



BANCO DE ENTRENAMIENTO ELECTRONEUMÁTICO PARA EL ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

GERSON DANIEL LEAL JAIMES

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica FIMEB
Programa de Ingeniería Electromecánica
Cúcuta, Colombia
2020

BANCO DE ENTRENAMIENTO ELECTRONEUMÁTICO PARA EL ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

GERSON DANIEL LEAL JAIMES

Proyecto de grado presentado para obtener el título de:
Ingeniero Electromecánico

Director Científico:

Benjamín Otero Hernández

Ingeniero Mecánico - Esp. En Computación para la Docencia

Codirector:

Ciro Antonio Carvajal Labastida

Ingeniero Mecánico – M. Sc. de Mantenimiento Industrial

Línea de Investigación:

Automatización

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica FIMEB

Programa de Ingeniería Electromecánica

Cúcuta Colombia

2020

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”. Este logro de vida lo dedico especialmente a mis Padres Iván Leal Vega y Ofelia Jaimes León que siempre mantienen sus buenos deseos; a mis hijos Vanessa, Juliana, Simón, e Isaac, a quienes he dado mi vida, que tengan como referencia a su padre para saber que todo lo que se propongan en su vida lo pueden lograr y alcanzar, si así lo quieren; a mi compañera y amada Judith Yamile Ortega, por su apoyo en mi crecimiento personal y profesional.

A mi abuelo paterno Hipólito Leal quien fue en su época operador de la planta generadora de energía de su pueblo y que le daba mucha felicidad ser la persona que hacía posible iluminar la noche oscura de su comunidad, ya traía desde ese tiempo el reto de convertirme en un profesional que puede realizar no solo la operación de una gran generadora de energía y además los procesos de transformación, distribución y mantenimiento integral.

Agradecimientos

Agradecimiento infinito a Dios por la salud a CENS S.A E.S.P. grupo EPM de quien recibo apoyo económico, a mis jefes que me permitieron el espacio cuando fue necesario para adelantar mis estudios como Ingeniero Electromecánico; a todos los profesores que aportaron a mi formación profesional.

Agradezco a mis padres y abuelos que enseñaron que la constancia y sacrificio nos dan resultados positivos para contribuir con servicio de excelencia a mis semejantes y a la humanidad.

Resumen

El presente proyecto desarrolla la construcción de un banco de entrenamiento electro neumático, se construye a partir de la selección de la metodología teniendo en cuenta criterios ergonómicos, funcionales, elementos y componentes accesibles y de bajo costo. El documento contiene de forma práctica, descriptiva y documental el proceso de construcción del entrenador de sistemas electroneumáticos desde su fase de alistamiento, selección de elementos y componentes, montaje o ensamblaje de circuitos hasta su puesta en marcha para simular los circuitos más utilizados en la industria. Así mismo, se proponen ejercicios prácticos como guías de laboratorio para la puesta en marcha del banco de pruebas, lo cual permite ampliar la capacidad instalada para el desarrollo de las prácticas y los ambientes de aprendizaje en automatización industrial en la Universidad Antonio Nariño.

Palabras clave: Electro neumática, banco de pruebas, PLC, Actuadores, Presión

Abstract

The general objective of the project is to build an electropneumatic training bench and PLC that allows the strengthening of the installed capacity in equipment for the development of practices and learning environments in industrial automation at the Antonio Nariño University. In the construction of the electropneumatic bench, the support structure was developed, in relation to the functional aspect, the easy assembly, disassembly and the design of different test circuits and sequential electrical processes. These activities effectively develop real knowledge of electro pneumatics used in production processes in the country's industrial sector.

Keywords: Electro pneumatics, test bench, PLC, Actuators, Pressure

Contenido

	Pág.
1. Banco de entrenamiento electro-neumático para el área de automatización de la Universidad Antonio Nariño	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Formulación del problema	4
1.4 Justificación.....	4
1.5 Delimitación de la investigación.....	5
1.5.1 Espacial	5
1.5.2 Temporal	5
1.5.3 Alcance.....	5
2. Referentes Teóricos	7
2.1 Marco Conceptual	7
2.1.1 Electroneumática	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2 Simbología electroneumática	7
2.1.3 Banco de pruebas electroneumáticas	8
2.2 Marco teórico	9
2.2.1 Introducción a la electroneumática.....	9
2.2.2 Sistemas electroneumáticos	9
2.3 Electroválvulas	11
2.3.1 Características de las electroválvulas	11
2.3.2 Tipos de electroválvulas	11
2.4 Cilindros neumáticos	14
2.4.1 Cilindro de simple efecto.....	15
2.4.2 Cilindros de doble efecto	15
2.4.3 Tipos de cilindros.....	16
2.5 Sistema de control electroneumático.....	20
2.5.1 Métodos secuenciales	20
2.6 Relés.....	22
3. Metodología	25
3.1 Técnicas de recolección de datos	25
3.1.1 Técnica documental.....	25
3.1.2 Técnica campo o práctica	26
3.2 Fases de para la construcción del banco de entrenamiento electro neumático 26	
3.2.1 Fase 1: Selección del diseño del banco de entrenamiento electroneumático.28	

3.2.2	Fase 2: Identificación de los componentes y elementos que integran el entrenador electro neumático	29
3.2.3	Fase 3: Distribución de los componentes en el entrenador.....	30
3.2.4	Fase 4: Ensamble de los componentes en el entrenador	30
3.2.5	Fase 5: Revisión del funcionamiento del entrenador	30
3.2.6	Fase 6: Establecer ejercicios prácticos de laboratorio	30
4.	Resultados	31
4.1	Construcción del banco de entrenamiento	31
4.1.1	Selección del prototipo del banco de entrenamiento	31
4.1.2	Construcción de la estructura	34
4.2	Selección de los diferentes componentes para el banco de entrenamiento neumático.....	35
4.3	Descripción de elementos básicos que componen el banco de entrenamiento electro neumático	35
4.3.1	Fuente reguladora de voltaje	35
4.3.2	Control lógico programable (PLC)	37
4.4	Relés	38
4.4.1	Temporizado electrónico	39
4.4.2	Pulsadores	40
4.4.3	Sensores.....	40
4.4.4	Electroválvulas de vías, distribuidoras o direccionales	42
4.4.5	Actuadores.....	44
4.4.6	Cables para conexión de los elementos eléctricos y electrónicos.....	44
4.5	Terminales para conexión de los elementos eléctricos	47
4.5.1	Conectores rápidos para la conexión de la tubería plástica	47
4.5.2	Integración de los componentes electroneumáticos y PLC en el módulo del banco 48	
4.5.3	Fijación de los elementos neumáticos seleccionados al módulo	49
4.6	Análisis de prueba de cada uno de los componentes del módulo electro neumático.....	50
4.7	Montajes de circuitos electroneumáticos.....	51
4.7.1	Automatizar mediante electroneumática un proceso	51
4.7.2	Casos de estudio para la solución de circuitos electro neumáticos.....	51
4.7.3	Tabla de actuadores.....	52
4.7.4	Ecuación de movimiento	53
4.7.5	Diagrama de fases	53
4.7.6	Diagrama de mandos	54
4.7.7	Métodos para solucionar el bloqueo de los actuadores	54
4.7.8	Lógica cableada	55
4.7.9	Ejercicios propuestos de electro neumática.....	55
4.7.10	Ejercicios prácticos para desarrollar circuitos electroneumáticos en el laboratorio.....	58
4.7.11	Ejercicios propuestos control lógico programable	65
4.7.12	Prácticas de laboratorio propuestas	70
5.	Seguridad, manual de trabajo y mantenimiento	71
5.1	Seguridad en la operación del banco	71
5.2	Seguridad usuario-banco	72
5.3	Funcionamiento adecuado del entrenador y prácticas seguras.....	72

6. Cronograma y presupuesto.....	75
7. Presupuesto global	80
8. Conclusiones y recomendaciones.....	83
8.1 Conclusiones.....	83
8.2 Recomendaciones.....	84
Bibliografía	87

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Simbología electroneumática.....	8
Figura 2-2: Elementos de cadena de mando.....	9
Figura 2-3: Electroválvula pilotada o de accionamiento manual biestable de vías 5/2..	11
Figura 2-4: Electroválvula 3/2 Vías.	12
Figura 2-5: Electroválvula 2/2 vías de acción indirecta.....	13
Figura 2-6: Electroválvula 4/2 vías de acción indirecta.....	14
Figura 2-7: Electroválvula 5/2 vías de acción indirecta.....	14
Figura 2-8: Cilindro de simple efecto.....	15
Figura 2-9: Cilindro de doble efecto.	16
Figura 2-10: Cilindro doble efecto tipo tándem.	16
Figura 2-11: Cilindro doble efecto multiposición	17
Figura 2-12: Cilindro neumático sin vástago.....	18
Figura 2-13: Cilindro neumático de impacto	18
Figura 2-14: Cilindro neumático de fuelle	19
Figura 2-15: Filtro de aire comprimido	19
Figura 2-16: Mando secuencial	20
Figura 2-17: Estructura de un relé	22
Figura 2-18: Forma de un relé.....	22
Figura 3-19: Componentes principales de los sistemas neumáticos, electroneumáticos del diseño del banco de entrenamiento.....	26
Figura 3-20: Fases de ejecución del diseño y construcción de un entrenador de sistemas electroneumáticos.	27
Figura 3-21: Modelos de diseños del entrenador electroneumático.....	29
Figura 4-22: Estructuras de bancos industriales de sistemas neumáticos	32
Figura 4-23: Bosquejo y selección de la estructura del banco	33
Figura 4-24: Dimensiones y estructura global del entrenador	33
Figura 4-25: Diseño y fabricación de la estructura del banco de entrenamiento	34
Figura 4-26: Fuente de alimentación del tablero electro neumático de 120 VAC con salida de 24 VDC.....	36
Figura 4-27: Control lógico programable PLC	37
Figura 4-28: Estructura del control lógico programable	37
Figura 4-29: Relé bobina con contactos auxiliares.	38
Figura 4-31: Pulsadores conmutables.	40
Figura 4-32: Sensores de proximidad magnético de tres hilos	41

Figura 4-33:	Conexiones de los sensores PNP y NPN.	41
Figura 4-34:	Electroválvula distribuidora neumática 5/2 biestable o de memoria.	42
Figura 4-35:	Electroválvula distribuidora neumática 5/2 monoestable.....	43
Figura 4-36:	Actuadores de doble efecto con doble amortiguación variable, con imán 44	
Figura 4-37:	Cable eléctrico.....	45
Figura 4-38:	Especificaciones de un cable eléctrico.....	45
Figura 4-39:	Especificaciones de los cables eléctricos según la corriente	46
Figura 4-40:	Tipos de terminales para cables eléctricos.	47
Figura 4-41:	Cables de seguridad para conexiones eléctricas	47
Figura 4-42:	Módulo de distribución de los componentes eléctricos	48
Figura 4-43:	Fijación de los elementos eléctricos y su cableado en el tablero	49
Figura 4-44:	Adjudicación de los elementos eléctricos en el tablero	50
Figura 4-45:	Punzadora neumática.....	52
Figura 4-46:	Ecuación de movimiento de la punzadora.	53
Figura 4-47:	Diagrama de fases de la punzadora.	53
Figura 4-48:	Presencia (1) o no presencia (0) de las señales de los finales de carrera. 54	
Figura 4-49:	Ejercicio No 1: Circuito electro neumático, mando manual de un actuador/ A+ / A- /. FluidSIM. -P de FESTO.....	55
Figura 4-50:	Ejercicio No 2: Circuito electroneumático, mando manual de un actuador/ A+ / A- /. 56	
Figura 4-51:	Ejercicio No 3: Circuito electro neumático, /A+ / A- / con sensores.....	57
Figura 4-52:	Ejercicio No 4: Circuito electro neumático, /A+ / A- / válvulas biestables o de memoria. 58	
Figura 4-53:	Ejercicio 1. Circuito electro neumático actuador de simple y doble efecto. 59	
Figura 4-54:	Ejercicio 2. Circuito electro neumático.	60
Figura 4-55:	Ejercicio 3. Circuito electro neumático. Ecuación de movimiento / B - A+ / A - B + / 61	
Figura 4-56:	Ejercicio 3. Continuación del ejercicio, circuito electro neumático. Ecuación de movimiento / B - A+ / A - B + /	62
Figura 4-57:	Ejercicio 4. Temporizado a la conexión o al trabajo.	63
Figura 4-58:	Ejercicio 5. Temporizado a la desconexión o al no trabajo.....	64
Figura 4-61:	Ejercicio 8. Actuador de simple efecto electroválvula de vías 3/2 de memoria. 67	
Figura 4-62:	Ejercicio 9. Actuador de doble efecto electroválvula de vías 5/2 de memoria. 68	
Figura 4-63:	Ejercicio 10. Actuador de doble y simple efecto, a1 y b1 sensores de tres hilos. 69	

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1: Dimensiones del entrenador	32
Tabla 4-2: Propiedades de la estructura del entrenador	34
Tabla 4-3: Componentes electropneumáticos principales del entrenador	35
Tabla 4-4: Cuadro de cargas eléctricas	36
Tabla 4-5: Especificaciones técnicas del cable según su voltaje al que son sometidos.....	46
Tabla 4-6: Movimiento de los actuadores A+ P+ T+ T- P- A-	52
Tabla 5-7: Funcionamiento adecuado del entrenador y prácticas seguras.....	73
Tabla 7-9: Presupuesto para elaboración del entrenador en sistemas electropneumáticos.....	81

Introducción

Dentro de las capacidades de un ingeniero electromecánico está el dominar la automatización neumática e hidráulica con fundamento teóricos de sistemas neumáticos, combinados con el sistema electrónico son parte fundamental en el desarrollo de buenas prácticas.

El presente proyecto tiene como objetivo la construcción y puesta en marcha de un módulo de entrenamiento de electro neumática asistido por PLC, a partir de la selección de un diseño utilizando componentes electrónicos que permita llevar a cabo prácticas reales e interactuar con dispositivos originales (actuadores, reguladores, distribuidores, válvulas, etc.) básicos y representativos de los sistemas industriales actuales que involucren el diseño de circuitos electrónico, eléctrico, neumático y la combinación de éstos para fortalecer los procesos de aprendizajes e implementar herramientas prácticas que permita afianzar conocimientos adquiridos durante el desarrollo de asignaturas como: Neumática, electro neumática, Electrónica Industrial, Circuitos Digitales y Análogos, Automatización industrial entre otras; igualmente, implementar otros proyectos de grado aprovechando la aplicabilidad que puedan tener el diseño y la construcción de bancos de entrenamiento. utilizando sistemas de control lógico programable (PLC) (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2009).

Lo anterior se fundamenta en Urrea, y otros (2013), quienes sustentan la afirmación de que “las prácticas de laboratorio juegan un papel primordial en la familiarización de los estudiantes con la metodología científica” (p. 3), ya que el objetivo principal de los trabajos prácticos es fomentar una enseñanza más activa, participativa e individualizada, donde se impulse el método científico y el espíritu crítico. De este modo se favorece que el alumno desarrolle habilidades, aprenda técnicas elementales y se familiarice con el manejo de instrumentos y aparatos, este proyecto está compuesto por capítulos que se relacionan a continuación:

El Capítulo 1 contiene el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, los objetivos y la delimitación que especifica el lugar de desarrollo y el periodo de ejecución de la construcción del banco de entrenamiento. El Capítulo 2, presenta los referentes teóricos de la investigación, describe conceptos fundamentales y específicos de cada proceso. El Capítulo 3, describe la metodología que explica cada una de las fases de ejecución y los procesos para la construcción y el ensamblaje del banco de entrenamiento. El Capítulo 4, Describe y analiza los resultados del proyecto que evidencian el cumplimiento de los objetivos planteados; adicionalmente en este capítulo se plantean ejercicios para la elaboración de montajes de sistemas electroneumáticos con el fin de automatizar cualquier proceso industrial y de manufactura. El Capítulo 5, Esta parte describe las normas de bioseguridad y las pautas de manejo y utilización del banco de entrenamiento. El Capítulo 6, Presenta de manera detallada los costos de cada uno de los elementos y componentes esenciales utilizados para la construcción y puesta en marcha del banco. En los capítulos siguientes se encuentran conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos del proyecto.

1. Banco de entrenamiento electro-neumático para el área de automatización de la Universidad Antonio Nariño

1.1 Planteamiento del problema

La facultad de Ingeniería Mecánica, electrónica y biomédica de la Universidad Antonio Nariño con Sede en Cúcuta, Norte de Santander, ofrece programas académicos de formación profesional en carreras como: Electromecánica, tecnología electromecánica y mantenimiento industrial electromecánico, que incorporan temas transversales como la neumática, electro neumática e hidráulica.

Así mismo, estos programas académicos dentro de su currículo desarrollan prácticas de laboratorio que le permite al estudiante fortalecer y explorar la aplicación del conocimiento en asignaturas enfocadas al desarrollo industrial. Estos laboratorios presentan falencias como: equipos en mal estado y ausencia de bancos electroneumáticos ocasionando prácticas insuficientes; de acuerdo a lo anteriormente expuesto, la construcción de un banco electro neumático proporciona un mejor apoyo educativo a los profesores y estudiantes en su proceso de enseñanza aprendizaje, y permite poner en práctica los conocimientos teóricos de varias áreas como son la neumática, lógica cableada, automatización, programación de un PLC, la electrónica entre otras materias de ingeniería.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Construir un banco para entrenamiento electro neumático y PLC que permita el fortalecimiento de la capacidad instalada en equipos para el desarrollo de las prácticas y

los ambientes de aprendizaje en Automatización industrial en la Universidad Antonio Nariño.

1.2.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el diseño apropiado en la construcción del banco de entrenamiento.
- Identificar los componentes básicos y equipos del banco electro neumático.
- Organizar la distribución de los componentes seleccionados en el tablero del banco de entrenamiento.
- Realizar el ensamble o acople de elementos y sistemas básicos electroneumáticos y PLC para la puesta en marcha del banco de entrenamiento.

1.3 Formulación del problema

¿La construcción y puesta en marcha de un banco de entrenamiento electro neumático contribuye al fortalecimiento de equipos didácticos que facilitan las practicas pedagógicas de la escuela de ingeniería de la universidad Antonio Nariño?

1.4 Justificación

Durante todo este tiempo la evolución tecnológica, ha repercutido cambios considerables en los procesos de fabricación, mejorando la capacidad de producción para poder competir y cumplir con las exigencias del consumidor, lo anterior exigió a las empresas a innovar sus procesos productivos, con productos estandarizados mejorando su presentación, calidad, su confiabilidad y la competitividad en el mercado internacional.

En nuestro país ha cobrado gran importancia los procesos industriales debido a la globalización de los mercados exigiendo procesos de alta calidad y competitividad en el desarrollo de automatismos, mejorando notablemente la producción, lo anterior conlleva a fortalecer los procesos de enseñanza teóricos prácticos respecto a los sistemas neumáticos y electro neumáticos.

El enfoque operacional de este proyecto es reducir las deficiencias que tiene el estudiante frente a implementación de nuevas herramientas en la industria o simplemente para simplificar el proceso de operación- programación y control de circuitos de automatización industrial.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Espacial

Este proyecto se realizará en la Sede de Cúcuta de la Universidad Antonio Nariño departamento de Norte de Santander. El entrenador de sistemas electroneumáticos será construido para los laboratorios de automatización industrial de la universidad.

1.5.2 Temporal

El desarrollo de la construcción del banco de entrenamiento de sistemas electroneumáticos se realizó en los meses de junio-noviembre del año 2019.

1.5.3 Alcance

La construcción del banco de entrenamiento se limita al desarrollo funcional y operativo de los sistemas electroneumáticos y PLC. Dicho proyecto contiene elementos reales para procesos que son aplicables únicamente al desarrollo de circuitos electroneumáticos.

El entrenador electroneumático permite:

- Reconocimiento y puesta en marcha de los componentes electroneumáticos.
- Activación manual de electroválvulas actuadores neumáticos.
- Sistemas de control-programación y operación de circuitos.
- Aplicación práctica de sistemas electroneumáticos para mejorar procesos industriales.

2.Referentes teóricos

A continuación, vamos a referirnos a los componentes que se necesitan para el funcionamiento de banco de entrenamiento, como son, actuadores neumáticos, unidad de mantenimiento electroválvulas y control lógico programable (PLC).

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Electro neumática

La electro neumática modificar los procesos de manufactura de las empresas. El cambio fue radical al fusionarse la neumática, la electricidad y la electrónica en la producción industrial, dando así el inicio de los sistemas electro neumáticos y de control lógico programable en la industria, integrando las tecnologías mencionadas, aumentando la confiabilidad de los mismos y reduciendo la complejidad de los procesos (Chavarro, 2017, p. 14).

Un circuito electroneumático cumple con la cadena de mando al programar las conexiones, los elementos componentes de la cadena de mando, realizando una función específica y secuencial en el procesamiento de las señales, su eficacia se permite ejecutar la:

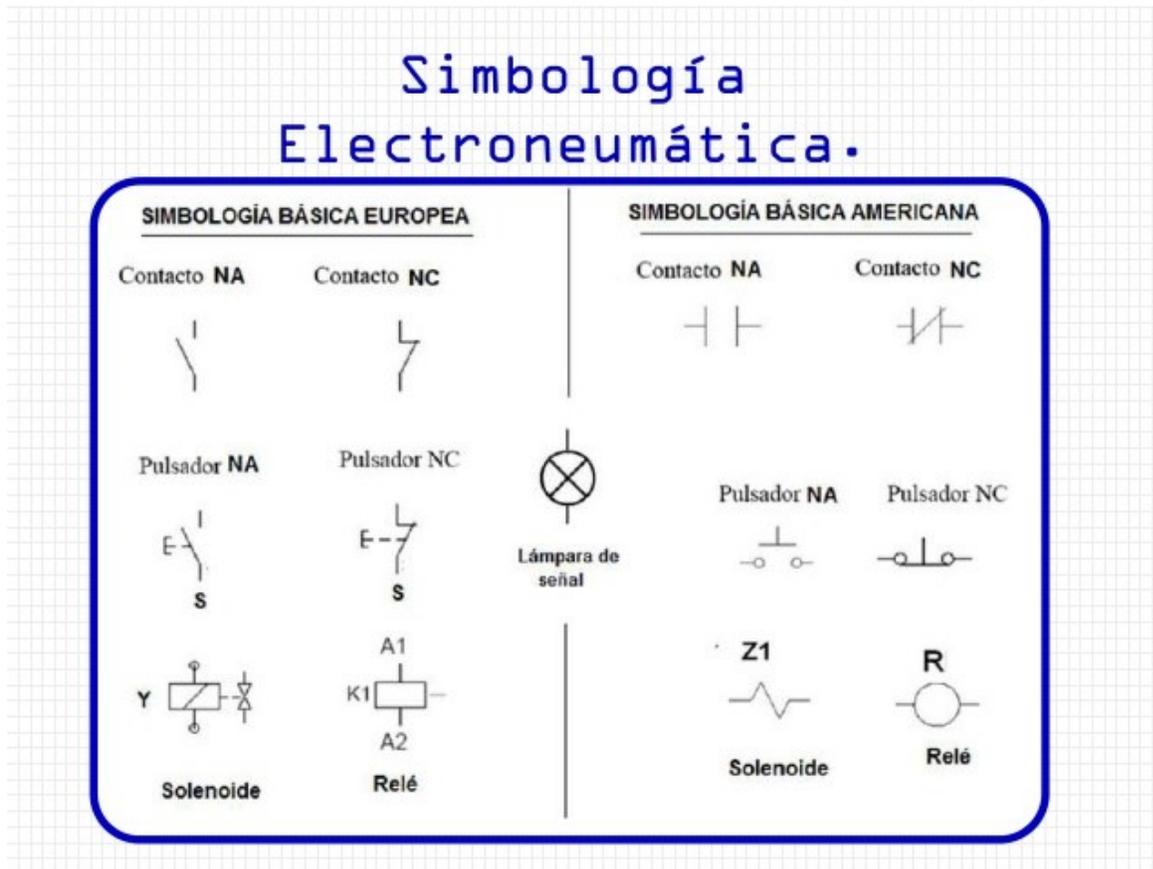
- ✓ Distribución de los componentes según el circuito propuesto.
- ✓ La tensión y corriente está estipulada para los componentes eléctricos y electrónicos.
- ✓ Disposición y control en funcionamiento del equipo.
- ✓ Conocimiento de los componentes al realizar mantenimiento (Chavarro, 2017, p. 15).

2.1.2 Simbología electro neumática

La simbología usada sirve para la identificación de componentes en el diseño de sistemas electroneumáticos estos símbolos están diseñados según la Organización Nacional para

la Estandarización (ISO) conforme a la norma ISO DIN 1219-1-1991. En la Figura 2-1 se muestra la importancia de la simbología que es poder identificar cada uno de los componentes en un proceso.

Figura 2-1: Simbología electroneumática



Fuente: Duktilar, 2019.

2.1.3 Banco de pruebas electro neumáticas

Los bancos para la formación de los estudiantes en los procesos industriales, cuentan con diferentes elementos reales en realizar procesos combinados de circuitos electroneumáticos y el control lógico programable PLC. (Chavarro, 2017, p. 29).

2.2 Marco teórico

2.2.1 Introducción a la electro neumática

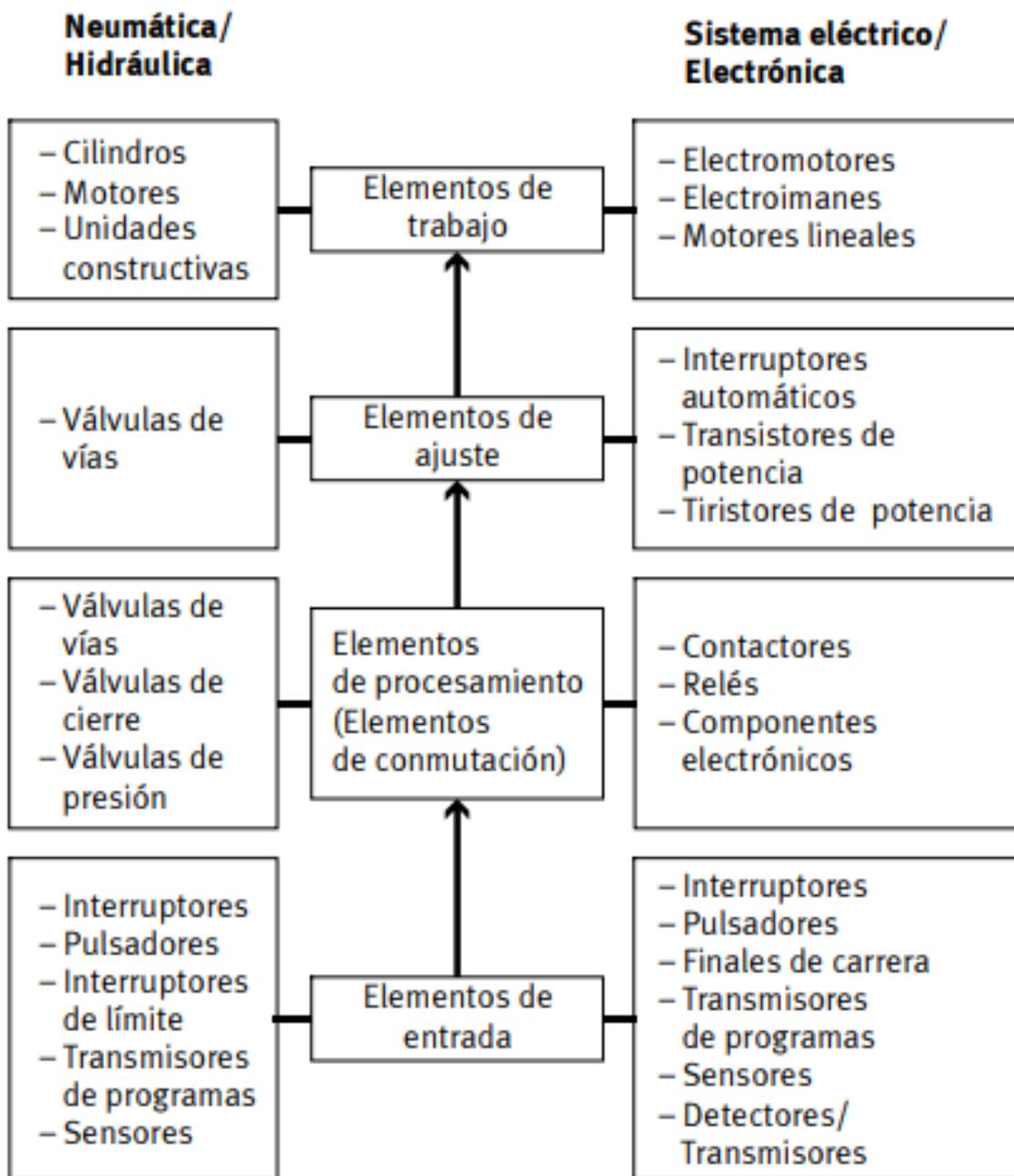
La electroneumática sustituye a la neumática por la velocidad del control de señales de mando, evoluciono la industria simplificando los procesos aumentando la eficiencia mejorando la confiabilidad e incorporándola como tecnología limpia, esta fusión permitió un gran avance en el desarrollo de procesos industriales.

2.2.2 Sistemas electroneumáticos

Los componentes electro-neumáticos deben mantener la cadena de mando según la secuencia determinada del automatismo y su conexionado. Cada elemento cumple con su función, mantiene la lógica del proceso y ordena el siguiente paso (Ver Figura 2-2). La funcionabilidad de la lógica establecida del proceso debe cumplir con los siguientes pasos:

- Distribución lógica de los componentes según esquema de conexionado.
- Verificar la tensión y corriente nominal de los elementos eléctricos y electrónicos.
- Composición y puesta en funcionamiento.
- Verificar los elementos al realizar mantenimiento (Chavarro, 2017, p. 15)

Figura 2-2: Elementos de cadena de mando.



Fuente: Croser, Thomson, & Ebel, 2000, p. 1.

2.3 Electroválvulas

Según Lladonosa (1997), quien manifiesta que: “Las electroválvulas al conmutarse por un electroimán, cumplen con la función de distribuir o direccionar la presión del sistema hacia los elementos neumáticos. (p. 53)”

Al energizar la bobina el campo magnético corre el carrete cilíndrico interno de la válvula realizando la conmutación o cambio de posición de la misma, al des energizarse la bobina un muelle lleva al carrete cilíndrico interno a su posición inicial

2.3.1 Características de las electroválvulas

La válvula neumática con accionamiento eléctrico son denominadas electroválvulas o válvulas electromagnéticas. Generalmente este accionamiento eléctrico está acompañado de un accionamiento manual diferenciadas por el número de bobinas y el número de posiciones o conmutación. (Ver Figura 2-3).

Figura 2-3: Electroválvula pilotada o de accionamiento manual biestable de vías 5/2.



Fuente: Biblioteca Manual de FluidSim de Festo.

2.3.2 Tipos de electroválvulas

Electroválvulas de acción directa. Según la fabricación pueden ser válvulas de asiento, unida al núcleo magnético. Un resorte la mantiene cerrada sin tensión y abierta con tensión. (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 7).

Electroválvulas de 2 vías de acción directa. Son válvulas que tiene dos posiciones una abierta y otra cerrada al conmutarse. En su posición normal sella o deja pasar el fluido según su especificación. (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 7).

Al energizarse la bobina la válvula se abre o cierra según la especificación de la válvula. El campo magnético vence la resistencia del resorte permitiendo la conmutación de las válvulas distribuidoras, clasificándose como electroválvulas de 3/2 distribuidoras o 2/2 distribuidoras monoestables normalmente abierta (NO.) o cerrada (NC.)

Electroválvulas de 3 vías de acción directa. Esta válvula compuesta de 3 vías y dos posiciones permitiendo las siguientes presentaciones 3/2 normalmente abierta, 3/2 normalmente cerrada y como válvula de memoria

Al energizar la válvula su resorte mueve el núcleo contra el asiento y bloquea el paso del fluido. Un sello impide que el fluido entre en las otras cavidades de la electroválvula contando también con un accionamiento manual auxiliar. (Ver Figura 2-4) (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 8).

Figura 2-4: Electroválvula 3/2 Vías.



Fuente: Festo, 2020.

Electroválvulas pilotadas o de accionamiento indirecto. Este tipo de válvulas su conmutación es magnética y neumática. Facilitando sus conmutaciones para la distribución del fluido (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 8).

Electroválvulas de 2 vías pilotadas. Estas electroválvulas pilotadas con una bobina y señal neumática de 2 o 3 direcciones. Mediante un embolo o diafragma asegura el sello del asiento. El pilotaje se ejerce a cada lado del diafragma. Cuando se energiza el inductor, este abre y baja la presión permitiendo la conmutación. (Ver Figura 2-5) (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 9).

Figura 2-5: Electroválvula pilotada 2/2 distribuidora



Fuente: Festo, 2020.

Electroválvulas de 4 vías pilotadas. Muy usadas en los sistemas hidráulicos y neumática para mover los actuadores de doble efecto. Estas válvulas tienen 4 conectores: identificados 1 (P), 2 salidas hacia el actuador 4 (A) y 2 (B) y una conexión a tanque(T) o escape 3 (R) (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 9).

Figura 2-6: Electroválvula 4/2 vías de acción indirecta.



Fuente: Festo, 2020.

Electroválvulas de 5 vías pilotadas. Según Lladonosa (1997), quien declara que: Una electroválvula pilotada de 5/2 vías (Ver Figura 2-7) Tiene cinco orificios identificados 1 (P) que es el conector de presión, 2 (B) y 4 (A) conector hacia el actuador y dos conexiones de escapes 3 (R) y 5 (S). la válvula vuelve a su posición normal después que el inductor se ha des energizado.

Figura 2-7: Electroválvula 5/2 vías de acción indirecta.



Fuente: Festo, 2020.

2.4 Cilindros neumáticos

Son actuadores neumáticos realiza trabajo en los dos sentidos, compuesto por dos conexiones de aire, un embolo y un vástago que se encuentran firmemente unidos permitiendo un movimiento de vaivén, compuesto por dos tapas anterior y posterior,

acopladas al cuerpo del actuador en donde se desplaza el conjunto embolo y vástago provisto de sellos dándole estanqueidad la actuador, el vástago lleva anillo rascador que le hace mantenimiento permanente (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2009).

2.4.1 Cilindro de simple efecto

Este dispositivo actúa en una sola dirección, su retorno lo realiza generalmente mediante un muelle o resorte. Cuando el retorno se realiza por un resorte su carrera no debe exceder 2,5 veces el diámetro del pistón (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 11), ver Figura 2-8.

Figura 2-8: Cilindro de simple efecto.



Fuente: Festo, 2020.

2.4.2 Cilindros de doble efecto

Según Tobon (2015) Los de mayor aplicación realizando movimiento en los dos sentidos y así mismo ejecutando trabajo en sus movimientos, mediante la conmutación de las válvulas distribuidoras encargadas del direccionamiento del fluido, mientras un conector del actuador recibe presión de aire el otro es conectado al escape (Ver Figura 2-5).

Las ventajas de los actuadores con relación a los de simple efecto son:

- Realiza trabajo saliendo y regresando el vástago.
- Los desplazamientos tienen más recorrido la totalidad de su longitud.
- No realiza ningún esfuerzo para vencer el muelle, pue no lo tiene.
- Su movimiento se puede controlar con precisión.

Figura 2-9: Actuador de doble efecto.

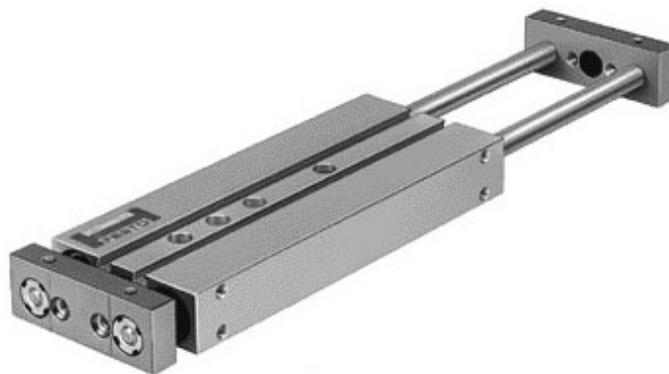


Fuente: Festo, 2020.

2.4.3 Tipos de actuadores

Actuador tipo tándem. Integrado por actuadores de doble efecto acoplados entre sí, como tienen doble área duplican la fuerza, despejando la fuerza de la ley de Pascal, la fuerza está en función de la presión que es constante por el área que se está duplicando, por lo tanto, la fuerza se duplica. (Vallejo & Yugcha, 2014, p. 12). Ver fig. 2-10.

Figura 2-10: Cilindro tipo tándem.



Festo, 2020.

Actuador multi posición. Constituidos por varios actuadores conectados en serie. Ellos tienen cuatro avances con lo que se obtienen cuatro desplazamientos diferentes de este tipo de actuador. (Festo Didactic, 2009) Figura 2-11.

Figura 2-11: Actuador multiposición



Actuador sin vástago. Cuando se necesita manipular objetos en recorridos de espacio considerables mediante el desplazamiento de una brida porta carga exterior, módulo disponible con un cuerpo magnético en su interior que desliza al pistón en movimiento.

El avance del carro exterior esta provisto de una ranura longitudinal que permite el movimiento de la brida garantizando su estanqueidad quien el pistón (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2009) Fig. 2-12.

Figura 2-12: Actuador magnético.



Festo, 2020.

Actuador de impacto. Se caracteriza por su impacto de 10 m/s para ejecutar trabajos de marcación en diferentes materiales (Festo Didactic, 2009). Fig. 2-13.

Figura 2-13: Actuador de impacto



Festo, 2020.

Actuador de fuelle. Incorpora en su sistema una válvula estranguladora direccional variable, para su avance y retroceso (Vallejo & Yugcha , 2014, p.15) Fig. 2-14.

Figura 2-14: Actuador de fuelle

Festo, 2007.

Filtro de aire comprimido con purga. Es la unidad de mantenimiento encargada de detener las partículas sólidas en el aire y la humedad relativa del medio ambiente, evitando el paso hacia el sistema neumático para prevenir la corrosión y la abrasión de los componentes neumáticos y electroneumáticos

El mantenimiento se realiza descargando el agua contenida purgando la unidad y limpiando el vaso, debe circular el aire comprimido pasando limpio hacia el sistema. El filtro debe limpiarse o sustituirse periódicamente (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2009) Fig. 2-20.

Figura 2-15:

Festo, 2020.

2.5 Sistema de control electro neumático

Según Hydé, Regué, & Cuspina (1997) “la técnica electro neumática integrada por actuadores y electroválvulas que cumplen con el diseño establecido por la ecuación del movimiento (p. 67).

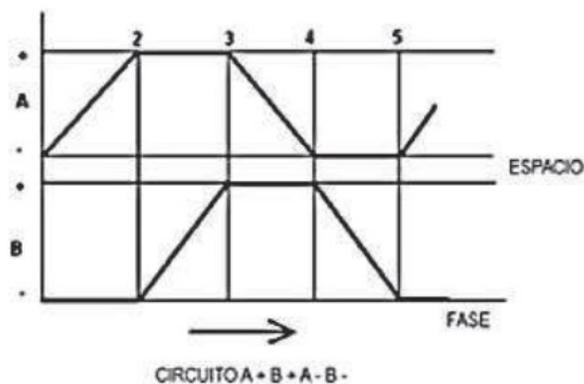
Los elementos del hardware neumáticos y eléctricos permiten el uso de elementos electrónicos proporcionando una serie de ventajas dadas por los circuitos y sistemas que múltiples funciones lógicas y aritméticas del controlador lógico programable.

2.5.1 Métodos secuenciales

Según Vallejo & Yugcha (2014) este tipo de metodo se da cuando los actuadores son gobernados por una ecuación que determina la lógica del proceso. (p. 19).

Diagrama espacio – fase.: Vallejo & Yugcha (2014) la define como “la representación gráfica del movimiento de los actuadores según la lógica de la ecuación de movimientos, la amplitud de la fase debe ser igual a su altura y la distancias entre fases debe ser la mitad de ellas, cada actuador debe estar representado por una banda horizontal” (p. 19).

Figura 2-16: Mando secuencial



Fuente: Vallejo & Yugcha 2014, p. 20.

Como muestra la Figura 2-16 el borde inferior cuando el actuador está en posición inicial (-), regreso del vástago; el borde superior cuando el actuador está en posición final (+),

avance del vástago la franja horizontal se representan las posiciones del actuador y en él sentido vertical correspondiente a cada periodo.

Bloqueo del sistema. Vallejo & Yugcha (2014) dice que: Un bloqueo se presenta cuando se originan señales opuestas del mismo valor, pero en sentido contrario, originando un bloqueo en la conmutación de la válvula de mando y a su vez en la secuencia del proceso, esta interferencia se determinará en el diagrama de mandos que depende del diagrama de fases, cuando existen dos ciclos seguidos de un actuador:

A+B+B-A- y Continuo: A+B+B-A-/A+

Desbloqueo del sistema. Vallejo & Yugcha (2014), manifiestan que “el bloqueo se soluciona mediante válvulas direccionales 3/2 monoestables normalmente cerradas de accionamiento por rodillos abatibles o articulados. Conmutándose la válvula en un solo sentido” (p. 21).

Metodología de cascada. Vallejo & Yugcha (2014), manifiestan que “La ecuación de movimiento es dividida por grupos evitando que movimiento del mismo actuador quede en el mismo grupo, los grupos están alimentados por válvulas de memoria 4/2 o 5/2 conectadas en serie tantas válvulas como grupos hay menos una, que alimentan los grupos” (Ebel, Idler, Prede, & Scholz, 2009).

Método paso a paso. Vallejo & Yugcha (2014) indican que, el número de grupos determinado por la ecuación de movimiento, cada grupo es alimentado por una válvula de memoria biestable de accionamiento neumático manteniendo la relación entre los grupos. alimentadas por la presión del sistema.

Para evitar estos problemas de simultaneidad de señales que bloquean el proceso se puede realizar mediante el control electro neumática o el control lógico programable. (p. 21).

Al automatizar una máquina o proceso usando los sistemas neumáticos o electro neumáticos integrando diferentes tipos de actuadores y de válvulas direccionales, de regulación, usando las diferentes técnicas estableciendo la ecuación del movimiento que determina diagrama de fases y de mandos dando solución del automatismo, sin embargo,

uno de los métodos de mayor aplicación es el método paso a paso (Ebel, Ilder, Prede, & Scholz, 2009).

2.6 Relés

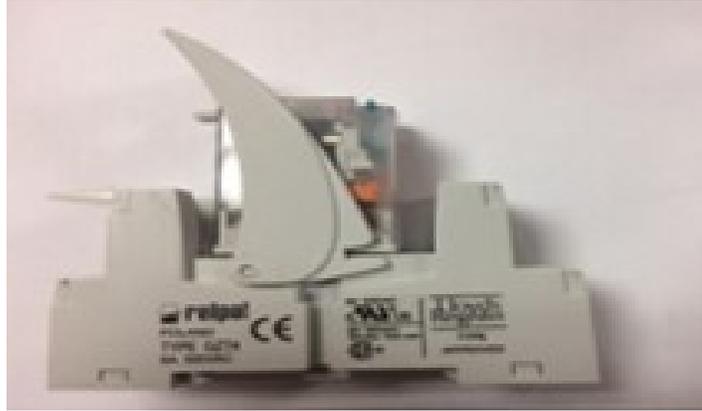
Compuesto por una bobina que al energizarse activa sus contactos auxiliares normalmente abiertos y desactiva sus contactos auxiliares normalmente cerrados, estas conmutaciones permiten el control eléctrico de los procesos eléctricos. Un relé (Ver Figura 2-17) está formado por un electroimán y unos contactos auxiliares conmutables mecánicos que son impulsados por el electroimán. Con una corriente de miliamperios generada por una tensión baja, mientras que los contactos pueden estar soportando una tensión elevada de y soportar mayor amperaje. Técnicamente un relé es un aparato electromecánico capaz de accionar uno o varios interruptores cuando es excitado por una corriente eléctrica (Benítez, Henríquez, & Landaverde, 2007, p. 46). (Ver Figura 2-18).

Figura 2-17: Estructura de un relé



Fuente: Benítez, Henríquez, & Landaverde, 2007, p. 46.

Figura 2-18: Forma de un relé



Fuente: Autor del proyecto.

El relé es una bobina conformada por varios contactos conmutables debidamente enumerados para realizar las conexiones necesarias y así sus contactos van a permitir las conmutaciones diseñadas para cumplir el proceso diseñado según la ecuación de movimiento

3. Metodología

Las fases metodológicas que se desarrollaron obedecen a la secuencia lógica para el cumplimiento de objetivos planteados; en la primera parte se describen las técnicas de recolección de datos. Seguido del sub capítulo que presenta la hoja de ruta implementada para la construcción del banco de entrenamiento electro neumático.

3.1 Técnicas de recolección de datos

Las técnicas son el conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se va a desarrollar la investigación. En cuanto a las técnicas de investigación se utilizarán dos formas generales:

3.1.1 Técnica documental

Se recopilará la información y bases teóricas que sustentan el diseño y construcción de un entrenador de sistemas electroneumáticos utilizando temáticas como: la importancia de la neumática y los procesos de automatización en la industria, componentes y elementos esenciales para el ensamble y montaje del mismo. Además, los instrumentos y equipos eléctricos establecidos el funcionamiento y operación del banco.

Así mismo para el diseño y construcción del entrenador se tendrán en cuenta parámetros específicos: características locativas del laboratorio de la universidad, el tipo de población a quien va dirigida, las necesidades del estudiante, la ergonomía y la seguridad industrial de los procesos prácticos que se van a llevar acabo en el mismo.

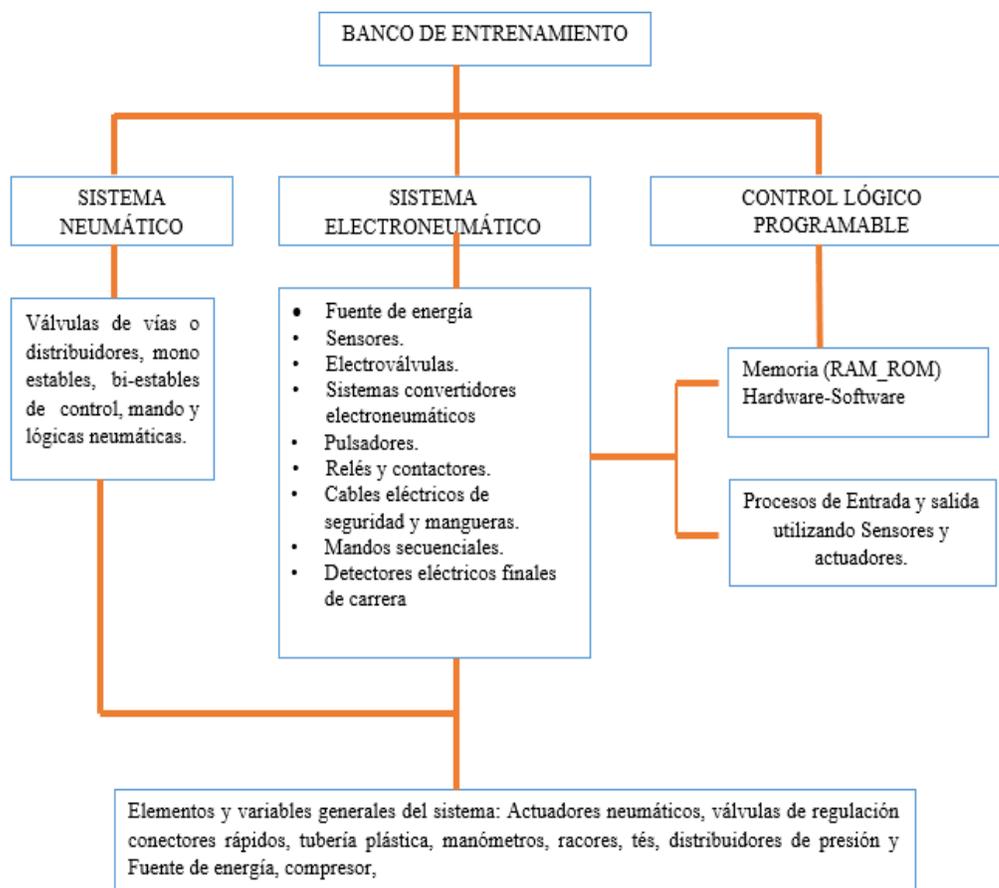
3.1.2 Técnica campo o práctica

Esta técnica nos permite la observación y el contacto directo con cada uno de los elementos, componentes, instrumentos y equipos por medio del establecimiento de diferentes fases donde se llevar a cabo el diseño, ensamblaje y operación del entrenador.

3.2 Fases de para la construcción del banco de entrenamiento electro neumático

La construcción del banco se diseñó teniendo en cuenta las áreas y elementos del sistema electro neumático como se observa en el mapa conceptual (Ver Figura 3-19).

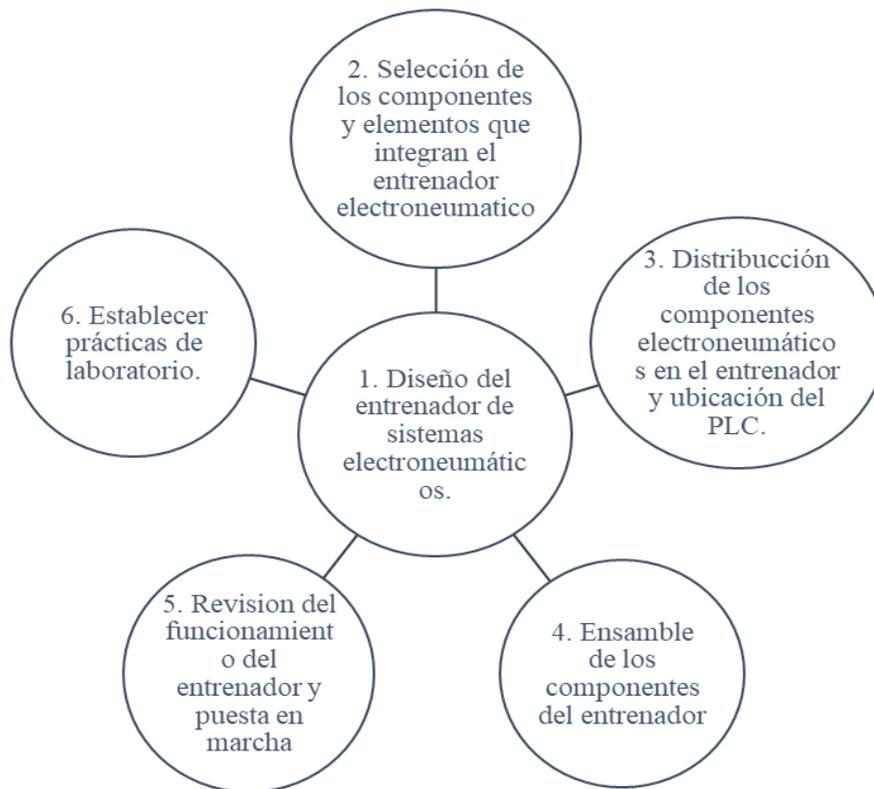
Figura 3-19: Componentes principales de los sistemas neumáticos, electroneumáticos del diseño del banco de entrenamiento.



Fuente: Autor

Para realizar la construcción del banco de entrenamiento electroneumático la Figura 3-20, describe en forma gráfica las fases que se llevaron a cabo, indicando la metodología que se utilizó para la selección de cada uno de los elementos instalados en el banco de entrenamiento.

Figura 3-20: Fases de ejecución del diseño y construcción de un entrenador de sistemas electroneumáticos.

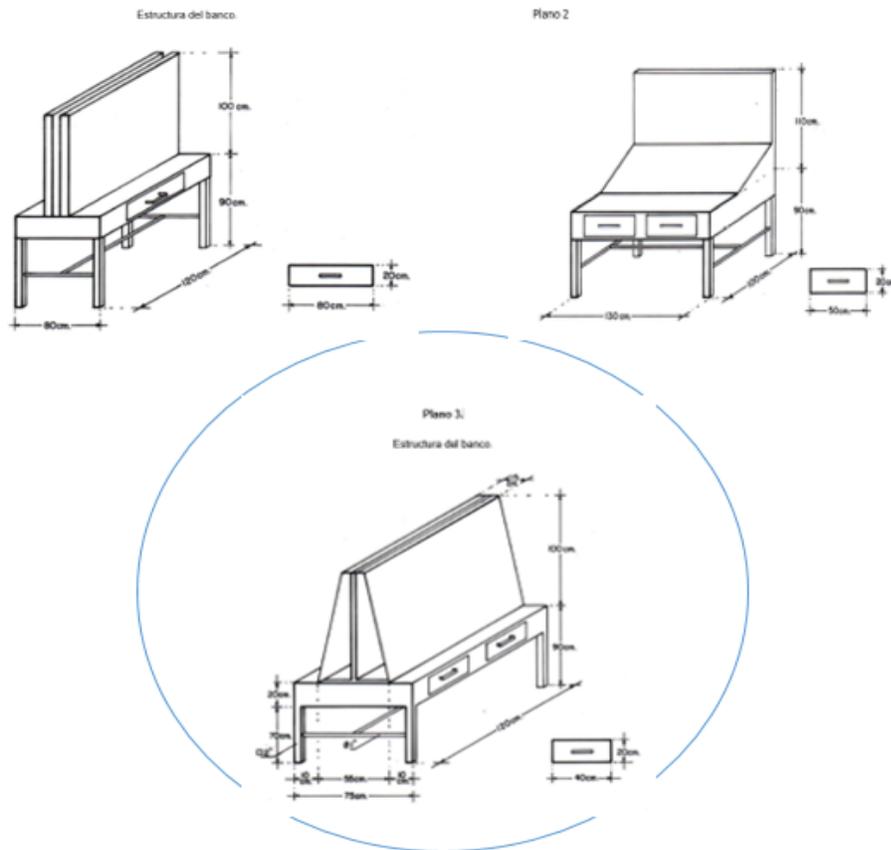


Fuente: Autor

3.2.1 Fase 1: Selección del diseño del banco de entrenamiento electro neumático

Para la selección del diseño del banco de entrenamiento electro neumático se procedió con los siguientes pasos:

- Estudio y observación de diferentes bancos de entrenamiento de sistemas neumáticos y electroneumáticos de marcas Festo, Bosch, Lab-Voll, Mitsubishi entre otras, se realizaron bosquejos y medidas para seleccionar la más funcional en cuanto a la disposición de elementos, su parte ergonómica y las dimensiones para poderla ingresar a los laboratorios. En esta fase se plantearon 3 diseños de entrenamiento y se seleccionó un modelo. Este diseño consta de las siguientes medidas: Alto: 1.900 mm; Ancho: 750 mm y de longitud: 1, 200 mm (Ver Figura 3-21):
- Después de seleccionar el diseño del banco se toman las dimensiones de la estructura metálica donde se va a ensamblar la lámina de acrílico que va a servir para la colocación y estructuración de todos los componentes que se van a utilizar en el banco como: cilindros, neumáticos, válvulas electro neumáticas, electroválvulas, pulsadores neumáticos, selectores neumáticos, pulsadores eléctricos, relés, temporizadores, fuentes de energía entre otros.

Figura 3-21: Modelos de diseños del entrenador electroneumático

Fuente: Autor

3.2.2 Fase 2: Identificación de los componentes y elementos que integran el entrenador electro neumático

Se eligieron los elementos y componentes adecuados para el diseño y el ensamble del entrenador teniendo en cuenta sus dimensiones y su capacidad de carga.

Actuadores neumáticos de doble efecto, electro válvulas de vías 5/2, sensores magnéticos, relés con mutables, temporizador a la conexión y a la desconexión, conectores hembras, cables eléctricos de seguridad, pulsadores con mutables, pulsador con enclavamiento de seguridad, PLC de ocho entradas y cuatro salidas, una fuente de 110 VAC a 24 VDC, conectores rápidos para actuadores y electro válvula de vías y una unidad de mantenimiento.

3.2.3 Fase 3: Distribución de los componentes en el entrenador

En esta etapa se seleccionaron los elementos mediante la asesoría y la experiencia de los docentes de la UAN Sede Cúcuta, en sistemas neumáticos y electro neumáticos, se determinaron los componentes neumáticos, electroneumáticos y electrónicos de mayor aplicación y fácil adquisición en la región.

3.2.4 Fase 4: Ensamble de los componentes en el entrenador

El entrenador se ensambló bajo las normas ISO DIN 1219. Los diferentes componentes electroneumáticos del módulo tienen conectores rápidos, seguros, para su facilidad de montaje y desmontaje de las diferentes prácticas, que se realicen en el laboratorio.

3.2.5 Fase 5: Revisión del funcionamiento del entrenador

En esta etapa se realizó la verificación, seguimiento y control del funcionamiento esto quiere decir la puesta en marcha del módulo de entrenamiento electro neumático.

3.2.6 Fase 6: Establecer ejercicios prácticos de laboratorio

En esta fase se proponen ejercicios para mejorar el aprendizaje y las prácticas en las áreas de electro neumática de los alumnos adquiriendo habilidades para el ensamble de los montaje y desmontaje de los circuitos electroneumáticos y la programación del PLC, su puesta en marcha y operación.

4. Resultados

4.1 Construcción del banco de entrenamiento

Este proyecto está basado en la construcción un entrenador para realizar montajes electro neumáticos, el módulo soporta todos los componentes neumáticos electro neumáticos el control lógico programable, usando criterios de ergonomía y seguridad industrial.

El banco de entrenamiento electro neumático presenta una composición de fácil operatividad, capaz de simular los procesos de presión, vacío, montaje y desmontaje de circuitos que permiten simular diferentes procesos productivos. Por último, se busca desarrollar prácticas y ejercicios de laboratorio permitiendo el entrenamiento de los estudiantes en la automatización de procesos industriales y mejorando su competitividad. Selección del prototipo del banco de entrenamiento.

4.1.1 Selección del prototipo del banco de entrenamiento.

Mediante el estudio y observación de diferentes bancos de entrenamiento de sistemas electro neumáticos y PLC de diferentes fabricantes como Festo, Bosch, Lab-ball, Mitsubishi y sitios visitados por internet entre otros, se realizaron bosquejos y medidas para determinar el banco requerido, con sus dimensiones ergonómicas el cual debe ser cómodo y accesible para las personas, teniendo en cuenta los parámetros para tener condiciones de ergonomía óptimas, para determinar la altura adecuada del banco de trabajo, es importante tener en cuenta la altura promedio de las personas en Colombia que es de 1.60m (Ver Figura 4-22).

Figura 4-22: Estructuras de bancos industriales de sistemas neumáticos



Fuente: fabricantes Festo, Bosch, Mitsubishi

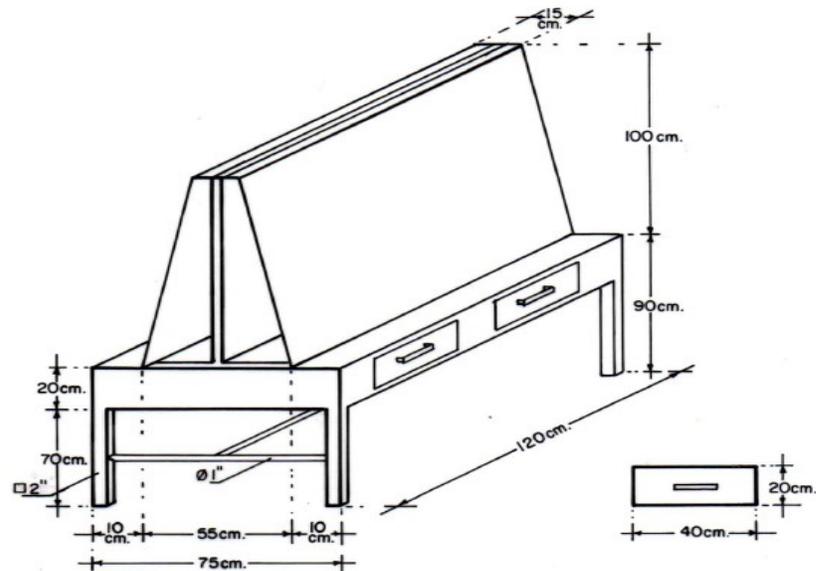
Estructura seleccionada para el banco de entrenamiento, se realizaron varias propuestas para el banco de entrenamiento y se determinó la mejor estructura (Ver Figura 4-23 teniendo en cuenta sus dimensiones (Tabla 4-1): tamaño, estabilidad y funcionalidad teniendo en cuenta sus dos tableros o módulos para neumática y electro neumática con PLC, totalmente independientes.

Tabla 4-1: Dimensiones del entrenador

Altura	Ancho	Longitud	Peso	Gavetas
1900 (mm)	850 (mm)	1200 (mm)	260 (kg)	Dos (400 (mm) de ancho- 200 (mm) de alto por cada lado y una longitud de 30 mm

Fuente: Autor

Figura 4-23: Bosquejo y selección de la estructura del banco



Fuente: Autor

Con base a la propuesta seleccionada se realizaron cambios respecto a las dimensiones de la estructura metálica tubo cuadrado (Ver Figura 4-24) características (Tabla 4 - 2).

Figura 4-24: Dimensiones y estructura global del entrenador



Fuente: Autor

Tabla 4-2: Propiedades de la estructura del entrenador

Item	Características	Especificación
01	TUBO CUADRADO 1 1/2 "x 1 1/2"	x 1.1mm Cal.18 x 6m
02	Norma de fabricación	ASTM A 500 grado B
03	Tipo	Tubo mueble
04	Medidas	1 1/2" X 1 1/2"
05	Calibre	CAL 18
06	Longitud	6 m

Fuente: Autor del proyecto

Se estudió la calidad, facilidad y presentación del tablero, que permita gravarlo y diseñar sobre él, los diferentes componentes que conforman el banco de entrenamiento de electro neumática y control lógico programable.

4.1.2 Construcción de la estructura

Esta etapa consta de la construcción del banco a partir del modelo seleccionado del mueble con algunos cambios funcionales, con sus dimensiones se realizó su respectiva fabricación el cual se observa en la Figura 4-25.

Figura 4-25: Diseño y fabricación de la estructura del banco de entrenamiento



Fuente: Autor

4.2 Selección de los diferentes componentes para el banco de entrenamiento neumático

Criterio para la selección de elementos mediante la asesoría y la experiencia de los docentes capacitados en formación con bancos de entrenamiento, en sistemas neumáticos, se determinaron los componentes electroneumáticos de mayor aplicación para diferentes montajes que se pueden observar en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3: Componentes electroneumáticos principales del entrenador

Componentes	Cantidad
Cantidad de válvulas 5/2 monoestables	1
Cantidad 5/2 de válvulas electroneumáticas biestables	2
Regulador de Presión	6
Actuadores de doble efecto	2
Sensores de Proximidad magnética	4
Actuadores	2
Relés	6
PLC	1
Temporizador al trabajo y al no trabajo	1

Fuente: Autor

4.3 Descripción de elementos básicos que componen el banco de entrenamiento electro neumático

4.3.1 Fuente reguladora de voltaje

La fuente de 120 VAC permite mantener regulado un voltaje de salida de 24 VDC con un amperaje de 1,3 A (Ver Figura 4-26). La fuente debe cumplir con las necesidades del proyecto y las características principales para el funcionamiento y operación del banco son (Tabla 4-4):

Tabla 4-4: Cuadro de cargas eléctricas

Ítem	Descripción	Cant.	Carga Und. (A)	Carga total (A)
1	Electroválvula 5/2 biestable	1	0,140	0,140
2	Electroválvula 5/2 mono	1	0,084	0,084
3	Sensores magnéticos	4	0,012	0,048
4	Relé 24 VDC	6	0.038	0,228
5	Temporizador	1	0,044	0,044
7	Total, carga	13	0,318	0,544

Fuente: Autor

Figura 4-26: Fuente de alimentación del tablero electro neumático de 120 VAC con salida de 24 VDC



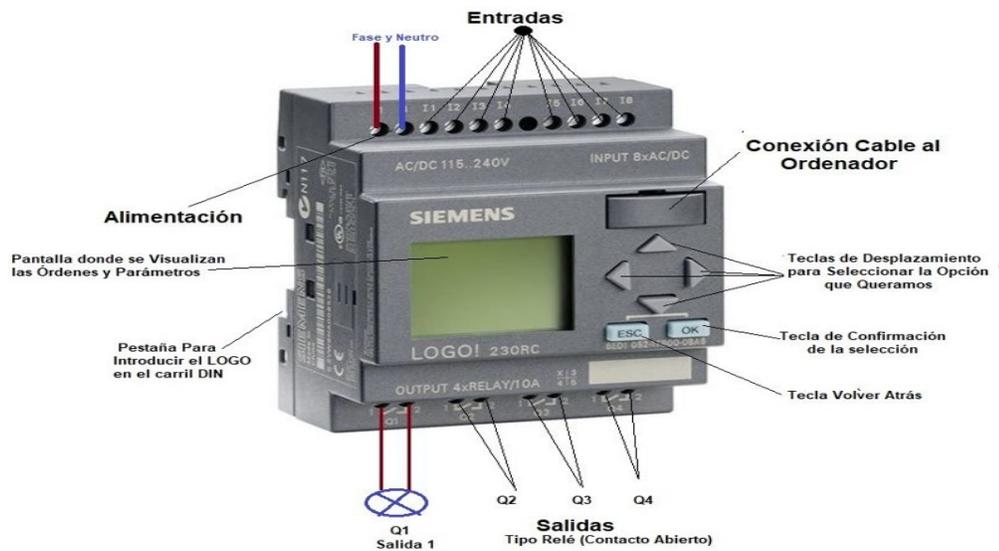
Fuente: Autor

4.3.2 Control lógico programable (PLC)

Es un computador de tipo industrial su funcionalidad es el manejo de diferentes variables físicas en la entrada del proceso, las procesa según la lógica, el orden y la secuencia de la programación establecida, para entregar los resultados esperados del proceso del automatismo diseñado, para el control de herramientas, equipos, maquinaria, líneas de montaje industrial entre otras.

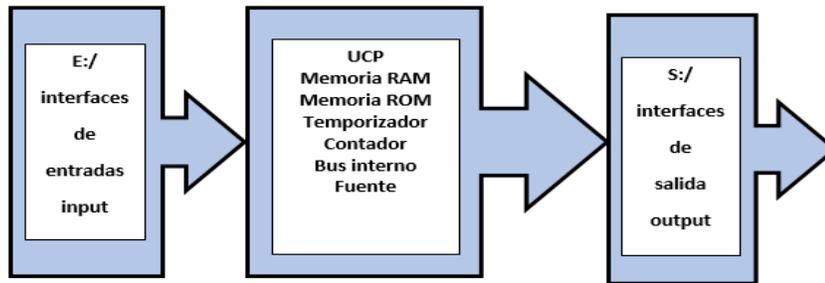
La programación es almacenada en su memoria RAM para su ejecución. (Ver Figura 4-27) es un componente hardware, los resultados de salida son las respuestas lógicas. (Ver Figura 28).

Figura 4-27: Contro lógico programable PLC



Fuente: Autor.

Figura 4-28: Estructura del control lógico programable



Fuente: Autor

Cada fabricante de PLC tiene sus especificaciones particulares para su funcionamiento, como también pueden tener diferente software de programación, los lenguajes de programación son de alto nivel para las personas que programan y los de bajo nivel lenguaje de máquina (código binario) y lenguaje ensamblador (sintético de sentencias) que son los que ejecutan las máquinas.

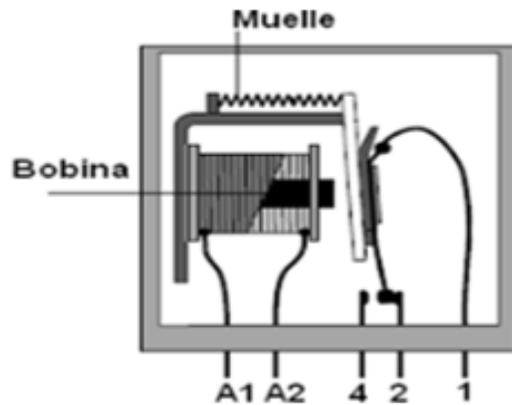
Entre los lenguajes de alto nivel tenemos:

- Lista de instrucciones.
- Diagrama de contactos.
- Diagrama de bloques funcionales.
- Organigrama de bloques secuenciales.

4.4 Relés

Bobinas compuestas por cuatro contactos auxiliares conmutables, el contacto común identificada con el número uno (1), el contacto normalmente cerrado NC. con el número dos (2) y el contacto normalmente abierto NO. con el número tres (3) o cuatro (4). El comportamiento de los contactos es que al energizarse la bobina sus contactos normalmente cerrados se abren y los normalmente abiertos se cierran, cuando se desenergizan vuelve a sus condiciones iniciales, su abrir y cerrar permiten el funcionamiento de la lógica cableada (Ver Figura 4-29).

Figura 4-29: Relé bobina con contactos auxiliares.

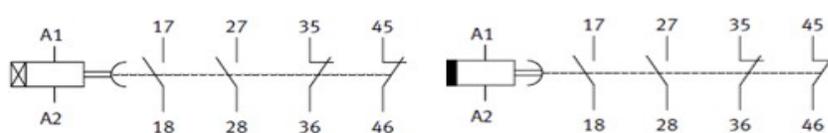


Fuente: Autor

4.4.1 Temporizado electrónico

Los temporizados son los encargados en conectar y desconectar un circuito eléctrico después de cumplir el tiempo requerido para comenzar o terminar un proceso automatizado, mide los pulsos suministrados en un circuito que se repite según el tiempo establecido el tiempo es el requerido por el proceso que se realiza. El temporizado a la conexión recibe tensión y cuenta el tiempo para liberar los contactos. El temporizado a la desconexión cuando deja recibir tensión y después de un tiempo, libera los contactos (Ver Figura 4-30).

Figura 4-30: Temporizado al trabajo y al no trabajo.



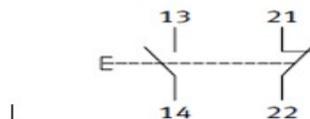
Fuente: Autor

Los temporizados tienen diversas aplicaciones según la automatización del proceso industrial, temporizados térmicos, neumáticos, electrónico, magnético entre otros.

4.4.2 Pulsadores

El pulsador es un accionado eléctrico que al maniobrar puede cerrar un contacto NO, o abrir un contacto NC., El contacto es normalmente conmutable al accionarlo abre el contacto normalmente cerrado CN, y cierra el contacto normalmente abierto NO, y cuando se deja de accionar vuelve a sus condiciones iniciales. El interruptor también es un accionado eléctrico que su trabajo es permanente, cierra o abre el circuito permanentemente, tienen que volverse accionar para recuperar su posición inicial, su accionamiento tiene enclavamiento. Hay interruptores que se accionan automáticamente para protección del sistema, son interruptores diferenciales usados como protección y realiza la desconexión rápidamente (Ver Figura 4-31).

Figura 4-31: Pulsadores conmutables.



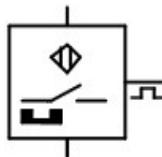
Fuente: Autor

4.4.3 Sensores

Los sensores de proximidad según el principio físico que utiliza, detecta objetos o señales que están a una distancia determinada del sensor para que lo estimule o active, son de

mayor durabilidad que los mecánicos conmutables que por su constante contacto mecánico tienen mayor desgaste y por lo tanto tienen menos durabilidad. Los sensores pueden ser mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos que detectan un elemento en movimiento, son interruptores de posición, detectores capacitivos, inductivos, ópticos, ultrasonidos, de velocidad, de aceleración, de humedad, de temperatura, de presión, entre otros pueden ser sensores de dos, tres y cuatro hilos (Ver Figura 4-32).

Figura 4-32: Sensores de proximidad magnético de tres hilos



Fuente: Autor

La diferencia fundamental entre los sensores NPN de salida negativa (-) y PNP de salida positiva (+), que son muy utilizados al seleccionar detectores o fotoceldas de tres hilos cuando se diseña o programa esquemas y cableado de circuitos de lógica cableada determinada por la naturaleza del circuito (Ver Figura 4-33).

Figura 4-33: Conexiones de los sensores PNP y NPN.



Fuente: Tecnical.

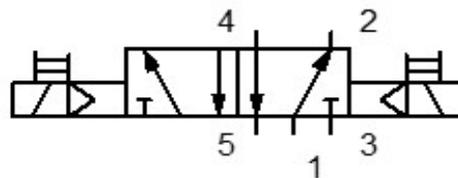
Los finales de carrera son sensores de proximidad magnéticos de tres hilos PNP el color rojo positivo (+), el azul negativo (-) y la marrón señal del sensor cuando es activado.

4.4.4 Electroválvulas de vías, distribuidoras o direccionales

Las electroválvulas o válvulas de accionamiento mediante solenoide 5/2, 3/2 pueden tener una sola bobina serán electroválvulas monoestables, la válvula 3/2 puede ser normalmente abierta o cerrada, si tienen doble bobina serán electroválvulas biestables o de memoria 5/2 o 3/2, si la electroválvula es de 5/3 vías, hay que aclarar cómo es su posición de centro. Su material de fabricación en acero inoxidable, latón o PVC su accionamiento puede ser por acción muscular general, mecánico e indirecto o accionamiento combinado. Pueden usar diferente fluido como gas, aire, gas combustible entre otros.

Electroválvula distribuidora neumática 5/2 de accionamiento eléctrico biestable o de memoria, cantidad una (1), presión de trabajo de (0 a 12) Bar, con conectores rápidos seis (6) mm, de diámetro (Ver Figura 4-34).

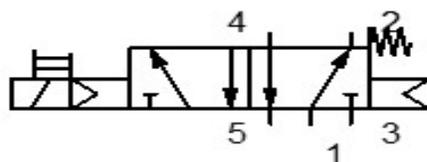
Figura 4-34: Electroválvula distribuidora neumática 5/2 biestable o de memoria.



Fuente: Autor

Electroválvula distribuidora neumática 5/2 de accionamiento eléctrico monoestable cantidad una (1), accionamiento de pulsador de hongo, presión de trabajo de (0 a 12) Bar, con conectores rápidos seis (6) mm, de diámetro (Ver Figura 4-35).

Figura 4-35: Electroválvula distribuidora neumática 5/2 monoestable

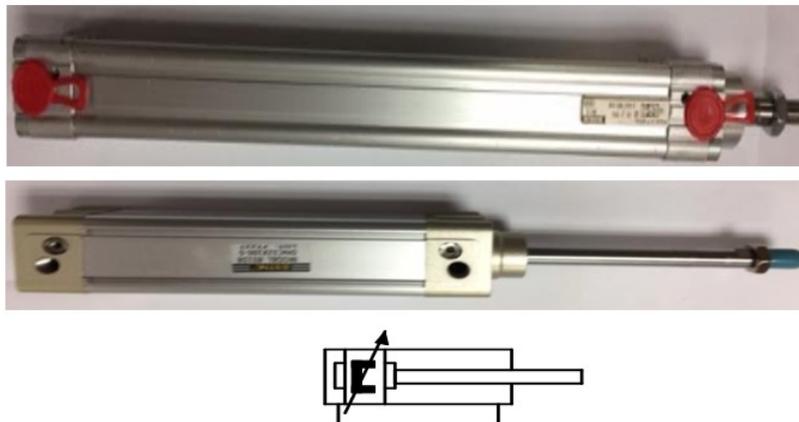


Fuente: Autor

4.4.5 Actuadores

Los Actuadores son de doble efecto, simple efecto, de giro, doble giro, motores constantes o variables, actuadores lineales o magnéticos. Los actuadores usados en el banco de entrenamiento son de doble efecto, con doble amortiguación variable de recorrido 100 mm y 250 mm y diámetro de, presión de trabajo (0 a 12) Bar, con conectores rápidos seis (6) mm, de diámetro (Ver Figura 4-36).

Figura 4-36: Actuadores de doble efecto con doble amortiguación variable, con imán



Fuente: Autor del proyecto

4.4.6 Cables para conexión de los elementos eléctricos y electrónicos

Un cable eléctrico está compuesto por el conductor que es el encargado de transportar la corriente eléctrica, el aislamiento que protege al conductor evitando la salida de la corriente, la capa de relleno que separa al conductor del aislamiento dándole al cable su aspecto redondo y finalmente la cubierta que es la protección respecto al medio ambiente (Ver Figura 4-37).

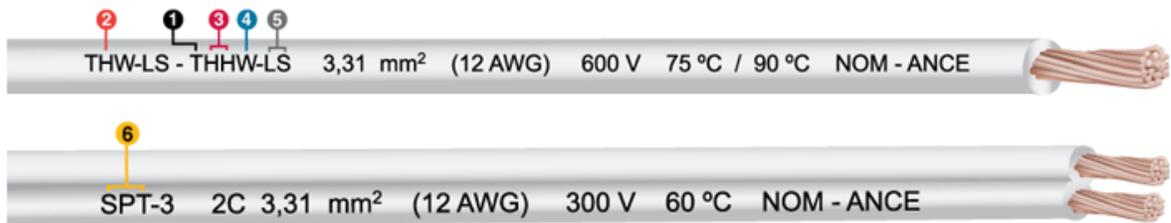
Figura 4-37: Cable eléctrico



Fuente: Autor

- Especificaciones de un cable eléctrico según el voltaje.

Figura 4-38: Especificaciones de un cable eléctrico



Fuente: Masvoltaje, 2016.

Hay que tener especial cuidado con el conexionado de los componentes eléctricos y electrónicos del banco de entrenamiento (Ver Figura 4-38), cada tramo debe tener la longitud adecuada ni demasiado larga ni corta con sus terminales adecuados por lo general son de presión, debidamente etiquetados y de diferente color (Tabla 4-5 y Figura 4-39).

- Especificaciones técnicas del sistema de cableado del banco de entrenamiento.

Tabla 4-5: Especificaciones técnicas del cable según su voltaje al que son sometidos

Tipo	Característica
1 - T Thermoplastic	Aislamiento termoplástico
2 - H Heat resistant	Resistente al calor hasta 75° C, (167° F).
3 - HH Heat resistant	Resistente al calor hasta 90° C, (194° F)
4 - W Water resistant	Resistente al agua y a la humedad
5 - LS Low smoke	Cable de baja emisión de humos y gases contaminantes.
6 - SPT Service paralell thermoplastic	Cordón dúplex- flexible y paralelo

Fuente: Mas-voltaje, 2016.

Figura 4-39: Especificaciones de los cables eléctricos según la corriente

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A	18 AWG	10 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A	16 AWG	13 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A	14 AWG	18 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A	12 AWG	25 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A		
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A		
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A		
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Fuente: Mas-voltaje, 2016.

4.5 Terminales para conexión de los elementos eléctricos

Los conectores eléctricos nos permiten la unión entre cables o con un componente eléctrico o electrónico, formando una trayectoria continua permitiendo el paso de la corriente, teniendo un cableado seguro plenamente identificado, facilitando el desmontaje de los diferentes componentes, los terminales los hay de diferentes formas y tamaños (Ver Figura 4-40).

Figura 4-40: Tipos de terminales para cables eléctricos.



Fuente: Masvoltaje, 2016.

4.5.1 Conectores rápidos para la conexión de la tubería plástica

Manguera tubular poliuretano dura, presión de 20 bar, diámetro de 6 mm, espesor 0,025 mm y temperatura 24°C (Ver Figura 4-41).

Figura 4-41: Cables de seguridad para conexiones eléctricas



Fuente: Autor

Los cables eléctricos de seguridad de conexión múltiple categoría CAT II tensión 1000 voltios.

4.5.2 Integración de los componentes electroneumáticos y PLC en el módulo del banco

Los componentes seleccionados para el módulo de electro neumática dispuestos sobre el tablero están dos (2) actuadores de doble efecto con doble amortiguación variable, una (1) electroválvula de vías 5/2 biestable o de memoria, una (1) electroválvula de vías 5/2 monoestable, válvulas de regulación unidireccional variable al escape, unidad de mantenimiento, seis (6) relés con cuatro (4) contactos auxiliares conmutables por relé, una fuente de 110 V AC a 24 V DC, todos los componentes tienen sus correspondientes racores y conectores rápidos, escapes con silenciador y con regulación, debidamente anclados al módulo de neumática.

Todos los componentes son de uso industrial, en las diferentes empresas los procesos de automatización de su manufactura, para ser competitivos en la globalización de los mercados internacionales (Ver Figura 4-42).

Figura 4-42: Módulo de distribución de los componentes eléctricos

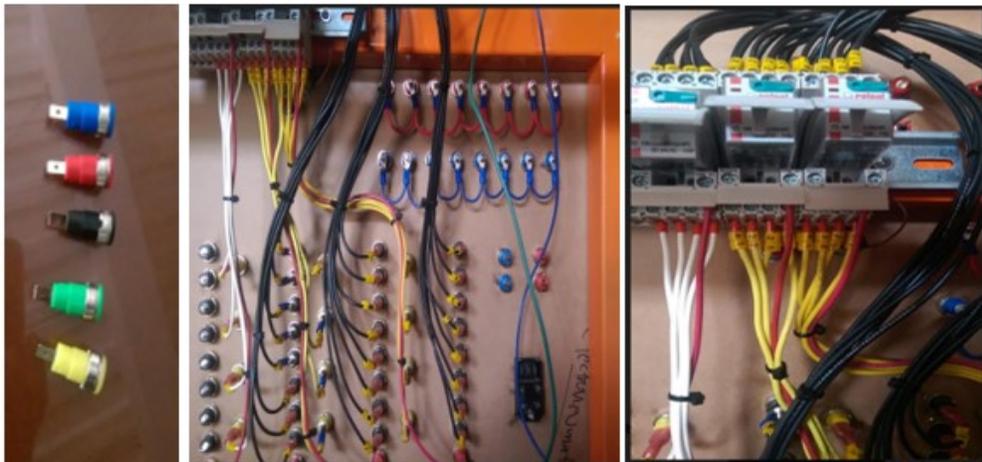


Fuente: Autor

4.5.3 Fijación de los elementos neumáticos seleccionados al módulo

En el tablero van ubicados los componentes eléctricos como: fuente, relés, pulsadores, temporizador, conectores de fase y de neutro, elementos como lo son las válvulas, electroválvulas, actuadores, finales de carrera, Control Lógico programable, la unidad de mantenimiento entre otros. Con el posicionamiento de las piezas y las válvulas se busca tener la mayor cantidad de componentes necesarios para las prácticas, evitando la necesidad de remover elementos (Ver Figura 4-43).

Figura 4-43: Fijación de los elementos eléctricos y su cableado en el tablero



Fuente: Autor del proyecto

Tendrán la siguiente distribución sobre el módulo, actuadores en la parte superior con sus finales de carrera y los manómetros en la parte intermedia las válvulas de regulación unidireccional y selectoras de circuito, a continuación, las electroválvulas de vías 5/2 y la unidad de mantenimiento con la llave de paso, estarán anclados sobre el tablero (Ver Figura 4-44).

Figura 4-44: Adjudicación de los elementos eléctricos en el tablero



Fuente: Autor

Cada componente eléctrico tiene sus respectivos conectores hembras de color rojo la fase positiva 24 VAC y la fase negativa 0V los relés, las electroválvulas, los pulsadores, los puntos de fase y neutro, los sensores su salida de activación es de color negro.

4.6 Análisis de prueba de cada uno de los componentes del módulo electro neumático

Se verifico el funcionamiento de cada uno de los componentes del módulo sus módulos neumáticos, sus componentes eléctricos verificando su continuidad o no, las electroválvulas, control lógico programable, los sensores, los pulsadores energizándolos y verificando su continuidad eléctrica y su funcionamiento como también los conectores neumáticos.

4.7 Montajes de circuitos electro neumáticos

4.7.1 Automatizar mediante electro neumática un proceso

El trabajo del módulo electro neumático tiene como requisito haber realizado la parte fundamental de la neumática, diferentes montajes sus procedimientos, con actuadores, válvulas de regulación, válvulas lógicas, válvulas de mando, unidad de mantenimiento y compresor.

Para el desarrollo de cualquier circuito electro neumático, se tiene en cuenta el proceso (ordenado, secuencial y lógico) de su ejecución, para determinar el conexionado eléctrico de los elementos que requiere el montaje.

En el proceso de manufactura, debemos representar los ejecutores de las acciones realizada por los actuadores de doble y simple efecto, actuadores de giro, motores representados por las primeras letras del alfabeto en mayúscula, cuando el vástago realiza su avance representado por un signo más (+), A+; B+, C+; D+; y en su retorno se representa con un signo menos (-), A-; B-; C-; D-; ... en su desplazamiento activan y desactivan los finales de carrera de rodillo conmutable o sensores.

4.7.2 Casos de estudio para la solución de circuitos electro neumáticos

En una empresa que punzona platinas para la construcción automatiza su proceso, para poder cumplir con los pedidos, el primer paso es el avance de las platinas mediante el actuador A, luego prensa con el actuador P y el punzonado con el actuador C según diseño, al realizar el proceso de manufactura se establece la tabla de movimiento de los actuadores (Ver Figura 4-45).

Figura 4-45: Punzadora neumática.



Fuente: Akhtar, 2020.

4.7.3 Tabla de actuadores

Los actuadores debidamente identificados que tienen movimiento según la lógica del proceso dependientes de su movimiento, el número de fases depende de la secuencia de movimientos de los actuadores según el proceso determinado por la ecuación de movimiento A+ P+ T+ T- P- A- según (Tabla 4-6).

Tabla 4-6: Movimiento de los actuadores A+ P+ T+ T- P- A-.

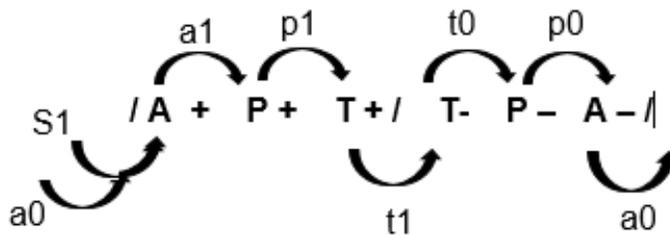
Actuadores	Alimentador (A)	Prensado (P)	Punzadora (T)
Fases			
1	Avanza	-----	-----
2	-----	avanza	-----
3	-----	-----	avanza
4	-----	-----	retorna
5	-----	retorna	-----
6	Retorna	-----	-----

Fuente: Autor

4.7.4 Ecuación de movimiento

Definido el orden, la secuencial y la lógica del proceso permite definir la ecuación del proceso, cuando se presenta el complemento de un actuador se determinan los grupos, las letras mayúsculas son los actuadores y las letras minúsculas son los finales de carrera. Ecuación de movimiento: A = alimentador, P = prensado y T = punzadora (Ver Figura 4-46).

Figura 4-46: Ecuación de movimiento de la punzadora.

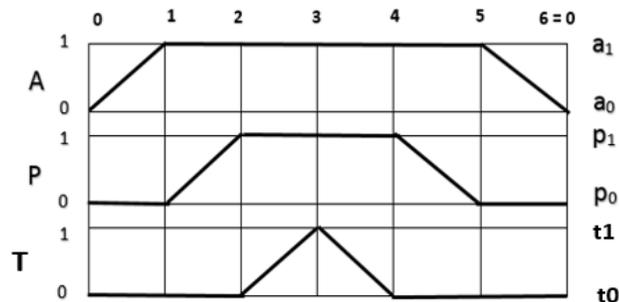


Fuente: Autor

4.7.5 Diagrama de fases

Grafica el desplazamiento de los actuadores indicando en cada fase quienes se mueven, líneas inclinadas, las líneas horizontales indican que los actuadores no se mueven (Ver Figura 4-47).

Figura 4-47: Diagrama de fases de la punzadora.

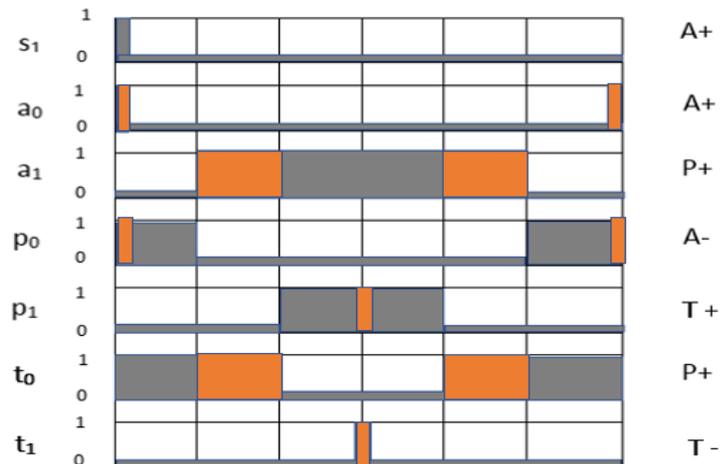


Fuente: Autor

4.7.6 Diagrama de mandos

En el diagrama de mandos se grafica la presencia o no de los finales de carrera, quienes activan las válvulas de vías que accionan el movimiento de los actuadores según la ecuación de movimiento (Ver Figura 4-48).

Figura 4-48: Presencia (1) o no presencia (0) de las señales de los finales de carrera.



Fuente: Autor

En el diagrama de mandos se observa que las órdenes, dadas por cada uno de los sensores a los actuadores correspondientes se superponen, como se observa en el gráfico anterior de color naranja, dando como resultado un bloqueo en la salida y retorno de cada uno de los vástagos de los actuadores A, P y T.

4.7.7 Métodos para solucionar el bloqueo de los actuadores

- Neumáticamente mediante finales de carrera de rodillo abatible, articulado y escamoteable.
- Metodología de paso a paso o cascada.
- Lógica cableada.
- Control lógico programable.

En el presente proyecto se presenta las soluciones con lógica cableada y control lógico programable.

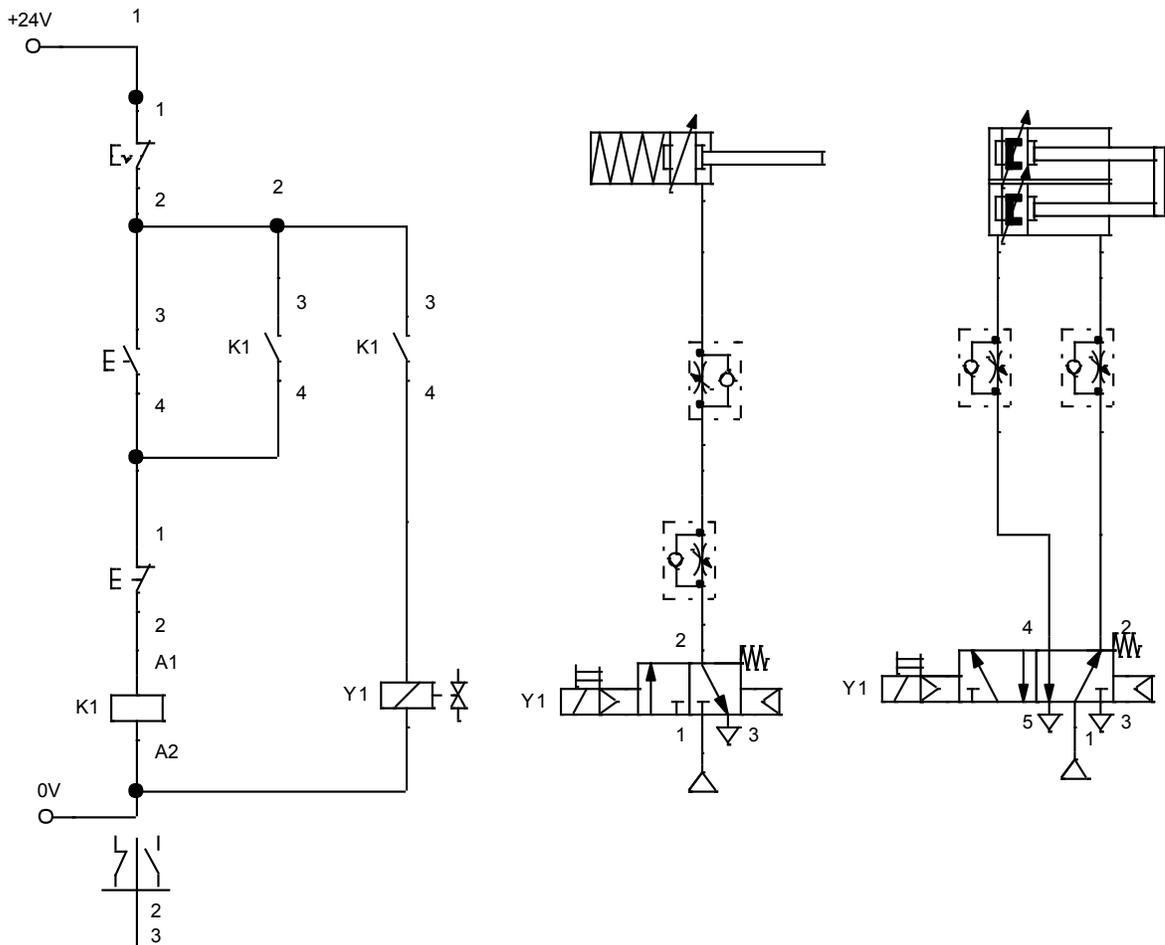
4.7.8 Lógica cableada

La solución mediante la lógica cableada se requiere del conocimiento de los componentes eléctricos y electrónicos.

4.7.9 Ejercicios propuestos de electro neumática

En la solución de un proceso, cuya ejecución la realiza un solo actuador de simple o doble efecto mando manual con pulsador de marcha y de paro, la ecuación sería $A+ / A- /$

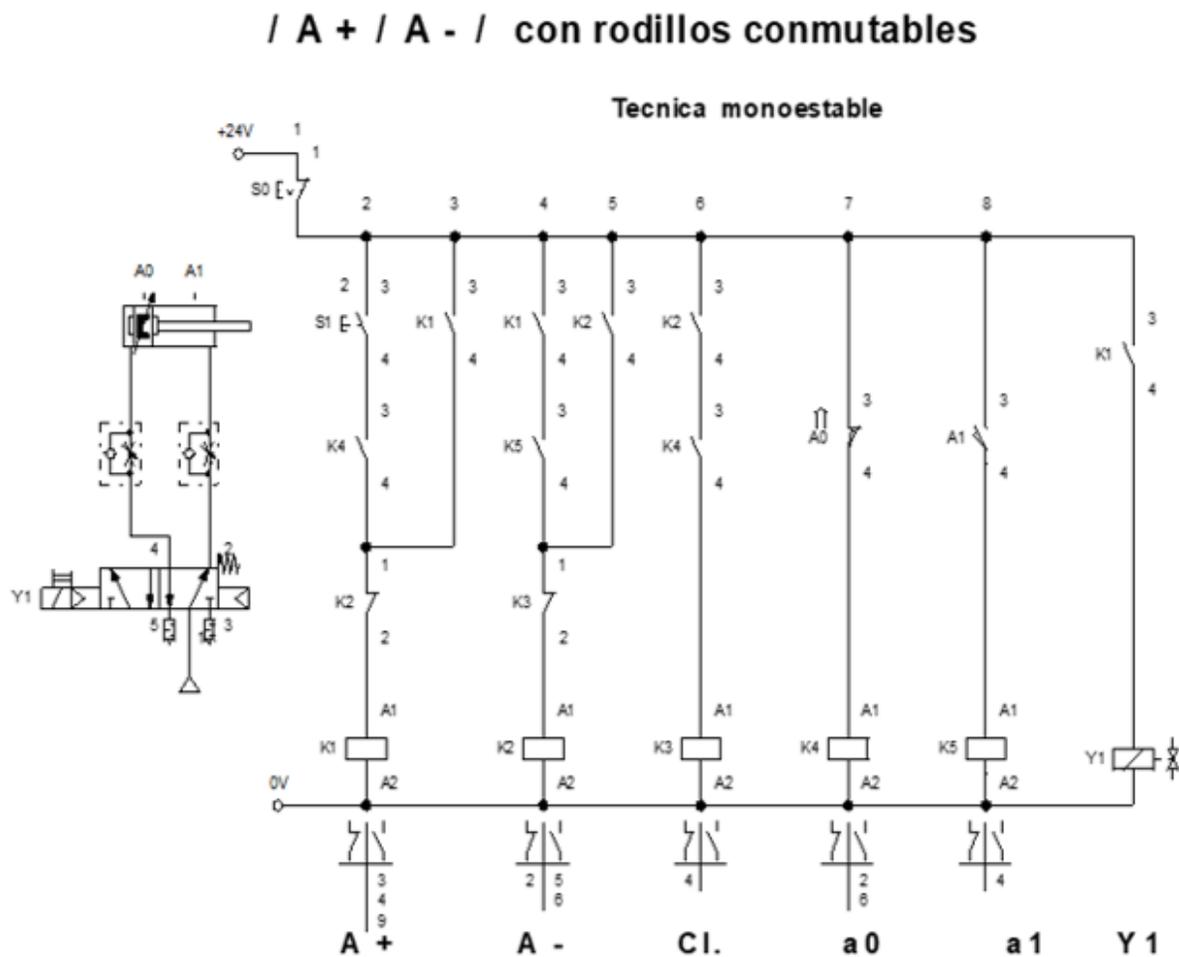
Figura 4-49: Ejercicio No 1: Circuito electro neumático, mando manual de un actuador/ $A+ / A- /$. FluidSIM. -P de FESTO.



Fuente: Autor

El montaje de la Figura 4-49, es de ejecución manual pulsador de marcha NO., y pulsador para paro NC., identificar cada uno de sus componentes según norma ISO DIN 1219, calibrar la presión del sistema a 6 bar y controlar los valores de las válvulas reguladoras unidireccionales, observando su comportamiento, técnica monoestable.

Figura 4-50: Ejercicio No 2: Circuito electroneumático, mando manual de un actuador/ A+ / A- /.

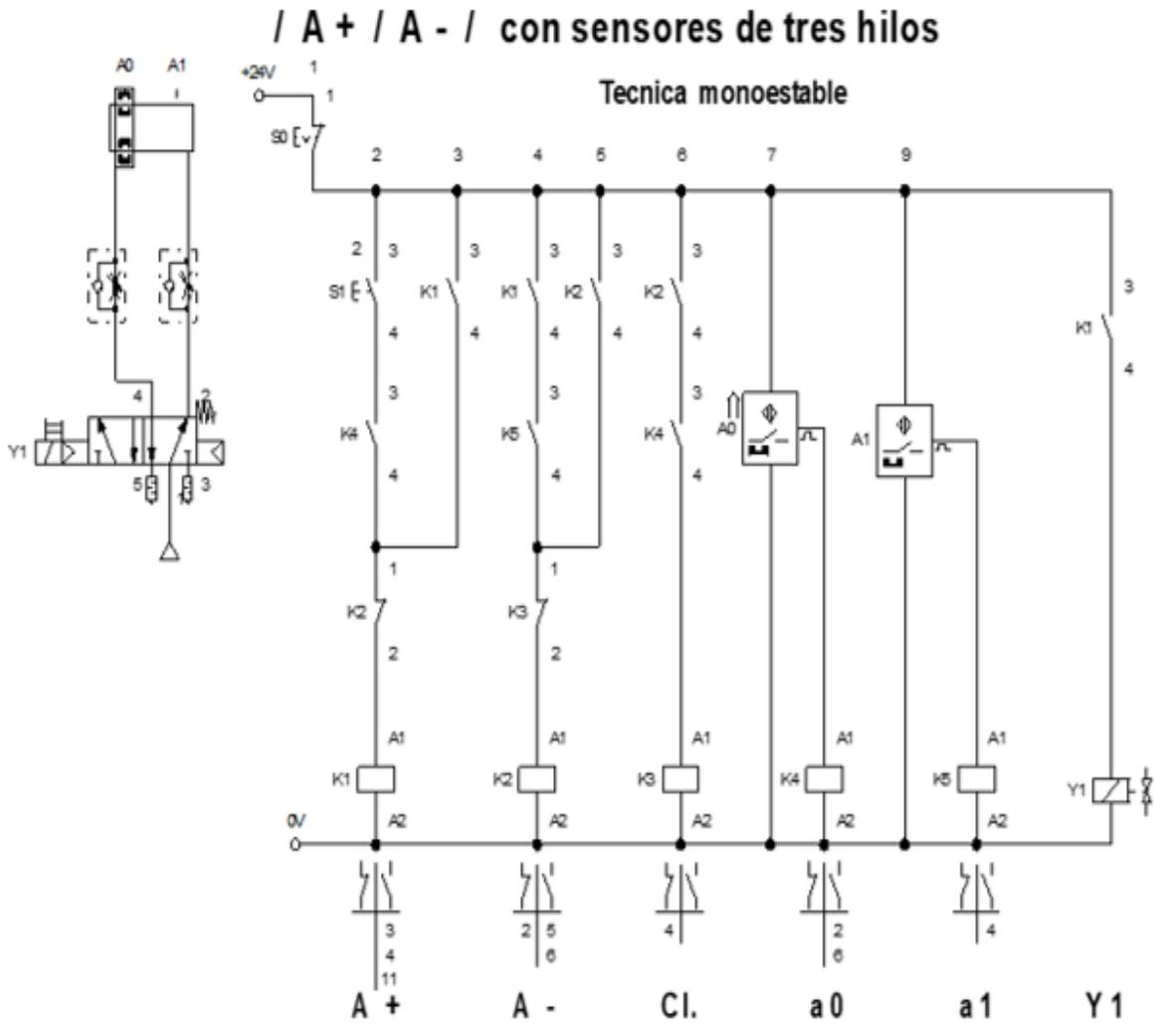


Fuente: Autor

El montaje de la Figura 4-50, es de ejecución manual para la marcha con su pulsador y el final de carrera a0 sensor magnético, y su retorno con el final de carrera sensor magnético a1, identificar cada uno de sus componentes según norma ISO DIN 1219, calibrar la

presión del sistema a 6 bar y controlar los valores de las válvulas reguladoras unidireccionales, observando su comportamiento, técnica monoestable.

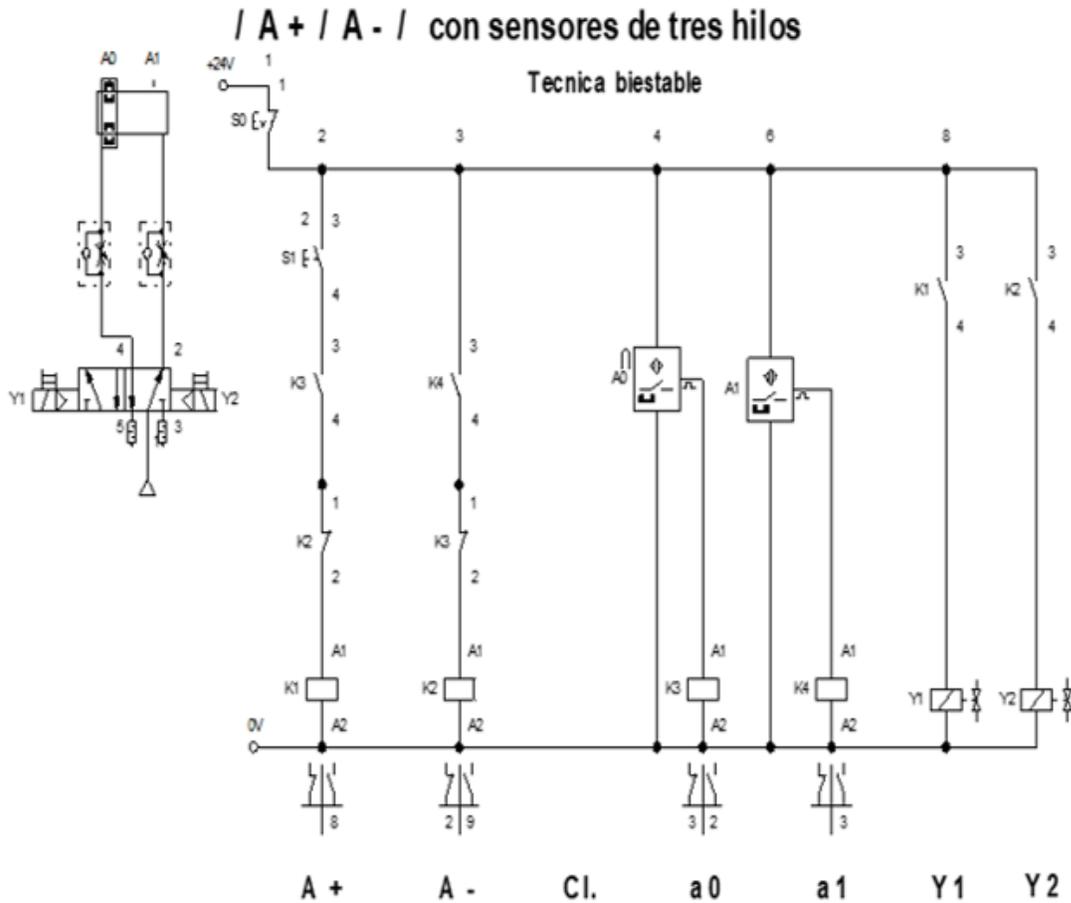
Figura 4-51: Ejercicio No 3: Circuito electro neumático, /A+ / A- / con sensores.



Fuente: Autor

El montaje de la Figura 4-51, es de ejecución manual para la marcha con su pulsador y el final de carrera a0 sensor magnético, y su retorno con el final de carrera sensor magnético a1, identificar cada uno de sus componentes según norma ISO DIN 1219, calibrar la presión del sistema a 6 bar y controlar los valores de las válvulas reguladoras unidireccionales, observando su comportamiento.

Figura 4-52: **Ejercicio No 4: Circuito electro neumático, /A+ / A- / válvulas biestables o de memoria.**



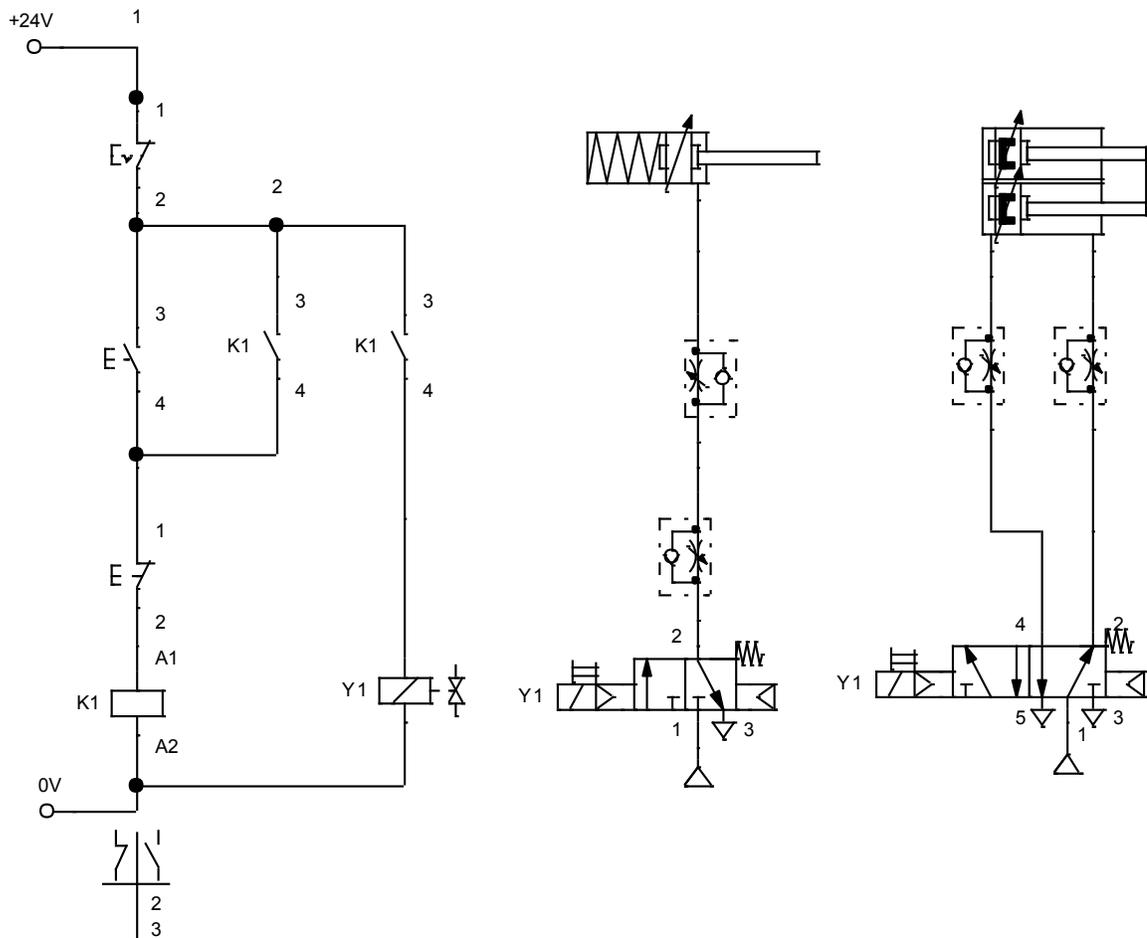
Fuente: Autor

4.7.10 Ejercicios prácticos para desarrollar circuitos electroneumáticos en el laboratorio

El diseño de ejercicios prácticos se presenta orientar el proceso de formación y facilidad para identificar los diferentes componentes básicos que intervienen en la automatización, el módulo permite complementar la formación del estudiante integrando diferentes conocimientos adquiridos durante su proceso de formación. En el Anexo 1, se adjunta el vídeo que contiene la evidencia de la aplicabilidad y puesta en marcha del banco de entrenamiento.

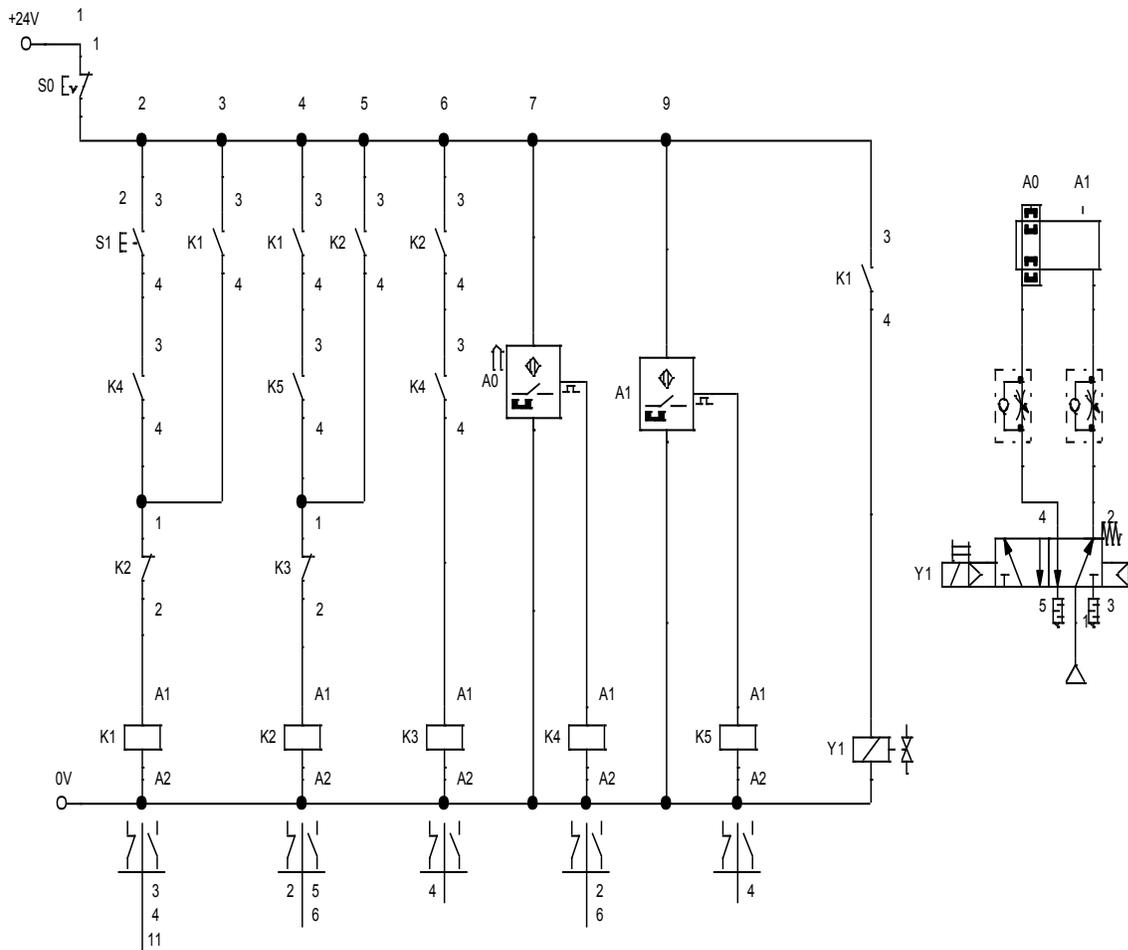
En la ejecución de los circuitos electro neumáticos se sugiere el siguiente procedimiento definir la ecuación de movimiento, con sus grupos, los cambios de grupo y sus cambios internos de grupo correspondientes, según la ley de OHM definimos la línea positiva (+) horizontal de fase con un pulsador normalmente cerrado, paralela a ella la línea negativa (-) obteniendo la diferencia de tensión, se procede a la elaboración de cada circuito identificándolos numéricamente en orden ascendente cumpliendo con el orden, la secuencia y la lógica de la ecuación así: condiciones de la ecuación, memoria eléctrica, preparamos el siguiente circuito con las siguientes condiciones y se elimina el complemento cuando sea el caso.

Figura 4-53: Ejercicio 1. Circuito electro neumático actuador de simple y doble efecto.



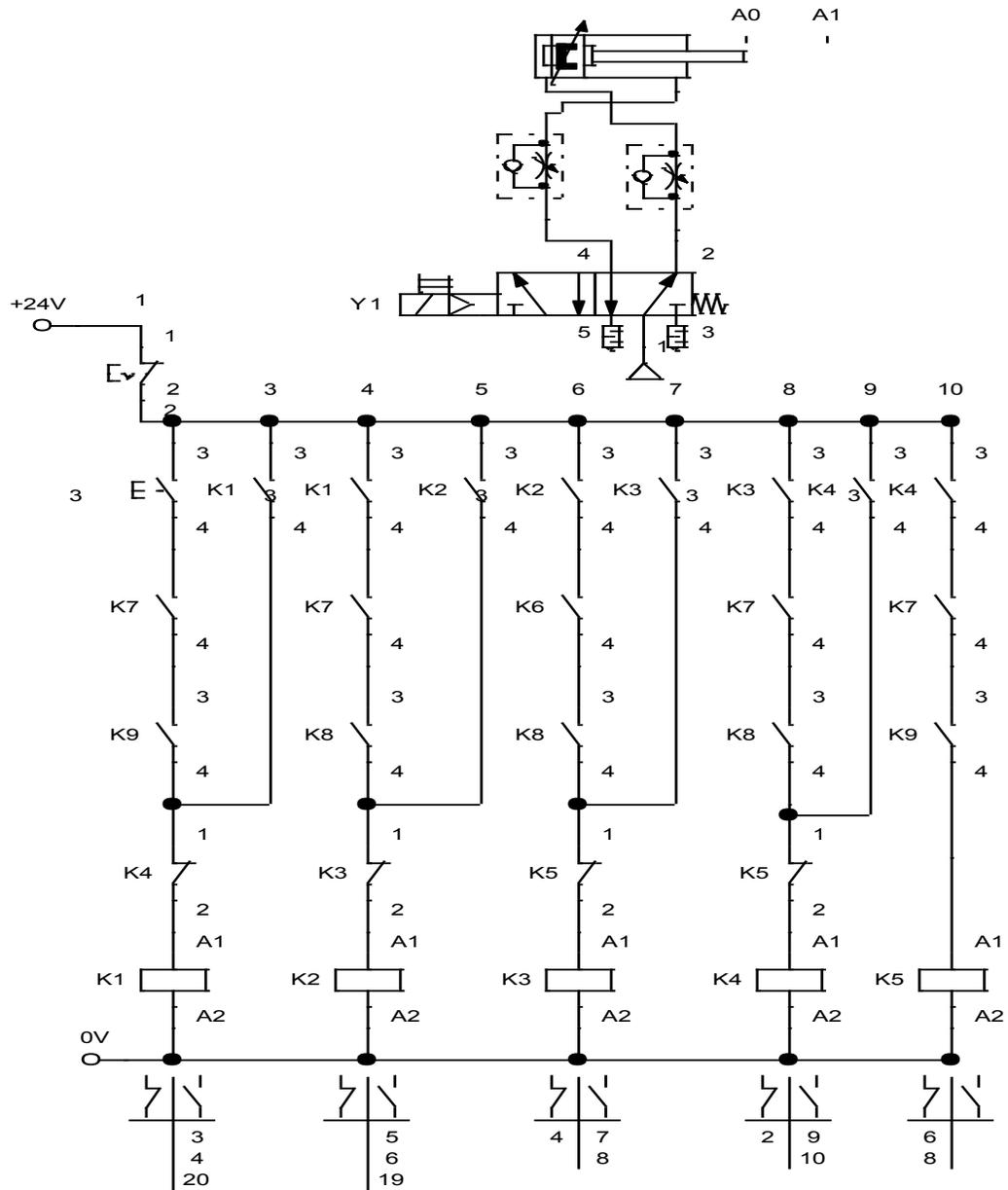
Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

Figura 4-54: Ejercicio 2. Circuito electro neumático.



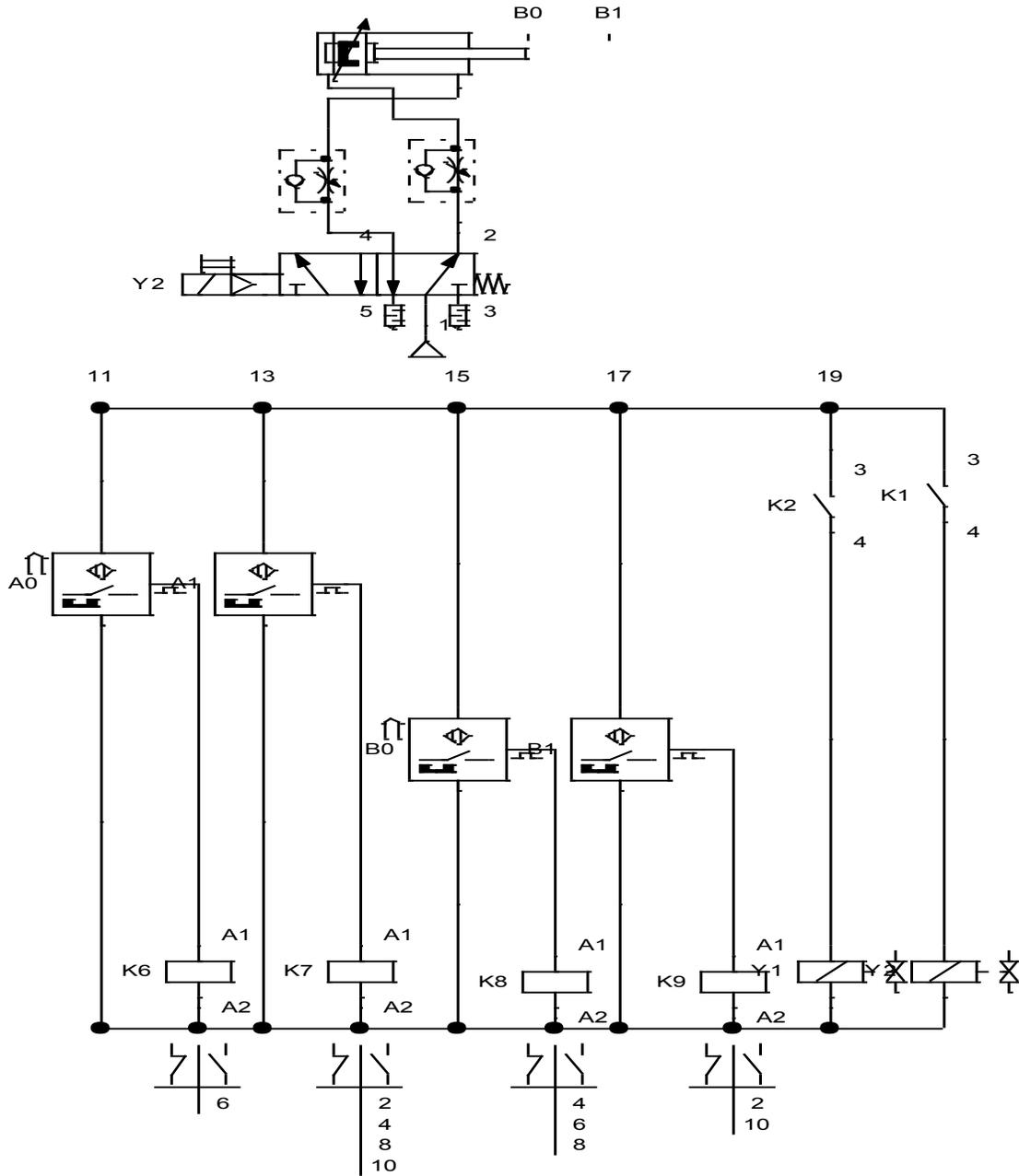
Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO)

Figura 4-55: Ejercicio 3. Circuito electro neumático. Ecuación de movimiento / B - A+ / A - B + /



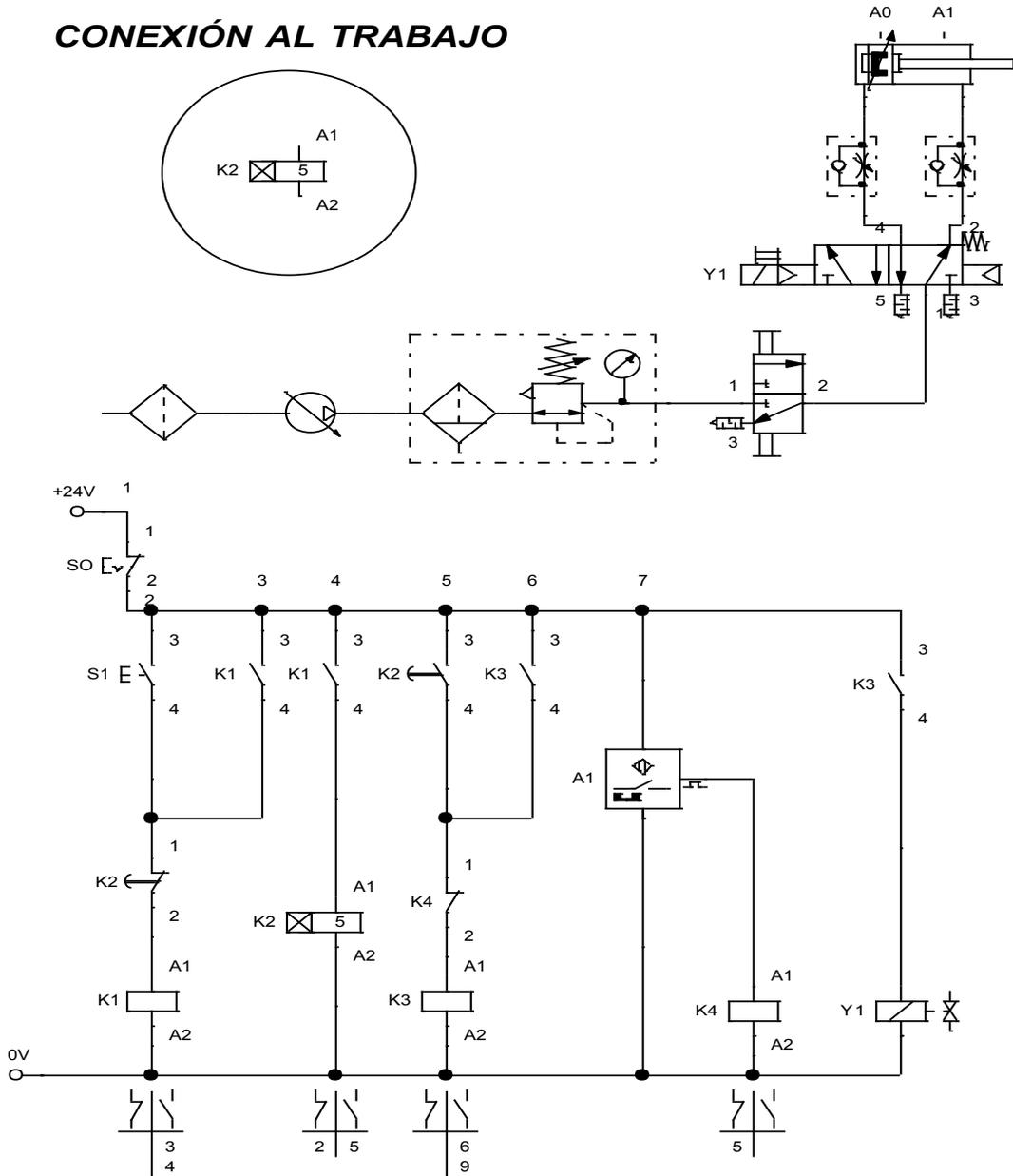
Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO)

Figura 4-56: Ejercicio 3. Continuación del ejercicio, circuito electro neumático. Ecuación de movimiento / B - A+ / A - B + /



Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

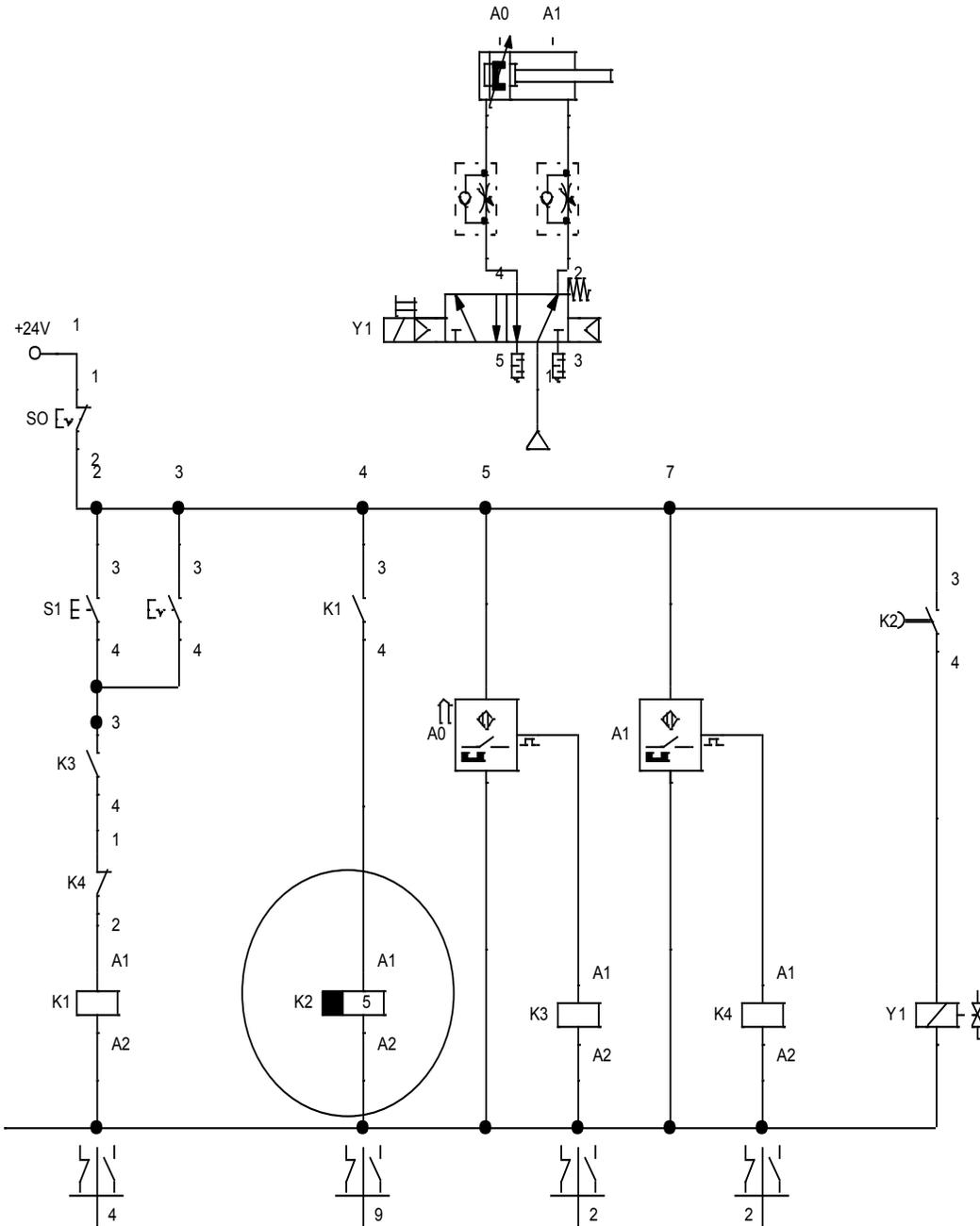
Figura 4-57: Ejercicio 4. Temporizado a la conexión o al trabajo.



Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

Figura 4-58: Ejercicio 5. Temporizado a la desconexión o al no trabajo.

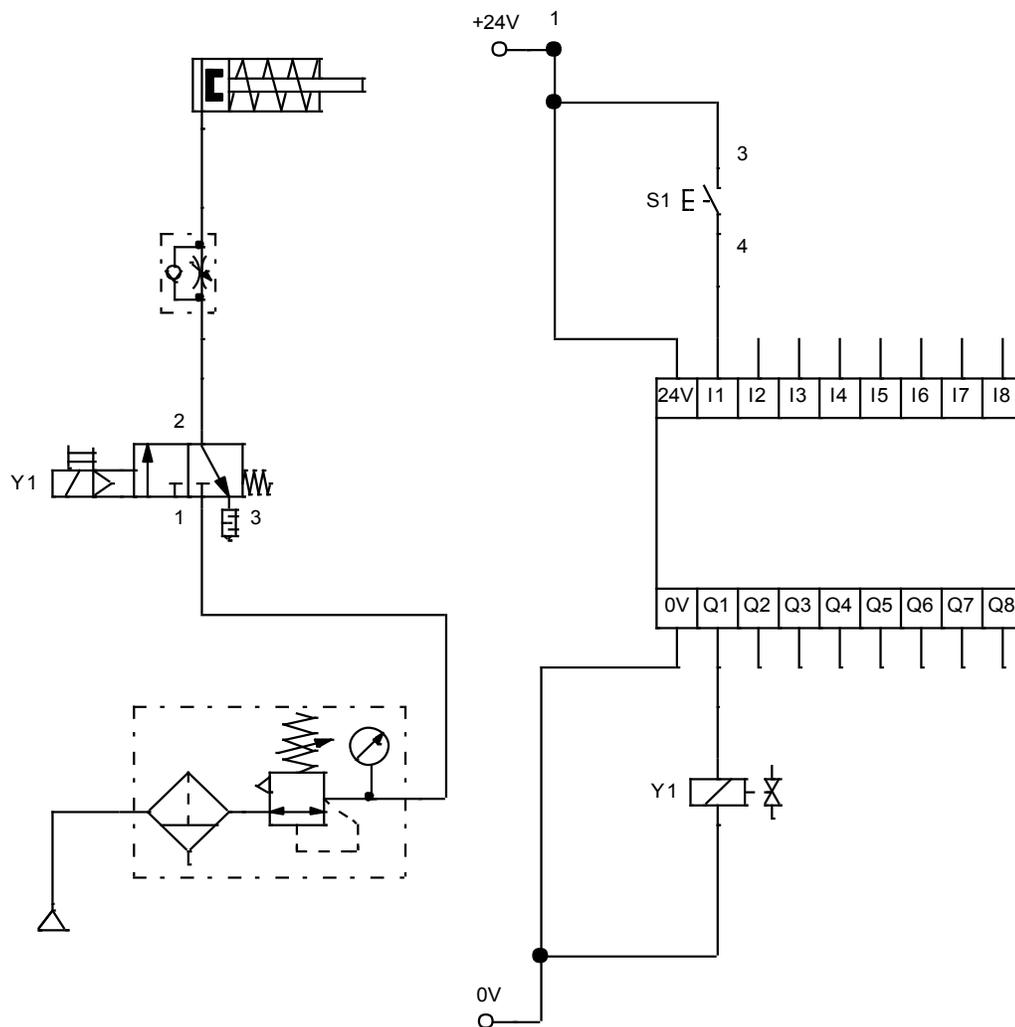
CONEXIÓN AL NO TRABAJO O A LA DESCONEXIÓN



Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

4.7.11 Ejercicios propuestos control lógico programable

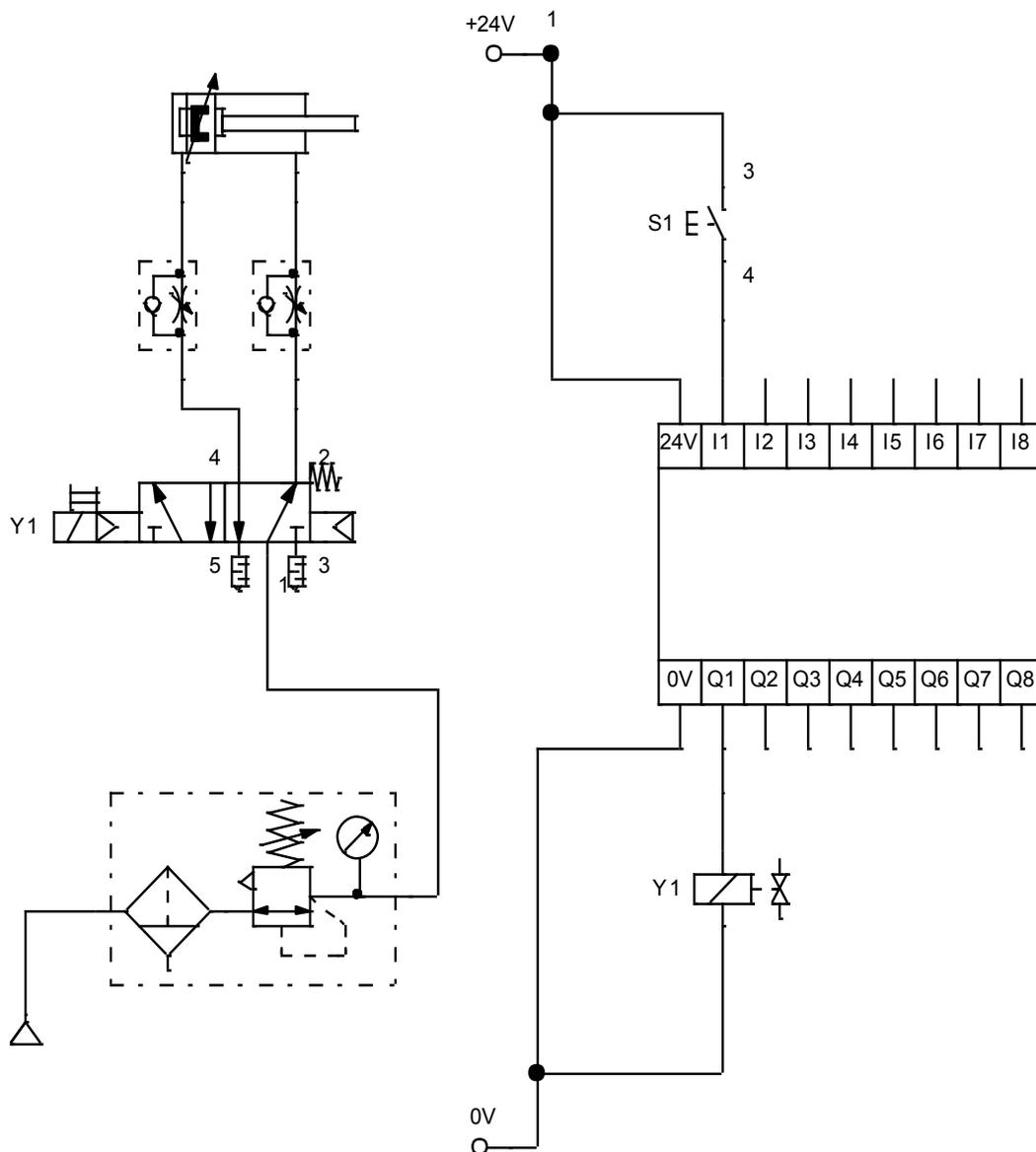
Figura 4-59: Ejercicio 6. Actuador de simple efecto electroválvula de vías 3/2 mono estable N.C.



1. Circuito electro neumático actuador de simple efecto.
2. Conexión al control lógico programable.

Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

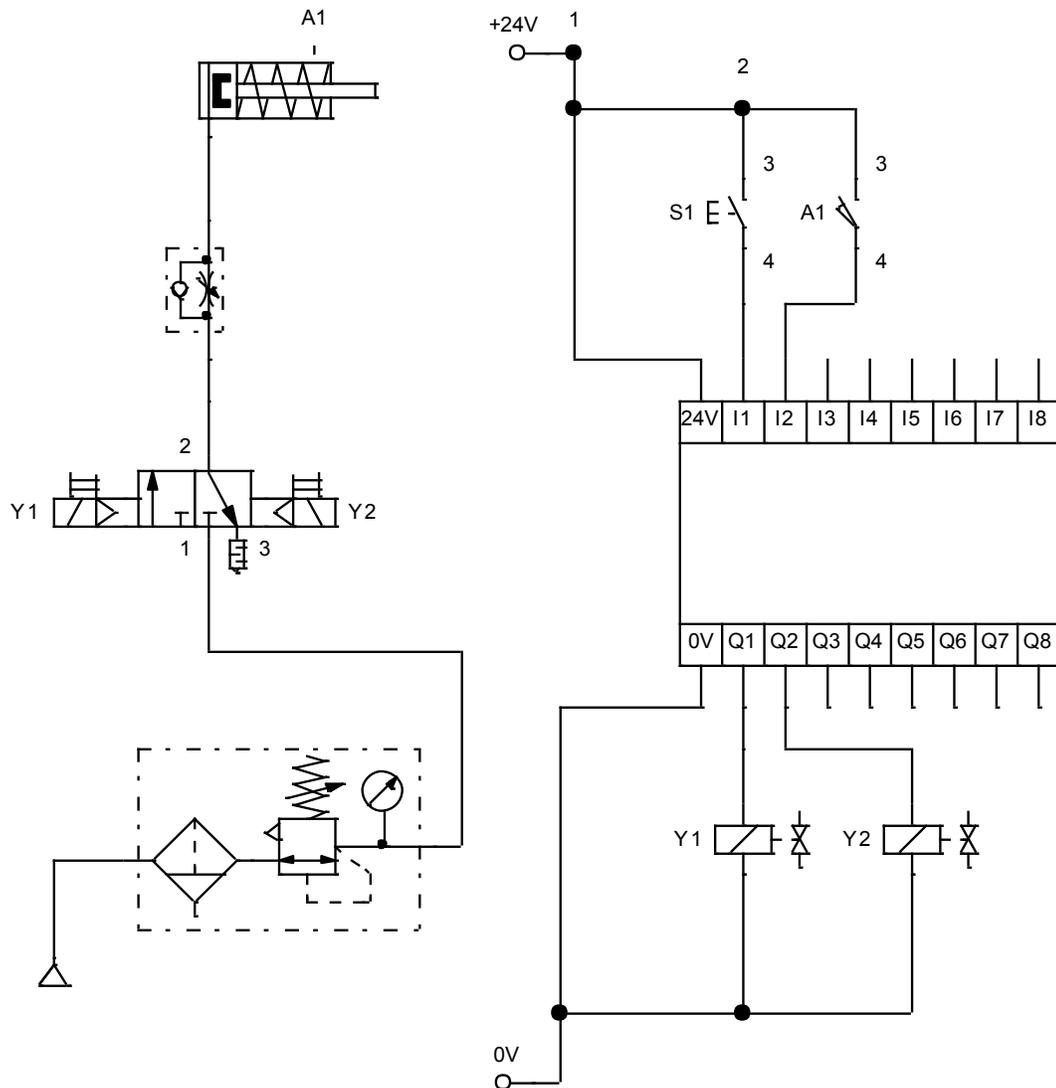
Figura 4-60: Ejercicio 7. Actuador de doble efecto electroválvula de vías 5/2 mono estable.



1. Circuito electro neumático actuador de doble efecto.
2. Conexión al control lógico programable.

Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

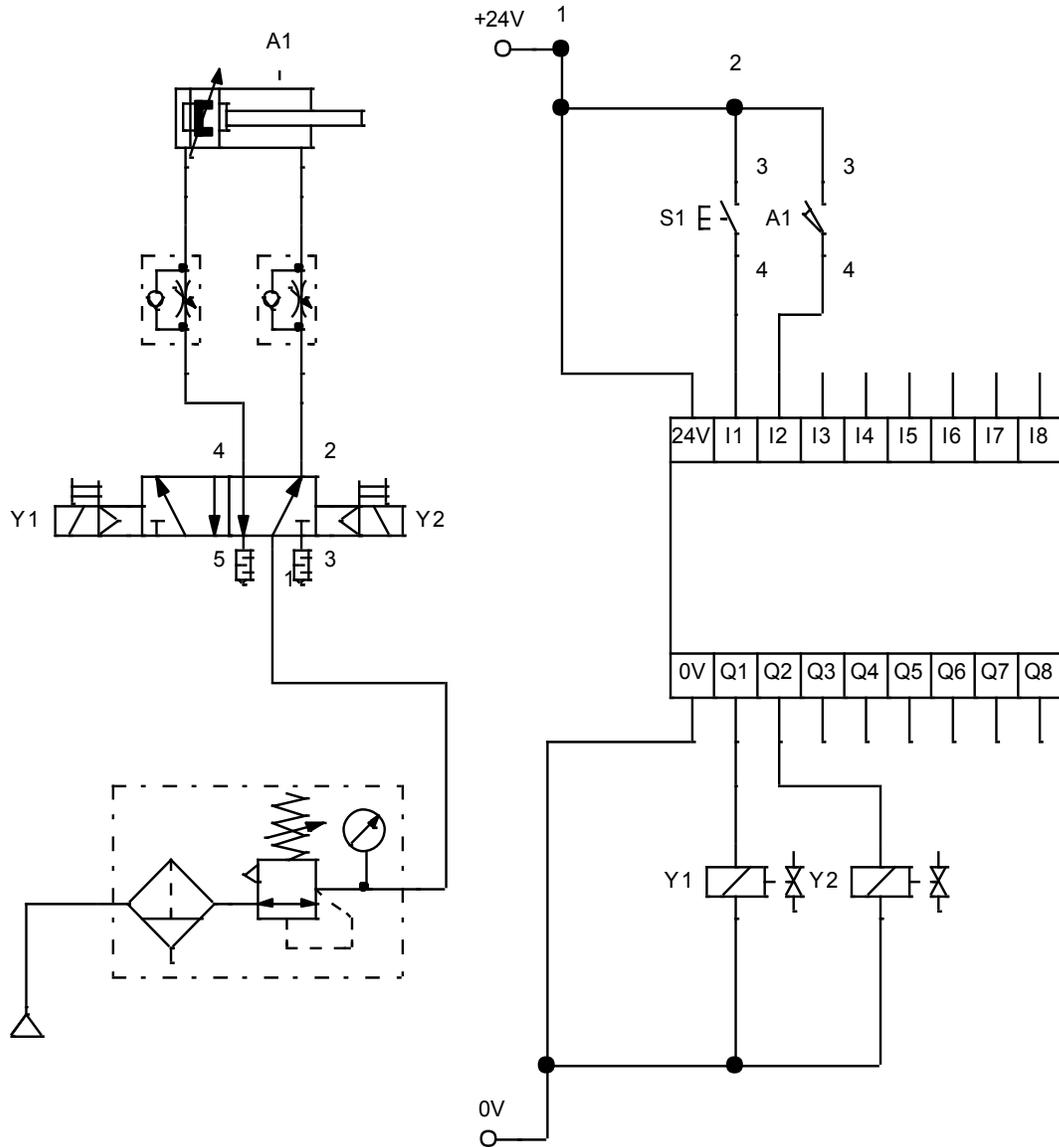
Figura 4-61: Ejercicio 8. Actuador de simple efecto electroválvula de vías 3/2 de memoria.



1. Circuito electro neumático actuador de simple efecto.
2. Conexión al control lógico programable.

Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

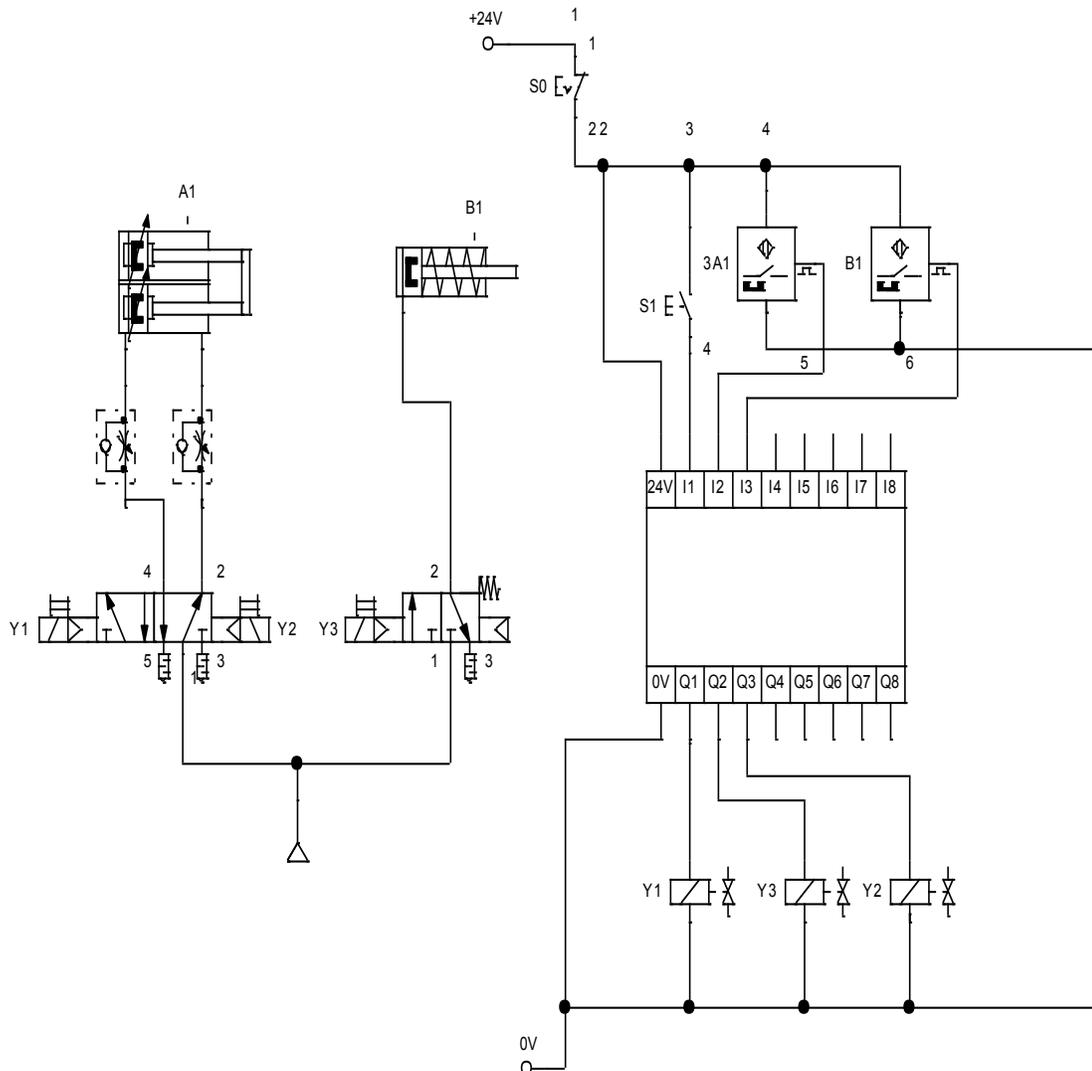
Figura 4-62: Ejercicio 9. Actuador de doble efecto electroválvula de vías 5/2 de memoria.



1. Circuito electro neumático actuador de doble efecto.
2. Conexión al control lógico programable.

Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

Figura 4-63: Ejercicio 10. Actuador de doble y simple efecto, a1 y b1 sensores de tres hilos.



1. Circuito electro neumático actuador de doble efecto.
2. Conexión al control lógico programable.

Fuente: Autor (FluidSIM. -P de FESTO).

4.7.12 Prácticas de laboratorio propuestas

Se proponen varios ejercicios mediante el desarrollo de ecuaciones de movimiento, el diagrama de fases, el de mandos identificando la interferencia de señales simultaneas y contrarias para el mismo actuador, su correspondiente control eléctrico, circuito de lógica cableada y del control lógico cableado, para las siguientes ecuaciones:

- $C - C +$ finales de carrera de rodillo.
- $D + D -$ finales de carrera de rodillo $d0$ y sensor de tres hilos para $d1$.
- $E - E +$ finales de carrera de rodillo $e1$ y sensor de tres hilos para $e0$.
- $G + G -$ finales de carrera de $g0$ y $g1$ sensor de tres hilos.
- $B + C + C - B -$ finales de carrera de rodillo.
- $C - B - B + C +$ finales de carrera de rodillo C y sensor de tres hilos para B .
- $E - F + F - E +$ finales de carrera de E y F sensor de tres hilos.
- $A + B - B + A -$ finales de carrera de rodillo $a0$ y $b1$ sensor de tres hilos para $a1$ y $b0$.

5. Seguridad, manual de trabajo y mantenimiento

5.1 Seguridad en la operación del banco

El banco de entrenamiento electro neumáticos y de control lógico cableado debe ser usado para la realización de diferentes ejercicios electro neumáticos y de control lógico cableado, por personas formadas en su operación, con conocimiento de los diferentes componentes neumáticos, electro neumáticos y electrónicos su uso y aplicación, quienes ya tengan formación en la parte de sistemas neumáticos.

Las conexiones de la tubería plástica deben ser estancas sin fugas, la unidad de mantenimiento debe calibrarse máximo a seis (6) Bar o ciento uno con cinco décimas (87) PSI, realizar el montaje según el plano electro neumático corregido correspondiente con el ejercicio a realizar.

La tubería plástica, deben cortarse perpendicularmente a su diámetro y su corte debe ser sin rebabas, un corte limpio, garantizando seguridad y estanqueidad en la conexión. La conexión eléctrica debe realizarse a 110 VAC, si no sabe o desconoce las instalaciones eléctricas debe verificar mediante un multímetro y marcar correctamente el valore de la toma corriente y a que interruptor de la caja de distribución pertenece.

La fuente eléctrica nos da un voltaje de 24VDC, que permite todas las conexiones de la lógica cableada y el del control lógico programable, realizar el montaje según el plano de la lógica cableada propuesto o el programa seleccionado para el control lógico, debidamente corregido.

Al terminar la práctica debe cerrarse la llave que presuriza el sistema verificar que el sistema esta despresurizado en la lectura del manómetro, desconectar toda la tubería

plástica, así mismo con el conexionado eléctrico, los elementos usados deben ordenarse, limpiar el sitio de trabajo nunca con la presión del compresor, por ningún motivo o circunstancia ponerlo para limpiarnos o refrescarnos nos puede dañar, ocasionando lesiones graves.

Siempre tener en cuenta cuando se presurice el módulo neumático no se debe conectar o desconectar la tubería plástica, al soltarse golpea fuertemente y puede causar daños irreparables en la visión.

5.2 Seguridad usuario-banco

Interacción usuario-Banco de entrenamiento. En cuanto a la seguridad del banco didáctico frente a un usuario el banco cuenta con un acabado superficial pulido evitando puntas peligrosas que puedan afectar al usuario (Estudiante), la colocación de las diferentes válvulas y dispositivos que van dentro de los perfiles es sencilla y no cuenta con esquinas peligrosas, además la unidad compresora está ubicada de manera que no se presenten accidentes al momento de ser manipulado, en cuanto a los diferentes relés y demás elementos se cuenta con sistemas de botones los cuales hacen más fácil el proceso y no son riesgosos para el usuario.

5.3 Funcionamiento adecuado del entrenador y prácticas seguras

En la Tabla 5-7 se puede apreciar el funcionamiento adecuado del entrenador y prácticas seguras.

Tabla 5-7: Funcionamiento adecuado del entrenador y prácticas seguras

Prácticas Seguras en el Laboratorio
1. EPP, adecuados para la manipulación del banco de entrenamiento
2. Seleccione los elementos que se requieren
3. Realice las conexiones automáticas (sin presurizar el sistema) y las conexiones eléctricas y electrónicas (sin energizar el sistema)
4. Verifique las conexiones a los respectivos conectores rápidos,
5. Asegúrese que el regulador debe estar por debajo de seis (6) Bar y la fuente 24VDC.
6. Abra la llave de paso para presurizar el sistema, si hay un sonido de aire escapando hay una conexión indebida verifique las conexiones neumáticas, los escapes se presentan cuando el sistema esté funcionando.
7. Si el equipo empieza a vibrar demasiado apague inmediatamente para determinar la razón.
8. Revisar las conexiones eléctricas realizadas según el plano desarrollado, o mediante un software de simulación, verificar todo el proceso.
9. No operar el Switch ON/OFF con las manos mojadas ya que podría haber una descarga eléctrica.
10. Nunca manipule ninguno de los elementos del panel electroneumático con las manos mojadas o húmedas.

Tabla 5-7: (Continuación)

11. Si uno de los elementos electroneumáticos del panel o tablero emite humo por un corto circuito baje inmediatamente el breaker o desconecte inmediatamente de la toma corriente para evitar descargas eléctricas.
--

Precauciones: Cuando se han realizado las respectivas conexiones y se presuriza el sistema, los vástagos se mueven según condiciones del sistema o la posición de las válvulas de memoria, se presenta algún movimiento en cualquiera de los vástagos de los actuadores a gran velocidad no trate de detenerlo, puede ocasionar golpes o lesiones.
--

6. Cronograma y presupuesto

En la Tabla 4-7 se puede observar la cronología de las actividades para el desarrollo de un entrenador de sistemas electro neumáticos.

7. Presupuesto global

Este proyecto se realizará con recursos propios y todo el diseño y puesta en marcha del banco de entrenamiento materia prima e insumos necesarios son asumidos por el autor del proyecto (Tabla 7-9)

Tabla 7-9: Presupuesto para elaboración del entrenador en sistemas electroneumáticos.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Total + IVA
01	Actuador D/E	Und.	2	150.000,00	300.000,00
02	Silenciador macho 1/8". Control de flujo		4	4.000	16.000
03	Silenciador macho 1/8". Bronce		10	2.500	25.000
04	Racor recto rosca 1/8", 6mm.		30	1.500	45.000
05	Unidad de Mantenimiento neumática FRL		1	89.000	89.000
06	Tapón P / Racor 6mm EBC		5	500	2.500
07	Sensor inductivo 18mm PNP	Und.	4	47.000	188.000
08	Electro-Válvula neumática 5/2 biestable-bies		1	51.000	51.000
09	Electro-Válvula neumática 5/2 biestable-mo		1	34.000	34.000
10	Racor conector 6mm		2	2.500	5.000
11	Racor unión en T 6mm.		2	1.500	3.000
12	Válvula reguladora unidireccional		2	5.000	10.000
13	Silenciador macho 1/8". Control de flujo		4	4.000	16.000
14	Silenciador macho 1/8". Bronce		10	2.500	25.000
15	Racor recto rosca 1/8", 6mm.		30	1.500	45.000
16	Unidad de Mantenimiento neumática FRL		1	89.000	89.000
17	Racor recto rosca ¼ "MANG - 6mm.		2	1.700	3.400
18	Tapón P / Racor 6mm EBC		5	500	2.500
19	Otros tornillos, arandelas, varios	Und.		45.000	45.000
20	Jack Bananas de seguridad- varios colores		210	2.800	588.000
21	Cables de conexión- varios colores		40	9.500	380.000
20	Estructura del banco	Und.	1	1.000.000	1.000.000

Tabla 7-9: (Continuación)

21	Tablero en acrílico	Und.	1	1.000.000	1.000.000
	Subtotal				2.962.400
22	Impresión de la tesis		3	250.000	750.000
23	Transporte			200.000	200.000
24	Mano de obra		3	300.000	900.000
25	Director de Proyecto		1	1.300.000	1.300.000
26	Asesor Metodológico		1	1.300.000	1.300.000
27	Proyectante			900.000	900.000
					5.350.000
	Total, Proyecto				8.261.400

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

Se construyó un entrenador electro neumático didáctico para fortalecer los procesos de aprendizajes de los estudiantes, implementando herramientas prácticas que permita afianzar conocimientos adquiridos durante el desarrollo de asignaturas como: Neumática, electro neumática, Electrónica Industrial, Circuitos Digitales y Análogos y Automatización industrial con el fin de mejorar el reconocimiento de los elementos que se encuentran en la industria y de esta manera poder tener ventajas en el ámbito laboral y profesional.

Se elaboraron ejercicios prácticos a fin de mejorar el diseño, montaje y ensamble de circuitos electroneumáticos para realizar nuevas prácticas aplicando o planteando nuevos circuitos que mejoren la optimización de los procesos de manufactura en las áreas de automatización, electro neumática y neumática.

El banco construido cumple con los requerimientos de seguridad y ergonomía, además de ampliar el número de participantes por práctica el cual genera flexibilidad al momento de realizar las prácticas.

Todas las normas de seguridad establecidas y la asesoría e instrucción del personal docente idóneo en cada una de las prácticas para la puesta en marcha y el funcionamiento seguro del Entrenador electro neumático, serán el insumo esencial para el exitoso aprovechamiento del banco de entrenamiento.

La puesta punto del banco didáctico comprobó el correcto funcionamiento del sistema y sus elementos realizando las pruebas, corrigiendo cualquier inconveniente generado en ese momento.

Dentro de la Universidad Antonio Nariño la implementación de nuevos proyectos en la construcción de bancos de entrenamiento prácticos que abarquen diferentes áreas como: neumática, electro neumática y otros bancos de procesos industriales que evalúen diferentes variables físicas como temperatura, presión, caudal, fuerzas, vibraciones, y diferentes tipos de PLC, fortalecerá los procesos de aprendizaje en sistemas electroneumáticos y de control que se encuentren en la industria.

El producto final de la investigación es una herramienta tecnológica que mejora la capacidad instalada de los equipos de laboratorio de la Universidad Antonio Nariño para el desarrollo de las diferentes prácticas de los estudiantes en sus diferentes asignaturas y programas académicos.

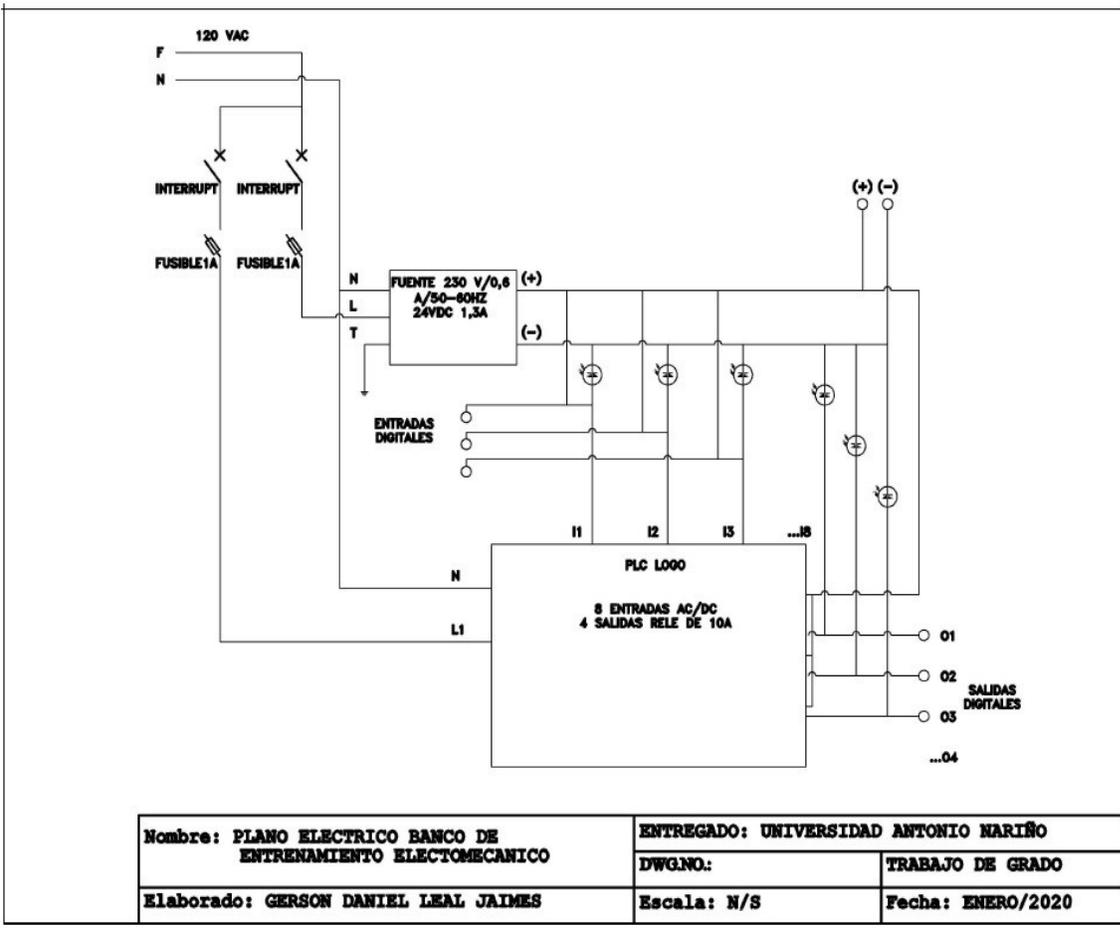
8.2 Recomendaciones

El mantenimiento del banco de entrenamiento para su uso debe estar en un lugar ventilado de buena iluminación si es natural mejor, bien nivelado, con área de seguridad para su trabajo, libre de humedad, temperatura ambiente 17° Celsius. La unidad de mantenimiento debe drenarse y limpiarse las veces que sea necesario, para proteger los elementos neumáticos de la corrosión y de la abrasión, garantizando la vida útil de sus componentes. Los cables eléctricos son de seguridad tienen en sus extremos los conectores de doble uso, así como se conectan deben desconectarse de su base, si halar el cable lo puede romper y perder la continuidad.

A. Anexo: Video evidencia de la aplicabilidad y puesta en marcha del banco de entrenamiento

El contenido del anexo 1 se puede encontrar como archivo adjunto al destinatario, dada la variación de formato en la presentación del mismo.

B. Anexo: Plano eléctrico banco entrenamiento electromecánico



Bibliografía

- Akhtar , H. (2020). *En qué consiste el servicio de punzonado CNC*. Obtenido de Función Industrial: Herramientas, amquinarias, equipos y guías:
<https://funcionindustrial.blogspot.com/2018/08/servicio-de-punzonado-cnc.html>
- Benítez, C., Henriquez, E., & Landaverde, J. (2007). *Proyecto y construcción de dos módulos didácticos para aplicaciones electoneumáticas*. Ciudad Universitaria: Universidad de El Salvador. Obtenido de
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4970/1/Proyecto%20y%20construcci%C3%B3n%20de%20dos%20m%C3%B3dulos%20did%C3%A1cticos%20para%20aplicaciones%20electroneum%C3%A1ticas.pdf>
- Chavarro, C. (2017). *Implementación de bancos de trabajo electroneumático, electricidad industrial, instrumentación y programación en PCL*. Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos. Obtenido de
<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1444/2/Implementaci%C3%B3n%20de%20Bancos%20de%20Trabajo%20Electroneumatico....pdf>
- Creus, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. España: Marcombo.
- Croser, P., Thomson, J., & Ebel, F. (2000). Fundamentos de Electroneumática. Conjunto de transparencias. *Festo Didactic GmbH & Co(095246)*, 1-11. Obtenido de
https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/095246_leseprobe_es.pdf
- Duktilar, M. (12 de enero de 2019). *Electroneumática simbología*. Obtenido de kuzemkinomo: <https://kuzemkinomo.ru/electroneumatica-simbologia-83/>
- Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2009). Fundamentos Neumática Electroneumática. *Festo Didactic GmbH & Co. KG(573031)*, 1-211. Obtenido de
https://www.academia.edu/24220784/Fundamentos_Neumatica_Electroneumatica_FESTO

- Festo. (2020). *Electroválvula biestable de 5/2 vías con LED 539778*. Obtenido de <https://www.festo-didactic.com/es-es/servicio-y-asistencia/printed-media/data-sheets/neumatica/electrovalvula-biestable-de-5-2-vias-con-led-539778.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjMyLjEwODcuNjI0Mg>
- Hydé, J., Regué, J., & Cuspinera, A. (1997). *Control electroneumático y electrónico*. España: Marcombo.
- Lladonosa, V. (1997). *Circuitos Básicos de Electroneumática*. Barcelona: Marcombo.
- Masvoltaje. (27 de abril de 2016). *¿Que tipos de cables eléctricos existen?* Obtenido de Análisis de productos: <https://masvoltaje.com/blog/tipos-de-cables-electricos-que-existen-n12>
- Organización Nacional para la Estandarización (ISO). (1991). *ISO DIN 1219-1-1991. Sistemas y componentes de energía fluida. Símbolos gráficos y diagramas de circuitos. Parte 1: Símbolos gráficos*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/5832.html>
- Tecnical. (s.f.). *Diferencias entre PNP y NPN*. Obtenido de Automatización Industrial: <https://www.technical.cat/apunts-tecnics/cas-diferencias-entre-pnp-y-npn-apuntes-tecnics-technical-manresa-igualada.pdf>
- Tobon, J. (14 de diciembre de 2015). *Neumática, Electroneumática y PLC*. Obtenido de Actuadores Neumáticos: <http://automatizacionindustrialconneumatica.blogspot.com/2015/12/actuadores-neumaticos.html>
- Urrea, G., Niño, J., García, J., Alvarado, J., Barragán, G., & Hazbón, O. (2013). Del aula a la realidad. La importancia de los Laboratorios en la formación del Ingeniero. Caso de estudio: Ingeniería Aeronáutica - Universidad Pontificia Bolivariana. *World Engineering Education Forum* (págs. 1-8). Cartagena: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering. Obtenido de <https://acofipapers.org/index.php/acofipapers/2013/paper/viewFile/502/145>
- Vallejo, E., & Yugcha, C. (2014). *Diseño y construcción de un banco de pruebas de control de electroneumático con HMI SCADA para el laboratorio de Oleoneumática de la carrera de Ingeniería de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2012-2013*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1862/1/T-UTC-1696.pdf>