



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO
EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Julio Eduardo Flores Chinchilla

Asesorado por la Inga. Ingrid Salomé Rodríguez

Guatemala, febrero de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO
EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO EDUARDO FLORES CHINCHILLA
ASESORADO POR LA INGA. INGRID SALOMÉ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera (a.i.)
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Wendy Nora Miranda López
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Ángeles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO
EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 29 de abril 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio Flores', enclosed within a large, loopy oval shape.

Julio Eduardo Flores Chinchilla

Guatemala 16 de marzo 2023

Ingeniero
Julio César Solares Peñate
Coordinador del Área de Electrónica
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Apreciable Ingeniero Solares,

Me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado "**Diseño de un manual para prácticas de sistemas de control neumático en el Laboratorio de Electrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala**", del señor **Julio Eduardo Flores Chinchilla**, por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Por tanto, el autor de este trabajo de graduación y, yo, como su asesora, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de este.

Sin otro particular, me es grato saludarle.

Atentamente,

A handwritten signature in dark ink, reading 'Ingrid Rodríguez de Loukota', with a horizontal line drawn underneath the name.

MSc. Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
Colegiada 5,356
Asesora

Ingrid Rodríguez de Loukota
Ingeniera en Electrónica
colegiado 5356



Guatemala, 28 de marzo de 2023

Señor director
Armando Alonso Rivera Carrillo
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Señor director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante **Julio Eduardo Flores Chinchilla**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador de Electrónica

REF. EIME 47.2023.

El director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del asesor, con el Visto Bueno del coordinador de área, al trabajo de Graduación del estudiante Julio Eduardo Flores Chinchilla: **“DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**, procede a la autorización correspondiente.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

Guatemala, 14 de septiembre de 2023.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102

secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.054.2024

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN MANUAL PARA PRÁCTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL NEUMÁTICO EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Julio Eduardo Flores Chinchilla**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, febrero de 2024

JFGR/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la oportunidad de lograr concluir esta etapa de mi vida, y por las bendiciones derramadas en mi familia.

Mi mamá

Ana Luisa Chinchilla, por todos los años de amor incondicional, por ser el pilar de la persona que soy en este momento y ser mi mayor ejemplo a seguir.

Mi abuelita

Blanca Lidia Santos, por estar y cuidar de mí siempre, por ser el resguardo de la familia, velar por el bienestar de cada uno y forjar en mí, valores indelebles en mi vida. Gracias por ser mi segunda mamá.

Mi hermana

Pamela Flores, por ser más que mi hermana, mi mejor amiga. Por el gran apoyo que siempre has tenido hacia mi persona.

Mis papás

Irvin Flores, Luis Toledo, por el consejo y sabiduría que recibí por parte de ustedes, ya que contribuyeron a que llegara a este nivel académico.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma máter</i> y brindarme la oportunidad de acceder a un mundo de nuevas oportunidades.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi segunda casa por varios años, en los cuales obtuve nuevas experiencias y conocimientos.
Mis amigos de la Facultad	Por acompañarme en tantas vivencias, trabajos y proyectos, los cuales no hubiera sido lo mismo sin cada uno de ellos.
Mis familiares	Por las palabras de aliento que me sirvieron como incentivo para no dejar de persistir hasta terminar mi carrera.
Inga. Ingrid Salome Rodríguez	Por su asesoramiento en este trabajo, dándome su conocimiento y su tiempo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Breve historia de los sistemas de control neumático	1
1.2. Propósito de los sistemas del control neumático	2
1.3. Usos de la neumática en la industria.....	2
1.4. Laboratorio de Neumática en la actualidad	3
2. CONCEPTOS	5
2.1. Neumática	5
2.2. Fluido	5
2.3. Aire	5
2.4. Presión	6
2.4.1. Presión absoluta	6
2.4.2. Presión manométrica.....	7
2.4.3. Presión atmosférica	7
2.5. Caudal.....	7
2.6. Humedad relativa.....	8
2.7. Válvulas.....	9
2.8. Actuadores	9

2.9.	Cilindro neumático	9
2.9.1.	Cilindro de simple efecto	10
2.9.2.	Cilindro de doble efecto	11
2.10.	Mangueras	11
2.11.	Compresor	12
2.11.1.	Compresor de tornillo	12
2.11.2.	Compresor de émbolo	13
2.11.3.	Depósito o tanque del compresor.....	14
2.12.	Accionamiento	15
2.13.	Retornos	15
2.14.	Festo	16
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1.	Condiciones iniciales	17
3.2.	Simbología neumática	18
3.2.1.	Símbolos	18
3.3.	Tipos de accionamiento y retornos.....	21
3.3.1.	Accionamiento manual	22
3.3.2.	Accionamiento mecánico.....	24
3.3.3.	Accionamiento eléctrico.....	24
3.3.4.	Accionamiento neumático	25
3.3.5.	Retorno y actuadores dobles.....	26
3.4.	Forma de leer las válvulas.....	27
3.5.	Esquema de distribución de un sistema neumático	30
3.5.1.	Suplementos de aire	31
3.5.2.	Entrada de señal.....	31
3.5.3.	Procesador de señales	31
3.5.4.	Elementos de maniobra.....	31
3.5.5.	Componentes adicionales	31

3.5.6.	Actuadores.....	32
3.6.	Herramientas.....	33
3.7.	Tipos de válvulas	35
3.7.1.	Válvulas direccionales	35
3.7.2.	Válvulas de bloqueo	35
3.7.3.	Válvulas reguladoras de presión	35
3.7.4.	Válvulas secuenciales	35
3.8.	Datos teóricos	36
3.8.1.	Kit neumático, FESTO didactic.....	36
3.8.2.	Kit electroneumático, FESTO didactic.....	40
3.8.3.	Adhesión entre válvula y tablero	45
3.9.	FluidSIM	47
4.	PRÁCTICAS.....	55
4.1.	Práctica simulada.....	55
4.2.	Práctica 1 - Kit válvulas neumáticas	57
4.3.	Práctica 2	63
4.3.1.	Ejercicio especial práctica 2	69
4.4.	Práctica 3 – Kit electroválvulas.....	71
4.5.	Práctica 4	77
	CONCLUSIONES	81
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Perpendicularidad entre área y velocidad	8
Figura 2.	Cilindro de simple efecto.....	10
Figura 3.	Cilindro de doble efecto	11
Figura 4.	Mecanismo compresor de tornillo.....	13
Figura 5.	Mecanismo compresor de émbolo.....	14
Figura 6.	Compresor	15
Figura 7.	Esquema de distribución de un sistema neumático	33
Figura 8.	Kit neumático	36
Figura 9.	Kit electroneumático	41
Figura 10.	Programa FluidSIM	48
Figura 11.	Ubicación de herramientas	49
Figura 12.	Nuevo proyecto.....	50
Figura 13.	Unión entre equipos.....	51
Figura 14.	Modificación de una válvula.....	52
Figura 15.	Etiqueta para accionamiento mecánico.....	53
Figura 16.	Regla de distancia	54
Figura 17.	Esquemático de práctica simulada	56
Figura 18.	Resultado final práctica simulada	57
Figura 19.	Esquemático práctica 1.....	59
Figura 20.	Unidad de mantenimiento práctica 1	60
Figura 21.	Válvula distribuidora práctica 1.....	61
Figura 22.	Conexiones entre válvulas, primera práctica.....	62
Figura 23.	Resultado final práctica 1	63

Figura 24.	Esquemático práctica 2	65
Figura 25.	Posición de válvulas práctica 2	67
Figura 26.	Conexiones entre válvulas, segunda práctica.....	68
Figura 27.	Resultado final práctica 2	69
Figura 28.	Solución sugerida	70
Figura 29.	Esquemático práctica 3	72
Figura 30.	Posicionamiento de paneles eléctricos	73
Figura 31.	Posicionamiento de los componentes práctica 3	74
Figura 32.	Acercamiento al área de los componentes práctica 3.....	75
Figura 33.	Conexiones entre componentes, tercera práctica.....	76
Figura 34.	Resultado final práctica 3	77
Figura 35.	Esquemático práctica 4	80

TABLAS

Tabla 1.	Parámetros para condiciones iniciales	17
Tabla 2.	Símbolos válvulas direccionales.....	19
Tabla 3.	Símbolos válvulas lógicas.....	20
Tabla 4.	Símbolos actuadores	20
Tabla 5.	Símbolos adicionales	21
Tabla 6.	Ejemplo de accionamiento y retorno	22
Tabla 7.	Accionamiento manual	23
Tabla 8.	Accionamiento mecánico.....	24
Tabla 9.	Accionamiento eléctrico	25
Tabla 10.	Accionamiento neumático.....	26
Tabla 11.	Retorno de muelle y actuadores dobles	27
Tabla 12.	Nombre de las vías	28
Tabla 13.	Posiciones de una válvula	29
Tabla 14.	Ejemplos de nombres de válvulas.....	30

Tabla 15.	Herramientas	34
Tabla 16.	Información de componentes neumáticos.....	37
Tabla 17.	Información de componentes electroneumáticos.....	41
Tabla 18.	Modos de adhesión entre válvula y tablero	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
Q	Caudal
AC	Corriente alterna
DC	Corriente directa
F	Fuerza
m ²	Metro cuadrado, medida de área
N	Newton, medida de fuerza SI
PA	Pascales, medida de presión
P	Presión
ATM	Presión atmosférica
SI	Sistema internacional de medida
°C	Temperatura en grados centígrados

GLOSARIO

FESTO	Empresa multinacional alemana de automatización.
FluidSIM	Software realizado por la empresa FESTO para simulación de circuitos neumáticos.
ISO	Organización Internacional de Normalización.
PSI	Medida de presión, Libra de fuerza por pulgada cuadrada.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra un manual de prácticas para diferentes sistemas de control neumático.

Capítulo uno (Antecedentes), describe una breve historia sobre la neumática para comprender un poco sobre sus inicios, el propósito de estos y sus usos en la actualidad.

Capítulo dos (Conceptos), se muestran los diferentes términos y herramientas utilizados en el área de la neumática, desglosando todos estos términos con sus explicaciones respectivas.

Capítulo tres (Marco Metodológico), muestra la teoría donde se indica cómo se puede realizar dichos sistemas y características a tomar en cuenta a la hora de su realización.

Capítulo cuatro (Prácticas), se encuentra enfocado en realizar prácticas con los instrumentos neumáticos que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica.

Concluyendo así con el manual de prácticas para el Laboratorio de Electrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Diseñar manual de prácticas para cubrir nociones básicas de sistemas neumáticos.

Específicos

1. Describir los componentes de un sistema de control neumático
2. Establecer el uso correcto de los instrumentos utilizados en un sistema de control neumático.
3. Facilitar el proceso de aprendizaje de un control neumático.
4. Incentivar el aprendizaje por medio del curso teórico-práctico para la introducción a los sistemas de control neumático.
5. Aprovechar las herramientas que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica para su uso en las prácticas sugeridas.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los sistemas de control neumático se encuentra en la infinidad de soluciones que se proporciona a nivel de industria y uso cotidiano.

El presente trabajo comprende el estudio previo del tema, conjunto al desarrollo de un manual para el fácil entendimiento y uso para cualquier persona interesada en el tema, demostrando así los diferentes términos utilizados en el campo de la neumática y a su vez una forma de introducción al manejo de las diferentes herramientas que se utilizan en esta área.

El trabajo se divide en dos partes, la parte teórica y su correspondiente parte práctica, cada una dividida por subsecciones las cuales estarán detalladas para que el entendimiento de estas sea sencillo y poder así llevar de la mano al lector, a fin de lograr los diferentes objetivos.

1. ANTECEDENTES

1.1. Breve historia de los sistemas de control neumático

La neumática es una tecnología de transmisión de energía aparte de las ya conocidas como eléctrica, hidráulica, entre otros. Este tipo de tecnología tiene ciertas particularidades ya que el fluido principal es en estado gaseoso, comúnmente se utiliza el aire.

La manera de uso es la compresión del aire para diferentes fines ya sea generar movimiento o hacer funcionar mecanismos complejos. Entre las características del aire está que es uno de los elementos de mayor abundancia en la tierra y por lo mismo que es de fácil captación, así también que es una fuente de energía limpia ya que no deja residuos.

Para mostrar una breve historia sobre la neumática, afirma Creus (2007):

En sus comienzos el hombre utilizó el viento en la navegación y en el uso de los molinos para moler grano y bombear agua. En 1868 George Westinghouse fabricó un freno de aire que revolucionó la seguridad en el transporte ferroviario. Es a partir de 1950 que la neumática se desarrolla ampliamente en la industria con el desarrollo paralelo de los sensores.

Con esto se observa que la neumática es una de las técnicas para transmisión de energía más antigua ya que el hombre la utilizaba para

sus actividades diarias mucho antes que llegara la energía eléctrica.

(p. 2)

1.2. Propósito de los sistemas del control neumático

El propósito principal de un sistema de control neumático es lograr el movimiento de un conjunto de herramientas con un fluido gaseoso con el fin de lograr un trabajo, esto se obtiene gracias a la compresión del fluido. El momento de la compresión la energía se conserva y esta es devuelta cuando se requiere, por ende, utilizando la técnica neumática se logra controlar el funcionamiento de un sistema, este tipo de tecnología es aplicado en grandes industrias en las que se requiere trabajos en los cuales la neumática es la mejor opción para ejecutar la tarea.

Esta tecnología se complementa con los demás tipos ya sea eléctrica o mecánica todos funcionando a favor de obtener los resultados esperados.

1.3. Usos de la neumática en la industria

Las industrias con el pasar del tiempo han ido evolucionando, dando grandes saltos en innovación como la automatización, inteligencia artificial y conexiones por medio de la nube, no obstante, las tecnologías que precedieron a estos grandes avances aún se encuentran presentes.

La neumática es pieza fundamental ya que se encuentra en gran parte de las industrias como la farmacéutica, alimentaria, construcción, agrónoma, vidriera, plástica, entre otros. Realizando tareas como ensamblaje, empaquetado y transporte de los diferentes productos que se comercializan a nivel mundial.

Tomando de ejemplo la industria vidriera, la neumática se utiliza como parte del proceso de realización de botellas. Los diferentes instrumentos neumáticos ayudan a la moldura de cada uno de los envases, vertiendo aire comprimido para darles forma, mientras el vidrio se encuentra a temperaturas de 1,500 °C.

Otro ejemplo donde se puede ver su uso es al momento del empaque de botellas, estas necesitan ser empacadas rápidamente en grandes cantidades para ser transportarlas a sus lugares de destino, gracias a los sistemas neumáticos este trabajo es realizado en cuestión de minutos.

1.4. Laboratorio de Neumática en la actualidad

El Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala posee equipo neumático que está disponible para su uso, se divide en dos secciones:

- Kit de válvulas neumáticas las cuales se caracterizan por ser netamente controladas por aire comprimido.
- Kit de electroválvulas que mezclan la tecnología neumática con eléctrica para realizar sistemas de control más complejos.

Los kits pertenecen a la marca Festo, ellos se caracterizan por la calidad y fiabilidad de los instrumentos a la hora de su uso.

En el Laboratorio de Electrónica se encuentra todo el equipo necesario para cubrir las nociones básicas que esta tecnología ofrece.

2. CONCEPTOS

2.1. Neumática

La neumática es la ciencia encargada del estudio de las propiedades de los fluidos gaseosos cuando se les ejerce algún tipo de compresión y su interacción con diferentes herramientas, comúnmente se utiliza el aire, pero pueden ser diferentes tipos de gas. A su vez muestra técnicas con el fin de garantizar un control a la hora de realizar un trabajo.

2.2. Fluido

Una sustancia que puede ser líquida o gaseosa la cual tiene la propiedad de “fluir” a través de diferentes recipientes u conductos ya que gracias a su forma molecular los hace dúctiles cuando intervienen diferentes interacciones sobre el mismo.

2.3. Aire

El aire es un conjunto de diferentes gases que se puede encontrar en toda la atmósfera terrestre, este a su vez, por sus propiedades puede ser tratado como un fluido. Los principales gases que constituyen el aire son el oxígeno al 78 %, 21 % de nitrógeno y el 1 % restante es una mezcla de diferentes gases con vapor de agua.

2.4. Presión

La presión se define como la fuerza ejercida sobre un área establecida.

$$P = \text{Fuerza ejercida (N)} / \text{Área establecida (m}^2\text{)}$$

Las unidades resultantes que utilizan el sistema internacional son Newtons sobre metros cuadrados (N/ m²) a lo que es equivalente a la unidad de medida de presión Pascales (PA).

$$1 \text{ N/ m}^2 = 1\text{PA}$$

Se debe considerar que existen tres términos para comprender la presión que se ejerce en un sistema neumático.

2.4.1. Presión absoluta

Esta se comprende como la suma de la presión atmosférica y la presión manométrica o relativa.

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{manométrica}} + P_{\text{atm}}$$

Este término comprende la totalidad de presión que se está ejerciendo a un objeto.

2.4.2. Presión manométrica

Esta es la presión relativa que se puede observar en los manómetros que se utilizan para medir la presión dentro de un sistema, este dato será el que se utilice para indicar el nivel de presión en los circuitos neumáticos.

La presión correcta en un sistema neumático es:

$$6 \text{ bar} = 6000000 \text{ PA}$$

2.4.3. Presión atmosférica

Esta presión es ejercida por la atmósfera de la tierra gracias a los gases que se encuentran dentro de ella, esta tiene una particularidad la cual es entre más altura sobre el nivel del mar se encuentre un barómetro la presión atmosférica disminuye. Tomando en cuenta que a nivel del mar se encuentra el valor máximo de la presión atmosférica, se utiliza la siguiente conversión.

$$1 \text{ atm} = 101325 \text{ PA}$$

2.5. Caudal

El caudal se define como la cantidad de volumen de fluido que pasa en cierto tiempo. Se identifica con la letra Q

$$Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo} [\text{m}^3/\text{s}]$$

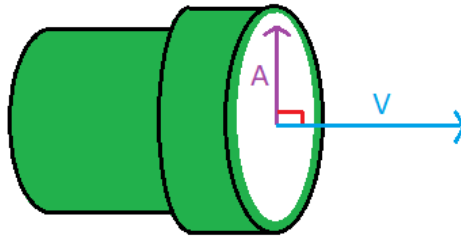
Por las unidades según el sistema internacional se puede concluir que el caudal se puede definir de la siguiente forma.

$$Q = \text{Área} * \text{Velocidad} [\text{m}^2 * \text{m/s}]$$

En la segunda ecuación las unidades deben de ser perpendiculares entre sí.

Figura 1.

Perpendicularidad entre área y velocidad



Nota. Gráfica ejemplo de perpendicularidad entre área y velocidad. Elaboración propia, realizado con Paint.

2.6. Humedad relativa

El aire entre sus diferentes propiedades se encuentra la humedad relativa, esta consta en la capacidad del aire en retener agua en forma de vapor a cierta temperatura.

Este funciona como la capacidad máxima que puede retener el aire al agua, ya que si se llega a un 100 % de humedad relativa esto indicaría que el aire está en máxima saturación, lo cual si interacciona con otro fenómeno esto puede dar como resultado la condensación de gotas de lluvia, por dar un ejemplo.

2.7. Válvulas

Las válvulas comprenden de un papel muy importante en los sistemas de control neumático ya que desempeñan diferentes funciones como regular presiones, ajustar caudales o redirigir el flujo del aire por los diferentes conductos.

Su forma de operación es por medio de posiciones ya que están diseñadas para permitir el paso del aire o bloquearlo según sea la necesidad y la dirección hacia donde se requiera que vaya el aire. En las siguientes secciones se mostrará que tipos de válvulas existen y como se representan.

2.8. Actuadores

Todo aquel instrumento neumático que tenga la habilidad de convertir la energía neumática a energía mecánica generando un movimiento lineal, un ejemplo de actuador es el cilindro neumático.

2.9. Cilindro neumático

Los cilindros lineales pertenecen a la familia de los actuadores ya que estos utilizan un pistón para realizar la conversión de la energía. Existen diferentes tipos de cilindros ya que el objetivo de estos es una mejor adaptación al trabajo que se desea realizar con ellos se les suele encontrar en diferentes variedades de tamaños, fuerza, distancia de carrera y velocidad.

Para encontrar la fuerza del pistón se debe realizar la siguiente fórmula:

$$F = A * P \quad [N]$$

Es la multiplicación del área de la cabeza del pistón por la presión del aire que con el que se está alimentando el cilindro.

Entre los cilindros neumáticos más comunes se encuentra los de simple efecto y doble efecto.

2.9.1. Cilindro de simple efecto

La característica principal de este cilindro es que solo cuenta con una entrada de aire, cuando el flujo entra por esta entrada empuja al émbolo y se activa el cilindro, cuando la presión dentro del cilindro disminuye este posee un muelle o resorte interno que hace que el émbolo regrese a su posición neutral.

Figura 2.

Cilindro de simple efecto



Nota. Este cilindro se usa especialmente en lo que es industria pesada, por ser magníficos generadores de energía para que las máquinas funcionen. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento.* (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

2.9.2. Cilindro de doble efecto

La particularidad principal de este cilindro es que posee dos entradas de aire, cuando la presión de aire ingresa por la entrada que se encuentra opuesta al émbolo, el cual reacciona saliendo. Para que el émbolo regrese a su posición neutral, se requiere que la presión cambie de la primera entrada a la segunda generando el retroceso de este.

Figura 3.

Cilindro de doble efecto



Nota. Transforma la energía del aire comprimido en fuerza prensora. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento.* (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

2.10. Mangueras

Este artefacto se utiliza para realizar conexiones entre válvulas y actuadores ya que con esto se puede transportar el fluido del aire. Las

mangueras se conectan con los acoples que sean adecuados para las diferentes herramientas que se utilicen en el sistema de control neumático. Comúnmente el material con el que se construyen las mangueras es poliuretano el cual le da flexibilidad y alta resistencia a temperaturas que van de -40 °C a +60 °C.

2.11. Compresor

El compresor es un instrumento de fundamental importancia ya que estos proporcionan el aire comprimido necesario para darle vida a los circuitos neumáticos.

La construcción de los compresores se puede dividir en dos partes:

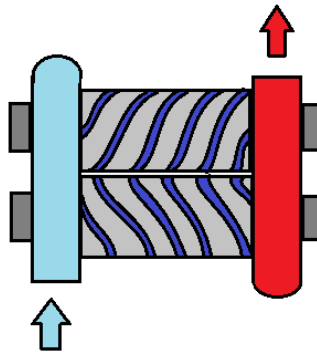
- La primera sección se compone del mecanismo que sirve directamente a la compresión del aire. De los mecanismos más comunes se encuentran el compresor de tornillo y el compresor de émbolo.
- La segunda parte se compone del depósito en el cual se almacena todo el aire comprimido.

2.11.1. Compresor de tornillo

Este mecanismo consta de dos rotores helicoidales los cuales tienen un movimiento positivo que absorbe el aire de un lado para luego sacarlo por el extremo opuesto ya comprimido.

Figura 4.

Mecanismo compresor de tornillo



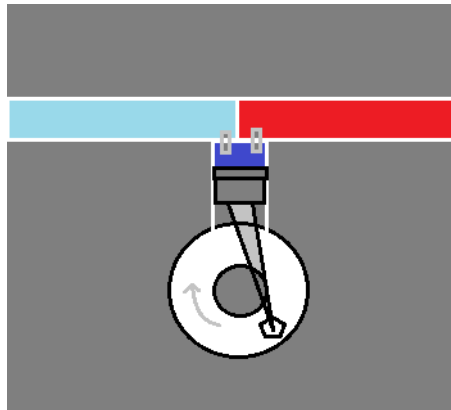
Nota. Gráfica ejemplo de un mecanismo compresor de tornillo. Elaboración propia, realizado con Paint.

2.11.2. Compresor de émbolo

El mecanismo de este tipo de compresor consta de uno o varios émbolos sincronizados para lograr la compresión del aire, su funcionalidad consta en el movimiento del émbolo dentro de una cámara que al momento de bajar este absorbe aire y cuando el mismo sube lo comprime enviándolo así al tanque que se almacena el aire comprimido.

Figura 5.

Mecanismo compresor de émbolo



Nota. Gráfica ejemplo de un mecanismo compresor de émbolo. Elaboración propia, realizado con Paint.

2.11.3. Depósito o tanque del compresor

Los depósitos sirven para almacenar el aire comprimido, estos a su vez tienen varias funcionalidades como controlar el caudal del aire que se está utilizando, evitando fluctuaciones de aire, ayuda al compresor a que no trabaje todo el tiempo, solamente cuando la presión disminuye dentro del tanque.

Otra ventaja de los depósitos es que permite que el aire se enfríe, a la hora que esto sucede, condensa el agua dejando al aire en un estado más puro. Por lo cual al final de su uso se debe realizar una limpieza en el tanque vaciando el agua que se generó durante el proceso.

Figura 6.
Compresor



Nota. Fotografía de compresor tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

2.12. Accionamiento

Mecanismo u forma de activar una válvula o algún tipo de secuencia en el circuito realizado, estos se encuentran de tipo neumático, eléctrico, manual y mecánico. Se explicará más a detalle en las siguientes secciones.

2.13. Retornos

Es el mecanismo que hace posible poner las válvulas o actuadores en su posición neutral, comúnmente se utiliza un resorte el cual es llamado muelle, esto no exenta de que puedan existir otras formas de realizar un retorno.

2.14. Festo

Festo es una marca de origen alemán la cual se basa en la automatización industrial a nivel mundial. Una de sus ramas principales son los productos neumáticos que buscan brindar soluciones a sus clientes. Por otra parte, también se enfocan en la formación técnica de las personas por ello crearon la división Festo Didactic en la que ofrecen kits que ayudan al desarrollo del conocimiento de sistemas de control neumático.

Para dar un apoyo virtual a sus clientes se creó FluidSim, software que hace posible realizar diversas simulaciones que al pasarlos al mundo físico el funcionamiento será muy fiel a lo que se ha realizado en el programa.

3. MARCO METODOLÓGICO

Esta fase se enfocará en la explicación del uso de las herramientas necesarias para la construcción de los circuitos neumáticos.

3.1. Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales en un sistema de control neumático son los parámetros que se deben de tomar en cuenta antes de manipular los componentes.

En la tabla 1, se presentan los parámetros que se deben de evaluar para las condiciones iniciales.

Tabla 1.

Parámetros para condiciones iniciales

Condiciones iniciales	
Parámetro	Características
Limpieza	Realizar una limpieza superficial de los artículos previo a su uso.
Presión Correcta	Hay que asegurar que el compresor y la unidad de mantenimiento se encuentre con la presión correcta 6 bar = 90 PSI = 600000 PA.
Aire seco	La unidad de mantenimiento se encarga de condensar las partículas de agua que se encuentren en el aire, esto evita corrosión dentro de las válvulas y vías del sistema neumático.

Continuación de la tabla 1.

Condiciones iniciales	
Parámetro	Características
Lubricación	Se debe lubricar los componentes que se utilizarán como válvulas o actuadores para un mejor desempeño. El encargado en realizar esta acción es la unidad de mantenimiento inyectando aceite al aire comprimido, de no ser posible se deberá de realizar manualmente.

Nota. Descripción de los parámetros para condiciones iniciales. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.2. Simbología neumática

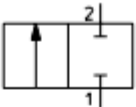
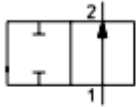
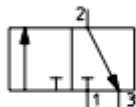
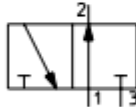
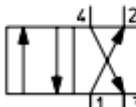
La simbología neumática ayuda a conocer por medio de signos las características específicas de cada componente neumático que pueda estar incluido en los circuitos. El estándar comúnmente más utilizado es ISO1219.

3.2.1. Símbolos

En las tablas 2, 3, 4 y 5, se muestran los símbolos que se utilizan como nomenclatura neumática estos son los componentes que se pueden encontrar en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

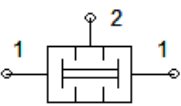
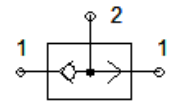
Tabla 2.

Símbolos válvulas direccionales

Símbolo	Descripción
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, cerrada posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de dos vías, abierta posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, cerrada posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 3 vías, abierta posición normal
	Válvula de control direccional Válvula de 4 vías,
	Válvula de control direccional Válvula de 5 vías,

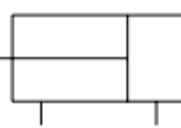
Nota. Descripción de símbolos válvulas direccionales. Obtenido de SMC (s.f.). *Simbología neumática.* (<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Y2V0eXMuZWRR1Lm14fGpyMmluZHVzdHJpYWx8Z3g6NWViY2E5OGYyY2YwN2E2MQ>), consultado el 6 de mayo de 2022. De dominio público.

Tabla 3.*Símbolos válvulas lógicas*

Símbolo	Descripción
	Válvula lógica AND
	Válvula lógica OR

Nota. Presentación de símbolos válvulas lógicas. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento*. (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

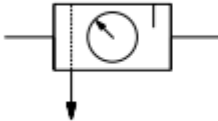
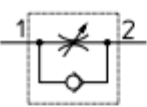
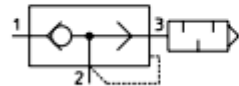
Tabla 4.*Símbolos actuadores*

Símbolo	Descripción
	Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por resorte
	Cilindro de doble efecto, vástago simple

Nota. Presentación de símbolos actuadores. Obtenido de SMC (s.f.). *Simbología neumática*. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Y2V0eXMuZWRR1Lm14fGpyMmluZHVzdHJpYWx8Z3g6NWViY2E5OGYyY2YwN2E2MQ>), consultado el 6 de mayo de 2022. De dominio público.

Tabla 5.

Símbolos adicionales

Símbolo	Descripción
	Unidad de servicio (gráfico simplificado)
	Válvula antirretorno, válvula de regulación de caudal en un sentido, regulable
	Válvula antirretorno, válvula de escape rápido doble efecto con silenciador

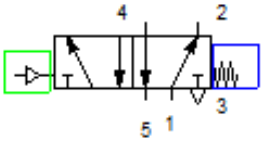
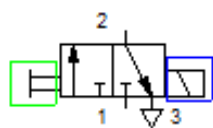
Nota. Presentación de símbolos adicionales. Obtenido de SMC (s.f.). *Simbología neumática*. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Y2V0eXMuZWRR1Lm14fGpyMmluZHVzdHJpYWx8Z3g6NWViY2E5OGYyY2YwN2E2MQ>), consultado el 6 de mayo de 2022. De dominio público.

3.3. Tipos de accionamiento y retornos

Estos componentes se ocupan de accionar y volver a su posición neutral cada una de las válvulas. Se debe de tomar en cuenta que el elemento que se encuentre al lado izquierdo de la figura de una válvula es el accionamiento y el que se encuentra al lado derecho es el retorno.

Tabla 6.

Ejemplo de accionamiento y retorno

válvula	Accionamiento y retorno
	Accionamiento neumático, retorno de muelle o resorte.
	Accionamiento manual, retorno eléctrico.

Nota. Presentación de ejemplo de accionamiento y retorno. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento.* (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

Existen varios tipos de elementos de accionamiento y retorno los cuales se explican a continuación.

3.3.1. Accionamiento manual

El accionamiento manual se caracteriza por que se utiliza la intervención de del ser humano para poder activar la válvula.

Tabla 7.*Accionamiento manual*

Denominación Descripción	Símbolo
Símbolo general	
Pulsador	
Tirador	
Botón de empujar / tirar	
Palanca	
Pedal, 1 dirección de operación	
Pedal, 2 direcciones de accionamiento	

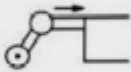
Nota. Presentación de tipos de actuadores. Obtenido de Rexroth (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219.* (https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf), consultado el 21 de mayo de 2022. De dominio público.

3.3.2. Accionamiento mecánico

El accionamiento mecánico se caracteriza por activar las válvulas por medio de los actuadores, comúnmente se recibe la señal de la punta del vástago de un cilindro de doble o simple efecto, esto activa un rodillo que da paso a la acción de la válvula.

Tabla 8.

Accionamiento mecánico

Denominación Descripción	Símbolo
Rodillo	
Rodillo retráctil	

Nota. Presentación de tipos de actuadores. Obtenido de Rexroth (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219.* (https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf), consultado el 21 de mayo de 2022. De dominio público.

3.3.3. Accionamiento eléctrico

Este modo de accionamiento se caracteriza por recibir una señal eléctrica lo que sirve para poder activar la válvula, esto se da gracias a las bobinas y contactores que se encuentran dentro de las electroválvulas.

Tabla 9.

Accionamiento eléctrico

Denominación Descripción	Símbolo
Eléctrico, 1 bobina	
Eléctrico, 2 bobinas de acción puesta	

Nota. Presentación de tipos de actuadores. Obtenido de Rexroth (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219.* (https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf), consultado el 21 de mayo de 2022. De dominio público.

3.3.4. Accionamiento neumático

Este es el accionamiento en el cual las válvulas reciben señal por medio de la presión de aire comprimido.

Tabla 10.

Accionamiento neumático

Denominación Descripción	Símbolo
Accionamiento neumático / hidráulico	

Nota. Presentación de tipos de actuadores. Obtenido de Rexroth (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219.* (https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf), consultado el 21 de mayo de 2022. De dominio público.

3.3.5. Retorno y actuadores dobles

El retorno que comúnmente se utiliza es el de muelle o resorte, esto no exenta que existan otros tipos de retorno los cuales pueden ser de los diferentes tipos anteriormente mencionados.

También existen actuadores dobles que son la mezcla de dos tipos de accionamientos, los cuales sirven como ayuda secundaria de activación de válvula cuando la acción principal tenga algún desperfecto.

Tabla 11.

Retorno de muelle y actuadores dobles

Denominación Descripción	Símbolo
Resorte	
2 actuaciones paralelas	

Nota. Presentación de tipos de actuadores. Obtenido de Rexroth (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219.* (https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf), consultado el 21 de mayo de 2022. De dominio público.

3.4. Forma de leer las válvulas

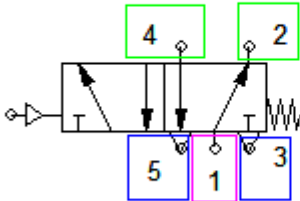
Una forma de comprender la estructura de las válvulas es entender la forma general de nombrarlas, la cual lleva la siguiente fórmula:

#vías / #posiciones, Accionamiento, Retorno.

#vías se refiere a los “caminos” de entradas y salidas que puede tener el aire en una válvula, cada una de las vías llevan un respectivo nombre en el cual hace más fácil identificarlas, el ejemplo siguiente muestra la forma de denominar cada una de ellas.

Tabla 12.

Nombre de las vías

Vías	Nombre de las vías
	1) Alimentación 2) Utilización 3) Escape 4) Utilización auxiliar 5) Escape auxiliar

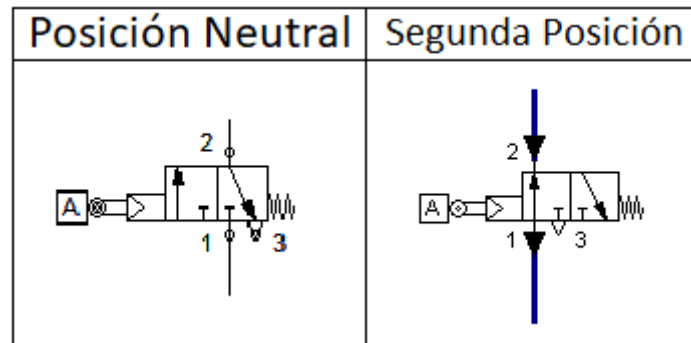
Nota. Presentación de nombre de las vías. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento*. (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

Estos nombres aplican para todas las válvulas y se organizan de la misma manera, dependiendo el tipo de válvula así será el número de vías que tenga ya que puede tener desde 2 vías a 5.

#posiciones, una válvula tiene diferentes posiciones las cuales ayudan a cumplir su funcionamiento, estas posiciones pueden ir desde 2 hasta 3. Comenzando desde la posición neutral se utilizan los accionamientos y retornos para variar las diferentes configuraciones que la válvula permite. En la tabla 13, se muestra un ejemplo de las posiciones que puede tomar una válvula.

Tabla 13.

Posiciones de una válvula



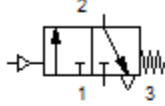
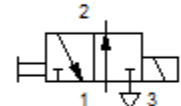
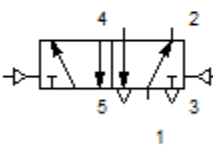
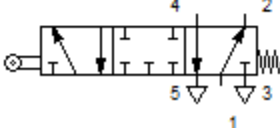
Nota. Presentación de posiciones de una válvula. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento.* (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

En la tabla 14, se muestran ejemplos de diferentes válvulas y la forma de cómo nombrarlas para una mejor comprensión del tema.

#vías / #posiciones, Accionamiento, Retorno.

Tabla 14.

Ejemplos de nombres de válvulas

Válvula	Nombrede la válvula
	3/2, Accionamiento Neumático, Retorno de muelle.
	3/2, Accionamiento Manual, Retorno Eléctrico.
	5/2, Accionamiento Neumático, Retorno Neumático.
	5/3, Accionamiento Mecánico, Retorno de Muelle.

Nota. Presentación de ejemplo de nombres de válvulas. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento.* (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

3.5. Esquema de distribución de un sistema neumático

La estructura del sistema de control neumático se puede describir en términos de la función de sus partes, dando paso al esquema de distribución de un sistema neumático el cual se compone de los diferentes grupos.

3.5.1. Suplementos de aire

Es el grupo encargado de brindar la fuente de aire comprimido para todo el circuito neumático, comúnmente está compuesto por el compresor, unidad de mantenimiento y el distribuidor de aire.

3.5.2. Entrada de señal

Grupo encargado de recibir señales para el comienzo del proceso, esto se da gracias a los accionadores y válvulas. Las entradas de las señales pueden ser obtenidas por sensores, accionamientos mecánicos, eléctricos o neumáticos.

3.5.3. Procesador de señales

En esta sección se utilizan el grupo de entrada de señales para poder procesar las mismas y tomar decisiones en el circuito neumático, los componentes encargados del área pueden ir desde válvulas comunes hasta válvulas lógicas.

3.5.4. Elementos de maniobra

Se refiere a los elementos de control que envía el aire comprimido hacia los actuadores, como por ejemplo válvulas con accionamiento neumático.

3.5.5. Componentes adicionales

En esta sección se puede agregar componentes que ayudan al tratamiento de la señal antes de llegar a los actuadores, los componentes que

comúnmente se usan en esta área es la válvula de regulación de caudal o válvula de escape rápido.

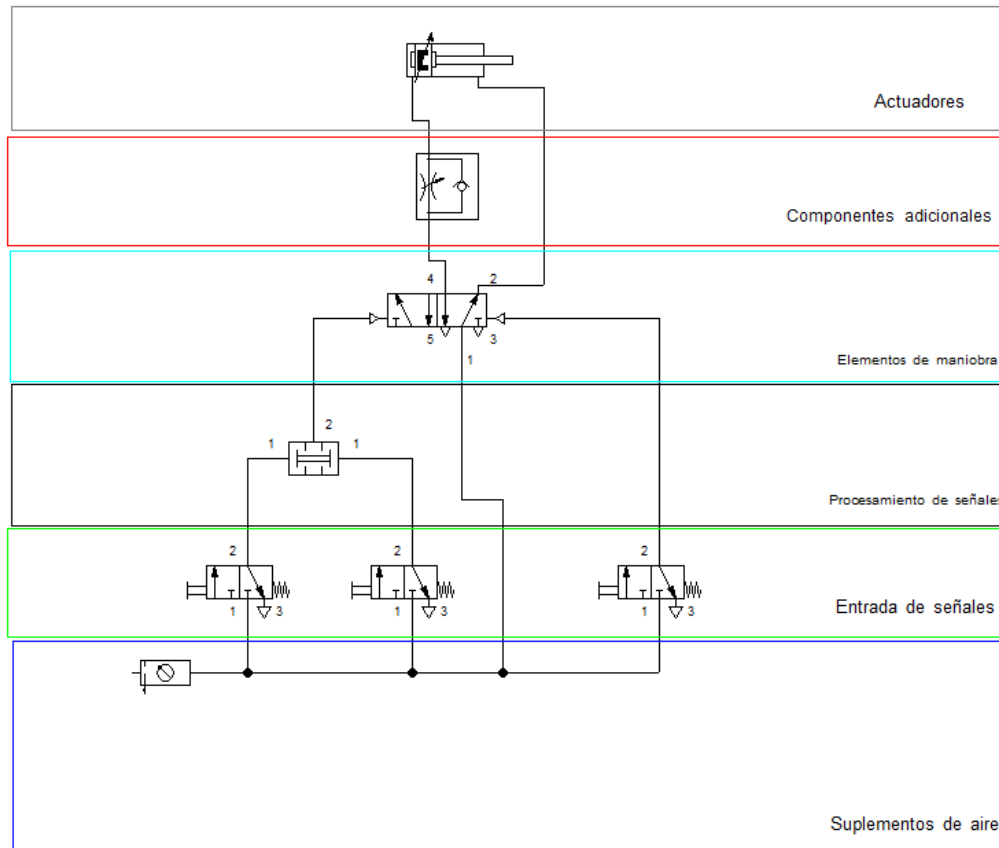
3.5.6. Actuadores

Es el área donde se encuentran las señales de salida, estos pueden ser cilindros neumáticos, indicadores ópticos o cualquier tipo de acción que se requiera como resultado para circuito neumático.

No todos los circuitos de control neumático requieren de tener los componentes ordenados con cada uno de estos grupos, ya que se puede dar el caso que un solo instrumento abarque varias funciones de los diferentes niveles.

Figura 7.

Esquema de distribución de un sistema neumático



Nota. Presentación de esquema de distribución de un sistema neumático. Obtenido de Festo (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento*. (<https://www.festo.com/co/es/>), consultado el 17 de enero de 2022. De dominio público.

3.6. Herramientas

Las siguientes herramientas son de importancia para la construcción de los diferentes circuitos neumáticos, estos se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En la tabla 15 se muestran los datos e imágenes de las herramientas a utilizar.

Tabla 15.

Herramientas

Nombre	Imagen	Detalles
Acople rápido		Ayuda a las conexiones entre la válvula y la manguera de una manera rápida y segura. Para insertar la manguera se debe de introducir hasta el tope, para extraerla se debe de presionar la boquilla azul y tirar de la manguera. Los diámetros de las boquillas a utilizar son de 4 mm y 6mm.
Unión neumática		La función principal es interconectar las mangueras neumáticas a modo de optimizar los nodos de aire comprimido.
Manguera neumática		Principal componente donde se transporta el aire comprimido hacia las válvulas neumáticas. Los diámetros a utilizar son de 4 mm y 6 mm.
Cable eléctrico de laboratorio FESTO		Se utilizan para llevar energía hacia las electroválvulas de manera práctica. Estos se introducen en los terminales eléctricos, para retirarlos se debe de tirar hasta que la presión de la conexión seda. En el laboratorio se encuentran disponibles en color rojo y azul, con tamaños largo, mediano y corto.

Nota. Descripción e imágenes de las herramientas a utilizar. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.7. Tipos de válvulas

Cada válvula se caracteriza por la función que desempeña, dependiendo del trabajo que realice se organiza en diferentes grupos.

3.7.1. Válvulas direccionales

Válvulas encargadas de manejar el aire comprimido por medio de sus vías, con la habilidad de poder cambiar de dirección el flujo del aire según se requiera, todo esto sin afectar el nivel de presión.

3.7.2. Válvulas de bloqueo

Las válvulas de este grupo se encargan de bloquear el flujo del aire en un sentido, dirigiendo todo el caudal por otras vías que se encuentren disponibles. Estas apoyan en áreas del circuito que estén perdiendo presión por algún desperfecto.

3.7.3. Válvulas reguladoras de presión

El fin principal de este grupo de válvulas es regular la presión que pasa a través de ellas, manteniendo una presión constante con el paso del tiempo, por lo regular se puede variar el nivel de flujo con el fin de adaptar a los requerimientos del sistema.

3.7.4. Válvulas secuenciales

Estas válvulas se encargan de dar paso al flujo de aire media vez la presión dentro de la válvula llega a un nivel estipulado previamente.

3.8. Datos teóricos

En este apartado se muestran los diferentes componentes que están disponibles para la construcción de las prácticas de circuitos de control neumático.

3.8.1. Kit neumático, FESTO didactic

En la figura 8, se muestran los componentes neumáticos que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 8.

Kit neumático



Nota. Fotografía de kit neumático, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Tabla 16.

Información de componentes neumáticos

Nombre	Imagen	Detalles
Tablero neumático.		Tablero diseñado para poder encajar los diferentes componentes neumáticos. Cuenta con las dimensiones adecuadas para poder establecer de forma correcta cada una de las válvulas.
Unidad de mantenimiento.		Es el primer elemento que recibe el aire comprimido de parte del compresor, este se encarga de filtrar las partículas de agua que pudieran venir en el aire comprimido con el fin de evitar el desgaste de las válvulas y componentes neumáticos.
Distribuidor de aire.		Este elemento es el que sigue de la unidad de mantenimiento y su función principal es distribuir por diferentes canales el aire comprimido dependiendo las necesidades del circuito.

Continuación de la tabla 16.

Nombre	Imagen	Detalles
Cilindro de doble efecto.		Cilindro de acción neumática, con dos entradas de aire las cuales sirven para sacar el vástago y la segunda entrada es para retraerlo, comúnmente se utiliza una válvula 5/2 para su funcionamiento.
Cilindro de simple efecto.		La particularidad de este cilindro es que solo tiene una entrada de aire para su accionamiento, cuando la señal de aire cesa un muelle interno hace que el vástago se retraiga.
Válvula 3/2, accionamiento manual, retorno de muelle.		Válvula diseñada para tomar señales de entrada por parte del operador del circuito por su accionamiento de pulsador.
Válvula 5/2, accionamiento manual, retorno de muelle.		Válvula diseñada para tomar señales de entrada de 5 vías y dos posiciones, con accionamiento manual.

Continuación de la tabla 16.

Nombre	Imagen	Detalles
Válvula 5/2, accionamiento neumático, retorno neumático.		Válvula diseñada para el nivel de elementos de maniobra. Construida de 5 vías y dos posiciones con accionamiento y retorno neumático.
Válvula lógica OR.		Válvula lógica que utiliza la tabla de verdad OR como funcionamiento, dependiendo de sus entradas así será la respuesta en su salida.
Válvula lógica AND.		Válvula lógica que utiliza la tabla de verdad AND como funcionamiento, dependiendo de sus entradas así será la respuesta en su salida.
Válvula reguladora o estranguladora.		Esta válvula se opone al paso del aire comprimido, manteniendo un caudal constante que se regula por una perilla sin importar la variación de presión o de temperatura.

Continuación de la tabla 16.

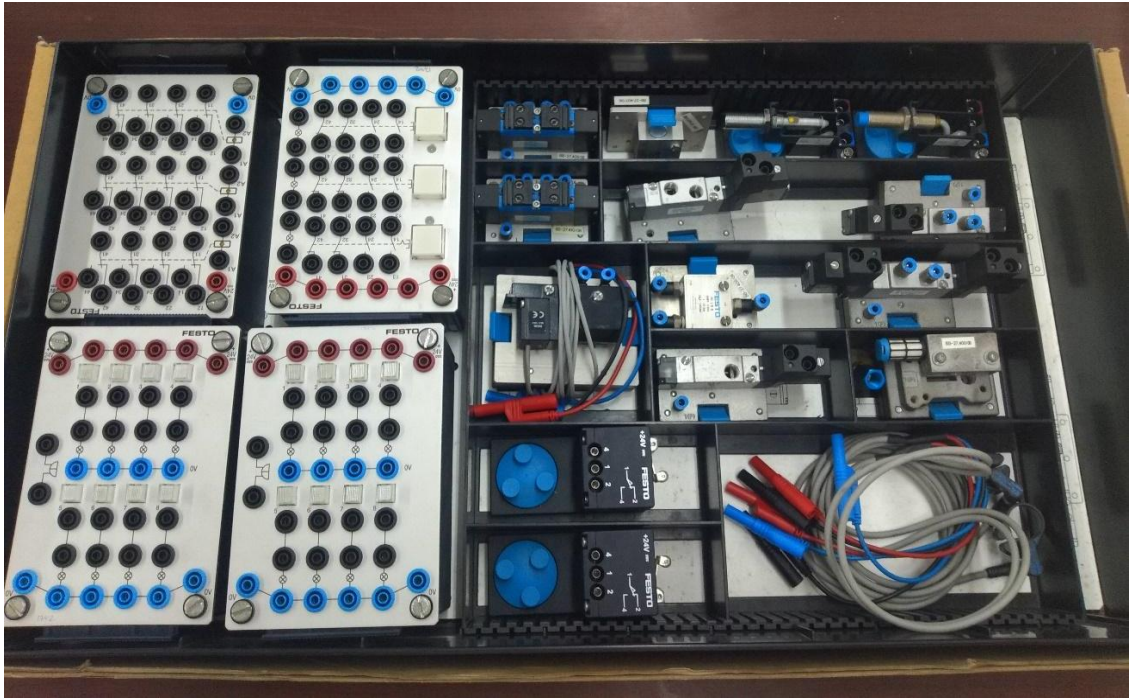
Nombre	Imagen	Detalles
Válvula 2/2, accionamiento mecánico, retorno de muelle. (Válvula final de carrera)		Válvula de accionamiento mecánico por medio de un final de carrera, si este es presionado deja pasar el flujo de aire, de lo contrario cierra la vía de paso.
Válvula 2/2, accionamiento mecánico, retorno de muelle. (Válvula rodo mecánico)		Esta válvula tiene un funcionamiento similar a la válvula final de carrera salvo con la particularidad que utiliza un rodo mecánico para su accionamiento.

Nota. Descripción de componentes neumáticos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.2. Kit electroneumático, FESTO didactic

En la figura 9, se muestran los componentes electroneumáticos que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 9.
Kit electroneumático



Nota. Fotografía de kit electroneumático, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

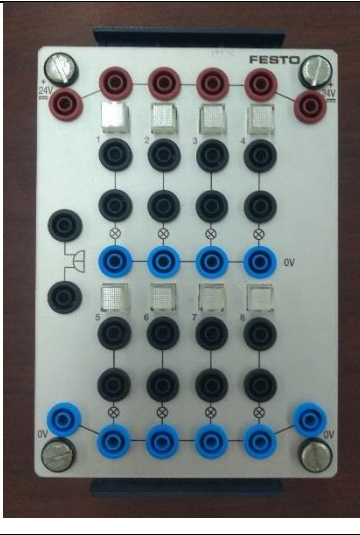
Tabla 17.
Información de componentes electroneumáticos

Nombre	Imagen	Detalles
Fuente de voltaje 24 V DC		Fuente de energía brindada por Festo para alimentar el kit de electroválvulas, esta entrega 24 voltios de corriente directa, conlleva un sistema a prueba de cortocircuitos.

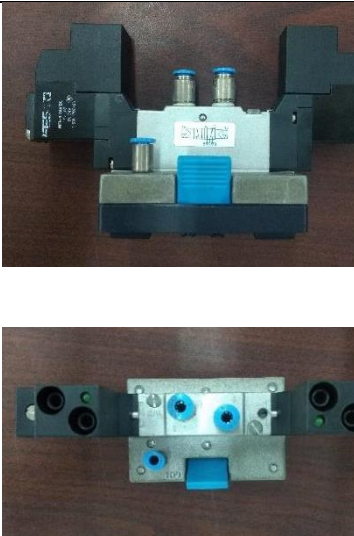
Continuación de la tabla 17.

Nombre	Imagen	Detalles
Panel de contactos de pulsadores de botón, normalmente abierto y cerrado.		Este panel encaja en la parte superior del tablero neumático por medio de unas pestañas que tiene en la parte de arriba y abajo del mismo. Este tiene la particularidad de tener tres push button, el primero cuando se oprime mantiene su estado hasta que se presiona nuevamente, los dos restantes se accionan cada vez que son oprimidos, dando como resultado la apertura o cierre de contactos. También posee terminales para conectar 24 V de color rojo y 0 V de color azul. Es posible prender los botones con una señal lumínica, esto se puede gracias a que en la parte derecha del panel hay terminales que cerrando el circuito realizan la acción de encendido.

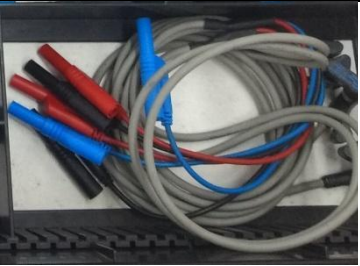
Continuación de la tabla 17.

Nombre	Imagen	Detalles
Panel de relees.		Este panel encaja en la parte superior del tablero neumático por medio de unas pestañas que tiene en la parte de arriba y abajo del mismo. La particularidad de este es que lo conforman tres relees cada uno con cuatro Polos (dos contactos por polo NC, NO). Este se configura como cualquier relé. Cuando la bobina de uno de los relees se activa se encenderá un Led indicando que se encuentra activo.
Panel de notificación luminosa y sonora.		Este panel encaja en la parte superior del tablero neumático por medio de unas pestañas que tiene en la parte de arriba y abajo del mismo. La particularidad es dar notificaciones lumínicas y sonoras, este se configura según las necesidades del sistema electroneumático.

Continuación de la tabla 17.

Nombre	Imagen	Detalles
Válvula 5/2, accionamiento eléctrico y manual, retorno eléctrico y manual.		Válvula con funcionamiento de 5 vías 2 posiciones, el accionamiento y retorno funcionan por medio de bobinas eléctricas que realizan el trabajo para decidir la posición de la válvula. También es posible accionar manualmente rotando un tornillo que se encuentra anexo a la bobina, se utiliza como auxiliar si el primer accionamiento no funciona como debe.
Válvula 5/2, accionamiento eléctrico y manual, retorno de muelle.		Válvula con funcionamiento de 5 vías 2 posiciones, El accionamiento funciona por medio de una bobina y tornillo manual. Con retorno de muelle para que regrese a su posición neutral.

Continuación de la tabla 17.

Nombre	Imagen	Detalles
Final de carrera eléctrico.		Este funge la acción de un final de carrera eléctrico convencional.
Sensor óptico he inductivo, tipo NPN.		Los sensores ópticos he inductivo son de tipo PNP, tienen tres tipos de conexión las cuales son: 24 V, 0 V y la señal de salida que indica el estado del sensor.
Sensor de posición electrónico con fijación a cilindro.		Estos son sensores los cuales van enganchados en el cilindro de los actuadores de simple y doble efecto, estos permiten medir la posición del vástago.

Nota. Descripción de componentes electroneumáticos. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.3. Adhesión entre válvula y tablero

FESTO Didactic ha diseñado la forma de que cada instrumento neumático se pueda adherir o quitar del tablero de una forma fácil y práctica. Utilizando un mecanismo de tornillo y ejes rodantes para ciertos componentes,

para otros una combinación de palanca y resorte que genera presión en las hendiduras del tablero.

Tabla 18.

Modos de adhesión entre válvula y tablero

Nombre	Imagen	Detalles
Anclaje de tornillo y ejes rotativos.		Esta especie de sujeción se realiza por medio de un tornillo que se adhiere al tablero, El torque es realizado por medio de una manija de color azul. Otra particularidad de este tipo de sujeción es que anexo al tornillo en la parte trasera del instrumento existen unos ejes que se pueden rotar a voluntad para poder cambiar la posición del instrumento que se esté utilizando.

Continuación de la tabla 18.

Nombre	Imagen	Detalles
Anclaje de palanca de presión.		Este tipo de sujeción se caracteriza por ejercer presión entre la hendidura del tablero por medio de palanca, para poner o quitar el instrumento se debe de ejercer un empuje en la pestaña de color azul y posicionarlo donde se requiera.

Nota. Descripción de modos de adhesión entre válvula y tablero. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.9. FluidSIM

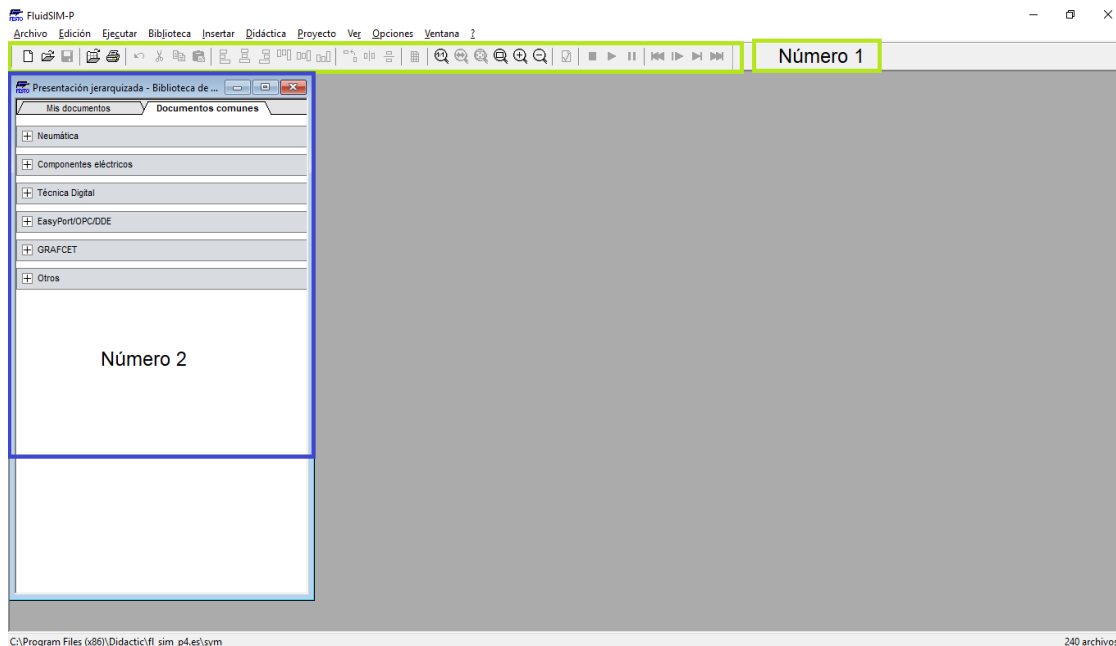
Software realizado por la empresa FESTO con el objetivo de poder simular los diferentes circuitos de control neumático en beneficio de realizar pruebas antes de pasar a hacerlo de forma física, la mayoría de las situaciones que se logran simular en este programa se logran realizar en la vida real, aunque puede existir ocasiones que se dé una excepción y no funcione correctamente el sistema neumático construido.

La versión que se utilizará para las demostraciones será FluidSIM 4, usted puede decidir que versión utilizar, ya que existen nuevas versiones del software.

Para comprender el programa se debe conocer cómo se distribuye.

Figura 10.

Programa FluidSIM



Nota. Captura de pantalla de los pasos para utilizar el programa. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

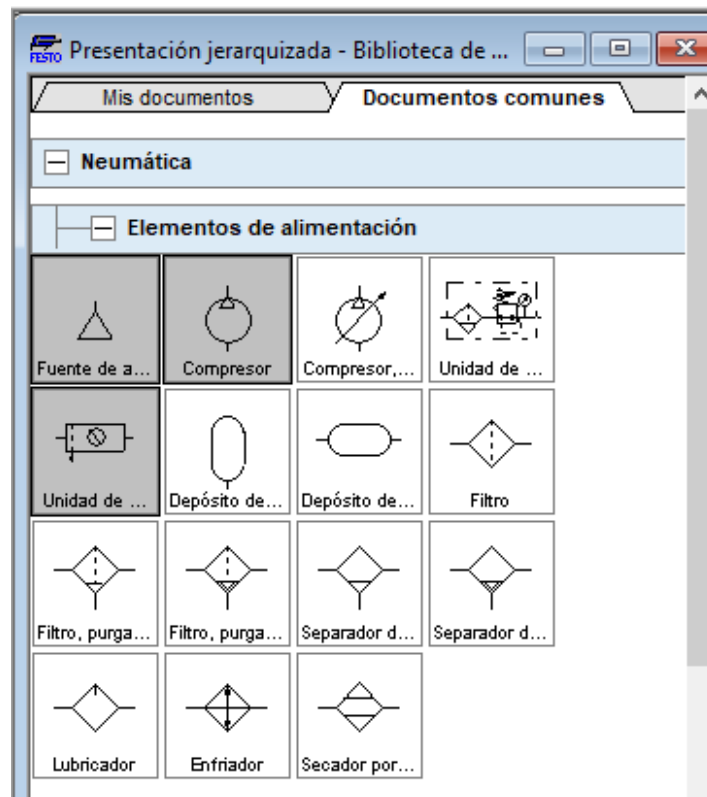
Se observa que como número 1 en la parte superior izquierda se encuentran las diferentes opciones que puede utilizar dentro del programa como: por ejemplo, cómo abrir un proyecto previo, también opciones de organización, zoom para mejorar la vista y al final de la fila se encuentran las

funciones de *Stop*, *Play* y *Pausa* las cuales servirán para poder ejecutar la simulación.

En el área izquierda de la pantalla como número 2 se encuentra la batería de herramientas neumáticas que se tienen disponibles para su uso, organizadas por la naturaleza de cada uno de los componentes, por medio de menús desplegados se pueden encontrar todo lo necesario para cada una de las prácticas.

Figura 11.

Ubicación de herramientas

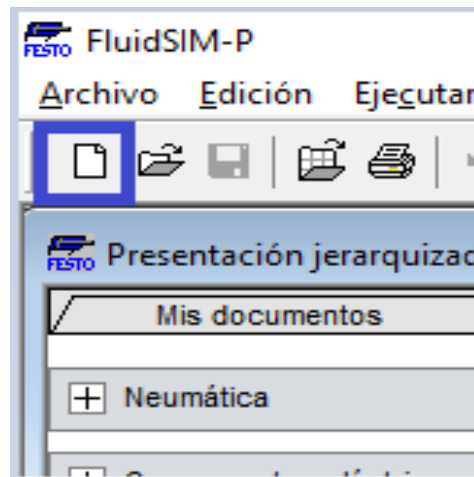


Nota. Captura de pantalla con la ubicación de las herramientas. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

Para generar un nuevo proyecto se selecciona en la parte superior izquierda en el ícono de *Hoja de papel en blanco* nuevo proyecto.

Figura 12.

Nuevo proyecto



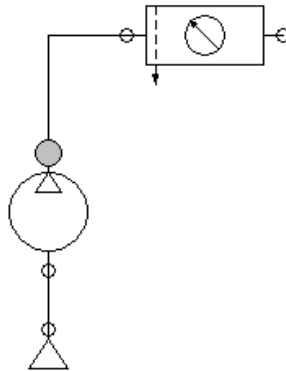
Nota. Captura de pantalla con el icono de hoja en blanco para un nuevo proyecto. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

Esta opción despliega una hoja en blanco en la cual se debe de arrastrar los diferentes componentes que se quiera utilizar.

Para unir cada uno de los componentes se debe de hacer *click* en la terminal de la herramienta, mantener presionado y soltar en donde se quiera conectar, automáticamente generará un carril el cual simulará ser una manguera neumática. Es posible eliminar el carril con *click* izquierdo esto abrirá una caja de opciones donde se encuentra la orden de *eliminar*.

Figura 13.

Unión entre equipos



Nota. Gráfica de la unión entre equipos. Elaboración propia, realizado con FluidSim.

En el software FluidSim es posible modificar cualquier válvula presionando con doble *click* sobre ellas, la ventana de configuración se ordena en tres secciones principales.

- Del lado izquierdo se encuentra la sección de accionamiento, este puede ser de muelle o de los cuatro grupos principales manual, mecánico, neumático y eléctrico.
- En el centro la configuración de la válvula la cual se puede modificar según sea las vías o posiciones que se necesite.
- Por último, en el lado derecho la configuración del retorno que tiene las mismas opciones que el menú de accionamiento.

Luego de configurar lo necesario solo se debe seleccionar la casilla de aceptar.

Figura 14.

Modificación de una válvula

Configurar válvula [X]

Accionamiento izquierdo

- ☒ Retorno de muelle
- ☐ Pilotado
- ☐ Alimentación externa
- ☐ Muelle neumático
- ☐ Alimentación externa
- Esfuerzo muscular [v]
- Mecánico [v]
- Neumático/Eléctrico [v]

Denominación de componentes

Válvula neumática direccional quintuple de :

Accionamiento derecho

- ☐ Retorno de muelle
- ☐ Pilotado
- ☐ Alimentación externa
- ☐ Muelle neumático
- ☐ Alimentación externa
- [v] Esfuerzo muscular
- [v] Mecánico
- [v] Neumático/Eléctrico

Cuerpo de la válvula

☐ Reversible

[v] [v] [v] [v]

Posición inicial

☐ ☒ ☐ ☐

Reflejar

☐ Horizontal

☐ Vertical

Caudal nominal estándar 500 l/min (0.1..5000) [v]

[v]

Aceptar **Cancelar** **Ayuda**

Nota. Captura de pantalla con el icono aceptar el proyecto. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

Por último, existe una herramienta que se utiliza con los actuadores ya sea el cilindro de simple o doble efecto, el nombre de este instrumento es la

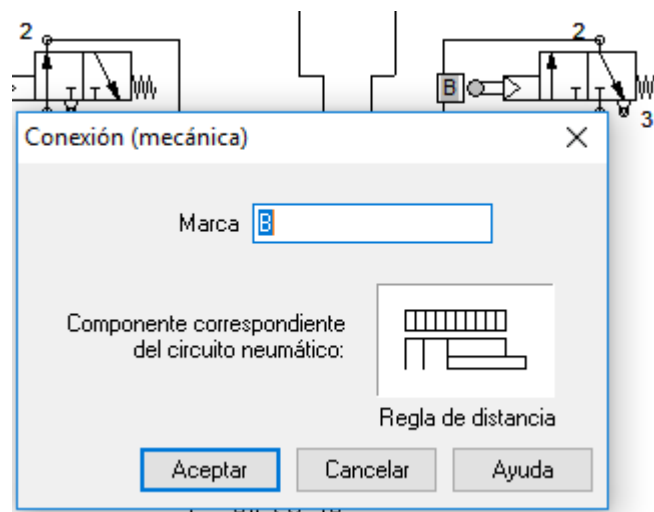
“regla de distancia”, su función principal es configurar la distancia a la se quiere colocar la detección del recorrido del vástago, esto es para simular la palanca de los finales de carrera neumático o el activar un sensor.

Las herramientas se encuentran Neumática > Actuadores > Cilindro de doble efecto y Regla de distancia, la regla de distancia se debe posicionar al lado donde se encuentre el vástago para que pueda medir la distancia.

Como ejemplo, para configurar la posición de los finales de carrera neumáticos se deben utilizar etiquetas las cuales se acceden seleccionando con doble clic en el pomo o rodo del accionamiento mecánico.

Figura 15.

Etiqueta para accionamiento mecánico



Nota. Captura de pantalla con la etiqueta para accionamiento mecánico. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

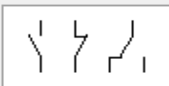
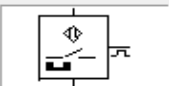
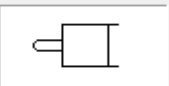
Se debe introducir un nombre único que se le pondrá a la marca para que el programa lo detecte. Luego de poner la marca, Se debe dirigir a la herramienta *regla* la cual se selecciona con doble *clic*, esta desplegará una ventana la cual puede configurar a que distancia o en que intervalo de distancia se medirá para que actúen los finales de carrera o sensores. Los datos que se introducen en la ventana son la marca del accionamiento (nombre único anteriormente), el inicio y el fin de donde se posicionará. Es posible poner varias marcas en una sola regla. Para una posición puntual se debe colocar un mismo valor de distancia en el inicio y final.

Figura 16.

Regla de distancia

Marca	Inicio	Fin	Posición
A	0	0	cm (0..10)
B	10	10	cm (0..10)
			mm (0..100)
			mm (0..100)
			mm (0..100)
			mm (0..100)

Componentes correspondientes

Nota. Captura de pantalla con el icono de regla de distancia. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

4. PRÁCTICAS

En esta sección se presentan una serie de prácticas las cuales pretenden utilizar el contenido previamente escrito para poder desarrollarse, con el fin de aprovechar las herramientas neumáticas disponibles en el laboratorio.

4.1. Práctica simulada

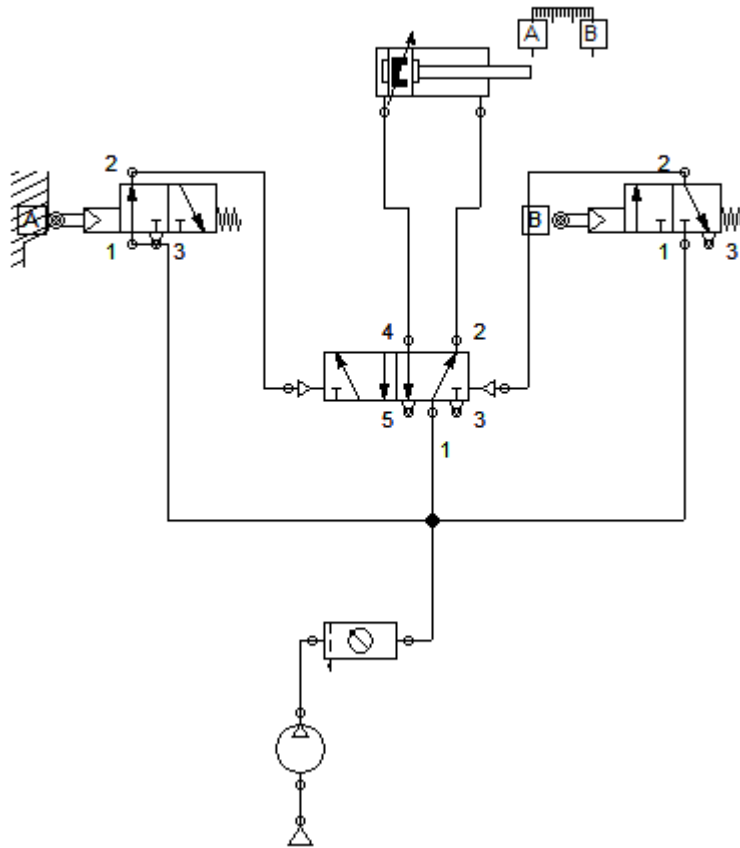
El objetivo de esta práctica es manipular las diferentes herramientas que provee el programa FluidSIM para resolver el circuito sugerido.

A continuación, se dan las instrucciones que se deben seguir:

- Por medio del software FluidSIM replicar el esquemático que se presenta en la figura 17.
- El funcionamiento del circuito es un bucle infinito de un cilindro de doble efecto, el cual se acciona y retrae automáticamente sin intervención de algún usuario.

Figura 17.

Esquemático de práctica simulada

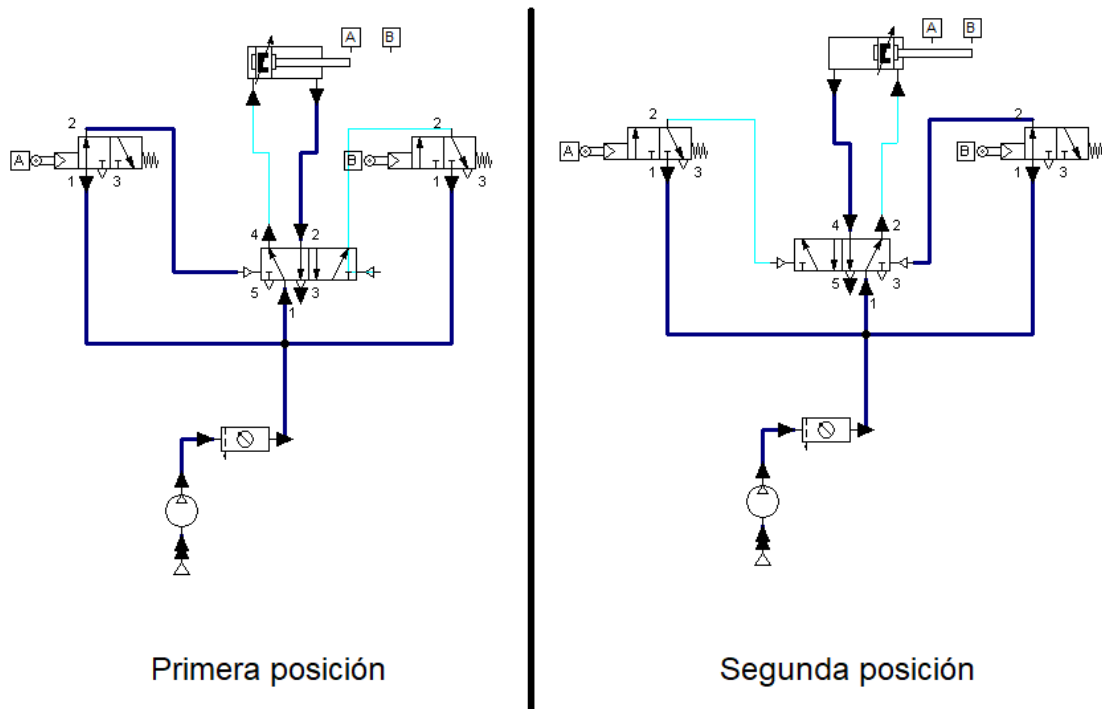


Nota. Gráfica de un esquemático de práctica simulada. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

En la figura 18, se presenta el resultado final, esta es la forma como se debe de visualizar el sistema dentro del software FluidSim.

Figura 18.

Resultado final práctica simulada



Nota. Gráfica de resultado final práctica simulada. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

4.2. Práctica 1 - Kit válvulas neumáticas

El objetivo de esta práctica es interactuar físicamente con las herramientas que se encuentran disponibles en el laboratorio.

Las instrucciones a seguir son las siguientes:

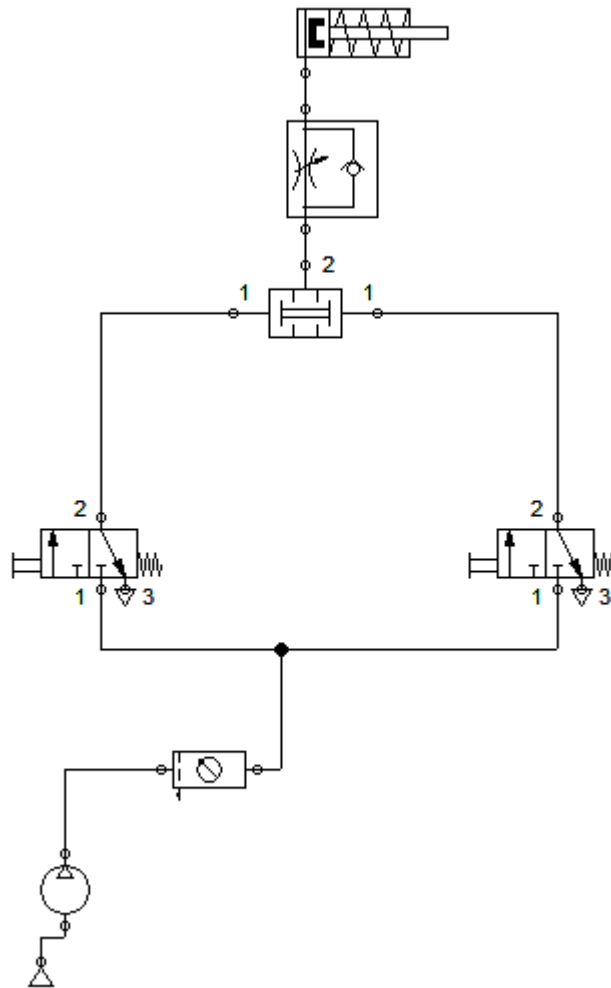
- Pasar un circuito dentro de FluidSim a forma física utilizando los componentes que se encuentran en los kits didácticos.

- El circuito por elaborar será el accionamiento de un cilindro de simple efecto con retardo por medio de una señal doble de entrada. Al iniciar, se debe despejar el área de trabajo, teniendo el Panel neumático disponible para la elaboración de circuitos. Mantener cerrada la válvula principal que se encuentra en la unidad de mantenimiento y abrirla cuando el circuito este totalmente construido.
- Simular el circuito en el software FluidSim para ver su funcionamiento antes de interactuar con las herramientas.

El esquemático para esta práctica se observa en la figura 19.

Figura 19.

Esquemático práctica 1



Nota. Gráfica de esquemático práctica 1. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

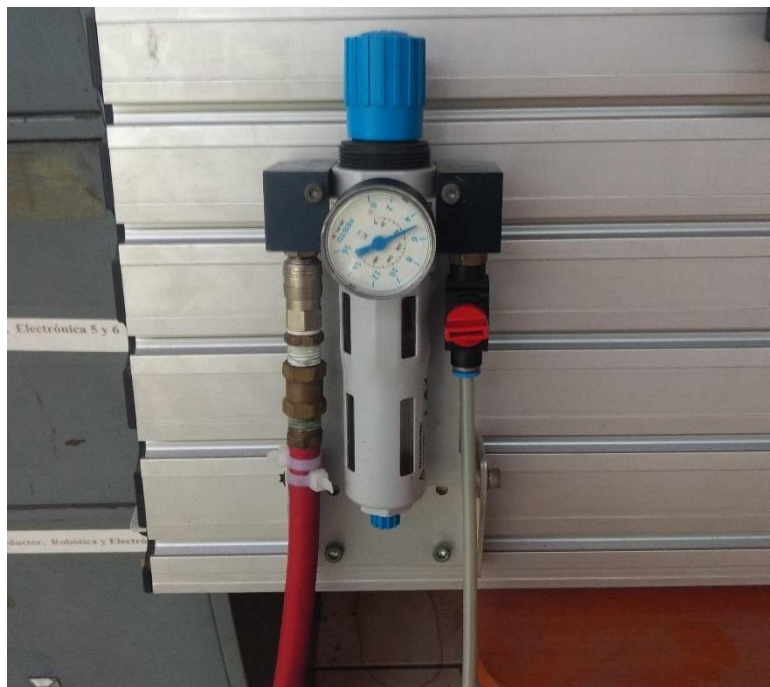
Los instrumentos que se necesitan para esta práctica son:

- Unidad de mantenimiento con la válvula de paso cerrada
- Válvula distribuidora de aire comprimido

- Dos válvulas 3/2 de accionamiento manual y retorno de muelle
- Válvula lógica AND
- Válvula reguladora o estranguladora
- Actuador de cilindro de simple efecto

Figura 20.

Unidad de mantenimiento práctica 1



Nota. Fotografía de unidad de mantenimiento práctica 1, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Figura 21.

Válvula distribuidora práctica 1



Nota. Fotografía de la válvula distribuidora práctica 1, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Tomando como guía el esquemático para esta práctica se debe de realizar las conexiones respectivas, siendo cautelosos con forme a nomenclatura de cada válvula para el correcto funcionamiento del circuito.

Figura 22.

Conexiones entre válvulas, primera práctica

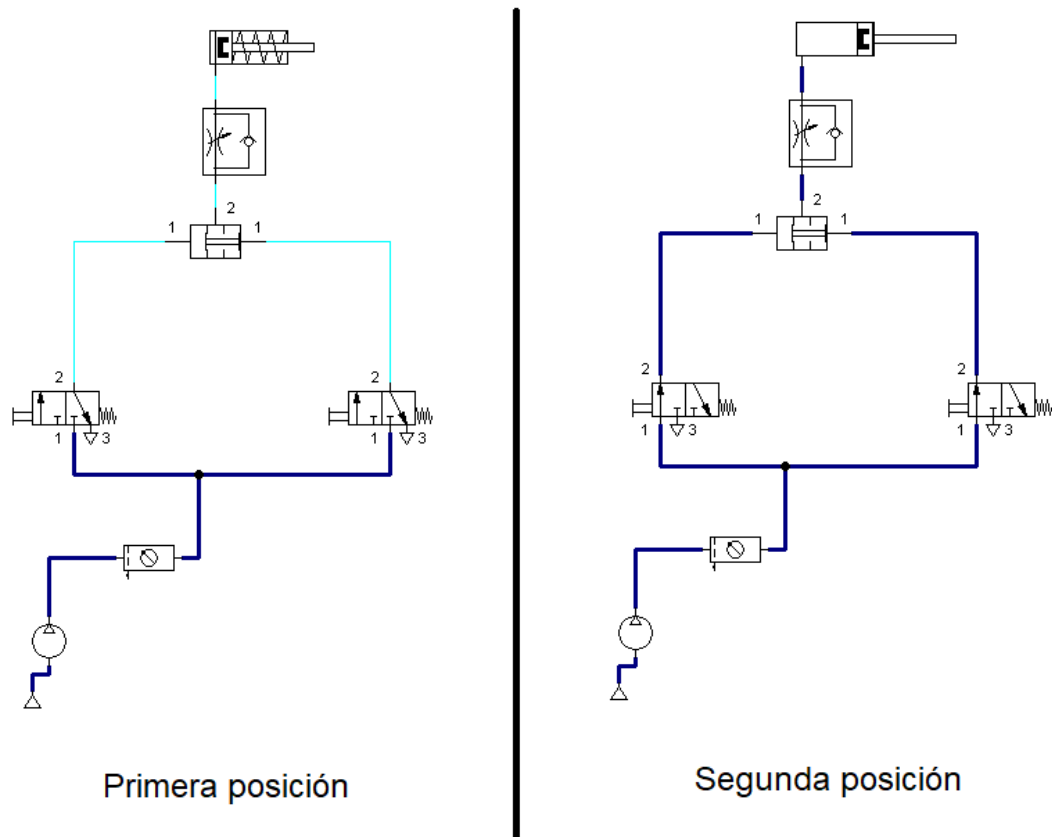


Nota. Fotografía de conexiones entre válvulas práctica 1, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

En la figura 23, se presenta el resultado final, esta es la forma como se debe de visualizar el sistema dentro del software FluidSim.

Figura 23.

Resultado final práctica 1



Nota. Gráfica de resultado final práctica 1. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

4.3. Práctica 2

El objetivo de la práctica es un reto de mayor dificultad y con ello tener la posibilidad de mejorar sus habilidades en la construcción de circuitos de control neumático.

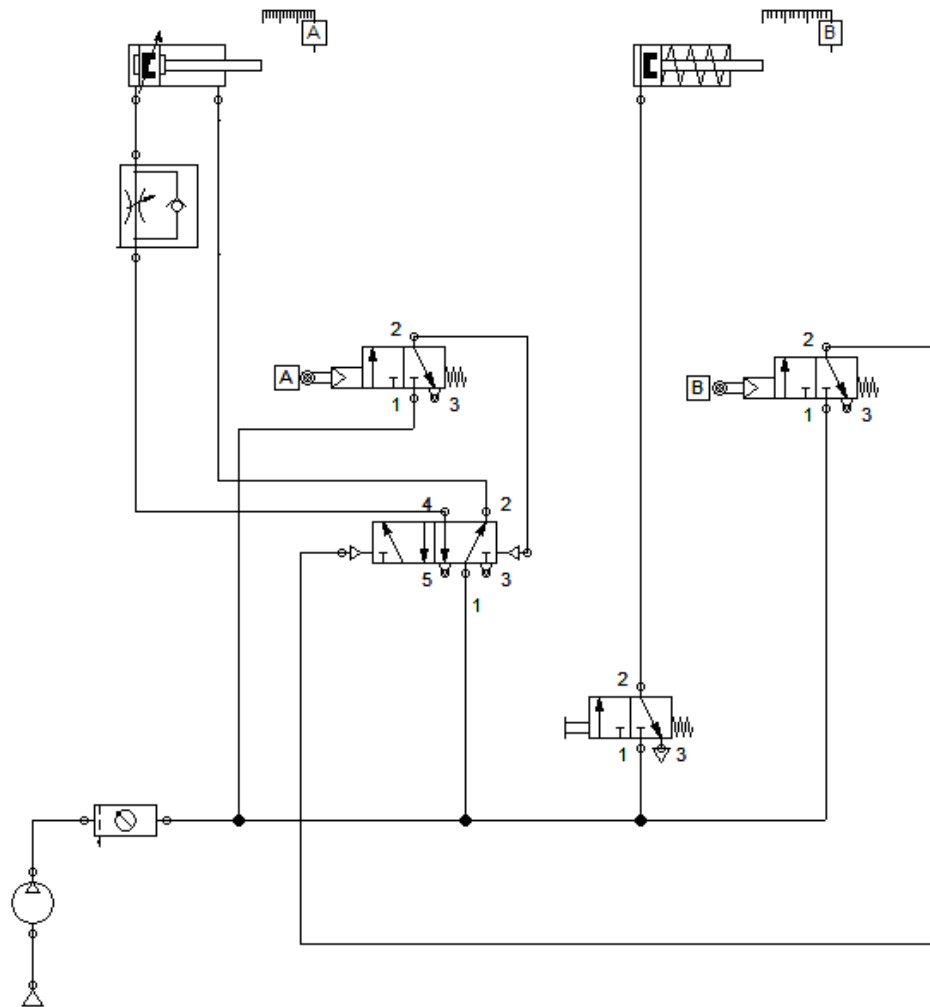
A continuación, se presentan las instrucciones a seguir:

- El circuito por construir es la activación indirecta de un cilindro de doble efecto con retardo por medio del cilindro de simple efecto, este último será activado por el usuario con una válvula de accionamiento manual. Al finalizar el ciclo los dos vástagos deben de estar en su posición inicial.
- Al iniciar, se debe despejar el área de trabajo, teniendo el Panel neumático disponible para la elaboración de circuitos. Mantener cerrada la válvula principal que se encuentra en la unidad de mantenimiento y abrirla cuando el circuito este totalmente construido.
- Simular el circuito en el software FluidSim para ver su funcionamiento antes de interactuar con las herramientas.

El esquemático para la práctica 2 se puede observar en la figura 24.

Figura 24.

Esquemático práctica 2



Nota. Gráfica de esquemático práctica 2. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

Los instrumentos que necesarios para esta práctica son:

- Unidad de mantenimiento con la válvula de paso cerrada
- Válvula distribuidora de aire comprimido

- Válvula 3/2 de accionamiento manual y retorno de muelle
- Dos válvulas 3/2 de accionamiento mecánico y retorno de muelle (Válvula rodo mecánico).
- Válvula 5/2 de accionamiento y retorno neumáticos.
- Válvula reguladora o estranguladora.
- Actuador de simple efecto.
- Actuador de doble efecto.

Los instrumentos deberían de quedar posicionados según se muestra la figura 25.

Figura 25.

Posición de válvulas práctica 2



Nota. Fotografía de cómo deberían de quedar posicionadas las válvulas para la práctica 2, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Tomando como guía el esquemático para esta práctica se deben de realizar las conexiones respectivas, siendo cautelosos con forme a nomenclatura de cada válvula para el correcto funcionamiento del circuito.

Figura 26.

Conexiones entre válvulas, segunda práctica

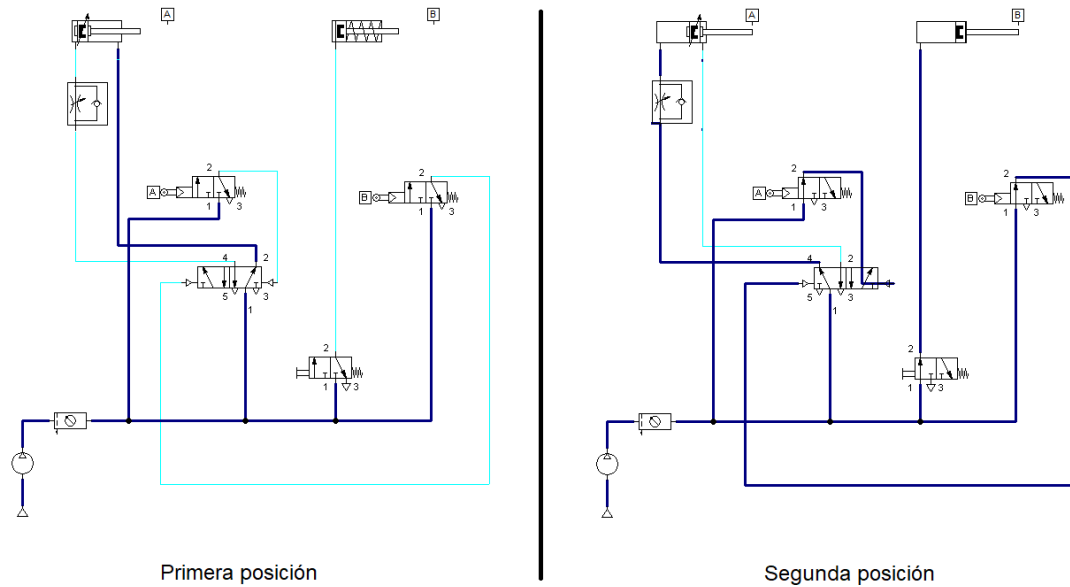


Nota. Fotografía de cómo deberían de quedar las conexiones entre válvulas para la práctica 2, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

En la figura 27, se presenta el resultado final, esta es la forma como se debe de visualizar el sistema dentro del software FluidSim.

Figura 27.

Resultado final práctica 2



Nota. Gráfica de resultado final práctica 2. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

4.3.1. Ejercicio especial práctica 2

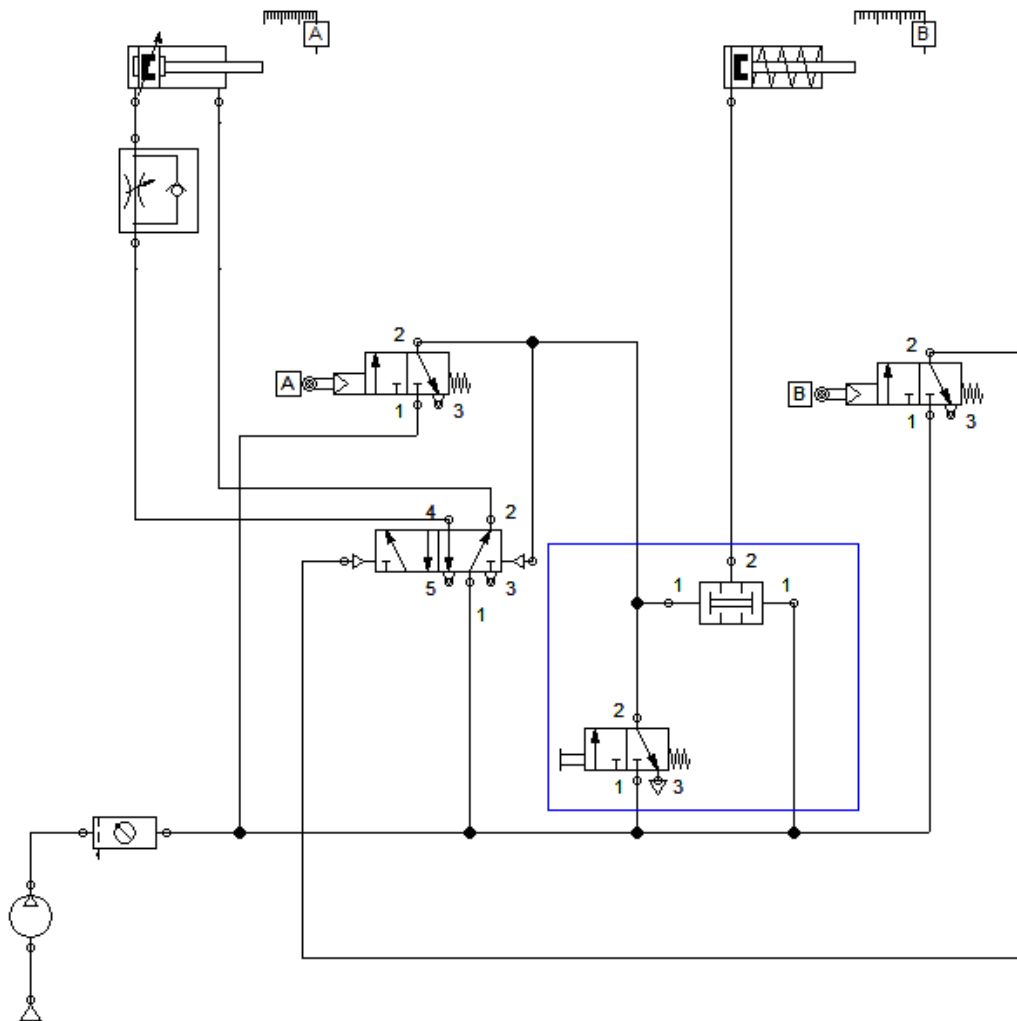
Con el fin de proponer un reto para el lector se presenta este ejercicio el cual, usando como base la práctica 2 se deberá de realizar unos cambios para que el circuito entre en un bucle infinito y se mantenga ejecutando los cilindros de simple y doble efecto, con una sola intervención inicial por parte del usuario.

En la figura 28, se presenta una solución sugerida para el problema anteriormente mencionado, se incentiva al lector a no observar la solución del manual hasta que logre resolver la interrogante, pueden existir infinidad de

soluciones para este problema por lo cual la solución sugerida no es la única que puede existir para este caso.

Figura 28.

Solución sugerida



Nota. Gráfica de la solución sugerida. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

La solución sugerida utiliza la válvula lógica AND como elemento extra.

Una de las dos entradas de la válvula irá directo a la fuente de aire comprimido y la otra se debe de conectar a la salida de la válvula de rodo mecánico con etiqueta A al igual que a la válvula 3/2 de accionamiento manual y retorno de muelle (esta conexión se debe de realizar con una unión neumática). La válvula AND ayudará a iniciar el ciclo cada vez que le llegue una señal de aire a sus dos entradas.

4.4. Práctica 3 – Kit electroválvulas

El objetivo de la práctica es utilizar las herramientas que provee el kit didáctico Festo de electroválvulas, con el fin de que el lector pueda practicar dando opción a mejorar las habilidades neumáticas y eléctricas en un mismo sistema de control.

A continuación, se presentan las instrucciones a seguir:

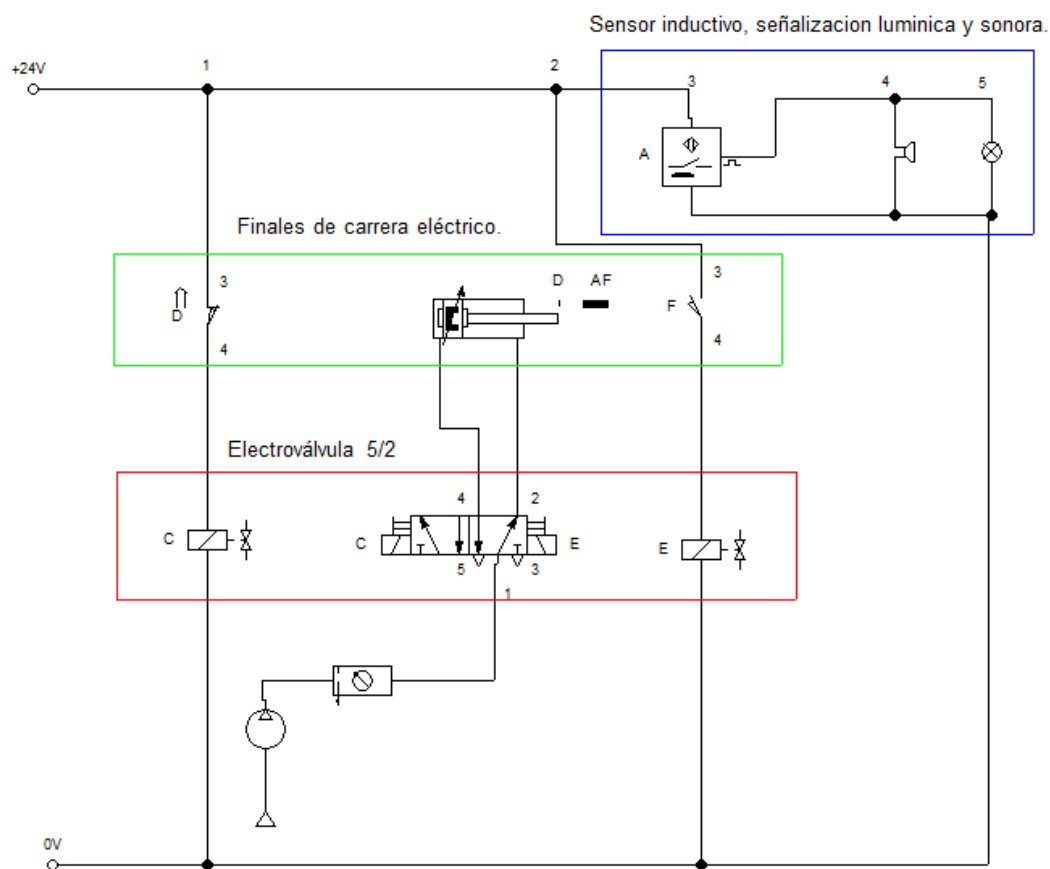
- El circuito para elaborar será el accionamiento y retorno de un cilindro de doble efecto en un bucle infinito, tomando en cuenta que al final del recorrido del vástago se activará una señal lumínica y sonora por medio del sensor inductivo. Utilizar únicamente electroválvulas.
- Al iniciar, se debe despejar el área de trabajo, teniendo el Panel neumático disponible para la elaboración de circuitos.
- Mantener cerrada la válvula principal que se encuentra en la unidad de mantenimiento y abrirla cuando el circuito este totalmente construido.

- Encender la fuente de energía de 24 V hasta que todas las conexiones eléctricas se encuentren correctamente conectadas.
- Simular el circuito en el software FluidSim para ver su funcionamiento antes de interactuar con las herramientas.

El esquemático para esta práctica se observa en la figura 29.

Figura 29.

Esquemático práctica 3



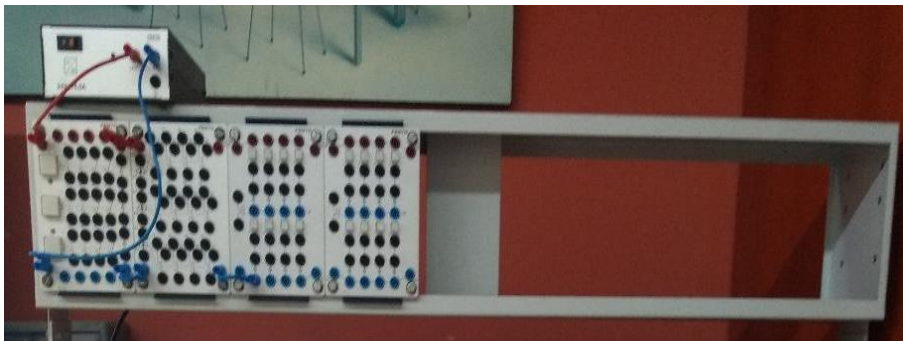
Nota. Gráfica de esquemático práctica 3. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

Los instrumentos que se necesitarán para esta práctica son:

- Fuente de energía 24 V FESTO
- Panel de notificación luminosa y sonora
- Cable eléctrico de Laboratorio FESTO
- Unidad de mantenimiento con la válvula de paso cerrada
- Válvula distribuidora de aire comprimido
- Una válvula 5/2 accionamiento y retorno eléctrico/manual
- Dos finales de carrera eléctricos
- Sensor inductivo tipo NPN

Figura 30.

Posicionamiento de paneles eléctricos



Nota. Fotografía de posicionamiento de paneles eléctricos para la práctica 3, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Figura 31.

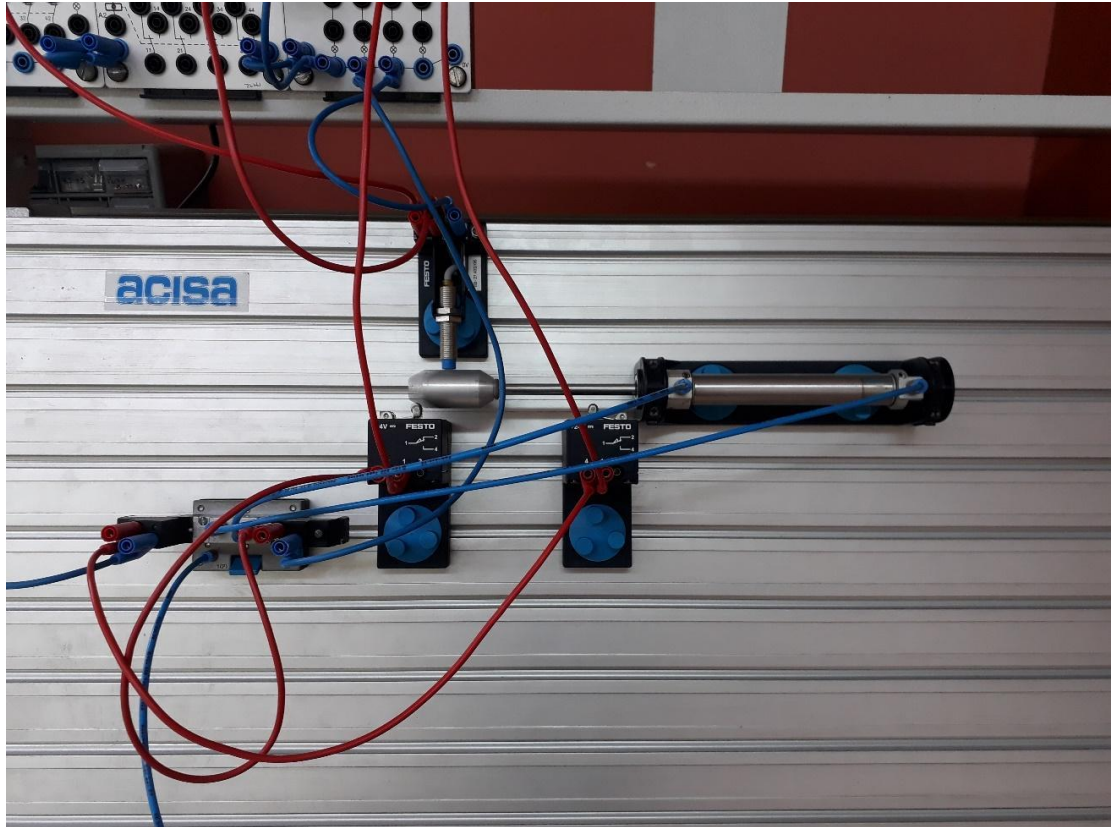
Posicionamiento de los componentes práctica 3



Nota. Fotografía de posicionamiento de los componentes para la práctica 3, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Figura 32.

Acercamiento al área de los componentes práctica 3

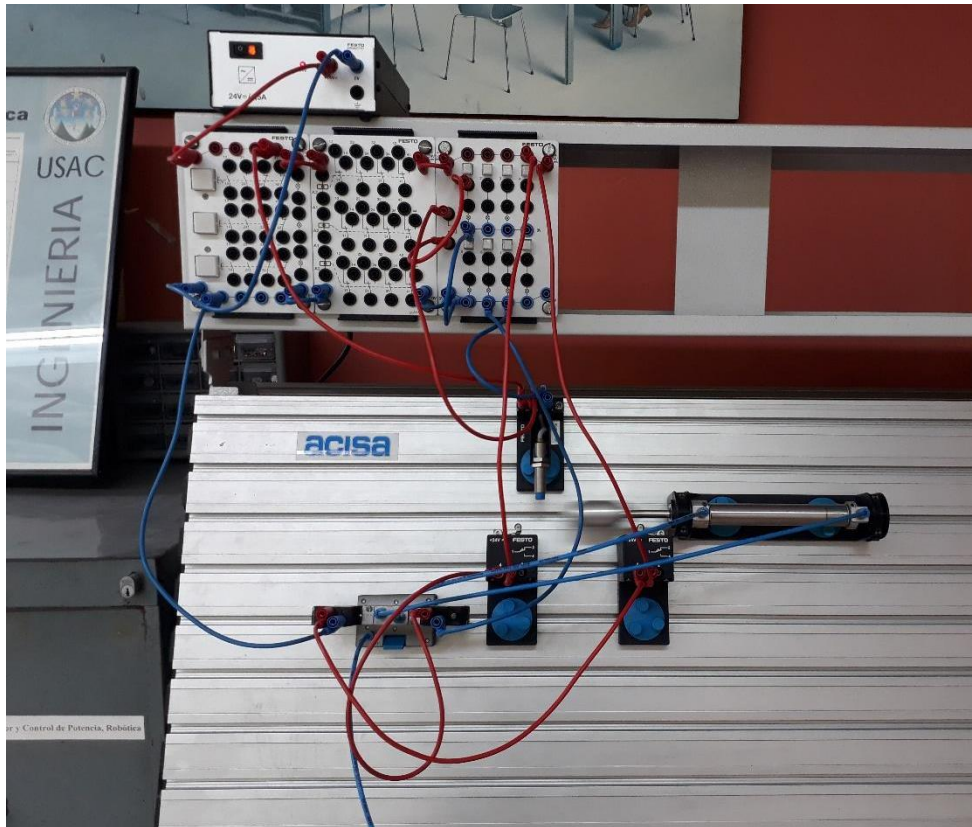


Nota. Fotografía de acercamiento al área de los componentes para la práctica 3, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

Tomando como guía el esquemático para esta práctica se deberán de realizar las conexiones respectivas, siendo cautelosos con forme a nomenclatura de cada válvula para el correcto funcionamiento del circuito.

Figura 33.

Conexiones entre componentes, tercera práctica

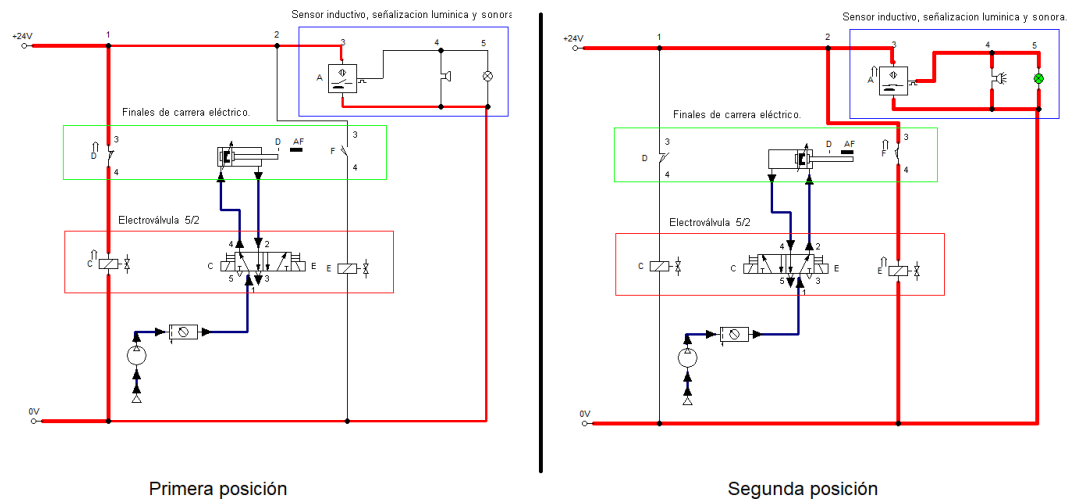


Nota. Fotografía de conexiones entre componentes para la práctica 3, tomada en el Laboratorio de Electrónica de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Elaboración propia.

En la figura 34, se presenta el resultado final, esta es la forma como se debe de visualizar el sistema dentro del software FluidSim.

Figura 34.

Resultado final práctica 3



Nota. Gráfica de resultado final práctica 3. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

4.5. Práctica 4

El objetivo de esta última práctica será unificar los contenidos previamente demostrados con el fin de realizar un sistema de control utilizando los diferentes componentes que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica.

A continuación, se presentan las instrucciones a seguir:

- El circuito a elaborar será un sistema de control que indique la posición del vástago de un cilindro de doble efecto por medio de notificaciones luminosas y sonoras, este será activado por otro cilindro de doble efecto que se encontrará controlado por el usuario por medio de botones.

Se debe tomar en cuenta los siguientes requisitos para la elaboración del sistema:

- En el panel de botones eléctricos utilizar el botón de estado permanente como encendido principal y paro de todo el sistema. (debe estar iluminado cuando el circuito se encuentre en marcha).
- Los botones restantes se usarán para enclavar y desenclavar un relee.
- El relee que se utilice será el encargado de enviar señal a las bobinas de la electroválvula 5/2 de accionamiento y retorno eléctrico para poder controlar el primer cilindro de doble efecto.
- Con el sensor inductivo se deberá detectar el fin de la carrera del vástago del primer cilindro, la señal resultante deberá de activar una válvula 5/2 de accionamiento eléctrico y retorno de muelle la cual controlará el segundo cilindro de doble efecto.
- Utilizando los sensores de posición electrónico con fijación a cilindro, se medirá en qué lugar se encuentra el vástago del segundo cilindro. Si es al inicio del recorrido deberá de realizar una notificación sonora y si es al final una señal lumínica, esto en el panel de notificación luminosa y sonora.

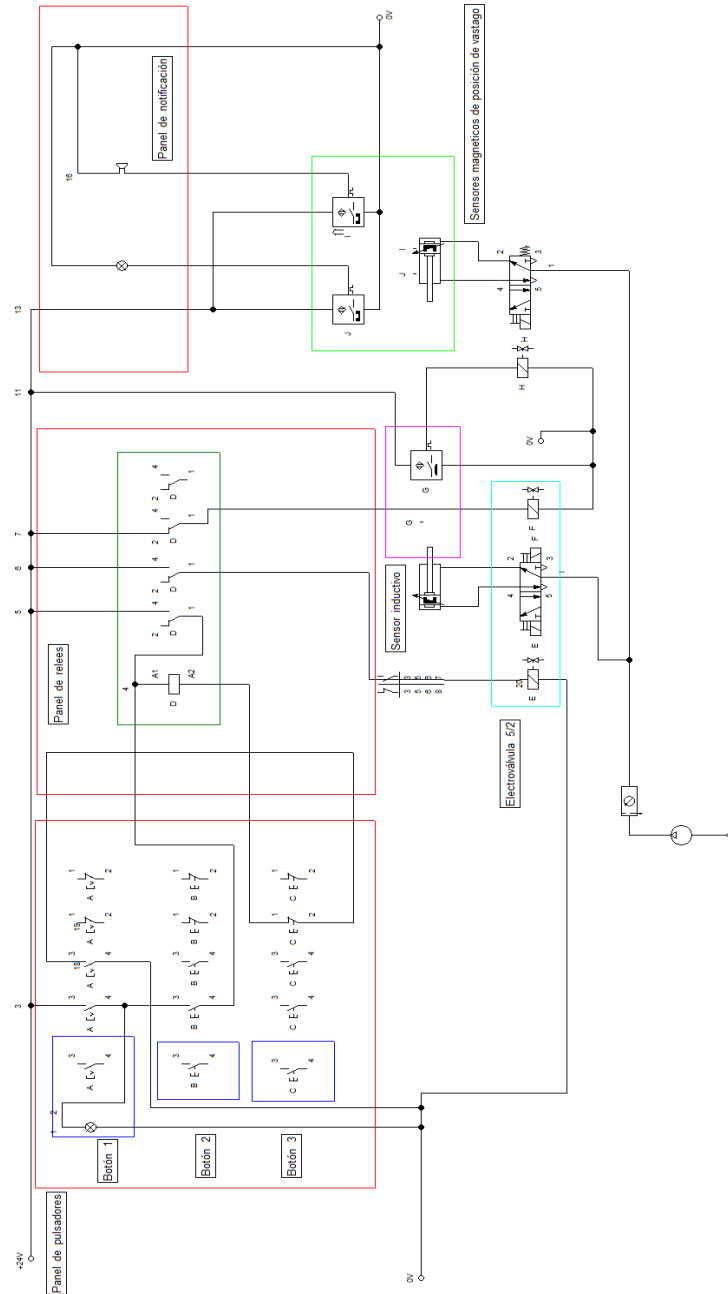
Los instrumentos para utilizar son:

- Panel de contactos de pulsadores de botón, normalmente abierto y cerrado.

- Panel de relees.
- Panel de notificación luminosa y sonora.
- Dos cilindros de doble efecto.
- Electroválvula 5/2 de accionamiento y retorno eléctrico.
- Electroválvula 5/2 de accionamiento eléctrico y retorno de muelle.
- Sensor inductivo.
- Sensores de posición electrónico con fijación a cilindro.
- Manguera neumática.
- Cable eléctrico.
- Unidad de mantenimiento.

El esquemático de la práctica se observa en la figura 35.

Figura 35.
Esquemático práctica 4



Nota. Gráfica de esquemático práctica 4. Elaboración propia, realizado con FluidSIM.

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de control automático poseen componentes que se pueden agrupar según la función que tengan sobre este. Entre estos se pueden mencionar: suplementos de aire, entrada de señales, procesamiento de señales, elementos de maniobra, componentes adicionales, actuadores, entre otros.
2. Usar correctamente los instrumentos incluye el buen manejo de estos y realizarles mantenimiento preventivo.
3. En el manual propuesto, se establece el uso de herramientas para facilitar el aprendizaje de los conceptos de los sistemas de control neumático
4. Las actividades propuestas en el manual del presente trabajo, al igual que las prácticas sugeridas, incentivan al lector a su introducción en el área de los Sistemas de Control Neumático. Permitiendo el avance desde un nivel de dificultad bajo y progresivamente avanzar hasta un punto estandarizado.
5. Luego de revisar y evaluar el estado de las herramientas que se encuentran disponibles en el Laboratorio de Electrónica, se establece que su estado es favorable para realizar las prácticas sugeridas.

RECOMENDACIONES

A los estudiantes:

1. Consultar cualquier duda que se presente mediante la realización de alguna práctica a la persona encargada del curso de neumática para solventarlas, esto con el fin de evitar accidentes y que se estropeen los instrumentos o peor aún que alguien salga herido por la mala manipulación de estos.

A los ingenieros o encargados del curso:

2. Mantener los instrumentos de neumática en las mejores condiciones posibles, realizando los servicios de mantenimiento previamente descritos para que las herramientas funcionen de una manera óptima y se conserven de la mejor manera.
3. Acatar las indicaciones de las prácticas lo mejor posible ya que realizar una buena práctica asegura la integridad de las personas y prolonga la vida de los instrumentos para que generaciones venideras puedan utilizarlos.
4. Guardar en todo momento el orden a la hora de manipular los instrumentos y luego de utilizarlos devolverlos a su lugar correspondiente.

5. Tener cuidado de no dañar los instrumentos ya que los componentes internos de cada válvula son delicados y repararlos requiere de un servicio técnico especializado.

REFERENCIAS

Creus, A. (2007). *Neumática e hidráulica*. Marcombo, S.A.

Festo. (s.f.). *Motores y reguladores de servoaccionamiento*. Festo.
https://www.festo.com/es/es/p/cilindro-redondo-de-simple-efecto-id_ESNU_PUB/

Laboratorio de Electrónica USAC. *Curso de Neumática*. Cuaderno de estudio 2018.

Rexroth. (2019). *Simbología gráfica conforme ISO 1219*. Rexroth. https://dc-br.resource.bosch.com/media/br/training/treinamentos_2020/arquivos_2/Simbologia_Grafica_ISO1219_ES.pdf

SMC. (s.f.). *Simbología Neumática*. SMC.
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=Y2V0eXMuZWRR1Lm14fGpyMmluZHVzdHJpYWx8Z3g6NWVYiY2E5OGYyY2YwN2E2MQ>

