



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

Diseño y construcción de módulo neumático

Realizado por:

Pablo Alexander Paucar Jácome

Director del proyecto:

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

QUITO, marzo del 2023

Declaración Juramentada

Yo, Pablo Alexander Paucar Jácome, con cédula de identidad 172222611-3, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



Nombre: Pablo Paucar

C.I. 172222611-3

Declaración del director de tesis

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Llanes", is written above a horizontal line.

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, PhD.

Los profesores informantes:

Ing. Diego Fernando Bustamante Villagómez

Ing. Diego Patricio González Sacoto

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Bustamante", written over a horizontal line.

Ing. Diego Bustamante

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "DIEGO GONZÁLEZ", written over a horizontal line.

Ing. Diego González

Quito, 28 de marzo de 2023

Declaración de autoría del estudiante

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Nombre: Pablo Paucar

C.I. 172222611-3

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación es dedicado a Dios, quien me ha permitido culminar esta etapa de mi vida, además siempre ha estado conmigo desde que empecé en este maravilloso mundo de la Mecánica Automotriz brindándome fortaleza, sabiduría y sobre todo salud.

A mi papá Luis Jácome (+), quien fue el pilar fundamental desde los inicios de mi carrera, en estos momentos ya no está conmigo pero sé que desde el cielo está pendiente de mí, además debe estar muy contento al verme cumpliendo una de las tantas metas anheladas.

A mi tío Pedro Jácome (+), quien formo parte importante del trayecto de mi vida estudiantil, con su partida repentina dejo un gran vacío, su sonrisa quedara grabada por siempre, así como este trabajo de titulación.

Pablo Alexander Paucar Jácome

Agradecimiento

Al concluir con el presente trabajo de titulación, expreso mis más grandes agradecimientos a:

- A mi Mamita, Luz María Guachamín quien ha estado presente y ha sido participe de mis logros personales, siempre ha sido el apoyo más importante, sus consejos, sermones, valores y enseñanzas que han forjado un hombre de bien.
- A mi Mami, Martha Jácome con quien hemos ganado y perdido muchas batallas, en las alegrías y en las tristezas nunca me ha dejado solo, además de ser el apoyo económico siempre he querido que esté orgullosa de mis logros.
- A mi Padre Rolando y mi hermano Dilan quienes me han ayudado y me han brindaron el apoyo constante durante este proceso de titulación.
- A mi novia por haberme brindado su ayuda, su tiempo y apoyo cuando lo necesitaba.
- A todos los docentes de FICA que a lo largo de la carrera me brindaron sus enseñanzas, sus anécdotas y su experiencia durante mi estadía en la UISEK
- A todas esas personas especiales en mi vida, que han permitido culminar con éxito este trabajo de titulación.

Resumen

En el presente trabajo de titulación se plantea la fabricación de un módulo didáctico de neumática que permita a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad Internacional “SEK” realizar simulaciones prácticas donde se apliquen válvulas neumáticas de control, reguladores, actuadores lineales y un control electrónico mediante la aplicación de la plataforma Arduino. Para iniciar con el desarrollo del módulo neumático se realizó la revisión documental de las características neumáticas y propiedades de los elementos a utilizar. Dentro del método se utilizó el software de diseño de circuitos FluidSIM para la modelación y simulación de los circuitos. Posteriormente se construyó el banco didáctico neumático y se incorporó de los circuitos neumáticos y electroneumáticos, finalmente se realizó la implementación de los circuitos neumáticos en el módulo didáctico donde se ubicó los componentes neumáticos y eléctricos de manera fácil y oportuna obteniendo la simulación real de los circuitos neumáticos.

Palabras clave: Banco- Didáctico- Neumática-Electroneumática.

Abstract

In this degree work we propose the manufacture of a didactic pneumatic module that allows students of the Faculty of Applied Sciences of the International University "SEK" to perform practical simulations where pneumatic control valves, regulators, linear actuators and an electronic control through the application of Arduino are applied. To start with the development of the pneumatic module, a documentary review of the pneumatic characteristics and properties of the elements to be used was carried out. Within the method, the FluidSIM circuit design software is used for the modeling and simulation of the circuits. Subsequently, the pneumatic didactic bench was built, and the pneumatic and electro-pneumatic circuits were incorporated. Finally, the pneumatic circuits were implemented in the didactic module where the pneumatic and electrical components were placed in an easy and timely manner, obtaining the real simulation of the pneumatic circuits.

*Keywords: **Bench- Didactic- Pneumatics- Electropneumatic.***

Índice de contenido

| | |
|---|----|
| Declaración Juramentada | 2 |
| Declaración de autoría del estudiante | 5 |
| Dedicatoria | 6 |
| Agradecimiento | 7 |
| Resumen | 8 |
| Abstract | 9 |
| Índice de contenido | 10 |
| Índice de tablas y figuras..... | 16 |
| Tablas | 16 |
| Figuras..... | 16 |
| Introducción | 20 |
| Problemática..... | 20 |
| Pregunta de investigación..... | 21 |
| Objetivo..... | 21 |
| Objetivos específicos..... | 21 |
| Justificación..... | 21 |
| Antecedentes | 23 |
| Estado del arte | 24 |
| Neumática..... | 25 |

| | |
|---|----|
| Ventajas de la neumática en la industria. | 26 |
| Desventajas de la neumática en la industria | 26 |
| Principios de neumática..... | 26 |
| Presión | 26 |
| Área | 27 |
| Generación de aire comprimido | 28 |
| Compresores | 28 |
| Acumuladores..... | 28 |
| Presostato..... | 29 |
| Aire comprimido | 29 |
| Distribuidores | 29 |
| Reguladores de presión | 30 |
| Filtros de aire..... | 30 |
| Cilindros neumáticos..... | 31 |
| Cilindro simple efecto | 31 |
| Cilindro doble efecto | 31 |
| Cálculo de cilindros..... | 32 |
| Diagramas ESPACIO-FASE..... | 33 |
| Válvulas neumáticas..... | 34 |

Válvula neumática de accionamiento mecánico por pulsador 3/2; **Error! Marcador no definido.**

| | |
|---|----|
| Válvula neumática de accionamiento mecánico por rodillo 3/2 | 35 |
| Válvula neumática de accionamiento manual 5/2 | 36 |
| Válvula de estrangulamiento | 36 |
| Válvula de simultaneidad (AND) | 37 |
| Válvula Selectora (OR) | 38 |
| Válvulas electroneumáticas | 38 |
| Válvulas de accionamiento eléctrico | 38 |
| Sistemas de control | 39 |
| Arduino | 39 |
| Pulsadores | 40 |
| Modulo Relé | 40 |
| Sistema de control electroneumático | 41 |
| Temporizador | 42 |
| Sensor infrarrojo | 43 |
| FluidSIM | 43 |
| Metodología | 45 |
| Diseño estructural prototipo del banco didáctico | 45 |
| Fuerzas aplicadas a los actuadores del banco didáctico | 47 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Cilindro A..... | 47 |
| Cilindro B..... | ¡Error! Marcador no definido. |
| Cilindro C..... | 48 |
| Etapa de distribución de aire | 48 |
| Diseño de circuitos neumáticos con FluidSIM | 49 |
| Accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados | 51 |
| Activación neumática indirecta de un actuador doble efecto | 52 |
| Activación neumática de un actuador doble efecto con velocidad variable..... | 52 |
| Accionamiento de retorno ciclo semiautomático en función del actuador..... | 53 |
| Accionamiento secuencial con válvula selectora | 53 |
| Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto | 54 |
| Accionamiento electroneumático de tres cilindros..... | 54 |
| Desplazamiento intuitivo de dos cilindros método intuitivo..... | 55 |
| Desplazamiento secuencial de dos cilindros en cascada | 55 |
| Desplazamiento secuencial de tres cilindros en cascada..... | 56 |
| Ensamblaje de la estructura del módulo neumático | 56 |
| Ensamblaje de módulos electrónicos | 58 |
| Resultados | 60 |
| Mobiliario del módulo neumático | 60 |
| Unidad de mantenimiento | 60 |

| | |
|--|----|
| Alimentación de los módulos eléctricos..... | 61 |
| Módulo Arduino Uno | 62 |
| Módulo de pulsadores e interruptores | 63 |
| Módulo de relés | 64 |
| Bobinas electroválvulas..... | 65 |
| Circuitos neumáticos | 66 |
| Circuito de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados | 66 |
| Circuito de activación neumática indirecta de un actuador doble efecto | 67 |
| Circuito de activación neumática de un actuador doble efecto con velocidad variable | 68 |
| Circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador..... | 69 |
| Accionamiento secuencial con válvula selectora | 70 |
| Desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada | 72 |
| Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto..... | 73 |
| Desplazamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos . | 74 |
| Accionamiento electroneumático de tres cilindros..... | 75 |
| Desplazamiento secuencial de tres cilindros en método cascada..... | 77 |
| Discusión..... | 79 |
| Conclusiones | 81 |

| | |
|--|-----------|
| Recomendaciones..... | 82 |
| Bibliografía..... | 83 |
| Anexos..... | 85 |
| <i>Anexo 1. Código de programación de Arduino.....</i> | <i>85</i> |
| Anexo 2. Características técnicas filtro de aire..... | 87 |
| Anexo 3. Características lubricador..... | 88 |
| Anexo 4. Características regulador de presión..... | 89 |
| Anexo 5. Guías de prácticas..... | 90 |
| Práctica N°1..... | 90 |
| Práctica N°2..... | 92 |
| Práctica N°3..... | 94 |
| Práctica N°4..... | 96 |
| Práctica N°5..... | 98 |
| Práctica N°6..... | 100 |
| Práctica N°7..... | 102 |
| Práctica N°8..... | 104 |
| Práctica N°9..... | 106 |
| Práctica N°10..... | 108 |

Índice de tablas y figuras

Tablas

| | | |
|---------|---|----|
| Tabla 1 | <i>Ley de los gases</i> | 27 |
| Tabla 2 | <i>Especificaciones Arduino UNO</i> | 39 |

Figuras

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | <i>Banco didáctico de HNSA Didáctica</i> | 24 |
| Figura 2 | <i>Banco didáctico de Festo Didáctica</i> | 25 |
| Figura 1 | <i>Compresor neumático</i> | 28 |
| Figura 2 | <i>Distribuidor de aire salida 1/4 de pulgada</i> | 30 |
| Figura 3 | <i>Cilindro doble efecto</i> | 31 |
| Figura 4 | <i>Fuerza de empuje y fuerza a restar por el área del vástago del pistón en retroceso</i> | 32 |
| Figura 5 | <i>Diagrama Espacio-tiempo secuencia de cilindros</i> | 33 |
| Figura 6 | <i>Válvula neumática 3/2 accionamiento por pulsador</i> | 35 |
| Figura 7 | <i>Válvula neumática de accionamiento por rodillo 3/2</i> | 35 |
| Figura 8 | <i>Válvula neumática de accionamiento manual con enclavamiento 5/2</i> | 36 |
| Figura 9 | <i>Válvula de estrangulamiento 1/4</i> | 37 |
| Figura 10 | <i>Válvula de simultaneidad (AND)</i> | 37 |
| Figura 11 | <i>Válvula selectora (OR)</i> | 38 |
| Figura 12 | <i>Electroválvula neumática 5/3</i> | 39 |
| Figura 13 | <i>Modulo relé</i> | 41 |
| Figura 14 | <i>Control electrónico neumático</i> | 42 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 15 | <i>Temporizador 12V</i> | 42 |
| Figura 16 | <i>Sensor Infrarrojo</i> | 43 |
| Figura 17 | <i>Software FluidSIM</i> | 44 |
| Figura 20 | <i>Propuesta estructura metálica del banco didáctico</i> | 45 |
| Figura 21 | <i>Propuesta del tablero de control</i> | 46 |
| Figura 22 | <i>Propuesta módulo didáctico neumático</i> | 47 |
| Figura 23 | <i>Acondicionamiento toma de aire</i> | 49 |
| Figura 24 | <i>Etapas para el diseño de circuitos neumáticos</i> | 50 |
| Figura 25 | <i>Etapas para el diseño electrónico de control</i> | 50 |
| Figura 26 | <i>Proceso soldadura y montaje de la estructura</i> | 56 |
| Figura 27 | <i>Proceso corte láser CNC</i> | 57 |
| Figura 28 | <i>Vinilo adhesivo para módulos de control</i> | 58 |
| Figura 29 | <i>Conexión de bobinas de las electroválvulas</i> | 58 |
| Figura 30 | <i>Conexiones eléctricas electroválvulas</i> | 59 |
| Figura 31 | <i>Mobiliario del módulo neumático</i> | 60 |
| Figura 32 | <i>Unidad de mantenimiento del banco neumático</i> | 61 |
| Figura 33 | <i>Módulo de alimentación</i> | 62 |
| Figura 34 | <i>Módulo control con Arduino Uno</i> | 63 |
| Figura 35 | <i>Módulo control pulsadores e interruptores</i> | 63 |
| Figura 36 | <i>Módulo de relés</i> | 64 |
| Figura 37 | <i>Módulo electroválvulas</i> | 66 |
| Figura 38 | <i>Diseño del circuito de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados</i> | 66 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 39 | <i>Circuito real de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados.</i> | 67 |
| Figura 40 | <i>Diseño del circuito de activación neumática indirecta de un actuador doble efecto.</i> | 67 |
| Figura 41 | <i>Circuito de aplicación de un actuador doble efecto de doble vástago con mando indirecto.</i> | 68 |
| Figura 42 | <i>Circuito de aplicación neumática de un actuador de doble efecto con velocidad variable.</i> | 69 |
| Figura 43 | <i>Diseño del circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador.</i> | 69 |
| Figura 44 | <i>Aplicación del circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador.</i> | 70 |
| Figura 45 | <i>Diseño accionamiento secuencial con válvula selectora.</i> | 71 |
| Figura 46 | <i>Aplicación de un circuito de accionamiento secuencial con válvula selectora.</i> | 71 |
| Figura 47 | <i>Desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada.</i> | 72 |
| Figura 48 | <i>Aplicación del desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada.</i> | 72 |
| Figura 49 | <i>Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto.</i> | 73 |
| Figura 50 | <i>Accionamiento electroneumático de un cilindro doble efecto.</i> | 74 |
| Figura 51 | <i>Desplazamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos.</i> | 74 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| Figura 52 | <i>Accionamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos.....</i> | <i>75</i> |
| Figura 53 | <i>Accionamiento electroneumático de tres cilindros.....</i> | <i>75</i> |
| Figura 54 | <i>Circuito de aplicación electroneumático de tres cilindros.....</i> | <i>76</i> |
| Figura 55 | <i>Desplazamiento secuencial de tres cilindros en método cascada.</i> | <i>77</i> |
| Figura 56 | <i>Circuito de aplicación secuencial de tres cilindros en método cascada. ..</i> | <i>78</i> |

Introducción

El avance tecnológico ha permitido desarrollar nuevas tecnologías empleando elementos neumáticos y electroneumáticos aplicados en procesos industriales mediante la automatización industrial, dentro del ámbito educativo se ha visto la necesidad de formar a los estudiantes con nuevos conocimientos de las tecnologías actuales y también equipar los laboratorios de los centros educativos con los nuevos avances tecnológicos existentes en la industria.

En la actualidad, debido al avance tecnológico se ha visto necesario la implementación de sistemas eléctricos y electrónicos dentro de las Universidades, por lo tanto, se ha visto la necesidad de equipar con esta nueva tecnología los laboratorios donde los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en el aula de clase para su desarrollo profesional (FESTO, 2022).

En el presente trabajo de titulación se pretende construir un módulo didáctico neumático que permita efectuar simulaciones prácticas con elementos neumáticos y electroneumáticos mediante un control electrónico de los procesos, con el fin de que los estudiantes de las carreras técnicas realicen prácticas en tiempo real, permitiéndose interactuar con el módulo didáctico y con el aprendizaje de los estudiantes de nuestra institución.

Problemática

Actualmente en el mobiliario de maquetas de la carrera de Ingeniería Automotriz existe una sola maqueta didáctica donde se emplea la neumática e hidráulica, la cual dispone de elementos fijos con circuitos ya establecidos, donde no se pueden hacer adaptaciones de nuevos circuitos ni tampoco implementar elementos electroneumáticos para el aprendizaje de los alumnos, limitando a los estudiantes la ejecución de prácticas reales de sistemas neumáticos de control.

Pregunta de investigación

¿Cómo contribuir al desarrollo de habilidades en el diseño y ejecución de circuitos neumáticos en la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad Internacional SEK?

Objetivo

Construir un banco didáctico de neumática por medio de la conexión de diferentes elementos tales como válvulas, electroválvulas, reguladores y actuadores que permitan simular situaciones reales, para el aprendizaje práctico de los estudiantes de Ingeniería Automotriz.

Objetivos específicos.

- Investigar los elementos necesarios para la construcción del laboratorio didáctico de neumática mediante una revisión bibliográfica.
- Diseñar y construir el banco didáctico de neumática para la simulación real de circuitos neumáticos mediante la incorporación de elementos neumáticos y electroneumáticos.
- Elaborar guías teóricas - prácticas mediante la utilización del software FLUIDSIM y el banco didáctico para la contribución en el aprendizaje de los estudiantes de ingeniería.

Justificación

Dentro de la carrera de Ingeniería Automotriz, se presenta la necesidad de equipar con un banco de pruebas didáctico donde el estudiante pueda realizar la simulación de circuitos neumáticos, el no disponer de un banco didáctico dificulta la aplicación de la teoría en la práctica real mediante la utilización de componentes neumáticos y electroneumáticos, además la elaboración de un banco didáctico de neumática será útil para la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Automotriz, donde se integrarán conocimientos de control de circuitos eléctricos para el mando de electroválvulas.

El presente trabajo de titulación dispone de una relevancia científica social, pues contribuye con el desarrollo de nuevas industrias basadas en procesos de automatización neumáticos, donde para cumplir sus procesos disponen de aliado a la neumática para que comanden los circuitos neumáticos dentro de la industria.

El estudio de la neumática involucra un amplio conocimiento de elementos mecánicos, electrónicos y neumáticos, donde es necesario la revisión constante de piezas y mecanismos mecánicos. Al no utilizar elementos contaminantes para su funcionamiento, la neumática se ha convertido en una alternativa aplicada, en los últimos años en procesos industriales (Lab-Volt, 2005).

El aporte que se pretende realizar es innovar en la enseñanza práctica mediante la aplicación del laboratorio didáctico de neumática donde los elementos puedan ser fácilmente ensamblados y remplazados, con el fin de contribuir con la formación de los estudiantes de Ingeniería Automotriz, de la misma manera se pretende elaborar guías de prácticas donde reposen situaciones reales que se presentan en la vida laboral, con el fin de que los estudiantes afiancen sus conocimientos en Neumática.

El desarrollo de un laboratorio de neumática dentro de la carrera de Ingeniería Automotriz es importante para la formación profesional de los estudiantes, pues se pretende ejecutar prácticas de procesos neumáticos y electroneumáticos mediante la aplicación de tecnologías de control electrónico con la plataforma Arduino, promoviendo el desarrollo de nuevas herramientas que afianzan las habilidades de los estudiantes. Además, este servirá en el desarrollo de contenidos relacionados con otras carreras como es la Ingeniería Mecatrónica y la Mecánica.

Antecedentes

Los bancos neumáticos elaborados por la compañía FESTO son conocidos por sus grandes prestaciones y elementos neumáticos de alta calidad, pero al ser una marca reconocida, el costo para comprar estos equipos es elevado, además de no contar con una distribuidora autorizada en nuestro país se dificulta su adquisición; se procede a realizar una revisión literaria de proyectos existentes que fueron elaborados por Universidades en los años anteriores donde:

En el caso de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Andrade (2017) realizó el diseño e implementación de un banco de pruebas electroneumático para mejorar el aprendizaje de los estudiantes de la Universidad, dicho proyecto mejoró las capacidades de los estudiantes para familiarizarse con la industria y obtener conocimientos prácticos que les servirán en el ámbito profesional.

Por otro lado, Rojas (2018) efectuó la implementación de un banco de aprendizaje para que los estudiantes de la Universidad de Ibagué refuercen los conocimientos prácticos obteniendo grandes resultados en el aprendizaje, además elaboró 10 guías de prácticas referentes a neumática y electroneumática donde explica el funcionamiento de los elementos y el correcto funcionamiento del banco didáctico.

Por su parte, Delgado (2021) ejecutó un proyecto referente a neumática y electroneumática donde menciona que la elaboración de guías de práctica es esencial para el aprendizaje de los estudiantes, además recomienda realizar un inventario antes de la ejecución de proyecto para optimizar los tiempos de ejecución y economizar la construcción del banco didáctico.

Estado del arte

En la actualidad, la industria se transforma de manera acelerada, el equipamiento y la implementación de nuevos recursos tecnológicos son necesarios para cumplir nuevos procesos, con su maquinaria existen empresas que cumplen el rol de construcción de equipos de aprendizaje permitiendo aumentar las habilidades de los profesionales en formación.

Según los diseños realizados por la empresa (HNSA Didactic, 2019) los módulos didácticos dispone de un panel de trabajo de acero doblado para que los circuitos puedan ser aplicados de manera sencilla y modificados de acuerdo a la necesidad, su estructura permite el trabajo de 6-8 personas, dentro de su estructura este tipo de banco son fabricados con paneles de aluminio de 1600 mm de largo x 1000 mm de ancho x 2000 mm de altura, incluye 4 llantas para facilitar la movilidad, además dispone de un manual de operación para la correcta operación de los elementos neumáticos. También dispone de una guía de ejercicios para que los estudiantes apliquen ejercicios de control.

Figura 1

Banco didáctico de HNSA Didáctica



Nota: recuperado de: (HNSA Didactic, 2019)

La empresa FESTO Didáctica es una empresa con 50 años de experiencia en la elaboración de bancos didácticos neumáticos, hidráulicos, electrónicos, de control, entre otros. Este tipo de bancos didácticos dispone de una amplia oferta para centros de formación industrial, también centro de formación profesional como Universidades, escuelas de formación superior y todo tipo de laboratorios de ciencias.

Figura 2

Banco didáctico de Festo Didáctica.



Nota: recuperado de (FESTO, 2022)

Neumática

Dentro del estudio de los fluidos de movimiento, la neumática estudia las propiedades de los gases y todo lo que tenga que ver con la intervención del aire comprimido como medio de transmisión de energía de movimiento. En las plantas industriales se utiliza los sistemas de aire comprimido donde intervienen motores y cilindros neumáticos, mediante el control de válvulas neumáticas y electroneumáticas, este procedimiento se lleva a cabo con el fin de optimizar procesos industriales, tales como: ensamblado de partes automotrices, frenos neumáticos, prensas neumáticas, máquinas de empaquetado, máquinas de envasado, transportadoras, elevadores, entre otros (Lab-Volt, 2005).

Ventajas de la neumática en la industria.

Se presenta varios beneficios mediante el uso de la neumática dentro del campo industrial, como, por ejemplo, el diseño de circuitos mediante software permite posteriormente una fácil implementación real de sistemas neumáticos, al trabajar con una presión de 6 bar se corre un riesgo nulo de explosión, además la neumática permite realizar el cambio de movimiento lineal a giratorio de manera fácil y optimizando los equipos. Otra de las ventajas es que la neumática transmite energía a grandes distancias y su coste de mantenimiento es mínimo.

Desventajas de la neumática en la industria

Entre las desventajas que se pueden presentar en la implementación de la neumática en la industria se dispone que no se puede obtener velocidades estables ya que el flujo se ve afectado por la compresibilidad del aire, además un factor negativo para este tipo de tecnología es que se necesita un alto coste para generar la energía neumática mediante grandes compresores, finalmente cuando entra en funcionamiento los circuitos las posibles fugas reducen notablemente el rendimiento de los sistemas neumáticos (Hannifin, 2003).

Principios de neumática.

Fuerza

La fuerza según Zambrano (2008) se define como “la capacidad de realizar cambios en el movimiento en la estructura de un cuerpo”. La fuerza que el aire ejerce sobre los sistemas neumáticos se obtiene de la ecuación 1:

$$F = P_{aire} * A \quad [1]$$

Presión

La presión según Orejuela (2008) se define como “la resultante de la fuerza normal aplicado sobre la superficie de contacto, en el sistema Internacional la unidad de presión es el Pascal” según la ecuación 2.

$$P = \frac{F}{A} \text{ [2]}$$

Área

El área se define como la medida de la superficie de contacto y se le puede calcular en los círculos mediante la multiplicación de pi por radio al cuadrado.

$$A_{\phi} = \pi * r^2 \text{ [3]}$$

Además, es necesario conocer los conceptos relacionados a la presión ejercida en los sistemas, según Buenache (2010) “la presión atmosférica es la presión ejercida sobre todos los cuerpos por los gases contenidos alrededor de la Tierra que no escapan al espacio exterior debido a la fuerza de la gravedad terrestre”.

La presión máxima admisible (PMA) dentro de los sistemas neumáticos se define como la presión máxima que cada elemento puede soportar, generalmente estos miden la presión en bar o Pascal.

Las condiciones del aire también es necesario conocer, puesto que la ley general de los gases se define a través de la presión absoluta, el volumen específico y la temperatura. La ley de los gases se define con las siguientes ecuaciones que se ubican en la Tabla 1:

Tabla 1

Ley de los gases

| Ley | Magnitudes |
|--------------------------|---|
| Boyle – Mariotte (T=Cte) | $P_1 * V_1 = P_2 * P_2 = Cte \text{ [4]}$ |

 Charles Gay-Lussac (P=Cte)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = Cte \quad [5]$$

Amonton (V=Cte)

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} = Cte \quad [6]$$

Nota: En esta tabla 1 se muestra las ecuaciones utilizadas dentro de la ley de los gases.

Generación de aire comprimido

Compresores

El compresor es una máquina que recolecta el aire que se encuentra en la atmósfera para luego comprimirlo dentro su cámara mediante el movimiento de un pistón produciendo un proceso cíclico de aspiración del aire y compresión. El compresor de pistón es el más utilizado en la industria, tiene la ventaja de adaptarse a aplicaciones livianas como pesadas debido a sus grandes capacidades de comprimir aire, su lubricación se da mediante aceite y su diseño ergonómico permite trasladarlo de un lugar a otro (Millán, 2016).

Figura 3

Compresor neumático



Nota: El gráfico representa a un compresor neumático de aire que es accionando mediante una patea, que adquiere una potencia de 4 HP, recuperado de (AQP Solutions, 2021).

Acumuladores

Los acumuladores comúnmente denominados depósitos son los encargados de almacenar el aire que es comprimido mediante el cabezal del compresor, el depósito está construido de chapa metálica de forma cilíndrica para que resista las presiones de almacenamiento, además estos acumuladores disponen de una presión máxima de operación para que no se reviente.

Presostato

El presostato es una válvula que se encarga en medir la presión mínima y máxima dentro del acumulador, en el caso de medir una presión mínima el motor eléctrico del compresor es activado y en el caso de una presión máxima, el motor eléctrico compresor es desactivado, este sistema incluye un manómetro para cuantificar la presión dentro del sistema.

Aire comprimido

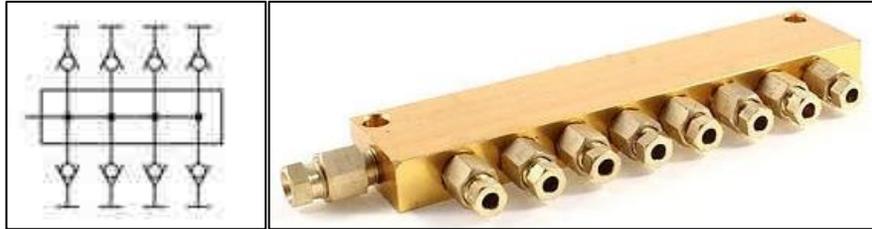
Distribuidores

Los distribuidores son elementos que permiten el intercambio de aire entre la línea principal y las secundarias, este distribuidor permite resistir el caudal del aire y dosificar el aire comprimido a través de las conexiones de plástico y metal. Es necesario conocer que las instalaciones de aire comprimido resisten una presión máxima de 8 a 10 bares, y una presión de funcionamiento debe oscilar entre los 6.5 bares a 7 bares para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos.

La tubería principal debe conducir el caudal de aire comprimido con una velocidad máxima de 8 m/s, mientras que la tubería secundaria, dispone de una velocidad máxima de trabajo de 10 a 15 m/s. Por lo general la entrada de aire debe ser más grande que la salida, como se muestra en la figura 2, el distribuidor de aire dispone de un ingreso de aire de ½ pulgada y las salidas controladas son de ¼ de pulgada (Renedo, 2015).

Figura 4

Distribuidor de aire salida 1/4 de pulgada



Nota: El distribuidor de aire permite suministrar aire de la línea principal a las líneas secundarias que comandan los circuitos neumáticos, Adoptado de (SULLAIR, LLC, 2017).

Reguladores de presión

Los reguladores de presión están conectados antes de los sistemas de distribución, debido a que la presión que suministra el compresor debe ser constante y no debe tener picos altos de presión, ya que podría afectar a la hermeticidad del circuito neumático.

Este tipo de regulador de presión se instala en la red de alimentación para disponer de una uniformidad en la presión del aire comprimido, por lo general manejan una presión de 4 a 6 bar.

Filtros de aire

Luego de los reguladores de presión se ubican los filtros, los cuales se definen como trampas de agua que actúan cuando el aire ingresa y choca con el disco filtrante en espiral, donde mediante la fuerza centrífuga del aire que está en contacto con el espiral se produce la separación del agua y partículas sólidas que se adhieren al interior del filtro.

Este sistema dispone de un filtro de purificación, el cual cuando esté completamente lleno de agua, se puede eliminar el agua filtrada del sistema a través de un grifo, el cual debe ser

supervisado diariamente antes que llegue al nivel máximo ya que podría dañar las líneas y elementos neumáticos.

Cilindros neumáticos

Cilindro simple efecto

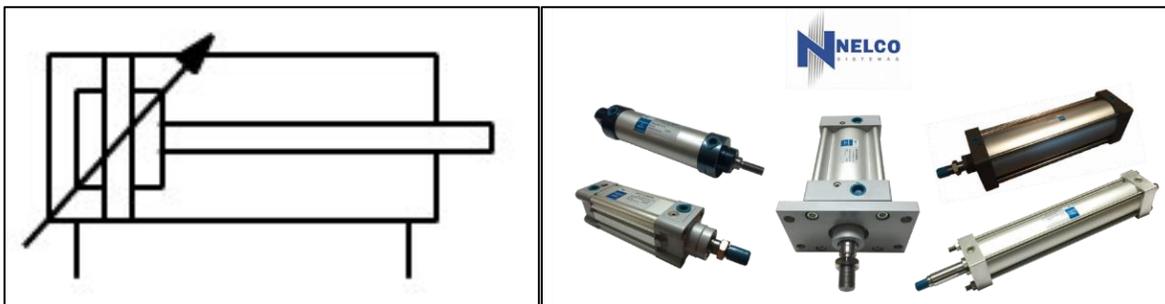
Los cilindros son aparatos que transforman la energía potencial proveniente del aire comprimido y lo transforman en energía cinética de movimiento realizando movimientos de avance o retroceso. Los cilindros simple efecto tienen la particularidad de actuar en una sola dirección el movimiento y su regreso lo realiza mediante un muelle en su interior. Este tipo de cilindros se lo utiliza para carreras cortas y de diámetros pequeños.

Cilindro doble efecto

Los cilindros doble efecto son los más utilizados en la industria, ya que dispone de dos cámaras de aspiración donde el embolo y el vástago pueden desplazarse en las dos direcciones. Este tipo de cilindros son más eficaces y precisos, además pueden alcanzar grandes velocidades, este tipo de actuadores se los utiliza como cilindros prensores, cilindros de sujeción y cilindros de posicionamiento.

Figura 5

Cilindro doble efecto



Nota: Los cilindros de doble efecto son actuadores que utilizan el aire para generar movimiento lineal, se dispone de varios modelos y dimensiones (NELCO SA, 2016).

Cálculo de cilindros

Las principales características que se debe considerar en el cálculo de cilindros de doble efecto son:

La fuerza de avance de los cilindros se obtiene de la ecuación [7]

$$F_{Avance} = P_{Aire} * \frac{(\pi * d^2)}{40} \quad [7]$$

La fuerza de retroceso disminuye en los cilindros ya que se ve afectado por la disminución del área del área del embolo por la existencia del vástago, y se obtiene mediante la aplicación de la ecuación [8],

$$F_{Retroceso} = P_{Aire} * \frac{\pi * (D^2 * d^2)}{40} \quad [8]$$

En la figura 4, se muestra una tabla actualizada donde se detalla la fuerza de empuje que actúa sobre el actuador cuando se aplica en toda su área, y también se dispone de la fuerza de retroceso que se obtiene de restar el área del vástago del pistón del área total del cilindro cuando está en retroceso, debido a que el área dentro del cilindro se disminuye, por ende, la fuerza de retroceso es menor a la de empuje.

Figura 6

Fuerza de empuje y fuerza a restar por el área del vástago del pistón en retroceso.

| Fuerza de empuje actuando el aire en toda el área del pistón | | | | | Fuerza a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso | | | | | | |
|--|------------------------------------|---|----------|----------|--|----------------------------------|--|---|-------|-------|---------|
| Diámetro del cilindro (mm) | Área del pistón (mm ²) | Fuerza de empuje en Newton a varias presiones (bar) | | | | Diámetro vástago del pistón (mm) | Área del vástago del pistón (mm ²) | Fuerza de retroceso a varias presiones (Newton) | | | |
| | | 1,0 | 5,0 | 7,0 | 10,0 | | | 1,0 | 5,0 | 7,0 | 10,0 |
| 6 | 28 | 2,8 | 14,1 | 19,8 | 28,3 | 4 | 13 | 1,3 | 6,3 | 8,8 | 12,6 |
| 8 | 50 | 5,0 | 25,1 | 35,2 | 50,2 | 6 | 28 | 2,8 | 14,1 | 19,8 | 28,3 |
| 10 | 79 | 7,9 | 39,3 | 55,0 | 78,5 | 8 | 50 | 5,0 | 25,1 | 35,2 | 50,2 |
| 12 | 113 | 11,3 | 56,5 | 79,1 | 113,0 | 10 | 79 | 7,9 | 39,3 | 55,0 | 78,5 |
| 14 | 154 | 15,4 | 76,9 | 107,7 | 153,9 | 12 | 113 | 11,3 | 56,5 | 79,1 | 113,0 |
| 16 | 201 | 20,1 | 100,5 | 140,7 | 201,0 | 16 | 201 | 20,1 | 100,5 | 140,7 | 201,0 |
| 20 | 314 | 31,4 | 157,0 | 219,8 | 314,0 | 20 | 314 | 31,4 | 157,0 | 219,8 | 314,0 |
| 25 | 491 | 49,1 | 245,3 | 343,4 | 490,6 | 25 | 491 | 49,1 | 245,3 | 343,4 | 490,6 |
| 32 | 804 | 80,4 | 401,9 | 562,7 | 803,8 | 32 | 804 | 80,4 | 401,9 | 562,7 | 803,8 |
| 40 | 1.257 | 125,6 | 628,0 | 879,2 | 1.256,0 | 40 | 1.257 | 125,6 | 628,0 | 879,2 | 1.256,0 |
| 50 | 1.963 | 196,3 | 981,3 | 1.373,8 | 1.962,5 | | | | | | |
| 63 | 3.117 | 311,6 | 1.557,8 | 2.181,0 | 3.115,7 | | | | | | |
| 80 | 5.027 | 502,4 | 2.512,0 | 3.516,8 | 5.024,0 | | | | | | |
| 100 | 7.854 | 785,0 | 3.925,0 | 5.495,0 | 7.850,0 | | | | | | |
| 125 | 12.272 | 1.226,6 | 6.132,8 | 8.585,9 | 12.265,6 | | | | | | |
| 160 | 20.106 | 2.009,6 | 10.048,0 | 14.067,2 | 20.096,0 | | | | | | |
| 200 | 31.416 | 3.140,0 | 15.700,0 | 21.980,0 | 31.400,0 | | | | | | |

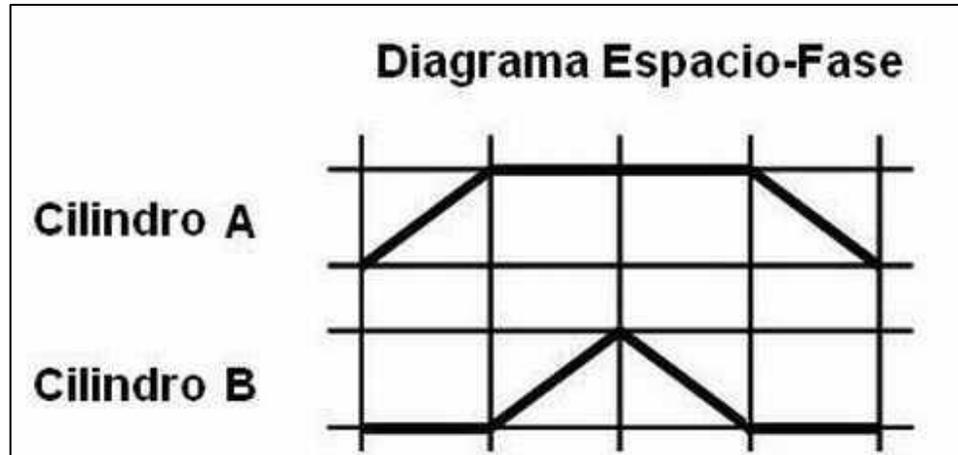
Recuperado de: (Creus, 2007, pág. 30)

Diagramas ESPACIO-FASE.

Este tipo de diagramas son representaciones gráficas del espacio con respecto al tiempo en el que se recorren los cilindros neumáticos. Son utilizados para graficar las secuencias de los cilindros mediante la utilizan las letras iniciales mayúsculas del abecedario, además se ubican los signos + en el caso de que la carrera sea de avance y un signo – en el caso de un retroceso del actuador.

Figura 7

Diagrama Espacio-tiempo secuencia de cilindros



Nota: En el presente diagrama de espacio-fase se presenta el accionamiento de los cilindros A y B, donde el cilindro B es un cilindro de simple efecto y se activa cuando el cilindro A termina su carrera de apertura (Creus, 2007).

Válvulas neumáticas

Dentro de un sistema neumático se dispone de las unidades de mando neumáticas, las cuales funcionan como un switch que permite abrir y cerrar el paso de aire, estas válvulas se diferencian por el tipo de accionamiento, número de vías y número de posiciones. El número de posiciones significa cuantos estados estables posee la válvula, las cuales pueden ser dos, tres o cuatro, excepto menos de una.

La válvula puede ser normalmente abierta (NA) es decir que cuando está en su posición base permite el libre paso de aire, mientras que la válvula normalmente cerrada (NC) cuando está en su posición base no deja pasar aire comprimido.

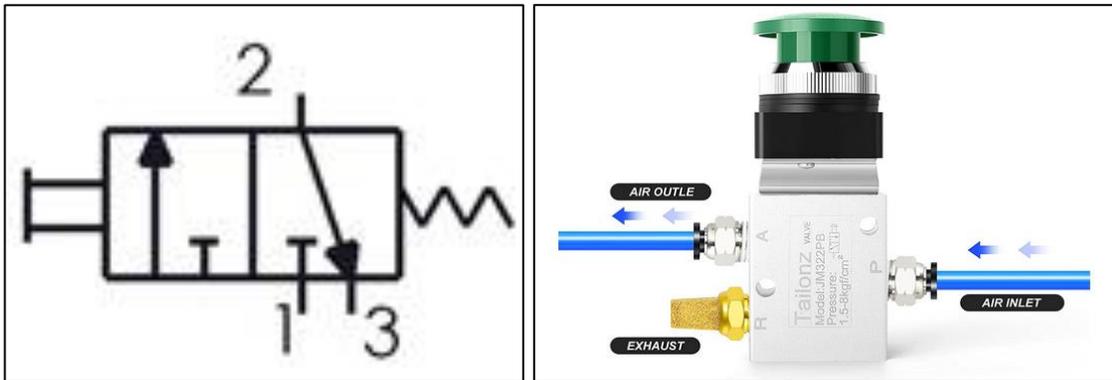
Válvula neumática de accionamiento mecánico por pulsador 3/2

Este tipo de válvulas neumáticas dispone de tres vías y dos posiciones, permiten el accionamiento a través del botón de cierre tipo hongo que se acciona la apertura y el cierre de la válvula, dispone de puertos de ingreso y salida de aire NPT (A)=1/4 de pulgada y la salida de

aire de NPT (R)=1/4 de pulgada, el rango de presión de trabajo es de 25-116 PSI, con una temperatura que oscila entre 0-60 grados centígrados.

Figura 8

Válvula neumática 3/2 accionamiento por pulsador



Nota: La válvula neumática 3/2 dispone de un mecanismo de activación por fuerza manual permitiendo el paso de la línea de aire (PNeumatic Plus, 2017).

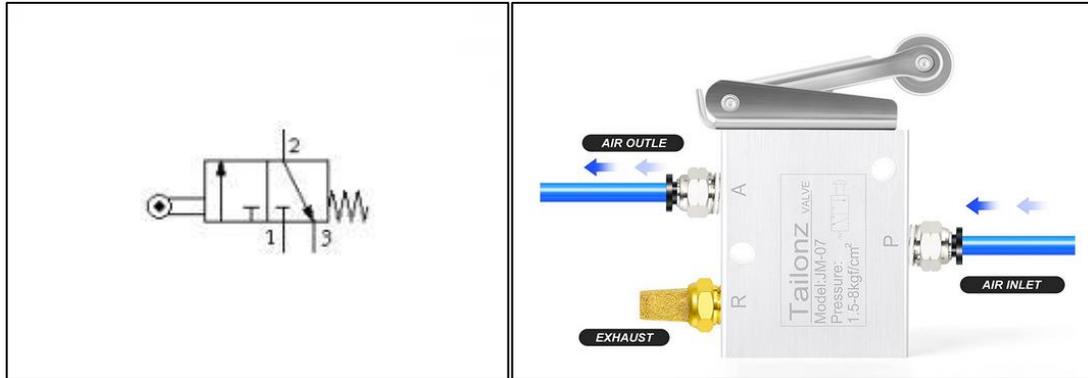
Válvula neumática de accionamiento mecánico por rodillo 3/2

La válvula neumática de accionamiento por rodillo dispone de tres vías y dos posiciones, permiten el accionamiento a través de un rodillo de cierre que puede ser accionando por un cilindro, esta válvula es utilizada en los sistemas de cascada.

Dispone de puertos de ingreso y salida de aire NPT (A)=1/4 de pulgada y la salida de aire de NPT (R)=1/4 de pulgada, el rango de presión de trabajo es de 25-116 PSI, con una temperatura que oscila entre 0-60 grados centígrados.

Figura 9

Válvula neumática de accionamiento por rodillo 3/2



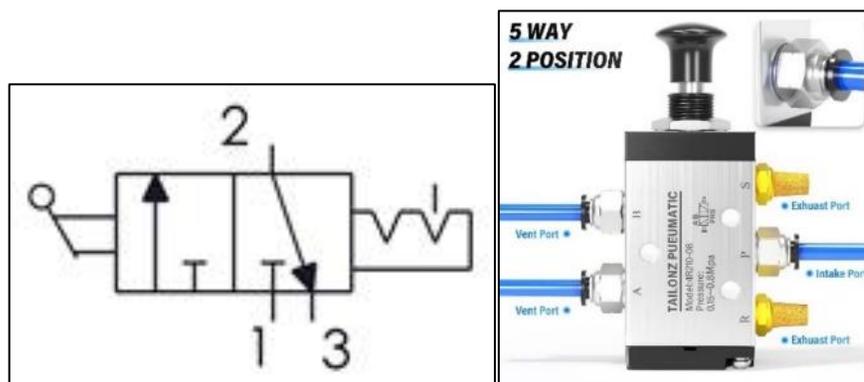
Recuperado de: (FESTO, 2019)

Válvula neumática de accionamiento manual 5/2

La válvula de accionamiento manual con enclavamiento 5/2 dispone de cinco vías y dos posiciones, permiten el accionamiento manual, dispone de puertos de ingreso y salida de aire NPT (A)=1/4 de pulgada y la salida de aire de NPT (R)=1/4 de pulgada, el rango de presión de trabajo es de 25-116 PSI, soporta una temperatura que oscila entre 0-60 °C.

Figura 10

Válvula neumática de accionamiento manual con enclavamiento 5/2



Recuperado de: (FESTO, 2019)

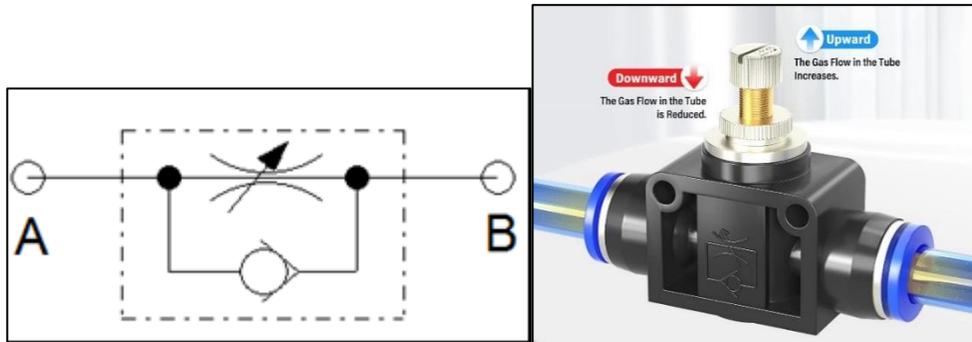
Válvula de estrangulamiento

La válvula de estrangulamiento permite controlar el flujo de aire mediante el ajuste de un tornillo en la parte superior que permite controlador de velocidad de la línea, este tipo de válvula

viene incorporado la línea antirretorno para que no regrese el caudal del aire cuando se produzca el accionamiento.

Figura 11

Válvula de estrangulamiento 1/4



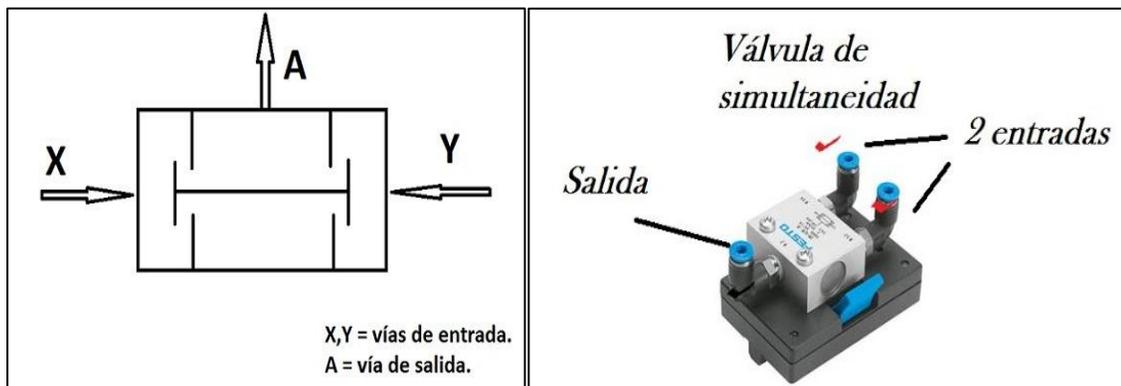
Recuperado de: (FESTO, 2019)

Válvula de simultaneidad (AND)

Las válvulas de accionamiento simultaneas son válvulas condicionantes que solo se activan si las dos señales de accionamiento llegan a la válvula, en el caso de solo obtener una señal la válvula bloquea hasta que llegue la siguiente señal, dispone de 2 entradas (X & Y) y una salida (A). También se la conoce como el módulo Y con su operador lógico (AND).

Figura 12

Válvula de simultaneidad (AND)



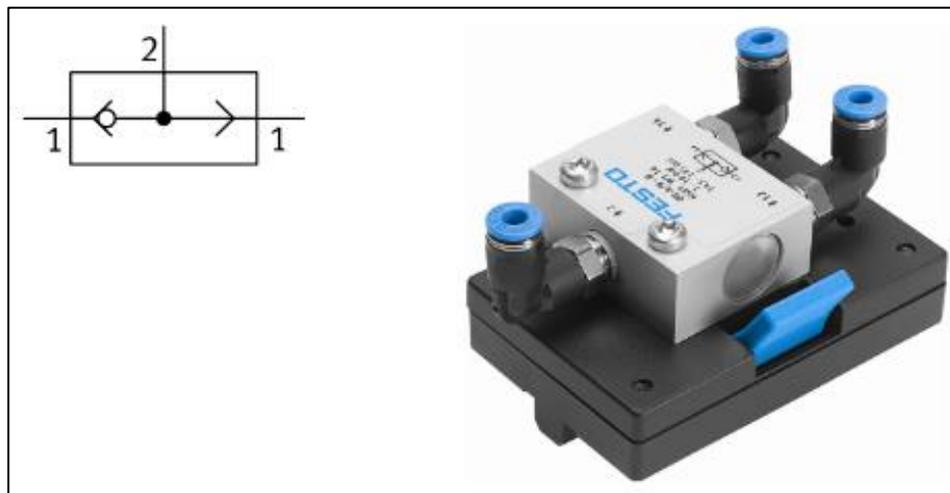
Recuperado de: (FESTO, 2019)

Válvula Selectora (OR)

La válvula selector se define como una compuerta lógica OR, donde dispone de dos entradas y una salida comandada de la siguiente manera; en el caso de que el aire comprimido ingrese por cualquiera de las dos entradas se activa y se libera el pistón interior de la válvula permitiendo el paso del aire comprimido.

Figura 13

Válvula selector (OR)

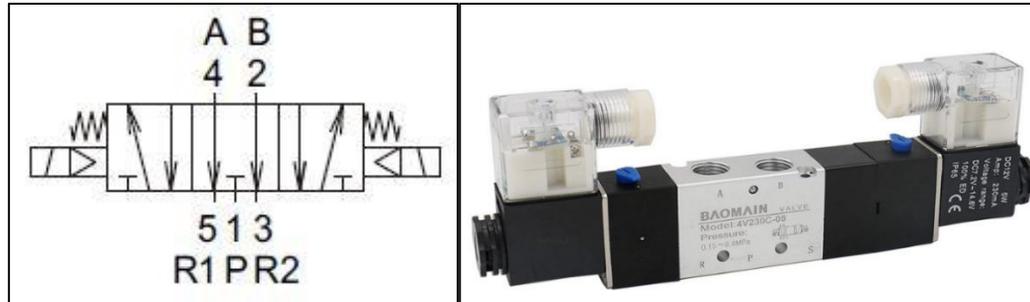


Recuperado de (FESTO, 2019)

Válvulas electroneumáticas

Válvulas de accionamiento eléctrico

Las electroválvulas cumplen una función destacada en la automatización industrial ya que permiten ser comandadas por unidades programables, este tipo de válvula dispone de 5 vías y tres posiciones, además trabaja con un voltaje de DC-12 V a una presión de trabajo que oscila entre 1.5 a 8 bar, sus conexiones de entrada y salida son de ¼ de pulgada.

Figura 14*Electroválvula neumática 5/3*

Recuperado de (FESTO, 2019)

Sistemas de control***Arduino***

La placa Arduino Uno es una unidad programable que permite automatizar procesos, dentro de su entorno dispone de elementos para la recepción y distribución de datos. El procesamiento y la ejecución de las instrucciones, los realiza bajo los parámetros del microcontrolador ATmega328, en el cual se dispone de 14 pines de entrada/salida digital que trabajan con 5 V y suministran una intensidad de 40 mA, además de 6 entradas analógicas PWM de hasta 8 bits, un oscilador de cuarzo a 16 MHz, una conexión USB, un conector para alimentación, una cabecera para la programación serial del circuito y un botón de reset. En la siguiente tabla 2 se dispone las características de Arduino Uno:

Tabla 2*Especificaciones Arduino UNO*

| | |
|-------------------|---------------|
| Modelo: | UNO R3 |
| Microcontrolador: | ATmega328 |

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Voltaje de operación: | 5V |
| Voltaje de entrada: | 7-12V Recomendado y Límite 20V |
| Digital I/O Pins: | 14 |
| PWM Digital I/O Pins: | 6 |
| Entradas analógicas (pines): | 6 |
| Corriente máxima por pin I/O: | 20 mA |
| Corriente máxima por pin 3.3V: | 50 mA |
| Memoria Flash: | 32 kB |
| SRAM: | 2kB |
| EEPROM: | 1kB |
| Frecuencia del Oscilador: | 16MHz |
| Dimensiones: | 68.6 x 53.4 mm |
| Peso: | 25 g |

Nota: En la presente tabla se muestra las características de Arduino UNO.

Pulsadores

Los pulsadores son interruptores que permiten abrir y cerrar los circuitos eléctricos, su voltaje de operación son de 5V, 12 V y 24 V.

Modulo Relé

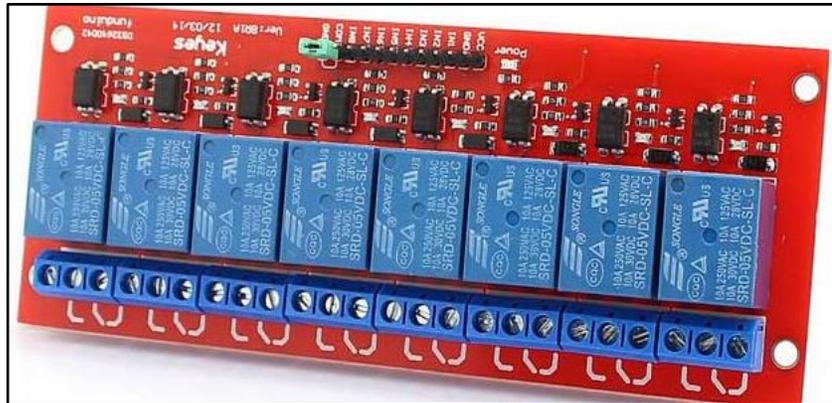
Los módulos de relé de Arduino presentan una shield acoplada con 8 relés de 5 Voltios con una intensidad de 10 Amperios, esta shield incorpora en su interior leds de colores para saber si está en funcionamiento el relé. Como muestra la figura 2.4 el módulo relé dispone de 5 pines de conexión que son los siguientes:

- IN, que va conectado de los puertos PWM de Arduino.

- VCC, es la corriente positiva que sale de la placa Arduino Uno del pin 5V.
- GND, es la corriente negativa que sale de la placa Arduino Uno del pin GND.
- NO, es el terminal normalmente abierto conectado a la corriente positiva del consumidor que está conectado a la salida del módulo del relé.
- NC, es el terminal normalmente cerrado que puede ser conectado a la corriente positiva del consumidor.
- COM, es el terminal conectado a la corriente negativa del consumidor que está conectado a la salida del módulo del relé.

Figura 15

Modulo relé



Recuperado de: (ARDUINO, 2022).

Sistema de control electroneumático

Este tipo de sistema ubica una serie de pulsadores conectados entre sí, para comandar los movimientos de las válvulas electroneumáticas mediante un pulso de corriente de 12 voltios, además incorpora una barra de alimentación tanto positiva como negativa que comande los circuitos a realizar.

Figura 16*Control electrónico neumático*

Recuperado de: (FESTO, 2022).

Temporizador

El temporizador es utilizado para la automatización de procesos industriales, dispone de una pantalla LED de 3 dígitos, además contiene 4 botones para ajuste y configuración de los modos programables, se puede ajustar en un tiempo de 1 segundo hasta 999 segundos, también de 0.1 segundos hasta 99.9 segundos y de 1 minuto hasta 999 minutos. El relé puede ser comandando por una corriente DC de 6 a 30 V a 10A o CA 220 V a 10A

Figura 17*Temporizador 12V*

Recuperado de: (ARDUINO, 2022).

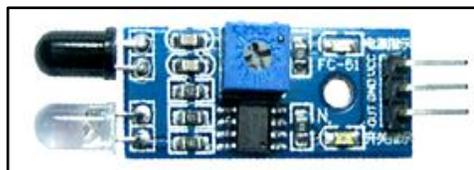
Sensor infrarrojo

Este sensor de proximidad nos va a permitir saber en qué posición se encuentra la palanca de cambios, es decir nos brindará la información si el vehículo está en marcha o en neutro, como se observa en la figura 2.6 el sensor dispone de las siguientes características:

- Número de modelo: FC-51
- Ángulo de cobertura: 35 °
- Voltaje de funcionamiento: 3.0V – 6.0V
- Rango de detección: 2 cm – 30 cm (ajustable con el potenciómetro)
- Dimensión total: 4,5 cm (L) x 1,4 cm (W), 0.7cm (H)
- Las salidas de nivel lógico bajo cuando se detecta obstáculo
- Salidas nivel lógico alto cuando no se detecta obstáculo
- Consumo actual 3.3V a 23 mA

Figura 18

Sensor Infrarrojo



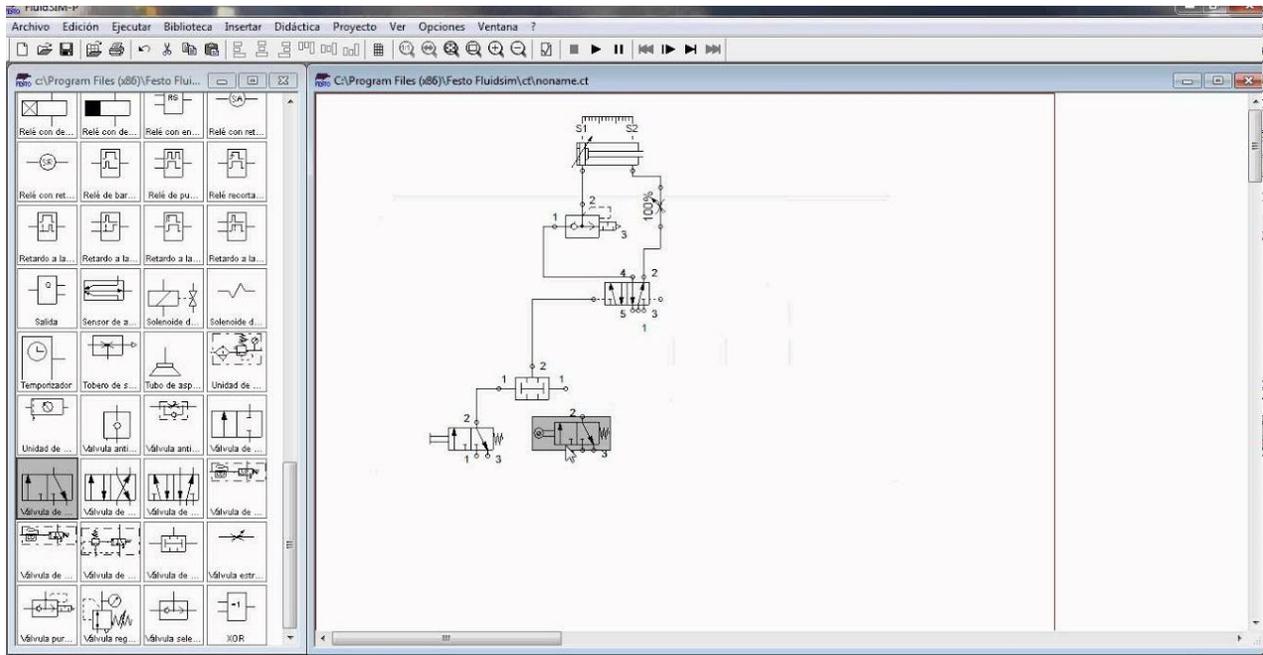
Fuente: (Llamas, 2016)

FluidSIM

El programa FluidSIM es un software de diseño y simulación esquemático de circuitos neumáticos, donde se emplean elementos neumáticos, elementos electroneumáticos y de control electrónico. El presente software permite la simulación de las líneas neumáticas permitiendo controlar el caudal, la velocidad y tipos de restricciones.

Figura 19

Software FluidSIM



Recuperado de: (FluidSIM, 2021).

Metodología

Dentro del presente proyecto de investigación se pretende realizar una investigación de tipo cuantitativa, mediante la revisión literaria donde se aborden los temas de diseño, construcción e implementación de bancos neumáticos y electroneumáticos.

Dentro de la neumática existen varias empresas que se dedican a la fabricación de módulos didácticos que permiten a los estudiantes ampliar sus capacidades en el desarrollo de procesos neumáticos, de las características antes mencionadas en el estado del arte se propone realizar el siguiente modulo didáctico de neumática:

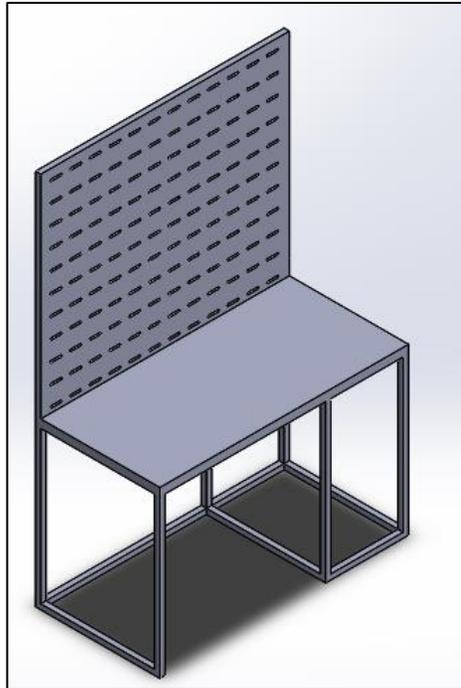
Diseño estructural prototipo del banco didáctico

El diseño del prototipo debe cumplir con ciertas necesidades enfocadas en la fácil aplicación de circuitos, propuesta atractiva y de amplia funcionabilidad para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas neumáticas.

En el prototipo de banco se dispone de un panel de trabajo de acero ranurado donde permite incorporar los componentes neumáticos y electroneumáticos, como unidad de mantenimiento, cilindros, bloques de control neumático, válvulas reguladoras de caudal, de dirección y electrónicas.

Figura 20

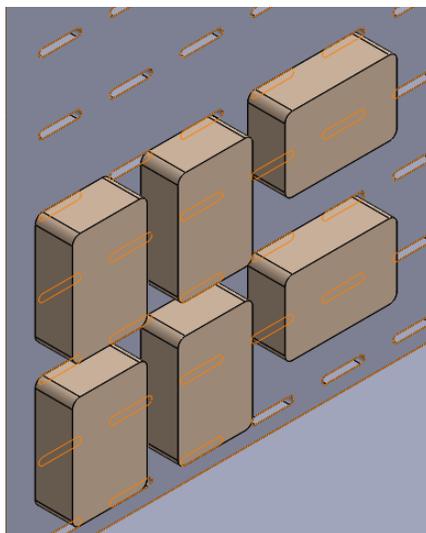
Propuesta estructura metálica del banco didáctico



El tablero de control ubicado en la parte lateral izquierda del módulo permite operar con facilidad la corriente DC de 12 V para activar y desactivar los actuadores electroneumáticos permitiendo la incorporación de interruptores y selectores en el sistema didáctico.

Figura 21

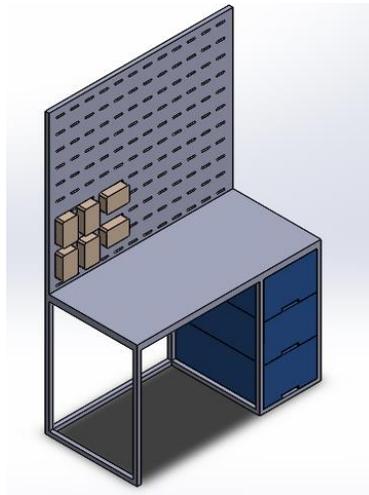
Propuesta del tablero de control



La propuesta final incorpora el módulo didáctico con un tablero ranurado de acero, además una mesa de trabajo con cajones donde se guardan los elementos neumáticos, así mismo un panel de control eléctrico donde se ubique las fuentes de alimentación de los circuitos electrónicos.

Figura 22

Propuesta módulo didáctico neumático



Fuerzas aplicadas a los actuadores del banco didáctico

Para identificar las fuerzas actuantes sobre los cilindros neumáticos se define las variables de presión de 8 bares, un rendimiento nominal del 85% que se afectado por la fuerza de rozamiento del 15%, suponiendo que se activan 8 ciclos en un minuto se obtiene los siguientes datos:

Cilindro A

Dentro del banco didáctico se dispone de un cilindro de aire doble efecto, las características del área del cilindro es de 20mm por una carrera de 100mm.

La fuerza de avance que actúa:

$$F_{Avance} = P_{Aire} * \frac{(\pi*d^2)}{40}$$

$$F_{Avance} = 251.33 N$$

La fuerza de retroceso que actúa:

$$F_{Retroceso} = P_{Aire} * \frac{(D-d)^2}{40}$$

$$F_{Retroceso} = 62.83 N$$

Cilindro B

Dentro del banco didáctico se dispone de un cilindro de aire doble efecto, las características son en su orificio son de 40mm x 200mm.

La fuerza de avance que actúa:

$$F_{Avance} = P_{Aire} * \frac{(\pi*d^2)}{40}$$

$$F_{Avance} = 1\ 005.31 N$$

La fuerza de retroceso que actúa:

$$F_{Retroceso} = P_{Aire} * \frac{(D-d)^2}{40}$$

$$F_{Retroceso} = 361.91 N$$

Etapa de distribución de aire

Para iniciar con el diseño de los circuitos es necesario incorporar una unidad de distribución de aire comprimido el cual alimente a los circuitos que se van a efectuar en el banco neumático, la conexión rápida se conectará a la línea de aire de salida dentro de la Universidad, la cual dispone de una etapa de mantenimiento donde se dispone de un filtro purificado de aire,

esta conexión rápida es de mando de 3/8 con un adaptador de 1/2 pulgada para conectarlo en el distribuidor de 6 canales de aire de 1/4.

Figura 23

Acondicionamiento toma de aire



Diseño de circuitos neumáticos con FluidSIM

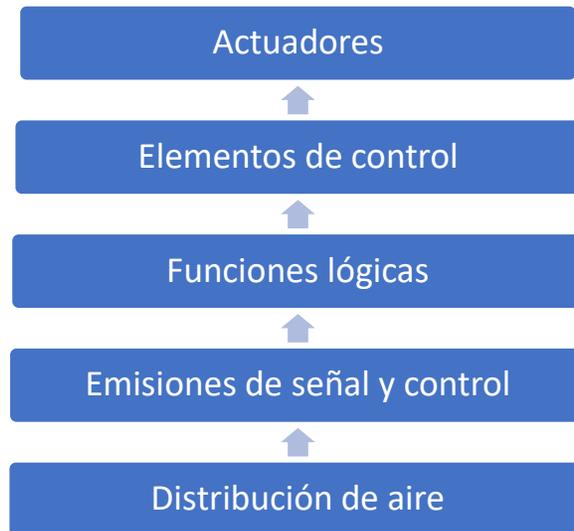
El software que se utiliza para el diseño de circuitos neumáticos es FluidSIM en su versión de neumática, el cual es una herramienta importante para la simulación y elaboración de circuitos que se encuentra disponible para todas las versiones de Windows.

Las características de este software es que permite la simulación CAD creando circuitos de fluidos en movimiento, agregando parámetros de funcionamiento, propiedades de los elementos y diferentes condiciones, además FluidSIM permite comprobar si las conexiones realizadas están correctamente realizadas permitiendo el aprendizaje, la formación y la visualización de los circuitos dentro de su entorno.

Para efectuar el diseño de un circuito neumático es importante conocer las etapas para el diseño, las cuales se detallan a continuación:

Figura 24

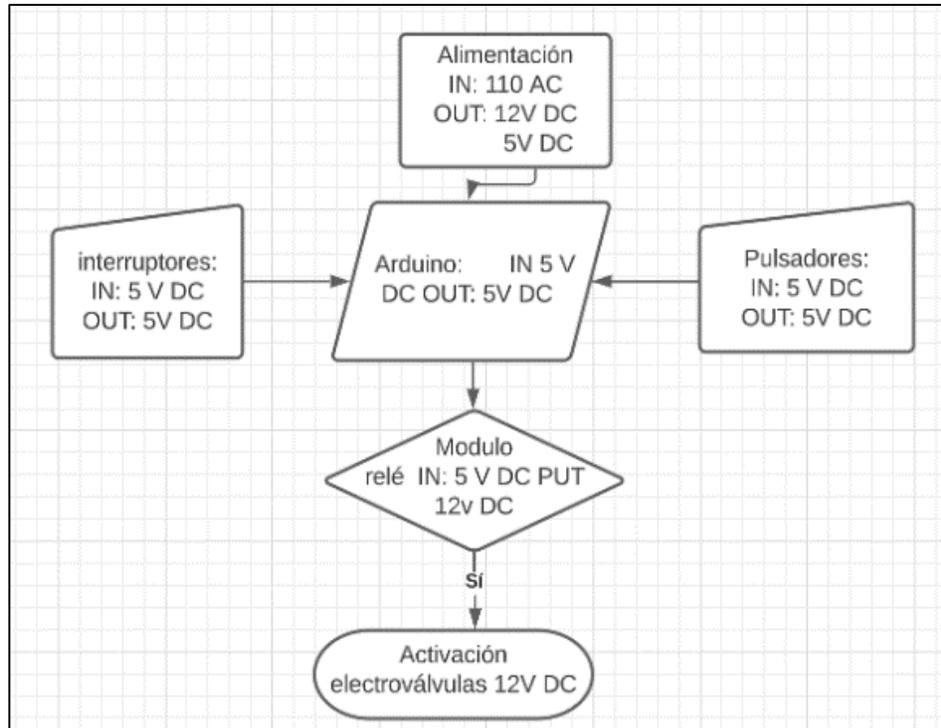
Etapas para el diseño de circuitos neumáticos



En el caso del diseño eléctrico para comandar el accionamiento de las válvulas electroneumáticas es necesario conocer los voltajes con los que se va a accionar los elementos electrónicos, los cuales se detalla a continuación:

Figura 25

Etapas para el diseño electrónico de control.



En base a lo estudiado referente a neumática y electroneumática se plantea realizar los siguientes procedimientos mediante la aplicación del software FluidSIM:

Accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados

Para realizar el accionamiento indirecto de un cilindro giratorio en el cual su vástago permite el movimiento giratorio entre 0 grados hasta 90 grados, se debe utilizar los siguientes elementos:

- Actuador: cilindro giratorio de 90°.
- Elementos de control: una válvula 3/2 biestable de accionamiento neumático.
- Emisiones de señal o control: dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Activación neumática indirecta de un actuador doble efecto

Para realizar el accionamiento indirecto empleando dos válvulas de accionamiento por botón en sitios diferentes, para mover un cilindro doble efecto con retorno comandado neumáticamente, se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: cilindro doble efecto.
- Elementos de control: una válvula 3/2 biestable de accionamiento neumático.
- Emisiones de señal o control: dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Activación neumática de un actuador doble efecto con velocidad variable.

Para realizar la activación de un cilindro doble efecto comandando una velocidad variable tanto en la entrada y salida del cilindro, se ubica válvulas reguladoras de presión para comandar la velocidad de entrada y salida del cilindro, se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: cilindro doble efecto.
- Elementos de control: una válvula 3/2 biestable de accionamiento neumático, un interruptor de flujo manual de emergencia y dos válvulas reguladoras de caudal.
- Emisiones de señal o control: dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Accionamiento de retorno ciclo semiautomático en función del actuador

Para realizar el accionamiento de ciclo semiautomático en función de la posición que se encuentra el cilindro doble efecto, es necesario conectar una válvula que permita dicha activación cuando el actuador llegue al final de la carrera, regrese automáticamente al inicio, se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: cilindro doble efecto.
- Elementos de control: una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático, un interruptor de flujo manual de emergencia y dos válvulas reguladoras de caudal.
- Emisiones de señal: dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC, dos válvulas mecánicas accionadas por rodillo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Accionamiento secuencial con válvula selectora

Para realizar el accionamiento secuencial del circuito en función a la respuesta lógica de la válvula OR, que permite ingresar el aire por sus dos entradas opuestas para enviarlo a un punto de salida común entre las mencionadas este tipo de válvula es colocada cuando se necesita obtener la señal neumática de dos puntos distintos. Los elementos necesarios para el diseño del circuito de accionamiento secuencial con válvulas selectoras son los siguientes:

- Actuador: cilindro doble efecto.
- Elementos de control: una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático, una válvula de rodillo NC, un interruptor de flujo manual de emergencia.
- Emisiones de señal: dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.

- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ pulg.

Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto

Para realizar el accionamiento electroneumático de un circuito es necesario incorporar un control eléctrico que permita abrir el circuito neumático, por lo general en la etapa de control se implementa este tipo de accionamientos eléctricos pulsadores e interruptores, donde se utiliza los siguientes elementos:

- Actuador: cilindro doble efecto.
- Elementos de control: una válvula 5/3 de accionamiento eléctrico, un interruptor de control de flujo manual aplicado en caso de emergencia.
- Elementos de señal: Fuente de alimentación 12V y pulsadores de 5V.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Accionamiento electroneumático de tres cilindros

Para realizar el accionamiento de tres cilindros aplicando electroneumática es necesario conectar un grupo de válvulas que comanden el circuito, se pretende utilizar un cabezal de 6 válvulas electrónicas de 12 V de 2 posiciones 5 vías (5/2), para ello se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: tres cilindros doble efecto.
- Elementos de control: bloque de seis electroválvulas 5/2 y un interruptor de flujo manual de emergencia
- Emisiones de señal: dos pulsadores y 4 interruptores pulsadores NC.
- Distribución de aire mediante acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Desplazamiento intuitivo de dos cilindros método intuitivo

Para realizar el accionamiento de dos cilindros de forma intuitiva, es necesario conectar válvulas selectoras de control neumático, además se incluyen finales de carrera para conocer el estado del desplazamiento de los cilindros y activar las válvulas biestables, para ello se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: dos cilindros doble efecto.
- Elementos de control: dos válvulas 5/2 biestables de accionamiento neumático, un interruptor de flujo manual de emergencia, una válvula 3/2 de accionamiento de palanca NC, dos válvulas reguladoras de caudal.
- Emisiones de señal: cuatro válvulas mecánicas accionadas por rodillo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Desplazamiento secuencial de dos cilindros en cascada

Para realizar el accionamiento de dos cilindros en cascada, es necesario conectar válvulas selectoras de control neumático que controlen la salida de los dos cilindros, además se incluyen finales de carrera para conocer el estado del desplazamiento de los cilindros y activar las válvulas biestables, para ello se toma en cuenta los siguientes elementos:

- Actuador: dos cilindros doble efecto.
- Elementos de control: tres válvulas 5/2 biestables de accionamiento neumático, tres válvulas selectoras, dos válvulas 3/2 de accionamiento de palanca NC, cuatro válvulas reguladoras de flujo, un interruptor de flujo manual de emergencia
- Emisiones de señal: cuatro válvulas mecánicas accionadas por rodillo NC.

- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ pulg.

Desplazamiento secuencial de tres cilindros en cascada

Para realizar el accionamiento de tres cilindros en cascada, es necesario conectar válvulas selectoras de control neumático que controlen la salida de los tres cilindros, además se incluyen finales de carrera para conocer el estado del desplazamiento de los cilindros y activar las válvulas biestables, para ello se toma en cuenta los siguientes elementos:

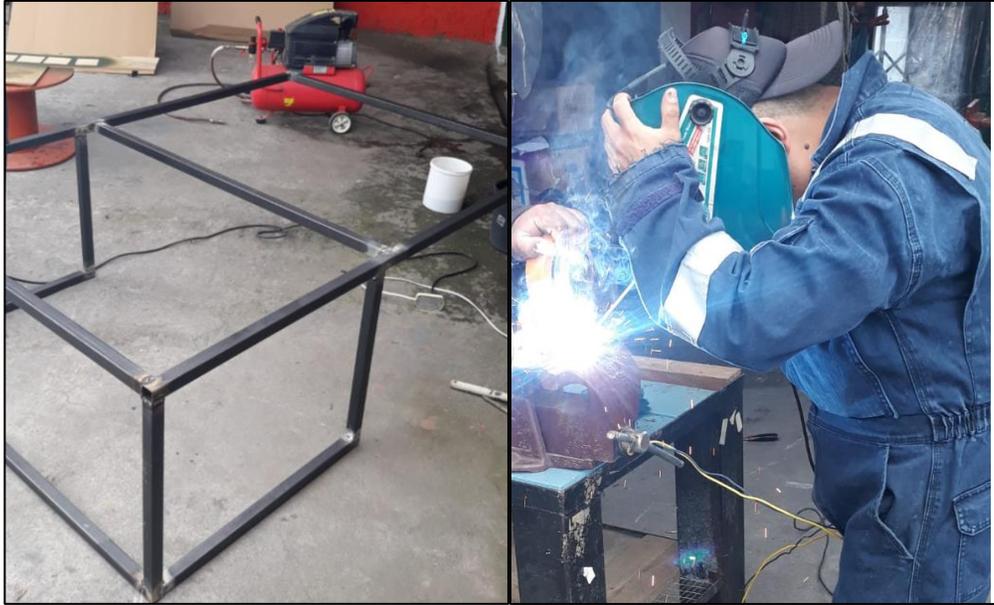
- Actuador: tres cilindros doble efecto.
- Elementos de control: cuatro válvulas 5/2 biestables de accionamiento neumático, cuatro válvulas selectoras, dos válvulas 3/2 de accionamiento de palanca NC, dos válvulas reguladoras de caudal, un interruptor de flujo manual de emergencia
- Emisiones de señal: seis válvulas mecánicas accionadas por rodillo NC.
- Distribución de aire mediante la conexión de acoples rápidos con mangueras de ¼ de pulgada.

Ensamblaje de la estructura del módulo neumático

Con el plano resultante del diseño en SolidWorks se procede a cortar un tubo cuadrado de 30 mm x 30 mm de espesor utilizando una amoladora y una soldadura con electrodo 6011 como se muestra en la figura 26 con el fin de construir la estructura del módulo neumático.

Figura 26

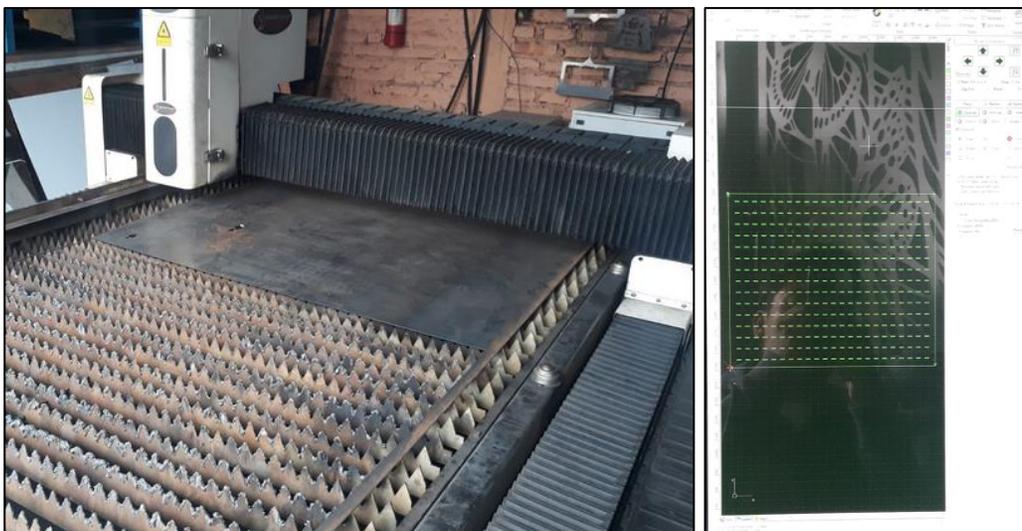
Proceso soldadura y montaje de la estructura



Para realizar el panel ranurado de la estructura del módulo neumático se empleó una plancha de acero de 120 mm x 100 mm x 3mm, como se observa en la figura 27 se realizó el ranurado del panel mediante el corte láser CNC, los planos del ranurado se encuentran en el Anexo 2.

Figura 27

Proceso corte láser CNC



Ensamblaje de módulos electrónicos

Se realiza los diseños de los módulos de alimentación, módulo de control Arduino UNO, módulo relés, interruptores, pulsadores mediante el uso de la plataforma Canva, posteriormente se procede a la impresión de los diseños en vinilo adhesivo plateado, los cuales serán ubicados en la cara frontal de los módulos electrónicos.

Figura 28

Vinilo adhesivo para módulos de control



En el caso de las electroválvulas es necesario conectar las bobinas de 12 V con la caja de control mediante Jack´s de tipo banana hembras, como se muestra en la figura 29.

Figura 29

Conexión de bobinas de las electroválvulas



Finalmente para conectar los cables es necesario soldar el cable con los terminales de ojo redondos con estaño y ubicar al final de las conexiones termo fundente para brindar aislamiento a las conexiones eléctricas, para este proceso se utiliza una pistola de calor como se observa en la figura 30.

Figura 30

Conexiones eléctricas electroválvulas



Resultados

Mobiliario del módulo neumático

Como resultado del ensamblaje de los cajones, panel ranurado y estructura, como se muestra en la figura 31 se obtuvo una mesa de trabajo donde los estudiantes puedan realizar sus prácticas implementando los sistemas neumáticos.

Figura 31

Mobiliario del módulo neumático



Unidad de mantenimiento

Para obtener un aire de calidad y optimizado se colocó una unidad de mantenimiento con su respectivo filtro de aire, con su respectivo regulador de caudal que nos permite trabajar con una presión primaria nominal de 7 bares, el distribuidor de aire dispone de 5 conexiones rápidas como se muestra en la figura 32.

Figura 32

Unidad de mantenimiento del banco neumático

**Alimentación de los módulos eléctricos**

El módulo de alimentación brinda dos tipos de alimentación tanto de 12 V DC para utilizar en la etapa de potencia de las bobinas de relés para activar y desactivar las electroválvulas y así como para alimentar al módulo de control de Arduino, los interruptores y pulsadores que operan con 5 V DC.

El módulo de alimentación consta de las siguientes partes:

- Step Down o regulador de voltaje de 12 V DC a 5 V DC 3.1 A.
- Transformador de corriente 110 AC a 12 V DC 10 A.
- Voltímetro con un rango de 0 a 100V DC ($\pm 1\%$).
- Amperímetro digital que fluctúa de 0A a 10A ($\pm 1\%$).
- 3 conectores banana hembra positivos (12 V).
- 3 conectores banana hembra negativos (GND).
- Conector de alimentación 110 V AC con fusible.

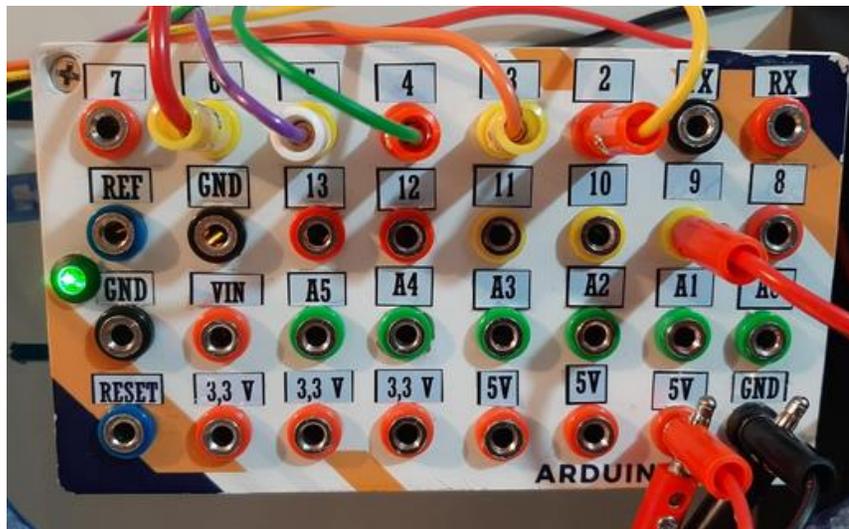
Figura 33*Módulo de alimentación***Módulo Arduino Uno**

Este módulo de control permite gestionar las señales emitidas tanto de los pulsadores como interruptores permitiendo activar la etapa de potencia de los circuitos electroneumáticos, este módulo de Arduino Uno tiene como características:

- Pines de transmisión de datos RX y TX.
- Pines digitales del 2 al 13.
- Pines análogos desde el A0 al A6.
- 3 pines de Alimentación 5 V.
- 3 pines alimentación 3.3 V.
- 3 pines GND.
- VIN, referencia y reset del Arduino Uno.

Figura 34

Módulo control con Arduino Uno

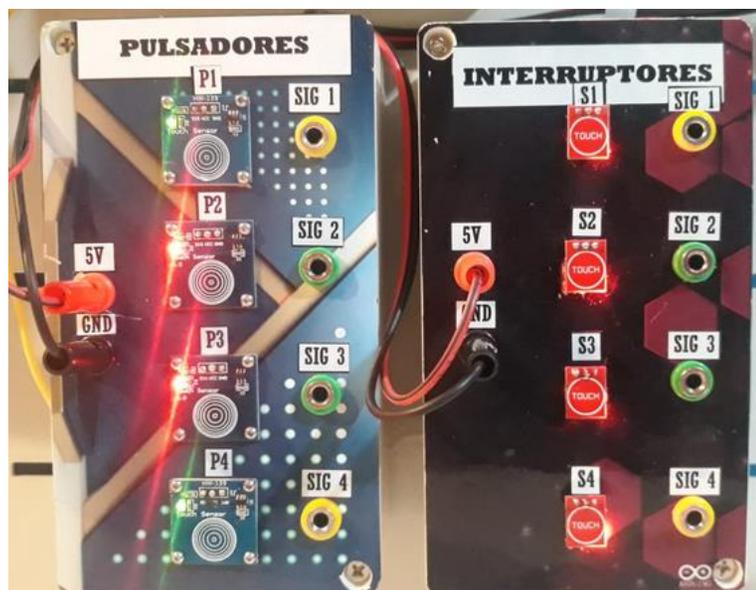
**Módulo de pulsadores e interruptores**

El control de accionamiento se ve encargado en la pulsación manual de los interruptores o pulsadores, los cuales trabajan con un voltaje de 5 voltios, con las siguientes especificaciones:

- Sensor capacitivo Touch TTP223 (Pulsadores).
- Sensor Capacitivo Touch TTP223B (Interruptores).

Figura 35

Módulo control pulsadores e interruptores.



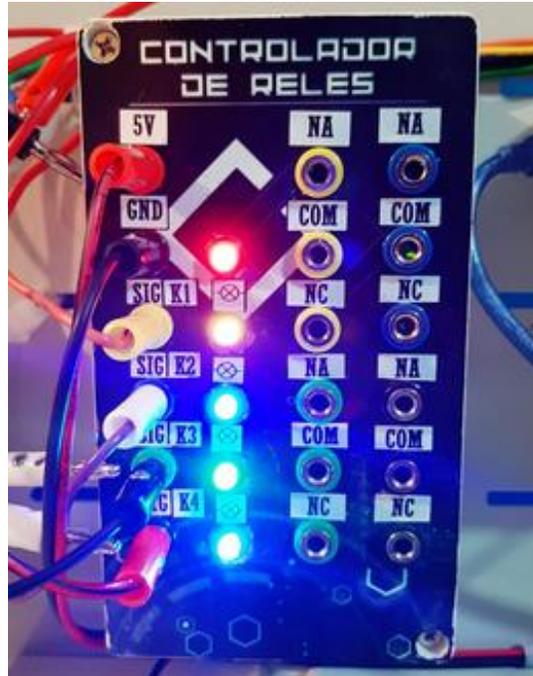
Módulo de relés

La etapa de potencia consta en recibir la señal de accionamiento que es procesada por el módulo Arduino, para activar los relés de potencia donde ingresa el pulso de activación de 5 V DC para posteriormente activar las electroválvulas con 12 V DC, el módulo posee las siguientes características:

- Pin SIG K1, K2, K3, K4 para el ingreso de señal proveniente del módulo Arduino.
- Pin COM positivo de batería 12 Voltios.
- Pin NA salida de señal hacia las electroválvulas.

Figura 36

Módulo de relés



Bobinas electroválvulas

En el caso de los elementos de distribución de aire mediante la activación de las bobinas de las electroválvulas, se dispone que ingresa una señal de 12 Voltios permitiendo abrir y cerrar el paso de aire para la activación electroneumática de los cilindros, dependiendo de las señales que son procesadas por el módulo de control de Arduino Uno, se dispone de los siguientes pines de comunicación:

- SOV 1 señal de activación bobina 1
- SOV 2 señal de activación bobina 2
- SOV 3 señal de activación bobina 3
- SOV 4 señal de activación bobina 4
- SOV 5 señal de activación bobina 5
- SOV 6 señal de activación bobina 6
- GND de 12 V directo de alimentación para cerrar el circuito.

Figura 37

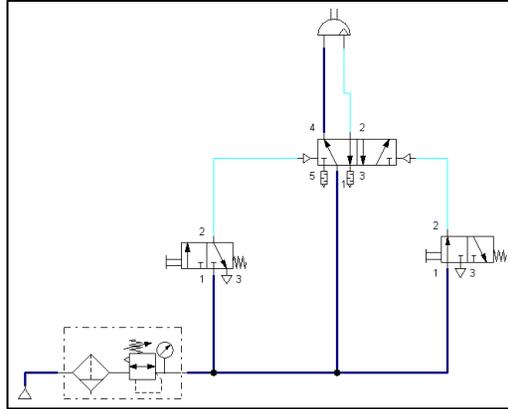
Módulo electroválvulas

**Circuitos neumáticos*****Circuito de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados***

Con la aplicación del software de diseño neumático FluidSIM se dispone del siguiente diagrama, donde se muestra el circuito de accionamiento indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados donde el pulsador 1 activa la carrera de cero grados hasta 90 grados mientras que el pulsado 2, activa la carrera de retroceso:

Figura 38

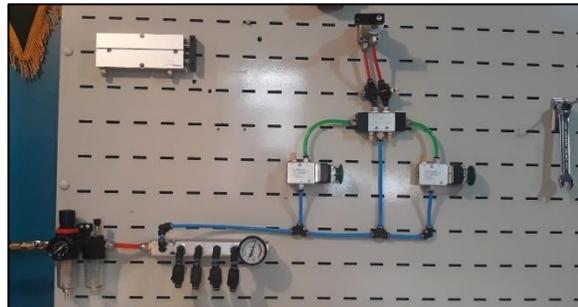
Diseño del circuito de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados.



Luego de realizar el diseño en FluidSIM, se procede a la implementación práctica en el módulo neumático, utilizando los elementos neumáticos para obtener el siguiente resultado:

Figura 39

Circuito real de accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados.

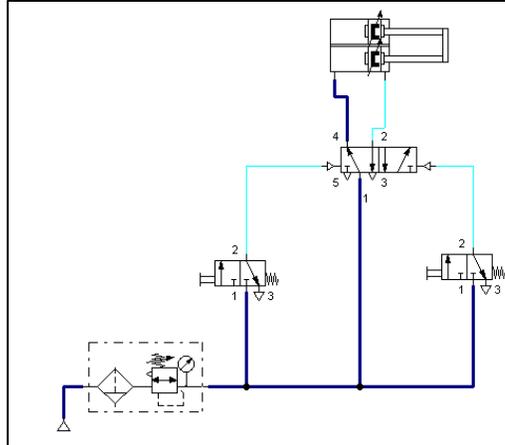


Circuito de activación neumática indirecta de un actuador doble efecto

Mediante el uso del software de diseño neumático FluidSIM se dispone de un circuito de accionamiento neumático indirecta de un actuador doble efecto donde el pulsador 1 activa la carrera de avance mientras que el pulsador 2 activa la carrera de retroceso:

Figura 40

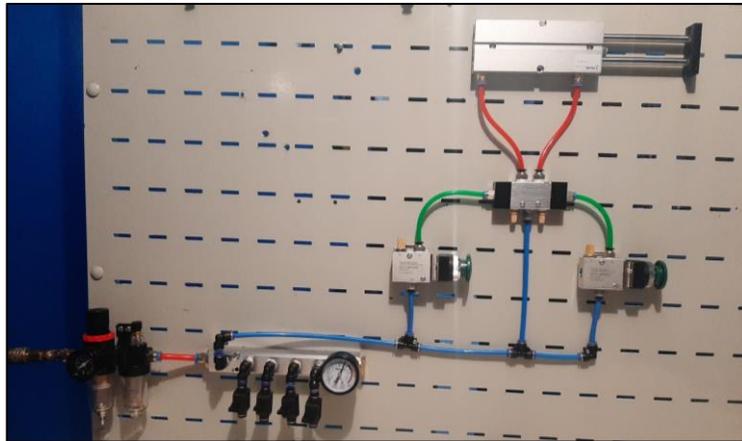
Diseño del circuito de activación neumática indirecta de un actuador doble efecto.



Con el diseño obtenido de FluidSIM, se procede a la implementación práctica en el módulo neumático, utilizando los elementos neumáticos para obtener el siguiente resultado:

Figura 41

Circuito de aplicación de un actuador doble efecto de doble vástago con mando indirecto.

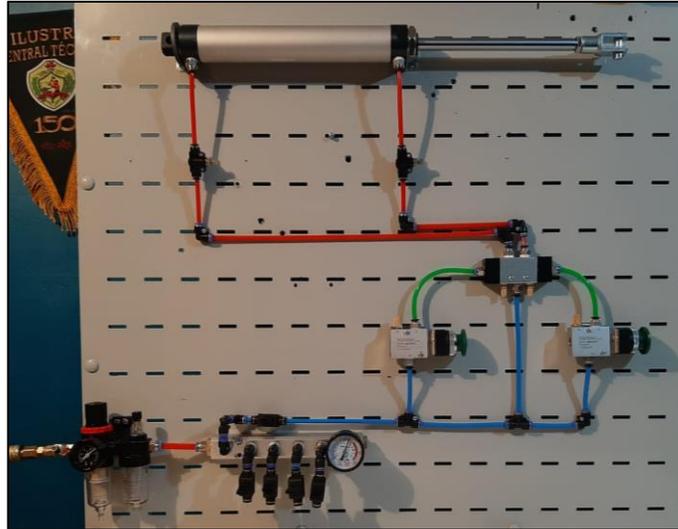


Circuito de activación neumática de un actuador doble efecto con velocidad variable

Luego de diseñar el circuito en FluidSIM se determina la activación del circuito de accionamiento neumático de un actuador doble efecto donde el pulsador 1 activa la carrera de avance mientras que el pulsador 2 activa la carrera de retroceso, pero este circuito se aplica una válvula estranguladora en cada línea de activación regulando el paso de aire y la velocidad de salida:

Figura 42

Circuito de aplicación neumática de un actuador de doble efecto con velocidad variable.

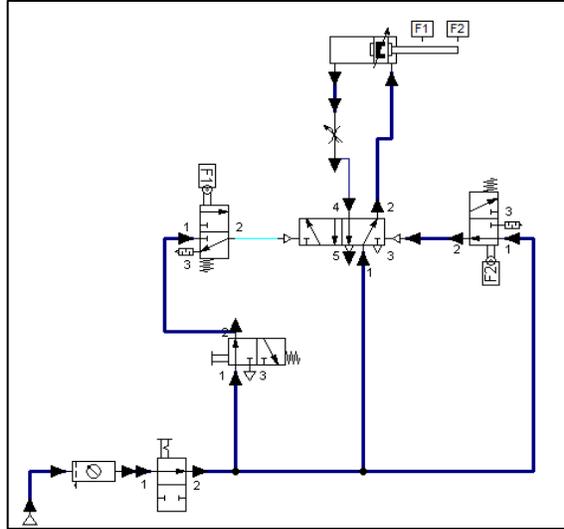


Circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador

En este caso, se procede a realizar el diseño del circuito teniendo en cuenta que el circuito necesita que el retorno sea semiautomático, para lo cual es necesario ubicar finales de carrera para que emitan una señal neumática, permitiendo a la válvula de pilotaje accionarse produciendo el retorno semiautomático.

Figura 43

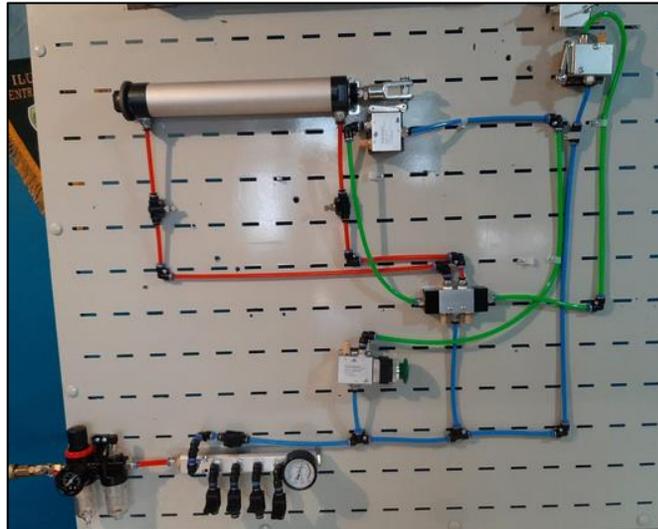
Diseño del circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador.



Posteriormente, se procede a implementar el circuito real A+, A- con la activación de un solo pulsador, obteniendo el siguiente resultado:

Figura 44

Aplicación del circuito de accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador.

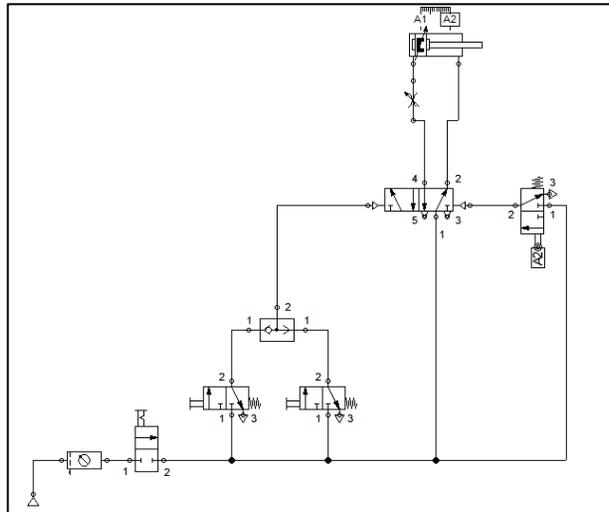


Accionamiento secuencial con válvula selectora

Este tipo de circuito permite activar el inicio de la carrera del pistón de dos puntos diferentes permitiendo que se active el circuito neumático con retorno automático del actuador a su posición natural de reposo.

Figura 45

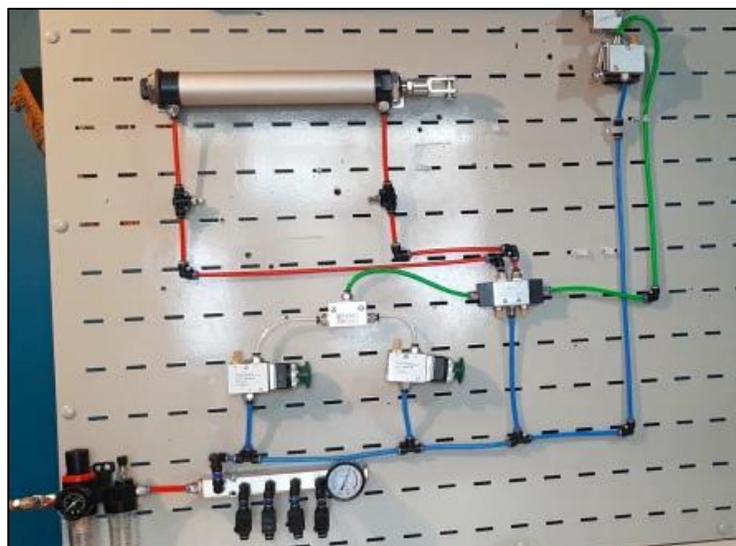
Diseño accionamiento secuencial con válvula selector.



En este tipo de activación secuencial permite que cada pulsador active un ciclo del circuito A+, A-, donde los pulsadores pueden encontrarse a cierta distancia para poder activar el desplazamiento del actuador neumático, es decir el circuito se puede activar de dos puntos diferentes.

Figura 46

Aplicación de un circuito de accionamiento secuencial con válvula selector.

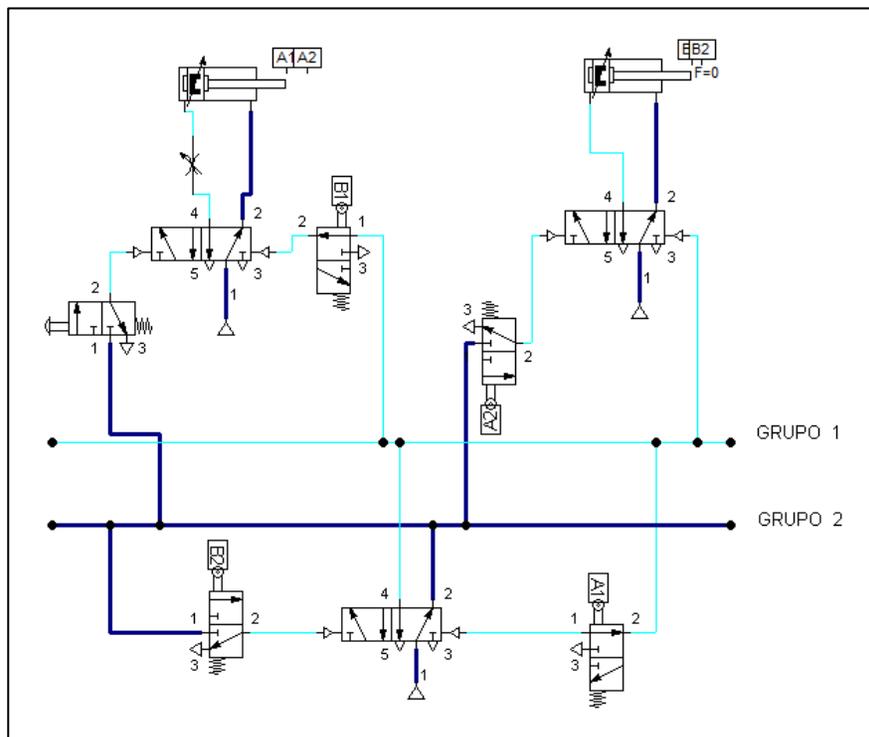


Desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada

El desplazamiento de dos cilindros en cascada se realiza mediante la incorporación de finales de carrera que activen el avance y el retroceso de los cilindros, con la aplicación de la siguiente secuencia A+, B+, B-, A-, la cual es comandada por dos grupos de válvulas diferentes.

Figura 47

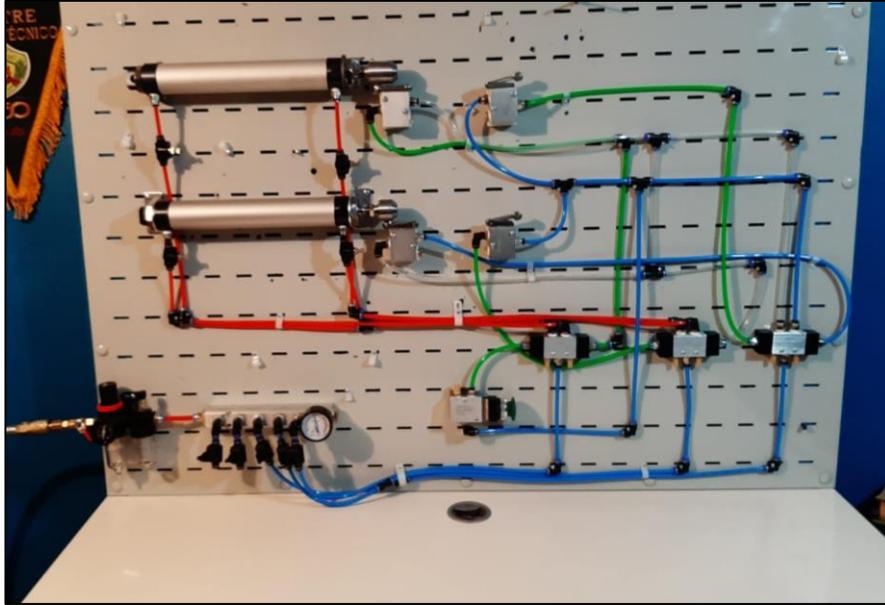
Desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada.



La activación de tipo cascada de dos cilindros consiste en presionar el pulsador activando el avance del cilindro A+, luego llega al final de carrera activando el cilindro B+, posteriormente llega al final de la carrera produciendo el retroceso de B- y finalmente llega a su reposo activando el regreso el cilindro A-, finalmente se obtiene la secuencia A+, B+, B-, A-.

Figura 48

Aplicación del desplazamiento secuencial de dos cilindros en método cascada.



Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto

Los circuitos electroneumáticos están conectados al circuito de control y de potencia, donde las bobinas de los relés del cuerpo de electroválvulas trabajan con un voltaje de 12 V DC, mientras que la etapa de control el módulo Arduino funciona con un voltaje de 5 V.

Figura 49

Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto.

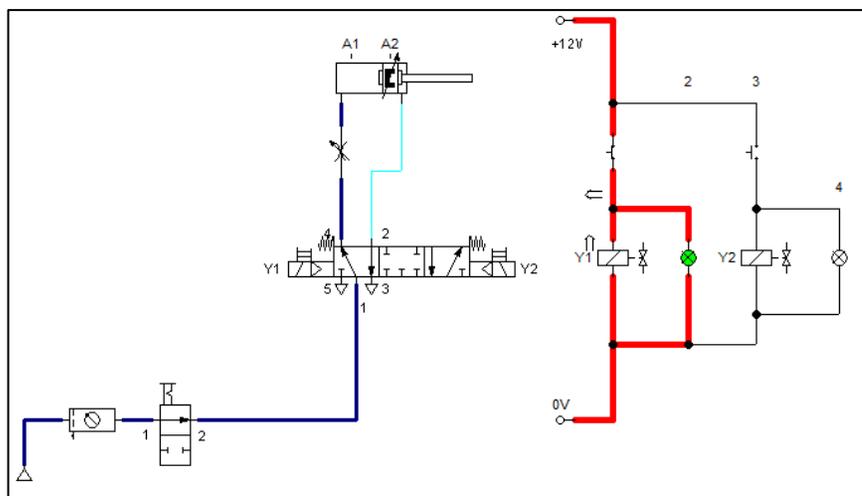
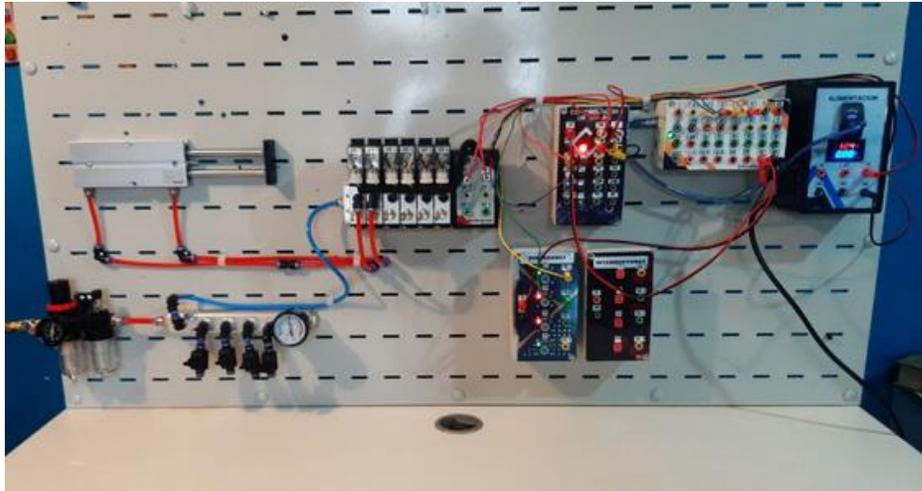


Figura 50

Accionamiento electroneumático de un cilindro doble efecto.



Desplazamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos

En este caso la activación será mixta, es decir los pulsadores S1 y S2 activaran al cilindro A, mientras que el cilindro B será activado por los interruptores S3 Y S4.

Figura 51

Desplazamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos

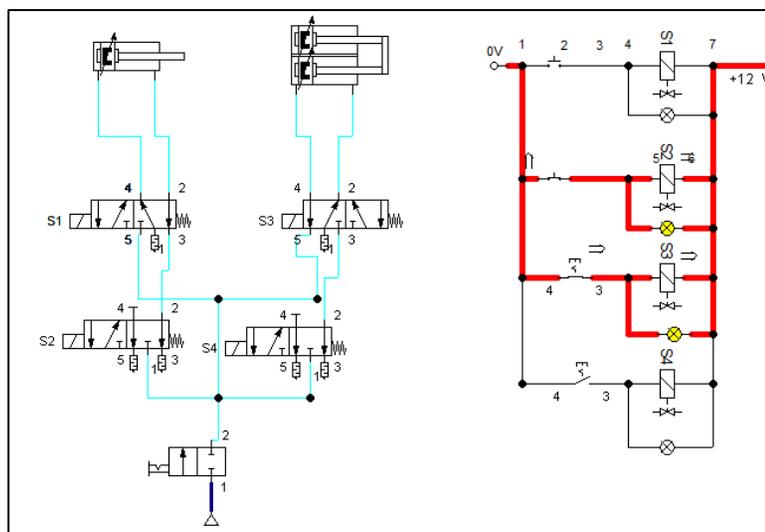
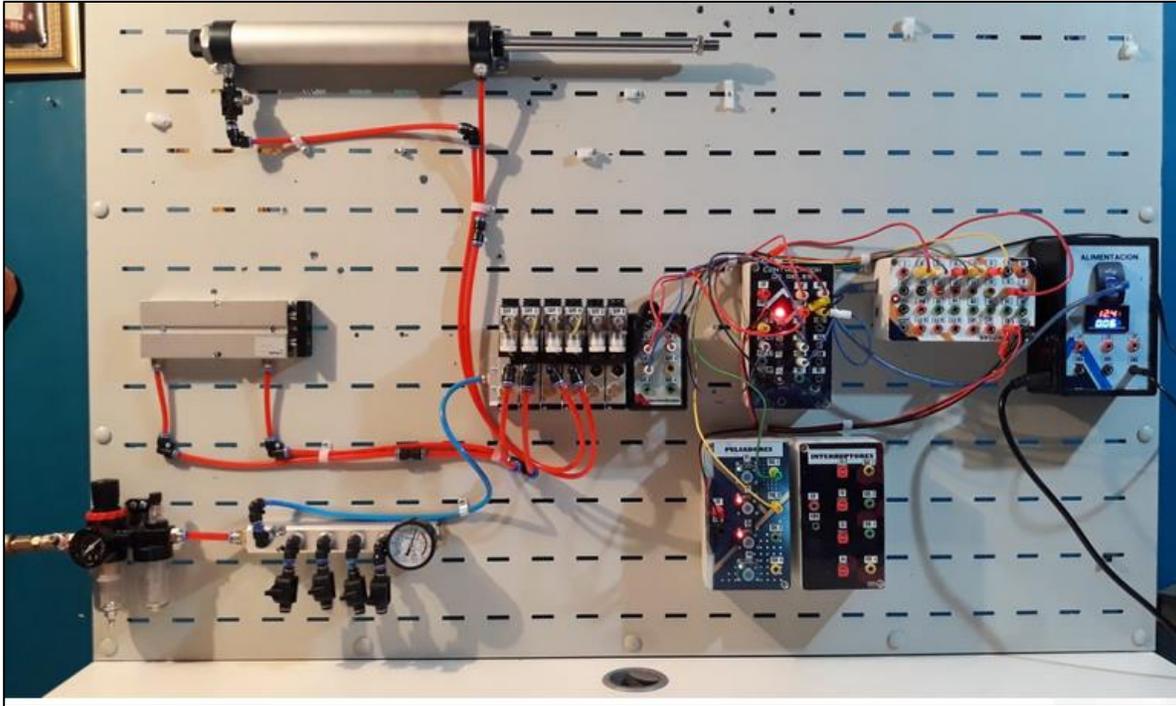


Figura 52

Accionamiento electroneumático de dos cilindros con diferentes accionamientos



Accionamiento electroneumático de tres cilindros

Para el accionamiento electroneumático de tres cilindros simultáneos la activación será mixta, ocupando los pulsadores S1 y S2 activaran al cilindro A, el cilindro B será activado por los interruptores S3 Y S4, finalmente los pulsadores S5 y S6 activaran el Cilindro C, completando la secuencia A+, B-, C+, C-, B+, A-.

Figura 53

Accionamiento electroneumático de tres cilindros

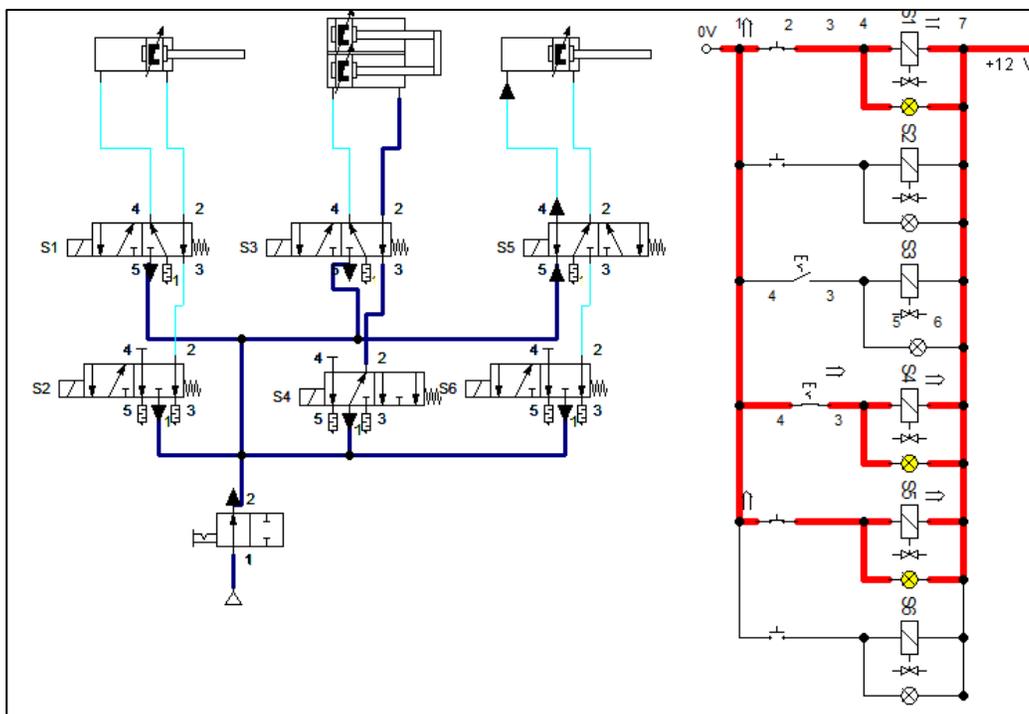
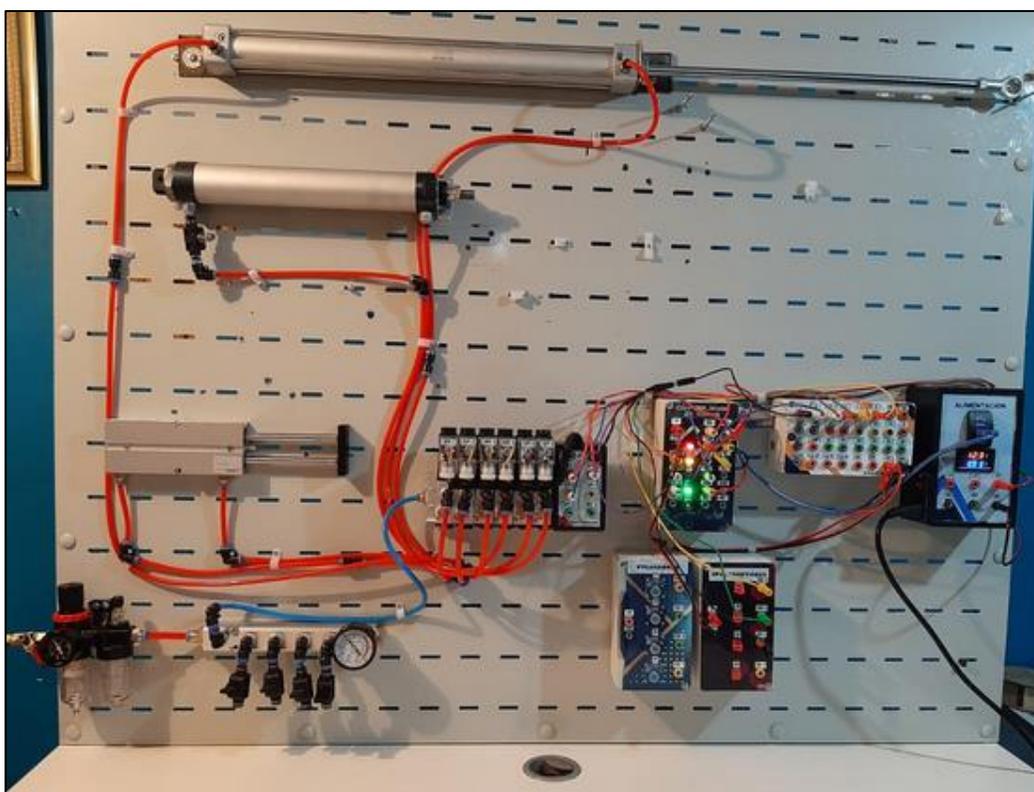


Figura 54

Circuito de aplicación electroneumático de tres cilindros

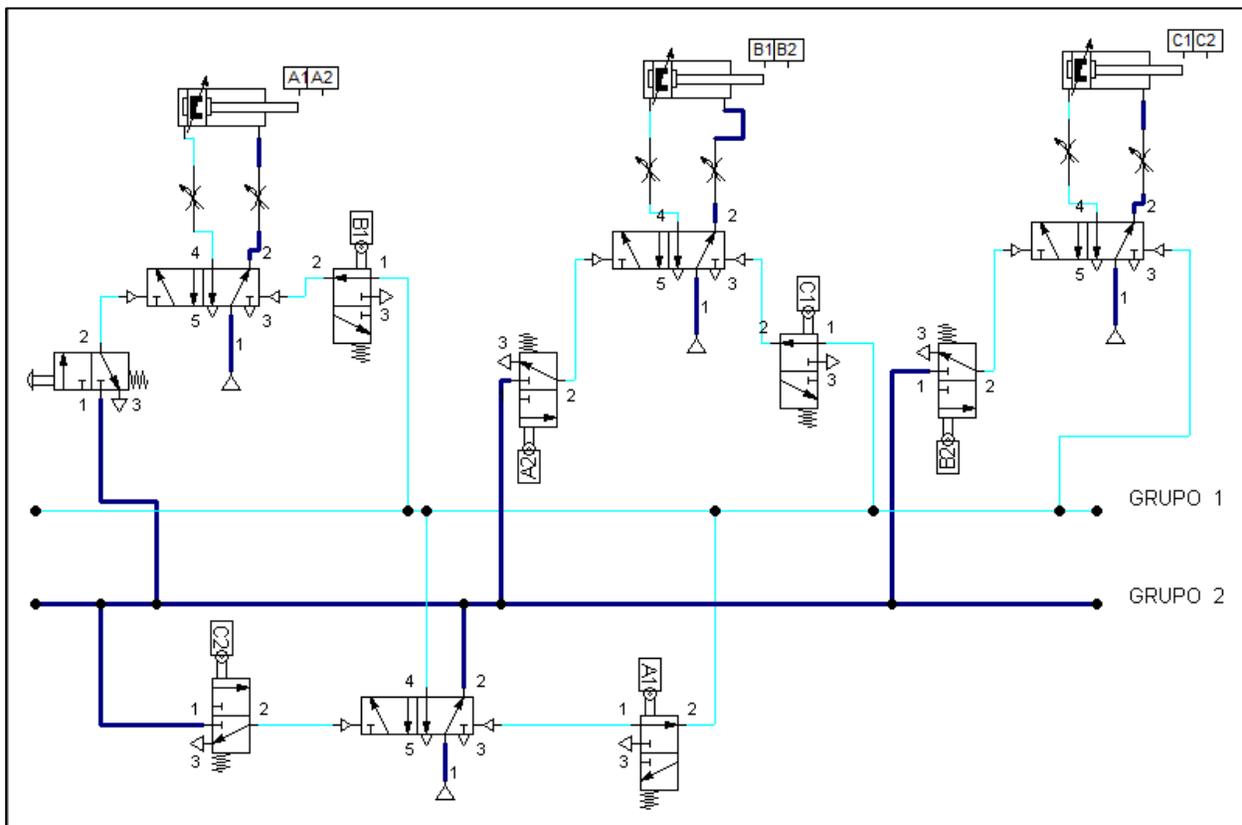


Desplazamiento secuencial de tres cilindros en método cascada

Para el accionamiento de un circuito en modo cascada es necesario utilizar finales de carrera para cumplir con la secuencia A+, B+, C+, C-, B-, A-, permitiendo su aplicación neumática.

Figura 55

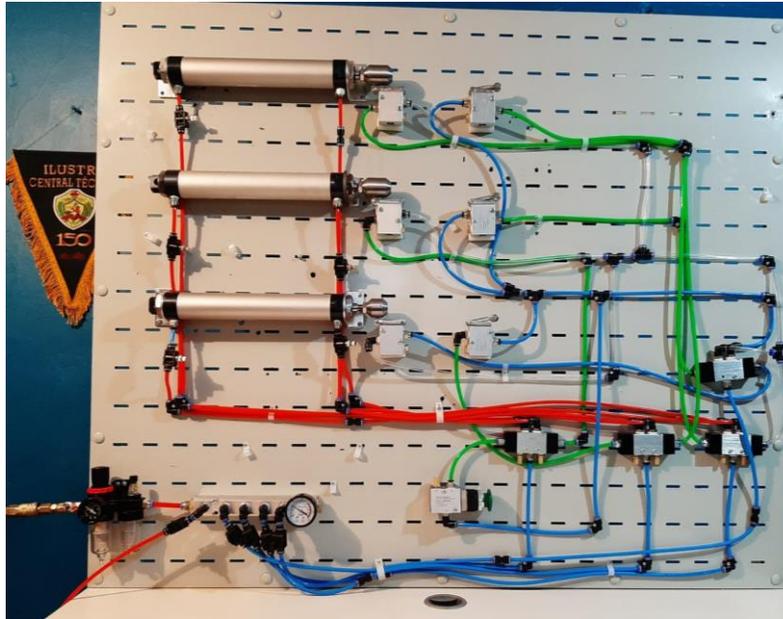
Desplazamiento secuencial de tres cilindros en método cascada.



La activación de tipo cascada de dos cilindros consiste en presionar el pulsador activando el avance del cilindro A+, luego llega al final de carrera activando el cilindro B+, luego activa el cilindro C+ posteriormente llega al final de la carrera produciendo el retroceso de C-, luego el retroceso de B- y finalmente llega a su reposo activando el regreso el cilindro A-, finalmente se obtiene la secuencia A+, B+, C+, C-, B-, A-.

Figura 56

Circuito de aplicación secuencial de tres cilindros en método cascada.



El resultado de final del módulo neumático radica en incorporar un circuito neumático de control de secuencia de cascada A+, B+, C+, C-, B-, A-, y un control electroneumático para la activación de un cilindro de doble vástago y un actuador semi-giratorio de 90 grados.



Discusión

El diseño e implementación del módulo electroneumático planteado en este proyecto está orientado a utilizarlo como mobiliario de prácticas dentro la Universidad Internacional SEK permitiendo que los estudiantes realicen circuitos neumáticos para mejorar su aprendizaje teórico, en comparación con el banco de la industria colombiana HNSA Didáctica, se dispone netamente a trabajar con elementos neumáticos, en su diseño y construcción se limita a disponer de un solo panel de aluminio con 4 ruedas donde se ubiquen los circuitos, no dispone de cajones donde guardar los elementos neumáticos y su inventario es limitado para realizar las prácticas.

En este tipo de banco se pueden realizar:

- Activación de un solo pistón
- Activación secuencial
- Activación regulada

El banco didáctico de la empresa FESTO Didáctica al encontrarse con más de 50 años en el mercado su acceso es limitado para los estudiantes debido a que su precio es demasiado alto, los elementos neumáticos básicos que incluyen en el paquete básico incluyen solo 20 componentes neumáticos donde los elementos de control sirven para comandar la activación de un solo cilindro limitando a realizar pocas prácticas de aprendizaje.

El mobiliario de Festo Didáctico es más pequeño sus medidas son 1556 mm de altura x 780 mm de ancho y 773 mm de profundidad, al ser un diseño compacto no ocupa demasiado espacio, sus cajoneras permiten guardar los elementos a utilizar en el banco didáctico permitiendo mayor accesibilidad a los componentes.

Si se desea implementar nuevos circuitos al banco didáctico de Festo Didáctico, se venden paquetes adicionales determinados y no por partes, por lo que no facilita el desarrollo de nuevos proyectos, además que el área del panel se limita a realizar prácticas con un solo actuador.

El banco neumático desarrollado en este proyecto está orientado a cumplir con las exigencias prácticas que necesita un mobiliario didáctico dentro de la Universidad Internacional SEK permitiendo que al estudiante realizar conexiones con los 3 actuadores lineales y un semi-giratorio, además de implementar el control lógico y electrónico de los elementos neumáticos.

Otra de las ventajas del módulo neumático es que el control electrónico puede ser variable, es decir al utilizar la plataforma Arduino de código abierto permite al estudiante realizar programaciones para comandar el accionamiento de los elementos electroneumáticos.

Al disponer de elementos neumáticos desmontables y un panel ranurado es posible cambiar la posición de los elementos de control y accionamientos lógicos dependiendo de la práctica propuesta.

Otra de las diferencias entre el módulo didáctico y las otras marcas desarrolladoras de bancos neumáticos es que se puede implementar nuevos módulos de control incorporando sensores de Arduino, además no se limita a solo cumplir con las prácticas establecidas, sino invita a los estudiantes a desarrollar su creatividad e invención en el desarrollo de nuevas prácticas referentes a neumática.

Conclusiones

El módulo didáctico de neumática es un mobiliario de prácticas donde los estudiantes de ingeniería Automotriz pueden realizar procedimientos enfocados en controlar neumáticamente mediante la incorporación de válvulas de accionamiento mecánico, manual, reguladores, válvulas lógicas y electrónicamente mediante el manejo de pulsadores, interruptores, finales de carrera comandados por la unidad programable de Arduino para finalmente realizar el accionamiento de actuadores lineales y semi-giratorio.

El presente proyecto permite la interacción del estudiante con la realidad, primero realiza la simulación del circuito en el entorno del software de diseño neumático FluidSIM y posteriormente efectúa las prácticas en el módulo didáctico de neumática aplicando sus conocimientos teóricos-prácticos.

Finalmente, el diseño del módulo neumático permite ubicar los componentes neumáticos y eléctricos de manera fácil y oportuna para la simulación real de cualquier tipo de circuito neumático, por lo que no limita a solo cumplir con las prácticas establecidas sino invita a los estudiantes a realizar nuevos circuitos implementando los accesorios neumáticos desarrollando su potencial en la solución de problemas en la industria.

Recomendaciones

El módulo de alimentación está diseñado a trabajar con un voltaje de 110 voltios AC por lo que no se recomienda conectar a fuentes de 220 AC ya que puede dañar el transformador.

La presión de aire que se recomienda utilizar en el módulo neumático es de 7 bares, si se trabaja por debajo de 4 bares el sistema tendrá una baja presión y si se emplea más de 9 bares existirá una sobrepresión y los elementos sufrirán daños irreversibles.

El voltaje de suministro a la placa de Arduino no debe ser mayor de 5 voltios ya que con un voltaje de 12 voltios la placa sufre daños irreparables en sus circuitos integrados.

Bibliografía

- Andrade, A. (01 de 09 de 2017). *D.SPACE UPS*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7380/1/UPS-GT000763.pdf>
- AQP Solutions. (01 de 06 de 2021). *AQP Solutions*.
<http://larevista.aqpsoluciones.com/contactenos-peru/>
- ARDUINO. (2022). *Arduino S.A.* <https://store-usa.arduino.cc/collections/shields>
- Buenache, A. (01 de 07 de 2010). Teoría, diseño y simulación de componentes neumáticos. Madrid.
- Creus, A. (2007). *Neumática e hidráulica*. MARCOMBO. <https://doi.org/84-267-1420-X>
- Delgado, J. (1 de 10 de 2021). *edu-UPS*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21964>
- FESTO. (14 de 07 de 2019). *Festo Didactic*.
<https://www.festo.com/es/es/a/8991/?q=~:sortByFacetValues-asc>
- FESTO. (2022). *Festo Didactic*. <https://www.festo-didactic.com/int-es/>
- FluidSIM. (2021). *FluidSIM Didactic Pro*. <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/aprendizaje-digital/fluidsim/fluidsim-6.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjU5MS4xMDMzNzc>
- Hannifin, P. (2003). *Tecnología Neumática Industrial*. Apostilla . <https://doi.org/M1001 BR>
- HNSA Didactic. (05 de 02 de 2019). *HNSA INGENIEROS S.A.* <http://www.hnsa.com.co/bancos-didacticos-neumaticos/>
- Lab-Volt. (2005). *Fundamentos de neumática*. Quebec Ltda. <https://doi.org/2-89289-453-0>
- Llamas, L. (02 de 06 de 2016). *Ingeniería, informática y diseño*. Retrieved 22 de 08 de 2018, from <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>

Millán, S. (2016). *Automatismos neumáticos y electroneumáticos*. NORGREN.

<https://doi.org/69UF-N6P-C1WU>

NELCO SA. (01 de 03 de 2016). *NELCO SISTEMAS*. <http://nelco.com.mx/fabricacion-de-cilindros/>

Orejuela, G. (2008). *Física Vectorial 2*. Quito: Génesis Ediciones.

PNeumatic Plus. (2017). *PNeumatic Plus Corporation*. <https://www.pneumaticplus.com/hand-valve/>

Renedo, C. (Junio de 2015). *Neumática e hidráulica*.

<https://personales.unican.es/ortizff/NPdf/T00%20INT%20Neumatica%20e%20Hidraulica.pdf>

Rojas, L. (2018). *UnIbague*.

SULLAIR, LLC. (05 de 01 de 2017). *America- sullair*. <https://america.sullair.com/es>

Zambrano, O. &. (2008). *Física Vectorial 3*. Quito: Génesis Editores.

Anexos**Anexo 1. Código de programación de Arduino**

```
#define TTP223B2 2 // SIG de sensor en pin digital 2
#define LEDO 3 // LED en pin digital 3
#define TTP223B4 4 // SIG de sensor en pin digital 4
#define LEDP 5 // LED en pin digital 5
#define TTP223B7 7 // SIG de sensor en pin digital 7
#define LEDQ 6 // LED en pin digital 6
#define TTP223B8 8 // SIG de sensor en pin digital 8
#define LEDF 9 // LED en pin digital 9
void setup() {
  pinMode(TTP223B2, INPUT); // pin 2 como entrada
  pinMode(LEDO, OUTPUT); // pin 3 como salida
  pinMode(TTP223B4, INPUT); // pin 4 como entrada
  pinMode(LEDP, OUTPUT); // pin 5 como salida
  pinMode(TTP223B7, INPUT); // pin 7 como entrada
  pinMode(LEDQ, OUTPUT); // pin 6 como salida
  pinMode(TTP223B8, INPUT); // pin 8 como entrada
  pinMode(LEDF, OUTPUT); // pin 9 como salida
}
void loop() {
  if (digitalRead(TTP223B2) == HIGH){ // si se presiono el sensor
    digitalWrite(LEDO, HIGH); // enciende LED 3
  } else {
```

```
digitalWrite(LED0, LOW); // sino apaga LED 3
}
delay(50); // demora de 50 mseg.
if (digitalRead(TTP223B4) == HIGH){ // si se presiono el sensor
digitalWrite(LED5, HIGH); // enciende LED 5
} else {
digitalWrite(LED5, LOW); // sino apaga LED 5
}
delay(50); // demora de 50 mseg.
if (digitalRead(TTP223B7) == HIGH){ // si se presiono el sensor
digitalWrite(LED6, HIGH); // enciende LED 6
} else {
digitalWrite(LED6, LOW); // sino apaga LED 6
}
delay(50); // demora de 50 mseg.
if (digitalRead(TTP223B8) == HIGH){ // si se presiono el sensor
digitalWrite(LED9, HIGH); // enciende LED 9
} else {
digitalWrite(LED9, LOW); // sino apaga LED 9
}
delay(50); // demora de 50 mseg.
}
```

Anexo 2. Características técnicas filtro de aire**Características Técnicas**

| | |
|---|--|
| Modelos | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" |
| Rosca | NPT ou G |
| Temperatura de Trabajo | 0 a +52°C (Vaso de Policarbonato) 0 a +80°C (Vaso Metálico) |
| Presión de Trabajo | 0 a 10 bar (Vaso de Policarbonato) 0 a 17 bar (Vaso Metálico) |
| Presión de Trabajo para Dreno Automático | 2 a 12 bar * |
| Presión de Trabajo para Dreno Manual | 0 a 17 bar |
| Vacío | Ver Tabla |
| Capacidad del Vaso | 0,12 l (Serie 06) 0,19 l (Serie 07) |
| Micronaje del Elemento Filtrante | 5 ou 40 micra |
| Peso | 0,7 kg (Serie 06) 1,2 kg (Serie 07) |

Materiales

| | |
|------------------------------------|---|
| Cuerpo | Zamac |
| Vaso | Policarbonato Transparente Zamac (Contenido Metálico) |
| Protector del Vaso | Acero |
| Anillo de Fijación del Vaso | Plástico (Vaso de Policarbonato Serie 06/07 Vas o Metálico Série 06) Aluminio (Vaso Metálico Série 07) |
| Elemento Filtrante | Plástico |
| Sellos | Goma Nitrilica (Buna-N) |
| Visor del Vaso Metálico | Poliamida |

* 17 bar con uso de válvula de bloqueo con partida suave.

Vacío (Presión Primaria 7 bar de salida libre hacia la atmósfera)

| Modelos | SCFM | | l/min | | Cv | |
|----------------|-------------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 06 | 07 | 06 | 07 | 06 | 07 |
| 1/4" | 100 | ND | 2.832 | ND | 1,78 | ND |
| 3/8" | 195 | 220 | 5.522 | 6.230 | 3,48 | 3,93 |
| 1/2" | 250 | 300 | 7.079 | 8.495 | 4,46 | 5,36 |
| 3/4" | ND | 445 | ND | 12.600 | ND | 7,95 |

Anexo 3. Características lubricador

El aceite no debe alterar el estado del material.

Con esto, queremos referirnos al punto de añilina del aceite que puede provocar la dilatación, contracción y ablandamiento de los sellos.

El punto de añilina se define como la temperatura en la cual tiene inicio la mezcla del aceite convertido en añilina con el aceite considerado.

En las lubricaciones neumáticas el Punto de Añilina no debe ser inferior a 90°C (194°F) y ni superior a 100°C (212°F).

Un sistema lubricado apropiadamente no presentará tales inconvenientes en relación a los sellos.

Aceites Recomendados

Shell Shell Tellus C-10

Esso Turbine Oil-32

Esso Spinesso-22

Mobil Oil Mobil Oil DTE-24

Valvoline Valvoline R-60

Castrol Castrol Hyspin AWS-32

Lubrax HR 68 EP

Lubrax Ind CL 45 Of

Texaco Kock Tex-100

Características Técnicas

| | |
|---------------------------------------|--|
| Modelos | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" NPT ou G |
| Caudal (l/min) | Ver Tabla |
| Caudal Mínimo para Lubricación | 14 l/min a 7 bar |
| Rango de Temperatura | 0 a +52°C (Contenido de Policarbonato) 0 a +80°C (Contenido Metálico) |
| Rango de Presión | 0 a 10 bar (Contenido de Policarbonato) 0 a 17 bar (Contenido Metálico) |
| Capacidad del Vaso | 0,08 l (Serie 06) 0,16 l (Serie 07) |
| Presión Secundaria | 0,07 a 4,0 bar (Baja presión) 0,14 a 8,5 bar (Presión normal) 0,35 a 17,0 bar (Alta presión) |
| Peso | 0,6 kg (Serie 06) 1,2 kg (Serie 07) |

Materiales

| | |
|------------------------------------|---|
| Cuerpo | Zamac |
| Vaso | Policarbonato Transparente Zamac (Vaso Metálico) |
| Protector del Contenido | Aço |
| Anillo de Fijación del Vaso | Plástico (Policarbonato Série 06/07 e Metálico Série 06) Alumínio (Vaso Metálico Série 07) |
| Sellos | Buna-N |
| Visor del Vaso Metálico | Poliamida |

Anexo 4. Características regulador de presión**Características Técnicas**

| | |
|-------------------------------------|--|
| Modelos | 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4" |
| Rosca | NPT ou G |
| Temperatura de Trabajo | 0 a +80°C |
| Presión Máxima Primaria | 17,0 bar |
| Presión Secundaria | 0,07 a 4,0 bar (Baja presión) 0,14 a 8,5 bar (Presión normal) 0,35 a 17,0 bar (Alta presión) |
| Caudal (7 bar en la entrada) | Ver Tabla |
| Peso | 0,8 kg (Serie 06) 1,0 kg (Serie 07) |

Materiales

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Cuerpo | Zamac |
| Asta de Ajuste | Acero |
| Anillo de Fijación | Plástico |
| Diafragma | Empacadura Nitrilica (Buna-N) |
| Manopla de Regulación | Plástico |
| Resorte de Regulación | Acero |
| Resorte de Asiento | Acero |

Caudal (Presión Primaria 7 bar, con salida libre hacia la atmósfera)

| Modelos | SCFM | | l/min | | Cv | |
|----------------|-------------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | 06 | 07 | 06 | 07 | 06 | 07 |
| 1/4" | 85 | ND | 2.407 | ND | 1,52 | ND |
| 3/8" | 120 | 175 | 3.398 | 4.955 | 2,14 | 3,12 |
| 1/2" | 130 | 195 | 3.681 | 5.522 | 2,32 | 3,48 |
| 3/4" | ND | 200 | ND | 5.633 | ND | 3,57 |

Anexo 5. Guías de prácticas.***Práctica N°1***

Tema: Accionamiento neumático indirecto de un cilindro giratorio de 90 grados

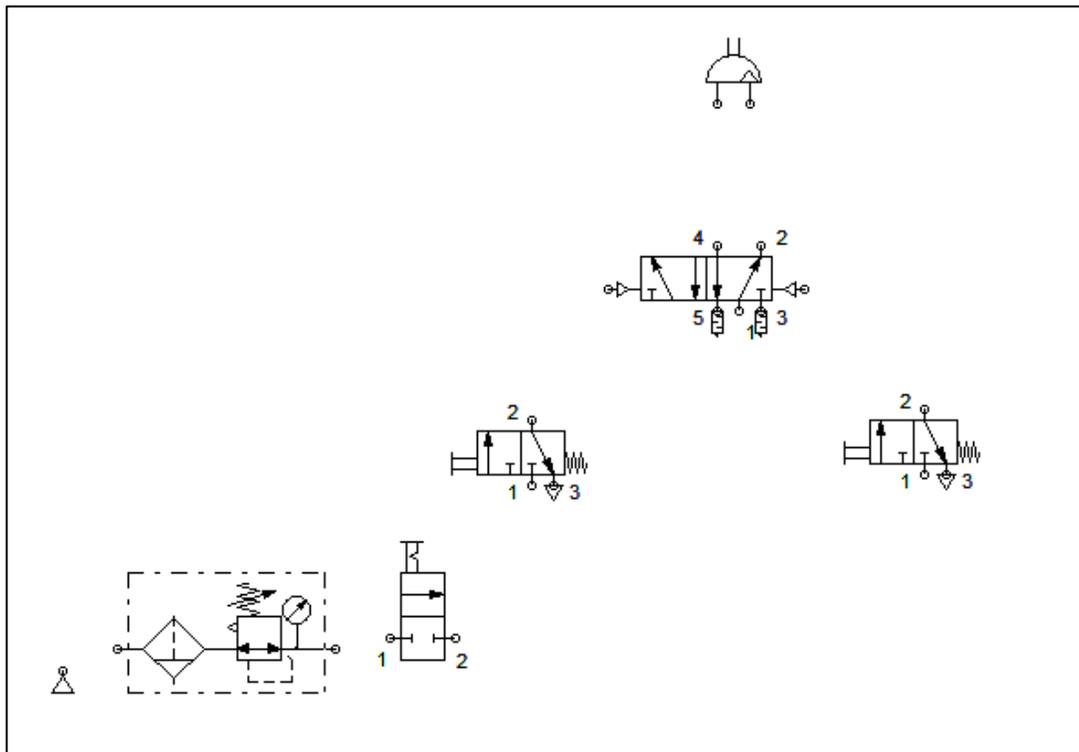
Objetivo: Determinar el funcionamiento del cilindro giratorio de 90 grados mediante su accionamiento indirecto de dos pulsadores.

Materiales:

- Un actuador giratorio de 90°.
- Una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático.
- Dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento. FRL

Diagrama:

Realizar la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

1. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
2. Utilizar gafas de seguridad.
3. Manipular los racores de acceso rápido con precaución.

Preguntas de evaluación

- ¿Cuál es la función de ocupar dos válvulas neumáticas tipo hongo?

- ¿Cuál es la función de la válvula 3/2 biestable de accionamiento neumático?

Práctica N°2

Tema: Circuito de activación neumática indirecta de un actuador doble efecto.

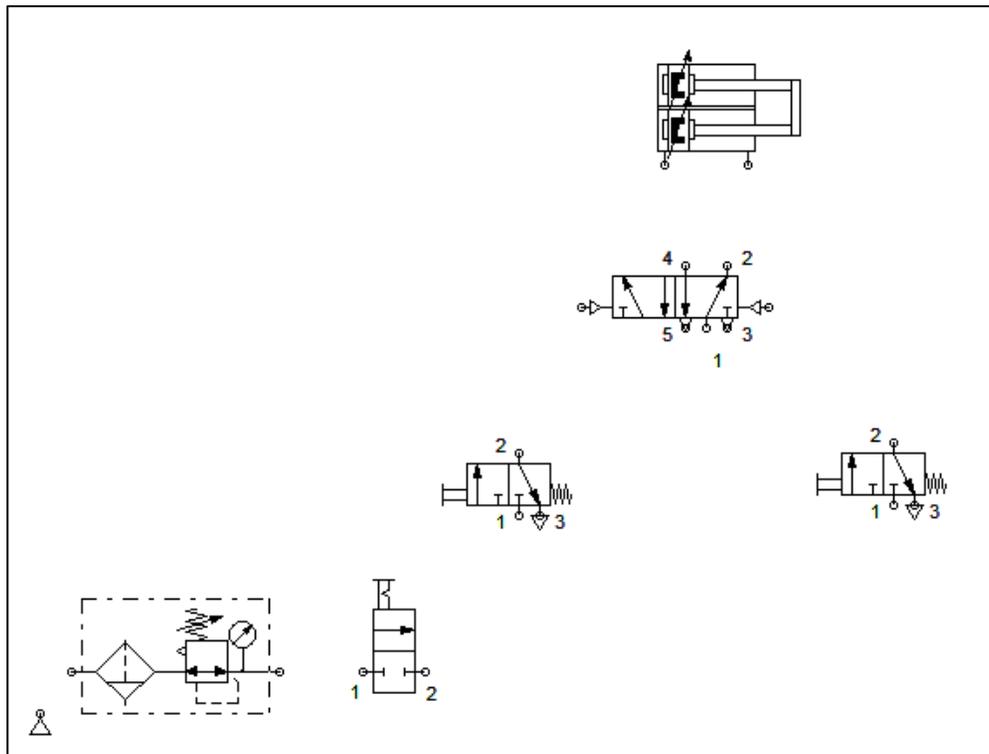
Objetivo: Determinar el funcionamiento de un cilindro doble efecto mediante pulsos neumáticos.

Materiales:

- Un cilindro doble efecto de doble vástago.
- Una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático.
- Dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento. FRL

Diagrama:

Realizar correctamente la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

1. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
2. Utilizar gafas de seguridad.
3. Verificar que no existan fugas de aire antes de accionar el cilindro neumático.

Preguntas de evaluación

- ¿Qué función cumple el cilindro de doble efecto de doble vástago?

- ¿Cuál es la función de ocupar una válvula de interruptor de flujo manual?

Práctica N°3

Tema: Circuito de activación neumática de un actuador doble efecto con velocidad variable.

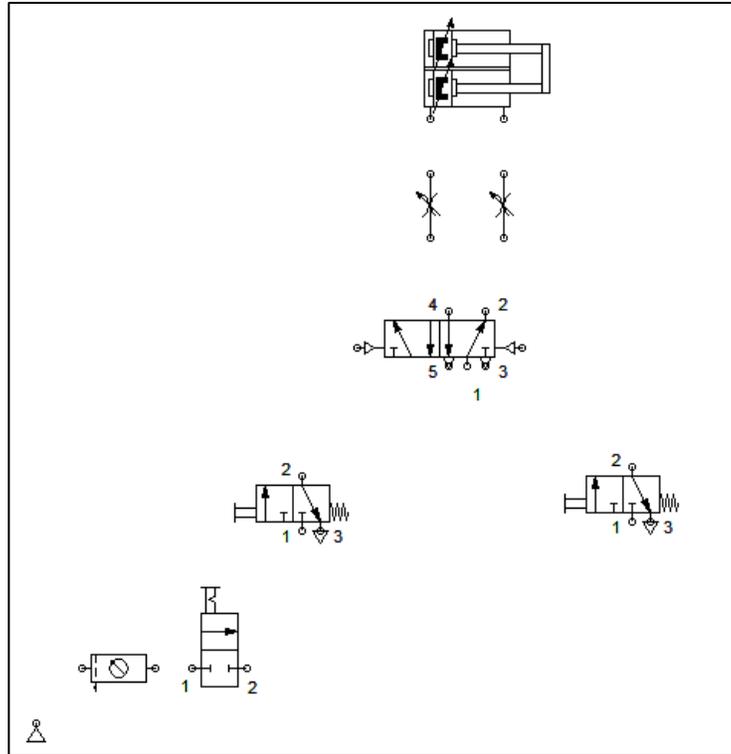
Objetivo: Determinar el funcionamiento de un cilindro doble efecto mediante la aplicación de válvulas reguladoras de flujo.

Materiales:

- Un cilindro doble efecto de doble vástago.
- Una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático.
- Dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Dos válvulas reguladoras de flujo.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento. FRL

Diagrama:

Realizar correctamente la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

4. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
1. Verificar que no existan fugas de aire antes de accionar el cilindro neumático.
2. Utilizar gafas de seguridad.

Preguntas de evaluación

- ¿Qué función cumple las válvulas reguladoras de caudal?

- ¿Qué diferencia se aprecia en el cilindro al usar válvulas reguladoras de flujo?

- ¿Qué sucede si solo se aplica una válvula de control de flujo en el avance del cilindro?

Práctica N°4

Tema: Accionamiento de retorno semiautomático en función del actuador secuencia A+, A-.

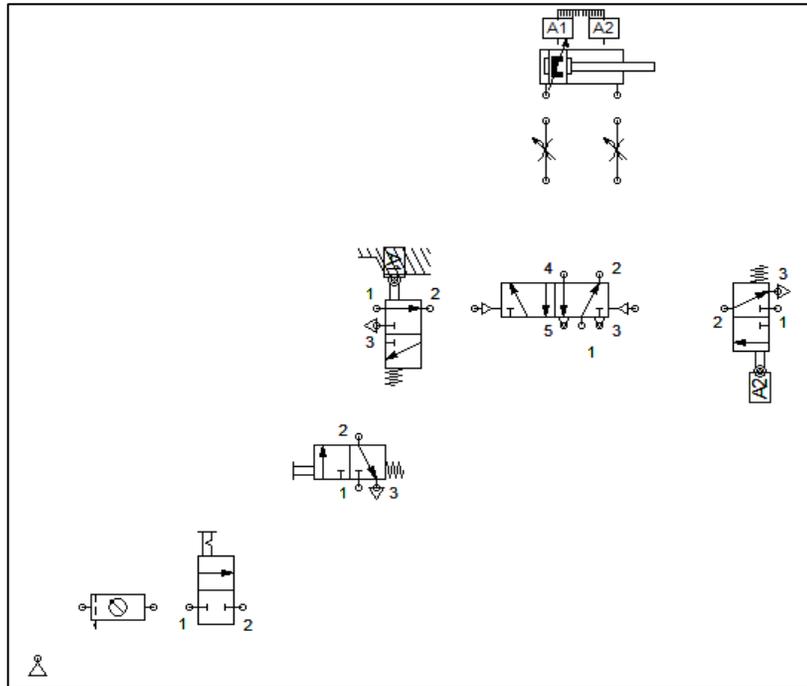
Objetivo: Determinar el funcionamiento de un cilindro doble efecto mediante la aplicación de finales de carrera.

Materiales:

- Un cilindro doble efecto.
- Una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático.
- Dos finales de carrera, A1 y A2.
- Una válvula 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Dos válvulas reguladoras de flujo.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento, FRL.

Diagrama:

Realizar correctamente la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

3. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
1. Verificar que no existan fugas de aire antes de accionar el cilindro neumático.
2. Utilizar gafas de seguridad.

Preguntas de evaluación

- ¿Cuál es la función que cumple la válvula 5/2 pilotada?

-
- ¿Qué función cumple los finales de carrera?

-
-
-
-
- ¿Qué sucede si solo se aplica un final de carrera?
-
-
-
-

Práctica N°5

Tema: Accionamiento secuencial con válvula selectora.

Objetivo: Determinar el funcionamiento de un cilindro doble efecto mediante la aplicación una válvula selectora.

Materiales:

- Un cilindro doble efecto.
- Una válvula 5/2 biestable de accionamiento neumático.
- Un final de carrera, A2
- Una válvula selectora.
- Dos válvulas 3/2 accionamiento manual por botón con resorte de tipo NC.
- Dos válvulas reguladoras de flujo.

-
-
-
- ¿Qué función cumple el final de carrera A2?

-
-
-
- ¿Dónde se puede aplicar este tipo de circuito con doble mando de control?

Práctica N°6

Tema: Desplazamiento electroneumático de un cilindro doble efecto.

Objetivo: Determinar el accionamiento de un cilindro doble efecto mediante la aplicación de electrónica de control.

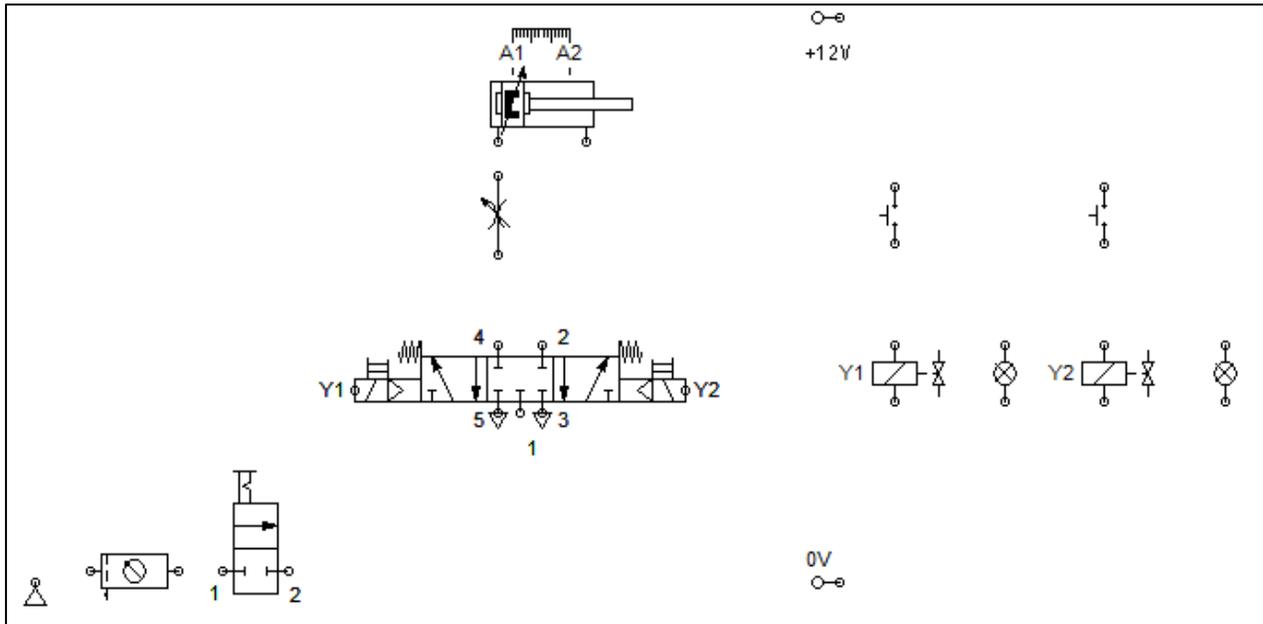
Materiales:

- Un cilindro doble efecto.
- Bloque de electroválvulas
- Módulo de pulsadores y relés,
- Módulo de control Arduino UNO.

- Módulo de alimentación 12V y 5V.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento, FRL.

Diagrama:

Realizar correctamente la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

1. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
2. Verificar los voltajes de alimentación de los circuitos electrónicos de control.
3. Utilizar gafas de seguridad.

Preguntas de evaluación

- ¿Cuál es la función de la etapa de control de Arduino UNO?

-
-
-
- ¿En que consiste la etapa de potencia de los relés?

-
-
-
- ¿Describa el funcionamiento de los pulsadores capacitivos?
-
-
-

Práctica N°7

Tema: Desplazamiento de una secuencia de dos cilindros por método cascada, A+, B+, B-, A-.

Objetivo: Determinar el accionamiento de dos cilindros doble efecto mediante la aplicación de elementos neumáticos de control.

Materiales:

- Dos cilindros doble efecto.
- Cuatro válvulas reguladoras de flujo.
- Tres válvulas 5/2 pilotadas de accionamiento neumático.
- Cuatro finales de carrera.

- ¿Describa el funcionamiento de la secuencia A+, B+, B-, A-?

- ¿Cuál es la función del Grupo 1?

- ¿Cuál es la función del Grupo 2?

Práctica N°8

Tema: Secuencia de tres cilindros por método cascada A+, B+, C+, C-, B-, A-.

Objetivo: Determinar el accionamiento de tres cilindros doble efecto mediante la aplicación de elementos neumáticos de control.

Materiales:

- Tres cilindros doble efecto.
- Seis válvulas reguladoras de flujo.
- Cuatro válvulas 5/2 pilotadas de accionamiento neumático.

Preguntas de evaluación

- ¿Describa el funcionamiento de la secuencia A+, B+, C+, C-, B-, A-?

- ¿Cómo intervienen los finales de carrera en la aplicación de la secuencia?

- ¿Qué tipo de válvula realiza el cambio de grupo 1 al grupo 2?

Práctica N°9

Tema: Accionamiento electroneumático de dos cilindros.

Objetivo: Determinar el accionamiento de dos cilindros doble efecto mediante la aplicación de elementos electroneumáticos de control.

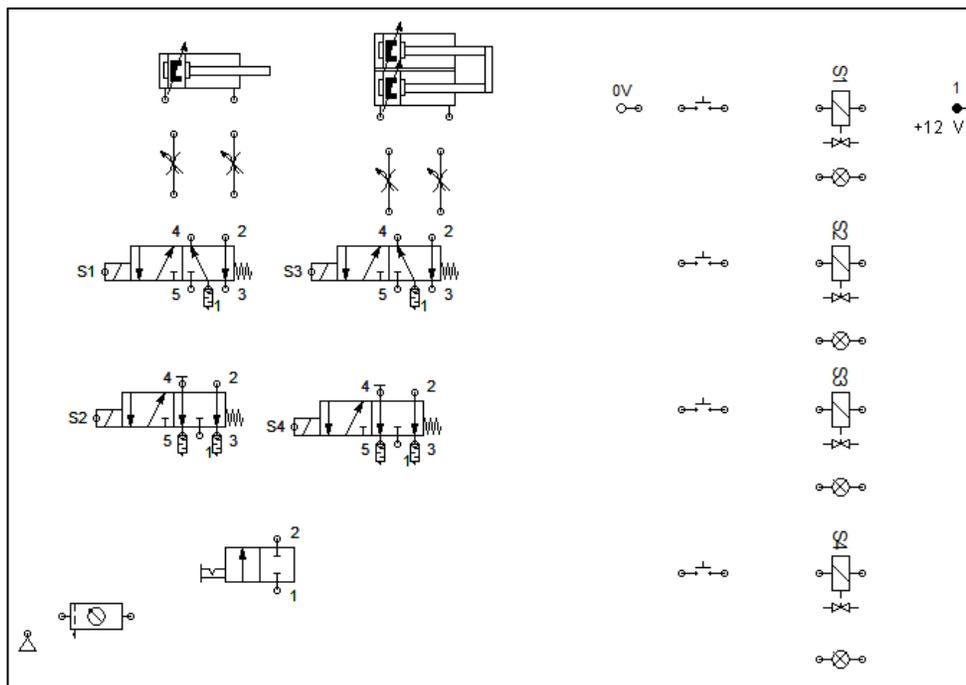
Materiales:

- Dos cilindros doble efecto.
- Bloque de electroválvulas

- Módulo de pulsadores y relés,
- Módulo de control Arduino UNO.
- Módulo de alimentación 12V y 5V.
- Una válvula de interruptor de flujo manual.
- Unidad de mantenimiento, FRL.

Diagrama:

Realizar correctamente la conexión del circuito neumático propuesto en FLUIDSIM.



Luego de simular el circuito, ubicar los componentes en el módulo neumático y realizar la práctica real.

Normas de seguridad

1. Realizar la conexión de las mangueras cuando no exista aire dentro de las líneas de alimentación.
2. Verificar que no existan fugas de aire en las líneas de conexión.

3. Utilizar gafas de seguridad.

Preguntas de evaluación

- ¿Cómo se controla el movimiento de los cilindros?

- ¿Qué función cumplen los pulsadores TTP223?

- ¿Cuál es el beneficio de usar circuitos en paralelo en el control electrónico?

Práctica N°10

Tema: Accionamiento electroneumático de tres cilindros.

Objetivo: Determinar el accionamiento de tres cilindros doble efecto mediante la aplicación de elementos electroneumáticos de control.

Materiales:

- Tres cilindros doble efecto.

2. Verificar que no existan fugas de aire en las líneas de conexión.
3. Utilizar gafas de seguridad.

Preguntas de evaluación

- ¿Qué función cumplen los pulsadores TTP223B?

- ¿Qué diferencia existe entre los módulos TTP223 y TTP223B?

- ¿Qué diferencia existe entre el control neumático y el control electrónico?
