráfica del tubo de 2 mm de diámetro (2 conexiones).

○ **Tubo de 4 mm de Diámetro – con Codos de 90°**

Este tubo presenta un diámetro interno de 4 mm y, en vez de tener curvaturas en su recorrido, tiene dos (2) cilindros vacíos de mayor diámetro, que conectan a cada uno de los tubos (ver figura 4.31), produciendo una acumulación de fluido. Esta tubería es aproximadamente de la misma longitud que la tubería anterior, además de presentar las conexiones para las mangueras en las salidas del mismo.

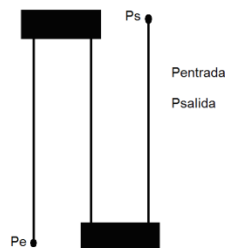


Figura 4.31. Tubo de 4 mm de diámetro – con codos de 90° (2 conexiones).

En la figura 4.32 se observa el símbolo representativo de los tubos, según el curso HYD 2100.



Figura 4.32. Símbolo Representativo de los tubos según lo expone el Curso HYD 2100 (1992)

PANEL HYD 2310

En el Panel HYD 2310 (ver figura 4.33), se encuentran los componentes eléctricos necesarios para la formación de circuitos de lógica cableada. Con estos elementos se puede desarrollarse lógica de control basada en relé en la implementación de sistemas, además de permitir la señalización de eventos al usuario mediante señales sonoras y/o luminosas.

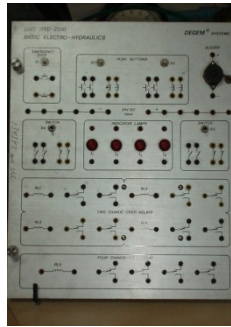


Figura 4.33. Panel eléctrico 2310

Este Panel esta formado por (ver figura 4.33):

- Cinco (5) Relés, donde cuatro (4) de ellos presentan dos (2) Contactos Asociados y el último presenta cuatro (4) Contactos Asociados, siendo cada uno de estos de tipo SPDT.
- Cuatro (4) Indicadores Luminosos.
- Un (1) Indicador Sonoro.
- Dos (2) Interruptores con dos (2) Contactos Asociados Normalmente Abiertos N/O y dos (2) Contactos Asociados Normalmente Cerrados N/C, cada uno.
- Tres (3) Pulsadores, donde cuatro (4) de ellos tienen dos (2) Contactos Asociados Normalmente Abiertos N/O y dos (2) Contactos Asociados Normalmente Cerrados N/C, cada uno, y el Pulsador restante (1)

presenta un Contacto Normalmente Abierto N/O y el otro contacto Normalmente cerrado N/C.

○ Indicadores luminosos

De acuerdo con el Curso HYD 2300, se explica que los Indicadores Luminosos están formados por diodos emisores de luz y pueden ser utilizados para indicar estados en los sistemas de control desarrollados.

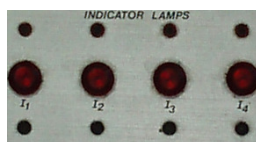


Figura 4.34. Indicadores luminosos del Panel HYD 2310

○ Pulsador

Posee un accionador que activa un mecanismo de conmutación con reposición mediante resorte que activa contactos normalmente abiertos (N/O) ó normalmente cerrados (N/C). Sus símbolos esquemáticos según las Normas DIN se representan en la figura 4.35 (a) y (b), más en el banco de ensayos electro-oleohidráulico se representan como aparece en la figura 4.35 (c) y (d).

Son muy utilizados para el arranque o parada en circuitos de control, en general introducen señales cuando es necesaria la acción del operador.

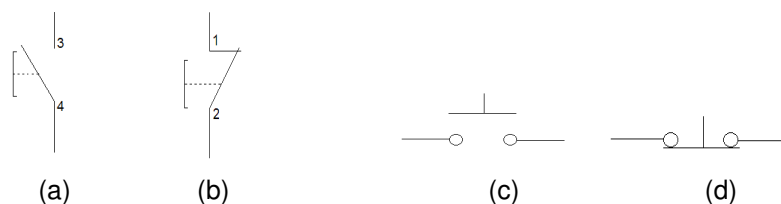


Figura 4.35. Representación de un pulsador (a) Normalmente Abierto N/O y (b) Normalmente Cerrado N/C en los circuitos eléctricos según Normas DIN. Representación de un pulsador (c) Normalmente Abierto N/O y (d) Normalmente Cerrado N/C en el banco de ensayos. (Fowler, 1994)

En la figura 4.36 se observa los pulsadores de parada de emergencia que presenta el panel eléctrico del banco de ensayo.

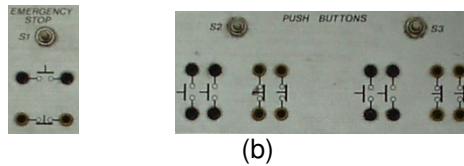


Figura 4.36. (a) Pulsador de parada de emergencia con dos (2) contactos asociados, N/O y N/C. (b) Dos (2) pulsadores con cuatro (4) contactos asociados c/u, dos (2) N/O y dos (2) N/C.

○ Señalización Sonora

La señalización sonora del Panel HYD 2310, se basa en las alternancias de la corriente directa (24 VDC), cuando esta pasa a través de las resistencias internas de la bocina para producir el sonido. Cuando se energiza el dispositivo, la corriente recorre la bobina del electroimán y produce un campo magnético de intensidad variable que hace vibrar la lamina metálica, produciendo el sonido característico.



Figura 4.37. Señalización sonora del banco de ensayos.

○ El relé

Un relé es un interruptor accionado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo (ver figura 4.38 a), rodeada por una bobina de hilo de cobre (electroimán) y es tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina (ver figura 4.38 b). Al pasar una corriente eléctrica por la bobina (ver figura 4.40 a) el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán, el cual atrae a la armadura (ver figura 4.40 a y b), de modo que cuando esto ocurre, la armadura empuja al contacto móvil hasta que toca al otro contacto fijo. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán (ver figura 4.40 c).

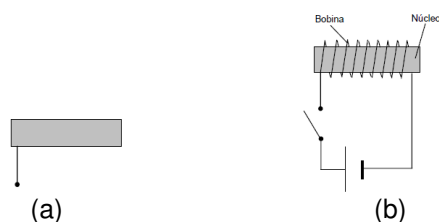


Figura 4.38. (a) Barra de hierro dulce (Núcleo). (b) Elementos constitutivos del electroimán. (Castela, 2009)



Figura 4.39. (a) Partes del Relé conmutador. (www.youtube.com, 2009). (b) Relé conmutador. (www.i-españa.com, 2009).



Figura 4.40. (a) Accionamiento del electroimán cuando pasa corriente a través de él. (b) Posición del relé cuando éste está accionado. (c) Desconexión de la corriente a través del electroimán. (www.youtube.com, 2009)

Los relés expuestos con anterioridad tienen un solo polo con dos posiciones, es decir, un solo contacto móvil que se desplaza cuando el electroimán se energiza, (Castela, 2009). Los relés contenidos en el Panel HYD 2310, contienen dos (2) polos (2 contactos móviles) como se muestran en las figuras 4.41 (a), (b) y (c).

Asimismo, el panel contiene seis (6) relés, de dos polos cada uno, donde cada polo presenta dos posiciones, N/O y N/C (ver figura 4.41 a). En la figura 4.41 (b), se observa la estructura externa del relé presente en el banco de ensayos, el cual al ver su estructura interna (ver figura 4.41 c) se puede identificar que los puntos 1 y 16 son los terminales de la bobina, aparte de esto, se puede detallar que presenta dos contactos, el primero está representado por los terminales 4-6-8 y el segundo se representa por los terminales 13-11-9.

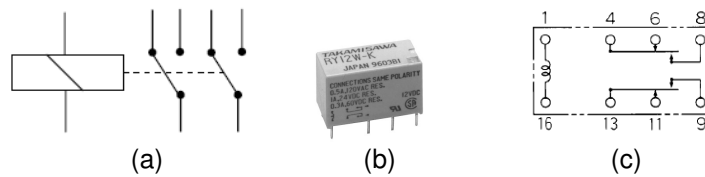


Figura 4.41. (a) Relé conmutador de dos polos, (Castela, 2009). Estructura externa (b) e interna (c) del relé presente en el Panel HYD 2320. (Fujitsu, 2009)

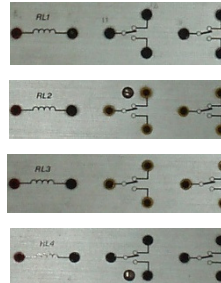


Figura 4.42. Cuatro (4) relés conmutadores de dos polos c/u, pertenecientes al Panel HYD 2310 del banco de ensayos

Como se observa en la figura 4.43 (b), el Panel HYD 2310 tiene cuatro (4) relés de dos (2) contactos c/u (ver figura 4.42), como los mostrados anteriormente, y contienen además el equivalente a un (1) relé de cuatro (4) polos, el cual está formado por dos (2) relés de dos (2) polos c/u como los explicados, pero estos se encuentran conectados en paralelo, para que cumplan la función requerida (ver figura 4.43 a).

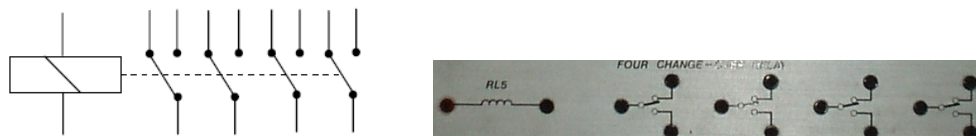


Figura 4.43. (a) Relés conmutadores de cuatro polos, (Castela, 2009). (b) Relé conmutador de cuatro polos del panel del banco de ensayos.

○ Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que permite conectar o desconectar un circuito eléctrico. Estos tienen asociados contactos de tipo normalmente cerrado (N/C), donde el interruptor que se encuentra cerrado abre el circuito, y normalmente abierto (N/O), donde el interruptor que se encuentra normalmente abierto cierra el circuito. Cuentan con un número de polos que determinan el número de circuitos separados que conectan los puntos, como se puede observar en la figura 4.44, en el cual se pueden conectar 4 circuitos

por interruptor. Un interruptor típico de si-no, tiene una conexión en un circuito (mono polo) y un punto de contacto (un recorrido), (Fowler, 1994).

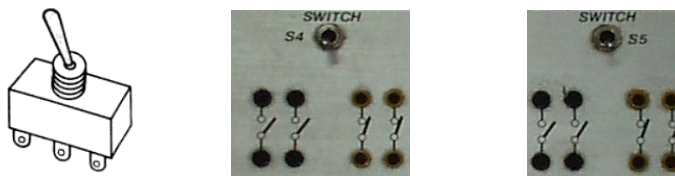


Figura 4.44. Representación de los interruptores de palanca acortada NO y NC del banco de ensayos. (Fowler, 1994)

Tabla 4.2. Características nominales de operación de los elementos eléctricos del Panel HYD 2310. (Fujitsu, 2009)

Elementos Panel HYD 2310	Características nominales de operación
(1) Pulsador parada de emergencia NO / NC	Capacidad de 120 VAC
(2) Pulsadores, con contactos (2) NO / (2) NC c/u.	
(2) Selectores (Interruptores) de dos posiciones (2) NO/ (2) NC c/u.	
(6) relés de dos contactos de tipo SPDT c/u. TAKAMISAWA Modelo: Ry12w-k	Voltaje: 24 VDC Resistencia de la bobina ($\pm 10\%$): 960Ω Potencia Nominal: 150 mW

PANEL HYD 2320

En el Panel HYD 2320 se encuentran todos los elementos de mando accionados eléctricamente. Este consta de tres (3) electroválvulas Oleohidráulicas: 3/2 vías monoestable, 4/2 vías monoestable y por último tiene una válvula 4/3 vías con centro cerrado y centrada por muelles. Estas se explicarán con mayor detalle a continuación.



Figura 4.45. Panel HYD 2320 de banco de ensayos electro-oleohidráulico.

○ Válvula de 3/2 vías accionada eléctricamente, monoestable

Esta válvula posee tres (3) vías y dos (2) posiciones para distribuir el fluido. El conducto de alimentación P se encuentra inicialmente bloqueado. Esta posición de la válvula es conocida como posición de equilibrio, donde el muelle empuja el núcleo contra la salida de la vía P, como se muestra en la figura 4.46 (a), cerrando de ese modo dicha vía. Además, en esta posición la vía A está conectada con la línea T. Al excitar el electroimán el núcleo es atraído, se abre la vía de P hacia A, y el aceite fluye hacia el émbolo de mando, es decir, fluye de P hacia A, esta vía permanecerá abierta mientras el electroimán se encuentra excitado. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso de P hacia A, reactivándose nuevamente el paso de A hacia T.

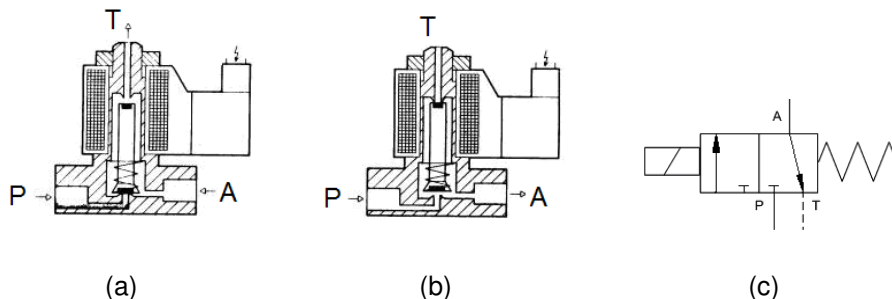


Figura 4.46. Estructura interna de una válvula electro - oleohidráulica 3/2 vías, monoestable. (a) Abierta. (b) Cerrada, (www.sapiensman.com, 2009). (c) Símbolo de la válvula electro - oleohidráulica 3/2 vías, monoestable según Normas DIN.

○ Válvulas de 4/2 vías accionada eléctricamente, monoestable

En la figura 4.47 (a) y (b) se muestra una válvula directamente accionada por solenoide, es decir, el elemento motriz para accionar la corredera deslizante es únicamente un electroimán o un solenoide.

La acción de éste, cuando se encuentra energizado, se traduce en un empuje o una tracción de la corredera. En la figura 4.47 (a) se observa una válvula de cuatro vías, dos posiciones, de retorno por la acción de un resorte, y accionada por el electroimán dibujado al costado derecho de la válvula. Cuando se energiza el solenoide la corredera es empujada por la acción de este hacia la derecha, conectando la vía P hacia A, mientras que la vía B queda drenada al tanque T (ver figura 4.47 a y b). La corriente eléctrica debe ser mantenida sobre el solenoide para que este a su vez mantenga a la corredera empujada totalmente hacia la izquierda. Cuando se corta la corriente, el solenoide se desenergiza, el resorte empuja enérgicamente a su vez a la corredera hacia la derecha conectándose entonces las puertas de P hacia B y de A hacia T de la válvula de la manera mostrada en la figura 4.47 (a).

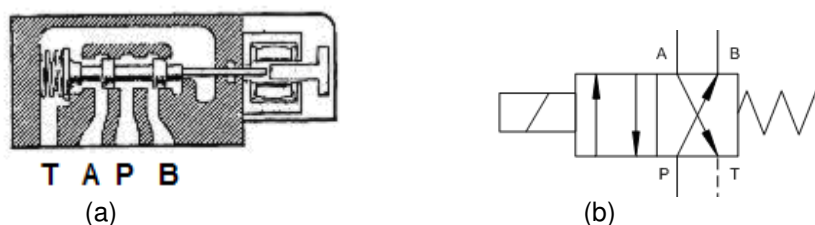


Figura 4.47. (a) Representación gráfica de la estructura interna de la válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica, monoestable, (www.sapiensman.com, 2009). (b) Símbolo representativo de la válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica, monoestable, según las Normas DIN.

○ **Válvula de 4/3 vías con doble accionamiento eléctrico, posición central cerrada, centrada por muelle**

La válvula accionada por doble solenoide, posee dos resortes exactamente iguales en ambos extremos de la corredera; la misma, cuando ningún solenoide está energizado, se auto centrará por la acción del equilibrado provocado por ambos resortes en la posición central de la válvula, esto se refleja en la válvula 4/3 vías en la figura 4.48 (a).

La corriente eléctrica debe ser mantenida sobre el solenoide respectivo todo el tiempo deseado para mantener la corredera en uno de sus extremos. Si un solenoide se desenergiza, estando el otro solenoide desenergizando, los resortes automáticamente llevan a la corredera a su posición central.



Figura 4.48. (a) Válvula 4/2 vías electro-oleohidráulica equilibrada en su centro, (www.sapiensman.com, 2009). (b) Estructura interna de una válvula 4/3 vías de centro cerrado, (Hidráulica Básica 3, 2000)

En la posición central, la bomba descarga al tanque a través de la T, se aíslan A y B, de forma que quedará aceite en ambas ramas y en una de ellas se encuentra a presión (ver figura 4.48 a). Esto hace que la válvula se clasifique de acuerdo a su posición central como una electro válvula 4/3 vías de centro cerrado.

Esta configuración de tipo cerrado bloquea P, T, A y B en neutral, proporcionando un centro cerrado (ver figura 4.48 b). Este tipo cerrado es común en los circuitos paralelos, en los que se desea detener y retener una carga en mitad del ciclo, (Hidráulica Básica 3, 2000).

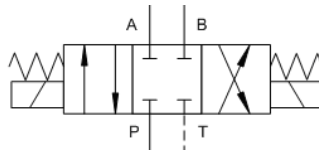


Figura 4.49. Símbolo representativo de la válvula 4/3 vías electro oleohidráulica, con centro cerrado según la nomenclatura de las Normas DIN

PANEL HYD 2330



Figura 4.50. Panel HYD 2330 del banco de ensayos de electro-oleohidráulica

El Panel HYD 2330, contiene todos los elementos encargados de sensar las posiciones de los cilindros, son cuatro (4) detectores eléctricos accionados por rodillo, y se encuentran ubicados en los inicios y finales de carrera de cada uno de cilindro (ver figura 4.50). Además, también contiene un presostato, que se acciona cuando se cumple un nivel de presión en la línea Oleohidráulica, el cual es ajustado por el operario.

○ Interruptor límite de carrera (detectores de posición)

Los interruptores límites de carrera se utilizan para detectar las posiciones durante el del movimiento del vástago, ya sea en su posición de inicio ó cuando éste llega a su extensión máxima.

Cada uno de estos interruptores tiene un contacto de tipo SPDT, los cuales son activados por un accionador de rodillo corto.

El límite de carrera es modelo D4MC-2020, marca OMRON. Estos son interruptores de alta precisión y larga vida útil (10 millones de operaciones

mecánicas aproximadamente), presentan un alto sellado a prueba de polvo y suciedad, y entrada de cables con sellado de goma.

A continuación sus características generales en la tabla 4.3 y las características de operación en la tabla 4.4.

Tabla 4.3. Características generales (OMRON, 2009)

Velocidad de operación	0.05 m a 0.5 m/s (émbolo montaje panel)
Frecuencia de operación	Mecánica: 120 operaciones/máx. Eléctrica: 20 operaciones/máx.
Resistencia de contacto	15 mΩ máx. (inicial)
Resistencia de aislamiento	100 mΩ mín. (a 500 Vc.c.)
Resistencia a vibraciones	Durabilidad de mal función: 10 a 55 Hz, 1.5 mm de amplitud p–p
Temperatura ambiente	Operación: –10° a 80°C (sin hielo)
Humedad	35% a 95% de HR
Vida útil	Mecánica: 10,000,000 operaciones mín. (a OT nominal) Eléctrica: Ver 'Curvas características

Tabla 4.4. Características de operación (OMRON, 2009)

Fuerza de operación (máx.)	300 g (2.94 N)
Fuerza de reposición (mín.)	40 g (0.39 N)
Precarrera (máx.)	6 mm
Sobrecarrera (mín.)	1.5 mm
Carrera diferencial (máx.)	1.5 mm
Posición de operación	40±1 mm
posición libre	47 mm

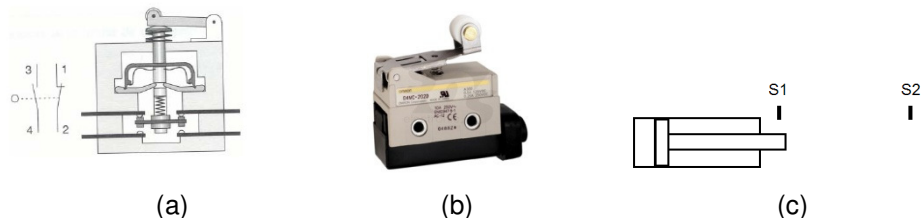


Figura 4.51. (a) Configuración electrónica del contacto, un (1) polo con dos (2) posiciones. Loria (1994). (b) Estructura física del final de los límites de carrera. OMRON (2009). (c) Representación según Normas DIN de los finales e inicios N/O y N/C de carrera

Tabla 4.5 Contactos de los finales de carrera OMRON, (OMRON, 2009)

	Carga no inductiva(A)				Carga inductiva (A)				Corriente máxima (A)	
	Carga resistiva		Carga de lámpara		Carga inductiva		Carga de motor		NC	NA
	NC	NA	NC	NA	NC	NA	NC	NA		
125 Vc.a.	10		3	1.5	10		5	2.5	30 A máx.	15 A máx.
250 Vc.a.			2.5	1.25	10		3	1.5		
8 Vc.c.			3	1.5	6		5	2.5		
14 Vc.c.										
30 Vc.c.	6				5					
125 Vc.c.	0.5		0.4		0.05					
250 Vc.c.	0.25		0.2		0.03					

○ Interruptor de Presión (Presostato)

El Presostato es un interruptor activado hidráulicamente. Un perno de ajuste permite realizar el pre-ajuste o cambiar la presión de conexión. El apriete del perno de ajuste comprime el resorte del interruptor.

Cuando la presión hidráulica en el sistema excede la presión preestablecida, el interruptor de presión se conmutará.

El interruptor presente es N/O (normalmente abierto), de modo que cuando la presión oleohidráulica en la línea sea mayor o igual a la presión preestablecida en él, el interruptor se cerrará, permitiendo el paso de corriente a través de él (ver figura 4.52 a). El interruptor de presión conmutará nuevamente sólo cuando la presión caiga debajo del valor preestablecido. El interruptor de presión opera con Histéresis, (Curso HYD 2300, 1992).

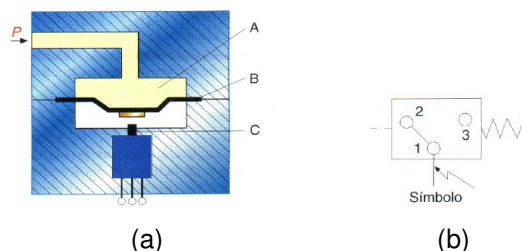


Figura 4.52. (a) Representación gráfica interna del Presostato. (Neumática, 2009). (b) Símbolo representativo del Presostato (Curso HYD 2300, 1992)

4.1.3 Elementos adicionales pertenecientes al banco de ensayo electro-oleohidráulico

Esta sección presenta las especificaciones técnicas de las tuberías flexibles, además de exponer el estado inicial de estas y de algunos elementos pertenecientes al banco. Por tanto, se dará una breve explicación acerca del estado en el que se encontró el banco y las reparaciones hechas, antes de empezar a laborar en él.

○ Aceite hidráulico

Es un lubricante elaborado con base refinada parafínica y con aditivos especiales que le confieren características anti-desgaste, antioxidantes y anticorrosivas. Puede ser aplicado a cualquier sistema hidráulico, (www.prolubca.com, 2009)

Tabla 4.6. Especificaciones del aceite utilizado en el banco de ensayo. (www.prolubca.com, 2009)

HIDRALUB AW 68			
CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES		
	Min.	Tip.	Max.
Gravedad específica a 15.6 °C	0,862	0,8729	0,878
Viscosidad a 100 °C (cSt)	7,9	8,29	10
Viscosidad a 40 °C	64,5	68	74,5
Color	-	2,5	
T.B.N. (mgs. KOH/gr)			
Índice de Viscosidad (I.V.)	95	98	
Punto de Inflamación (°C)	210	220	
Corrosión a la Lámina del Cobre	1B	1B	

Ventajas, (www.prolubca.com, 2009):

- Alta capacidad antiespumante.
- Alta resistencia a la corrosión

- Excelente propiedades de separación de agua.
- Prevee la formación de emulsiones.
- Máxima protección contra el desgaste.
- Presentaciones en ISO 32,46, 68, 100, 150.

○ **Tuberías flexibles**

Las tuberías flexibles hidráulicas son usadas cuando se necesita flexibilidad; estas absorben la vibración resistiendo las variaciones de presión, (Ferreyros, 2006).

○ **Tuberías flexibles presurizadas**

Las tuberías flexibles termo plásticas están construidas con tubo interior de Poliamida 12, con un refuerzo trenzado de fibra sintética de alta resistencia y la cubierta exterior de poliuretano según normas SAE 100 R7 (J.517C). Obteniendo resistencia a las presiones similares a las normas SAE 100 R1 con una considerable reducción de peso por metro y diámetro exterior, (hm Hidromangueras, 2009).

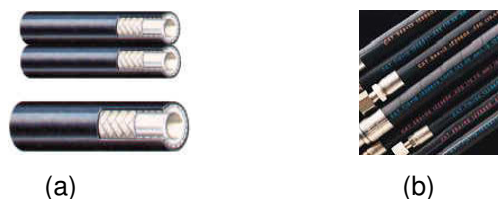


Figura 4.53. (a) Estructura interna de las tuberías flexibles presurizadas del banco de ensayos, (hm Hidromangueras, 2009). (b) Estructura externa de las tuberías flexibles presurizadas del banco de ensayos, (Ferreyros, 2006)

Los acoplamientos son elementos que se utilizan para conectar las mangueras a los componentes o a otras tuberías.



Figura 4.54. Acoplamiento de la tuberías flexibles presurizada. (b) Tipo ajuste del acople

○ Tuberías flexibles de retorno

Las líneas hidráulicas de retorno utilizadas en el banco de ensayos son de marca Good year, modelo SPIRAFLEX SPT 250, la cual presenta terminales rectos, y construcción espiralada. La translucidez de la tubería flexible en la SPT 250 permite el acompañamiento visual de la operación, (Productos Industriales, 2009).



Figura 4.55. Tubería flexible good year spiraflex SPT 250. (Goodyear, 2009)

Tabla 4.7. Características de las tuberías Flexibles del banco, (hm Hidromangueras, 2009 y Productos industriales, 2005)

Especificaciones técnicas de las Tuberías flexibles	
Tuberías Flexibles presurizadas	Aeroquip FC372-03 POLYON SAE 100 R7. Diámetro interno: 3/16" 3000 psi/ 207 bar. 56° C hasta 93° C
Tuberías Flexibles de retorno	Good year SPIRAFLEX SPT 250 Diámetro interno: 1/2" y de 5/8" 250 i. 5°C hasta 50°C

○ Diagnóstico de las partes

El banco electro-oleohidráulico en su estado inicial, no se encontraba en funcionamiento en el laboratorio de Automatización Industrial. Por tanto, lo primero a realizar fue un estudio exterior del mismo, detectando las partes que afectasen su puesta en marcha. Al realizar esto, y previo al inicio de operaciones se decidió cambiar las líneas hidráulicas que éste poseía, las cuales ya se encontraban dañadas por el tiempo en desuso como se puede ver figura 4.56 (a). Además, el manómetro que mide la presión de suministro de la bomba se hallaba en mal estado, como se muestra en figura 4.56 (b).



Figura 4.56. Estado inicial de las tuberías flexibles del banco. (b) Manómetro deteriorado

Estos accesorios en mal estado, fueron reemplazados (ver figura 4.57). Y, una vez cambiados estos elementos, se colocó en funcionamiento el banco, realizando montajes con los accesorios que lo componen, identificando así, el estado de las válvulas y demás accesorios, los cuales se encontraron en estado óptimo.

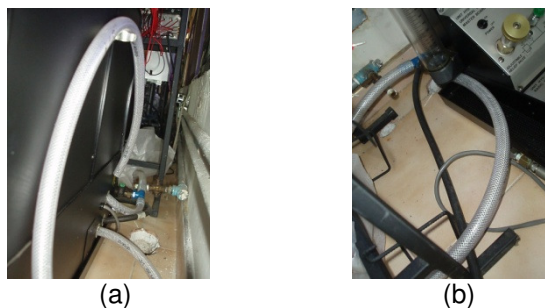


Figura 4.57. Tuberías flexibles nuevas instalas en el banco de ensayos electro-oleohidráulico

4.2 Tipos de tecnologías de control aplicables al banco de ensayo de electro-oleohidráulica

El equipo de pruebas presenta elementos con los cuales es posible desarrollar sistemas controlados en cadena abierta y cerrada, circuitos básicos de control, así como realizar esquemas de control retroalimentado. Con el uso de los autómatas programables presentes en el laboratorio es posible agregar operaciones de temporización, conteo y comparación, entre otros.

A continuación se describen las tecnologías de control presentes en el laboratorio (lógica relé y PLCs) aplicables al banco de ensayo.

4.2.1 Elementos oleohidráulicos

Para la realización de sistemas oleohidráulicos puros, en donde la forma de activar los componentes de mando de estos esquemas es mediante la intervención del operario, el banco de ensayo dispone principalmente de tres válvulas de accionamiento manual (específicamente de tipo palanca). Aunque en el punto anterior (descripción de los elementos presentes en el banco) se describen sus características, estos elementos son los siguientes:

- Válvula 3/2 vías, accionamiento por palanca con retorno por muelle
- Válvula 4/2 vías, accionamiento por palanca con retorno por muelle
- Válvula 4/3 vías, con accionamiento por palanca con establecimientos de detención

Con estos elementos es posible desarrollar esquemas donde se tiene acción sobre el elemento final en lazo abierto solamente.

En dichos montajes se pueden utilizar las tres válvulas y los dos cilindros doble efecto al mismo tiempo, pero las funciones que realizarán

serán independientes entre sí. Es decir, debido a que los circuitos obtenidos son de tipo de cadena abierta, el banco no dispone de elementos oleohidráulicos que permitan relacionar las acciones de un cilindro con el otro.

Ya que los actuadores presentes en el banco de ensayo son de doble efecto, las válvulas oleohidráulicas que pueden tener una acción directa en estos componentes, son las válvulas 4/2 y 4/3 vías. Es decir, se pueden realizar esquemas en donde los cilindros sean gobernados por estos elementos, dejando que la válvula 3/2 vías produzca un efecto indirecto sobre cualquiera de estos dos cilindros, mediante la utilización de la válvula anti-retorno pilotada.

De esta forma el banco de ensayo cuenta con elementos que pueden aprovecharse para esquemas en donde el mando sea totalmente oleohidráulico, pudiendo utilizar componentes para la regulación de la velocidad (válvulas reguladoras de caudal) de los cilindros así como detención en su carrera (válvulas anti-retorno).

4.2.2 Elementos electromecánicos y electro-oleohidráulicos

El banco de ensayo cuenta con elementos para la aplicación de la lógica a relé, controlando los sistemas a emplear mediante el desarrollo de circuitos básicos. Permitiendo la implementación de sistemas a lazo abierto, haciendo uso de señales eléctricas. Principalmente posee 6 relés (4 relés de 2 polos cada uno, y dos relés de dos polos conectados en paralelo para formar uno solo), con los cuales se pueden realizar circuitos de marcha y parada, así como circuitos de auto-retención.

La lógica a relé puede emplearse para accionar las electroválvulas disponibles en el banco de ensayo y así gobernar los cilindros de doble efecto disponibles, las electroválvulas son:

- Electroválvula 3/2 vías, con retorno por muelle
- Electroválvula 4/2 vías, con retorno por muelle

- Electroválvula 4/3 vías, centro cerrado con retorno por muelle

De esta forma los dos cilindros de doble efecto disponibles pueden ser controlados de forma directa por dos de estas tres electroválvulas (4/2 y 4/3 vías), y la otra de manera indirecta (3/2 vías) ya que el banco no cuenta con un cilindro oleohidráulico de simple efecto.

Mediante la implementación de esquemas de control basados en relé e incorporando los detectores de posición (limit switch), es posible realizar sistemas de lazo cerrado. Donde se introduce la retroalimentación de las variables: posición de vástagos de los cilindros (mediante los detectores de posición) y presión (mediante presostato).

4.2.3 Dispositivos lógicos programables

Los autómatas programables con los que cuenta el laboratorio de Automatización Industrial (dos PLCs SIEMENS y un PLC LG), permiten realizar sistemas de control en los cuales se pueden agregar funciones especiales.

Las principales características tanto del software y hardware de cada uno de ellos se mencionan a continuación:

○ Características del Hardware del PLC SIEMENS

La figura 4.58 muestra la interconexión de un Micro-PLC S7-200 que incluye una CPU S7-200, un PC, el software de programación STEP 7-Micro/WIN y un cable de comunicación, Siemens AG (1998).

Para la comunicación entre la CPU 224(con el que cuenta el laboratorio), y el PC, se utiliza el cable PC/PPI, en donde la configuración se realizará con un solo maestro y sin ningún otro equipo de hardware instalado (Ej. Un módem o una unidad de programación). Presentando opciones tales como: Dirección de CPU, timeout, velocidad de transferencia y dirección de estación más alta, para el ajuste de la interfaz.

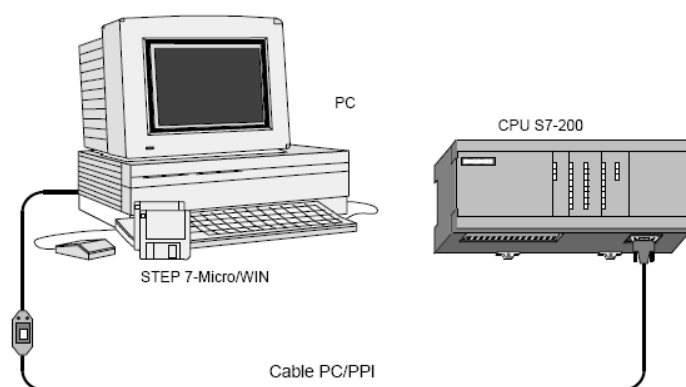


Figura 4.58. Interconexión de un Micro-PLC S7-200. (Siemens AG, 1998)

En la figura 4.59 (a) puede observarse la apariencia externa que presenta un autómata de la familia S7-200. Se trata de un CPU-222 en donde la distribución de componentes es exactamente la misma que un CPU-224 variando la cantidad de E/S, potenciómetros analógicos, etc. (Manual CPU 224, 2005).

Alimentación

El S7-200 ofrece alimentación tanto en 5 VDC como 24 VDC:

- Dispone de una fuente de alimentación para sensores de 24 VDC que puede suministrar esta tensión para las entradas locales o para las bobinas de relés en los módulos de ampliación.
- La CPU alimenta también con 5 VDC los módulos de ampliación cuando se conectan al módulo base, Siemens AG. (1998).

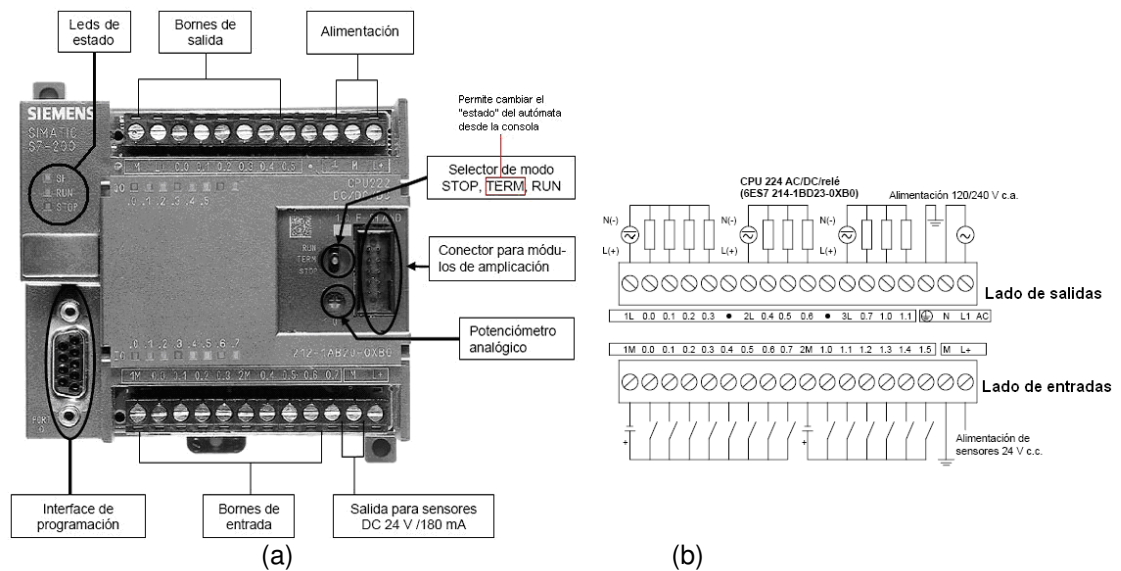


Figura 4.59. PLC SIEMENS. (a) Estructura del CPU 224(Manual CPU 224 2005). (b) Conexiones de entradas y salidas. (Siemens AG, 1999)

En la figura 4.59 (b) se muestra las conexiones para un PLC SIEMENS de 14 entradas y 10 salidas (igual cantidad de E/S del CPU 224 con que cuenta el laboratorio), en donde difiere en la ubicación de las mismas para los montajes que se representarán más adelante (entradas arriba y salidas abajo), lo cual se realizó a conveniencia para un mejor entendimiento de las conexiones de los elementos del banco de ensayo con el autómata programable.

○ Características de Software del PLC SIEMENS

El PLC SIEMENS presente en el laboratorio de automatización Industrial, soporta los siguientes lenguajes de programación:

- La lista de instrucciones (AWL)
- El esquema de contactos (KOP)
- Lenguaje de diagrama de funciones (FUP)

Listado de instrucciones (AWL)

Este incluye una lista de instrucciones que se ejecutan secuencialmente dentro de un ciclo. Una de las principales ventajas que presenta es que

cualquier programa creado en el lenguaje de diagrama de funciones o el esquema de contactos puede ser editado por la lista de instrucciones, no así a la inversa.

El esquema de contactos (KOP)

Este lenguaje también llamado lenguaje de escalera permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos. Los programas se dividen en unidades lógicas pequeñas llamadas Networks, y el programa se ejecuta segmento a segmento, secuencialmente, y también en un ciclo. Las operaciones se representan mediante símbolos gráficos que incluyen 3 formas básicas:

- Contactos: representan condiciones lógicas de “entrada” Ej.: interruptores, botones, condiciones internas, etc.
- Bobinas: representan condiciones lógicas de “salida”, actuadores
- Cuadros: representan operaciones adicionales tales como temporizadores, contactores u operaciones aritméticas

Las ventajas de KOP o Ladder son:

- Facilita trabajo de programadores principiantes
- La representación gráfica ayudada de la aplicación “estado de programa” colabora a la fácil comprensión del desarrollo del código.
- Se puede editar con AWL

Lenguaje de diagrama de funciones (FUP)

Consiste en un diagrama de funciones que permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares de los de las puertas lógicas. El estilo de representación en forma de puertas gráficas se adecua especialmente para observar el flujo del programa (Sáez, 2005).

Descripción de las operaciones en los lenguajes de programación

En la figura 4.60 se muestran las descripciones que tienen las operaciones al momento de ser identificadas en los programas, en donde se tomo un ejemplo de una operación, la cual puede ser representada en los tres lenguajes de programación. Para la realización de los montajes que se representan mas adelante se utilizaron los elementos pertenecientes al lenguaje de diagrama de escalera (tanto para el PLC SIEMENS como para PLC LG). En dichos montajes se describen de forma más detallada las características de los elementos a continuación.

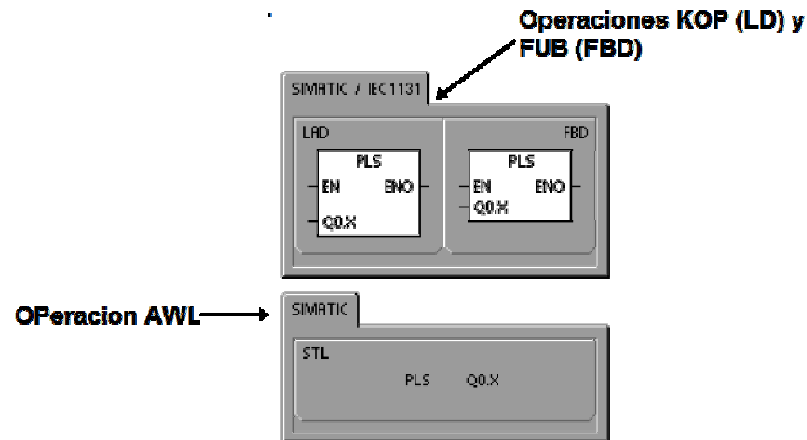


Figura 4.60. Descripciones de las operaciones. (Siemens AG, 1998)

La representación de los elementos básicos así como de los bloques de funciones es diferente en cada lenguaje de programación como se observa en las figuras 4.61 y 4.62.

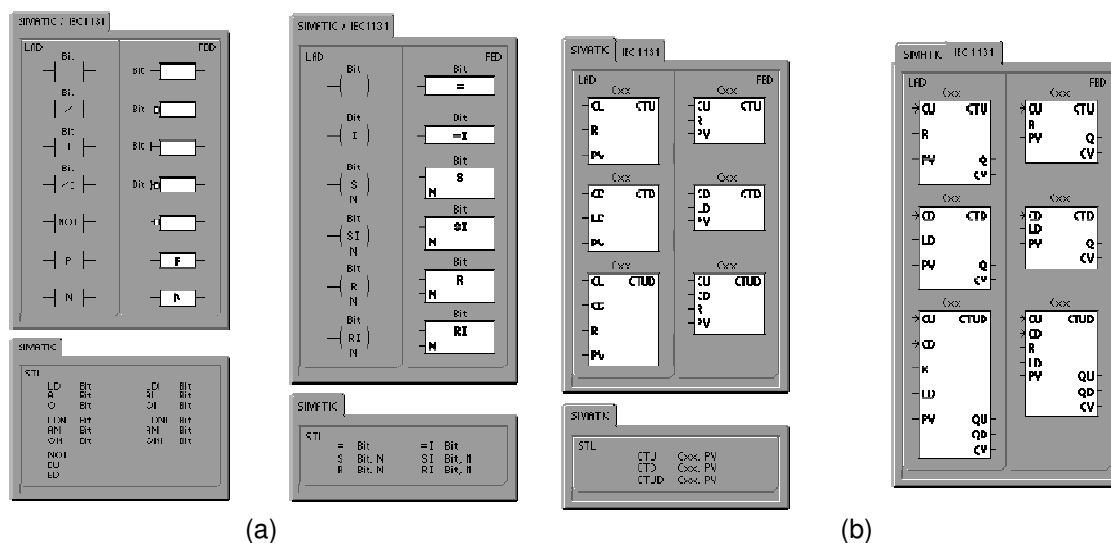


Figura 4.61. (a) Representación de los contactos y bobinas en los diferentes lenguajes. (b) Representación de los contadores en los diferentes lenguajes. (Siemens AG, 1998)

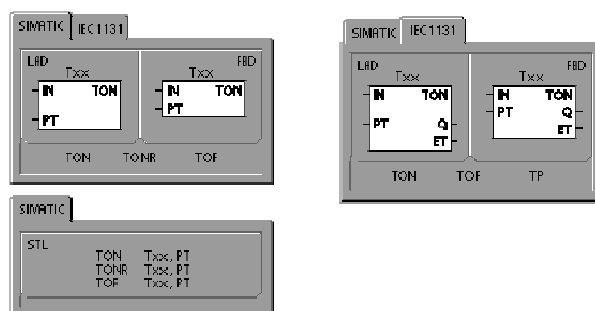


Figura 4.62. Representación de los temporizadores en modo SIMATIC e IEC. (Siemens AG, 1998)

○ Características del Hardware del PLC LG

El PLC LG cuenta con el sistema Cnet I/F, usado para la comunicación entre la unidad principal y los dispositivos externos usando la interfaz RS-232C/RS-422. Además, el modelo GM7U ha incorporado un puerto RS-232C, como muestra la figura 4.63.

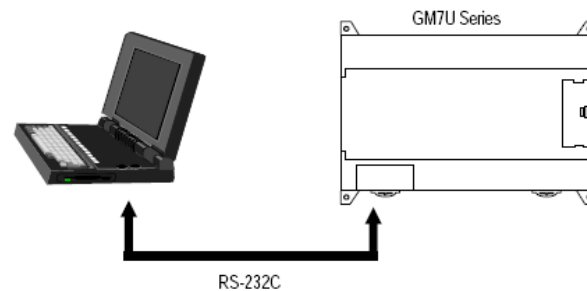


Figura 4.63. Comunicación entre PC y GM7U a través del puerto incorporado RS-232C. (GM7 Series, 1995)

Unidad principal del PLC LG (GM7-DR30U)

El laboratorio de Automatización cuenta con dos modelos CPU GM7-DR30U del PLC LG. Este modelo se puede observar en la figura 4.64. Mientras que en la figura 4.65 se muestra la conexión de 18 entradas y 12 salidas que tiene este autómata programable, así como el voltaje que manejan.

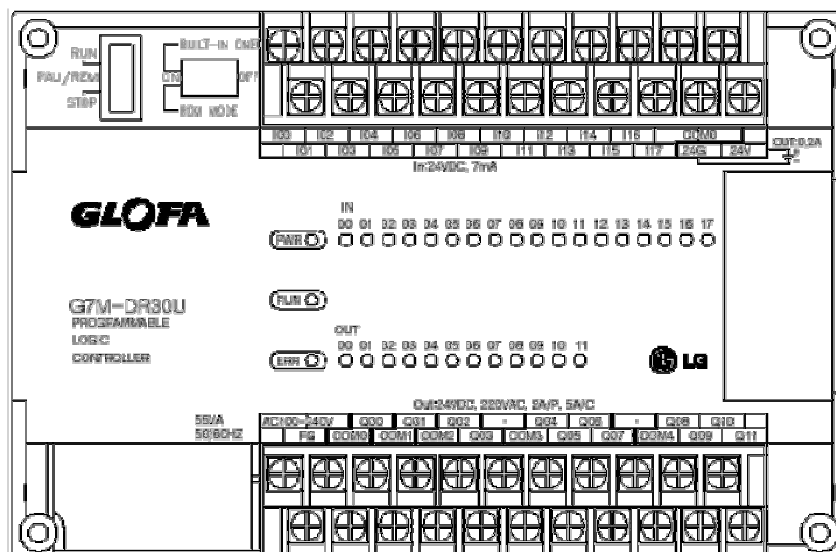


Figura 4.64CPU GM7-DR30U. (GM7 Series, 1995)

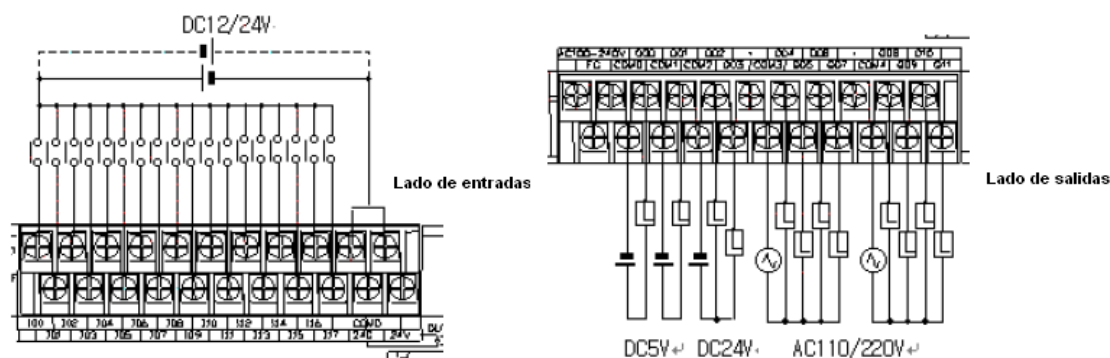


Figura 4.65 Conexiones de entradas y salidas para el PLC LG. (GM7 Series, 1995)

Diagrama de circuito de la entradas y salidas

En las figuras 4.66 y 4.67 se muestran los diagramas de circuito tanto para las entradas y las salidas respectivamente del PLC LG.

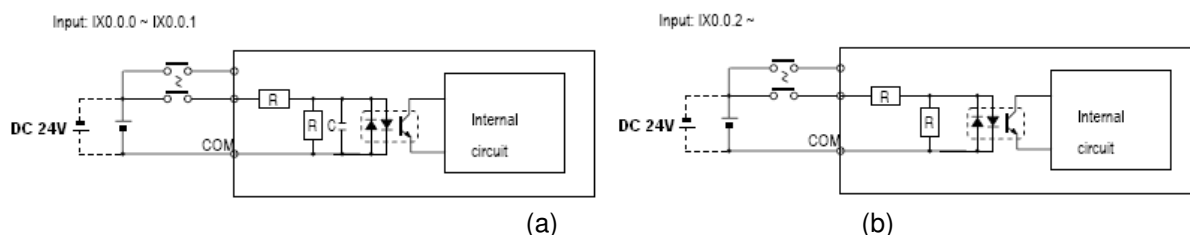


Figura 4.66. (a) Diagrama de circuito para la entrada IX0.0.0 y IX0.0.1. (b) Diagrama de circuito para la entrada IX0.0.2. (GM7 Series, 1995)

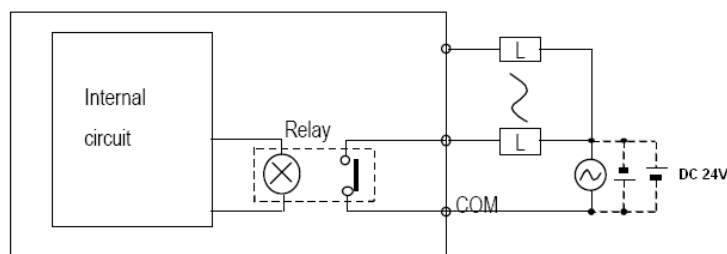


Figura 4.67. Diagrama de circuito para las salidas. (GM7 Series, 1995)

○ Características de Software del PLC LG

Los dos PLC LG disponibles, para la aplicación en el banco de ensayo, asisten los siguientes lenguajes de programación:

- Lenguaje SFC
- Lista de instrucciones
- Diagrama de escalera

La información y símbolos en tablas que se muestran a continuación en los siguientes lenguajes de programación son referentes al PLC LG con el que cuenta el laboratorio de Automatización Industrial.

Lenguaje SFC

Este lenguaje establece el método de conexión de la aplicación del programa dividiendo en pasos, en donde la transición se relaciona con la acción y cada paso tiene que ver con su condición (GM7 Series, 1995).

El lenguaje SFC presenta la siguiente estructura:

- **Pasos:** Indica las etapas de la secuencia de control
- **Transiciones:** La condición de transición será descrita por el lenguaje IL o LD del PLC.
- **Acciones:** La acción es realizada en el lenguaje IL o LD del PLC y es ejecutada mientras el paso esta activo.

Lista de instrucciones (IL)

Es el tipo de lenguaje ensamblador, el puede ser aplicado a un simple sistema de PLC.

Este lenguaje está conformado por:

- **Instrucciones:** El lenguaje IL consiste en la secuencia de comandos.
- **Etiqueta:** Se utilizan como operando para algunas operaciones, tales como saltos.
- **Modificador:** El modificador de caracteres debe completar el nombre del operador, sin caracteres en blanco entre ellos.

En la tabla 4.8 se muestran los modificadores de este tipo de lenguaje

Tabla 4.8. Modificadores de las listas de instrucciones. (GM7 Series, 1995)

Tipo	Características	Semántica
(	Modificador	La operación se retrasa
)	Operador	La Evaluación retrasada se utiliza con la operación "("

Operadores básicos

Algunos de los operadores básicos que maneja el lenguaje de lista de instrucciones son los siguientes:

Tabla 4.9. Operadores básicos de las listas de instrucciones. (GM7 Series, 1995)

Nº	Operador	Modificador	Operando	Semántica
1	LD	N	Dato	Establece iguales resultados actuales al operando
2	ST	N	Dato	Almacena los resultados actuales del operador
3	S		BOOL	Si CR es BOOL 1, fija el operando Booleano en 1
	R		BOOL	Si CR es BOOL 1, fija el operando Booleano en 0
4	AND	N,(	Dato	Booleano AND Operación
5	OR	N,(	Dato	Booleano OR Operación

Diagrama de escalera (LD)

Representa el esquema del PLC a través de signos gráficos como el contacto o la bobina, utilizados en el diagrama de lógica de relé.

- **Carriles de poder:** Son líneas de alimentación que se colocan verticalmente en ambos lados, izquierdo y derecho en la gráfica del diagrama LD (tabla 4.10).

Tabla 4.10. Carriles de poder del lenguaje LD. (GM7 Series, 1995)

Nº	Símbolo	Descripción
1		Carril de poder izquierdo. (Se adjunta la conexión con la línea horizontal). Tiene el valor BOOL 1 siempre.
2		Carril de poder derecho. (Se adjunta la conexión con la línea horizontal). El valor no esta definido.

- **Línea de conexión:** Estas líneas se utilizan para conectar sea un contacto o una bobina. Hay dos tipos de conexión de una línea de LD: conexión de la línea horizontal y conexión de la línea vertical (tabla 4.11).

Tabla 4.11. Líneas de conexión del lenguaje LD. (GM7 Series, 1995)

Nº	Símbolo	Descripción
1		La línea de conexión horizontal transmite el valor desde el lado izquierdo hasta el lado derecho
2		La línea de conexión derecha

- **Contactos:** Los símbolos de lo contactos estándar que se pueden utilizar en el diagrama de escalera se muestran en la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Contactos del lenguaje LD. (GM7 Series, 1995)

Contactos estáticos		
Nº	Símbolo	Nombre
1		Contacto normalmente abierto
2		Contacto normalmente cerrado
Contactos de transición-detención		
3		Contacto positivo de transición-detención
4		Contacto negativo de transición-detención

- **Bobinas:** Los símbolos de las bobinas para el lenguaje de diagrama en escalera se muestran en la tabla 4.13.

Tabla 4.13. Bobinas del lenguaje LD .GM7 Series (1995)

Bobinas Momentáneas		
Nº	Símbolo	Descripción
1		Bobina
2		Bobina negativa
Bobinas de cierre		
3		Bobina SET
4		Bobina RESET
Bobinas de transición-detección		
5		Bobina positiva de transición-detección
6		Bobina negativa de transición-detección

En la tabla 4.14 se muestra algunos de los bloques de función del diagrama de escalera del PLC LG. Los cuales fueron los utilizados para realizar algunos de los montajes que se representan más adelante, en donde se describe las características y función que cumplen cada uno de ellos.

Tabla 4.14. Bloques de función del lenguaje del diagrama de escalera. (GM7 Series, 1995)

Bloque de función	Descripción
	Contador decremental
	Contador incremental
	Temporizador ON Delay

4.3 Montajes Oleohidráulicos, electro-oleohidráulicos y con PLC

En esta parte, se describen diferentes montajes que se pueden realizar con los elementos oleohidráulicos puros y electro-oleohidráulicos pertenecientes al banco de ensayo de electro-oleohidráulica así como la utilización de los PLC SIEMENS y LG.

En dichos montajes se representa el diagrama de potencia, conexión de los elementos electro-oleohidráulicos (en el caso de los montajes electro-oleohidráulicos) y conexión de los elementos de cada montaje al PLC (en el caso de los montaje donde se utilicen los PLC respectivos).

4.3.1 Mando directo de un cilindro de doble efecto con interrupción de desplazamiento en punto intermedio de su carrera

Se quiere un sistema, en el cual un cilindro doble efecto (inicialmente retraído) se extienda y retraiga cuando se accione una válvula 4/3 vías, con la opción de que el vástago se pueda detener, extenderse ó retraerse en cualquier punto de su recorrido (si llega a su final de carrera solo podrá quedarse en ese punto ó retraerse, igual sucede si se encuentra su inicio de carrera, donde solo podrá extenderse o permanecer en esa posición), regulando su velocidad de extensión y retracción.

El esquema está conformado por un cilindro de doble efecto gobernado por una válvula 4/3 vías con accionamiento por palanca con establecimientos de detención. En donde se utiliza una válvula reguladora de caudal bidireccional para modificar la velocidad de extensión y retracción del vástago. La forma en como se conectan los elementos del montaje se muestran en la figura 4.68.

Al cambiar la posición de la válvula 4/3 vías mediante el accionamiento de la palanca (posición para permitir la extensión del cilindro), el fluido pasa por la válvula reguladora donde es reducido su caudal. Este hecho permite que la extensión del vástago sea lenta. En donde el cilindro se puede detener en su recorrido, mediante el accionamiento de la válvula hacia su posición central nuevamente, ya que el fluido proveniente de la fuente de alimentación (que entra por la vía P) retorna al tanque por la vía T mientras que A y B permanecen cerradas. En este punto, el cilindro doble efecto se puede devolver a su posición inicial o puede seguir extendiéndose. Todo depende de la posición de la válvula 4/3 vías.

Si se desea la retracción del vástago del cilindro, las vías de la válvula deberán estar comunicadas de la siguiente forma: vías P-B y A-T (ver figura 4.68). En donde la válvula reguladora estrangula el flujo de aceite, permitiendo que el vástago tenga una retracción lenta. Si se quiere que siga extendiéndose se deberá regresar la válvula al primer cambio de posición (vías P-A y B-T comunicadas).

La utilización de ésta válvula 4/3 vías permite que el cilindro se detenga en cualquier punto de su carrera con solo cambiar, mediante la palanca, a su posición central ya que dicho elemento no posee un retorno por muelle. Es decir que se puede quedar en cualquier de las tres posiciones, hasta que el operario decida cambiar la ubicación de la misma.

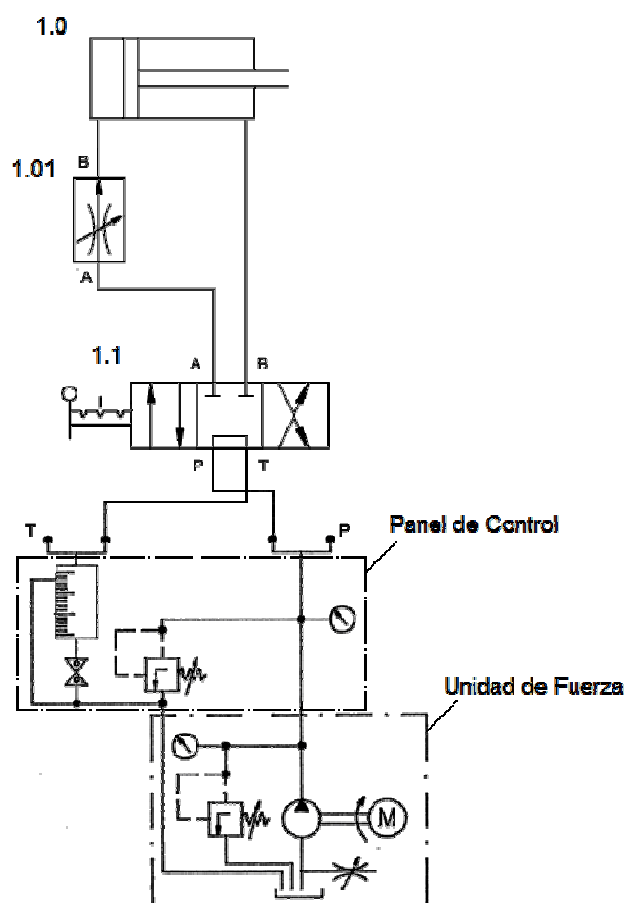


Figura 4.68. Montaje oleohidráulico utilizando la válvula 4/3 vías con palanca con establecimientos de detención

Tabla 4.15. Identificación de los elementos del montaje oleohidráulico utilizando la válvula 4/3 vías con palanca con establecimientos de detención

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro de doble efecto
1.01	Válvula reguladora de caudal
1.1	Válvula 4/3 vías

Para las siguientes representaciones de los montajes (oleohidráulicos, electro-oleohidráulicos y con PLCs), el panel de control y la unidad de fuerza (como se observa en la figura 4.68) se simplificarán, enfocándose mas en los elementos del circuito oleohidráulico y actuadores del sistema.

4.3.2 Mando directo de un cilindro de doble efecto con retracción condicionada mediante válvula distribuidora adicional

Se requiere que un cilindro (inicialmente extendido) se retraiga al presionar 2 palancas simultáneamente. Y al ser liberada la palanca de la válvula de mando, el vástago del cilindro deberá extenderse nuevamente. Una de dichas palancas accionara a una válvula anti-retorno.

El diagrama está conformado por un cilindro de doble efecto gobernado por una válvula 4/2 vías accionada por palanca y retorno por muelle. Una válvula 3/2 vías accionada por palanca y retorno por muelle, una válvula anti-retorno pilotada.

Los elementos utilizados están conectados de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.69:

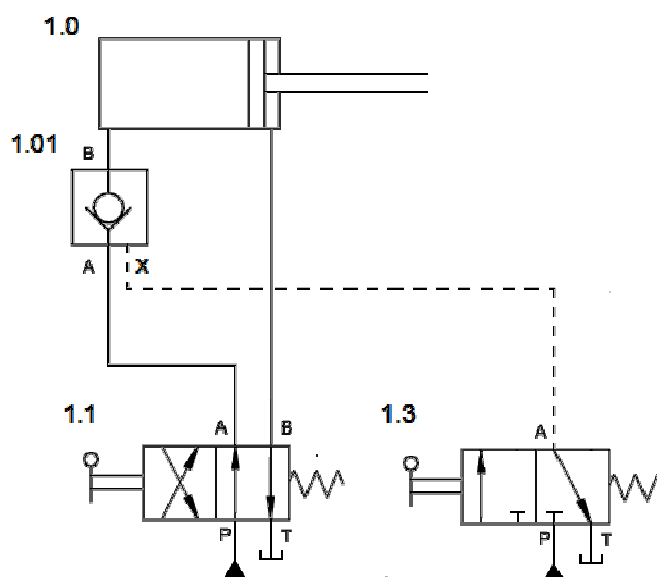


Figura 4.69. Montaje oleohidráulico utilizando una válvula 4/2 vías con accionamiento por palanca

Estando el cilindro inicialmente extendido, la forma de que se retraiga es accionando al mismo tiempo las dos válvulas, es decir la 3/2 vías y 4/2 vías. Ya que si solo se activa la válvula 4/2 vías, la válvula anti-retorno no dejará pasar el flujo. Siendo la forma de activarla mediante la válvula 3/2 vías. Es decir, dicho elemento accionará por medio de la vía X a la válvula anti-retorno para que el aceite pueda pasar hacia la válvula 4/2 vías (ver figura 4.69).

Al estar también activada la válvula 4/2 vías, el cilindro de doble efecto comenzará su retracción. En cualquier punto de su recorrido, si se deja de actuar sobre dicha válvula, el cilindro volverá a extenderse.

Tabla 4.16. Identificación de los elementos del montaje oleohidráulico utilizando una válvula 4/2 vías con accionamiento por palanca

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro de doble efecto
1.01	Válvula anti-retorno pilotada
1.1	Válvula 4/2 vías con retorno por muelle
1.3	Válvula 3/2 vías con retorno por muelle

4.3.3 Accionamiento de un actuador mediante un interruptor y mediante un pulsador

Se desea lograr la extensión del cilindro mostrado en la figura 4.70 cuando se oprima un pulsador o cuando se accione un interruptor.

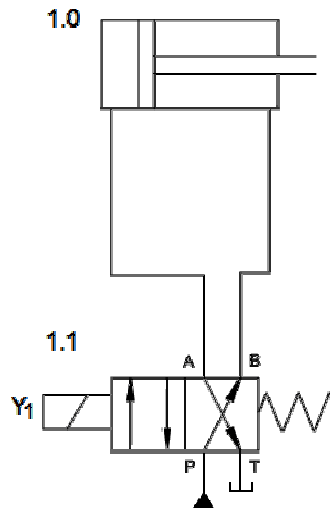


Figura 4.70. Sistema de control accionado mediante un pulsador y mediante un interruptor

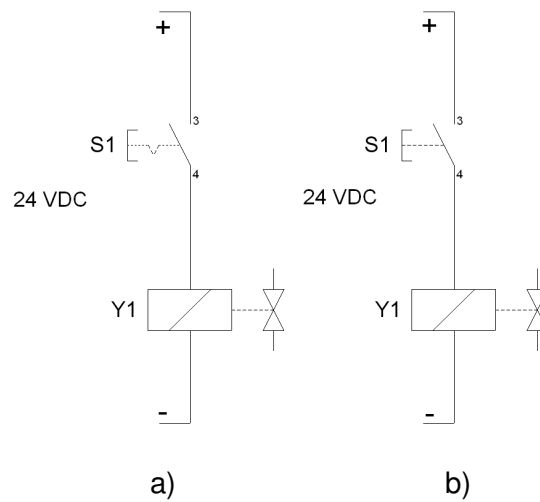


Figura 4.71. Esquema eléctrico del sistema de control accionado por interruptor (a) por pulsador (b).

Tabla 4.17. Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción del cilindro accionado por un interruptor. Montaje “a”

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
1.1	Electroválvula 4/2 vías monoestable
S1	Interruptor

Tabla 4.18. Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción del cilindro accionado por un pulsador. Montaje “b”

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
1.1	Electro válvula 4/2 vías monoestable
S1	Pulsador

Este sistema de control está conformado por un cilindro el cual, es gobernado por una electroválvula oleohidráulica, 4/2 vías monoestable (ver figura 4.70). Dicha válvula deberá conmutar al recibir una señal eléctrica, que puede provenir ya sea de la activación de un interruptor o, al oprimir un pulsador (ver figura 4.71). La finalidad de éste montaje es denotar la diferencia de comportamiento, que se produce en el uso de estos elementos, por tanto, se da a continuación una explicación acerca de los resultados obtenidos.

a) Un INTERRUPTOR, el cual una vez activado, energizará mediante accionamiento directo la bobina de la electroválvula lográndose la extensión completa del cilindro. Este cilindro quedará extendido mientras no cambie la posición del interruptor; una vez que éste sea liberado, el cilindro se retraerá automáticamente hasta su posición inicial. Si durante el momento de retracción del cilindro se acciona el interruptor, entonces el cilindro volverá a extenderse.

b) Un PULSADOR, el cual debe mantenerse presionado para lograr la extensión del cilindro hasta su final de carrera. Al dejar de presionar el pulsador, el cilindro se retraerá automáticamente hasta su posición inicial.

4.3.4 Regulación de la velocidad de extensión del vástago de un cilindro oleohidráulico

Al presionar un interruptor, un cilindro deberá extender su vástago con velocidad regulable hasta su final de carrera, donde debe permanecer extendido hasta que se vuelva a presionar dicho interruptor, produciéndose la retracción del mismo hasta su posición de inicio.

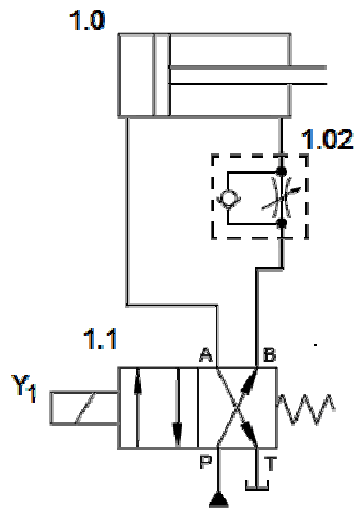


Figura 4.72. Montaje para la regulación de la velocidad de extensión del vástago del cilindro.

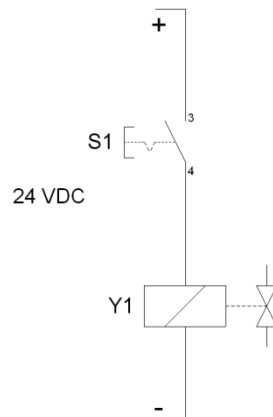


Figura 4.73. Esquema eléctrico utilizado para el accionamiento de la electroválvula 4/2 vías monoestable.

Tabla 4.19. Identificación de los elementos utilizados para la regulación de la velocidad de extensión del vástago del cilindro.

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
1.02	Válvula reguladora de caudal unidireccional
1.1	Electroválvula 4/2 vías monoestable
S1	Interruptor

Un cilindro oleohidráulico de doble efecto será gobernado por una electroválvula monoestable de 4/2 vías, que conmutará al pulsar un interruptor, produciéndose así la extensión lenta del vástago del cilindro, la cual es producto del ajuste de la válvula reguladora de caudal. Cuando el cilindro haya llegado a su final de carrera deberá permanecer en esa posición hasta que se desactive el interruptor, logrando así la retracción del mismo hasta su posición de inicio.

La velocidad de extensión del cilindro es controlada por medio de una válvula reguladora de caudal unidireccional, que restringe el paso del fluido en el vaciado de la cámara del vástago, es decir, la lenta extensión del vástago del cilindro será causada por el ajuste realizado en la válvula reguladora, la cual se graduó para que permita el mínimo paso en el caudal de retorno de la cámara del vástago. De modo que al accionarse la electroválvula, ésta permite el llenado de la cámara mayor, pero en la cámara del vástago se forma una acumulación del aceite que debe retornar para permitir la extensión, siendo esto una consecuencia directa del ajuste realizado.

El cambio de posición de la electroválvula se realizará mediante el accionamiento del interruptor S1. Al presionar dicho interruptor se energizará la bobina Y1 de la válvula, permitiéndose el paso del fluido a la cámara del émbolo, provocando que el vástago se extienda lentamente. El cilindro al llegar a su final de carrera permanecerá extendido hasta que se libere el interruptor, la bobina Y1 se desenergizará, regresando la válvula a su posición estable, ocasionando la retracción del cilindro.

4.3.5 Regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro oleohidráulico

Al activar un interruptor se extenderá con velocidad regulable el vástago de un cilindro de doble efecto, el cual, al llegar a su final de carrera permanecerá extendido hasta volver a presionar el interruptor, donde el cilindro se retraerá (con velocidad regulable) nuevamente a su posición de inicio. Como condición del sistema se pide que la velocidad de extensión y retracción del vástago, sean iguales.

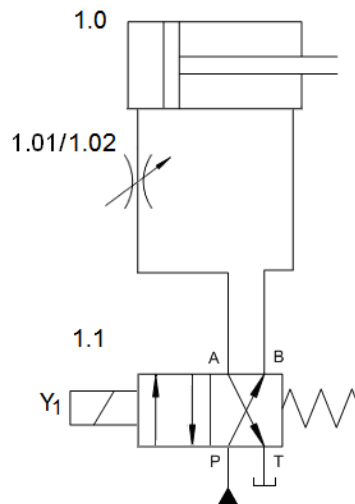


Figura 4.74. Montaje para la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro.

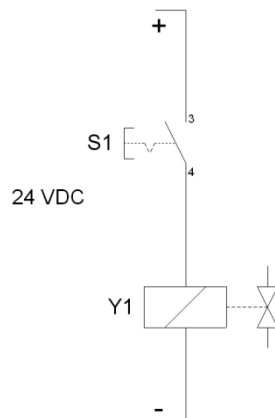


Figura 4.75. Esquema eléctrico utilizado en la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del cilindro de doble efecto.

Tabla 4.20. Identificación de los elementos utilizados para la regulación de la velocidad de extensión y de retracción del vástago de un cilindro.

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
1.01/1.02	Válvula reguladora de caudal bidireccional
1.1	Electroválvula 4/2 vías monoestable
S1	Interruptor

Se tiene un cilindro doble efecto gobernado por una electroválvula 4/2 vías monoestable, la cual al presionar el interruptor se activará, cambiando de posición provocándose así el paso del fluido a la cámara del emboló. Cuando el cilindro haya llegado a su final de carrera deberá permanecer en esa posición hasta que se desactive el interruptor, logrando así la retracción del mismo hasta su posición inicial.

El cambio de posición de la electroválvula se realizará mediante el accionamiento del interruptor S1. Al presionar dicho interruptor se energizará la bobina Y1 de la válvula, permitiéndose el paso del fluido al émbolo el cual se extenderá lentamente. La válvula reguladora de caudal reduce la cantidad de fluido que ingresa al émbolo proveniente de la electroválvula, produciendo una lenta extensión. Cuando el cilindro llega a su final de carrera deberá quedarse extendido, hasta el momento que se vuelva a presionar nuevamente el interruptor y se desactivará la bobina Y1 de la electroválvula. Al colocarse la electroválvula en su posición estable, el fluido dentro del émbolo retornará atravesando nuevamente el estrangulamiento de la válvula reguladora, regresándose con la misma velocidad de extensión.

4.3.6 Retracción automática del vástago de un cilindro oleohidráulico gobernado mediante una electroválvula 4/2 vías monoestable

Se desea que al presionar un pulsador el vástago de un cilindro de doble efecto se extienda completamente y al esto ocurrir, deberá regresarse automáticamente a su posición de inicio.

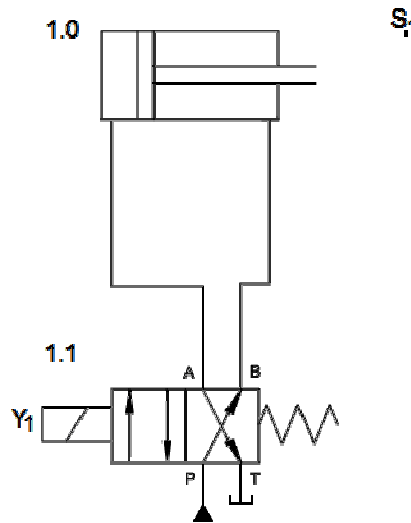


Figura 4.76. Montaje de la retracción automática del cilindro doble efecto gobernado por una electroválvula 4/2 vías.

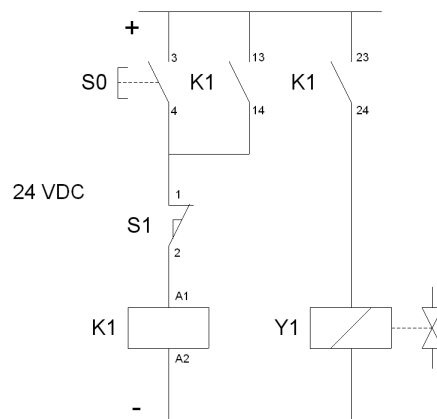


Figura 4.77. Esquema eléctrico para la retracción automatizada del vástago de un cilindro oleohidráulico.

Tabla 4.21. Identificación de los elementos utilizados para la retracción automática del vástago de un cilindro oleohidráulico

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
S1	Final de carrera del cilindro 1.0
1.1	Electroválvula oleohidráulica 4/2 vías monoestable
S0	Pulsador

El cilindro oleohidráulico mostrado en la figura 4.76 es comandado por una electroválvula 4/2 vías monoestable, la cual se accionará al energizarse su bobina al oprimirse un pulsador. Existe un detector de posición ubicado en

el final de carrera del cilindro, que se acciona cuando el vástago alcanza la extensión completa, ocasionándose la retracción del vástago del cilindro automáticamente.

El circuito eléctrico responsable de accionar la bobina Y1 de la electroválvula (4/2 vías) consta de un pulsador S0 que al ser presionado, energizará la bobina del relé K1. Una vez que ésta se energice, conmutarán sus contactos asociados produciéndose la permanencia de señal en la bobina del relé K1. Al quedar energizada la bobina K1, también lo estará la bobina de la válvula de mando hasta el momento cuando el cilindro llegue a su final de carrera. Al ocurrir esto, se accionará el detector de posición S1; momento en el cual se desactivará la permanencia de energía del circuito del relé, desenergizándose la bobina K1. Produciéndose, la abertura de los contactos asociados al relé K1 y el regreso de la válvula de mando a su posición estable, logrando la retracción del cilindro a su posición de inicio.

4.3.7 Accionamiento de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado y centrada por muelles.

Al oprimir un pulsador y comprobar que el cilindro se encuentra inicialmente retraído, el vástago del cilindro debe extenderse y, cuando éste llegue hasta su final de carrera, deberá retornar a su posición de vástago retraído automáticamente.

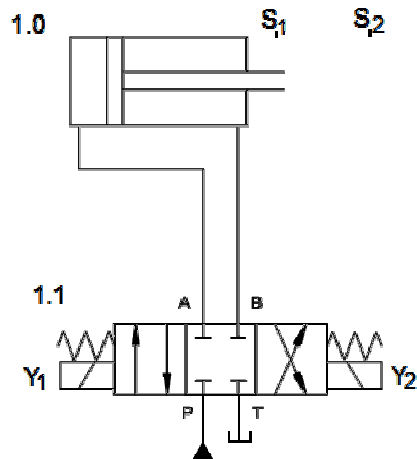


Figura 4.78. Montaje del accionamiento de un cilindro de doble efecto gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado, centrada por muelles.

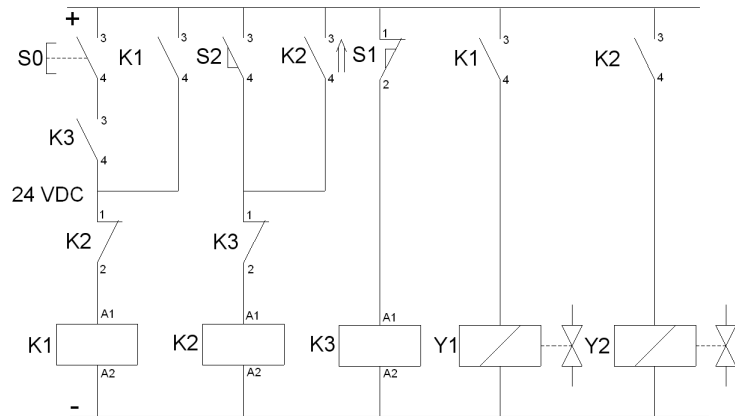


Figura 4.79. Esquema eléctrico para la retracción automatizada del vástago de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado, centrada por muelle.

Tabla 4.22. Identificación de los elementos utilizados para la retracción de un cilindro gobernado mediante una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado, centrada por muelles.

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
S1	Inicio de carrera del cilindro 1.0
S2	Final de carrera del cilindro 1.0
1.1	Electroválvula 4/3 vías, centro cerrado, centrada por muelles
S0	Pulsador

La electroválvula oleohidráulica 4/3 vías es la encargada del mando del cilindro; el cual será accionado de acuerdo con el estado de las señales provenientes de los detectores de posición y del pulsador. La electroválvula

presenta tres posiciones, una para la retracción, una para la extensión y su posición estable que se representa en el centro de la válvula, a la cual siempre la válvula tenderá a ir, cuando ninguno de sus accionamientos estén activados.

El cilindro oleohidráulico de la figura 4.78, será controlado por una válvula 4/3 vías con centro cerrado, centrada por muelles la cual al presionar el pulsador y al encontrarse el vástago accionando al detector de posición de su inicio de carrera, conmutará hacia su lado izquierdo (ver figura 4.78) permitiendo el paso de fluido a la cámara del émbolo, produciéndose la extensión del vástago. Cuando el cilindro se haya extendido completamente, se accionará el detector de posición del final de carrera y la electroválvula conmutará nuevamente, ubicándose ahora en su lado derecho (ver figura 4.78), donde permite el llenado de la cámara del vástago, para la retracción del cilindro. Una vez que el vástago accione nuevamente al detector de posición ubicado en el inicio de carrera, la electroválvula regresará automáticamente a su posición central.

En la figura 4.79, se observa que el inicio de carrera S1 del cilindro se encontrará inicialmente accionado, lo que produce la energización de la bobina del relé K3 y el accionamiento de sus contactos asociados. De modo que al presionar el pulsador, la bobina del relé K1 se energizará y se retendrá la señal originada al presionar el pulsador, para producir y mantener la activación de la bobina Y1 de la electroválvula; que se encarga de la extensión del vástago del cilindro.

Además, también se observa en el esquema eléctrico que cuando el vástago llegue al final de carrera S2, se energizará la bobina del relé K2, reteniéndose la señal de S2 y activándose los contactos asociados del relé, causando la desactivación del circuito de auto-retención asociado al relé K1. Esta señal activa la bobina Y2 de la electroválvula, la cual se encarga de la retracción del cilindro a su posición de inicio.

También se observa, que al devolverse el émbolo, se acciona nuevamente el inicio de carrera S1, señal que energiza a la bobina del relé K3. Al energizarse K3, se desactiva el circuito de auto-retención asociado al relé K2, dejando de excitarse las bobinas de la electroválvula, y por su sistema de resorte ésta conmuta a su posición central.

4.3.8 Proceso automatizado realizado mediante el accionamiento de dos cilindros al oprimir un pulsador

Se desea que dos cilindros oleohidráulicos de doble efecto desarrollen la secuencia de la figura 4.80, al presionar un pulsador.

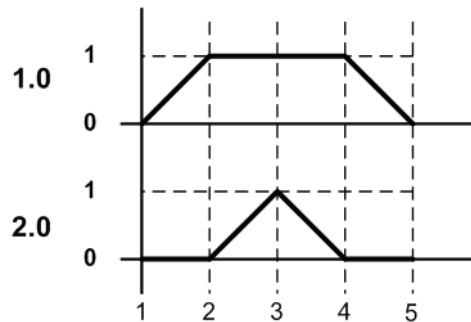


Figura 4.80. Diagrama de pasos, del comportamiento de los dos cilindros en el proceso automatizado.

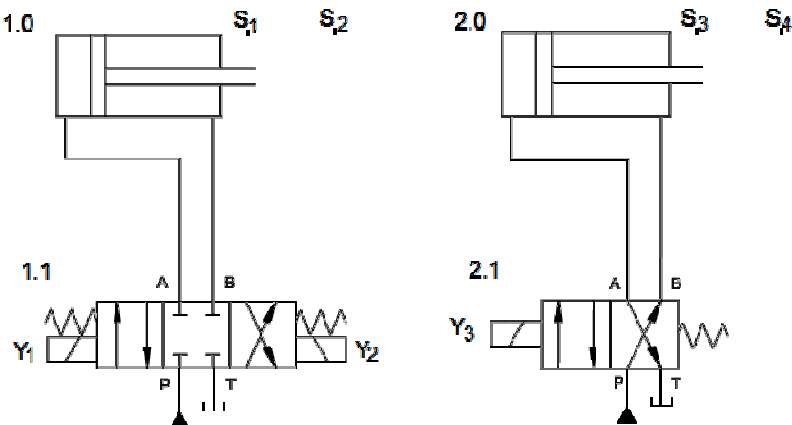


Figura 4.81. Sistema de control del diagrama de pasos.

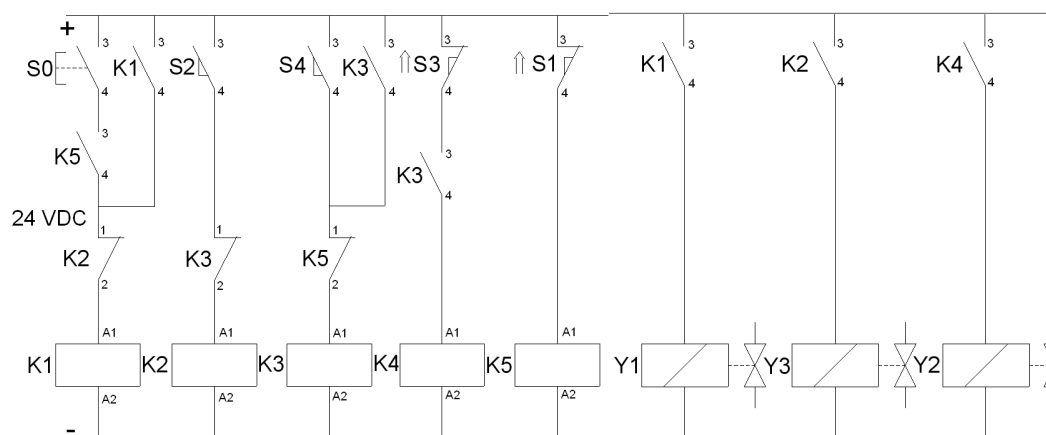


Figura 4.82. Esquema eléctrico de los elementos utilizados en el proceso automatizado de dos cilindros de doble efecto.

Tabla 4.23. Identificación de los elementos utilizados para el diagrama de pasos.

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
2.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
S1	Inicio de carrera del cilindro 1.0
S2	Final de carrera del cilindro 1.0
S3	Inicio de carrera del cilindro 2.0
S4	Final de carrera del cilindro 2.0
1.1	Electroválvula 4/3 vías, centro cerrado, centrada por muelles
2.1	Electroválvula 4/2 vías monoestable
S0	Pulsador

El diagrama de pasos (ver figura 4.80), describe el proceso a continuación: al presionar el pulsador S0 y al encontrarse el vástago del cilindro 1.0 completamente retraído, se producirá la extensión del vástago de dicho cilindro. Cuando éste llegue a su posición final permanecerá extendido, provocando la extensión del vástago del cilindro 2.0. El cilindro 1.0 deberá permanecer en esa posición mientras el cilindro 2.0 se extiende, es detectado mediante su final de carrera y se devuelve nuevamente a su posición de inicio lo que es verificado mediante un detector de posición. Al esto ocurrir, el cilindro 1.0 recibirá la orden para que retraiga completamente su vástago.

Inicialmente, en la figura 4.81 se observa que los cilindros 1.0 y 2.0 se encuentran en su posición de inicio activando los detectores de posición S1 y

S3, respectivamente. Mientras el final de carrera S1 se encuentra activado, la bobina del relé K5 se mantendrá energizada activando todos sus contactos asociados, como se puede observar en la figura 4.82.

Cuando se presiona el pulsador S0 se activa el circuito de auto-retención asociado al relé K1, lo que energiza la bobina Y1 de la electroválvula 1.1 garantizando la extensión del cilindro 1.0 hasta su final de carrera (ver figura 4.82).

Cuando el cilindro 1.0 llega al final de carrera S2, se quedará extendido (ver figura 4.80 y 4.81), y a su vez accionará la bobina del relé K2, para producir la extensión del cilindro 2.0 y la desactivación del circuito de auto-retención asociado al relé K1.

En la figura 4.80 se muestra el recorrido que hace el cilindro 2.0, el cual se extenderá hasta su final de carrera accionando a su detector de posición S4 el cual activará el circuito de auto-retención asociado al relé K3. Un contacto normalmente cerrado asociado a K3 desactivará la bobina del relé K2, lo que abrirá el circuito de la bobina Y3 que en consecuencia provocará la retracción del vástago del cilindro 2.0 (ver figura 4.82). Cuando el cilindro 2.0 regresa a su posición inicial (ver figura 4.80 y 4.81), acciona nuevamente el detector de posición S3 y, como el contacto asociado de K3 se mantiene activado, se energiza la bobina Y2, retornando el cilindro 1.0 a su posición de inicio que activa nuevamente a S1, desactivándose el circuito de auto-retención asociado a K3 (ver figura 4.82).

4.3.9 Sistema de seguridad para el retorno del vástago de un cilindro oleohidráulico de doble efecto

Se tiene un cilindro de doble efecto, el cual se extenderá mientras se mantenga presionado un pulsador, y se requiere que al soltarlo, por seguridad del operario, el cilindro se mantenga en dicha posición, de donde no se

deberá mover a menos que el operario presione otro pulsador para su retracción.

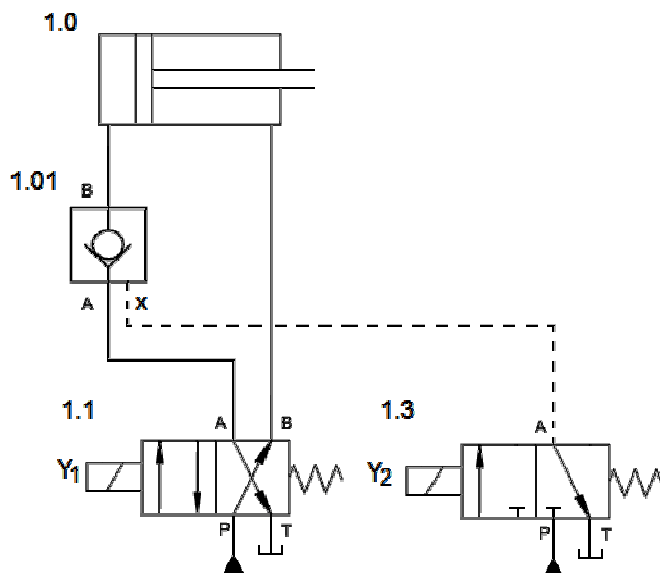


Figura 4.83. Montaje del sistema de seguridad para el retorno del vástago del cilindro oleohidráulico

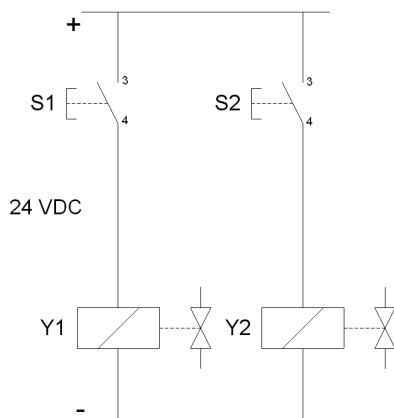


Figura 4.84. Esquema eléctrico del sistema de seguridad para el retorno del vástago del cilindro oleohidráulico

Tabla 4.24. Identificación de los elementos utilizados para el sistema de seguridad para el retorno del vástago del cilindro oleohidráulico

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
S1	Pulsador
S2	Pulsador
1.1	Electro válvula 4/2 vías monoestable
1.3	Electro válvula 3/2 vías monoestable
1.01	Válvula anti-retorno pilotada

El sistema consta de un cilindro oleohidráulico de doble efecto, gobernado por una válvula electro-oleohidráulica 4/2 vías monoestable. Al mantener presionado un pulsador, se producirá el llenado de la cámara del émbolo para su extensión. El sistema tiene, como medida de seguridad para el operario, la colocación de una válvula anti-retorno pilotada. Ésta permite, de acuerdo a su colocación, el paso de fluido para el llenado de la cámara del émbolo pero, cuando se deje de presionar el pulsador S1, la válvula anti-retorno no permitirá el retorno del fluido para el vaciado del mismo. Al soltar el pulsador el vástago deberá permanecer en su posición, extendido hasta que se accione el pilotaje de la válvula anti-retorno. En este caso, dicha señal provendrá de una electro válvula oleohidráulica 3/2 vías monoestable, la cual será accionada por un pulsador (S2). Para que se produzca la retracción total del cilindro, se deberá mantener la señal oleohidráulica activa.

La válvula anti-retorno pilotada presente en el banco de ensayo electro-oleohidráulico, como se explicó anteriormente, presenta el paso de flujo libremente en un sentido, pero para que permita el paso del fluido en dirección contraria a su paso normal de flujo, debe recibir una señal oleohidráulica externa. Esta señal externa al funcionamiento de la válvula, es conocida como pilotaje de la válvula anti-retorno.

El esquema eléctrico del sistema, se refleja en la figura 4.84, donde al presionar el pulsador S1, se activa la bobina Y1 de la electroválvula 4/2 vías monoestable, lo que produce la extensión del vástago del cilindro. Por otra

parte, la electroválvula 3/2 vías monoestable, se activará mediante la energización de la bobina Y2, al presionar el pulsador S2. Por el hecho de ser válvulas monoestables, se deben mantener presionados los pulsadores para obtener el avance del cilindro, ya sea para la retracción o extensión del mismo.

4.3.10 Esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad para el retorno del vástago del cilindro oleohidráulico

Un cilindro doble efecto oleohidráulico se extenderá al presionar un pulsador, si se encuentra completamente retraído. El cilindro deberá extenderse hasta su final de carrera, retraerse automáticamente hasta su posición de inicio y extenderse nuevamente, describiendo un proceso de extensión y retracción. Ésta secuencia deberá repetirse hasta el momento en que el operario presione un pulsador de parada, regresando el sistema a su posición de inicio, listo para efectuar una nueva operación.

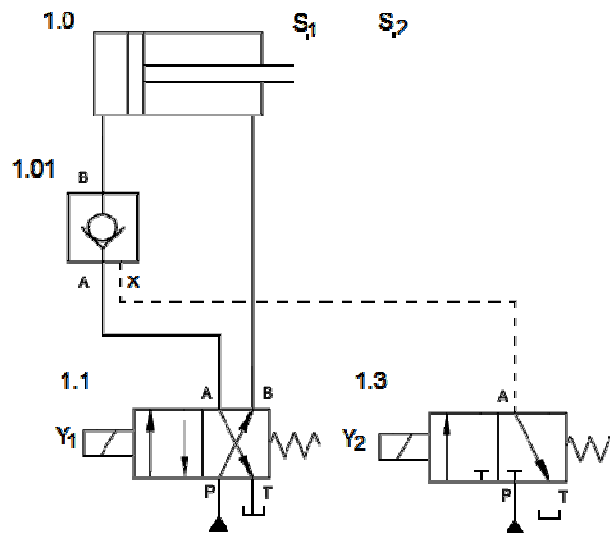


Figura 4.85. Montaje del esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad.

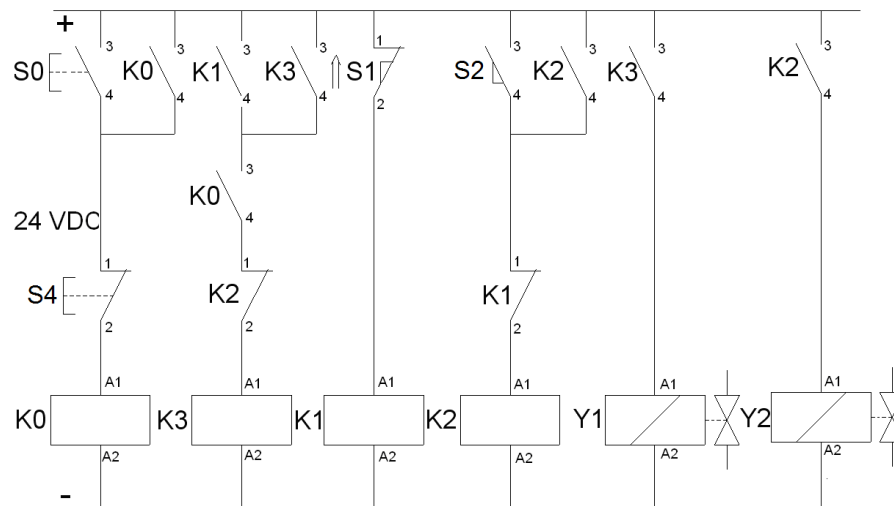


Figura 4.86. Esquema eléctrico del esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad.

Tabla 4.25. Identificación de los elementos utilizados en el esquema con movimiento alternativo sostenido con sistema de seguridad.

Identificación	Elemento
1.0	Cilindro oleohidráulico de doble efecto
S0	Pulsador
S4	Pulsador
S1	Inicio de carrera del cilindro 1.0
S2	Final de carrera del cilindro 1.0
1.1	Electro válvula 4/2 vías monoestable
1.3	Electro válvula 3/2 vías monoestable
1.01	Válvula anti-retorno pilotada

Este cilindro de doble efecto será gobernado por una electroválvula monoestable de 4/2 vías. La retracción del cilindro se verá afectada por una válvula anti-retorno pilotada, tal que el cilindro no se retraerá a menos que se accione el pilotaje oleohidráulico de la válvula. El pilotaje de la válvula se realizará por medio del accionamiento de una electroválvula oleohidráulica de 3/2 vías. Dicho accionamiento se realizará cuando el cilindro llegue a su final de carrera, produciéndose el paso de fluido a través de ella, que será la señal oleohidráulica que acciona al pilotaje de la válvula anti-retorno, causando el paso del fluido a través de la misma en dirección contraria a su paso normal de caudal.

Inicialmente, el vástago del cilindro debe estar completamente retraído accionando al detector de posición S1 (ver figura 4.85), el cual como se puede observar en la figura 4.86, energiza a la bobina del relé K1, conmutando todos sus contactos asociados.

Por tanto, cuando se oprime el pulsador S0, (ver figura 4.86) se energiza el circuito de auto-retención del relé K0, se mantiene energizada la bobina de este relé y por lo tanto conmutados su contactos asociados. Al esto ocurrir, se activa el circuito de auto-retención del relé K3, para que el solenoide Y1 de la electroválvula permanezca activada y el vástago del cilindro se extienda completamente.

Cuando el vástago del cilindro acciona el detector de posición S2 que se encuentra en su final de carrera, se producirá la energización de la bobina K2, accionando sus contactos asociados, y uno de ellos desactivará al circuito de auto-retención del relé K3 para desenergizar el solenoide Y1 de la electroválvula 1.1, y el otro contacto activará a la bobina Y2, de la electroválvula 1.3, con el fin de activar el pilotaje de la válvula anti-retorno (ver figura 4.85 y 4.86).

Al accionarse el pilotaje, la válvula anti-retorno permite el paso del fluido de retorno de la cámara del émbolo del cilindro, permitiendo el regreso del vástago mientras Y2 esté activa. Una vez que éste llegue a su inicio de carrera, se activa a la bobina del relé K1, accionándose nuevamente sus contactos asociados y desactivando al circuito de auto-retención del relé K2, que desactiva a la bobina Y2 de la electroválvula, como se muestra en el esquema eléctrico.

El contacto NC de K2 vuelve a su estado inicial, permitiendo de nuevo la energización de la bobina del relé K3, que produce la retracción del cilindro, como se explicó anteriormente. Produciéndose así el proceso de vaivén del cilindro. Cuando el operador decida parar el proceso, este deberá oprimir el

pulsador S4, el cual desactiva el circuito de retención del relé K0, produciéndose la desactivación de todos sus contactos asociados. De manera que cuando el vástago del cilindro se retraiga y accione la bobina del relé K1, esta no producirá ninguna acción debido a que el contacto de K0 se encontrará abierto.

4.3.11 Diagrama de pasos utilizando elementos básicos del diagrama de escalera del PLC SIEMENS

Se requiere que al ser accionado un pulsador sin retención, dos cilindros de doble efecto (inicialmente retraídos) realicen el movimiento que se describe en el diagrama de pasos de la figura 4.91.

El esquema está constituido por dos cilindros de doble efecto, uno gobernado por una electroválvula 4/3 vías, centro cerrado con retorno por muelle y el otro cilindro gobernado por una electroválvula 4/2 vías con retorno por muelle.

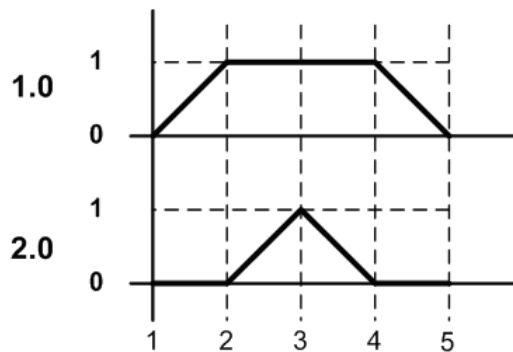


Figura 4.87. Diagrama de pasos de los dos cilindros oleohidráulicos de doble efecto.

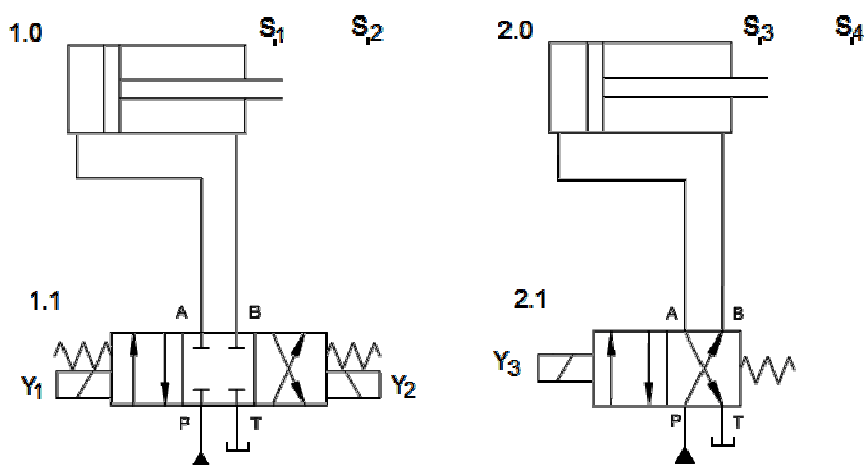


Figura 4.88. Montaje del diagrama de pasos de los cilindros oleohidráulicos del banco de ensayo

Tabla 4.26. Identificación de los elementos del montaje de diagrama de pasos utilizando el PLC SIEMENS

Identificación	Elemento
Entradas	
I0.0	Pulsador (S0)
I0.1	Inicio de carrera. Cilindro 1.0
I0.2	Final de carrera. Cilindro 1.0
I0.3	Inicio de carrera. Cilindro 2.0
I0.4	Final de carrera. Cilindro 2.0
Salidas	
Q0.1	Bobina Y1
Q0.2	Bobina Y2
Q0.3	Bobina Y3

El PLC se conecta a los elementos del banco de ensayo de electro-oleohidráulica como se muestra la figura 4.89:

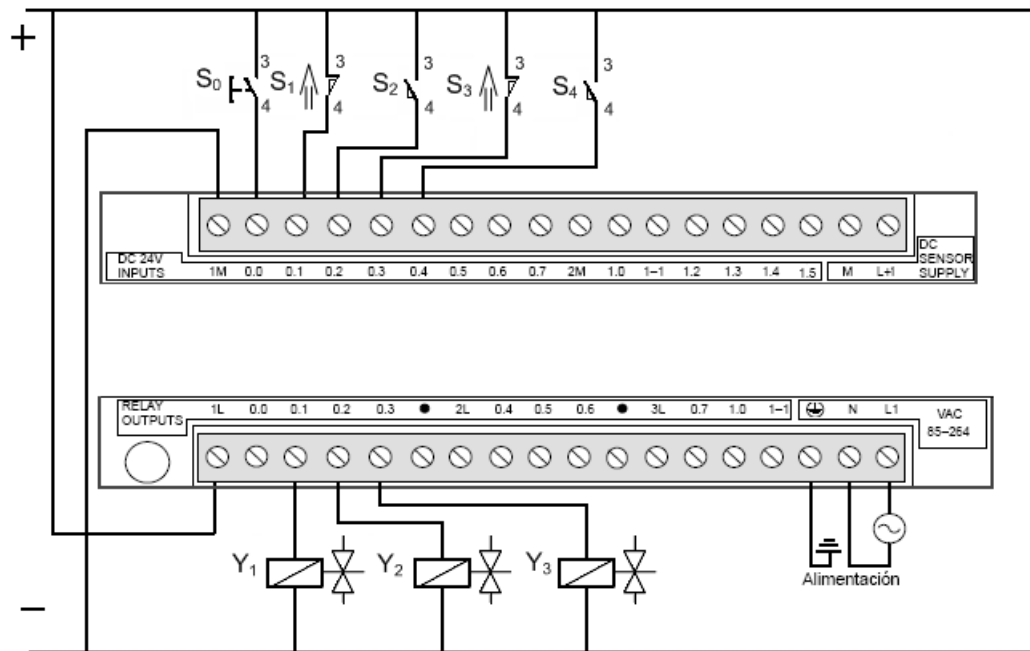


Figura 4.89. Conexión de los elementos del montaje del diagrama de pasos al PLC SIEMENS

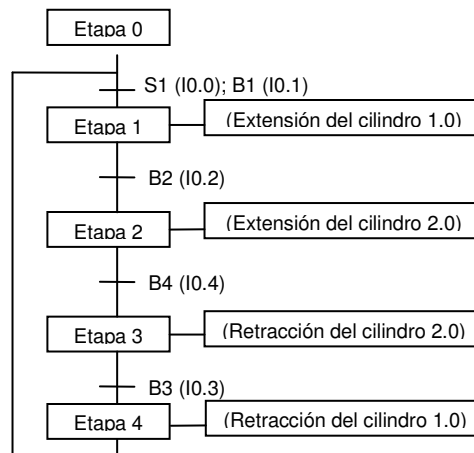


Figura 4.90. Diagrama de secuencia del montaje del diagrama de pasos de los dos cilindros de doble efecto pertenecientes al banco de ensayo

El diagrama de pasos de la figura 4.87 está conformado por cuatro (4) etapas tal y como, se muestra en el diagrama de secuencia de la figura 4.90:

Utilizando este método se tiene que tener ciertas condiciones (aparte de las iniciales) para que se activen las etapas. Estas condiciones son:

- 1) Para activar una etapa se tiene que haber activado la anterior.
- 2) Una vez activada una etapa, la anterior se desactiva.

Se desarrollará la programación de esta secuencia empleando los elementos de programación en diagrama escalera, y en lugar de realizar circuitos de auto-retención, se utilizarán bobinas de SET y RESET.

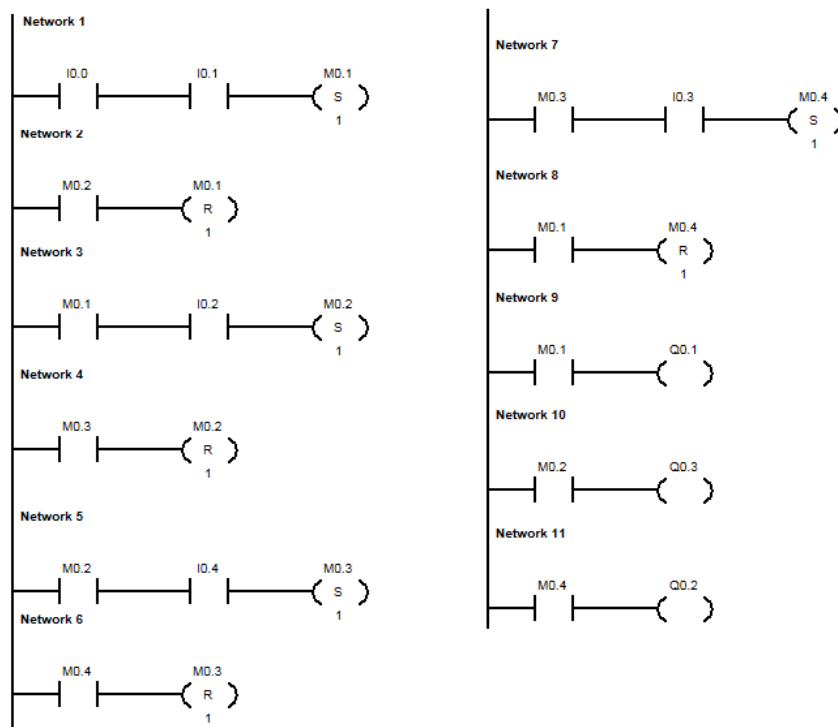


Figura 4.91. Diagrama de escalera del montaje diagrama de pasos utilizando elementos básicos del PLC SIEMENS

Mediante las condiciones iniciales que se pueden observar en el diagrama de secuencia (que se encuentre retraído el cilindro 1.0 y se presione el pulsador S0), en la primera línea (se empleará línea para hacer referencia al término Network en la figura) se accionará la etapa 1 mediante la marca M0.1.

La extensión del cilindro 1.0 se dará una vez que el contacto asociado a la marca M0.1 se accione en la línea 9. Activando a la salida Q0.1. Esta

acción energizará a la bobina Y1 de la electroválvula 4/3 vías, permitiendo que el cilindro se extienda.

Al llegar el cilindro a su final de carrera, la entrada I0.2 se activará. La marca M0.2 (que representa la etapa 2) se accionará en la línea 3. De esta forma la fase 1 queda desactivada por el contacto asociado a M0.2 en la línea 2, mediante la bobina RESET.

Una vez que se cierre el contacto asociado a M0.2 en la línea 10, se activará la salida Q0.3. Esto permitirá que la bobina de la electroválvula 4/2 vías se energice, extendiéndose el cilindro 2.0. Al existir contacto con el final de carrera, la entrada I0.4 se accionará, activando a la bobina SET de la marca M0.3 (etapa 3) en la línea 5. El contacto asociado a dicha marca, desactivará a la etapa 2 en la línea 4, mediante la bobina RESET.

Al ser desactivada la marca M0.2, ya no se ejecuta la acción que esta ejercía en la salida Q0.3 (en la línea 10) mediante la bobina SET, regresando el cilindro 2.0 a su posición inicial.

El detector de inicio de carrera del cilindro 2.0, activará la entrada I0.3. Dicha entrada accionará la fase 4, mediante la bobina SET de la marca M0.4. Esto a su vez desactivará a la etapa 3, accionando a la bobina RESET de la marca M0.3 en el Network 6.

El contacto asociado a la marca M0.4 (línea 11) se cerrará, accionando a la salida Q0.2, es decir, se energizará la bobina Y2 de la electroválvula 4/3 vías. Éste accionamiento permitirá la retracción del cilindro 1.0 a su inicio de carrera.

De esta forma los dos cilindros realizan la extensión y retracción mostrada en el diagrama de pasos, quedando el sistema listo para un nuevo ciclo, una vez que se presione nuevamente el pulsador S0.

En la fase 3, el cilindro 2.0 se retrae debido a la desactivación de la salida Q0.3 mediante la bobina RESET, es decir, se desenergiza la bobina Y3

de la electroválvula 4/2 vías. Por acción del muelle ésta regresa a su posición inicial, permitiendo que el vástago regrese a su inicio de carrera

4.3.12 Diagrama de pasos utilizando operaciones del relé de control secuencial (SCR)

En este montaje se realizará el esquema del diagrama de pasos del montaje anterior, pero utilizando la herramienta SCR.

Antes de programar en el PLC, se conecta a los elementos del banco de ensayo al autómatas programable de igual forma que en la figura 4.89 del montaje anterior, así como la identificación de los mismos como se muestra en la tabla 4.26.

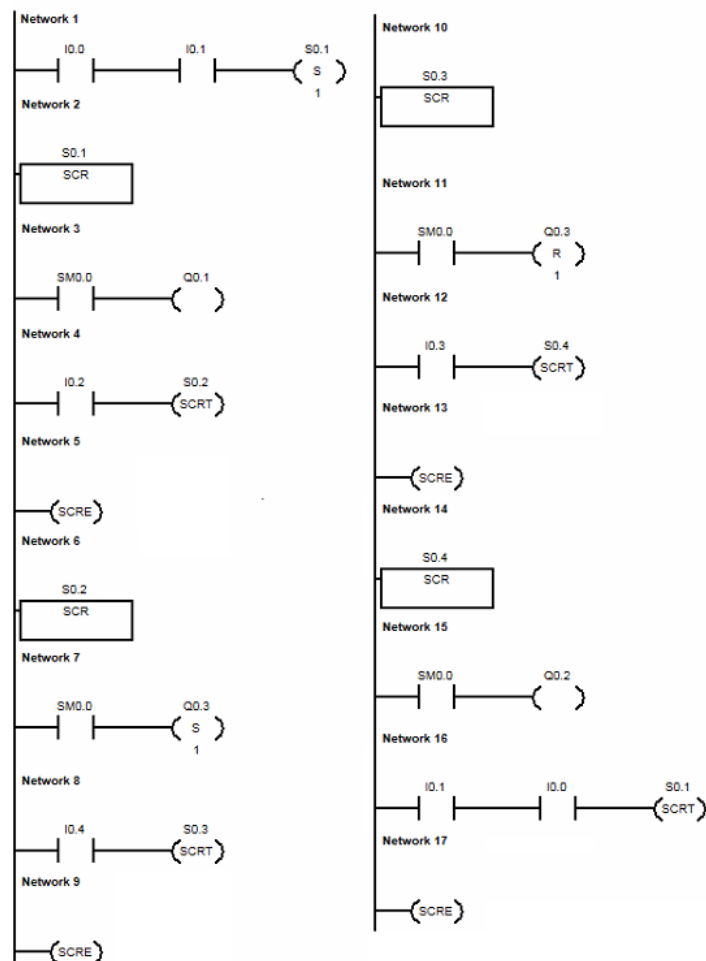


Figura 4.92. Diagrama de escalera del montaje del diagrama de pasos utilizando operaciones del relé de control secuencial (SCR)

Mediante esta estructura, se pueden separar las etapas usando un orden definido. Es decir, la herramienta SCR esta conformada por varias operaciones, las cuales indican el inicio (bloque SCR), desarrollo (bobina SCRT) y el fin de esta (bobina SCORE).

Cada fase del diagrama de pasos estará representada por una operación SCR, simbolizada por la sintaxis Sx,y. En este caso se identifican de la siguiente forma: etapa 1 (S0.1), etapa 2 (S0.2), etapa 3 (S0.3) y etapa 4 (S0.4).

Para la ejecución de una etapa, se utiliza una marca especial identificada como SM0.0, cuyo contacto asociado se activará en el momento en que se accione el bloque SCR. Dicho contacto permitirá la realización de una acción determinada. La bobina SCRT es utilizada como transición entre etapas, es decir, una vez terminada la acción a ejecutar (mediante esta bobina) se transfiere el control de la presente etapa a otro bloque SCR. En tanto, la bobina SCORE representa el fin de una etapa.

Para iniciar la primera etapa se deben ejecutar las condiciones iniciales (que se encuentre retraído el cilindro 1.0 y que se presione el pulsador S0). Esto permitirá la activación de la bobina SET de la etapa 1 (S0.1) (línea 1), o lo que es igual el accionamiento de la primera operación SCR en la línea 2.

El contacto SM0.0 acciona la salida Q0.1 (línea 3), energizando la bobina Y1 de la electroválvula 4/3 vías, extendiéndose el cilindro 1.0. Al llegar hasta su final de carrera (S2), la entrada I0.2 se activa, accionando la transición de etapas (SCRT) hacia la fase 2 (línea 4), mientras que la bobina SCORE dará fin a la primera etapa.

En la etapa 2, el contacto SM0.0 permitirá la extensión del cilindro 2.0, por medio de la activación de la bobina SET de la salida Q0.3, la cual energiza a la bobina Y3 de la electroválvula 4/2 vías. El accionamiento del final de carrera de este cilindro (S4), es la acción que activará la bobina SCRT, para la

transición a la etapa 3 (línea 4). Desactivándose la fase 2 con la bobina SCORE.

En la etapa 3, la salida Q0.3 es desactivada por medio de la bobina RESET (línea 11), la cual desegernizará a la bobina Y3 de la electroválvula 4/2 vías. Esto permitirá que el cilindro se retraiga a su posición inicial. Al activar su inicio de carrera (S3), se accionará la transición de etapas, hacia la fase 4. Concluyendo la etapa 3 con la bobina SCORE (línea 13).

Por último el cilindro 1.0 regresará a su inicio de carrera, una vez activada la cuarta operación SCR ó etapa 4. Ya que el contacto SM0.0 accionará a la bobina Y2 de la electroválvula 4/3 vías, por medio de la salida Q0.2 (línea 15), encargada de la retracción del cilindro 1.0.

La transición a la siguiente fase (etapa 1) y el inicio de un nuevo ciclo están relacionados, ya que las condiciones para activar la bobina SCRT de la etapa 4 y el inicio de la etapa 1, son las mismas. Es decir, que el operario al presionar nuevamente S0, dará inicio a un nuevo ciclo.

Utilizando la herramienta SCR, una vez activada una etapa, las demás existentes no pueden ejecutarse.

4.3.13 Sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión

Este esquema está conformado por un cilindro de doble efecto gobernado por una electroválvula 4/2 vías con retorno por muelle como se muestra en la figura 4.93.

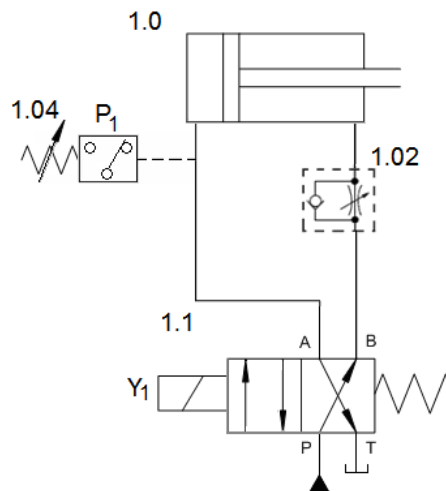


Figura 4.93. Montaje del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión.

Los elementos utilizados están conectados de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.94.

Tabla 4.27. Identificación de los elementos utilizados en el montaje de sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión

Identificación	Elemento
Entradas	
I0.1	Pulsador (S1)
I0.3	Presostato (P1)
I0.4	Pulsador (S4)
Salidas	
Q0.1	Indicador Luminoso (L0)
Q0.3	Bobina Y1

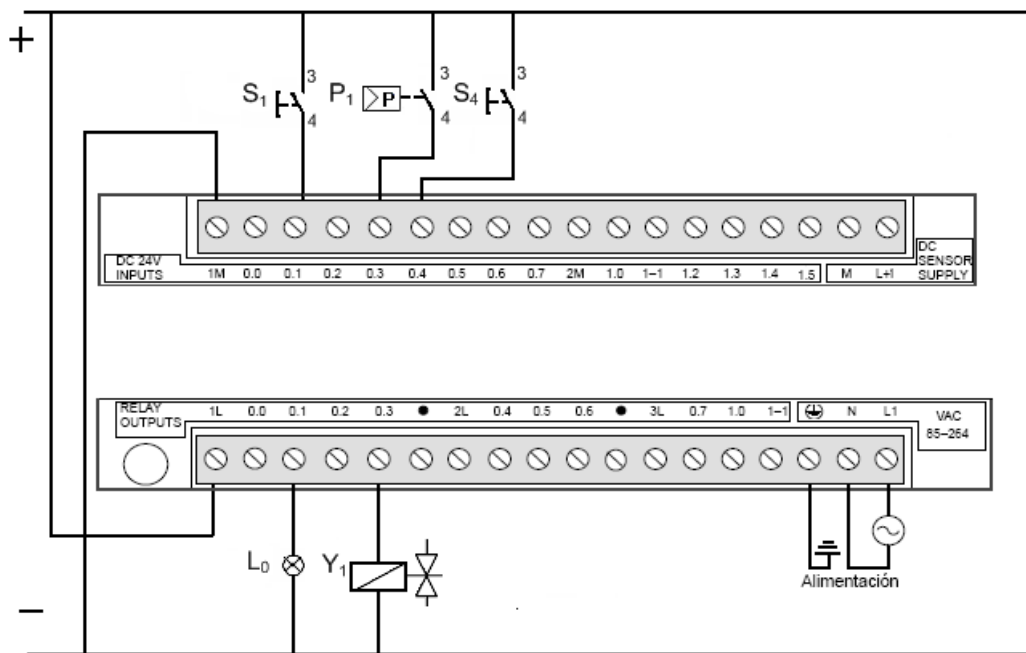


Figura 4.94. Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema de control considerando la presión

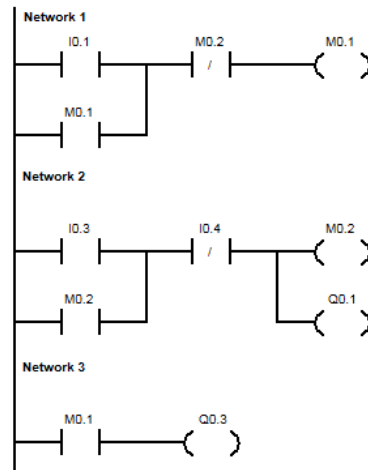


Figura 4.95. Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto considerando la presión.

Al presionarse el pulsador S1 se activa la entrada I0.1, accionando a su vez el circuito de auto-retención relacionado con M0.1 (línea 1). Se requiere de dicho circuito ya que la electroválvula es de retorno por muelle. En la línea 3 el contacto asociado a M0.1 se cierra (ver figura 4.95) activando a la salida Q0.3 energizando la bobina Y1 para que el vástago se extienda de forma lenta debido al regulador de caudal unidireccional.

Una vez el cilindro llegue a su final de carrera, se ejercerá una presión en el émbolo del mismo. Dicha presión en el momento que sea mayor al valor ajustado en el presostato, cerrará la entrada I0.3 (asociada a dicho elemento), activando otro circuito de auto-retención con M0.2 y a la salida Q0.1 (indicador luminoso), como se puede observar en la figura 4.95. De esta forma, el contacto de M0.2 en la red 1 se abre desactivando el primer circuito de auto-retención y permaneciendo de esta forma hasta que se presione el pulsador S4, (entrada I0.4). Con esto se logra que el esquema quede listo para un nuevo ciclo solo cuando el operador presione el pulsador S4, ya que si en este punto se presiona S1, la entrada I0.1 no tendrá ningún efecto en el inicio del programa. Al realizarse esto se interrumpirá el segundo circuito de auto-retención (línea 2) desactivando a M0.2 y a su vez al indicador luminoso.

4.3.14 Sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador

Se requiere que un sistema conformado por un cilindro de doble efecto (inicialmente retraído), realice 10 ciclos de operación (extensión y retracción completa) al presionar un pulsador. Al realizar el último ciclo, se deberá encender un indicador luminoso y al accionarse nuevamente el pulsador podrá realizarse la repetición de la secuencia.

Este diagrama está conformado por un cilindro de doble efecto gobernado por una electroválvula 4/3 vías, centro cerrado con retorno por muelle.

Los elementos utilizados están conectados de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.96:

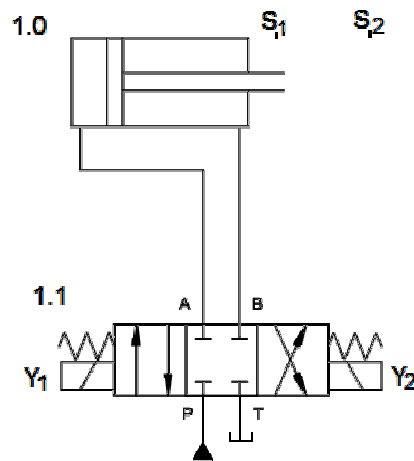


Figura 4.96. Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador.

Los elementos utilizados están conectados de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.97.

Tabla 4.28. Identificación de los elementos utilizados en el montaje con contador (CTU y CTD).

Identificación	Elemento
Entradas	
I0.0	Pulsador de inicio (S0)
I0.1	Inicio de carrera (S1)
I0.2	Final de carrera (S2)
Salidas	
Q0.0	Indicador Luminoso
Q0.1	Bobina Y2
Q0.2	Bobina Y1

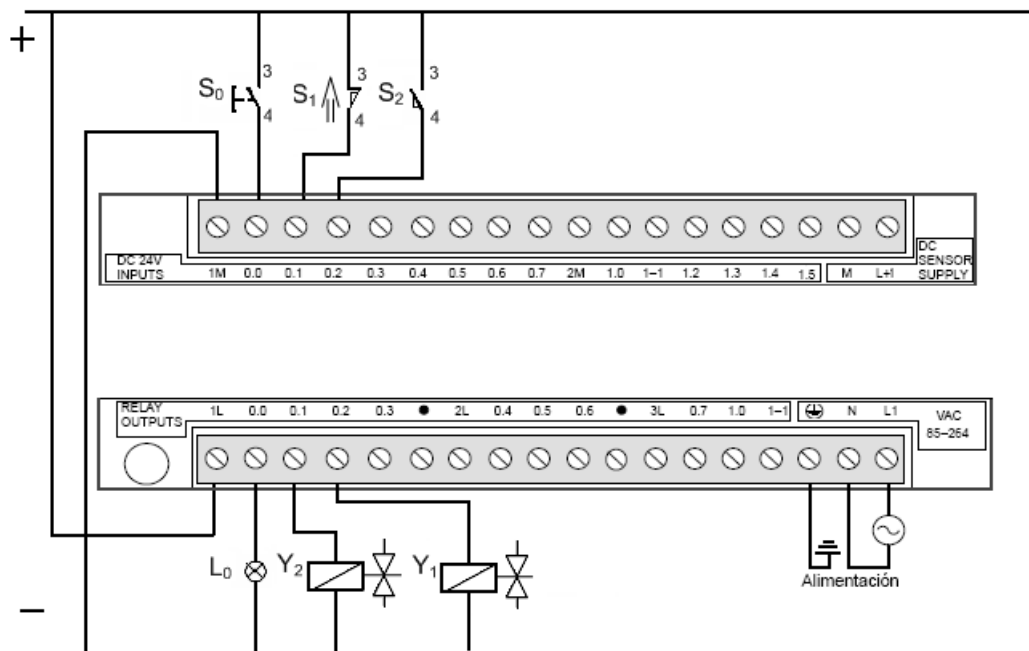


Figura 4.97. Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema con contador decremental e incremental.

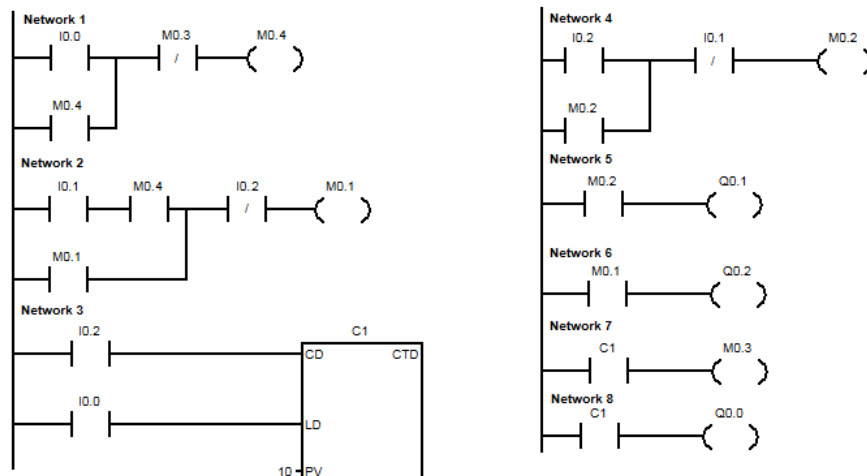


Figura 4.98. Diagrama de escalera del sistema con movimiento sostenido, controlado por contador decremental.

La condición para el arranque del sistema es la posición inicial del cilindro de doble efecto (retraído) y el accionamiento del pulsador S0. Al realizar esto, la entrada I0.1 y I0.0 se encontrarán activadas, permitiendo que la bobina de la marca M0.1 se accione. Obteniendo un circuito de auto-retención (línea 2).

El contacto asociado a la marca M0.1, accionará a la salida Q0.2 (línea 6), es decir, se energizará la bobina Y1 de la electroválvula 4/3 vías, extendiéndose el vástago hasta su final de carrera.

Para detectar la extensión y retracción del cilindro diez (10) veces, la cuenta de los ciclos es registrada cuando el vástago llega a su final de carrera (S2). Y, se utiliza un bloque contador para que registre cada vez que el vástago del cilindro llega al detector de posición S2.

Dicho contador, de tipo decremental (CTD, identificado en el programa como C1) se acciona cuando se activa la entrada de cuenta CD, empezando a contar desde un valor de preselección (PV), que en este caso es 10, hasta el número cero (0). Cuando es igual al valor cero un bit de cuenta se activa, es decir, se produce una acción determinada, ya sea activando a una bobina, marca u otro bloque. El contador se inicializa cuando la entrada de carga (LD) se acciona, volviendo el valor de PV a cargarse en el contador.

Cuando el final de carrera al detectar la posición del vástago, acciona a la entrada I0.2, activando a la entrada de cuenta CD del contador CTD. A su vez, también activa un segundo circuito de auto-retención (M0.2), energizando a la bobina Y2 de la electroválvula, mediante el accionamiento de la salida Q0.1 (Network 5). Esta acción permite que el vástago se retraiga a su posición inicial.

Una vez completamente retraído, el vástago volverá a extenderse, por acción del primer circuito de auto-retención. Activando nuevamente al contador C1. Este movimiento se realizará un total de 10 veces, es decir, hasta que el valor actual del contador llegue a cero. Al llegar a dicho valor se activara el bit de cuenta, los contactos asociados a dicho bloque C1, en la red 7 y 8, activarán a la bobina de la marca M0.3 y la salida Q0.0 respectivamente.

El contacto asociado a la marca M0.3 (línea 1), se abrirá. Es decir, el vástago al llegar a su inicio de carrera no podrá extenderse debido a que dicho contacto se encuentra abierto. Al activarse la salida Q0.0, se encenderá al indicador luminoso utilizado como señal de que el vástago se ha extendido y retraído diez (10) veces.

Para dar comienzo a un nuevo ciclo (que el cilindro se extienda y retraiga diez veces nuevamente), se debe inicializar el bloque mediante el pulsador S0, el cual es la entrada de desactivación del bloque C1. Al realizar esta acción, el contador CTD se carga de nuevo con el valor prefijado de 10. Volviendo el indicador luminoso a modo OFF, y el contacto de la marca M0.3 a cerrarse.

Los circuitos de auto-retención, son utilizados debido a que la electroválvula es monoestable. Esto también se podría sustituir por las bobinas SET y RESET usadas en los montajes anteriores.

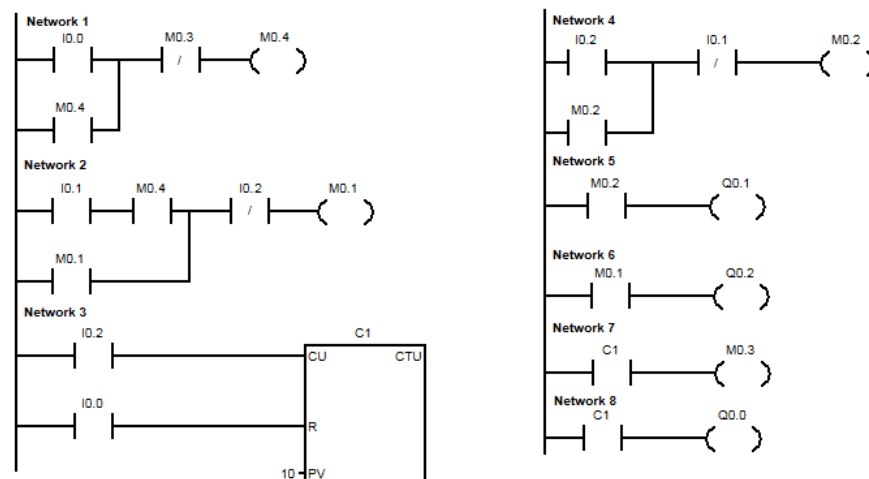


Figura 4.99. Diagrama de escalera del sistema con movimiento sostenido controlado por contador incremental

En la figura 4.99 se muestra un sistema con movimiento alternativo sostenido, controlado por un contador incremental (CTU). En donde se detecta las veces que el cilindro de doble efecto llega hasta su final de carrera. Encendiendo un indicador luminoso al momento que el cilindro se ha

extendido y retraído 10 veces. Utilizando un pulsador para el inicio de un nuevo ciclo.

Este contador CTU (identificado en el programa como C1) se acciona cuando se activa la entrada de cuenta CU, empezando a contar desde cero hasta el valor de preselección PV (en este caso 10), siendo el límite superior 32.767 (Siemens AG, 2005).

Si el valor actual es igual al valor de PV, un bit asociado al contador se activa. Accionando ya sea una bobina, marca u otra operación. Siendo la forma de reiniciar el contador mediante el accionamiento de la entrada de desactivación (R).

En general este montaje es igual al realizado anteriormente, en donde el contador CTU en vez de contar de forma descendente como el contador CTD, lo realiza de manera ascendente. El final de carrera, es el que acciona a la entrada de cuenta CU, el cual al llegar al valor de 10, activa al indicador luminoso y la bobina de la marca M0.3. Siendo el pulsador S0 la forma de reiniciar el contador y de que el cilindro realice un nuevo ciclo.

4.3.15 Sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo

Se quiere que un sistema, en donde, cuando se cierre un pulsador, se extienda el vástago de un cilindro de doble efecto hasta su final de carrera donde se mantendrá por un tiempo, posterior al cual se retrae.

Este esquema está conformado por un cilindro de doble efecto gobernado por una electroválvula 4/3 vías. Los elementos del banco de ensayo se conectan al PLC como se muestra en la figura 4.100.

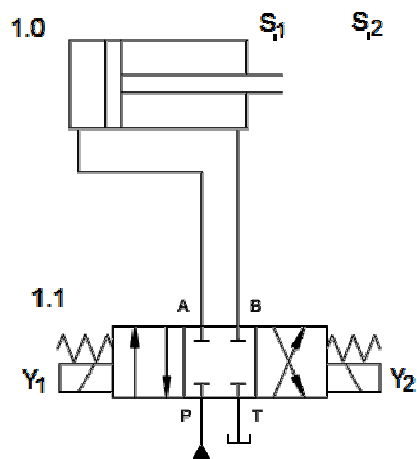


Figura 4.100. Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo

Los elementos utilizados están conectados de acuerdo con lo mostrado en la figura 4.101.

Tabla 4.29. Identificación de los elementos utilizados en el sistema controlado en función del tiempo

Identificación	Elemento
Entradas	
I0.0	Pulsador(S0)
I0.1	Inicio de carrera (S1)
I0.2	Final de carrera (S2)
Salidas	
Q0.1	Bobina Y2
Q0.2	Bobina Y1

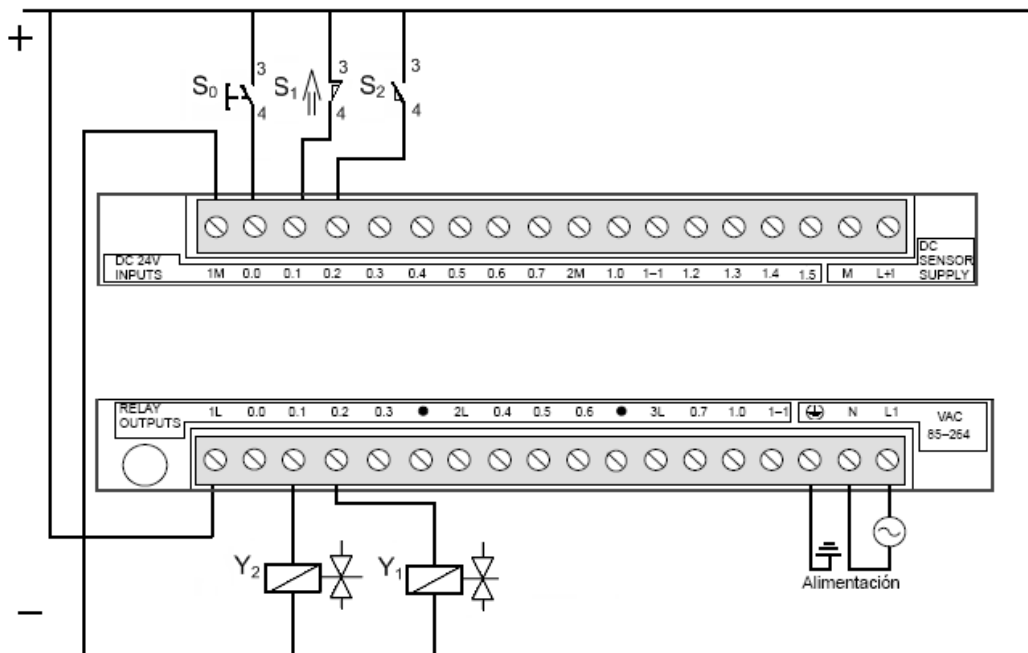


Figura 4.101. Conexión de los elementos al PLC SIEMENS del sistema con retardo

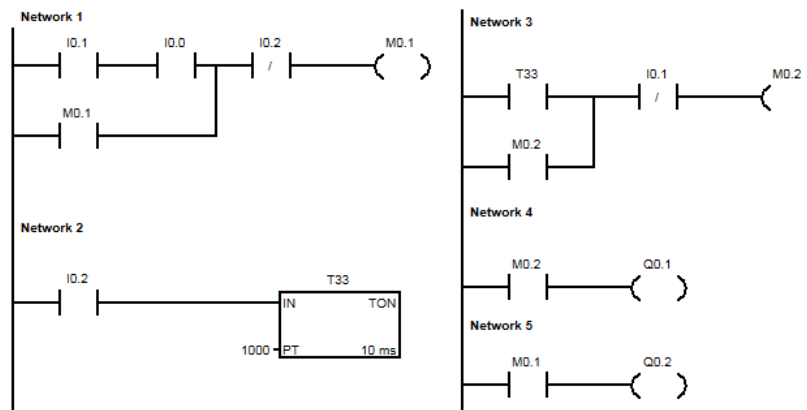


Figura 4.102. Diagrama de escalera del sistema controlado en función del tiempo

La posición inicial del vástago (retraído completamente) y accionar el pulsador S0, son las condiciones para el arranque del sistema. Al detectar esta ubicación (por medio del detector de posición S1), se activará el circuito de auto-retención asociado a M0.1 (línea 1), activando a Q0.2 (energizando a Y1) para la extensión del vástago.

Para el retardo al lograrse la extensión del cilindro, se utiliza un bloque temporizador con retardo a la conexión (TON). El cual se acciona mediante la entrada de tiempo IN. Se identifica por lo que se conoce como el número del

temporizador, el cual es una constante que va desde T0 a T255. Ya que los temporizadores cuentan por períodos, el número del temporizador, determina la resolución o base de tiempo del mismo (Siemens AG, 2005). En este caso la identificación del temporizador es T33, por lo tanto la resolución de este bloque es de 10ms (apéndice, tabla 3).

El valor de tiempo prefijado (PT), determina el tiempo que transcurre desde el momento en que se activó la entrada del temporizador. Para este montaje se tiene un valor de PT igual a 1000, lo cual equivale, teniendo una base de tiempo de 10ms, a 10000 ms (10 s), siendo el valor máximo para esta resolución de 327, 67 s (Siemens AG, 2005).

El contacto asociado a I0.2 (S2) (línea 2), está conectado a la entrada de activación del temporizador. Una vez activado, transcurre un tiempo igual a 10 segundos antes que se accione el contacto asociado al bloque temporizador en la línea 3. El cual permitirá la energización y activación del circuito de autoretención de la marca M0.2 para así activar a Q0.1, que energiza Y2, produciéndose así la retracción del vástago del cilindro

Al llegar a su inicio de carrera, se accionará la entrada I0.1, quedando listo el sistema para un nuevo ciclo una vez que el operador presione el pulsador S0.

4.3.16 Diagrama de pasos utilizando elementos básicos del software PLC LG

Se requiere que dos cilindros de doble efecto (inicialmente retraídos) realicen el movimiento que se observa en la figura 4.103 al ser presionado un pulsador sin retención (S0).

El esquema está conformado por dos cilindros de doble efecto. Donde uno es gobernado por una electroválvula 4/2 vías y el otro por una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado (ambas electroválvulas con retorno por muelle).

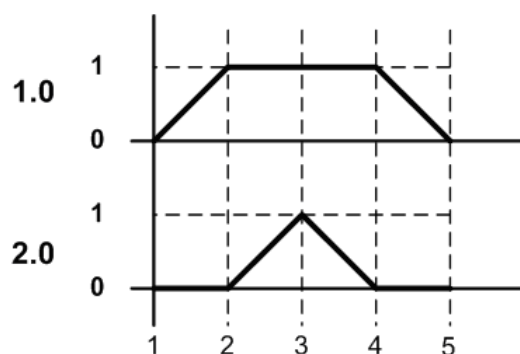


Figura 4.103. Diagrama de pasos de los dos cilindros oleohidráulicos de doble efecto

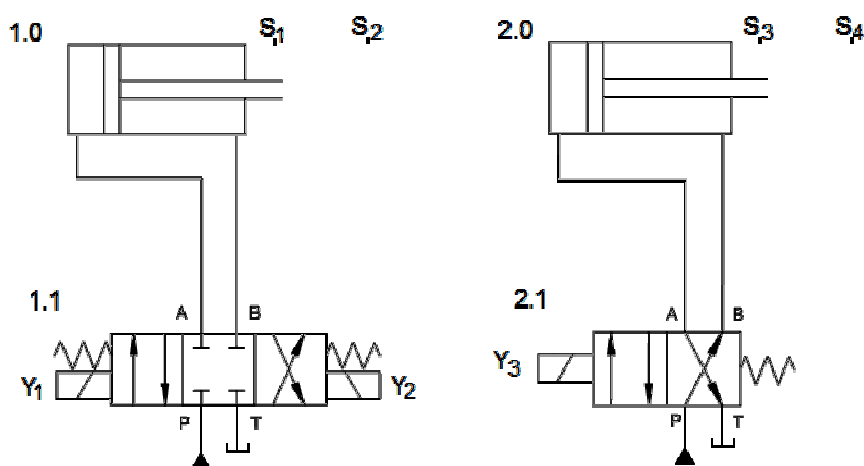


Figura 4.104. Montaje del diagrama de pasos de los dos cilindros de doble efecto del banco de ensayo

Tabla 4.30. Identificación de los elementos utilizados en el diagrama de pasos (PLC LG)

Identificación	Elemento
Entradas	
%IX0.0.0	Pulsador (S0)
%IX0.0.1	Inicio de carrera. Cilindro 1.0
%IX0.0.2	Final de carrera. Cilindro 1.0
%IX0.0.3	Inicio de carrera. Cilindro 2.0
%IX0.0.4	Final de carrera. Cilindro 2.0
Salidas	
%QX0.0.5	Bobina Y1
%QX0.0.6	Bobina Y3
%QX0.0.7	Bobina Y2

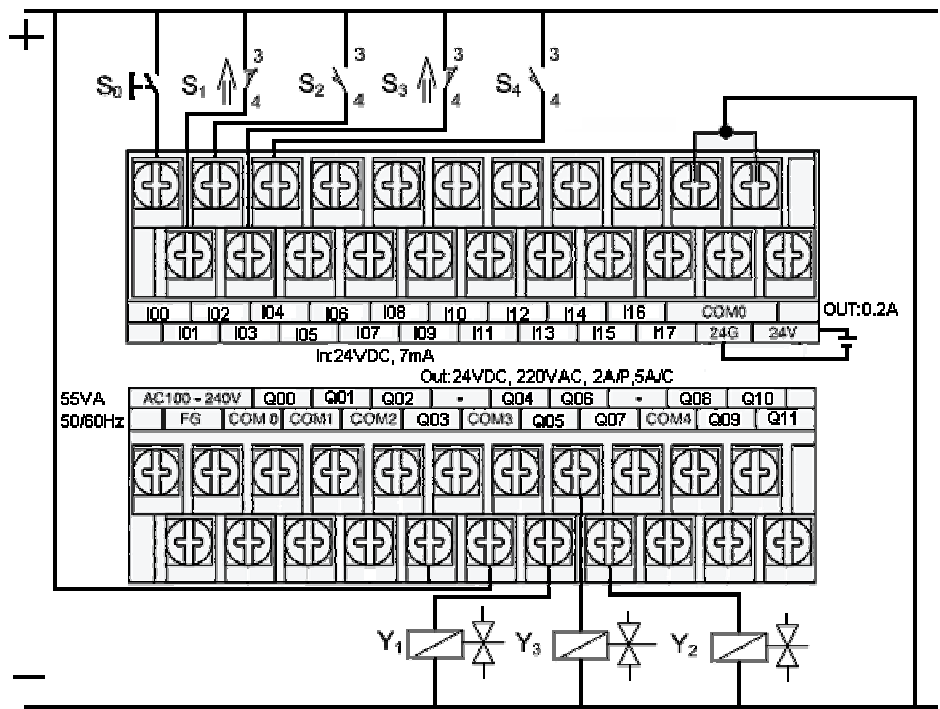


Figura 4.105. Conexión de los elementos al PLC LG del montaje del diagrama de pasos.



Figura 4.106. Diagrama de escalera del Diagrama de pasos (PLC LG)

La estructura LD utilizada para el PLC LG, es similar a la usada para la programación en el PLC SIEMENS, en donde se utiliza las bobinas SET y RESET para sustituir los circuitos de auto-retención para cada etapa. Se emplea el término fila para hacer referencia en las figuras a lo identificado como Row.

Cada etapa cuenta con una bobina SET y RESET, en donde la primera se utiliza para la activación y la segunda para la desactivación de las etapas asociadas a las acciones. La forma de desactivar una fase es activando la siguiente, en este caso se realiza por medio de las marcas.

Para el accionamiento de la primera etapa, deben estar activas las condiciones iniciales, es decir el cilindro 1.0 debe encontrarse completamente retraído y ser oprimido el pulsador S0.

De esta forma la entrada %IX0.0.1 y %IX0.0.0 se accionarán, activando a la bobina SET de la marca %MX1. La cual accionará a la salida %QX0.0.5 (Fila 8), o lo que es igual, se energizará la bobina Y1 de la electroválvula 4/3 vías, permitiendo que el cilindro 1.0 se extienda hasta su final de carrera.

Cuando el vástago de 1.0 activa al detector de posición S2, accionará a la entrada %IX0.0.2, activando a la bobina SET de la marca %MX2 (la cual representa a la etapa 2). Esta marca realiza dos acciones: 1) Desactiva la etapa 1 mediante la bobina RESET de la marca %MX1 (Fila 1). 2) Activa a la salida %QX0.0.6 en la línea 10, lo cual energiza a la bobina Y3 de la electroválvula 4/2 vías, extendiéndose el cilindro 2.0.

Cuando el vástago de 2.0 llega a su final de carrera, se activa la fase 3, por medio de la bobina de la marca %MX3 (Fila 4). Ocurre entonces la retracción de 2.0, ya que esta marca desactiva a la segunda etapa, mediante la bobina RESET de %MX2.

Regresando a su posición inicial (completamente retraído), el cilindro 2.0 acciona a la entrada %IX0.0.3. Esta a su vez activa a la etapa 4, por medio de

la bobina de la marca %MX4 (fila 6). Esto permite que la etapa 3 quede desactivada por el accionamiento de la bobina RESET de la marca %MX3. Completándose la secuencia del diagrama de pasos con la reatracción del cilindro 1.0, por medio del accionamiento de la salida %QX0.0.7.

Quedando el sistema listo para realizar otro ciclo, una vez que el operario oprima el pulsador S0 nuevamente.

4.3.17 Diagrama de pasos utilizando lenguaje SFC (PLC LG)

Se requiere realizar el diagrama de pasos hecho en el esquema anterior, utilizando el lenguaje SFC. En donde la conexión de los elementos se realiza de igual forma que en la figura 4.105, así como la identificación de los mismos, como se representa en la tabla 4.30.

Este tipo de lenguaje se representa mediante bloques, lo cuales identifican las etapas a ejecutar. En este caso esta constituido por 5 fases, como se observa en la figura 4.107.

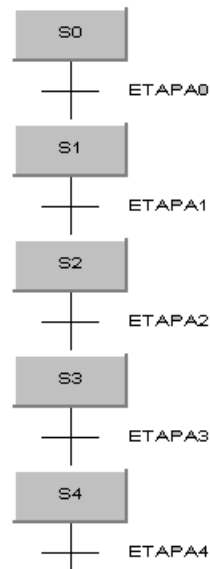


Figura 4.107. Etapas del diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

En cada bloque, se podrá programar mediante las herramientas básicas (entradas, salidas, marcas, etc.) las acciones a ejecutar por la etapa.

Una vez especificada la acción dentro de este bloque, la forma de pasar a la siguiente etapa es mediante la activación de la bobina TRANS, elemento que al ser energizado por la acción final de la etapa (en este caso el inicio o final de carrera de los cilindros), ejecuta la transición de etapas.

A continuación se explica cada una de las etapas que conforman el montaje.

La etapa cero (figura 4.108) es el inicio del sistema, en donde se encuentran en serie la entradas %IX0.0.0 y %IX0.0.1, las cuales vinculan al pulsador S0 y el inicio de carrera S1 respectivamente. Al ser presionado dicho pulsador y estar retraído el cilindro 1.0, se activará la bobina TRANS, que permite el paso a la siguiente etapa.



Figura 4.108. Diagrama de escalera de la etapa cero del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

En la etapa 1, al verificarse que el cilindro 1.0 se encuentra retraído, la entrada %IX0.0.1 se activará, cerrando su contacto asociado en la línea 1, activando a la salida %QX0.0.5, extendiéndose el vástago hasta su final de carrera. Para pasar a la siguiente etapa, se activa la bobina TRANS mediante S2 (entrada %I0.0.2) como se observa en la figura 4.109.



Figura 4.109. Diagrama de escalera de la etapa uno del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

En la etapa 2, cuando la entrada %IX0.0.3 se activa conectará a la salida %Q0.0.6 por medio de la bobina SET (esto energizará a la bobina Y3, extendiéndose el cilindro 2.0) y desactivando al mismo tiempo a la salida

%QX0.0.5 a través de la bobina RESET. Donde la forma de pasar a la siguiente etapa, es activando al elemento TRANS por medio del final de carrera S4 o la entrada %IX0.0.4 (ver figura 4.110).



Figura 4.110. Diagrama de escalera de la etapa dos del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

Al estar en la etapa 3 (figura 4.111), la entrada %IX0.0.4 desactivará mediante el cierre de su contacto a la salida %QX0.0.6 por medio de la bobina RESET (retrayéndose el cilindro 2.0). Al llegar a su inicio de carrera, la entrada %IX0.0.3 permitirá el paso a la siguiente etapa activando a la bobina TRANS.



Figura 4.111. Diagrama de escalera de la etapa tres del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

En la etapa 4, la entrada %IX0.0.2 activará a la salida %QX0.0.7, retrayéndose el cilindro 1.0 hasta su posición inicial, terminando la secuencia

Las condiciones para la transición a la siguiente fase (etapa cero) y el comienzo de la primera etapa, son las mismas como se puede observar en la figura 4.112 y en la figura 4.108. Es decir el cilindro 1.0 debe estar completamente retraído y ser accionado el pulsador S0. Por lo tanto para comenzar un nuevo ciclo, el operario solo tendrá que oprimir el interruptor.

Al realizar esta acción, la salida %QX0.0.7 queda desactivada en la etapa cero, por el accionamiento de la bobina RESET de dicha salida.



Figura 4.112. Etapa cuatro del montaje de diagrama de pasos utilizando el lenguaje SFC

4.3.18 Sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión

Se quiere que al presionar un pulsador sin retención (S1), se extienda un cilindro de doble efecto. Al existir cierta presión en la cámara del émbolo una vez extendido, deberá encenderse un indicador luminoso y regresar el vástago a su posición inicial, no pudiendo extenderse si se presiona nuevamente S1. Para que quede habilitado para un nuevo ciclo deberá presionarse otro pulsador sin retención.

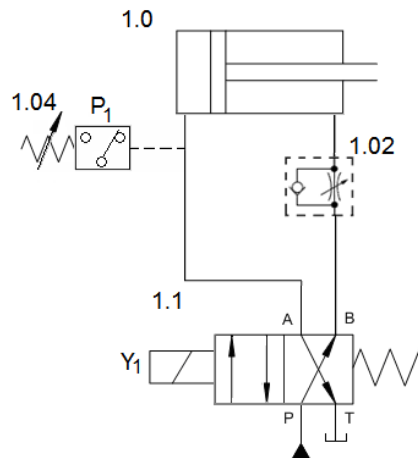


Figura 4.113. Montaje del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión

El esquema cuenta con un presostato, un indicador luminoso y un cilindro de doble efecto gobernado por una electroválvula 4/2 vías con retorno por muelle. En la figura 4.114 se muestra la conexión de los elementos al PLC LG.

Tabla 4.31. Identificación de los elementos utilizados en el montaje de la extensión y retracción de un cilindro doble efecto con presostato (PLC LG).

Identificación	Elemento
Entradas	
%IX0.0.1	Pulsador (S1)
%IX0.0.3	Presostato (P1)
%IX0.0.4	Pulsador (S4)
Salidas	
%QX0.0.2	Indicador Luminoso (L0)
%QX0.0.3	Bobina Y1

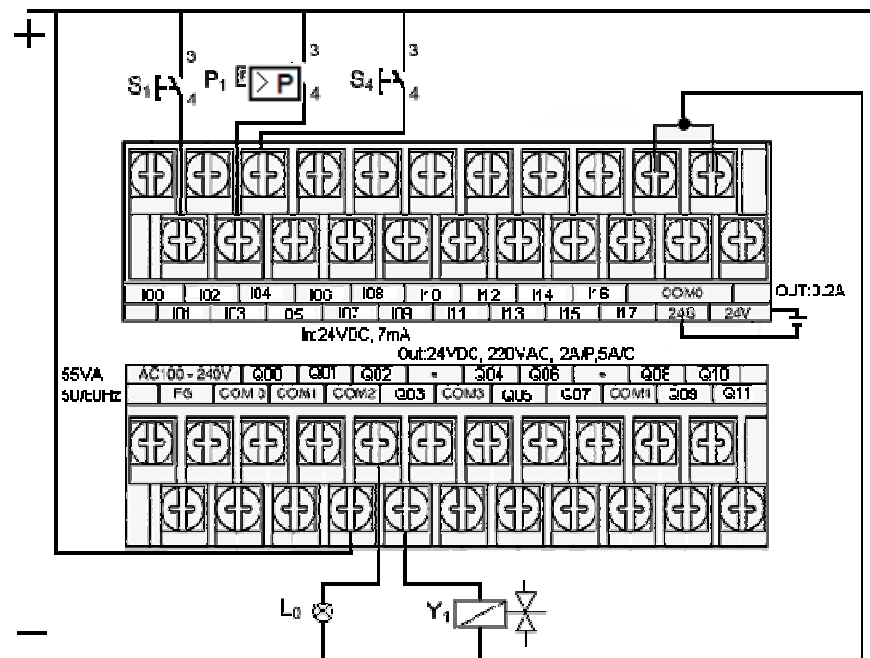


Figura 4.114. Conexión de los elementos al PLC LG del sistema de control considerando la presión



Figura 4.115. Diagrama de escalera del sistema de control electro-oleohidráulico considerando la presión

Al presionar el Pulsador S1, la entrada %IX0.0.1 se activa, accionando el circuito de auto-retención asociado %MX1. Una vez activada, energizará a la salida %QX0.0.3 (fila 4), es decir energizando a la bobina Y1 de la electroválvula, permitiendo la extensión del cilindro.

Un presostato ubicado antes de la entrada de aceite la cámara del émbolo del cilindro, detectará la presión que se encuentra en el émbolo. Al llegar a una presión determinada el presostato se accionará, activando a su

vez a la entrada %IX0.0.3, como se observa en la figura 4.115. De esta forma se acciona el segundo circuito de auto-retención con %MX2 y el indicador luminoso (%QX0.0.2).

El contacto asociado a la marca %MX2 (fila 0) se abrirá, cortando el primer circuito de retención. Esta acción desactivará a la bobina Y1, retrayéndose el vástago a su posición inicial.

El cilindro quedará en su posición inicial y el indicador luminoso encendido, hasta que el operario presione el pulsador S4, ya que el contacto de %MX2 quedará abierto por el circuito de auto-retención, es decir que si se presiona S1 en ese instante, el cilindro no se moverá.

Un vez presionado el pulsador S4, la entrada %IX0.0.4 se activará, abriendo el contacto asociado a dicha entrada (fila 2), cambiando el indicador a modo OFF, y el contacto de la marca %MX2 se cerrará (fila 0), permitiendo que el sistema quede listo para un nuevo ciclo una vez presionado el interruptor S1.

4.3.19 Sistema con oscilación sostenida y repetición ajustada mediante un contador

Se tiene un cilindro de doble efecto, el cual, al oprimir un pulsador y encontrarse completamente retraído, deberá extenderse hasta su final de carrera y luego retraerse inmediatamente. La extensión y retracción del mismo se realizará de manera automática, donde la orden debe ser dada por un operador mediante un selector. Cuando el cilindro se haya extendido diez (10) veces, el sistema debe avisar con un indicador luminoso y al mismo tiempo se deberá retraer el embolo, quedándose el sistema en su posición inicial hasta que el operador lo reinicie nuevamente.

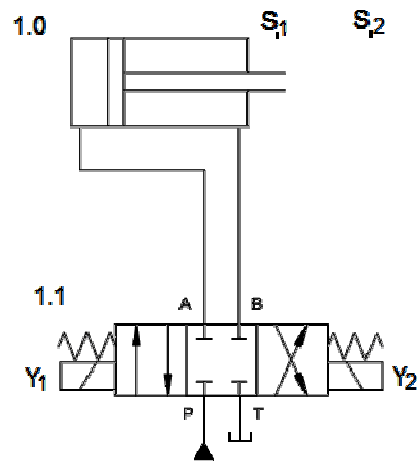


Figura 4.116. Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido controlado por contador

En la figura 4.117 se observa la conexión de los elementos del banco de ensayo al PLC LG.

Tabla 4.32. Direccionamiento de los elementos eléctricos utilizados en el PLC LG para el sistema con contador.

Dirección	Elemento
Entradas	
%IX0.0.1	Inicio de carrera (S1)
%IX0.0.2	Final de carrera (S2)
%IX0.0.0	Pulsador (S0)
Salidas	
%QX0.0.2	Bobina Y1
%QX0.0.3	Bobina Y2
%QX0.0.5	Indicador luminoso (L0)

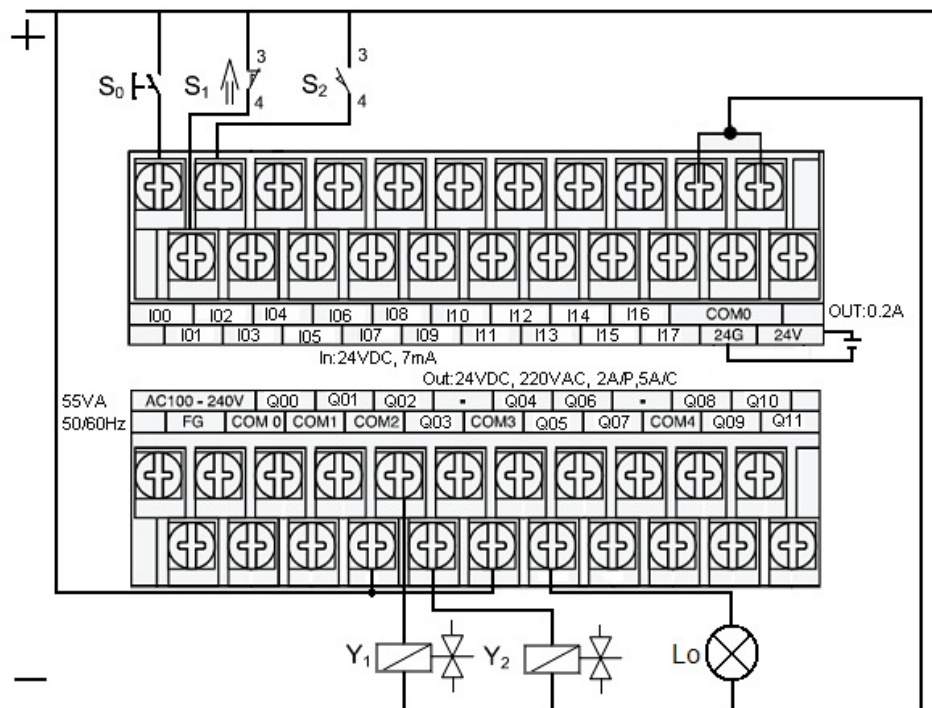


Figura 4.117. Conexión de los elementos eléctricos al PLC LG del sistema con contador.

En la figura 4.116 se puede ver el sistema de control conformado por un cilindro de doble efecto controlado por una electroválvula 4/3 vías, monoestable, la cual una vez que el operario active el proceso, conmutará cuando el vástago del cilindro se encuentra completamente retraído. La posición vástago del cilindro será detectado por un par de detectores de posición, que se ubican en los límites de carrera del cilindro.

Inicialmente el operador debe presionar el pulsador S0 y el cilindro debe encontrarse completamente retraído accionado el detector de posición S1, para activar el sistema. Cuando esto haya ocurrido, la electroválvula conmutará permitiendo el paso de fluido para que se produzca la extensión del cilindro. Una vez que el vástago del cilindro acciona el final de carrera S2, se retraerá hasta llegar al inicio de carrera S1 nuevamente, y luego desde allí, volverá a extenderse automáticamente y así sucesivamente.

La activación del detector de posición S2, producirá un conteo dentro del sistema, cuyo valor máximo de repetición de dicha acción puede ser ajustado por el operario; de modo que al cumplirse ese valor, el vástago del cilindro se devolverá a su posición de inicio y detendrá el sistema, además de encender un indicador luminoso que le indique al operador que la acción ya ha sido ejecutada el número de veces requerido. Por tanto, cuando esto ocurra, el operador deberá oprimir el pulsador (S0), para reiniciar el sistema y al contador.

Como método explicativo, se establecerá que el vástago del cilindro deberá accionar al detector de posición S2 diez (10) veces, es decir, se repetirá el proceso de extensión del cilindro hasta que se haya cumplido con la cantidad de veces que el operador estableció en el contador, la cual es 10.

Esta operación de conteo será realizada mediante un PLC, el cual al ser programado mediante diagrama escalera (como se explica a continuación), permitirá el conteo de las veces que se extiende el vástago del cilindro. En el se puede establecer si se quiere una cuenta decreciente o ascendente, es decir, el operario puede escoger si desea que el conteo comience desde 0 hasta diez como se observa en la figura 4.118 (CONTA_UP CTU) ó, si prefiere que la cuenta comience en 10 hasta llegar a 0 (CONTA_DOWN CTD), como se muestra en la figura 4.119.

El lenguaje escalera está representado en la figura 4.118 y 4.119, donde se puede notar que al presionar el pulsador S0, se activa el circuito de auto-retención asociado a %MX4 (fila 0), de modo que, cuando el cilindro se encuentra completamente retraído, acciona el inicio de carrera S1; %IX0.0.1, energizando a la bobina de %MX1, activándose el circuito de auto-retención (filas 2 y 3). Al ocurrir esto, se emite la señal para que la bobina de la válvula Y1 se accione (fila 11), para que el cilindro se extienda completamente (Y1; %QX0.0.2).

Cuando el émbolo llega al final de carrera S2; %IX0.0.2, acciona el contador CONTA_DO CTD/ CONTA_UP CTU (fila 4), el cual, lleva la cuenta de las veces que el émbolo alcanza su final de carrera (S2; %IX0.0.2), de forma regresiva o progresiva, según sea el caso, ver figuras 4.118 y 4.119.

A su vez, el final de carrera S2, energiza a la bobina %MX2, activando su circuito de auto-retención (filas 8 y 9), con el fin de desconectar a la bobina %MX1 (línea 2) y de producir la activación de la bobina de la válvula Y2 que retrae al cilindro. Cuando el vástago se retrae nuevamente, acciona el inicio de carrera S1; IX0.0.1, donde se desconecta el circuito de auto-retención de la bobina %MX2 (fila 8), y se energiza la bobina de %MX1. Luego, el cilindro vuelve a extenderse, llegando a su posición final, activando el contador y retrayéndose, haciendo un proceso de vaivén.

De acuerdo con lo mostrado en la figura 4.118, el proceso de extensión y retracción del embolo, se realizará hasta que el contador llegue a diez (10). Es decir, cuando el émbolo acciona el final de carrera la primera vez de reiniciado el sistema, el contador pasa de 0 a 1, cuando llega por segunda vez su cuenta pasa de 1 a 2, y así sucesivamente hasta llegar a 10. Entonces se activará un indicador luminoso (%QX0.0.5 - fila 4) y el sistema se detendrá en su posición de inicio (%MX3 - fila 5) hasta que el operador reinicie el sistema (S0; %IX0.0.0) colocándose el contador en 0 (fila 4).

De acuerdo con lo mostrado en la figura 4.119, este proceso se repetirá hasta que el contador llegue a cero (0), es decir, cuando que el vástago alcanza su extensión completa la primera vez, el valor del contador pasa de 10 a 9, cuando llega por segunda vez, el pasa de 9 a 8, y así sucesivamente hasta llegar a 0. Cuando el valor llega a cero (0), se activará un indicador luminoso (%QX0.0.5 – fila 4) y el sistema se parará en su posición de inicio (%MX3) (fila 5) hasta que el operador reinicie el sistema (S0; %IX0.0.0) colocándose nuevamente el contador en diez (10) (fila 4).

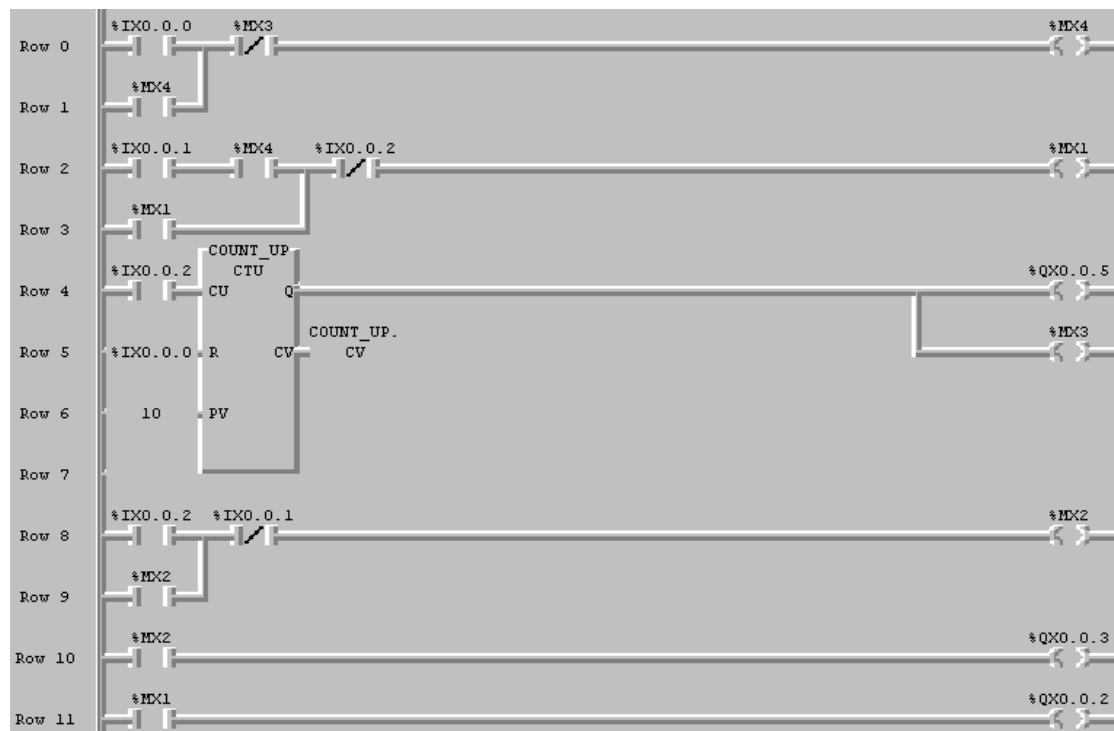


Figura 4.118. Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto con contador incremental

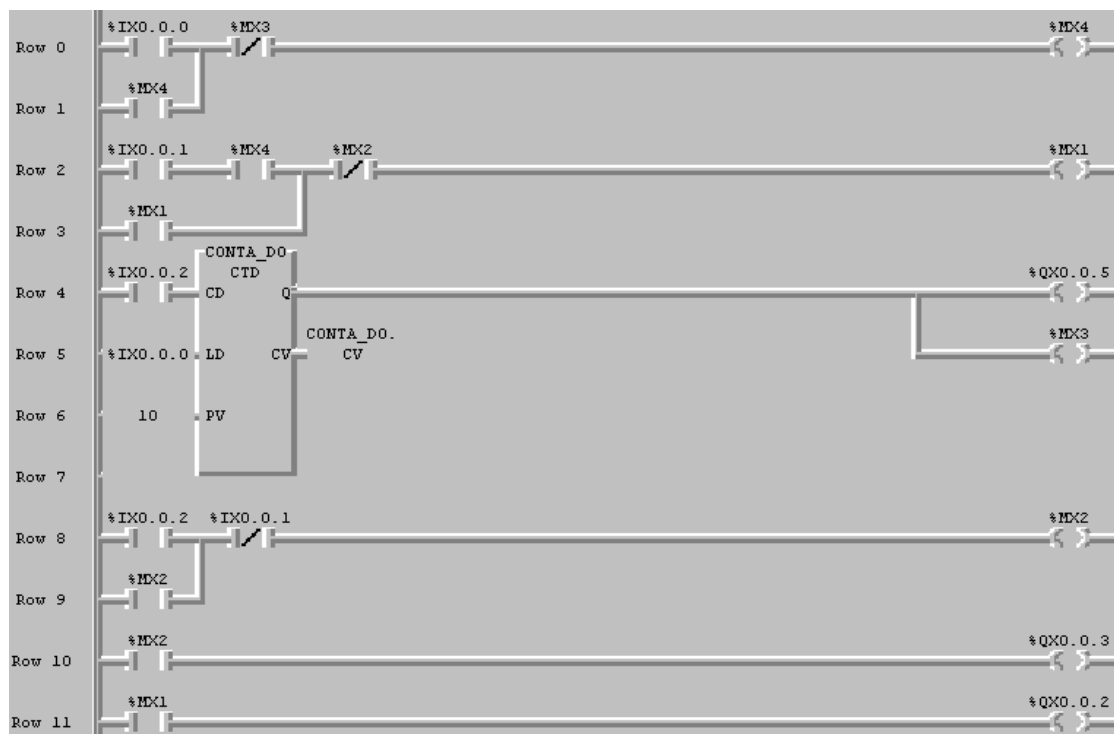


Figura 4.119. Diagrama de escalera de la extensión y retracción de un cilindro de doble efecto con contador decremental

4.3.20 Sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo

Se requiere un sistema conformado por un cilindro de doble efecto, el cual realice un movimiento de vaivén, manteniendo su extensión 10 segundos.

En la figura 4.121 se puede observar la conexión de los elementos utilizados en el montaje y la disposición de los mismos en la figura 4.120:

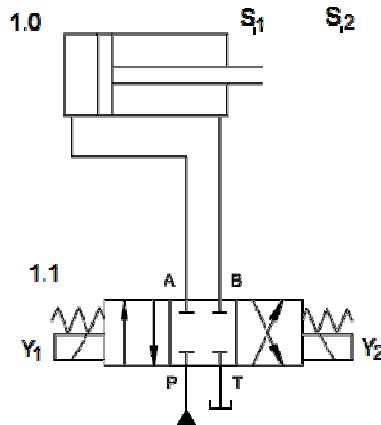


Figura 4.120. Montaje del sistema con movimiento alternativo sostenido con retardo

El esquema está constituido por un cilindro de doble efecto (inicialmente retraído) gobernado por una electroválvula 4/3 vías con centro cerrado con retorno por muelle.

Tabla 4.33. Identificación de los elementos utilizados en el sistema controlado en función del tiempo

Identificación	Elemento
Entradas	
%IX.0.0	Pulsador (S0)
%IX0.0.1	Inicio de carrera (S1)
%IX0.0.2	Final de carrera (S2)
Salidas	
%QX0.0.3	Bobina Y2
%QX0.0.2	Bobina Y1

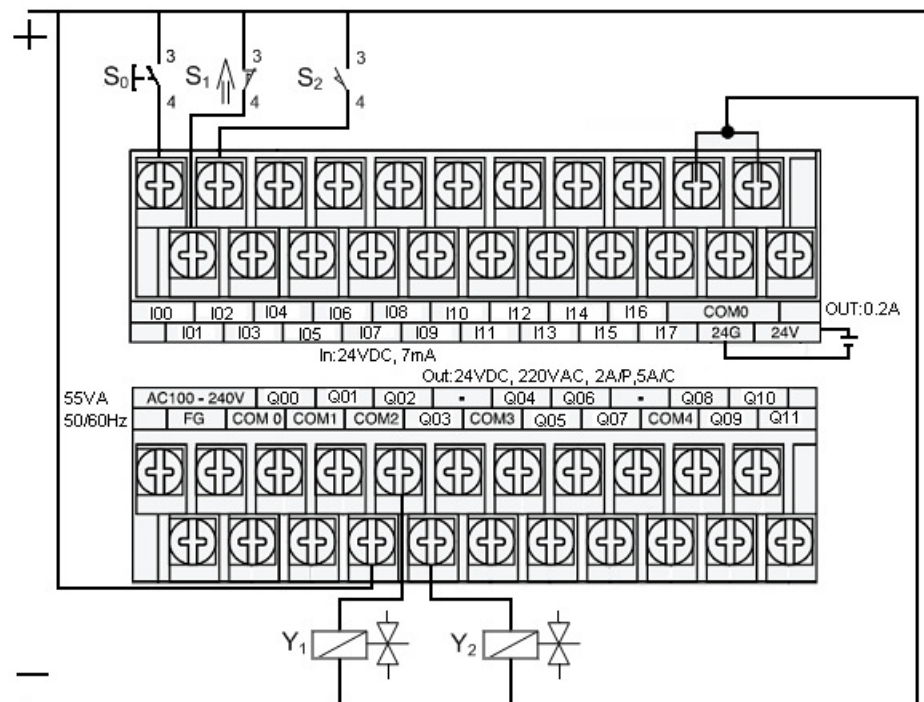


Figura 4.121. Conexión de los elementos al PLC LG del sistema con retardo

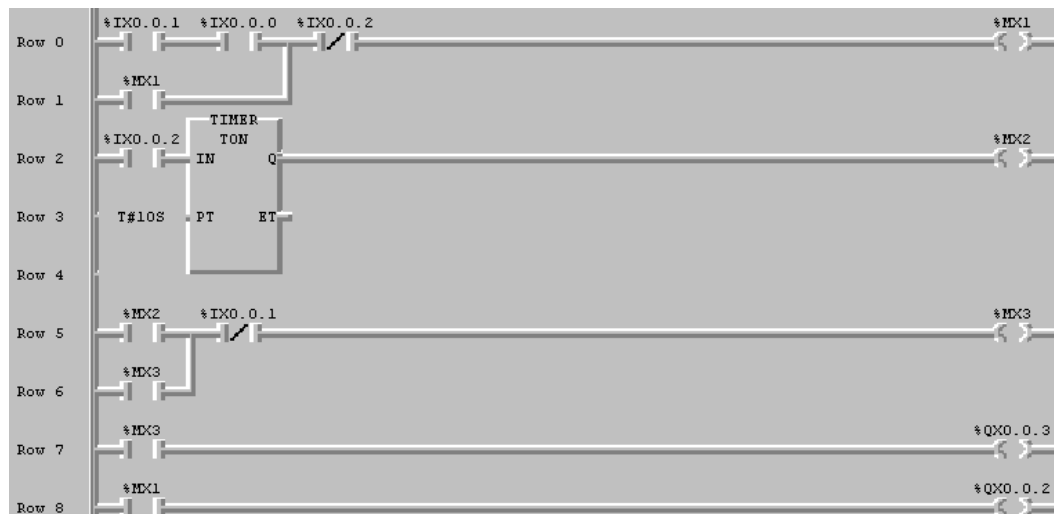


Figura 4.122. Diagrama de escalera del sistema con movimiento alternativo sostenido con temporizador (PLC LG)

Este diagrama está formado por dos circuitos de auto-retención, uno para cada bobina de la válvula (Y1 y Y2), representados por las marcas %MX1 y %MX3 respectivamente, ya que dicho elemento es de retorno por muelle.

Al cambiar el PLC LG de modo STOP a RUN, se detecta que el vástago se encuentra retraído, es decir que el contacto asociado a la entrada %IX0.0.1 se encuentra cerrado (línea 0). Al accionar el pulsador S0 se activa el primer circuito de auto-retención %MX1, extendiéndose el vástago del cilindro hasta su final de carrera. Cuando se accione el contacto %IX0.0.2, se desactivará el primer circuito de retención.

La entrada %IX0.0.2 activa al mismo tiempo al bloque del temporizador (TIMER), el cual esta conformado por una entrada de tiempo, una salida (Q) y dos salidas indicadoras de tiempo (TIME). En donde la entrada esta representada por IN y se activa mediante una acción determinada (en este caso por el contacto %MX1). La salida (Q) es la acción a producirse una vez terminada la actividad del bloque TIMER, y se asocia a una acción, ya sea para la ejecución de una o múltiples salidas o la ejecución de una o varias marcas.

Para este montaje la marca es solamente %MX2 como se observa en la figura 4.122. Esto también se puede hacer colocando al lado de la salida Q la siguiente variable: TIMER.Q (como se observa en la figura 4.123), para luego asociar a esta variable a un contacto, y utilizarlo como medio para la activación de la bobina de la marca %MX2.

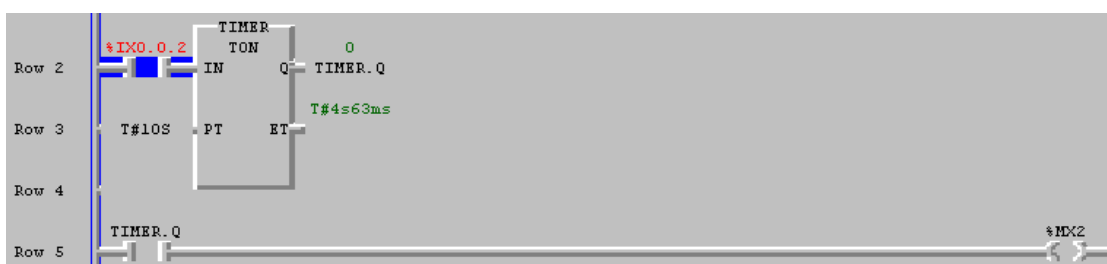


Figura 4.123. Activación de la marca %MX2 por medio de la variable TIMER.Q

El valor prefijado de 10 segundos es colocado al lado de la salida indicadora de tiempo PT. La forma en que se introduce los segundos es mediante el siguiente símbolo: T# (cantidad de segundos del retardo) S.

Por último ET, es el indicador del tiempo transcurrido, es decir una vez el programa en modo RUN y activado el bloque, se observa como transcurre el tiempo (desde cero hasta al valor prefijado)

Cambiando el bloque del temporizador (TIMER) de modo OFF a ON, transcurren 10 segundos antes que se active la marca %MX2, el cual acciona el segundo circuito de auto-retención %MX3 logrando la retracción del cilindro de doble efecto (mediante el accionamiento de la salida %QX0.0.3) hasta a su inicio de carrera.

Al realizar esta acción, el contacto normalmente cerrado de la entrada %IX0.0.1 (asociada al inicio de carrera) en la fila 5 se abre, desactivando el segundo circuito de auto-retención, permitiendo que la electroválvula regrese a su posición central y el contacto de la entrada %IX0.0.1 se cierre (fila 0).

En este punto el sistema queda listo para realizar nuevamente los pasos anteriormente explicados, una vez que el operador presione el pulsador S0.

Como el temporizador del PLC SIEMENS, la entrada de tiempo que activa al temporizador debe permanecer presente hasta que transcurra el tiempo prefijado, de lo contrario volverá al valor 0 (cero). Es decir que la forma de reiniciar al temporizador es que no se encuentre activada la acción con la que se acciona dicho bloque (%IX0.0.2).

Pero este temporizador presenta la ventaja de activar múltiples bobinas, conectadas a la salida del temporizador.

CAPÍTULO 1

Planteamiento del Problema

1.1 Introducción

Conocer las aplicaciones que tiene la oleohidráulica en la ingeniería es de gran relevancia, ya que ella permite la transmisión de potencia a mayores niveles energía, aparte de ser más precisa en cuanto a control de procesos se refiere. Al relacionar la oleohidráulica con dispositivos como los autómatas programables, se deriva un estudio que abarca temas que vinculan las funciones y características de los PLC, lógica cableada y la electro-oleohidráulica en general. Profundizándose de esta manera en una tecnología de control que representa una alternativa a las ya existentes como la neumática.

1.2 Situación problemática

En la industria es de primera importancia contar con maquinarias especializadas para controlar, impulsar, posicionar y mecanizar elementos o materiales propios de la línea de producción; para estos efectos una de las técnicas que se utilizan con regularidad son los sistemas de transmisión oleohidráulicos, los cuales se ven reflejados en equipos que permiten trabajos cada vez con mayor precisión, con mayores niveles de energía y presentando una gran ventaja respecto a los otros sistemas en cuanto al trabajo con

elevados niveles de fuerza, lo que sin duda ha permitido un creciente desarrollo a nivel productivo.

En la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo se imparte el curso de automatización industrial, que tiene como principal objetivo ayudar al hombre o sustituirlo en trabajos penosos o monótonos, y su aplicación en los procesos industriales directamente involucrados con la producción de bienes.

En este curso se estudian los elementos que conforman la estructura de un sistema automatizado (parte de comando que genera las ordenes y otra parte operativa que las recibe) los medios empleados en la ejecución de sus acciones que pueden ser: electricidad, hidráulica, neumática o combinación de las anteriores, y las diferentes formas en que reciben las señales del medio externo (mediante la unión de un operador o la señal de algún dispositivo captador). Ahora bien, no se ha profundizado en el estudio de los sistemas electro-oleohidráulicos, y menos se han llevado a la práctica (aunque haya diseñada una), lo que es preocupante, ya que en esta materia es necesario que en el laboratorio se desarrollen ensayos que complementen el contenido teórico y técnico.

El laboratorio de Automatización Industrial cuenta con un banco de ensayos de sistemas electro-oleohidráulicos, el cual nunca se ha puesto en funcionamiento desde hace más de seis años que fue obtenido; lo que obliga al estudio de los componentes que lo conforman para así establecer su capacidad y puesta en operación. Actualmente el laboratorio, cuenta con módulos para el desarrollo de control lógico programable aplicables a electro-neumática y la electro-oleohidráulica y que pueden ser implementados en el banco de ensayo. Por tal motivo no se está aprovechando todo el potencial que este recurso puede brindarle al estudiantado, partiendo de un conocimiento básico de la oleohidráulica y de la tecnología lógica programable.

Con el uso de este banco en el laboratorio se logra complementar el contenido teórico que abarca esta asignatura, además del uso y manejo de las técnicas más básicas de la automatización aplicadas al banco electro-oleohidráulica.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar sistemas de control en un banco de ensayos de electro-oleohidráulica, para su funcionamiento como práctica complementaria en la asignatura de automatización industrial.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar y/o estudiar las características del banco de ensayos de electro-oleohidráulica presente en el laboratorio para determinar sus características y operatividad.
- Determinar los tipos de tecnología de control aplicables en el banco de ensayos de acuerdo con sus características y condiciones técnicas.
- Diseñar los sistemas de control de acuerdo con la tecnología presente en el banco de ensayos de electro-oleohidráulica.
- Implementar los sistemas de control diseñados para su estudio.

1.4 Justificación

Debido al gran desarrollo a nivel industrial, y a la gran demanda que la oleohidráulica tiene, es de suma importancia que a este nivel se le dé un conocimiento más amplio al estudiante en este tipo de sistemas dada su presencia como tecnología de automatización en la industria.

Siendo cierto que la oleohidráulica es una temática general de máquinas hidráulicas y de fluidos, no deja de tener un peso específico en áreas de estudio como Automatización Industrial.

La automatización ha evolucionado notablemente en la parte de comando, donde la lógica cableada y la lógica programada, pueden realizar cualquier tipo de procesos que se requiera, además, de tener la capacidad de comunicación entre la interfaz hombre-máquina, desde la que el operador puede obtener e inducir datos y realizar operaciones relativas al control del proceso.

La oleohidráulica teniendo igual importancia que la neumática en el sector industrial, por su garantía de seguridad, calidad y fiabilidad, ha sido un tema poco profundizado en la asignatura. Considerando su implementación, a un nivel teórico-práctico, incluyendo también en su parte práctica, el uso de lógica cableada y de controladores lógicos programables, aplicados a un banco de ensayo oleohidráulico, ayuda al laboratorio a contar con una importante herramienta como complemento del área de automatización.

Igualmente, su estudio teórico-práctico, presenta la oportunidad al estudiantado de poder comparar entre la oleohidráulica y la neumática, estudiando las ventajas y desventajas que muestran ambas, las funciones que desempeñan, cuál de las dos es la más eficiente, el ambiente donde se desarrollan, durante su ejecución cual es más sencilla, con tan solo profundizar más en los sistemas oleohidráulicos, se pueden obtener amplios conocimientos y resultados. Y estas son, justamente las razones que se consideran prioritarias para la recuperación y montaje del banco de ensayos electro-oleohidráulico, como una práctica en el laboratorio de automatización Industrial.

La demanda cada vez mayor de confiabilidad y seguridad de los sistemas de potencia fluida lleva a los diseñadores y usuarios al estudio de su dinámica, la cual requiere no sólo el conocimiento de las particularidades de operación, sino también de cada una de las características de los elementos y componentes que hacen parte de los mismos.

1.5 Alcance

El presente trabajo contempla el diseño e implementación de sistemas de control en un banco de ensayos de oleohidráulica presente en el laboratorio de automatización industrial, empleando de dos tipos de tecnologías (tecnología cableada y la tecnología programada) de control. Contempla el desarrollo de sistemas de control de acuerdo con los elementos disponibles y operativos en el banco de ensayos y en el laboratorio de automatización (no esta prevista la incorporación de otros elementos de mando o potencia).

1.6 Limitaciones

Dentro de las limitaciones se encuentra la poca información que se ha conseguido en relación al uso del banco, el tiempo que tiene este banco en desuso ha ocasionado que el mismo requiera reparaciones.

La implementación de los sistemas de control electro-oleohidráulicos basados en lógica cableada y programada puede verse afectado por el estado actual de los elementos de mando oleohidráulico (válvulas), ya que no se cuenta con suficientes equipos que puedan reemplazar este tipo de unidades.

1.7 Antecedentes

El presente trabajo especial de grado tiene como basamentos teóricos los siguientes trabajos especiales de grado e investigaciones realizados en la Universidad de Carabobo en los últimos años a través de los cuales se han estudiado los sistemas autómatas para controlar procesos:

Al querer implementar sistemas de control sea a un banco de ensayo o una máquina en la industria, como por ejemplo a un sistema de bombeo, se destacan la lógica a relé y el uso de PLC, en donde Romero (2005) diseño un programa capaz de controlar el comportamiento de este tipo de sistema a

presión constante usando como referencia un autómatas programable. Teniendo la posibilidad como el caso de diseño e implementación de un banco de prueba de electro-neumática, Vides *et al* (2001), de utilizar esta unidad de prueba para poder realizar ensayos a escala de procesos industriales reales, con los cuales se puede programar el PLC en el laboratorio y trasladar dicho programa sin ninguna dificultad al autómatas programable que controlará parte de la planta industrial.

Con este tipo de controladores se puede determinar los parámetros capaces de automatizar el proceso, muestra de ello es el trabajo de Zurita y Rodríguez (2003) en donde se rediseñó e implementó la automatización de un proceso de inyección de plásticos mediante un PLC, preestableciendo el número de piezas a inyectar y tiempos en los cuales se realizaban otras operaciones para cumplir ese objetivo. Además, dada la capacidad que tienen los PLC de manejar información, los hace mas adecuados para la detección de fallas en tiempo real, es decir que estos facilitan la detección de cualquier falla en el momento mismo que se produzcan, solucionándola en un tiempo menor que una lógica a relés, Romero (2005).

La solución de un problema específico de control por parte de un autómatas programable requiere de su programación, para lo cual se han desarrollado lenguajes especiales, muchas veces solamente aplicables a los PLC de un fabricante en particular, Díaz *et al* (2005). El más popular de todos estos lenguajes, es el llamado escalera o de contactos, pero el más básico es el lenguaje de lista de instrucciones que fue utilizado para la tesis del autor antes mencionado, la cual consiste en el diseño de un software simulador de un PLC basado en este tipo de lenguaje. Aparte de esto se tiene que tener en cuenta el direccionamiento de entradas y salidas donde se relaciona la dirección física con la dirección lógica. Este direccionamiento tiene una función similar a la de un espejo donde todo lo que ocurre en la dirección física se refleja en la dirección lógica, Lucena e Indriago (2004). Desde el

punto de vista económico se recomienda utilizar lógica a relé cuando el número de entradas/salidas (E/S) sea menor que 10 mientras que el uso del PLC cuando exista un número mayor E/S, Romero (2005). Aunque el número de E/S sea pequeño, el PLC permite controlar sistemas de plantas mediante la conexión de una extensión de entradas y salidas, siendo otra solución la utilización de un PLC de mayor capacidad para así abarcar el control del sistema, como también desglosar posibles fallas que se puedan presentar, Romero (2005).

CAPÍTULO 5

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Al realizar el análisis previo al banco de ensayo, se detectaron elementos defectuosos (tuberías flexibles y manómetro), los cuales fueron remplazados. Exceptuando lo antes mencionado, puede afirmarse que los elementos presentes en el equipo de pruebas se encuentran aptos para realizar diversos montajes básicos, tanto oleohidráulicos como electro-oleohidráulicos.

El banco de ensayo electro-oleohidráulico está en condiciones para trabajar con los módulos de tecnología de control presente en el laboratorio.

Mediante la aplicación de la tecnología programada presente en el laboratorio se reduce la cantidad de elementos de control en físico a utilizar en el sistema electro-oleohidráulico, es decir, los PLCs permiten la realización de montajes con funciones de mayor complejidad usando una cantidad reducida de elementos en comparación con los requeridos al emplear lógica cableada, limitada por el número de bobinas y contactos presentes en el equipo de pruebas.

La utilización de la lógica cableada con los elementos presentes en el banco permite el desarrollo de sistemas de control basados en la presión (uso de presostato) y en la posición de los cilindros (finales de carrera). Sin

embargo, el uso de los autómatas programables disponibles en el laboratorio permite la incorporación de otras funciones que son externas al banco de pruebas, tales como: temporizadores, contadores, control de secuencias, entre otras.

Al emplear los dos modelos de PLC's disponibles en el laboratorio es posible implementar sistemas de control logrando los mismos resultados en lo que a funciones se refiere, ya que los controladores ofrecen similares recursos de programación (contadores, temporizadores, entre otros) así como de conexión con introductores de señal y accionamientos (como por ejemplo los tipos de señales de E/S).

Los elementos oleohidráulicos del laboratorio permiten el desarrollo de esquemas de control solo en lazo abierto, es decir, aquellos basados en el control de la extensión y retracción de cilindros, así como la regulación de su velocidad. Por otro lado, los elementos electro-oleohidráulicos en el laboratorio (lógica a relé) pueden emplearse para desarrollar esquemas, tanto en lazo abierto como en lazo cerrado, de tipo combinacional y secuencial.

Las tecnologías implementadas permiten entender el funcionamiento de los sistemas oleohidráulicos desde el punto de vista didáctico.

5.2 Recomendaciones

Antes de realizar un montaje se recomienda tener un conocimiento previo de los elementos del banco de ensayo así como el hardware y software del PLC a utilizar.

Para la regulación de la presión adecuada para el sistema de trabajo, se debe graduar el tornillo regulador del aire en conjunto con la válvula de alivio de la fuente y con la válvula reguladora de flujo.

Para la regulación de la presión de entrada al banco, es recomendable utilizar valores, manejados entre 300-400 psi, ya que dentro de este rango se suministra la suficiente presión para los esquemas de control realizados. El

fabricante recomienda trabajar el banco a un valor máximo de 700 psi (50 bar), más se recomienda trabajar la unidad de fuerza dentro del rango antes mencionado para alargar la vida útil de la bomba.

Verificar siempre que el interruptor del panel de control este en modo OFF, mientras la unidad de fuerza se estabiliza y adecua a la presión recomendada.

Si se quiere llevar un control de la presión (presión de entrada y/o salida) en algunas de los elementos que constituye el montaje a realizar, se puede utilizar los manómetros ubicados en el panel de control.

Se recomienda la colocación de una malla filtrante para el final de la línea de retorno del fluido al tanque. De acuerdo con el aceite hidráulico utilizado por el banco, esta malla filtrante debe ser de 30 ó 40 mesh.

Tabla 1. Comparación entre autómatas programables

Características	PLC SIEMENS	PLC LG
Alimentación	AC 120-240 V	AC 100-240V (DC 24V)
Numero entradas digitales	14	18
Voltaje de las entradas	Nominal: DC24V	Nominal: DC24V
Corriente de las entradas	Para la señal "1": 2.5mA	Nominal: 7mA
Numero salidas digitales	10, Salidas de relé	12, Salida de relé
Voltaje de las salidas	Para señal "1", min.: L+/L1(*)	DC24V (Carga resistiva), AC220V(COSØ=1)/point
Corriente de las salidas	Para señal "1" valor nominal: 2 A / Parar señal "0":corriente residual: 0mA	2A (Carga resistiva), 2A (COSØ=1)/point, 5A/COM
Velocidad de procesamiento	0.22µs (máx.)	0.1 ~ 0.9µs
Capacidad de Memoria del Programa	8/12K byte	132K byte
Lenguajes de programación	-Diagrama de escalera -Lista de instrucciones -FUP	-Diagrama de escalera -Lista de instrucciones -SFC
Contadores	C0 a C255	Ninguna limitación. Conde rango: -32768 ~ 32767
Temporizadores	256 (T0 a T255) (**)	Ninguna limitación. Rango de tiempo: 0.001 ~ 4294967.295 s (1193 horas)
Módulos de expansión	Si	Si
Dimensiones en mm (l x a x p)	120,5 x 80 x 62	145X115X73
Peso(g), aproximadamente	410	540

(*)Tabla 2. Características de voltaje L+/L1 del PLC SIEMENS.

Carga de tensión L+	Valores
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	5 V
Rango admisible, límite superior (DC)	30 V
Carga de voltaje L1	Valores
Valor nominal (AC)	100 V; 100 A 230 V AC
Rango admisible, límite inferior (AC)	5 V
Rango admisible, límite superior (AC)	250 V

(**) **Tabla 3.** Características de los temporizadores del PLC SIEMENS.

Temporizadores	Identificación
Retardo a la conexión con memoria 1 ms / 10 ms / 100 ms	T0, T64 / T1 a T4 y T65 a T68 / T5 a T31 y T69 a T95
Retardo a la conexión/ desconexión 1 ms / 10 ms / 100 ms	T32, T96 / T33 a T36 y T97 a T100 / T37 a T63 y T101 a T255

Apéndice

Referencias

- Álvarez E. (2005). **Hidráulica 3**. Investigación y Desarrollo. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- Barraco M. (1998). **Oleohidráulica básica y diseño de circuitos**. (Departamento de Mecánica de Fluidos), Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- Bravo V. (2000). **Curso de: Autómatas programables (PLC)**. Tijuana, B.C.
- Canto C. (2006). **Capítulo II. Configuración y funcionamiento del Autómata Programable**. Departamento de Electrónica. Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- Castela P. (2007). **El relé**. Gil – Toresano. Citado: 29/03/2009. Página de Internet: <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/>
- Castro F., Araya M., Gómez J. (2003). **Introducción al autómata programable PLC**. Departamento de Automática. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica.
- Curso HYD – 2100. (1992). **Electrohidráulica Básica**. Manual del alumno. DEGEM Systems. Editorial Copyright. P. 1-2.
- Curso HYD – 2300. (1992). **Hidráulica Básica**. Manual del alumno. DEGEM Systems. Editorial Copyright.
- Díaz J., Dorta R., Arteaga, F. (2005). **Diseño de un software simulador de un autómata programable que utiliza el lenguaje de lista de instrucciones**. Revista Ingeniería UC. Vol. 12, No 1, 36-47, 2005. Valencia, Universidad de Carabobo.

- Elizondo A., Piedra L., Nuñez M. (2003). **Introducción a los Controladores Lógicos Programables (PLC)**. Departamento de Automática. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica.
- Electronred. (2005). **El relé**. I-Espana. Pagina de Internet: <http://electronred.iespana.es/elrele.htm>
- Erices V. (2001). **Oleohidráulica Industrial**. Edición #1. Lugar de Edición: INACAP Capacitación. Marzo 2001.
- Ferreyros S.A. A. (2006). **Hidráulica GAT IV. Principios básicos y descripción de componentes**. Desarrollo técnico
- Fowler R. (1994). **Electricidad: Principios y aplicaciones**. Edición: illustrated; Publicado por Reverte.
- Fujitsu. (1995). **Contactores Takamisawa**. Página de Internet: <http://www.fujitsu.com>. Citado: 1/03/2009.
- GM7 Series. (1995). **User manual LS Programmable Logic Controller. Intructions & Programming**. LS Industrial Systems.
- Good year. (2005). **Mangueras de PVC**. Productos industriales. PVC Hoses. Página de Internet: <http://www.pontodaborracha.com>. Citado: 22/03/2009
- Herrera A. (2008). **Manual Instruccional Teórico-Práctico para el Laboratorio de Automatización Industrial**. Universidad de Carabobo, Escuela de Ingeniería Mecánica; Práctica #2.
- Hidráulica Básica 3 (2000). **Curso de Capacitación Interactivo de Hidráulica Básica de IIT**. Copyright by Interactive Industrial Training. Página de Internet: www.fluidpowerzone.com
- HM Hidromangueras. (2005). **Mangueras p/comandos hidráulicos**. Identificación códigos de mangueras - Serie 100. Página de Internet: <http://www.hidroaccesorios.com.ar>. Citado: 22/03/2009.
- Langer Hydraulik (2009). **Camisas de cilindro: Espectro de aplicación**. Página de Internet: <http://www.langer-hydraulik.de/index> Citado: 21/03/2009.
- Loría M. (2004). **Sistemas Hidráulicos y Neumáticos**. Manual de Asignatura. Electricidad y Electrónica Industrial. Universidad Tecnológica de Puebla.
- Lozano D, (2008). **Oleohidráulica**. Sistema de Educación Virtual. Colegio Técnico Industrial Gualaceo. Pagina en Internet: <http://www.tecnigualea.edu.ec/> Citado: 1/02/2009.

- Lucena Z., Indriago M. (2004). **Optimización en el desarrollo de un programa para PLC**. *Revista Ingeniería UC*. Vol. 11, No 3, 70-78, 2004 Universidad. Nacional Experimental Politécnica, UNEXPO, Barquisimeto, Venezuela.
- Manual CPU 224. (2005). **Programación PLC's**. Instalaciones Eléctricas Básicas. Equipos de Consumo. Escuela Profesional Salesianos Juan XXIII.
- Manzano J. (2007). **Electricidad I, Teoría básica y prácticas**. Ediciones Técnicas Marcombo. 1ra Edición.
- Merkle D., Paproth M., Scholz D. (1994). **Electro-hydraulics. Basic level**. Festo Didactic KG, D-73734 Esslingen.
- Modesti M. (2002). **Actuadores. Dispositivos hidráulicos**. Departamento ingeniería industrial. Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnología Nacional.
- Modesti M. (2002). **Controladores de Lógica Programable (PLC)**. Departamento ingeniería industrial. Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnología Nacional.
- Neumática e Hidráulica. (2009). **Válvulas de hidráulicas de cuatro vías, operadas eléctricamente**. Página de Internet: <http://www.sapiensman.com/neumatica/>. Citado: 23/01/09.
- OMRON (2007). **.Final de Carrera [OMRON 2020]**. Industrial Automation. <http://www.ia.omron.com/index.html>. Citado: 14/02/2009.
- Prolubca. (2003). **Hidralub AW ISO 68**. Empresa Noticias Catálogos Distribuidores Enlaces. Página de Internet: <http://www.prolubca.com/manual-hidralub.htm>. Citado: 22/03/2009.
- Romero G. (2005). **Diseño de un sistema de control de bombeo a presión constante controlado por PLC**. Valencia, Universidad de Carabobo.
- Sáez D. (2005). **Tutorial instalación y programación en PLC educacional S7-200**. Departamento Ingeniería Eléctrica. Facultad de ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
- Schmidt G. (2007). **FESTO GRAFCET**. Festo Didactic GmbH & Co. KG, 73770 Denkendorf, Alemania.
- Siemens AG. (1998). **SIMATIC. sistema de automatización S7-200**. Referencia del manual: 6ES7298-8FA01-8DHO. Bereich Automatisierungs-und Antriebstechnik.

- Siemens AG. (1999). **Microsystem Simatic S7-200**. Grupo Automatización y Accionamientos. Div. Sistemas de Automatización Industrial.
- Siemens AG. (2005). **SIMATIC. Manual del sistema de automatización S7-200**. Número de referencia del manual: 6ES7298-8FA24-8DH0. Bereich Automation and Drives. Geschaeftsgebiet Industrial Automation Systems.
- VEM. (2004). **Maquinas Eléctricas**. Grupo VEM. Página de Internet: <http://www.vem-group.com/>. Citado: 10/03/2009
- Vides S., Grande N., Urrutia M., Carrera H., Mendoza A. (2001). **Diseño e implementación de un banco de prueba de electro-neumática**. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador.
- Youtube (2007). **Funcionamiento de relé**. Octubre 02/2007. <http://www.youtube.com/watch?v=QjszJEncew8>.
- Zurita S., Rodríguez A. (2003). **Rediseño e implementación de la automatización de un proceso de plásticos mediante un autómatas programable (PLC)**. Valencia, Universidad de Carabobo.