

Diseño y Construcción de un Módulo Multifuncional Electroneumático Controlado por  
un PLC.

Alex Darío Guijarro Viteri

Universidad Internacional SEK

Realizado por:

ALEX DARÍO GUIJARRO VITERI

Nota de autor:

Alex Darío Guijarro Viteri, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional  
SEK; Director Diego Venegas.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

[alex.guijarro@maintronic.com.ec](mailto:alex.guijarro@maintronic.com.ec)

**Declaratoria Juramentada**

Yo, ALEX DARÍO GUIJARRO VITERI. Con cédula de identidad 080259261-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

ALEX DARÍO GUIJARRO VITERI

C.I: 080259261-8

## Índice General de Contenidos

Resumen.....	8
Introducción .....	9
Método .....	11
Componentes del Módulo Electroneumático .....	12
Unidad de Mantenimiento.....	12
Acoplamientos.....	12
Cilindros .....	13
Tuberías.....	14
Válvulas.....	17
Sensores Inductivos.....	18
Controlador Lógico Zelio SR2A101BD.....	19
Elementos Eléctricos.....	21
Fuentes de Alimentación.....	22
Relé Térmico y Portarelé.....	23
Fusibles y Portafusibles.....	24
Breaker.....	24
Pilotos Luminosos:.....	25
Switchera y Pulsadores.....	26
Funcionamiento del Módulo Electroneumático.....	26
Programación en el PLC.....	29
Materiales.....	30
Diseño de diagramas neumáticos y planos electroneumáticos.....	34
Conexiones Básicas.....	34
Diseño y Construcción del Tablero de Simulación.....	36
Diseño y montaje del circuito electroneumático.....	40
Experimento 1.....	41
Prueba de funcionamiento del módulo electroneumático.....	41
Experimento 2.....	45
Desarrollo del circuito neumático.....	49
Programación del circuito lógico en el controlador a través del computador.....	56
Conexión de entradas y salidas al PLC.....	57
Resultados.....	58

Experimento 1. .... 58

Experimento 2. .... 59

Discusión..... 60

Conclusiones. .... 60

Recomendaciones..... 61

Bibliografía. .... 62

**Índice de figuras**

Figura 1. Esquema del proceso de automatización.....	11
Figura 2. Unidad de mantenimiento SMC.....	12
Figura 3. Acoples rápidos.....	13
Figura 4. Cilindro de doble efecto.....	14
Figura 5. Cilindro de doble efecto SMC.....	14
Figura 6. Manguera neumática de polietileno.....	16
Figura 7. Símbolo neumático de la válvula 5/2.....	17
Figura 8. Sensores inductivos.....	18
Figura 9. Cable serial SR2 USB 01.....	20
Figura 10. Controlador Zelio.....	21
Figura 11. Elementos eléctricos.....	22
Figura 12. Fuente Omron 110 VAC – 24 VC.....	23
Figura 13. Fuente 110 VAC – 24 VAC.....	23
Figura 14. Relé térmico.....	24
Figura 15. Portafusible.....	24
Figura 16. Breaker.....	25
Figura 17. Pilotos luminosos.....	25
Figura 18. Switch de mando.....	26
Figura 19. Funcionamiento del módulo electroneumático.....	28
Figura 20. Elemento Electroneumáticos.....	30
Figura 21. Control de un cilindro de doble efecto.....	32
Figura 22. Circuito de mando y fuerza.....	33
Figura 23. Base del tablero.....	34
Figura 24. Tablero de simulación.....	35
Figura 25. Montaje de electroválvulas.....	36
Figura 26. Montaje de cilindros.....	36

Figura 27. Montaje de fuente de alimentación.....	37
Figura 28. Selector de voltaje.....	37
Figura 29. Montaje de controlador Zelio.....	38
Figura 30. Diagrama de estado experimento 1.....	39
Figura 31. Diseño electroneumático.....	40
Figura 32. Programación en el software.....	41
Figura 33. Diagrama de estado experimento 2.....	44
Figura 34. Diagrama camino – pasos.....	45
Figura 35. Diagrama neumático.....	47
Figura 36. Circuito electroneumático.....	51
Figura 37. Diagrama Lógico.....	52
Figura 38. Programación circuito lógico.....	56
Figura 39. Conexión de sensores y electroválvulas a entradas y salidas.....	57

**Índice de tablas**

Tabla 1. Cilindros neumáticos.....	13
Tabla 2. Datos de manguera de poliuretano.....	16
Tabla 3. Datos técnicos de los sensores inductivos.....	18
Tabla 4. Características controlador Zelio SR2A101BD.....	19
Tabla 5. Elementos eléctricos.....	21
Tabla 6. Requerimientos para la elección del PLC.....	29
Tabla 7. Materiales.....	31
Tabla 8. Registro en orden cronológico.....	45
Tabla 9. Descripción resumida de movimientos.....	45
Tabla 10. Chequeo del sistema electroneumático.....	58
Tabla 11. Tabla comparativa de las características de los sistemas.....	59

### **Resumen**

El presente proyecto describe la construcción y montaje de un módulo multifuncional electroneumático, el cual tiene como propósito facilitar la manipulación de circuitos simples y complejos, mediante una pequeña recopilación de leyes y principios que se utilizan en la neumática, la presión, la temperatura y la fuerza son variables muy importantes a tener en cuenta en un determinado proceso para elegir adecuadamente los dispositivos neumáticos.

El módulo multifuncional electroneumático funcionará mediante la combinación de dos energías, la energía eléctrica y la energía proveniente del aire comprimido (neumática).

El objetivo principal de este trabajo se centra en operar y controlar dispositivos electroneumáticos empleando un controlador lógico programable, donde se indica la codificación y conexión de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos utilizados en los circuitos electroneumáticos, además se menciona algunos pasos básicos para la programación de un circuito neumático en función de las condiciones indicadas en el digrama camino-paso, se detalla además algunos puntos básicos para el conexión de electroválvulas y sensores a las entradas y salidas del controlador lógico programable.

*Palabras clave:* PLC, Neumática, Electroneumática, Módulo electroneumático.



## Introducción

La industria actual del Ecuador está condicionada en gran parte debido a las limitaciones tecnológicas, el sector energético es un importante generador de nuevas actividades, inversiones y generación de empleo a miles de personas, la iniciativa de fomentar el desarrollo de nueva tecnología por parte del gobierno se basa en el incremento de la productividad y el mejoramiento de la calidad, rigiéndose a las normas tanto de seguridad como de protección hacia nuestro ecosistema (SENPLADES, 2013).

La automatización es una herramienta tecnológica que tiene como objetivo incrementar la competitividad industrial, además el avance de la tecnología, ha traído consigo grandes cambios en el mundo del diseño e implementación, optimizando los procesos a nivel industrial, por lo que es necesario la capacitación para el personal que esté en contacto con la industria.

La electroneumática es una de las técnicas de automatización que está en auge, debido a que combina la neumática con la electricidad y/o la electrónica, produciendo la fusión de elementos, los cuales resultan más eficientes y óptimos a diferencia de un equipamiento netamente neumático; esto hace que el estudio y dimensionamiento de estos sistemas hayan ido evolucionando de igual manera, a tal punto que ahora se complementan con elementos de control y automatización. La automatización se ve reflejada en la disminución de personal encargado de la puesta en marcha y manipulación de la maquinaria en los procesos industriales, sustituyendo la fuerza y habilidades manuales por procedimientos electromecánicos más precisos.

Uno de los ejemplos del uso de la energía neumática en el Ecuador es la industria maderera Novopan del Ecuador S.A., la cual ocupa un 80% de la energía neumática para llevar a cabo su producción, razón por la cual la electroneumática exige

total compromiso y un constante desarrollo tecnológico; para adecuar procesos y mejorar la producción.

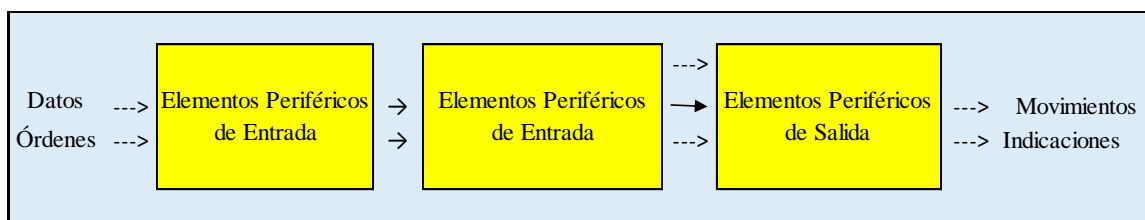
El estudio realizado sirve para determinar cuán importante es la creación de nuevos métodos y prácticas que de una u otra forma ayudan a diferentes sectores a ser más eficientes y competitivos.

Este proyecto describe la construcción y montaje de un módulo electro neumático, detallando cada uno de los elementos empleados, diseñado de tal manera que sea fácil su manipulación, transporte y almacenamiento, además trata de innovar la técnica de aprendizaje en el área de la automatización con esta aplicación, logrando de esta manera enlazar las técnicas y proporcionar un sistema de entrenamiento que facilite los conocimientos para mejorar la eficiencia del personal técnico. Uno de los motivos por los que se desarrolla este proyecto es mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía (SENPLADES, 2013). Otro de los objetivos que se busca cumplir, es de mejorar la calidad de vida de la población en el Ecuador (SENPLADES, 2013) capacitando y generando conocimiento, lo que conlleva a mejorar la calidad de estudio y así la calidad de desempeño de los nuevos profesionales en Ingeniería Mecánica en las diferentes áreas de trabajo, y de la misma forma se encasilla dentro de los objetivos que constituyen el Plan Nacional del Buen Vivir.

Los componentes utilizados en este proyecto, su construcción y puesta en marcha en cualquier sector productivo del país, permitirán de sobremanera mejorar los procesos y facilitan la obtención más oportuna, de productos de alta calidad y a costos más reducidos, de la misma forma aportar con la capacitación a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Internacional SEK y reforzar los conocimientos obtenidos en las aulas con las prácticas en el laboratorio.

### Método

En la industria se presentan una serie de acciones y movimientos mecánicos que una persona no los puede realizar en forma rápida, debido a ello se presenta la necesidad de reemplazar parcial o casi total la acción o movimiento de una persona por algún dispositivo que cumpla la misma función, para ello se utilizan los cilindros neumáticos, los que reemplazan la potencia muscular del hombre por una potencia que proviene de una fuente exterior de energía, la cual se gobierna con pequeños esfuerzos, un esquema de este proceso de automatización se lo puede apreciar en la figura 1.



*Figura 1.* Esquema del proceso de Automatización

Para la realización del presente proyecto se utilizó cuatro cilindros de doble efecto los cuales son comandados por cuatro electroválvulas biestables 5/2 (cinco vías dos posiciones) ocho sensores inductivos, los cuales van montados sobre cada cilindro, una unidad de mantenimiento, todos estos elementos montados sobre un tablero metálico, un tablero con luces piloto las cuales indican el funcionamiento de válvulas y cilindros, un tablero de control en el cual va montado un controlador lógico programable Zelio de software libre y demás dispositivos eléctricos cuyas conexiones son muy importantes para el montaje de circuitos.

## Componentes del Módulo Electroneumático

### Unidad de Mantenimiento

La unidad de mantenimiento es el dispositivo encargado de entregar aire purificado al sistema por su filtro y presión constante por su regulador de presión, además lubrica el aire comprimido, está compuesto por un filtro de aire comprimido, una válvula reguladora de presión, un manómetro y un lubricador de aire comprimido (Serrano, 2009), la unidad de mantenimiento implementada para este proyecto es de la marca SMC que es una marca reconocida de origen americano. (Figura 2).



*Figura 2.* Unidad de mantenimiento SMC

### Acoplamiento

Se usaron acoples rápidos por su facilidad de conexión y desconexión permitiendo realizar el armado del circuito en una forma rápida, estos dispositivos fueron utilizados especialmente para conexiones de tubos y permitieron realizar uniones en una forma fácil y segura.

La acción del acople rápido ocurre al ingresar el tubo al manguito elástico hendidado, cede y permite el paso hasta el tope; la junta tórica asegura su estanqueidad. Si

se tira del tubo, éste arrastra el manguito elástico y la pendiente inferior hace que la uña del manguito se clave al tubo y le impida salir (Serrano, 2009).

Para sacar el tubo no basta tirar de él solamente, ya que esto causa que se mueva el manguito elástico junto con el tubo, por lo cual se debe evitar que el manguito sea arrastrado junto con el tubo, presionando con la uña o un destornillador al manguito elástico para luego poder retirar fácilmente el tubo sin dañar el acople (Serrano, 2009) (Figura 3).



*Figura 3. Acoples rápidos. Recuperado de QN componentes industriales Ltda.*

### Cilindros

En el montaje de los componentes neumáticos se utilizó en primera instancia cilindros de doble efecto (Figura 5, Figura 6) de la marca americana SMC, en este tipo de cilindro, el aire comprimido causa un movimiento de traslación en los dos sentidos del émbolo, y la presión máxima que soporta es de 10 Bar, se eligió este tipo de cilindros debido a su disponibilidad y bajo costo en el mercado.

Dispositivos Neumáticos	
2 cilindros de doble efecto	SMC (D=20mm Carrera=50mm) P <sub>máx</sub> = 10 Bar (1 MPa)
2 cilindros de doble efecto	SMC (D=20mm Carrera=80mm) P <sub>máx</sub> = 10 Bar (1 MPa)

*Tabla 1. Cilindros neumáticos*



*Figura 4. Cilindro de doble efecto*



*Figura 5. Cilindros de doble efecto SMC*

### **Tuberías**

Para lograr una buena elección de las tuberías encargadas de transportar el aire comprimido hacia los diferentes elementos se tomó en cuenta la presión máxima que soporta el cilindro asumiendo que el fluido es estático debido a que los movimientos del vástago son momentáneos, y la presión máxima de trabajo de la tubería seleccionada, igualamos las fuerzas del cilindro y de la manguera.

### **Datos**

$$P_{m\acute{a}x\ cilindro} = 10\ Bar\ (1MPa)$$

$$D_{v\acute{a}stago} = 6mm\ (0,006m)$$

$$D_{Interno\ Manguera} = 4mm\ (0,004m)$$

Se calculó el área del cilindro:

$$A_{Vástago} = \pi * r^2$$

$$A_{Vástago} = \pi * (0,003m)^2$$

$$A_{Vástago} = 0,000028274m^2$$

Luego se calculó el área de la manguera:

$$A_{Manguera} = \pi * r^2$$

$$A_{Manguera} = \pi * (0,002m)^2$$

$$A_{Manguera} = 0,00001256m^2$$

Luego, se igualó las fuerzas de la manguera con la ecuación de equilibrio y el cilindro:

$$F_1 = F_2$$

$$P_1 * A_1 = P_2 * A_2$$

$$P_2 = \frac{P_1 * A_1}{A_2}$$

$$P_2 = \frac{1MPa * 0,000028274m^2}{0,00001256m^2}$$

$$P_2 = 2,2\ MPa.$$

La presión máxima de trabajo del cilindro es de 1 MPa, por lo que se justifica el uso de una tubería de poliuretano de 6mm de diámetro exterior y 4mm de diámetro interior.

Tubos flexibles con calibración exterior



Tipo	Aplicaciones	Diámetro ext. [mm]	Racor recomendado	Fluido	Presión de funcionamiento [bar]	T [°C]	Descripción
<b>Tubo flexible de material plástico PUN</b> 	Muy variadas	3 ... 16	QS	Aire comprimido Vacío	-0,95 ... +10	-35 ... +60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo flexible de material plástico de alta flexibilidad</li> <li>• Poliuretano</li> <li>→ Tubo flexible de material plástico PUN en el catálogo</li> </ul>
<b>Tubo flexible de material plástico PEN</b> 	Rentable II: Funciones básicas Uso flexible gracias a su alta resistencia	4 ... 16	QS-B	Aire comprimido filtrado Vacío	-1 ... +8	-20 ... +60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polietileno</li> <li>• Resistente a sustancias químicas y a la hidrólisis</li> <li>→ Tubo flexible de material plástico PEN en el catálogo</li> </ul>

Tabla 2. Datos de manguera de poliuretano. Recuperado de Catálogo Festo, por Festo 2007.

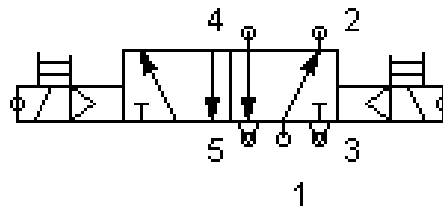


Figura 6. Manguera neumática de poliuretano.



### Válvulas

Las válvulas mandan o regulan la puesta en marcha, paro, y sentido de presión, en el presente trabajo se utilizó válvulas electroneumáticas biestables 5/2 cinco vías dos posiciones de la marca SMC (Figura 7).



*Figura 7.* Símbolo neumático de la válvula 5/2. Recuperado de fluidsims, por Festo 2004.

Esta válvula es comandada eléctricamente, por medio de una bobina de 24 VDC, la bobina se acopla a la electroválvula para crear un campo magnético, y de esta manera cambiar la posición de la válvula. Se energiza suministrando un voltaje de 24VDC a los terminales del socket de conexión (Viloria, 2012).

Para el control de las bobinas de la electroválvula empleando un controlador lógico programable estas se conectan a las salidas del controlador dependiendo de las salidas utilizadas en la lógica de control, como se indica en la página

La señal que se utilizó en este tipo de válvulas fue digital y para ello se utilizó sensores inductivos los cuales abren o cierran el contacto al pasar el émbolo magnetizado del cilindro cerca de ellos.

### Sensores Inductivos.

Para la realización del presente proyecto se utilizó sensores inductivos, el sensor inductivo es un switch de proximidad. Estos sensores se fijan al cilindro con su propio adaptador, además este permite ubicar los sensores a diferentes distancias en el cuerpo del cilindro, dependiendo de la carrera del vástago a obtenerse y actúa cuando el pistón del cilindro pasa por su posición, el sensor detecta el pistón por el campo magnético que éste proporciona e inmediatamente envía una señal cerrando su contacto interno, produciendo una circulación de corriente. ( (Festo, 2001) (Figura 8).

*Figura 8. Sensores Inductivos*

**Características generales de los detectores magnéticos**

Modelo detector magnético	Detector Reed	Detector de estado sólido
Corriente de fuga	Ninguna	3 hilos: 100 $\mu$ A o menos, 2 hilos: 1mA o menos
Tiempo de respuesta	1.2ms	1ms o menos <sup>(3)</sup>
Resistencia al choque	300m/s <sup>2</sup>	1000m/s <sup>2</sup>
Resistencia al aislamiento	50 M $\Omega$ o más a la tensión de prueba 500MV DC (entre la caja y el cable)	
Resistencia dieléctrica	1500V AC/min. (entre la caja y el cable) <sup>(1)</sup>	1000V AC/min. (entre la caja y el cable)
Temperatura ambiente	10 a 60°C	
Protección	IEC529 estándar IP67, Resistente al agua (JISC0920) <sup>(2)</sup>	

*Tabla 3. Datos técnicos de los sensores inductivos. Recuperado de detectores de estado sólido, por SMC 2011.*

Esta señal se puede emplear para disparar un relé o una carga cualquiera dependiendo de la corriente que esta consuma, como protección del sensor es recomendable disparar un relé de poca corriente en lugar de disparar directamente una carga (Borrego, 1996).

Al emplear en este circuito un controlador lógico programable los sensores inductivos actúan como entradas y dependiendo de la lógica de control desencadenan una acción, la conexión de cada uno de estos al controlador se indica en las páginas.

Los sensores inductivos tienen una distancia de detección superior a la de los sensores capacitivos.

### **Controlador Lógico Zelio SR2A101BD**

El controlador Telemecanique usado en el tablero es un Zelio SR2A101BD de las siguientes características:

<b>Controlador Lógico Zelio SR2A101BD</b>	
<b>Características técnicas</b>	
Voltaje nominal	24 VDC
Corriente nominal	100 mA
Corriente de entrada discreta	4mA
Display	Incluido
Número de entradas discretas	10
Número de entradas análogas	2
Inputs	I1..IA 24 VDC
Analog	IB..IC 24 VDC
Número de salidas	8
Outputs	Q1..Q8
Tipo de salida	Relé 8 A
Tipo de montaje	Carril DIN, panel
Interfaz de Programación	Ordenador, Panel de funcionamiento
Longitud	124,6 mm
Ancho	107,6 mm
Lenguaje de Programación	FBD, Ladder, Eléctrico
Número de líneas en el esquema de control	120 Ladder; ≤ 200 FBD
Potencia disipada en vatios	6 W
Tiempo de ciclo	6...90 ms
Tiempo de respuesta	5ms (de estado 1 a estado 0) para salida del relé, 10 ms (de estado 0 a estado 1) para salida del relé
Peso	0,38 kg.

*Tabla 4. Características controlador Zelio SR2A101BD*

Se puede guardar o a su vez cargar datos desde el computador usando un cable serial SR2 USB01 (Figura 9).



*Figura 9. Cable serial SR2 USB01*

Este dispositivo reemplaza a todos los elementos de mando que se tiene en un circuito puramente neumático evitándose de esta manera el uso de un gran número de ellos.

Este dispositivo es una herramienta de trabajo que posee una velocidad de respuesta muy alta y un consumo de energía muy bajo.

Se puede apreciar en la figura 13 las partes principales externas de un controlador:

1. Patas de fijación retractables.
2. Terminales de tornillos de alimentación.
3. Terminales de tornillos de las entradas.
4. Pantalla LCD.
5. Emplazamiento del cartucho EEPROM o cable de conexión.
6. Teclas de navegación o entradas manuales Z.

7. Bornes de salidas con tornillos.

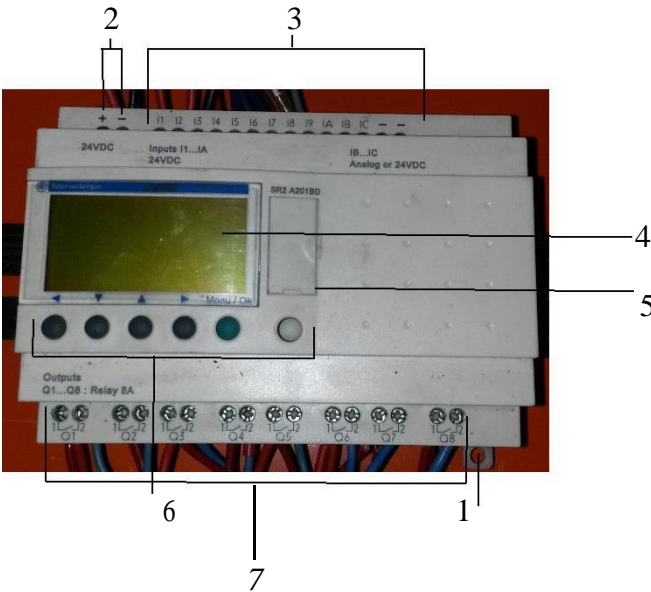


Figura 10. Controlador Zelio

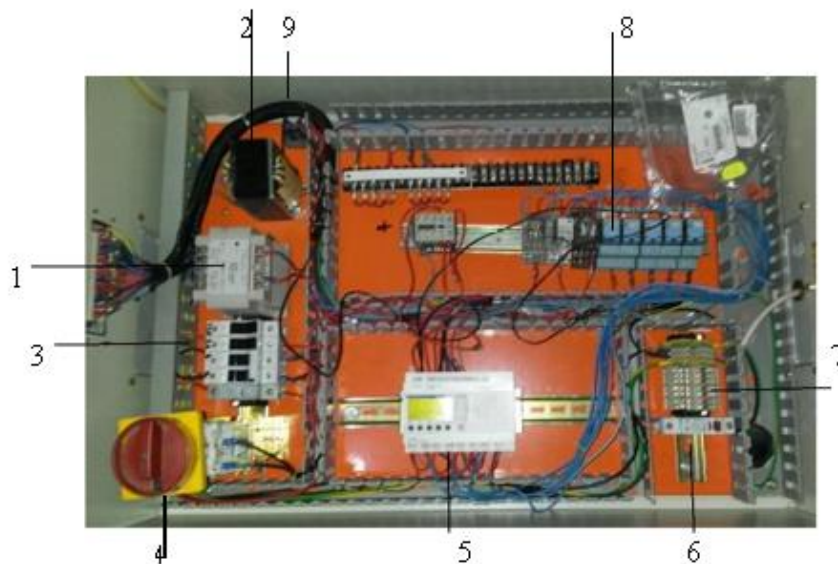
Elementos Eléctricos.

Para el montaje y armado del tablero de control se seleccionó los elementos eléctricos partiendo como base y elemento principal el PLC Zelio SR2A101BD. A partir de este, se busco configurar los elementos que potenciaran mas su desempeño, para lo cual se escogió los siguientes elementos (Figura 11):

Elementos eléctricos	Características	Requerimiento	Cargas
PLC Zelio SR2A101BD	12 Entradas - 8 Salidas	8 entradas - 8 salidas	0,1 A
Fuente Omron	110 VAC - 24 VDC ; 2,1 A	24 VDC - 0,1 A	0,1 A
Relés Térmicos	24 VDC - 10 A ; 110 VAC - 50 A	24 VDC - 0,1 A	0,1 A * 8 = 0,8A
Puente rectificador	24 VDC - 10 A	24 VDC - 0,1 A	0,1 A
Borneras	—	—	—
Fusible	100 mA	Imáx PLC = 0,1 A	0,1 A
Selector de Voltaje	110 V	Switch del tablero de control	—
Electroválvulas SMC	24 VDC - 21 mA - 0,5 w	8 electroválvulas = 0,168 A	0,021 A * 8 = 0,168 A
Luces Piloto	24 VDC - 18 mA	8 Luces Piloto = 0,144 A	0,018 A * 8 = 0,144 A
Calibre del conductor	Número 18 AWG	Imáx = 1, 512 A * 1,25 = 1,89 A	Carga Total = 1, 512 A
Breaker	2 Amperios	Carga Máxima total = 1,89 A	Carga Máxima total = 1,89 A

Tabla 5. Elementos Eléctricos

1. Fuente Omron 110 VAC – 24 VDC, 2.1 A.
2. Fuente 110 V AC – 24 VAC.
3. Portafusible – fusible 100 mA.
4. Selector de voltaje 110 VAC.
5. PLC Zelio SR2A101BD.
6. Breaker 2 A – 110 VAC.
7. Borneras.
8. Relés térmicos 24 VDC – 10 A.
9. Puente rectificador 24 VDC – 10 A.



*Figura 11. Elementos Eléctricos*

### **Fuentes de Alimentación.**

Para el suministro de energía hacia el PLC y los relés que alimentan a los sensores de proximidad se utilizó dos fuentes una Omron de 110VAC a 24VDC, 2.1A, la cual es la encargada de suministrar energía a los relés, mediante los cuales se energizaran los sensores inductivos de proximidad (Figura 12).



*Figura 12.* Fuente Omron 110VAC-24VDC

De la misma forma se utilizó otra fuente la cual transforma los 110VAC a 24VAC, es por eso que a la salida de este se colocó un puente rectificador el cual convierte los 24VAC a 24VDC, y luego alimentar al PLC (Figura 13).



*Figura 13.* Fuente 110VAC-24VAC

### **Relé Térmico y Portarelé.**

El relé térmico fue usado para prevenir posibles daños contra el PLC, estos podrían ser en condiciones de bajo, sobre voltajes o pérdidas de fase, con éste elemento y su soporte que es imprescindible para que exista la conexión del relé que es su portarelé, es suficiente para la acción de protección (Figura 14).



*Figura 14. Relé Térmico*

### **Fusibles y Portafusibles.**

Para la alimentación del PLC se utilizó como protección el portafusible, el cual es un elemento que permite la conexión y desconexión sencilla del fusible, así como el cableado de este mismo al tablero. Los elementos de protección son exigidos por el PLC (fuente del PLC), ante condiciones de cortocircuito previniendo la destrucción de los conductores, dispositivos y elementos de control del PLC. Al tratarse de un elemento DC, se necesita proteger dos líneas, por tanto se utilizaron dos elementos fusible y portafusible como se muestra en la Figura 15.



*Figura 15. Portafusible*

### **Breaker.**

Este elemento fue incluido en el diseño y construcción del tablero de control debido a la necesidad de desconexión total de las cargas y demás elementos del circuito de las líneas de alimentación, con el fin de permitir operaciones ordinarias de



inspección, reparación y mantenimiento de forma segura, con esto se asegura la protección de las líneas de potencia de cada tablero (Figura 16).



*Figura 16. Breaker*

#### **Pilotos Luminosos:**

Indicadores luminosos que permiten visualizar los estados y los diferentes procesos que realicen los tableros (Regué, 1997). Se utilizaron tres pilotos en cada tablero con lo que se asegura al estudiante una buena visualización y la posibilidad de tener vigilado por medio de estos varios procesos simultáneamente (Figura 17).

*Figura 17. Pilotos luminosos*

**Switch.**

Elemento que permite la interacción del usuario con el PLC, en el tablero de pilotaje se ubico un switch el cual permite la activación del PLC, este es un elemento de mando como se muestra en la Figura 18.



*Figura 18.* Switch de mando

**Funcionamiento del Módulo Electroneumático.**

El módulo electroneumático funciona básicamente por la combinación de la energía eléctrica y la energía generada por el aire comprimido proveniente de un compresor, a la salida de este se encuentra acoplada mediante una manguera de polietileno número 8 la unidad de mantenimiento, la cual se encarga de generar aire comprimido de buena calidad para el correcto funcionamiento y durabilidad de los dispositivos, está alimenta de aire al cassette de electroválvulas y a los cilindros por medio de mangueras de polietileno número 8, por otro lado se encuentra el tablero de control en donde se encuentra el PLC, encargado del control de los circuitos que se deseen diseñar posteriormente, este se encuentra acoplado mediante un cable de comunicación al tablero de pilotaje, donde se colocó un switch para el encendido y apagado del PLC, de la misma forma se encuentran conectadas las entradas y salidas de señales del PLC a los sensores y electroválvulas, conectadas en paralelo a estas las luces piloto para la señalización del funcionamiento de estas, el tablero de control posee

un enchufe el cual debe ser alimentado a 110VAC, ésta alimentación ingresa a las borneras de la cual sale a un breaker de 20A, y de este a un selector de voltaje, el cual ha sido colocado como dispositivo de protección, éste entrega alimentación que pasa previamente por los portafusibles para luego alimentar a las dos fuentes , la una fuente convierte los 110VAC a 24VDC y entrega este voltaje a los reles los cuales van a ser las bobinas que accionan a los sensores, y la otra fuente convierte 110VAC a 24VAC, es por eso que a su salida se encuentra un puente rectificador el cual entrega los 24DC al PLC, esto a modo de proteger y no sobrecargar al PLC que exista una sola fuente que alimente a este.

Al activar el switch de mando para el encendido del PLC, el PLC estará listo para funcionar, mediante el software de programación Zeliosoft se puede diseñar el circuito que se desee, en este mismo programa se puede hacer la simulación para luego transferir el programa mediante el cable USB al módulo, y así empezar a simular los diferentes procesos industriales que puedan existir (Figura 19).

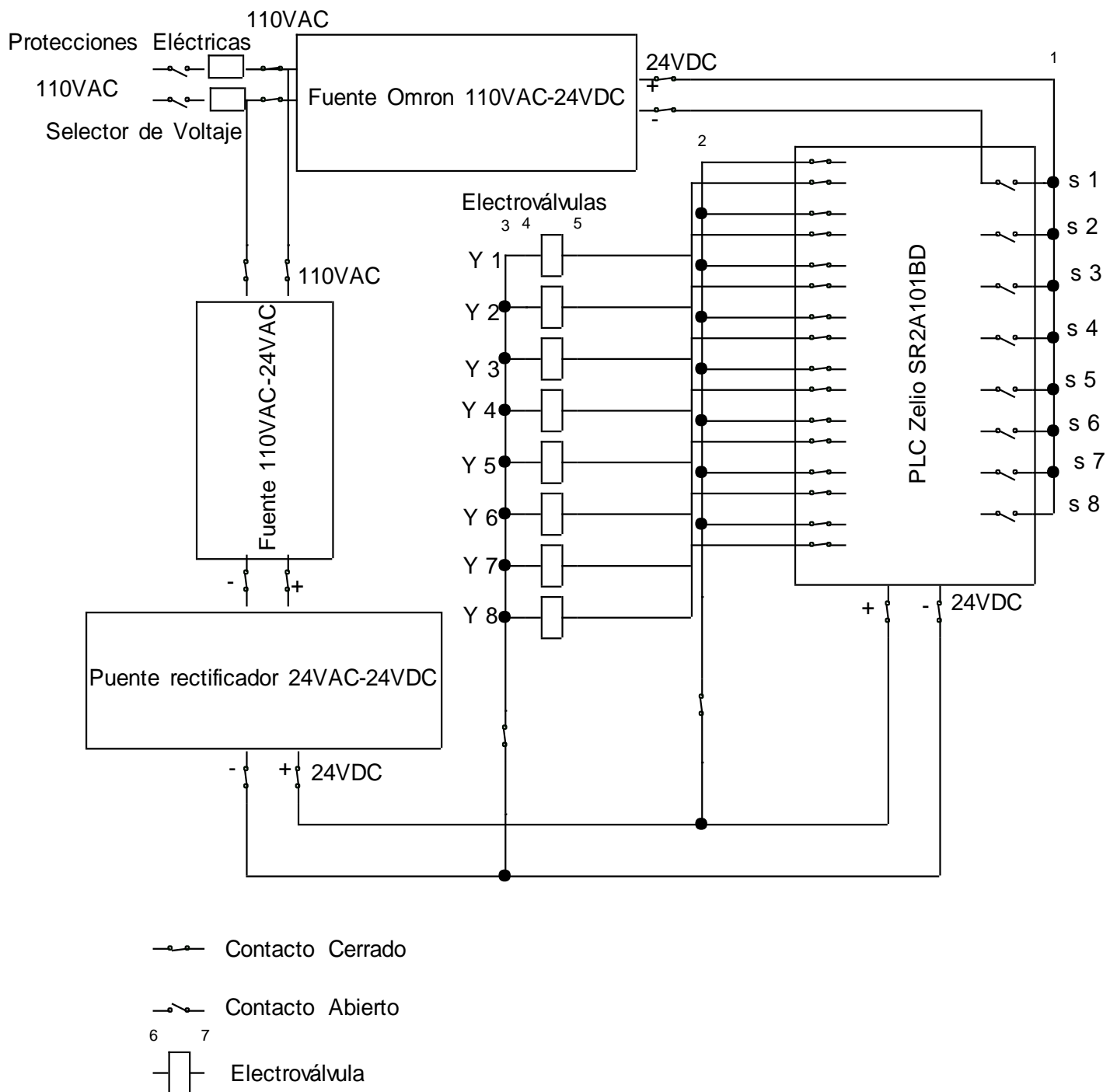


Figura 19. Conexión del Módulo Electroneumático.

### Programación en el PLC.

La programación lógica de un determinado proceso puede realizarse en lenguaje ladder o en lenguaje FBD.

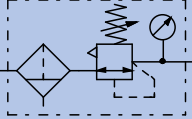
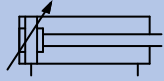
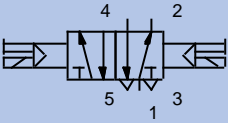
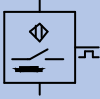

La diferencia de estas dos maneras de programación radica en los símbolos utilizados para representar un circuito, por ejemplo en el lenguaje ladder el circuito se programa de manera similar al circuito electromecánico a diferencia del lenguaje FBD en donde se utilizan compuertas lógicas y bloques de programación.

Para adquirir el controlador lógico programable para el presente trabajo fue necesario tomar en cuenta algunos requerimientos como se muestra en la siguiente tabla.

Items	Requerimientos	PLC Zelio SR2A101BD
Número de entradas	8	12
Número de salidas	8	8
Voltaje de alimentación	24 VDC	24 VDC
Corriente Nominal	100 mA	100 mA
Corriente de entrada	—	4mA
Corriente de salida	—	1,5 A
Display	Sí	Sí
Minima temperatura de trabajo	18° C	Menos 20° C
Máxima temperatura de trabajo	18° C	Mayor a 55° C
Lenguaje de Programación	Ladder	FBD, Ladder
Interfaz de Programación	Computador	Computador, Panel de Operación
Tipo de montaje	En riel Din	Riel Din

*Tabla 6.* Requerimientos para la elección del PLC

**Materiales.**

Elementos Electroneumáticos	
Unidad de Mantenimiento	
Cilindro doble efecto	
Electroválvula biestable 5/2	
Sensor Inductivo	
Solenoide de válvula	

*Figura 20.* Elementos Electroneumáticos



<b>Dispositivos eléctricos</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Referencia</b>
PLC	Zelio SR2A101BD
Fuente	Omron 110VAC - 24VDC 2.1A
Fuente	110VAC - 24VAC
Puente Rectificador	24VAC - 24VDC
Relé Térmico	24V - 10A
Portafusible - Fusible	100 mA
Breaker	2:00 AM
Luces piloto	18 mA
Switch	24 VDC
Borneras	—
Selector de voltaje	110 VAC
<b>Software</b>	
Software PLC	Zelio Soft 2
Software Neumática	Festo Fluidsim V4.2
Software Control	CADe_SIMU
<b>Dispositivos Neumáticos</b>	
4 cilindros de doble efecto	SMC (D=15mm Carrera=12mm)
4 Electroválvulas biestables 5/2	SMC 24 VDC - 21 mA
Unidad de mantenimiento	SMC 10 Bar - 1MPa
8 Sensores Inductivos	SMC 24 VDC
<b>Herramientas</b>	
Cortadora	N/A
Destornillador estrella	N/A
Destornillador plano	N/A
Destornillador de bornera estrella	N/A
Destornillador de bornera plano	N/A
Estilete	N/A
Pinza	N/A
Alicate	N/A
Multímetro	N/A
<b>Otros</b>	
Taípe	N/A
Base Metálico	N/A
Tablero Perforado	N/A
Racores	N/A
Tuercas	N/A
Tornillos	N/A
Terminales eléctricos	N/A
Arandelas	N/A
Funda sellada	N/A
Tableros beaucoup	2
Manguera de poliuretano	Nº 6
Riel	Din
Cable	Nº 18 AWG



*Tabla 7. Materiales*

**Diseño de diagramas neumáticos y planos electroneumáticos.**

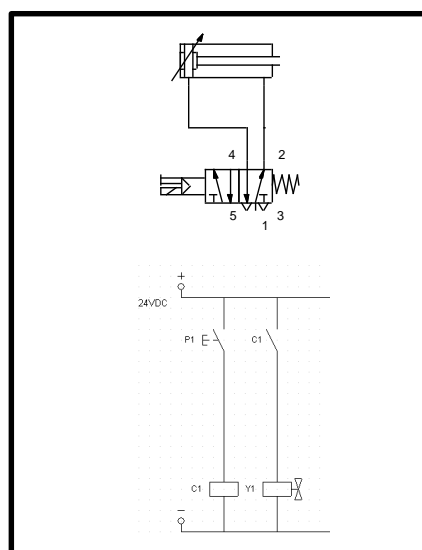
Para el diseño y la representación de diagramas neumáticos y de control se usó un programa de software libre llamado Fluidsim de Festo Didático.

El cual cuenta con herramientas neumáticas, electroneumáticas y elementos eléctricos y de control, permitiendo así diseñar y simular los diagramas electroneumáticos.

Para la realización de los circuitos electromecánicos se usó el software de libre uso llamado Cade Simu, este es un software versátil y de sencillo uso muy amigable con el usuario

**Conexiones Básicas.****Control de un cilindro de doble efecto.**

En la siguiente figura al igual que en el mando descrito anteriormente, en este caso el vástago del cilindro deberá avanzar al accionar el pulsador de marcha P1 y , al volver a soltarlo, dicho cilindro debrá retroceder a su posición normal.



*Figura 21. Control de un cilindro de doble efecto*

El control del cilindro de doble efecto se efectúa mediante una válvula 5/2.

En la figura 21 se puede observar que al presionar el pulsante P1 se excita la bobina Y1 produciéndose de esta manera la conmutación y permitiendo el paso de aire de (1 a 4).

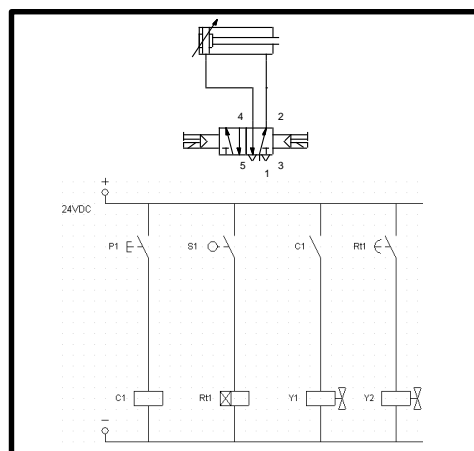
Al soltar el pulsador P1, el muelle de recuperación de la válvula, la retorna a su posición normal provocando del paso de aire de (1 a 2) originando entonces el retroceso del cilindro, se puede observar que la energización de la bobina Y1 puede realizarse directamente con el pulsador de marcha P1 o a través de un contactor auxiliar C1.

### **Control de un cilindro de doble efecto con temporización (Respuesta retardada)**

En el circuito de la figura el vástago del cilindro A realizará su desplazamiento positivo si se acciona el pulsador P1 que se muestra en la figura.

Cuando el vástago del cilindro salga completamente se deberá mantener en esta posición durante 10 segundos y entonces retroceder automáticamente.

La posición del cilindro se detecta mediante un interruptor de final de carrera S1.



*Figura 22. Circuito de mando y fuerza*

Activando manualmente el pulsador P1 de la figura se excita la bobina del contactor C1 un contacto normalmente abierto de éste se cierra produciendo la excitación de la bobina Y1 de la electroválvula y consecuentemente el avance del cilindro A, a la salida completa de su vástago un final de carrera S1 es activado produciéndose la energización de la bobina Y2 e inmediatamente el retroceso del vástago del cilindro A.

### **Diseño y Construcción del Tablero de Simulación.**

#### **Base del Tablero.**

La base de la mesa fue fabricada y adquirida en el taller mecánico de la mueblería MM, ubicada en el sector de Carapungo entre las calles paschoa y cayambe No 281, como se muestra en la figura y esta hecha de hierro con un seguro de pedal que permite la regulación del tablero en varias posiciones, según se acomode el estudiante o el instructor para la clase (Figura 23).

*Figura 23. Base del tablero*

**Tablero de Simulación.**

El tablero de la Figura 24 es de hierro metálico va montado sobre la base descrita anteriormente donde se alojan los elementos neumáticos y electroneumáticos, para lo cual se le realizaron perforaciones, para poder colocar dichos elementos , por medio de sujetadores y pernos.

*Figura 24. Tablero de simulación*

**Montaje de Dispositivos.**

Para la realización del presente proyecto fue necesario el uso de los siguientes dispositivos:

- 4 Electroválvulas 5/2 ( Cinco vías dos posiciones)
- 4 Cilindros de doble efecto.
- 1 Fuente de alimentación Omron 2,1A 24V.
- 1 Controlador Zelio.
- 1 Distribuidor para 8 sensores inductivos.
- 1 Distribuidor de aire
- 1 Unidad de mantenimiento.

**Electroválvulas.**

Para sujetar las cuatro Electroválvulas, se las montó sobre un distribuidor de aire conocido como cassette de válvulas, el cual es el encargado de suplir aire comprimido a cada una de las válvulas evitando así mandar manguera individual a cada electroválvula, reduciendo así el uso de elementos, como se muestra en la Figura 25.

*Figura 25. Montaje de electroválvulas*

El cassette esta asegurado con pernos sobre el tablero de simulación.

**Cilindros.**

Para la sujeción y montaje de los cilindros sobre el tablero de simulación se utilizo unas placas metálicas y pernos enroscables, aprovechando las perforaciones que se le hizo al tablero, como se muestra en la figura.

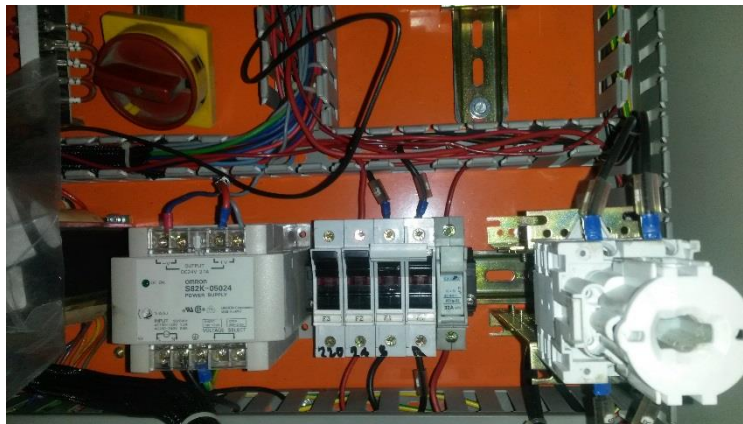


*Figura 26. Montaje de cilindros*

### **Fuente de Alimentación.**

Para el presente proyecto se requiere una fuente de alimentación de 24 voltios de corriente continua, cuyas medidas se indican en la Figura 27.

La fuente de alimentación va montada en el tablero de control junto con los demás elementos eléctricos y el PLC.



*Figura 27. Montaje de fuente alimentación*

### **Selector de Voltaje**

Este dispositivo está montado conjuntamente con el portafusibles y la fuente en la riel din, de manera tal que actúa como switch previo a la energización de la fuente de 24VDC, como se muestra en la Figura 28.



*Figura 28. Selector de voltaje*

**Controlador Zelio.**

Otro dispositivo indispensable en este proyecto es el controlador, éste tiene las siguientes medidas, como se muestra en la Figura 29.

El controlador Zelio va montado sobre el tablero de control en una riel din, como se muestra en la Figura 29.



*Figura 29. Montaje del controlador Zelio*

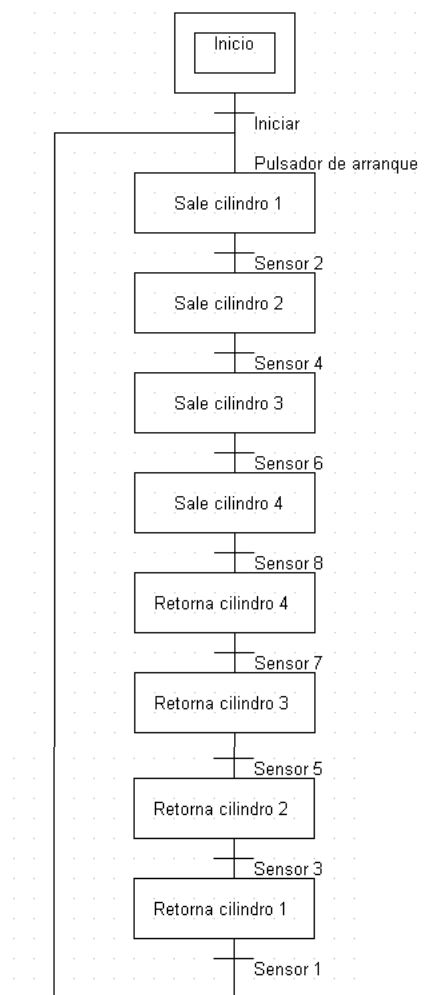
**Diseño y montaje del circuito electroneumático.**

El diseño del circuito electroneumático a demostrar en el presente trabajo se basa en el funcionamiento de una máquina que se utiliza para el laminado y perforación de tableros de 10 por 20 cm, éstos se utilizan en la fabricación de muebles para cocina o baño, a continuación se describen las pruebas y experimentos previos que se hicieron para comprobar el correcto funcionamiento del módulo, para luego hacer el diseño del programa para la máquina.



**Experimento 1.****Prueba de funcionamiento del módulo electroneumático.**

Para comprobar la confiabilidad de los elementos del módulo se hizo la primera prueba, una prueba sencilla para observar el funcionamiento de todos los elementos del sistema, este es un circuito en cascada, denominado así por la actuación en cascada de cada elemento, como se muestra a continuación.

**Diagrama de Estado**

*Figura 30.* Diagrama de estado experimento 1

Los cuatro cilindros son comandados por cuatro electroválvulas la programación en el software permite realizar la simulación del circuito , al presionar el pulsador de arranque saldra el vástago del primer cilindro, éste al salir totalmente activará el sensor 2 el cual va a enviar una señal de voltaje a la solenoide Q3 de la segunda electroválvula generando así la salida del vástago del cilindro 2.0 , a la salida total de éste, activará el sensor 4 , el cual enviará una señal de voltaje a la solenoide Q5 de la tercera electroválvula generando así la salida del vástago del cilindro 3.0, el vástago, luego de que éste salga totalmente, activará al sensor 6 el que dará orden a la solenoide Q7 de la cuarta electroválvula, la misma que dará señal para que salga el vástago del cilindro 4.0, cuando el vástago del cilindro 4.0 este totalmente afuera, activará al sensor 8 el mismo que va a enviar una señal de voltaje a la solenoide Q8, la misma que hará que el vástago del cilindro 4.0 retorne a su posición inicial, activando así el sensor 7, de manera tal que éste active a la solenoide 6 de la electroválvula tres y haga que retorne a su posición inicial el vástago del cilindro 3.0, éste a su retorno activará el sensor 5 el que dará mando a la solenoide 4 para que regrese el vástago del cilindro 2.0, de la misma forma este activará el sensor 3 activando así la solenoide 2 de la primera electroválvula y dará orden a que el vástago del cilindro 1.0 retorne a su posición inicial y así se cumplirá la prueba de funiconamiento del módulo con un circuito en cascada.

Para el diseño del circuito electroneumático usamos cuatro cilindros de doble efecto y cuatro electroválvulas biestables activadas por solenoide 5/2 como se observa en la figura



La programación en el software quedó de la siguiente manera , para luego ser cargado al módulo del PLC (Figura 32).

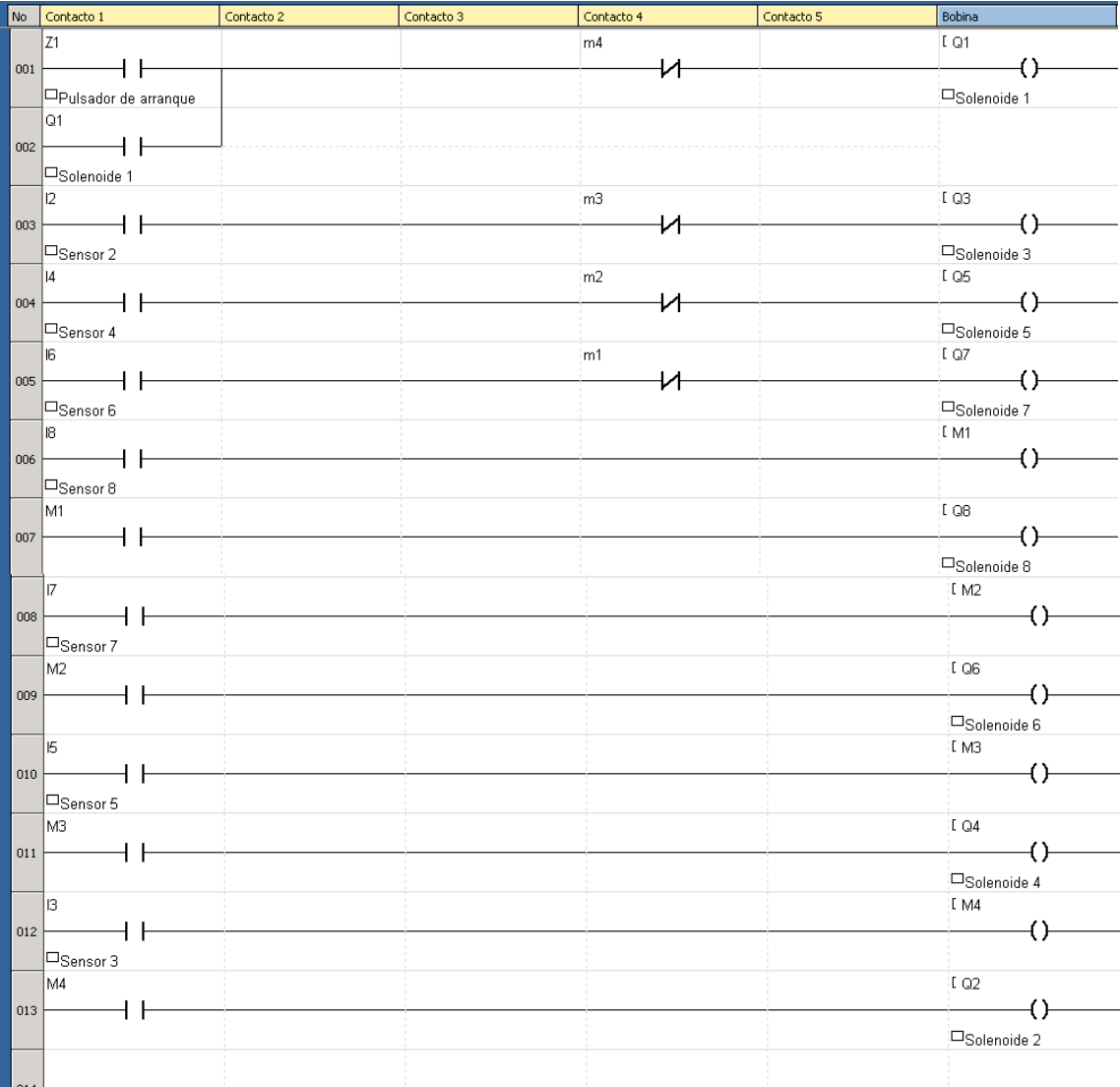


Figura 32. Programación en el software

**Experimento 2.**

La máquina se compone básicamente de cuatro cilindros de doble efecto, los cuales son comandados por cuatro electroválvulas biestables 5/2 (cinco vías dos posiciones).

Cuando el operador da un pulso de inicio, la primera electroválvula es accionada produciéndose la salida del vástago del cilindro 1.0, el mismo que deposita la madera apilonada del surtidor en dos planchas calientes para su prensado y perforación.

Cuando el cilindro deposita la madera en la prensa, un final de carrera detecta su posición y acciona nuevamente la primer electroválvula para que inmediatamente el vástago del cilindro 1.0 retroceda. Cuando el cilindro 1.0 retrocede un segundo sensor se activa, generándose después de un determinado tiempo un pulso de voltaje que activa una segunda electroválvula, la misma que produce la salida del vástago del cilindro 2.0.

La salida del vástago del cilindro 2.0 se realiza paulatinamente comprimiendo la madera en la placa superior de la máquina, activando además a su salida un tercer sensor el mismo que mantiene el vástago afuera por un rango de tiempo específico hasta que las placas alcancen la temperatura deseada, y la lámina se adhiera completamente a la madera.

Transcurrido el tiempo de prensado se activa una tercer electroválvula la misma que produce la salida del vástago del cilindro 3.0, que tiene acoplado en su vástago un taladro para la perforación de la madera comprimida.

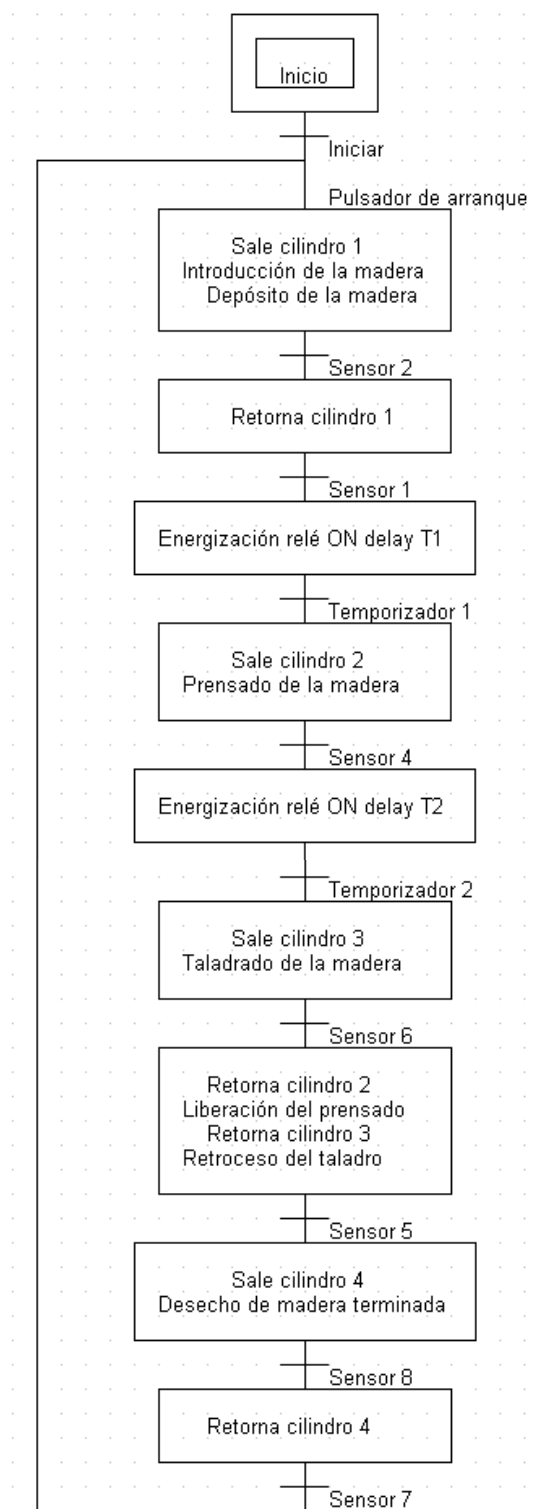
A la salida del vástago del cilindro 3.0, la madera es completamente perforada y un cuarto sensor es activado, enviando una señal de voltaje a la segunda y tercer

electroválvula para que produzca el retroceso normal de dicho vástago y al mismo tiempo por efecto de la segunda electroválvula el retroceso rápido del vástago del cilindro 2.0.

Cuando el vástago del cilindro 3.0 se encuentra en su posición inicial se activa un quinto sensor, el mismo que envía una señal de voltaje a una electroválvula para producir la salida del vástago del cilindro 4.0 y para que de esta manera la madera acabada sea desechada y apilonada posteriormente por el personal correspondiente.

A la salida completa del vástago del cilindro 4.0 un sensor es activado produciéndose inmediatamente el retroceso de su vástago.

Cuando el vástago del cilindro 4.0 llega a su posición inicial se activa un nuevo sensor el mismo que produce nuevamente la salida del vástago del cilindro 1.0 para nuevamente iniciar el ciclo.

**Diagrama de estado***Figura 33. Diagrama de estado Experimento 2*

Registro en orden cronológico.

ELEMENTO DE TRABAJO	PROCESO DE TRABAJO
Cilindro 1.0	Introducción de la madera
Cilindro 1.0	Depósito de la madera en prensa
Cilindro 2.0	Tiempo de prensado
Cilindro 3.0	Taladrado de la madera
Cilindro 2.0	Liberación de prensado
Cilindro 3.0	Retroceso del taladro
Cilindro 4.0	Desecho de madera terminada
Cilindro 4.0	Retorno e inicio de ciclo

Tabla 8. Registro en orden cronológico

Descripción resumida de movimientos

1.0 +	1.0 -	2.0 +	3.0 +	2.0 -	3.0 -	4.0 +	4.0 -	1.0 +
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabla 9. Descripción resumida de movimientos.

Diagrama camino – pasos

El diagrama camino – pasos, muestra el funcionamiento y condiciones que se deben cumplir al diseñar y montar un circuito neumático, este diagrama se utiliza con la finalidad de de que el circuito neumático cumpla con la lógica de funcionamiento conforme a las necesidades, funcionamiento y condiciones que se requiere en un determinado proceso. A continuación en la figura se representa el diagrama camino – pasos de la máquina WEMHONER.

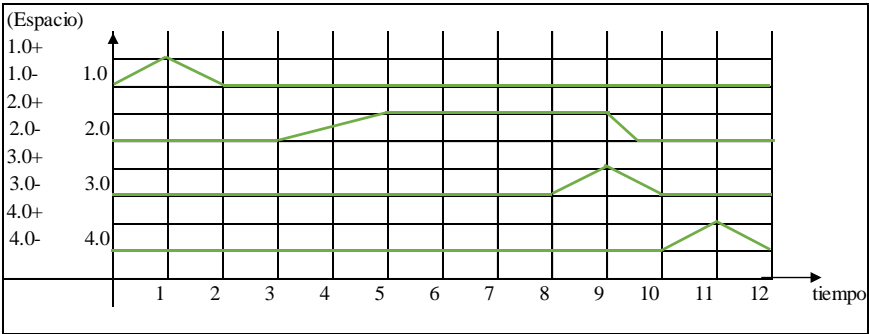


Figura 34. Diagrama camino – pasos (Máquina Wemhoner)



Hay muchas formas de realizar un circuito neumático, dependiendo de las condiciones y disponibilidad de los elementos. Uno de los principales objetivos de este estudio es simplificar la construcción de un circuito neumático utilizando un controlador lógico programable, dispositivos eléctricos, electrónicos y neumáticos.

A continuación se da una explicación tanto para el circuito neumático como para el circuito electroneumático.

### **Desarrollo del circuito neumático.**

Antes de proceder a desarrollar el circuito neumático de acuerdo a las condiciones especificadas en el diagrama camino – pasos de la figura es importante tener en cuenta los dispositivos a utilizarse, es aconsejable contemplar que en todo diseño neumático se debe emplear una unidad de mantenimiento, una válvula de paso y una válvula que asegure la secuencia del circuito neumático, como se muestra en la figura 35.

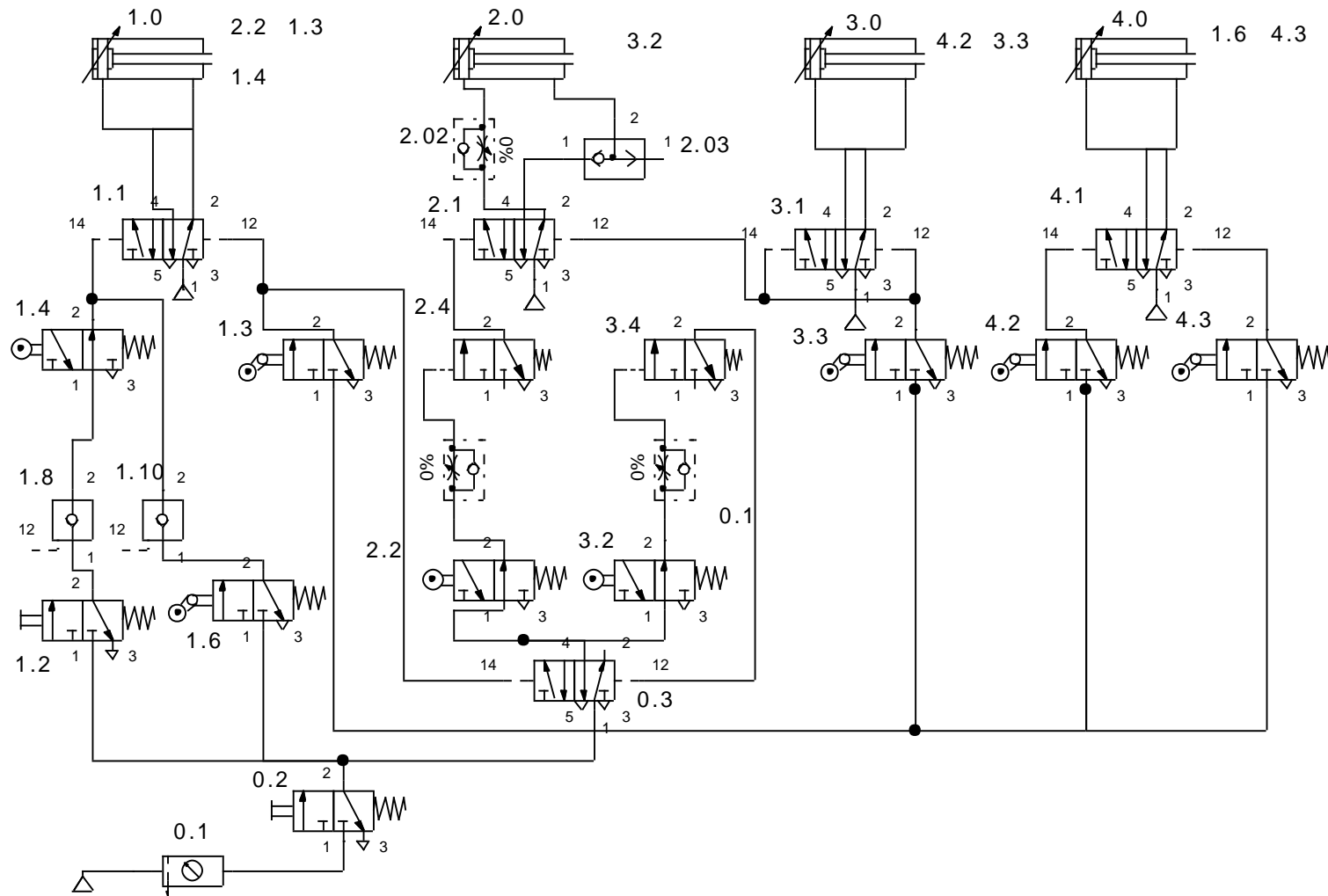


Figura 35. Diagrama Neumático

En la Figura 35 se observa la representación gráfica del diagrama camino pasos de la figura empleando únicamente dispositivos neumáticos, como se puede apreciar para controlar cada uno de los cilindros fue necesario utilizar válvulas 5/2 de accionamiento neumático.

En el circuito de la Figura 35 se observa que al accionar manualmente la válvula de paso 0.2, el aire es alimentado a todo el circuito.

La válvula 1.2 de accionamiento manual y retroceso por resorte de la figura al ser presionada permite el paso del aire, a través de la válvula unidireccional 1.8, al final de carrera 1.4, el mismo que envía un pulso de aire a la válvula 1.1 produciendo la salida del vástago del cilindro 1.0.

El final de carrera 1.4 asegura que el ciclo de funcionamiento inicie en condiciones normales cuando se presione la válvula 1.2.

De esta manera, cuando el vástago del cilindro 1.0 salga completamente, la válvula escamoteable 1.3 será accionada, produciéndose el paso de aire nuevamente hacia la válvula 1.1 a través de la válvula de transferencia 0.3 el retroceso de su vástago; esta señal también se utiliza para cambiar la posición de la válvula de transferencia 0.3 y alimentar con aire las válvulas 2.2 y 3.2.

Cuando el vástago del cilindro 1.0 retrocede, acciona el final de carrera 2.2 y con la alimentación proporcionada por la válvula de transferencia permite el paso de aire al temporizador ON delay 2.4, para que después de un tiempo predeterminado cambie la posición de la válvula 2.1, permitiendo que el vástago del cilindro 2.0 salga y su salida

sea controlada gracias a una válvula reguladora de flujo 2.02, colocada a un lado del cilindro, lográndose de esta manera que el aire salga por la válvula 2.1.

Cuando el vástago del cilindro 2.0 se encuentre totalmente afuera, el final de carrera o válvula escamoteable 3.2 es accionado, produciendo el paso del aire al temporizador ON delay 3.4, el mismo que después de un tiempo predeterminado produce el cambio de posición de la válvula 3.1 ocasionando la salida del vástago del cilindro 3.0; la señal proporcionada por el relé de tiempo 3.4 además de cambiar la posición de la válvula 3.1 cambia también la posición de la válvula de transferencia, para alimentar válvulas escamoteables 1.3, 3.3, 4.2 y 4.3.

A la salida completa del vástago del cilindro 3.0 el final de carrera o válvula escamoteable 3.3 da un pulso de aire a la válvula 2.1 y 3.1, produciendo el retroceso de los cilindros 2.0 y 3.0 simultáneamente.

Cuando el vástago del cilindro 3.0 retorna a su posición inicial, acciona la válvula escamoteable 4.2 que manda un pulso de aire a la válvula 4.1 produciéndose la salida del vástago del cilindro 4.0 a la salida completa del vástago se acciona la válvula escamoteable 4.3 que envía nuevamente un pulso de aire a la válvula 4.1 cambiando su posición, produciendo entonces el paso de aire y el retroceso del vástago del cilindro 4.0.

Además en la Figura 35 se puede observar que se ha intercalado una válvula escamoteable 1.6, para que cuando el vástago del cilindro 4.0 llegue a su posición inicial, se active y mande un pulso de aire a la válvula 1.1 a través de la válvula unidireccional 1.10, para que el vástago de cilindro 1.0 salga nuevamente, produciendo así, un ciclo continuo.

Para el desarrollo neumático del diagrama camino – pasos, fue necesario el empleo de una válvula de transferencia, para alimentar y desalimentar el aire a las válvulas y producir su cambio de posición, además cabe indicar que, cuando se utilizan válvulas escamoteables, estas provocan un pulso de aire, solo si son accionadas en un mismo sentido.

### **Circuito Electroneumático.**

En el diseño eléctrico que se desarrolló, el circuito electroneumático indicado en la figura se reduce casi a la mitad como se puede observar a continuación.

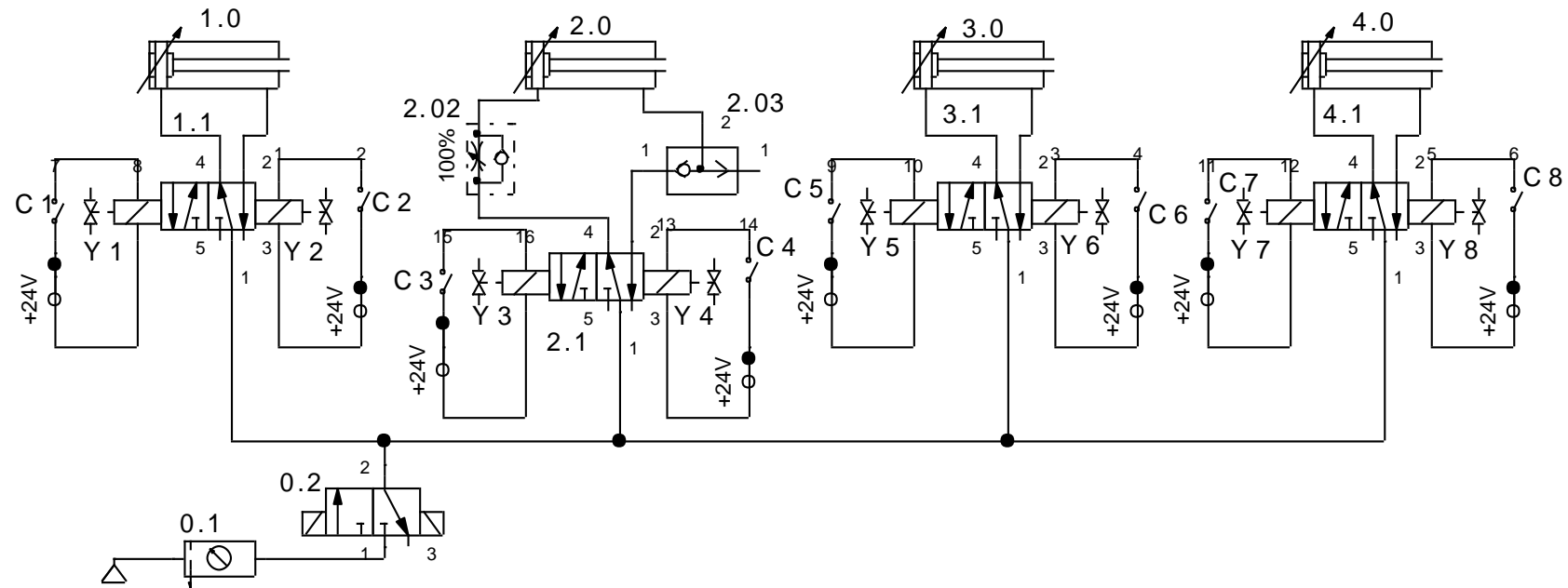
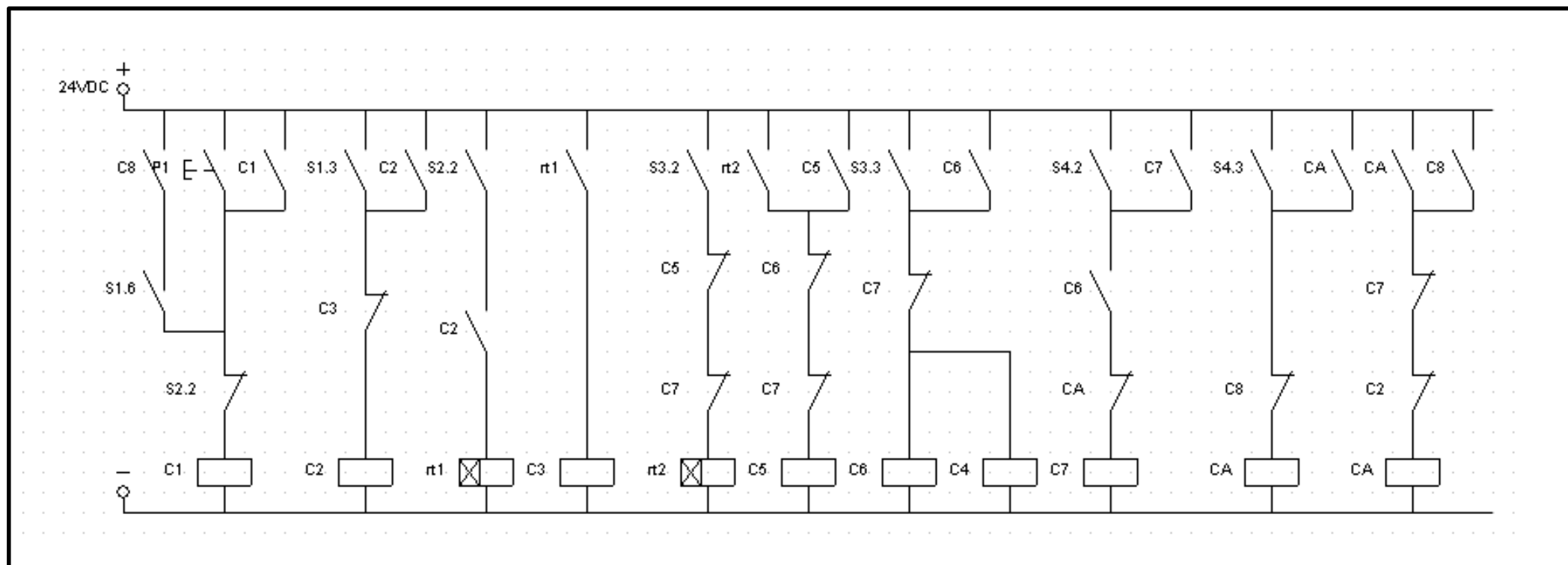


Figura 36. Circuito Electroneumático



*Figura 37. Diagrama Lógico*

**Programación del circuito lógico en el controlador a través del computador.**

A continuación se puede observar el circuito lógico en la pantalla de programación.

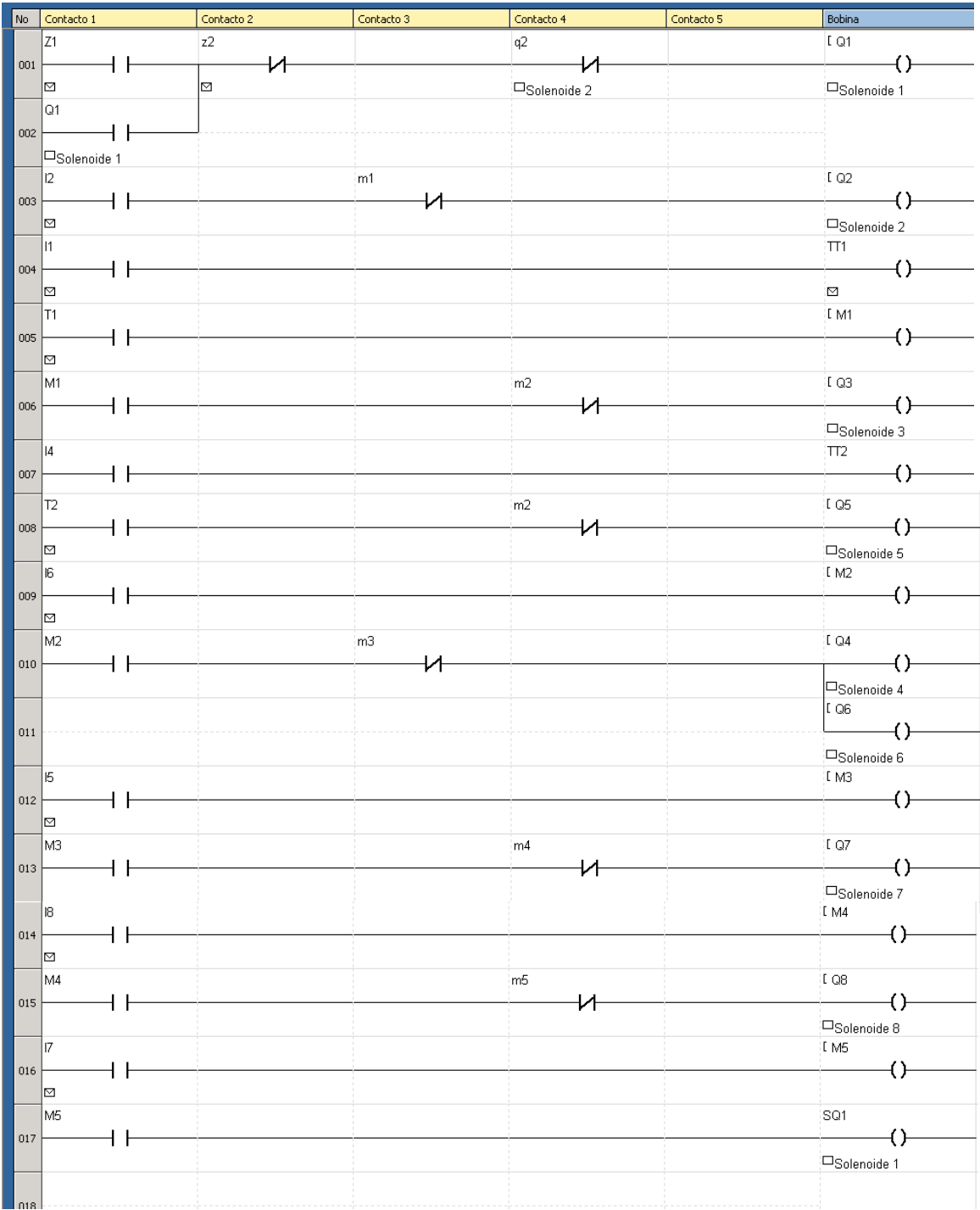


Figura 38. Programación del circuito lógico



Una vez terminada la programación se da un clic en la opción RUN para verificar si la programación cumple con la lógica que se deseaba.

Si la programación cumple con lo requerido el circuito puede ser descargado al controlador Zelio por medio del cable de comunicación.

### Conexión de entradas y salidas al PLC.

Para conectar los sensores y las electroválvulas a las entradas y salidas del PLC es necesario tomar en cuenta las entradas y salidas que fueron utilizadas en la programación.

El conexionado de cada sensor y electroválvula se muestra a continuación.

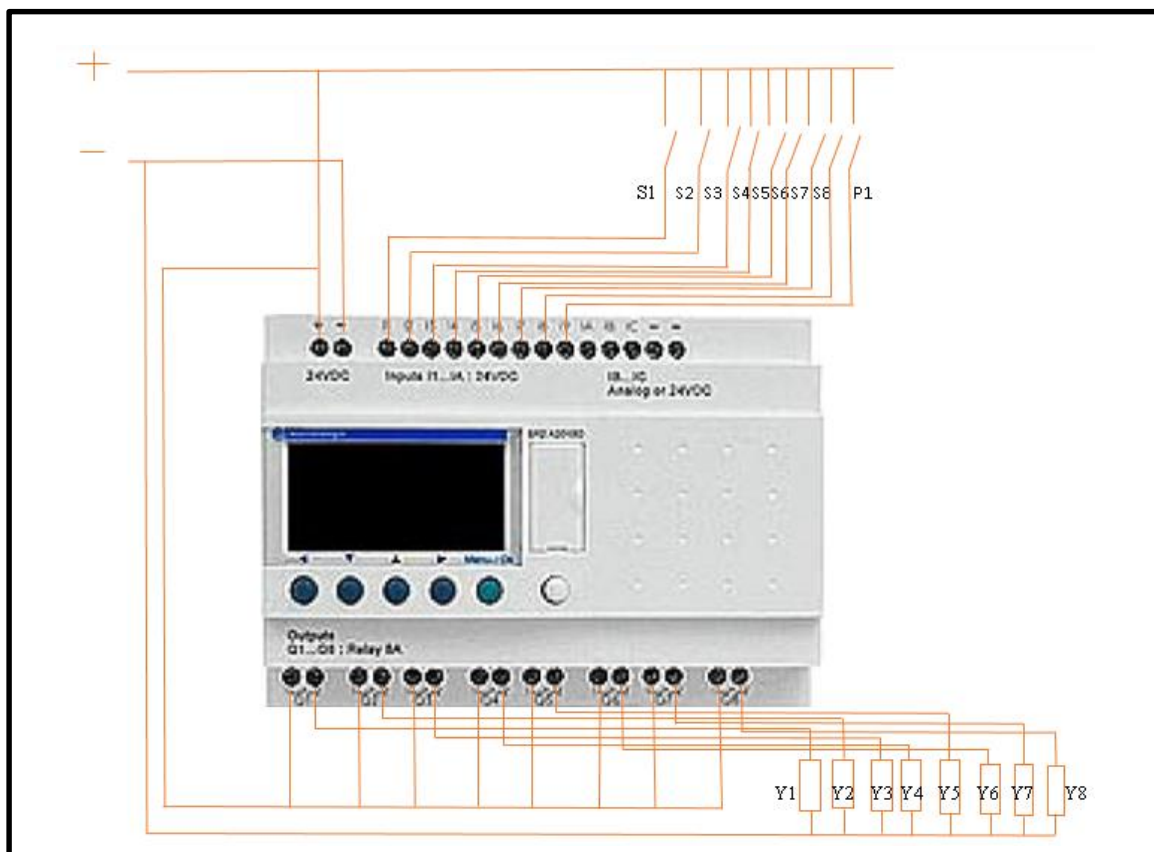


Figura 39. Conexión de sensores y electroválvulas a entradas y salidas.

Es importante tener muy claro que las salidas fueron utilizadas al programar el circuito lógico en el controlador, debido a que un error en el conexionado de las electroválvulas puede cambiar las condiciones lógicas explicadas en el diagrama camino – pasos.

### Resultados.

#### Experimento 1.

Después de haber implementado los diferentes elementos eléctricos y neumáticos, y haber indicado el modo de programación con el software al PLC, fue necesario realizar experimentos y pruebas a los mismos, para de esta forma asegurar y garantizar el correcto funcionamiento de los elementos y así descartar futuros inconvenientes y malas conexiones que produzcan descargas y afecten a algún elemento del módulo, para esto se implementó en el primer experimento un circuito en cascada el cual arrojó como resultados los siguientes datos tabulados a continuación (Tabla 10).

Lista de chequeo del Sistema Electro- Neumático					
Elemento	Ubicación	Estado	Acción	Aprobado	No Aprobado
Cilindro doble efecto 1	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificar fugas del cilindro	x	
Cilindro doble efecto 2	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificar fugas del cilindro	x	
Cilindro doble efecto 3	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificar fugas del cilindro	x	
Cilindro doble efecto 4	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificar fugas del cilindro	x	
Casette de Electroválvulas 5/2	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificar activación de solenoide	x	
Electroválvulas 5/2	Tablero Electroneumático	Energizado	Verificar activación de solenoide	x	
Racores	Electroválvulas	Presurizado	Verificación de fugas	x	
Unidad de mantenimiento	Tablero Electroneumático	Presurizado	Verificación de fugas	x	
Sensores Inductivos	Tablero Electroneumático	Energizado	Verificación de activación	x	
Racores	Electroneumática	Presurizado	Verificación de fugas	x	

Tabla 10. Chequeo del sistema electroneumático

### Experimento 2.

Con el experimento 2 se pretendió afianzar lo propuesto en el presente proyecto mediante una programación similar a una máquina utilizada en la empresa Novopan del Ecuador una de las empresas más modernas de América del sur en la fabricación de tableros aglomerados, se quiso simular el mismo proceso pero con menos elementos electroneumáticos previamente programado su funcionamiento en el PLC.

Para expresar los resultados del Experimento 2 se tabuló algunos valores comparativos frente a la máquina a simular, se sugirió algunas características a analizar dándoles un peso de importancia a cada una, en el total se puede observar que proceso es mejor y más eficiente.

Característica	Peso Relativo	Máquina WEMHONER neumática		Módulo Electroneumático	
Seguridad	20	7	140	10	200
Menor Operación	10	6	60	8	80
Rápidez	30	7	210	9	270
Espacio	30	6	180	9	270
Fácil manejo	10	5	50	8	80
TOTAL	100		640		900

*Tabla 11.* Tabla comparativa de las características del sistema neumático y electroneumático

## **Discusión**

### **Conclusiones.**

Con la realización de los experimentos se efectuó un análisis y se comprobó que la electroneumatica presenta múltiples ventajas respecto a la neumática ya sea; en el uso de dispositivos, velocidad de trabajo, precisión espacio y consumo de aire.

En la actualidad es necesario de herramientas que permitan mejorar la productividad y la eficiencia de los procesos, es así como a través del control y la programación se afianza los objetivos de una organización, por medio de sus técnicas y proyectos, una vez implementados evidencian múltiples beneficios a nivel industrial.

En conclusión, se demuestra que se puede controlar un proceso neumático con pocos dispositivos y de una manera óptima, se comprobó que utilizar un PLC reduce procesos, minimiza riesgos y costos, por lo que el desarrollo de este proyecto constituye no solo como guía sino que además incentiva el aprendizaje de la neumática y el control industrial, a diseñar similares estrategias que permitan tecnificar procesos.

### **Recomendaciones**

Una vez programado un proceso, es necesario utilizar técnicas que permitan comprobar la lógica de funcionamiento; la simulación del programa contenida en el software, facilitará la consecución de pruebas de ensayo a través de las cuales se podrá identificar oportunamente posibles errores de programación, mismos que serán ajustados fácilmente.

Es recomendable considerar la codificación de los dispositivos eléctricos a ser utilizados, guiarse en los manuales, para de esta forma asegurar total precisión y exactitud en el funcionamiento de los dispositivos.

En la planificación y antes de llevar a cabo un proyecto es imprescindible determinar clara y totalmente el modelo del controlador a utilizarse, la cantidad de entradas y salidas, los parámetros, voltajes y corrientes; son muy importantes para manejar los dispositivos.

### **Bibliografía.**

BORREGO, J. & DOMINGUEZ, M. (1996). Aplicaciones de la neumática en fabricación, manipulación y montaje. (1ª edición). España: UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA.

CARNICER ROYO, E. (1980). *Aire Comprimido, Neumática Convencional* (3ª edición). Barcelona - España: GUSTAVO GILI S.A.

CARULLA, M & LLADONOSA, V. (1993). *Circuitos Básicos de Neumática*. (1ª edición). Barcelona – España: MARCOMBO S.A.

CREUS SOLÉ, A. (2011). *Neumática e Hidráulica*. (2ª edición). Barcelona – España: MARCOMBO S.A.

DE LAS HERAS JIMENEZ, S. (2003). *Instalaciones Neumáticas*. (1ª edición). Barcelona – España: IMI NORGREN S.A.

FESTO AG. & CO KG. (2001). *Guía de Productos Festo*. Recuperado el 2 de noviembre de 2013 de: [www.festo.com](http://www.festo.com).

FESTO. (2013). *Festo Home*. Recuperado el 28 de octubre de 2013 de: [www.festo.com](http://www.festo.com).

GONZALEZ PEREZ, J, BALLESTEROS TAJADURA, R & PARRONDO GAYO, J. (2005). Problemas de Oleohidráulica y neumática. (1ª edición). Oviedo – Asturias: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.

GUILLÉN SALVADOR, A. (1993). *Introducción a la neumática*. (11ª edición). Barcelona – España: MARCOMBO S.A.

MAIXNER, M & KOBLER, R. (1980). *Introducción a la neumática*. (2ª edición). Esslingen – Alemania: FESTO DIDACTIC.

MILLÁN, S. (1995). *Automatización Neumática y Electroneumática* (1ª edición). Barcelona - España: IMI NORGREN. S.A.

ROLDÁN VILORIA, J. (1997). *Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada*. (1ª edición). Barcelona – España: PARANINFO S.A.

ROLDÁN VILORIA, J. (2012). *Tecnología y Circuitos de Aplicación de neumática, Hidráulica y Electricidad*. (1ª edición). Barcelona – España: PARANINFO S.A.

REGUÉ, J & HYDE, J. (1997). *Control electroneumático y electrónico*. (1ª edición). Barcelona – España: MARCOMBO S.A.

SERRANO SAN NICOLÁS, A. (2009). *Neumática Práctica*. (1ª edición). Madrid – España: PARANINFO.