



Rediseño, Construcción y Puesta a
Punto del Banco Didáctico para
Prácticas de Neumática y
Electroneumática de los Laboratorios de
la Universidad Antonio Nariño Sede
Ibagué.

Mayra Alejandra Molina Conde
Juan Esteban Sánchez Rojas

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ibagué, Colombia
2021

Rediseño, Construcción y Puesta a Punto del Banco Didáctico para Prácticas de Neumática y Electroneumática de los Laboratorios de la Universidad Antonio Nariño Sede Ibagué.

Mayra Alejandra Molina Conde
Juan Esteban Sánchez Rojas

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director (a):

Ingeniera Sandy Angelina Mosquera Muñoz

Línea de Investigación:

Diseño mecánico.

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Ibagué, Colombia

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mis padres, quienes me enseñaron que, con paciencia, dedicación, fe y disciplina esto era posible, algo de lo que ellos también formaron gran parte, brindándome de su apoyo y confianza incondicionalmente. A mis hermanos y amigos quienes creyeron en mí desde el principio y estuvieron presentes a lo largo de esta etapa. Solo me resta decir ¡Gracias Dios!

Mayra Alejandra Molina Conde

Este trabajo está dedicado a mis padres, M. Aracely Rojas y Luis E. Sánchez, quienes me han apoyado incondicionalmente, a mi hermano William Felipe Rojas quien día a día me enseña grandes lecciones. A mi novia Luisa Fernanda, quien me impulsó a retomar mis estudios y me ha brindado su amor y apoyo incondicional, a mis familiares y amigos que de una u otra forma han hecho parte y contribuido en este proceso. Por último y no menos importante dar gracias a Dios por brindarme la oportunidad de cumplir esta meta.

Juan Esteban Sánchez Rojas

Agradecimientos

Primeramente, damos gracias a Dios por permitirnos lograr cumplir y concluir esta nueva etapa de nuestras vidas, dándonos la oportunidad de crecer como personas y formarnos como ingenieros mecánicos. A nuestros padres, quienes fueron, parte fundamental a lo largo de todo este proceso apoyándonos sin importar las circunstancias.

Por brindarnos apoyo, seguimiento y disponer de su tiempo durante todo el transcurso de este proyecto, damos gracias a la gestión de la ingeniera Sandy Angelina Mosquera Muñoz quien fue nuestra directora de este trabajo de grado. Al ingeniero Mario Casallas agradecemos su valioso tiempo que dedico para ayudarnos, guiarnos, resolver nuestras inquietudes y dudas, estando siempre dispuesto a cualquier situación que se nos presentara, por ultimo y no menos importante, al ingeniero Jesús Armando Fandiño por aportarnos de sus conocimientos y experiencias en el área de diseño.

Resumen

Los estudiantes de la Universidad Antonio Nariño - Sede Ibagué de la Facultad de Ingeniería cursan asignaturas relacionadas con la automatización de procesos, dichas asignaturas se han estado orientando de manera teórica con la ayuda de material complementario como vídeos y presentaciones. Estas asignaturas tienen componente práctico, en donde se pretende afianzar de manera eficiente y eficaz el conocimiento adquirido del tema expuesto en cada materia, permitiendo la formación profesional de los futuros ingenieros, los cuales son confrontados con este tipo de procesos en el campo industrial.

Teniendo en cuenta la desventaja que presenta el componente práctico, se ha tomado como base el banco de pruebas de neumática y electroneumática desactualizado que se encuentra en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, realizando un reconocimiento con el fin de determinar los elementos existentes, y posteriormente los necesarios para establecer el rediseño y actualización requerido.

El resultado de este trabajo es el rediseño y construcción del banco de pruebas de neumática y electroneumática actualizado, el cual cuenta con un área de trabajo mayor, debido a la adición de un tablero en la parte posterior, donde se pueden llevar a cabo diferentes prácticas, mediante las guías de laboratorio: 5 prácticas para el tema de neumática y 5 prácticas de electroneumática, garantizando a los estudiantes de esta manera un correcto aprendizaje y afianzamiento de los conocimientos.

Palabras clave: Neumática, Electroneumática, Banco de pruebas, Prácticas de laboratorio, Rediseño.

Abstract

The students of the Antonio Nariño University - Ibagué campus of the Faculty of Engineering study subjects related to process automation, these subjects have been oriented in a theoretical way with the help of complementary material such as videos and presentations. These courses have a practical component, where it is intended to strengthen efficiently and effectively the acquired knowledge of the subject exposed in each subject, allowing the professional training of future engineers, which are confronted with this type of processes in the industrial field.

Taking into account the disadvantage of the practical component, the outdated pneumatics and electro - pneumatics test bench found in the laboratories of the Faculty of Mechanical Engineering has been taken as a basis, carrying out a survey in order to determine the existing elements, and subsequently those necessary to establish the required redesign and update.

The result of this work is the redesign and construction of the test bench of pneumatic and electro-pneumatic updated, which has an area of work higher, due to the addition of a board in the back, where you can carry out different practices, using the guides lab: 5 practices to the subject of pneumatics and 5 practices of electro-pneumatic, ensuring that the students in this way a correct learning and reinforcement of knowledge.

Keywords: Pneumatics, Electro - pneumatic, Test bench, Laboratory practices, Redesign.

Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| Resumen | v |
| Lista de figuras | IX |
| Lista de tablas | XI |
| 1. Introduccion | 1 |
| 2. Planteamiento del problema | 3 |
| 3. Justificación | 5 |
| 4. Antecedentes | 6 |
| 5. Objetivos | 8 |
| 5.1 Objetivo General | 8 |
| 5.2 Objetivos específicos | 8 |
| 6. Marco teórico | 9 |
| 6.1 Neumática | 9 |
| 6.1.1 Variables de la neumática | 10 |
| 6.1.1.1 Área | 10 |
| 6.1.1.2 Fuerza | 10 |
| 6.1.1.3 Presión | 10 |
| 6.1.2 Aplicaciones de la neumática | 10 |
| 6.1.3 Ventajas y desventajas de la neumática | 11 |
| 6.2 Ley de los gases ideales | 12 |
| 6.3 Sistema de aire comprimido y compresor | 13 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 6.3.1 | Generalidades del sistema de aire comprimido | 13 |
| 6.3.2 | Compresor de tipo alternativo | 14 |
| 6.4 | Componentes de un sistema neumático | 16 |
| 6.4.1 | Actuadores - lineales | 18 |
| 6.4.2 | Válvulas de vías o distribuidoras | 19 |
| 6.4.3 | Unidad de mantenimiento | 21 |
| 6.5 | Simbología neumática | 22 |
| 6.6 | Electroneumática y su simbología | 23 |
| 6.7 | Soldadura | 25 |
| 6.7.1 | Tipos de soldadura | 25 |
| 6.7.2 | Diseño de conexiones soldadas | 26 |
| 6.7.3 | Símbolos básicos de soldadura | 27 |
| 7. | Metodología | 28 |
| 8. | Rediseño del banco didáctico | 31 |
| 8.1 | Rediseño de la estructura | 31 |
| 8.1.1 | Bancos didácticos en el mercado | 31 |
| 8.1.2 | Banco existente del laboratorio de la universidad Antonio Nariño sede - Ibagué | 32 |
| 8.1.3 | Rediseño del banco final | 33 |
| 8.2 | Análisis de soldadura | 35 |
| 8.2.1 | Cálculos de las soldaduras críticas del banco | 35 |
| 8.2.2 | Caso hipotético | 41 |
| 8.3 | Análisis estático del banco | 43 |
| 8.3.1 | Cargas principales | 44 |
| 8.3.2 | Solapa abatible | 45 |
| 8.3.3 | Análisis estático tablero frontal | 48 |
| 8.3.4 | Análisis estático tablero posterior | 51 |
| 8.3.5 | Análisis estático final | 52 |

| | |
|---|------------|
| 9. Construcción | 57 |
| 10. Guías de laboratorio | 62 |
| 11. Manual de funcionamiento del banco didáctico | 63 |
| 12. Manual de mantenimiento del banco didáctico de neumática y electroneumática | 65 |
| 13. Conclusiones y recomendaciones | 66 |
| 13.1 Conclusiones | 66 |
| 13.2 Recomendaciones | 67 |
| A. Anexo: Elementos necesarios para el desarrollo de las guías de laboratorio | 69 |
| B. Anexo: Manual de mantenimiento del banco didáctico de neumática y electroneumática | 76 |
| C. Anexo: Guías de laboratorio | 80 |
| D. Anexo: Planos del banco didáctico de neumática y electroneumática | 101 |
| E. Anexo: Resultado final en detalle del banco didáctico de neumática y electroneumática | 103 |
| F. Anexo: Inventario, cotizaciones y presupuesto | 105 |
| G. Anexo: Cotización Aircas Industrial (banco didáctico) | 112 |
| H. Anexo: Cotización MiCRO | 117 |
| Bibliografía | 118 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 2-1: Banco didáctico inicial. | 4 |
| Figura 6-2: Ley de gases ideales [14]. | 12 |
| Figura 6-3: Sistema de distribución de aire comprimido [16]. | 14 |
| Figura 6-4: Compresor y depósito de almacenamiento. | 15 |
| Figura 6-5: Tipos de compresores [18]. | 16 |
| Figura 6-6: Tipos de actuadores neumáticos [21]. | 17 |
| Figura 6-7: Cilindro de simple efecto [23]. | 18 |
| Figura 6-8: Cilindro de doble efecto [23]. | 18 |
| Figura 6-9: Válvula neumática [25]. | 19 |
| Figura 6-10: Representación de válvulas de distribución [15]. | 20 |
| Figura 6-11: Tipos de accionamiento [26]. | 21 |
| Figura 6-12: Unidad de mantenimiento [28]. | 22 |
| Figura 6-13: Símbolos neumáticos más comunes [31]. | 23 |
| Figura 6-14: Simbología eléctrica [32]. | 24 |
| Figura 6-15: Soldadura SMAW [33]. | 25 |
| Figura 6-16: Tipos de juntas [33]. | 26 |
| Figura 6-17: Tipos de soldaduras típicas [33]. | 26 |
| Figura 6-18: Símbolos básicos de soldadura [34]. | 27 |
| Figura 7-19: Metodología. | 28 |
| Figura 8-20: Bancos didácticos en el mercado [35]. | 31 |
| Figura 8-21: Bancos didácticos en el mercado [36]. | 32 |
| Figura 8-22: Banco didáctico existente. | 32 |
| Figura 8-23: Ergonomía [38]. | 33 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| Figura 8-24. | Banco didáctico diseño final. | 34 |
| Figura 8-25: | Ubicación puntos de soldadura banco didáctico. | 35 |
| Figura 8-26: | Esquema de soldadura. | 35 |
| Figura 8-27: | Perfil de la estructura. | 36 |
| Figura 8-28: | Vista transversal del filete de soldadura. | 36 |
| Figura 8-29: | Caso hipotético. | 41 |
| Figura 8-30: | Diagrama de cuerpo libre, vista lateral del pie de amigo. | 45 |
| Figura 8-31: | Esquema área transversal del eslabón. | 46 |
| Figura 8-32: | Diagrama de cuerpo libre tablero frontal. | 48 |
| Figura 8-33: | Diagrama de cuerpo libre tablero posterior. | 51 |
| Figura 8-34: | Distribución de cargas sobre la mesa del banco didáctico. | 53 |
| Figura 8-35: | Diagrama de cuerpo libre del banco didáctico. | 54 |
| Figura 8-36: | Esquema de distribución de cargas en los 4 apoyos. | 55 |
| Figura 8-37: | Plano frontal del banco didáctico. | 57 |
| Figura 8-38: | Plano posterior del banco didáctico. | 57 |
| Figura 9-39: | Remoción del tablero antiguo. | 58 |
| Figura 9-40: | Trozado de cercha. | 59 |
| Figura 9-41: | Proceso de soldadura de los tableros. | 59 |
| Figura 9-42: | Pie de amigo abatible. | 60 |
| Figura 9-43: | Resultado final del banco didáctico. | 60 |

Lista de tablas

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 6-1: Simbología de válvulas distribuidoras [30]. | 22 |
| Tabla 8-2: Resistencia de fluencia de cada material. | 36 |
| Tabla 8-3: Espesor del cordón de soldadura ideal y real. | 40 |
| Tabla 8-4: Pesos de los componentes necesarios para las practicas. | 44 |
| Tabla 8-5: Pesos de los componentes estructurales. | 45 |
| Tabla 8-6: Peso de los elementos del tablero frontal. | 49 |
| Tabla 8-7: Equivalencias de unidades. | 49 |
| Tabla 8-8: Peso de los elementos del tablero posterior. | 51 |

1. Introducción

Los sistemas industriales como lo son la neumática y electroneumática son muy importantes en el ámbito ingenieril, ya que están considerados dentro del campo de la automatización, estos permiten realizar operaciones mediante la optimización de recursos, por medio del uso de tecnologías para el control y monitorización de procesos.

La neumática industrial es el conjunto de tecnologías que usan un gas como medio para transmitir energía. En el proceso se aprovecha la capacidad de compresión de los gases para acumular energía, al aumentar la presión de los mismos en el interior de recipientes o circuitos. [1].

Esta tiene múltiples aplicaciones, en la industria química, textil, el transporte o la carpintería metálica, y el aprovechamiento del aire comprimido es visible hoy en muchos elementos cotidianos, como por ejemplo los sistemas de apertura y cierre de transporte público, como trenes o autobuses, pero también las aspiradoras o los sopletes de pintura. [2].

La llegada de nuevas tecnologías y la implementación de sistemas eléctricos, sustituyeron en gran medida la forma en la que se llevaba a cabo el control de procesos, dejando de lado lo manual y mecánico, dando paso a lo que se conoce hoy en día como sistema electroneumático.

Un sistema electroneumático es una integración de la electricidad y los componentes mecánicos con fuente de aire comprimido. Básicamente controla los componentes neumáticos por medio de impulsos eléctricos [3]. En plantas industriales de todo el mundo se usan sistemas de control electroneumáticos para controlar el funcionamiento de equipos de fabricación, líneas de ensamblaje y máquinas de envasado. [4].

Debido a todo lo mencionado anteriormente se considera que un ingeniero mecánico debe tener los conocimientos necesarios para solucionar los problemas de cada una de estas áreas. Teniendo en cuenta la importancia de los sistemas de automatización neumática, la Universidad Antonio Nariño Sede Ibagué cuenta con un banco de pruebas neumático y electroneumático el cual cumplió con su ciclo de uso, por lo tanto, se hace evidente la necesidad de rediseño, logrando actualizar su estructura, de tal modo que se asemeje a los que se encuentran hoy en día en el mercado.

En este proyecto se explica de forma clara los procesos que se realizan para el rediseño y construcción del banco didáctico. Basados en los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria se plantean análisis estático, de resistencia y soldadura, mediante el método analítico, corroborando de esta forma la viabilidad y factibilidad de llevar a cabo el rediseño del banco de neumática y electroneumática.

2. Planteamiento del problema

La Universidad Antonio Nariño en el programa de Ingeniería mecánica, electrónica y electromecánica, cuenta con un pensum en el cual se dictan algunas asignaturas como automatización de procesos y electroneumática que son teórico – prácticas, es decir, consisten en realizar prácticas de laboratorio teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en las clases magistrales. En los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué se contaba con un banco de neumática y electroneumática el cual cumplió con su tiempo de vida útil y además de esto se encontraba desactualizado debido a la falta de elementos y parte estructural, por lo tanto, es necesario el rediseño y construcción de un banco de pruebas neumático y electroneumático apto para el desarrollo de las praxis.

En las materias mencionadas anteriormente se identifican algunos de los resultados principales de aprendizaje que las definen, estos son:

- Identificar y verificar el funcionamiento de cada uno de los elementos que forman parte de un sistema neumático y electroneumático, teniendo en cuenta su representación.
- Tener la capacidad para diseñar una red de distribución a presión de aire.
- Analizar el funcionamiento de un circuito neumático y electroneumático partiendo de la necesidad que se desea resolver, diseñar el sistema tanto gráfica como sistemáticamente.

A demás de lo ya mencionado los estudiantes deben desarrollar algunas competencias como:

- Capacidad para gestionar un proyecto desde su planificación, dirección y ejecución.

- Capacidad para poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en mecánica de fluidos, cálculo, diseño y puesta a punto de sistemas neumáticos y electroneumáticos.
- Capacidad para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
- Capacidad para resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad utilizando las herramientas propias de la ingeniería mecánica necesarias para el desarrollo de la misma.

Partiendo de lo anterior, se buscó dar solución a la problemática poniendo a punto el banco de pruebas ya existente (Figura 2-1).

Figura 2-1: Banco didáctico inicial.



Fuente: Autores.

3. Justificación

Este proyecto es necesario para contribuir con la formación de los estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica, electrónica y electromecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, los cuales no contaban con la posibilidad de llevar a cabo las respectivas prácticas de neumática y electroneumática, ya que el banco que se encontraba en el laboratorio de mecánica no era apto para su uso, por tal motivo se realiza el rediseño necesario con el fin de habilitar este recurso para la enseñanza.

Teniendo en cuenta que los procesos de automatización son de gran importancia en el sector ingenieril, se requiere del uso de equipos didácticos para la realización de prácticas, afianzando de esta manera los conocimientos teóricos, con el fin de consolidar la formación de los futuros ingenieros mecánicos.

Hoy en día se encuentran muchas empresas dedicadas a la fabricación de estos bancos, pero sus precios son poco asequibles, como ejemplo tenemos la empresa AIRCAS industrial donde el banco didáctico básico tiene un valor de 70'000.000 (Ver Anexo G) y la empresa MiCro que cuenta con un banco didáctico de \$ 38.102.850 (Ver Anexo H), de acuerdo a lo anterior se decide optar por la reconstrucción del banco.

Siendo esta una opción viable para dotar al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Mecánica, como herramienta de enseñanza de la neumática y electroneumática.

4. Antecedentes

A nivel nacional e internacional se encuentran diversas Universidades que han visto la necesidad de implementar un banco de pruebas para el desarrollo de prácticas neumáticas y electroneumáticas; en algunos casos los mismos estudiantes han optado por hacer de esto sus proyectos de grado, teniendo en cuenta que en el mercado se encuentran dichos bancos completamente funcionales, pero su valor es elevado, y no necesariamente significa que cuentan con lo indispensable para el desarrollo correcto que exigen las prácticas de distintas asignaturas.

En la Universidad del Atlántico (Barranquilla), en el 2015, como proyecto de grado se diseñó y construyó un banco de pruebas electroneumático como recurso para la enseñanza de las asignaturas relacionadas con el Programa de Ingeniería Mecánica. Donde el objetivo principal fue la ergonomía del área de trabajo para el desarrollo de las prácticas, una de esas era el funcionamiento de un circuito neumático de dos cilindros de doble efecto. [5]

En la Universidad de Ibagué, en el año 2018 como tesis de grado se diseñó, construyó y puso a punto un banco didáctico para prácticas de neumática, electroneumática y PLC. El banco permite la interacción de una mayor cantidad de alumnos, ya que cuenta con un tablero de trabajo el cual permite efectuar las prácticas por ambos lados del banco, dotado de un compresor de dos etapas, motor de 2 hp trifásico, donde la presión de trabajo del banco son 6 bares. [6]

En el año 2013 en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador) como proyecto de grado se diseñó, construyó e implementó un banco didáctico electroneumático

para el laboratorio de neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica; el banco contaba con un compresor de 3hp, las prácticas se realizaron en base a 4 cilindros doble efecto y diferentes tipos de válvula (5/2, 5/3 y 3/2) a una presión de trabajo de 6 bares, teniendo en cuenta que la presión máxima es de 8. [7].

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil (Ecuador), en el año 2014 realizó una tesis de grado en la cual se diseñó un banco electroneumático, ya que no contaban con uno, y las prácticas se hacían mediante simulación (FluidSIM). El principal objetivo fue construir un banco con posicionamiento lineal para el uso de los estudiantes y de esta manera afianzar los conocimientos del curso, dotado de un compresor de 2hp marca Hyundai, un distribuidor de 8 salidas de 8 mm, 3 cilindros de doble efecto y 4 de simple efecto, con una presión máxima de 10 bares, y una alimentación principal de 120v. [8].

En la Universidad Antonio Nariño - sede Ibagué en el laboratorio de mecánica se encontraba un banco didáctico de neumática y electroneumática, el cual tenía un único tablero de elementos reducido, debido a que los módulos de mando ocupan parte de este espacio; además, éste tenía una disposición de 75° con respecto a la horizontal situado en la mitad de la mesa de trabajo, impidiendo de esta manera el uso de la parte posterior del mismo e inhabilitando un espacio importante del área de trabajo. A lo anterior se suma la poca capacidad de alumnos que podían interactuar de manera simultánea con el banco (2 - 3 estudiantes).

Para efectuar lo anterior se cuenta con el apoyo económico de la Universidad Antonio Nariño la cual está comprometida a adquirir los elementos necesarios para las prácticas de laboratorio.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Rediseñar, construir y poner a punto el banco didáctico para Prácticas de neumática y electroneumática de los laboratorios de la Universidad Antonio Nariño Sede Ibagué.

5.2 Objetivos específicos

- Establecer el estado actual del banco existente.
- Determinar los requerimientos de diseño del banco a reconstruir.
- Rediseñar el banco de pruebas de neumática y electroneumática.
- Construir el banco de pruebas de neumática y electroneumática.
- Puesta a punto del banco de neumática y electroneumática.
- Elaborar las guías de trabajo para el desarrollo de la praxis (5 Neumática y 5 electroneumática).
- Elaboración del manual de funcionamiento del banco.

6. Marco teórico

6.1 Neumática

A el estudio del movimiento del aire como fuente de energía se le denomina neumática, siendo esta una parte fundamental de la ciencia y la física que trata las propiedades de los gases. Sus inicios marcaron un cambio importante en el campo de la navegación, en el sector agrícola (molino) y el bombeo de agua, de esta manera, se mejoró la optimización de procesos. [9].

El griego Ktesibios en el siglo I a.c inventó el primer cañón neumático el cual consiste en comprimir aire en los cilindros y al momento de ser accionado la fuerza de compresión del aire aumenta el alcance del disparo, luego de esto en el siglo III a.c fundó la escuela de mecánicos en Alejandría y de esta manera se convirtió en el precursor de la técnica para comprimir el aire. [10].

La evolución de este nuevo método formó parte importante del desarrollo industrial y la automatización de procesos, donde es necesario el uso de los sistemas de aire comprimido para llevar a cabo su correcto funcionamiento, estos proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos. [11].

6.1.1 Variables de la neumática

Factores como el área, la fuerza y la presión definen el comportamiento físico de un sistema neumático.

6.1.1.1 Área

Medida de superficie que se encuentra comprendida entre ciertos límites, es decir, un espacio determinado por características geométricas (ver Ecuación (6.1)).

$$A = \frac{F}{P} \quad (6.1)$$

6.1.1.2 Fuerza

Fenómeno físico con magnitud vectorial, que modifica la dirección, velocidad y posición de un cuerpo en el espacio (ver Ecuación (6.2)).

$$F = A * P \quad (6.2)$$

6.1.1.3 Presión

Cantidad de fuerza aplicada por unidad de área en la superficie (ver Ecuación (6.3)).

$$P = \frac{F}{A} \quad (6.3)$$

6.1.2 Aplicaciones de la neumática

La utilización del aire comprimido en la sociedad se remonta al año 2500 a.c donde se diseñaron los primeros fuelles de soplado, su aplicación tuvo lugar en la fundición no ferrosa, siderurgia y años más tarde en aparatos musicales y actividades mineras [12], el avance de esta tecnología ha permitido crear nuevas adaptaciones y usos como:

- Herramientas.

- Posicionadores.
- Martillos neumáticos.
- Pistolas para pintar.
- Sistemas de empaquetado.
- Elevadores.
- Herramientas de impacto.
- Prensas neumáticas.
- Robots industriales.
- Frenos neumáticos.

6.1.3 Ventajas y desventajas de la neumática

La implementación de los sistemas de aire comprimido a nivel industrial es favorable ya que facilitan los procesos de automatización, sin embargo, también presentan algunas desventajas.

Algunas de las ventajas son: facilidad de diseño e implementación, mantenimiento accesible, fácil conversión de movimiento giratorio o lineal, bajas presiones (6 bar), proporcionando entornos de trabajo seguros y riesgo nulo de explosión. [10].

Estas se deben a que el fluido de trabajo (aire) no tiene una forma definida, por ende, se adapta y toma la forma del recipiente que lo contiene, en este caso el depósito del compresor y el sistema de mangueras de alimentación, además de esto es un gas no inflamable.

Entre las desventajas está la poca posibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, elevado ruido debido al funcionamiento del compresor, en algunos casos alto costo de consumo eléctrico y por último el rendimiento se puede ver afectado por fugas en el sistema. [10].

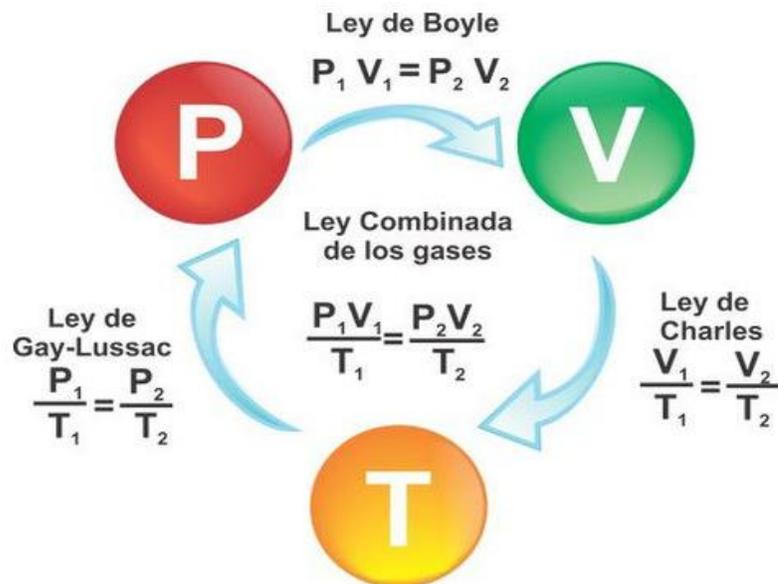
El alto consumo eléctrico se genera debido a que la fuente de energía del compresor es eléctrica, siendo fundamental para el funcionamiento total del sistema. Las propiedades como la compresión y expansión del aire no permiten un movimiento estable de este ya que sus partículas se encuentran muy separadas entre si [13].

6.2 Ley de los gases ideales

Un gas ideal es un gas teórico compuesto de moléculas que no se atraen o repelen entre ellas y en sí mismas no ocupan volumen alguno, su comportamiento está definido en 2 parámetros fundamentales: la presión, se debe encontrar en un valor cercano a la atmosférica y la temperatura, debe estar a un valor cercano a la del ambiente. [14].

(ver Ecuación (6.4)) es el resultado de la combinación de las leyes de Charles, Boily-Mariotte y Gay-Lussac (Figura 6-2).

Figura 6-2: Ley de los gases ideales [14].



Fuente: K. Academy.

Las variables presión, temperatura y volumen están relacionadas por la ecuación de la ley de los gases ideales:

$$pV = nRT \quad (6.4)$$

Donde: p es la presión del gas, V el volumen que ocupa, n es el número de moles del gas y R la constante de los gases ideales y T la temperatura.

6.3 Sistemas de aire comprimido y compresor

En este apartado se presentan algunas características principales de los sistemas de aire comprimido y la descripción del compresor utilizado en este proyecto.

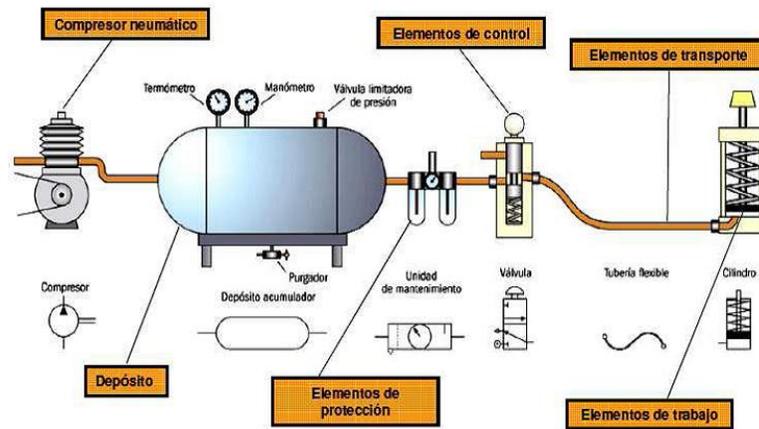
6.3.1 Generalidades del sistema comprimido

A lo largo de la historia el uso de aire comprimido ha sido de vital importancia para realizar trabajos, desde el avivamiento del fuego mediante el empleo del compresor natural o humano (pulmones), hasta el uso de fuelles de pie en la fundición de bronce y oro (Cultura Egipcia).

El aire comprimido es básicamente una mezcla de gases la cual es sometida a una presión mayor a la atmosférica, normalmente mediante el uso de un compresor con el fin de almacenar y generar energía; siendo un sistema muy usual en los distintos sectores industriales.

Los sistemas de aire comprimido se conforman principalmente de un compresor, tanque de almacenamiento, regulador de presión y conductos o tuberías de distribución, teniendo como resultado el accionamiento de cada dispositivo neumático (Figura 6-3). [15].

Figura 6-3: Sistema de distribución de aire comprimido [16].



Fuente: GRUPO IBER maq.

La función de las partes que conforma un sistema de aire comprimido son:

- **Compresor neumático:** Es el que realiza el trabajo de comprimir el aire y enviarlo al depósito.
- **Deposito:** Encargado de almacenar el aire que le suministra el compresor.
- **Elementos de protección:** Encargada de regular la presión del aire que sale del depósito manteniendo la estabilidad en el sistema.
- **Elementos de control:** Permite o restringe el paso de aire comprimido hacia los elementos de trabajo.
- **Elementos de transporte:** Permite la distribución del aire a lo largo del sistema.
- **Elementos de trabajo:** Recibe el aire comprimido con el fin de realizar un trabajo.

6.3.2 Compresor de tipo alternativo

Los compresores son máquinas térmicas que tienen por finalidad aportar energía a los fluidos compresibles (gases y vapores). Esta energía es generada por un motor eléctrico

que realiza un trabajo y la suministra al fluido, elevando su presión y energía cinética para ser aprovechada en los distintos procesos. [17].

El compresor a utilizar en el banco didáctico de neumática y electroneumática es de desplazamiento positivo (alternativo), con una potencia de 1HP, una capacidad de 112 L/min y una presión de 114 psi. Teniendo en cuenta que era del banco anterior y para este caso cumple con los estándares necesarios que requiere el nuevo banco (Figura 6-4).

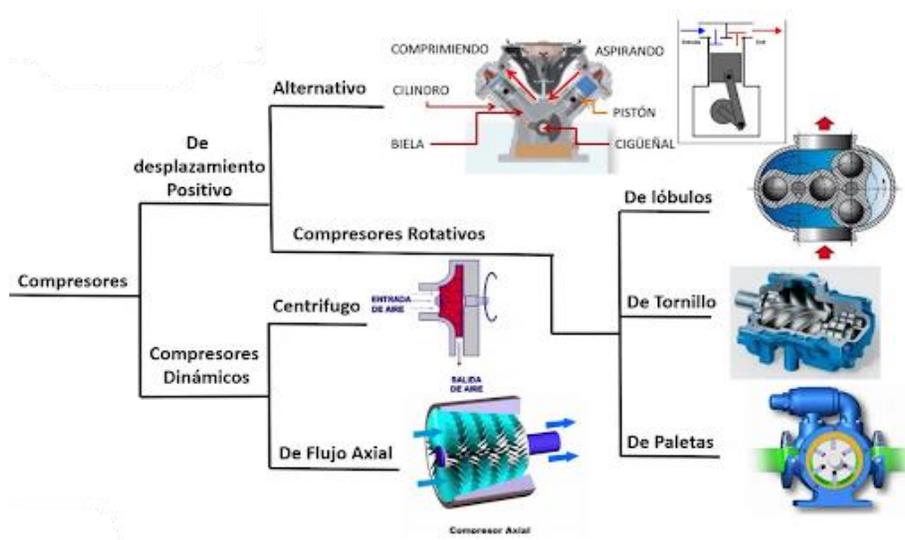
Figura 6-4: Compresor y depósito de almacenamiento.



Fuente: Autores.

En función de su diseño y necesidad existen diversos tipos de compresores como se muestra en la Figura 6-5.

Figura 6-5: Tipos de compresores [18].



Fuente: Portal electromecánico.

La función de los compresores de desplazamiento positivo, es disminuir el volumen de aire de la cámara de compresión donde se encuentra, mediante el movimiento de los elementos, aumentando la presión del mismo hasta llegar a la deseada y luego almacenarla en el depósito. [19]. Algunos de estos son:

- De tornillo.
- De paletas.
- De lóbulos o émbolos rotativos.
- Alternativo.

El compresor alternativo: Es una máquina de desplazamiento positivo que utiliza un pistón, el cual es dirigido por la biela y el cigüeñal. Para comprimir el aire el pistón baja y lo aspira al interior del cilindro, luego sube entregándolo a alta presión. [20].

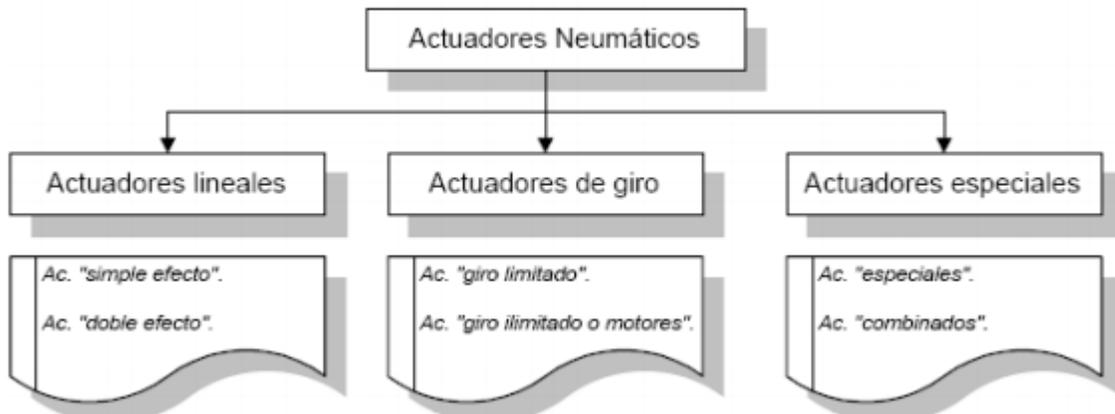
6.4 Componentes de un sistema neumático

A continuación, se describen algunos de los componentes principales que se requieren para efectuar el montaje de un sistema neumático. (Ver anexo A)

6.4.1 Actuadores - lineales

Los actuadores son mecanismos que mediante el uso de aire comprimido generan un trabajo mecánico. Existen diferentes tipos como se muestra en la Figura 6-6.

Figura 6-6: Tipos de actuadores neumáticos [21].

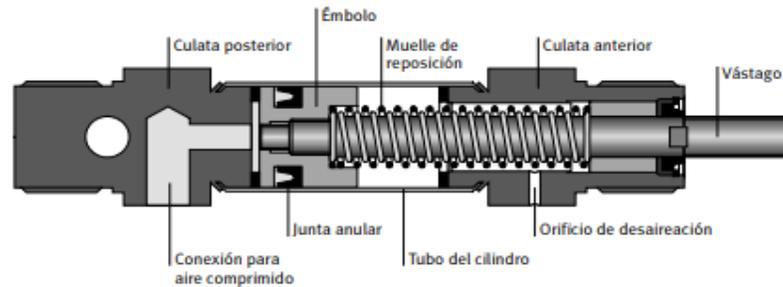


Fuente: Repositorio UNIMINUTO.

Para interés de este proyecto se tienen en cuenta los actuadores de tipo lineales, los cuales funcionan por medio de un cilindro de émbolo o pistón creando un movimiento recíprocante. En estos se encuentran:

a) Actuadores de simple efecto: Son aquellos cilindros en donde el pistón recibe el aire comprimido por un solo lado, generando trabajo mecánico en un solo sentido y retornando a su posición inicial por medio de una fuerza externa (muelle o resorte, carga, etc....) Como se muestra en la Figura 6-7, estos son utilizados para marcar, sujetar y expulsar. [22].

Figura 6-7: Cilindro de simple efecto [23].

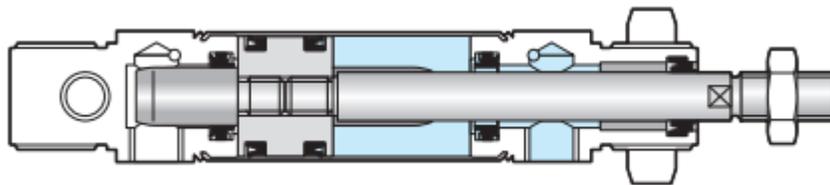


Fuente: Festo.

b) Actuadores de doble efecto: A diferencia de los de simple efecto estos cilindros realizan trabajo en su carrera de avance y retroceso, debido al aire comprimido que ingresa a la cámara de compresión por ambas caras del émbolo. [22].

El retroceso de estos actuadores es más lento debido al menor espacio que hay en esa parte de la cámara ya que el vástago ocupa una parte del volumen, reduciendo la cantidad de aire comprimido que ingresa por esa cara del émbolo. La Figura 6-8 muestra un esquema del actuador de doble efecto.

Figura 6-8: Cilindro de doble efecto [23].



Fuente: Festo.

6.4.2 Válvulas de vías o distribuidoras

Estas válvulas son las encargadas de determinar la dirección de flujo del aire y también el sentido de desplazamiento de los actuadores, sus posiciones deben ser fijas y no intermedias. [24]. (Figura 6-9)

Figura 6-9: Válvula neumática [25].

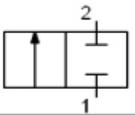
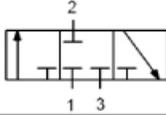
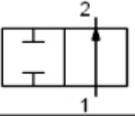
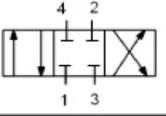
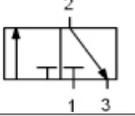
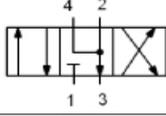
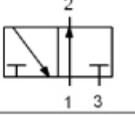
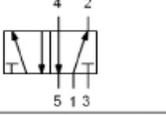
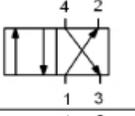
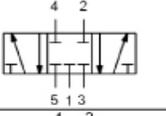
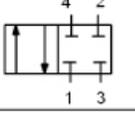
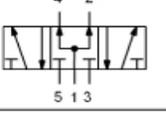


Fuente: Neumática y control industrial.

Las válvulas distribuidoras se representan con símbolos que indican las posiciones, vías y funcionamiento; es decir una válvula 3/2 tiene 3 conexiones (actuador, alimentación y escape) y 2 vías que puede ocupar posiciones diferentes, como este tipo podemos encontrar muchas más en el mercado 4/2,5/3,2/2, entre otros como se observa en la Figura 6-10.

La válvula puede estar abierta, es decir, no permite el paso del aire en posición de reposo a menos de que sea accionada, o cerrada donde el aire circula mientras está en reposo y al ser accionada se cierra. [24].

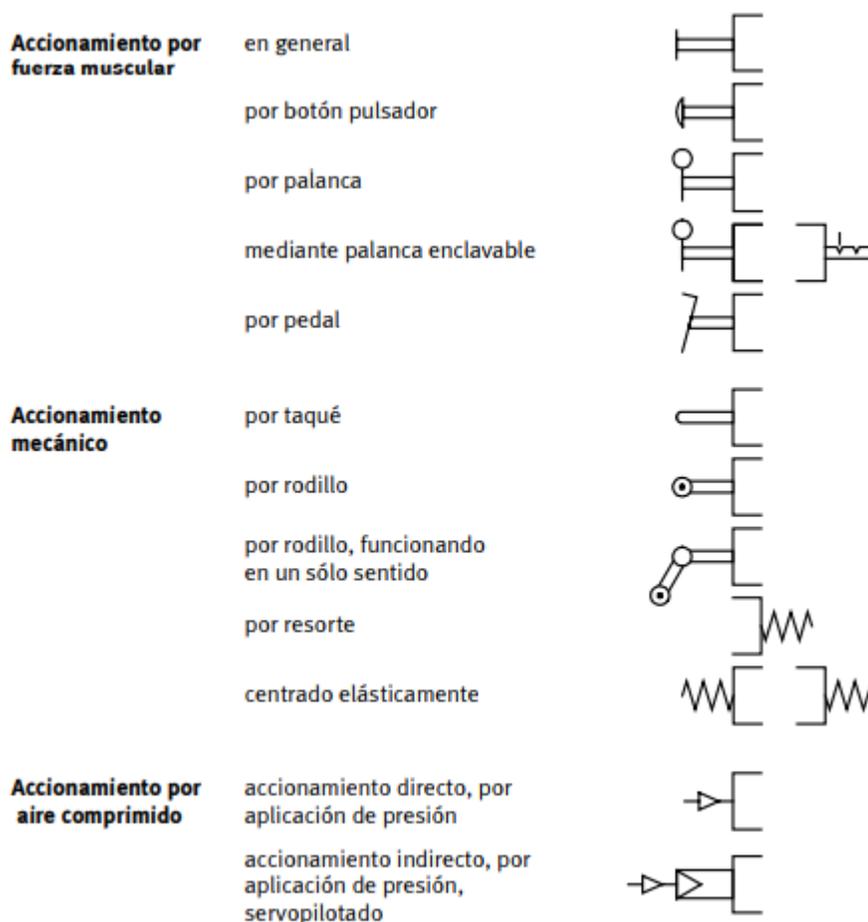
Figura 6-10: Representación de válvulas de distribución [15].

| | | | |
|--|--|---|--|
|  | Válvula 2/2 normalmente cerrada |  | Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada |
|  | Válvula 2/2 normalmente abierta |  | Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada |
|  | Válvula 3/2 normalmente cerrada |  | Válvula 4/3 con posición neutra a escape |
|  | Válvula 3/2 normalmente abierta |  | Válvula 5/2 |
|  | Válvula 4/2 |  | Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada |
|  | Válvula 4/2 normalmente cerrada |  | Válvula 5/3 en posición normalmente abierta |

Fuente: e-ducativa aragonesa.

El accionamiento de las válvulas puede ser de diferentes maneras, manual (pulsador, palanca, pedal), mecánico (leva, muelle o rodillo), neumático (aire comprimido) o eléctrico (corriente eléctrica),[24] como se ilustra en la Figura 6-11.

Figura 6-11: Tipos de accionamiento [26].



Fuente: Festo.

6.4.3 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento es un conjunto de elementos (filtro, regulador y lubricador) diseñado para purificar, regular la presión y lubricar el sistema, es decir, minimizar los efectos de rozamiento con el fin de asegurar un mejor funcionamiento en las partes móviles (cilindros motores neumáticos) y en el sistema neumático como tal (Figura 6-12). [27].

Figura 6-12: Unidad de mantenimiento [28].

Fuente: Repuestos industriales.com.

6.5 Simbología neumática

Según la norma ISO 1219 1 - 1991 los símbolos de los esquemas de sistemas neumáticos se deben diseñar conforme están establecidos a nivel internacional, debido a la necesidad de entenderlos de manera adecuada, clara y concisa. La enumeración de las válvulas no se encuentra respaldadas en esta normativa, por recomendación se sugiere tomar como referencia la norma CETOP RP 68 P (Comité Europeo de transmisiones oleo hidráulicas y neumática) simbología DIN - ISO 1219 como se muestra en la Tabla 6-1. Los símbolos neumáticos más comunes se ilustran en la Figura 6-13. [29] [30].

Tabla 6-1: Simbología de válvulas distribuidoras [30].

| CONDUCTOS | NORMA ISO | NORMA CETOP |
|-------------------------|--------------|-----------------|
| Alimentación de presión | P | 1 |
| Conductos de trabajo | A, B, C, ... | 2, 4, 6, ... |
| Escapes | R, S, T, ... | 3, 5, 7, ... |
| Conductos de pilotaje | Z, Y, X, ... | 12, 14, 16, ... |

Figura 6-13: Símbolos neumáticos más comunes [31].

| | | | |
|--|---|--|--|
| | Filtro | | Cilindro de simple efecto, normalmente replegado |
| | Drenaje automático | | Cilindro de simple efecto, normalmente extendido |
| | Lubricador | | Cilindro de doble efecto |
| | Manómetro | | Cilindro de doble efecto y de doble vástago |
| | Regulador de presión | | Cilindro de doble efecto de vástago telescópico |
| | Acondicionador de aire (filtro, regulador y lubricador) | | Motor neumático |
| | Acondicionador de aire (filtro, regulador y lubricador) | | Cilindro basculante |
| | Compresor de aire comprimido | | Válvula de cierre |
| | Depósito de aire | | Válvula antirretorno |
| | Toma de aire a presión | | Válvula selectora. OR. |
| | Escape con silenciador | | Válvula de simultaneidad. AND. |
| | Escape libre | | Válvula de escape rápido |
| | Escape roscado | | Válvula reguladora de caudal unidireccional |
| | Válvula limitadora de presión | | Válvula de secuencia |

Fuente: María MC.

6.6 Electroneumática y su simbología

La electroneumática es una tecnología la cual utiliza como base de su funcionamiento la energía eléctrica, para producir y transmitir movimientos los cuales son controlados por medio de electroválvulas, sensores y finales de carrera. El accionamiento de esta tecnología es electromecánico, es decir, el inicio del movimiento surge mecánicamente (manual) y posteriormente es controlado por elementos eléctricos (finales de carrera y electroválvulas).

El sistema electroneumático se compone de un circuito neumático, el cual está formado por actuadores y válvulas, éstos son alimentados por aire comprimido; y un circuito eléctrico que complementa lo anteriormente mencionado proporcionando un accionamiento no solo mecánico sino también eléctrico, brindando la posibilidad de realizar procesos de manera remota.

Su aplicación abarca diversos sectores como el área de la automatización industrial, sistemas de producción, ensamblaje, farmacéuticas, químicas y de envasado. Los cuales requieren de procesos específicos e iterativos para llevar a cabo un trabajo deseado.

Esta técnica posee ventajas sobre la neumática básica, ya que por medio de la eléctrica y electrónica tienen la capacidad de emitir, combinar y transportar señales, permitiendo un alto grado de sofisticación y simplicidad en los sistemas. [25].

A continuación, en la Figura 6-14 se muestran los símbolos de los elementos básicos eléctricos que se utilizan al momento de diseñar el circuito, ya que estos permiten una clara interpretación y lectura de los mismos.

Figura 6-14: Simbología eléctrica [32].

| | | | |
|---|--|---|---|
|  | Contacto normalmente cerrado NC |  | Solenoides con servopilotaje y accionamiento manual |
|  | Contacto conmutador |  | Sensor inductivo |
|  | Pulsador con contacto de cierre, accionamiento manual por pulsado. |  | Sensor capacitivo |
|  | Interruptor manual. Contacto con enclavamiento. |  | Sensor óptico |
|  | Accionamiento en general: relés, contactores. |  | Presostato |
|  | Relé electromecánico con retardo a la conexión |  | Sensor de accionamiento magnético |
|  | Relé electromecánico con retardo a la desconexión | | |

Fuente: Electroneumática.

6.7 Soldadura

Es un proceso complejo de fijación de dos o más partes generalmente de metal, en el cual se involucran diversos factores como la transferencia de calor y reacciones químicas, éstas se producen mediante una corriente eléctrica que sobre calienta y funde un material de aporte (electrodo), el cual al enfriarse produce una unión entre ellas, es decir, una transformación metalúrgica. [33].

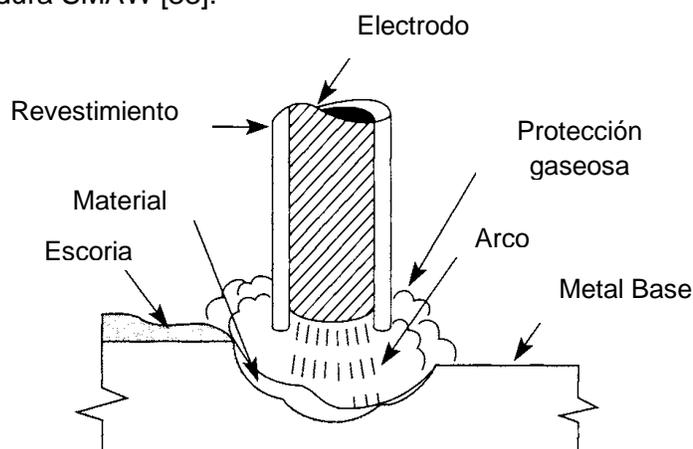
6.7.1 Tipos de soldadura

Dependiendo de la aplicación y uso que se requiera existen diferentes tipos de soldadura:

- Soldadura por arco metálico con gas (GMAW) o gas inerte metálico (MIG).
- Soldadura por gas metal activo (MAG).
- Soldadura por arco sumergido (SMAW).
- Soldadura con electro escoria / electrogas (ESW/EGW).
- Soldadura por arco de plasma (PAW).
- Soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW o TIG).

La conformación del banco didáctico fue llevada a cabo mediante el uso de la soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido o soldadura manual (SMAW) como se observa en la Figura 6-15, ya que es versátil, relativamente simple de realizar y muy flexible en su aplicación, además de esto era la que se encontraba disponible en los laboratorios de la Universidad.

Figura 6-15: Soldadura SMAW [33].

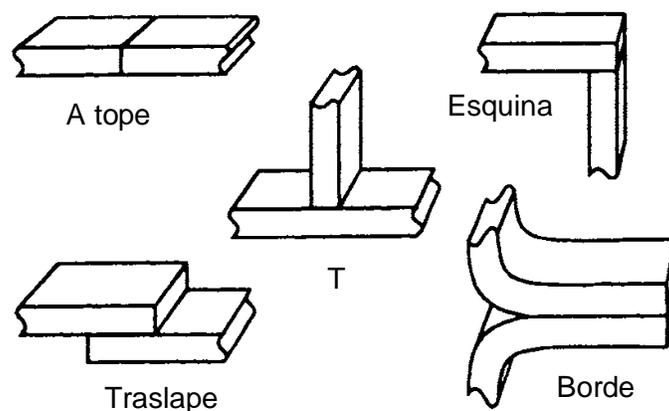


Fuente: HANDBOOK.

6.7.2 Diseño de conexiones soldadas

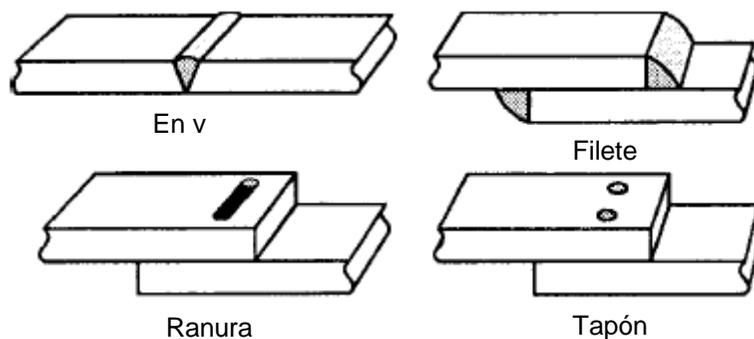
En este apartado se muestran los métodos que existen para realizar una conexión soldada de dos o más piezas de metal base unidas por metal de soldadura. Para este caso se determina el tipo de junta y generalmente se especifica el tipo de soldadura (Figura 6-16, 6-17).[33]

Figura 6-16: Tipos de juntas [33].



Fuente: HANDBOOK.

Figura 6-17: Tipos de soldaduras típicas [33].



Fuente: HANDBOOK.

La elección de los tipos de juntas y soldaduras dependen de la carga que vaya a soportar la unión, es decir, carga estática, fluctuante y de torsión, además de esto se tiene en cuenta las propiedades físicas del material.

6.7.3 Símbolos básicos de soldadura

A continuación, se muestra la simbología básica de soldadura, la cual ayuda a identificar de forma clara en los planos, la manera en que se ejecutó el proceso de soldadura. (Figura 6-18).

Figura 6-18: Símbolos básicos de soldadura [34].

| CHAFLAN | | | | | | | |
|---------|-----------|---|-------|---|---|-----------------|---------------------|
| PLANO | INCLINADO | V | BISEL | U | J | V ENSANCHADA | BISEL ENSANCHADO |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| ANGULO | TAPON U OJAL | ESPARRA- GO | PUNTO O PROYECCION | COSTURA | REVERSO O RESPALDO | RECARGUE | BORDE | |
|--------|--------------------|----------------|--------------------------|---------|--------------------------|----------|-------|---------|
| | | | | | | | CANTO | ESQUINA |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira.

7. Metodología

A continuación, en la Figura 7-19 se muestra la metodología aplicada en este proyecto.

Figura 7-19: Metodología.



Fuente: Autores.

Esta propuesta se basa en el rediseño, construcción y puesta en marcha del banco de pruebas didáctico, para desarrollar plenamente los objetivos específicos se planteó la siguiente metodología:

- Se Inspeccionó el estado actual del banco, en aspectos como la estructura (mesa y tablero) y los elementos neumáticos y electroneumáticos (válvulas, electroválvulas, actuadores, relés, circuitos). Estableciendo su funcionalidad y posible reúso. Se

determinaron los componentes que no servían (rodachines) y aquellos que necesitaban mantenimiento correctivo (módulos y cajones).

- Se realizaron consultas de proyectos y artículos relacionados con bancos didácticos similares para determinar requerimientos de diseño, procesos y resultados obtenidos que puedan ser aplicables al presente proyecto.
- Teniendo en cuenta el banco existente, los artículos consultados, los requerimientos para desarrollar las prácticas relacionados con las partes de competencias a llevar a cabo en las asignaturas referentes a la neumática y electroneumática, se evidenció la necesidad de un área de trabajo más amplia, por lo cual se estableció la modificación del tablero y la mesa de trabajo.
- Se rediseño el banco de pruebas haciendo uso de la herramienta SolidWorks, donde se realizó un nuevo tablero de instrumentos en la parte posterior del que se encontraba, ambos con una disposición perpendicular a la mesa, donde esta última se extendió 40 cm en su superficie.
- Luego de tener los tableros listos, estos se soldaron al banco y las solapas fueron instaladas de forma manual mediante elementos de sujeción (remaches y tornillos autoperforantes), para realizar la construcción total del mismo.
- Se diseñaron los 5 circuitos neumáticos y 5 electroneumáticos mediante el uso del software FluidSIM, verificando mediante simulación la viabilidad y correcto funcionamiento de las practicas a llevar a cabo.
- Se elaboraron las guías de laboratorio que se van a desarrollar en las practicas.

- Se llevaron a cabo las pruebas pertinentes para verificar el óptimo funcionamiento del banco y sus accesorios.

- Por último, se elabora el manual de funcionamiento, donde se explica claramente el funcionamiento del banco y como se deben utilizar los elementos.

8. Rediseño del banco didáctico

8.1. Rediseño de la estructura

Basados en los diseños de los bancos fabricados que se encuentran actualmente en el mercado (Figura 8-20, 8-21) y teniendo en cuenta la estructura del banco inicial (Figura 8-22), se evalúan las posibles modificaciones que se pueden llevar a cabo para formar un espacio de trabajo óptimo y funcional, por lo anterior, se toma la decisión de un diseño final (Figura 8-23).

8.1.1 Bancos didácticos en el mercado

A continuación, en las Figura 8-20 y Figura 8-21 se observan bancos que se encuentran en el mercado de los fabricantes Aircas y MiCRO respectivamente, en las cuales se pueden ver que cuentan con cajones para almacenar los accesorios, rodachines para su fácil traslado, tablero de elementos y una mesa de trabajo.

Figura 8-20: Bancos didácticos en el mercado [35].



Fuente: Aircas.

Figura 8-21: Bancos didácticos en el mercado [36].

b)



Fuente: MiCRO.

8.1.2 Banco existente del laboratorio de la Universidad Antonio Nariño Sede – Ibagué

A continuación, en la Figura 8-21 se observa el banco de neumática y electroneumática en vista frontal y lateral con el que se disponía en el laboratorio de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Ibagué, el cual consta de unos cajones para almacenar accesorios, un compresor y depósito de almacenamiento, mesa de trabajo y un tablero de elementos.

Figura 8-22: Banco didáctico existente.



Fuente: Autores.

8.1.3 Rediseño del banco final

A continuación, se presenta el rediseño final del banco, sin embargo, se tuvieron en cuenta los siguientes puntos:

- El diseño elegido cuenta con una parte ingenieril y otra ergonómica; esta última mejora las condiciones de trabajo, evitando posibles incidentes que se puedan presentar durante el desarrollo de las prácticas. Uno de los factores fundamentales para rediseñar el banco de pruebas, es la postura del estudiante, el cual siempre permanece de pie y debe adoptar una buena posición, por ende, se tiene en cuenta la estatura promedio del ciudadano colombiano que es 1.60 metros (Figura 8-23). [37].

También se deben de tener en cuenta otros factores como:

- ❖ El libre movimiento en el área de trabajo.
- ❖ Correcta disposición de los elementos a utilizar, evitando el desplazamiento innecesario.

Figura 8-23: Ergonomía [38].



Fuente: Universidad de Valencia.

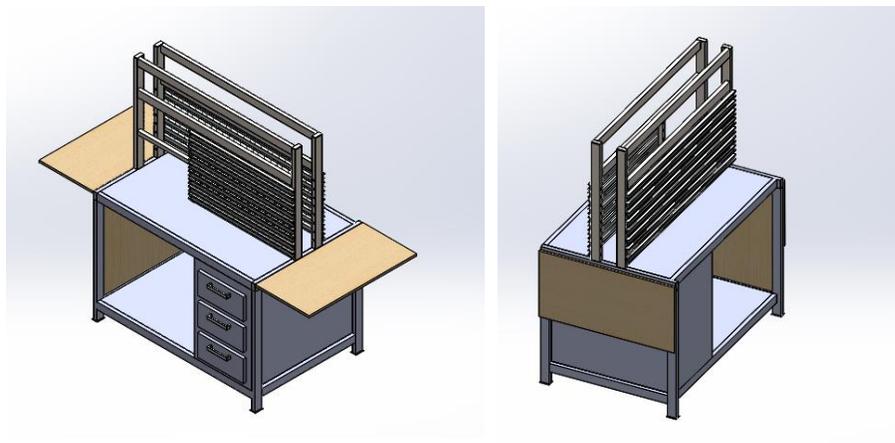
En base a lo anterior se opta por conservar la mesa de trabajo y el tablero del banco existente, ya que estos se encuentran en buenas condiciones y están contruidos en acero lo que los hace resistentes, duraderos y poco propensos a factores ambientales que puedan afectar su estructura. La mesa conservo sus medidas, espacios para los cajones y para la disposición del compresor y depósito.

El rediseño del banco actualizado está conformado por dos tableros de trabajo con perfiles de aluminio en C, que permiten una mayor capacidad para la disposición de los elementos necesarios en el desarrollo de la praxis, habilitando de esta manera la parte posterior del mismo, teniendo en cuenta que el anterior tablero se encontraba con una inclinación de aproximadamente 75° (Figura 8-22), dejándolos con una disposición final paralela entre ellos, y perpendicular a la mesa (90°).

Con el propósito de aumentar el área de trabajo se incorporan 2 solapas en material tríplex, ubicadas en los laterales del banco con anclajes que permiten un movimiento angular proporcionando de esta manera una extensión de la mesa, si las prácticas a realizar lo requieren, y debido a esto una mayor interacción de estudiantes en el banco de manera simultánea (6 – 7 estudiantes).

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados se estableció el rediseño final del banco de neumática y electroneumática, como se muestra en la Figura 8-24 en vista frontal y posterior.

Figura 8-24: Banco didáctico diseño final.



Fuente: Autores.

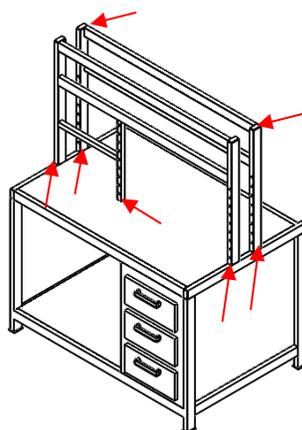
8.2 Análisis de soldadura

A continuación, se hará el análisis de soldadura y se propondrá un caso hipotético en el cual el tablero se verá sometido a unos esfuerzos particulares y se realizarán los cálculos correspondientes.

8.2.1 Cálculos de las soldaduras críticas del banco

En el proceso de construcción del segundo tablero de acero (ASTM - A36) y la unión de las dos estructuras a la base de la mesa, se sueldan en filete mediante la técnica de arco eléctrico (SMAW) con material de aporte (electrodo E6013) (Figura 8-25).

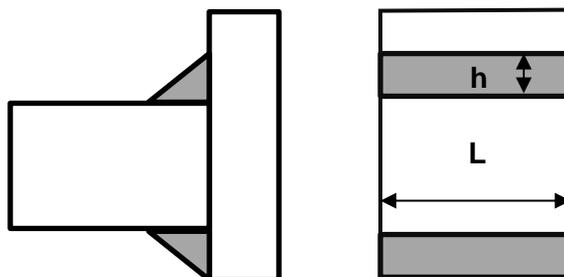
Figura 8-25: Ubicación puntos de soldadura banco didáctico.



Fuente: Autores.

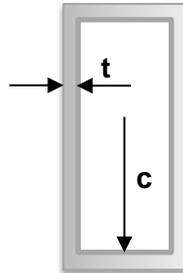
Previamente se realizan los cálculos necesarios para determinar el tamaño de la garganta del cordón de soldadura, la fuerza máxima límite para falla del metal y del filete de soldadura, los cuales se encuentran detalladamente a continuación:

Figura 8-26: Esquema de la soldadura.



Fuente: Autores.

Figura 8-27: Perfil de la estructura.



Fuente: Autores.

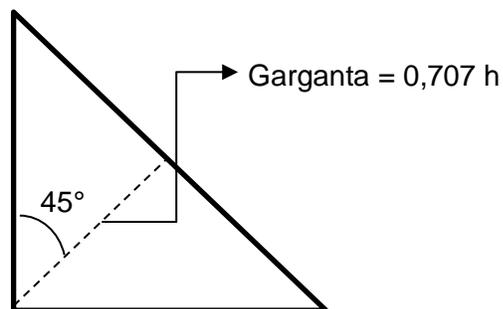
Teniendo en cuenta las propiedades de cada material en la Tabla 8-2.

Tabla 8-2: Resistencia de fluencia de cada material [44].

| Material | Sy (kPsi) |
|----------|-----------|
| E6013 | 50 |
| ASTM A36 | 36 |

Como primera medida se realizó el cálculo del valor que debe tener como mínimo el espesor de la garganta del filete, debido al electrodo que se va implementar. Este se realiza a 45° de inclinación con respecto a la vertical ya que los esfuerzos máximos están ubicados en esa zona (Figura 8-28).

Figura 8-28: Vista transversal del filete de soldadura.



Fuente: Autores.

Basados en la bibliografía [39] el esfuerzo se considera como la fuerza dividida entre el área (A), teniendo esto como referencia se plantean las siguientes ecuaciones:

$$\tau = \frac{F}{A_G} \quad (\text{Soldadura en filete}) \quad (8.5)$$

$$A_G = 0.707h * L \quad (\text{Un solo filete}) \quad (8.6)$$

Donde τ = Esfuerzo cortante
F = Fuerza
 A_G = Área de la garganta

$$\sigma = \frac{F}{A_E} \quad (\text{Material de la estructura}) \quad (8.7)$$

Donde A_E = Área de la estructura

$$A_E = L * t \quad (8.8)$$

Teniendo en cuenta que el tipo de soldadura aplicada es en paralelo:

$$\tau = \frac{\frac{F}{2}}{0.707hL} = \frac{F}{1.414hL} \quad (8.9)$$

Por aspectos de diseño se tiene

$$\tau \leq \frac{S_y}{2n} \quad (8.10)$$

Donde S_y = Resistencia de fluencia
n = Factor de seguridad

Sustituyendo (ver Ecuación (8.9)) y (ver Ecuación (8.10)) se obtiene:

$$\frac{Sy}{2n} \leq \frac{F}{1.414L * h} \quad (8.11)$$

Con el fin de obtener el valor límite de carga aplicada se asume el factor de seguridad $n = 1$, se utilizan las propiedades del material de la Tabla 8-2 y se hallan las fuerzas máximas para cada caso.

- **Material de la estructura**

$$A_E = L * t \quad (8.12)$$

Donde t = Espesor de la cercha (calibre)

L = Longitud

$$\frac{F}{L * t} \leq \frac{Sy}{n} \quad (8.13)$$

Despejando y reemplazando (ver Ecuación (8.13)) en (ver Ecuación (8.14))

$$F = \frac{Sy * L * t}{n} \quad (8.14)$$

$$F = \frac{36000 \text{ psi} * 2 \text{ in} * 0.0478 \text{ in}}{1} \quad (8.15)$$

Fuerza máxima límite para falla del material de la estructura

$$F = 3441.6 \text{ lb}_f \quad (8.16)$$

- **Tamaño de soldadura ideal**

Basados en el valor anterior de $F = 3441.6 \text{ lb}$, se determina el espesor mínimo ideal (h) que debe tener el cordón de soldadura, en este solo se toma como referencia un solo filete (ver Ecuación (8.17)).

$$\frac{Sy}{n} \leq \frac{F}{0.707hL} \quad (8.17)$$

Reemplazando los valores de (ver Ecuación (8.17)) en (ver Ecuación (8.18)) y despejando h

$$\frac{50000psi}{1} \leq \frac{3441.6lb_f}{0.707h(2in)} \quad (8.18)$$

$$h = \frac{3441.6lb_f}{70700psi} = 0.04867in \quad (8.19)$$

Tamaño mínimo ideal para el cordón de soldadura de un electrodo E6013

- **Cordón de soldadura**

Se reemplaza (ver Ecuación (8.19)) en (ver Ecuación (8.20))

$$F = \frac{(0.707hL) * Sy}{n} \quad (8.20)$$

$$F = 0.707(0.04867in)(2in) * 50000psi \quad (8.21)$$

$$F = 3440.969lb_f \quad (8.22)$$

Fuerza máxima para falla del filete de soldadura

- **Factor de seguridad real**

$$h = 0.196in \quad (8.23)$$

Se reemplaza (ver Ecuación (8.23)) en (ver Ecuación (8.24)) y se despeja n

$$n = \frac{Sy}{F} * 0.707hL \quad (8.24)$$

$$n = \frac{50000psi}{3441.6lb} * 0.707 * 0.19685in * 2in \quad (8.25)$$

$$n = 4.043 \quad (8.26)$$

Nota: Se asume un valor de aproximadamente $h = 0.196$ in obteniendo un factor de seguridad de 4.043, ya que el diámetro del electrodo es 1/8" y debido a esto se hace imposible realizar un cordón de soldadura de 0.04867 in.

Tabla 8-3: Espesor del cordón de soldadura ideal y real.

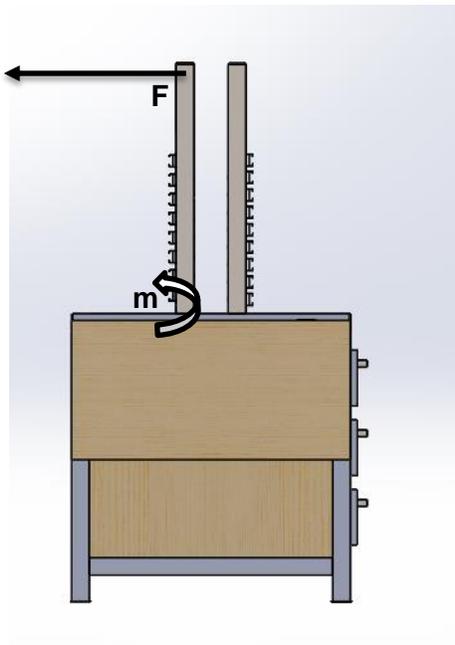
| | Ideal | Real |
|-------------------------------------|------------|----------|
| Espesor del cordón de soldadura (h) | 0.04867 in | 0.196 in |
| | 1.236 mm | 5 mm |

8.2.2 Caso hipotético

Debido a que el banco se encuentra a disposición de diferentes personas (estudiantes, profesores y personal de la Universidad), no es seguro el correcto manejo que se le dé al mismo, por lo tanto, se plantea el siguiente caso:

Suponiendo que la estructura se vea sometida a una fuerza (F) de 112.4 lbf, la cual genera un momento flector en las uniones soldadas (Figura 8-29), se determinan los cálculos necesarios para hallar el esfuerzo (σ) y el factor de seguridad (n), con el fin de sustentar la resistencia en la soldadura.

Figura 8-29: Caso hipotético.



Fuente: Autores.

Basados en la literatura [39] [40] se tiene que el momento (m_F) se conoce como el producto de la fuerza (F) por la distancia perpendicular (d).

$$m_F = F * d \quad (8.27)$$

Donde d es la longitud de la parte vertical del tablero (28.3465 in)

$$m_F = 112.4lbf * 28.3465in$$

$$m_F = 3186.1 \text{ lbf} * \text{ in} \quad (8.28)$$

Teniendo en cuenta lo anterior, se determina el esfuerzo al cual es sometido el tablero

$$\sigma = \frac{m_F * c}{I} \quad (8.29)$$

Donde I es el momento de inercia del área sometido a dicha fuerza y c es la distancia más alejada desde el eje neutro al punto más alejado de la sección.

$$I = \frac{1}{12} (b * h^3) \quad (8.30)$$

Reemplazando valores

$$I = \left(\frac{1}{12} \left((0.19685 \text{ in}) * (2 \text{ in})^3 \right) \right) * 4$$

$$I = 0.524 \text{ in}^4 \quad (8.31)$$

Sustituyendo (ver Ecuación 8.28) y (ver Ecuación (8.21)) en (ver Ecuación (8.32))

$$\sigma = \frac{(3186.1 \text{ lbf} * \text{ in}) * (1 \text{ in})}{0.524 \text{ in}^4} \quad (8.32)$$

$$\sigma = 6069.5 \frac{\text{ lbf}}{\text{ in}^2} \quad (8.33)$$

Esfuerzo máximo de la estructura al ser sometido a una carga de 112.4 lbf.

Teniendo el esfuerzo (ver Ecuación (8.33)) y la resistencia de fluencia (ver Tabla 8-2) se halla el factor de seguridad para este caso.

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (8.34)$$

$$n = \frac{50000Psi}{6069.5 \frac{lb}{in^2}} \quad (8.35)$$

$$n = 8.23 \quad (8.36)$$

El resultado (ver Ecuación (8.36)) se puede interpretar como la seguridad que tiene la estructura al ser sometida a una fuerza de 112.4 lb_f al flexionarse, teniendo en cuenta que el valor mínimo en diseño para un factor de seguridad es $n = 1$, se concluye que tal valor es más que suficiente para este caso.

8.3 Análisis estático del banco

Una parte fundamental del diseño del banco didáctico de neumática y electroneumática es determinar las cargas a las cuales será sometido, por ende, inicialmente se realizan los cálculos necesarios de las fuerzas que actúan sobre cada tablero y solapas, para posteriormente hacer uso de estos con el fin de hallar las reacciones en cada uno de los 4 apoyos.

En el análisis estático se tiene en cuenta las reacciones y fuerzas que actúan sobre el banco de pruebas, por ende, se supone el peso total de la estructura aproximadamente de 112.4 lb_f, además de esto se calcula el peso de cada componente (válvulas, actuadores, electroválvulas, reguladores de presión, finales de carrera, compresor y depósito), hallando un valor estimado máximo de todos los elementos que se utilizan para llevar a cabo las praxis.

8.3.1 Cargas principales

A continuación, se muestran en detalle los valores de las cargas que soporta el banco de neumática y electroneumática:

Tabla 8-4: Pesos de los Componentes necesarios para las practicas.

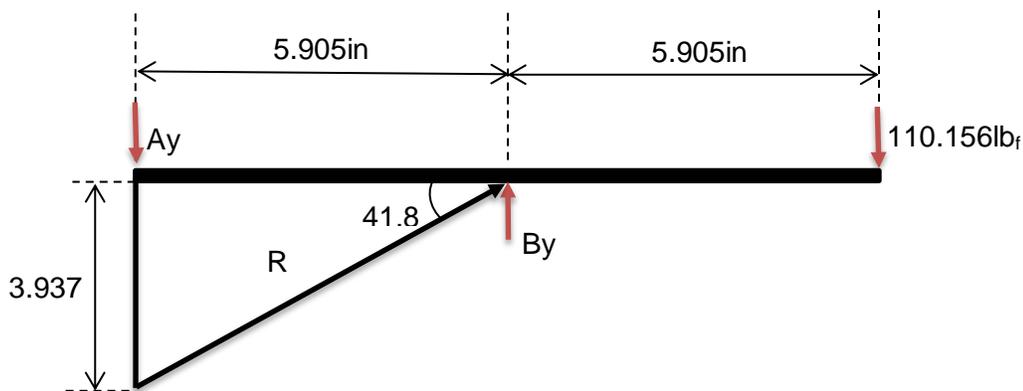
| Componente | Cantidad | Masa (lb _m) | Peso Total (lb _f) |
|-------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|
| válvulas 3/2 | 4 | 0.551 | 2.203 |
| válvulas 5/2 | 6 | 0.661 | 3.965 |
| Electroválvulas 3/2 | 2 | 0.742 | 1.495 |
| Electroválvulas 5/2 | 7 | 0.703 | 4.919 |
| Finales de carrera | 8 | 0.343 | 2.749 |
| Actuador simple efecto | 1 | 1.710 | 1.709 |
| Actuador doble efecto | 2 | 0.881 | 1.762 |
| regulador de presión | 4 | 0.881 | 3.525 |
| Unidad de mantenimiento | 1 | 1.322 | 1.321 |
| Compresor | 1 | 22.046 | 22.031 |
| Depósito | 1 | 22.046 | 22.031 |
| Valor Total | | | 67.71 |

Tabla 8-5: Pesos de los componentes estructurales.

| Estructura | Cantidad | Masa (lb _m) | Peso Total (lb _f) |
|--------------------------|----------|-------------------------|-------------------------------|
| Tablero Frontal | 1 | 9.259 | 9.253 |
| Tablero Posterior | 1 | 8.377 | 8.371 |
| Perfil (30.7 in) | 9 | 0.478 | 4.302 |
| Perfil (43.2 in) | 8 | 0.947 | 7.578 |
| Cajones | 3 | 7.716 | 23.132 |
| Módulo de relés | 2 | 0.418 | 2.599 |
| Módulo de puntos comunes | 2 | 1.261 | 2.520 |
| Módulo de Pulsadores | 2 | 1.598 | 3.194 |
| Fuente 24V | 1 | 1.638 | 1.636 |
| PLC | 1 | 4.279 | 4.276 |
| Valor Total | | | 66.861 |

8.3.2 Solapa abatible

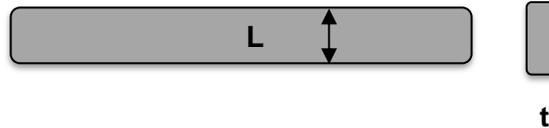
Para determinar la fuerza a la que es sometido cada pie de amigo abatible se asume una carga de 110.156 lb_f (490 N) en cada solapa, teniendo en cuenta que se presenta un movimiento angular es necesario calcular el ángulo que forma el eslabón con la horizontal, ya que este es quien soporta dicha carga.

Figura 8-30: Diagrama de cuerpo libre vista lateral del pie de amigo.

Fuente: Autores

Nota: Por fines prácticos se hace uso de la vista lateral del elemento para resolver las incógnitas que se plantean en la estática del mismo.

Figura 8-31: Esquema área transversal del eslabón.



Fuente: Autores.

Nota: $L = 0.5905$ in y $t = 0.11811$ in.

Por análisis estático no hay fuerzas que actúen en el eje x

$$\sum F_x = 0;$$

$$\sum F_y = 0;$$

$$A_y + B_y - 110.156 \text{ lbf} = 0; \quad (8.37)$$

$$\sum M_A = 0;$$

$$B_y * \text{sen}(41.81) * (5.905 \text{ in}) - 110.156 * (15.748) = 0;$$

$$B_y = 440.664 \text{ lbf}; \quad (8.38)$$

Esta es la carga que soportan ambos pie de amigo

$$R_s = 440.664 \text{ lbf}; \quad (8.39)$$

Teniendo la fuerza que ejerce la carga sobre el área de sección transversal de los eslabones (Figura 8-30), se calcula el esfuerzo al que es sometido.

$$\sigma = \frac{f}{A} \quad (8.40)$$

Donde σ = Esfuerzo
 F = Fuerza
 A = Área transversal

$$A = L * t \quad (8.41)$$

$$A = 0.5905in * 0.11811in \quad (8.42)$$

$$A = 0.1068in^2 \quad (8.43)$$

El área se multiplica por dos, ya que son dos eslabones los que soportan la carga en cada pie de amigo, obteniendo de esta forma el área total (A_T).

$$A_T = 0.1068in^2 * 2 \quad (8.44)$$

$$A_T = 0.2137in^2 \quad (8.45)$$

La fuerza se divide en dos, ya que son dos pie de amigo los que la soportan

$$\frac{f}{2} = \frac{440.664lb_f}{2} = 220.332 lb_f \quad (8.46)$$

Reemplazando (ver Ecuación (8.45)) y (ver Ecuación (8.46)) en (ver Ecuación (8.47))

$$\sigma = \frac{220.332 lb_f}{0.2137in^2} \quad (8.47)$$

$$\sigma = 1031.034 \text{ psi} \quad (8.48)$$

En el área de diseño el factor de seguridad es ineludible y su valor tiene que ser mayor a 1, por lo tanto, se debe determinar con el fin de corroborar la confiabilidad de las solapas. Para ello se requiere del esfuerzo de cada pie de amigo (ver Ecuación (8.48)) y las propiedades del material (ver Tabla 8-2).

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad (8.49)$$

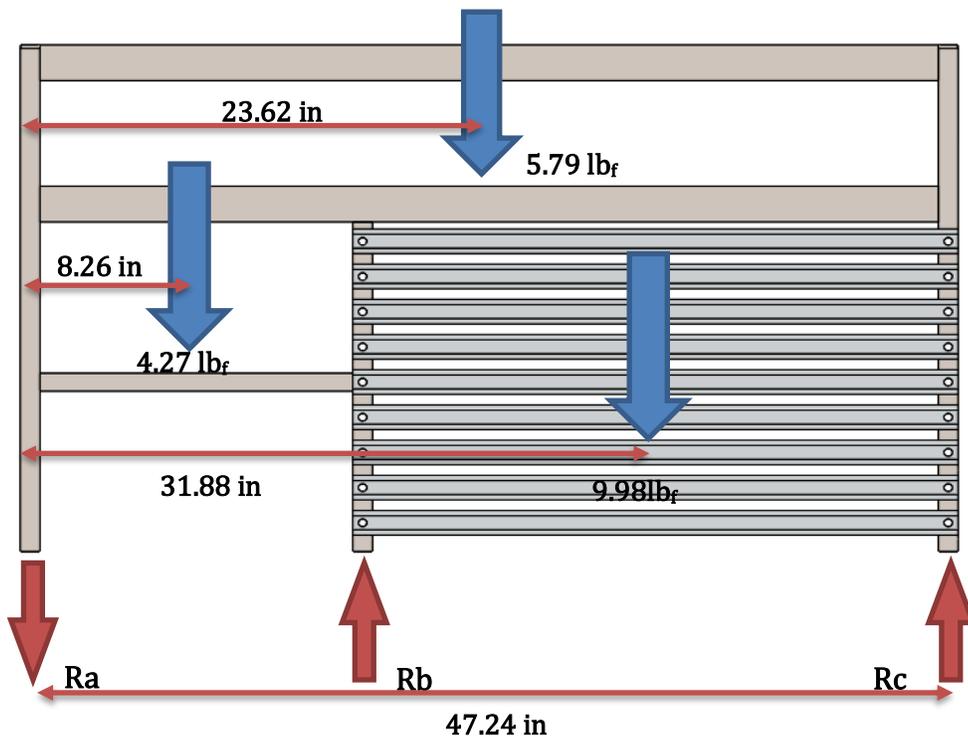
$$n = \frac{30.4579 * 10^3 \text{ Psi}}{1031.034 \text{ Psi}}$$

$$n = 29.541$$

El factor de seguridad da como resultado un valor muy superior al establecido por norma, con esto se garantiza un óptimo funcionamiento de las solapas.

8.3.3 Análisis estático del tablero frontal

Figura 8-32: Diagrama de cuerpo libre del tablero frontal.



Fuente: Autores.

Tabla 8-6: Peso de los elementos del tablero frontal.

| Elementos utilizados en el análisis estático del tablero frontal | | |
|---|----------|-------------------------|
| Elemento | Cantidad | Peso (lb _f) |
| Válvula 3/2 | 1 | 0.742 |
| Válvula 5/2 | 1 | 0.702 |
| Final de Carrera | 1 | 0.343 |
| Cilindro Simple efecto | 1 | 1.709 |
| Cilindro Doble efecto | 1 | 0.881 |
| Unidad de mantenimiento | 1 | 1.321 |
| PLC | 1 | 4.276 |
| Módulo de relés | 1 | 1.299 |
| Módulo de puntos Comunes | 1 | 1.260 |
| Módulos pulsadores | 1 | 1.597 |
| Modulo Fuente | 1 | 1.636 |

Tabla 8-7: Equivalencias de unidades.

| Equivalencias | | |
|----------------------|------------------------------|-----------------------|
| | Sistema Internacional | Sistema Ingles |
| Longitudes | 60 cm | 23.62 in |
| | 21 cm | 8.26 in |
| | 81 cm | 31.88 in |
| | 42 cm | 16.53 in |
| Fuerzas | 25.77 N | 0.59 lb _f |
| | 19.02 N | 0.43 lb _f |
| | 44.42 N | 1.01 lb _f |
| | 83.3 N | 1.91 lb _f |

$$\sum F_y = 0;$$

$$-R_a + R_b + R_c - 4.2761 \text{ lb} - 5.7942 \text{ lb} - 9.9867 \text{ lb} = 0; \quad (8.50)$$

$$\sum M_A = 0;$$

$$-4.2761 \text{ lb}_f * 8.26772 \text{ in} + R_b * 16.5354 - 5.7942 \text{ lb} * 23.622 \text{ in} - 9.9867 * 31.889 \text{ in} + R_c * 47.2441 \text{ in} = 0; \quad (8.51)$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A(16.5354 \text{ in}) + 4.2761 \text{ lb}_f * 8.26772 \text{ in} - 5.7942 * 7.08661 \text{ in} - 9.9867 \text{ lb}_f * 15.3543 \text{ in} + R_C * 30.7087 \text{ in} = 0;$$
(8.52)

$$\sum M_C = 0;$$

$$R_A * 47.2441 \text{ in} + 4.2761 \text{ lb}_f * 38.976 \text{ in} - R_B * 30.708 \text{ in} + 5.7942 \text{ lb}_f * 23.622 \text{ in} + 9.9867 \text{ lb}_f * 15.354 \text{ in} = 0;$$
(8.53)

Despejando de (ver Ecuación 8.51), (ver Ecuación 8.52) y (ver Ecuación 8.53) se hallan las reacciones que genera el tablero sobre la superficie de la mesa.

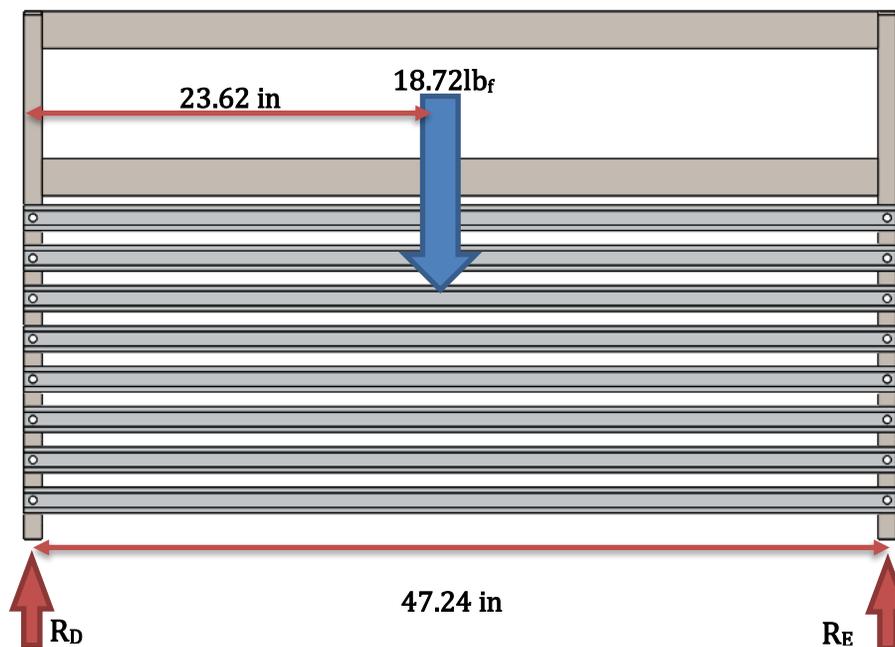
$$R_A = 4.864 \text{ lb}_f$$
(8.54)

$$R_B = 22.36 \text{ lb}_f$$
(8.55)

$$R_C = 2.56 \text{ lb}_f$$
(8.56)

8.3.4 Análisis estático del tablero posterior

Figura 8-33: Diagrama de cuerpo libre del tablero posterior.



Fuente: Autores

Tabla 8-8: Peso de los elementos del tablero posterior.

| Elementos utilizados en el análisis estático del tablero posterior | | |
|--|----------|-------------------------|
| Elemento | Cantidad | Peso (lb _f) |
| Válvula 3/2 | 2 | 1.484 |
| Válvula 5/2 | 2 | 1.404 |
| Final de Carrera | 2 | 0.686 |
| Cilindro Simple efecto | 1 | 1.709 |
| Cilindro Doble efecto | 2 | 1.762 |
| Módulo de relés | 1 | 1.299 |
| Módulo de puntos Comunes | 1 | 1.260 |
| Módulo de pulsadores | 1 | 1.597 |

$$\sum F_y = 0;$$

$$-R_D - R_E - 18.7265 \text{ lb} \quad (8.57)$$

$$\sum M_D = 0;$$

$$-18.7265 \text{ lb} * 23.622 \text{ in} - R_E * 47.244 \text{ in} \quad (8.58)$$

Despejando (ver Ecuación (8.57)) y (ver Ecuación (8.58)) se hallan las reacciones que genera el tablero sobre la superficie de la mesa.

$$R_E = 9.363 \text{ lb}_f \quad (8.59)$$

$$R_D = 9.363 \text{ lb}_f \quad (8.60)$$

8.3.5 Análisis estático final

Teniendo en cuenta los cálculos realizados anteriormente, se realiza la sumatoria de las cargas, para su correcta distribución sobre los 4 apoyos que tiene el banco de neumática y electroneumática (Figura 8-34):

R_A, R_B, R_C, R_D y R_E son las reacciones que generan los tableros sobre la mesa y R_S es la reacción de las solapas abatibles.

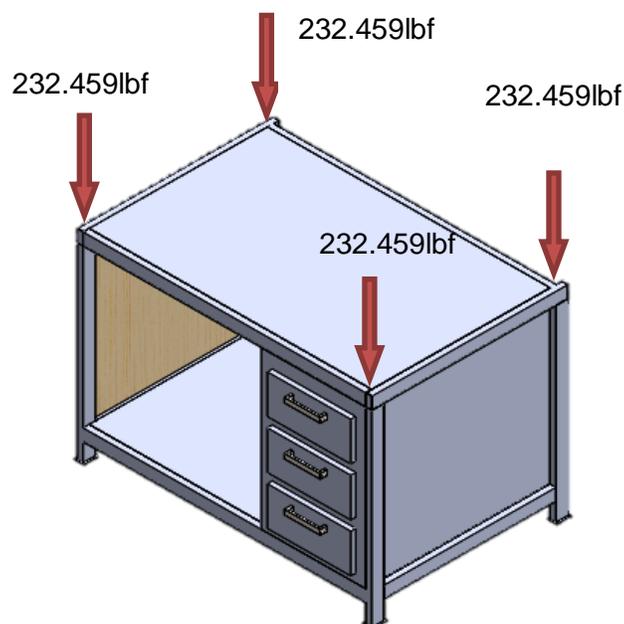
$$\sum R = R_A + R_B + R_C + R_D + R_E + R_S \quad (8.61)$$

$$4.864 + 22.3608 + 2.56 + 9.363 + 9.363 + 881.328 \text{ (} lb_f \text{)} \quad (8.62)$$

$$929.838 \text{ } lb_f \quad (8.63)$$

$$\frac{929.838 \text{ } lb_f}{4} = 232.459 \text{ } lb_f \quad (8.64)$$

Figura 8-34: Distribución de cargas sobre la mesa del banco didáctico.

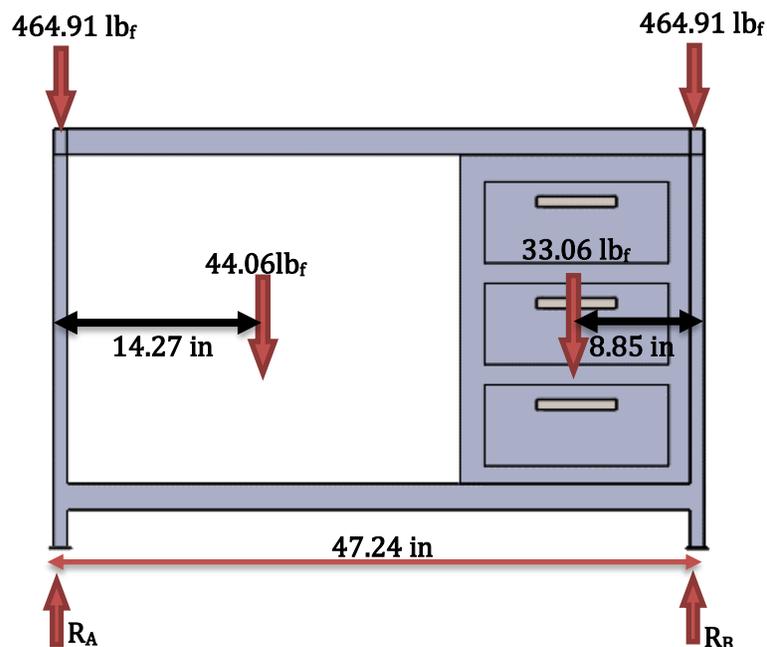


Fuente: Autores

A demás de esto se considera la carga que ejerce el compresor y el depósito que se encuentran ubicados en la parte inferior izquierda y los cajones, los cuales están en la parte inferior derecha. (Figura 8-35)

Nota: El análisis de la estructura se realiza en 2D para facilidad de los cálculos, por lo tanto, el valor de las reacciones es dos veces lo soportado y luego se deben dividir en dos para distribuirlas correctamente.

Figura 8-35: Diagrama de cuerpo libre del banco didáctico.



Fuente: Autores.

$$\sum F_Y = 0;$$

$$R_A - 464.918 - 44.0626 - 33.0693 - 464.918 + R_B = 0; \quad (8.65)$$

$$\sum M_A = 0; \quad (8.66)$$

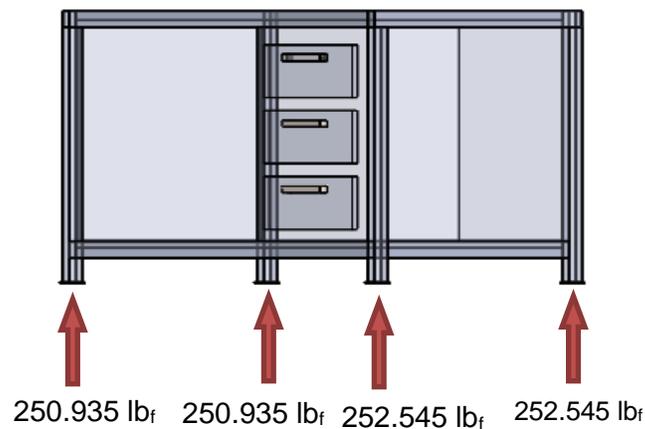
$$-44.0626 * 14.271 - 33.0693 * 38.39 - 464.918 * 47.244 + R_B * 47.244 = 0;$$

Despejando (ver Ecuación 8.65) y (ver Ecuación 8.66) se obtienen finalmente las reacciones o cargas de los apoyos, estas se deben dividir en dos para determinar el valor en cada uno de ellos (Figura 8-36).

$$R_A = 501.87 \text{ lb}_f \quad (8.67)$$

$$R_B = 505.09 \text{ lb}_f \quad (8.68)$$

Figura 8-36: Esquema de distribución de cargas en los 4 apoyos.



Fuente: Autores.

De los cálculos anteriores se concluye que los factores de seguridad hallados, están por encima del estándar mínimo de diseño ($n=1$), debido a que la estructura va a estar sometida únicamente a cargas estáticas.

Con el fin de comprobar la resistencia de la estructura se determina el factor de seguridad, éste se calcula para una de las cargas más altas de los 4 apoyos. (Figura 8-36)

Como primera medida se halla el área teniendo en cuenta el espesor (calibre) del material (t).

$$t = 0.0478 \text{ in.} \quad (8.69)$$

El área es el resultado de la resta entre la parte externa e interna del rectángulo que forma el material de la estructura (Figura 8-27).

$$A = (2 * 1)in^2 - (1.9044 * 0.9044)in^2 \quad (8.70)$$

$$A = 0.277in^2 \quad (8.71)$$

Posteriormente se determina el esfuerzo tomando el valor de R_B (ver Ecuación 8.68) y se divide en 2.

$$\sigma = \frac{R_B/2}{A} = \frac{252.545lb_f}{0.277in^2} \quad (8.72)$$

$$\sigma = 911.71psi \quad (8.73)$$

Finalmente se determina el factor de seguridad n teniendo en cuenta el esfuerzo de fluencia del material (acero ASTM A-36).

$$S_y = 50000 \text{ psi.}$$

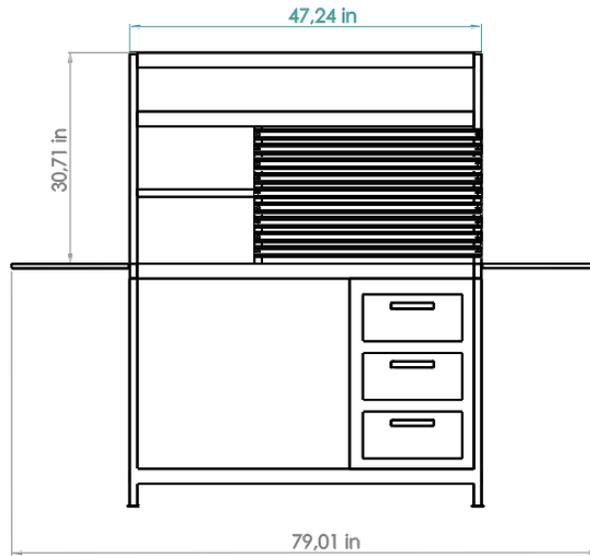
$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{50000 \text{ psi}}{911.71 \text{ psi}} \quad (8.74)$$

$$n = 54.84 \quad (8.75)$$

Con base en el resultado de factor de seguridad se concluye que la estructura soporta las cargas halladas mediante método analítico, es decir, el factor de seguridad total de la estructura es en realidad 4 veces mayor al hallado (ver Ecuación (8.75)).

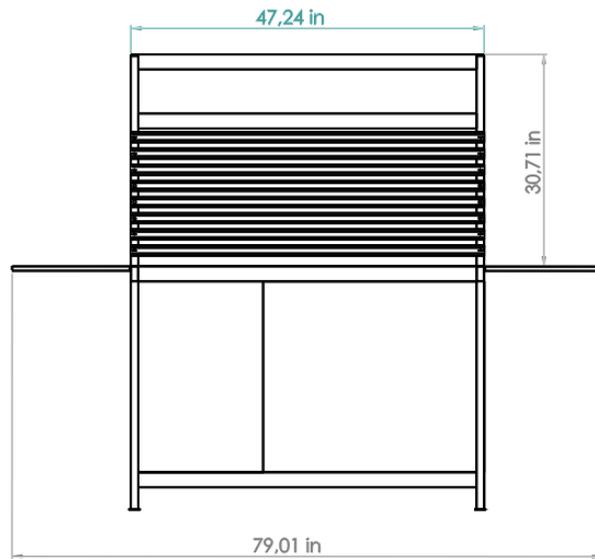
Basados en lo anteriormente mencionado se afirma que el banco de neumática y electroneumática es adecuado para llevar a cabo las respectivas prácticas. Adicional a ello debido al diseño actualizado del banco (Ver Anexo D), este proporciona mayor capacidad de trabajo, ergonomía y una mejor disposición de los elementos. (Figura 8-37, 8-38)

Figura 8-37: Plano frontal del banco didáctico.



Fuente: Autores.

Figura 8-38: Plano posterior del banco didáctico.



Fuente: Autores.

9. Construcción

A continuación, se describe de forma detallada la manera en la que se llevó a cabo el proceso de construcción del banco didáctico:

- Inicialmente se quitaron los elementos (válvulas, cilindros, mangueras), perfiles de aluminio y cajas de mando, mediante el uso de la pulidora se removió de la mesa el tablero que tenía una inclinación aproximadamente de 75°. (Figura 9-39).

Figura 9-39: Remoción del tablero antiguo.



Fuente: Autores

- Se dispone de 6 metros de acero estructural (ASTM - a36) de 2 X 1 in, calibre 18 (cercha), cortando los perfiles a medida con una tronzadora de metales DeWalt, para construir el nuevo tablero. (Figura 9-40)

Figura 9-40: Trozado de cercha.



Fuente: Autores.

- Se sueldan los tableros (el existente y el nuevo) en el centro de la mesa de trabajo. (Figura 9-41)

Figura 9-41: Proceso de soldadura de los tableros.



Fuente: Autores.

- Se instalan los pie de amigo abatibles metálicos, ubicados en los laterales de la mesa de trabajo, anclados mediante un elemento de fijación (remache), los cuales soportan las solapas (Figura 9-42).

Figura 9-42: Pie de amigo abatible.



Fuente: Autores.

- Culminando el rediseño del banco de pruebas neumático y electroneumático, con el fin de tener un espacio de trabajo moderno y garantizar una larga vida útil; se procede a realizar los acabados necesarios que requieren la mesa y los tableros.

Figura 9-43: Resultado final del banco didáctico.



Fuente: Autores.

El resultado final del banco didáctico de neumática y electroneumática en detalle se puede evidenciar (Ver Anexo E).

Posteriormente se realizaron las pruebas pertinentes para verificar que el sistema eléctrico, sistema de alimentación neumático, tanto mangueras como compresor, se encontraran en perfecto estado de funcionamiento.

10. Guías de laboratorio

En este apartado se elaboran los diferentes tipos de prácticas de neumática y electroneumática que se pueden llevar a cabo en el banco didáctico de la universidad Antonio Nariño sede Ibagué, las cuales van de la mano con algunas asignaturas que se dictan en la facultad de ingeniería mecánica, electrónica y electromecánica. (Ver Anexo C)

De esta forma los estudiantes pueden afianzar y aplicar los conocimientos adquiridos en la teoría, logrando de esta manera mayor destreza en el campo de automatización de procesos industriales.

Mediante el software FluidSIM se desarrollan los circuitos neumáticos y electroneumáticos con el fin de explicar al estudiante de manera clara y detallada la forma en la que se debe realizar el montaje de cada uno de los elementos.

Estas guías presentan diferentes niveles de complejidad, desde el inicio de cada una hasta la culminación, de esta manera se asegura que el estudiante tenga interacción con cada uno de los componentes, desde el más sencillo (dos elementos) hasta el más complejo (múltiples elementos).

11. Manual de funcionamiento del banco didáctico

Para tener en cuenta: Al momento de los estudiantes realizar las prácticas, deben estar bajo la supervisión y acompañamiento del docente encargado en esta área o dado el caso, la persona responsable del laboratorio (laboratorista); con el fin de evitar la incorrecta manipulación de los elementos y los incidentes que puedan llegar a ocurrir, afectando a los estudiantes.

- Como primera medida se revisa que las conexiones entre el compresor y el depósito se encuentren debidamente acopladas, evitando de esta manera posibles accidentes.
- Verificar la conexión de 110V que alimenta la fuente de 24V energizando todo el sistema (banco didáctico y compresor).
- Se enciende el compresor verificando su correcto funcionamiento, corroborando que los conductos de distribución del aire no se encuentren obstruidos, y se apaga.
- Mientras la fuente de 24V permanece desenergizada, se realiza el montaje de los elementos para la praxis.
- Los actuadores y válvulas se conectan entre sí, mediante mangueras de 6 mm que van acopladas a presión al distribuidor de aire. (neumática)

- Para la práctica electroneumática, se realiza el mismo procedimiento anterior utilizando electroválvulas, estas se conectan por medio de cables de laboratorio a los módulos (relés, pulsadores, puntos comunes), permitiendo energizar el sistema.
- Se verifican las conexiones de los cables de laboratorio y las mangueras, para evitar fugas o cortos.
- Se da paso al encendido del compresor y la fuente de poder.

Al finalizar las prácticas se debe hacer una correcta disposición y almacenamiento de las válvulas, electroválvulas, actuadores, mangueras, cables de laboratorio y demás accesorios utilizados.

12. Manual de mantenimiento del banco didáctico de neumática y electroneumática.

Teniendo en cuenta que el mantenimiento es la acción de preservar en buen estado el funcionamiento de un equipo, instalación, entre otros [41] se realiza el manual de mantenimiento que indica la manera correcta en que se debe llevar a cabo este para cada uno de los elementos utilizados durante las practicas. Esto con el objetivo de prolongar la vida útil y el buen funcionamiento de todos los componentes que conforman el banco didáctico.

Para cada uno de los componentes se encuentra de forma detallada los procesos a realizar y el periodo o frecuencia de mantenimiento. (Ver Anexo B)

13. Conclusiones y recomendaciones

13.1 Conclusiones

- Se estableció plenamente el estado actual del banco de pruebas existente en donde se encontró que: la estructura estaba deteriorada, los cajones no funcionaban correctamente, los módulos de relés necesitaban mantenimiento correctivo y uno de los rodachines estaba dañado.
- Algunos de los requerimientos principales de diseño que se establecieron para el nuevo banco didáctico son: partir del banco existente tomándolo como base para no tener que construirlo completamente, agregar un segundo tablero de elementos, ampliar el área de trabajo con la implementación de solapas laterales abatibles y conservar la altura del banco (90 cm) teniendo en cuenta los parámetros de ergonomía. Con el fin de mejorar el aspecto del banco se considera aplicar una capa de esmalte sintético color aluminio.
- Mediante el uso del software SolidWorks se rediseñó el anterior banco, realizando las modificaciones establecidas, y corroborando por medio del método analítico (cálculos de soldadura, estática, resistencia) la viabilidad del nuevo diseño. Dado lo anterior y calculado los esfuerzos que actúan sobre el banco (1006.96 lb_f) se estableció que el factor de seguridad, de acuerdo al material que se utilizó dio un valor de $n = 200$.
- Acorde con el rediseño planteado se construyó el banco actualizado, haciendo uso de las diferentes herramientas y maquinas herramientas disponibles en los laboratorios

de ingeniería (tronzadora, taladro de árbol, esmeril, pulidora), además de esto fue necesario el equipo de soldadura tipo SMAW.

- Se realizaron las pruebas pertinentes para verificar que la fuente de alimentación del banco didáctico (compresor) y la unidad de mantenimiento se encontraban en óptimas condiciones de funcionamiento.
- La puesta a punto del banco de neumática y electroneumática no se pudo cumplir a cabalidad por causas independientes a los autores, debido a que no se cuentan con los accesorios e implementos necesarios para el desarrollo.
- Por medio del software FluidSIM se elaboraron las guías de laboratorio (5 de neumática y 5 de electroneumática), las cuales cuentan con una descripción detallada del proceso que debe llevar a cabo el estudiante para hacer el correcto montaje de los elementos a utilizar.
- Elaboración del manual de funcionamiento y mantenimiento del banco, para su correcto uso.

Nota: El siguiente rediseño se propuso de la siguiente forma: Es responsabilidad de los estudiantes Mayra Alejandra Molina Conde y Juan Esteban Sánchez Rojas realizar la actualización del banco didáctico de neumática y electroneumática (rediseñar, reconstruir, realizar las guías de laboratorio, inventario de elementos). Es responsabilidad de la universidad Antonio Nariño dotar de los accesorios e implementos necesarios (Ver Anexo F) para poder llevar a cabo de manera eficiente las practicas didácticas en dicho banco.

13.2 Recomendaciones

Se recomienda que para el uso del banco neumático y electroneumático se tenga en cuenta lo siguiente:

- Actuadores de simple y doble efecto con racores para mangueras de 6mm.
- Válvulas y electroválvulas 3/2 y 5/2 vías.
- Se sugieren racores de acople rápido para manguera de 6mm.
- Para el desarrollo de las guías de electroneumática se sugiere el uso de una fuente de 24V DC para alimentación de electroválvulas.
- Mantener en buen estado cada uno de los elementos y el banco en general.

Anexos

A.Anexo: Elementos necesarios para el desarrollo de las guías de laboratorio.

Válvula 5/2

La válvula 5/2 neumática consta de 5 conexiones de trabajo y 2 posiciones, las cuales permiten controlar actuadores de doble efecto, estas se distribuyen en 2 vías conectadas al actuador (A, B), 1 de alimentación de aire comprimido (P) y 2 al escape (R, S) que permiten un mejor control de la posición del pistón. (figura ##)



Válvula 3/2 Biestable

La válvula 3/2 neumática consta de 3 vías y dos posiciones, las cuales dos de ellas permiten el flujo de aire en dos direcciones y la tercera es la encargada de realizar el escape en posición normalmente cerrada (NC) o permitir el ingreso de aire comprimido hacia el actuador en posición normalmente abierta (NA).

Las válvulas biestables, son aquellas que permanecen en posición de reposo hasta que reciben un impulso o señal modificando a una nueva, también se les conoce como válvula de memoria ya que pueden recibir varias señales al mismo tiempo, pero siempre conserva la más reciente.



Válvula reguladora de caudal

Las válvulas reguladoras de caudal son las encargadas de regular el paso del flujo (aire) a través de las mangueras con el fin de modificar el movimiento del pistón, es decir, la velocidad de avance y retorno del émbolo en el caso de las bidireccionales, y en un solo sentido cuando son unidireccionales.



Válvula final de carrera

Es una válvula que actúa como sensor de contacto, la cual se ubica al final del recorrido del pistón y es la encargada de mediante un accionamiento mecánico (rodillo, leva) producir el retorno del mismo por medio de un muelle.



Válvula pulsadora

La válvula es accionada manualmente por un pulsador, el cual al ser presionado da la orden a la misma para establecer la posición de trabajo, es decir, el recorrido deseado, de lo contrario por medio de un muelle este retorna a su posición inicial.



Electroválvula

Las electroválvulas son utilizadas en los circuitos electropneumáticos para controlar el paso de aire por el sistema, generalmente en los actuadores de doble efecto mediante impulsos eléctricos. Éstas son muy utilizadas a nivel industrial ya que se pueden programar mediante software.



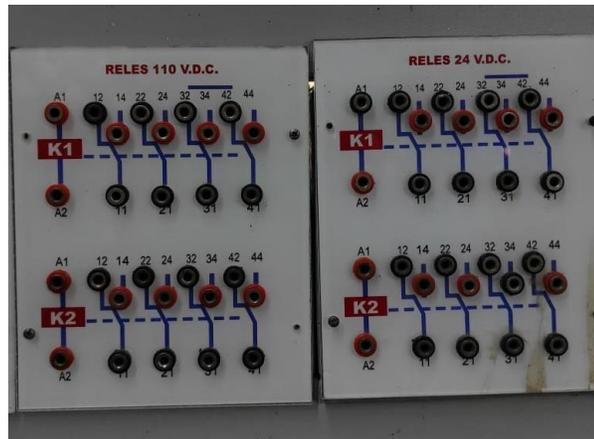
Temporizador neumático

El temporizador o válvula temporizadora son las encargadas de regular el tiempo de accionamiento de una válvula (2-30s, 0.5-60s, 8-120s). Éstas funcionan regulando el aire que entra al depósito en un tiempo determinado, cuando este se cumple cambia de posición dando por terminado su ciclo.



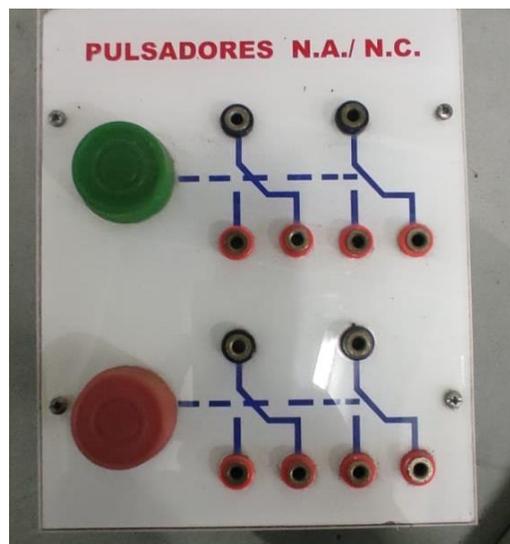
Módulo de relés

Es un dispositivo electromagnético de mando, que por medio de una bobina o electroimán acciona uno o varios contactos que permiten conmutar, este puede ser normalmente abierto (NA) o normalmente cerrado (NC), es decir permite o interrumpe el paso de corriente.



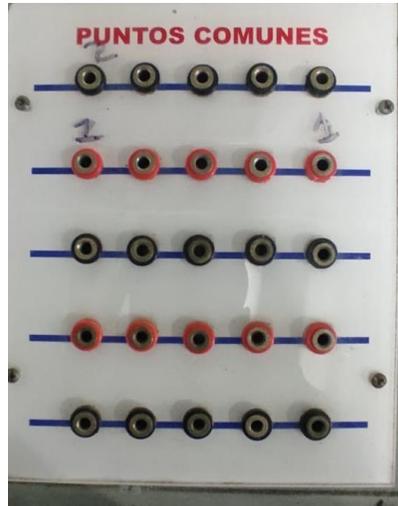
Módulo de pulsadores

Componente (válvula 3/2) que permite el paso del aire al ser obturado mediante accionamiento mecánico o haciendo uso de la corriente ésta genera un pulso eléctrico dejando el circuito normalmente cerrado (NC).



Módulo de puntos comunes

Puntos de conexión eléctricos que permiten la alimentación del sistema electroneumático.



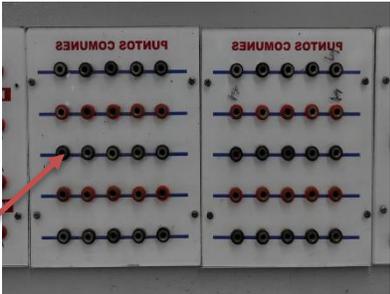
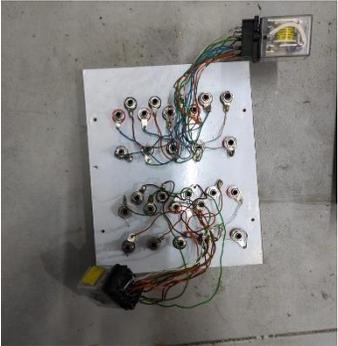
B.Anexo: Manual de mantenimiento

A continuación, se realiza una guía para el correcto mantenimiento de los componentes que intervienen en el desarrollo de las prácticas, ya que de esto depende la vida útil de los mismos.

| Mantenimiento | | | |
|---------------|-----------|--|--|
| Componente | Periodo | Revisión | Imagen |
| Compresor | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar el correcto funcionamiento del manómetro. • Verificar las conexiones de aire para prevenir fugas. |  |
| | Semestral | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de filtro del aire. • Cambio de filtro de aceite. • Cambio de aceite. • Purga de aire del sistema. | |

| | | | |
|-------------------------|-----------|--|--|
| unidad de mantenimiento | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> • verificar las conexiones directas y de salida (racores) para asegurar que no haya fugas de aire. • Verificar el correcto funcionamiento del manómetro para mantener el rango máximo de presión (6 bar). |  |
| | Semestral | <ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite • Cambio de filtro de aceite • Cambio de filtro de aire | |
| Regulador de caudal | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que las conexiones de los racores no presenten fugas de aire. |  |
| Válvulas neumáticas | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no existan fugas de aire en los racores. • Limpieza manual, ya que con el constante uso pueden acumular suciedad. |  |

| | | | |
|-----------------|-----------|--|--|
| | semestral | <ul style="list-style-type: none"> Retirar los silenciadores y limpiarlos. Verificar el ajuste de los tornillos (Si los hay). | |
| Electroválvulas | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> Verificar que no existan fugas de aire en los racores. |  |
| | Semestral | <ul style="list-style-type: none"> Retirar la bobina y limpiarla. Verificar el ajuste de los tornillos. verificar las conexiones eléctricas (continuidad). Retirar los silenciadores y limpiarlos. | |
| Actuadores | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> Chequear el estado de los vástagos evitando rayaduras, golpes o rebabas. Verificar que no existan fugas de aire en los racores. |  |
| | Semestral | <ul style="list-style-type: none"> Limpiar y verificar la correcta lubricación del vástago. Calibrar tornillos de soporte. | |

| | | | |
|--|-----------|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Revisar el correcto funcionamiento del muelle (simple efecto). | |
| Módulo de relés, puntos comunes y pulsadores | Mensual | <ul style="list-style-type: none"> Limpiar y verificar el estado de los contactos externos |   |
| | Semestral | <ul style="list-style-type: none"> Limpiar internamente los módulos evitando la acumulación de suciedad. Revisar la continuidad de los puntos de conexión. verificar el estado interno de la soldadura en las uniones de los cables. Cambiar las entradas de conexión si es necesario. | |

C.Anexo: Guías de laboratorio

A continuación, se encuentran las guías de laboratorio seccionadas de la siguiente manera:

- 5 prácticas de neumática.
- 5 prácticas de electroneumática.

Neumática

Practica 1. Circuito con mando indirecto, actuador y dos pulsadores

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Sistema de apertura y cierre de la puerta de un sistema de transporte masivo (bus y buseta).

Objetivo

- Realizar el movimiento de un actuador de doble efecto.

Descripción

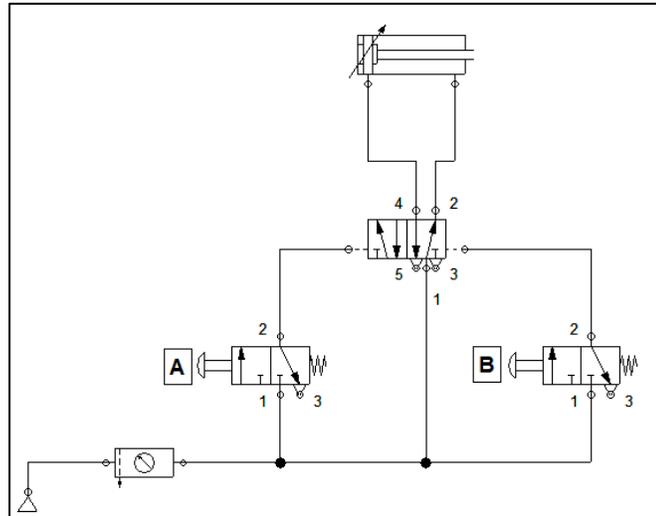
Realizar el montaje para accionar un actuador de doble efecto por medio de dos pulsadores. De tal forma que uno de estos efectúe el movimiento de salida del actuador (A) y el otro (B) lo regrese a su posición inicial.

Procedimiento

1. La entrada de aire proveniente del compresor se conecta directamente a los acoples directos de las válvulas 3/2 y 5/2 en (1) alimentación.
2. Conectar la salida de la válvula 3/2 (A) pilotaje (2) a la conexión lateral de la izquierda de la válvula 5/2.
3. El acople rápido (4) de la válvula 5/2 se conecta a la conexión del lado izquierdo para que al accionar el cilindro vaya a más (salga).
4. Conectar la salida de la válvula 3/2 (B) pilotaje (2) a la conexión lateral de la derecha de la válvula 5/2.
5. El acople rápido (2) de la válvula 5/2 se conecta la conexión del lado derecho para que al accionar el cilindro vaya a menos (entre).

A continuación, se muestra el esquema neumático con las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

| Elemento | Cantidad |
|--|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Válvula 5/2 biestable | 1 |
| Válvula 3/2 monoestable con retorno por muelle | 2 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |

Practica 2. Accionamiento indirecto de actuador de doble efecto con pulsador y final de carrera.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Selladora neumática de monedas, un actuador sale estampando la moneda y mediante un final de carrera retorna a su posición inicial. La velocidad de retorno del cilindro puede ser modificada (válvula reguladora).

Objetivo

- Efectuar el movimiento de un actuador de doble efecto.

Descripción

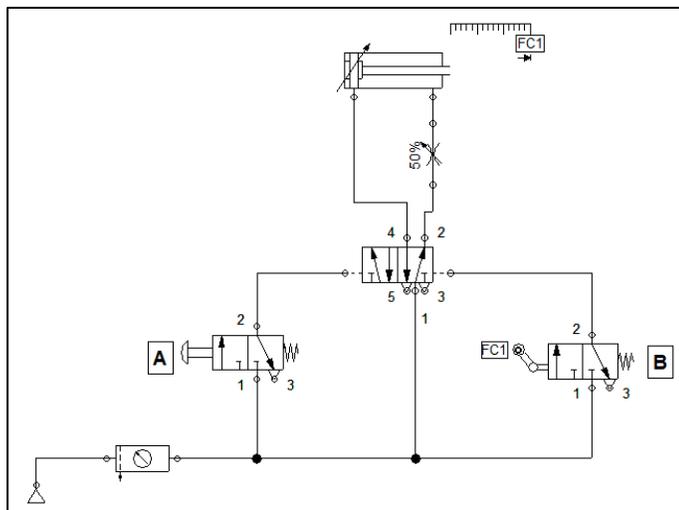
Realizar el montaje para el accionamiento de un actuador de doble efecto mediante un pulsador (A), el cual efectúa la salida del actuador hasta llegar a presionar el final de carrera (B) retornándolo a su posición inicial de forma automática.

Procedimiento

1. La entrada de aire proveniente del compresor se conecta directamente a los acoples directos de las válvulas 3/2 y 5/2 en (1) alimentación.
2. El acople rápido (4) de la válvula 5/2 se conecta a la conexión del lado izquierdo del cilindro, y el acople rápido (2) de la válvula 5/2 se conecta al regulador de caudal y posteriormente a la conexión del lado derecho del cilindro.
3. Conectar pilotaje (2) a la conexión de lateral de la izquierda de la válvula 5/2 (2) del botón pulsador (A).
4. Conectar pilotaje (2) de la válvula 5/2 a la salida (2) del botón pulsador (B).
5. Conectar cada una de las entradas (1) de los pulsadores a la fuente de alimentación.

A continuación, se muestra el esquema neumático con las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

| Elemento | Cantidad |
|---|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Válvula 5/2 biestable accionamiento neumático | 1 |
| Válvula 3/2 accionamiento manual y retorno por resorte | |
| Válvula 3/2 accionamiento mecánico por rodillo (final de carrera) | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 1 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |

Practica 3. Circuito semiautomático de un actuador de doble efecto con dos finales de carrera y pulsador con enclavamiento.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Maquina embotelladora. Su función es sellar las botellas a presión con una tapa de manera secuencial mediante los finales de carrera.

Objetivo

- Realizar el movimiento de un actuador de doble efecto.
- Comprender el funcionamiento del actuador mediante salida manual y retorno automático.

Descripción

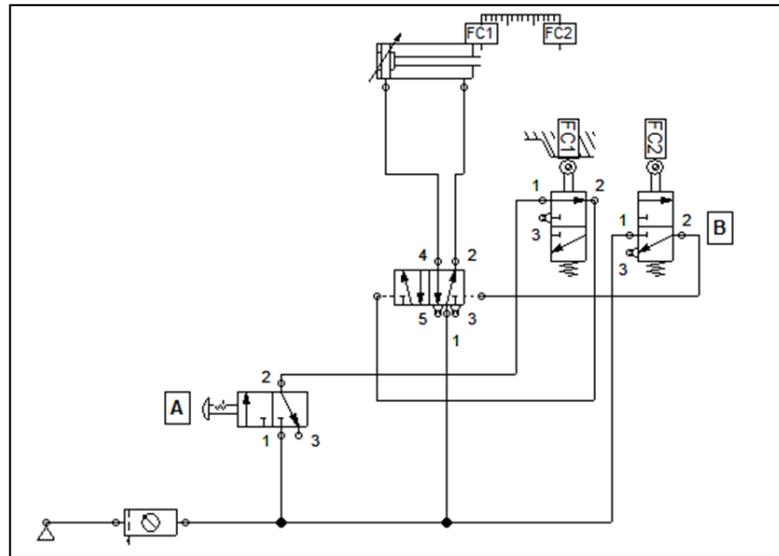
Se realiza el montaje para el accionamiento de un actuador de doble efecto mediante un pulsador (A) el cual comienza el movimiento y éste sale, cuando el actuador toca el final de carrera (B) retorna automáticamente y continúa realizando el ciclo hasta que se acciona nuevamente el pulsador (A).

Procedimiento

1. La entrada de aire proveniente del compresor se conecta directamente a los acoples directos de las válvulas 3/2 y 5/2 en (1) alimentación.
2. El acople rápido (4) de la válvula 5/2 se conecta a la conexión del lado izquierdo del cilindro, y el acople rápido (2) de la válvula 5/2 se conecta a la conexión del lado derecho del cilindro.
3. Conectar pilotaje (2) del pulsador (A) a la entrada (1) del final de carrera FC1, y su salida (2) a la conexión lateral izquierda de la válvula 5/2.
4. Acoplar la conexión lateral derecha de la válvula 5/2 a la salida (2) del final de carrera FC2.

A continuación, se muestra el esquema neumático con las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

| Elemento | Cantidad |
|---|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Válvula 5/2 biestable accionamiento neumático | 1 |
| Válvula 3/2 con enclavamiento de accionamiento y retorno manual | 1 |
| Válvula 3/2 accionamiento mecánico por rodillo (final de carrera) | 2 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |

Practica 4. Circuito semiautomático con un actuador de doble efecto y temporizador neumático con retardo a la desconexión, NC.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Sistema de calentamiento de alimentos. El cilindro sale hacia el horno con un alimento el cual requiere un tiempo de cocción establecido, cuando este se cumple regresa a su posición inicial.

Objetivo

- Llevar a cabo el movimiento de un actuador de doble efecto, por control del tiempo, mediante un temporizador neumático.

Descripción

Realizar el montaje de los elementos para lograr un correcto movimiento de un cilindro de doble efecto mediante un pulsador (A) que inicia el ciclo y permite la salida del actuador. Cuando éste toca el final de carrera (B) se detiene un tiempo, el cual se establece mediante un temporizador, cuando este se cumple, regresa automáticamente a su posición inicial.

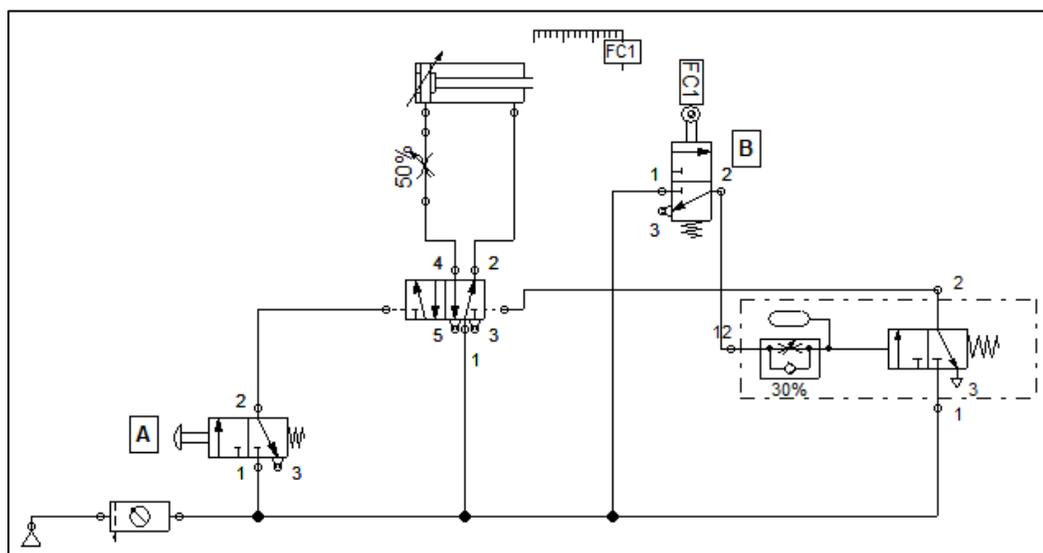
Procedimiento

1. La entrada de aire proveniente del compresor se conecta directamente a los acoples directos de las válvulas 3/2 y 5/2 en (1) alimentación.
2. El acople rápido (4) de la válvula 5/2 se conecta al regulador de caudal y posteriormente a la conexión del lado izquierdo del cilindro, y el acople rápido (2) de la válvula 5/2 se conecta a la conexión del lado derecho del cilindro.
3. Conectar pilotaje (2) del pulsador (A) a la conexión lateral izquierda de la válvula 5/2.

4. Acoplar la salida (2) del final de carrera FC1 al temporizador neumático y posteriormente a la conexión lateral derecha de la válvula 5/2.

A continuación, se muestra el esquema neumático con las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

| Elemento | Cantidad |
|---|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Válvula 5/2 biestable accionamiento neumático | 1 |
| Válvula 3/2 accionamiento manual, retorno por resorte | 1 |
| Válvula 3/2 accionamiento mecánico por rodillo (final de carrera) | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 1 |
| Temporizador neumático NC | 1 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |

Practica 5. Método intuitivo para la secuencia de dos actuadores de doble efecto.

Secuencia: A+ B+ B- A-

Aplicación: Operación de taladrado. El actuador (A) sale y sujeta una pieza mientras que el (B) baja y la perfora, después de terminada la operación el actuador (B) sube y posteriormente (A) deja de sujetar la pieza.

Objetivo

- Realizar el accionamiento de dos actuadores doble efecto por medio del método intuitivo.

Descripción

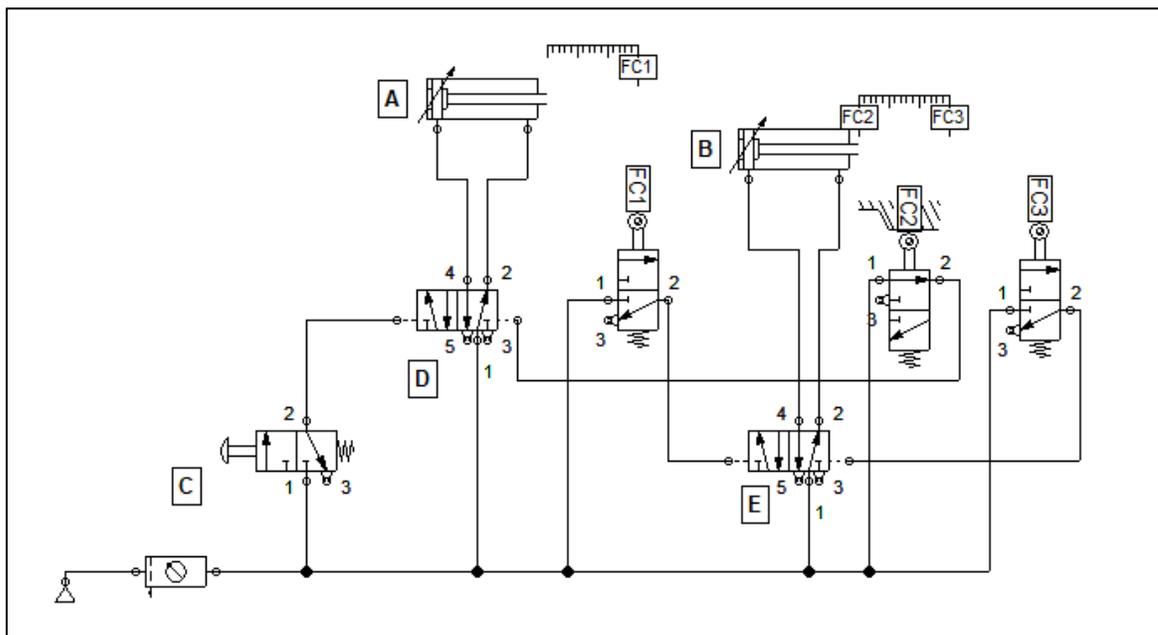
Realizar el montaje adecuado para el movimiento secuencial de dos actuadores de doble efecto controlados por un pulsador y 3 finales de carrera. El pulsador (C) empieza el movimiento del primer actuador, cuando éste sale por completo, el segundo actuador arranca hasta llegar a su máxima posición, posteriormente toca el final de carrera el cual lo hace retornar y envía la señal al primer actuador que también regrese a su posición inicial y termina el ciclo.

Procedimiento

1. La entrada de aire proveniente del compresor se conecta directamente a los acoples directos de las válvulas 3/2 y 5/2 en (1) alimentación.
2. El acople rápido (4) de la válvula 5/2 (D) se conecta a la entrada del lado izquierdo del primer cilindro, y el acople rápido (2) de la válvula 5/2 se conecta a la entrada del lado derecho del primer cilindro, de esta misma forma se conecta el segundo cilindro con su respectiva válvula 5/2 (E).
3. Acoplar la salida (2) del pulsador (C) a pilotaje lateral izquierda de la válvula 5/2 (D) y el pilotaje lateral derecho a la salida (2) del final de carrera FC2.
4. Acoplar la salida (2) de FC1 al pilotaje lateral izquierdo de la válvula 5/2 (E) y el pilotaje lateral derecho a la salida (2) del final de carrera FC3.

A continuación, se muestra el esquema neumático con las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

| Elemento | Cantidad |
|---|----------|
| Actuador doble efecto | 2 |
| Válvula 5/2 biestable accionamiento neumático | 2 |
| Válvula 3/2 accionamiento manual, retorno por resorte | 1 |
| Válvula 3/2 accionamiento mecánico por rodillo (final de carrera) | 3 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |

Electroneumática

Practica 1. Funcionamiento directo de un actuador de doble efecto mediante solenoide y retorno por muelle.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Mando de apertura y cierre de la puerta de un sistema de transporte masivo (bus y buseta) a distancia.

Objetivo

- Llevar a cabo el movimiento de un actuador de doble efecto por medio de una válvula solenoide 5/2 y dos pulsadores eléctricos.

Descripción

Realizar el montaje adecuado para el accionamiento de un actuador doble efecto, el cual realiza su movimiento de salida mediante dos pulsadores activados secuencialmente y realiza una reposición por muelle al interrumpir el paso de corriente.

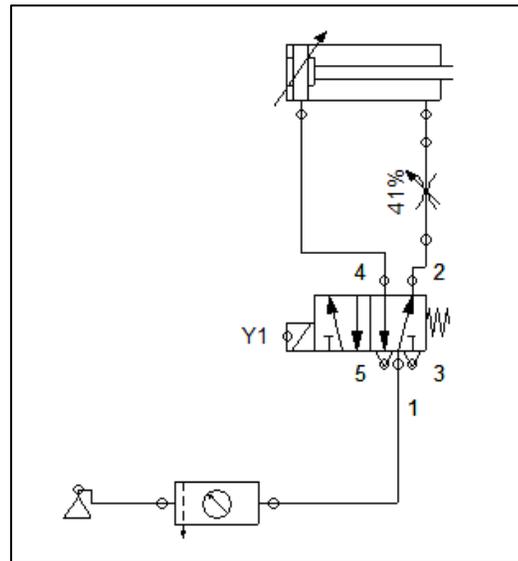
Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

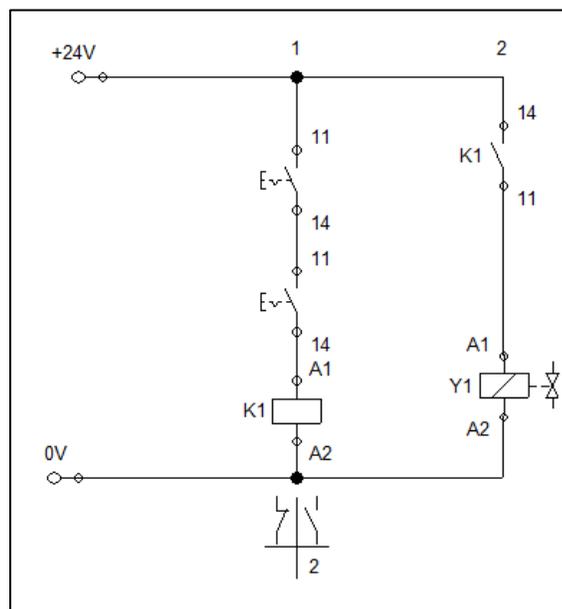
| Elemento | Cantidad |
|--|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Electroválvula 5/2 biestable | 1 |
| Pulsador con enclavamiento (NA) | 2 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 1 |
| Fuente 24 V DC | 1 |

A continuación, se muestra el esquema neumático y eléctrico para realizar las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Esquema eléctrico



Practica 2. Circuito electroneumático para un actuador de doble efecto con válvula 5/2 biestable con activación y retorno por bobina.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Cortadora de madera. La pieza es sujeta por el operario, quien acciona la cortadora para que esta salga y realice el trabajo en el tiempo que sea necesario, luego de ello se presiona el botón que hace retornar la herramienta a su posición inicial.

Objetivo

- Efectuar el movimiento de un cilindro de doble efecto mediante una válvula 5/2 biestable controlada por dos pulsadores eléctricos.

Descripción

Realizar el montaje adecuado para el accionamiento de un actuador doble efecto, éste se activa mediante una electroválvula 5/2 que al ser excitada mecánicamente por un pulsador permite la salida del vástago completamente, la acción de retorno se produce mediante el mismo proceso con un segundo pulsador.

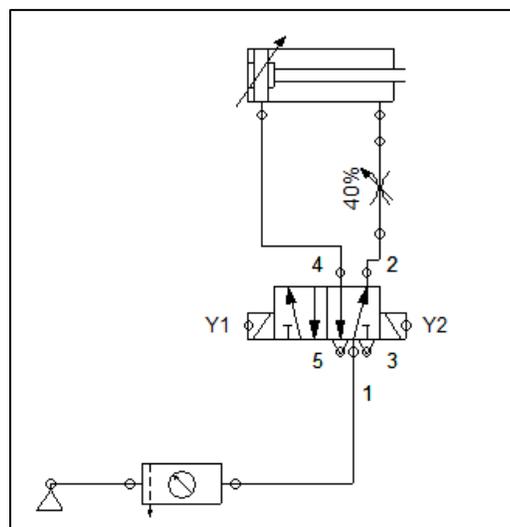
Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

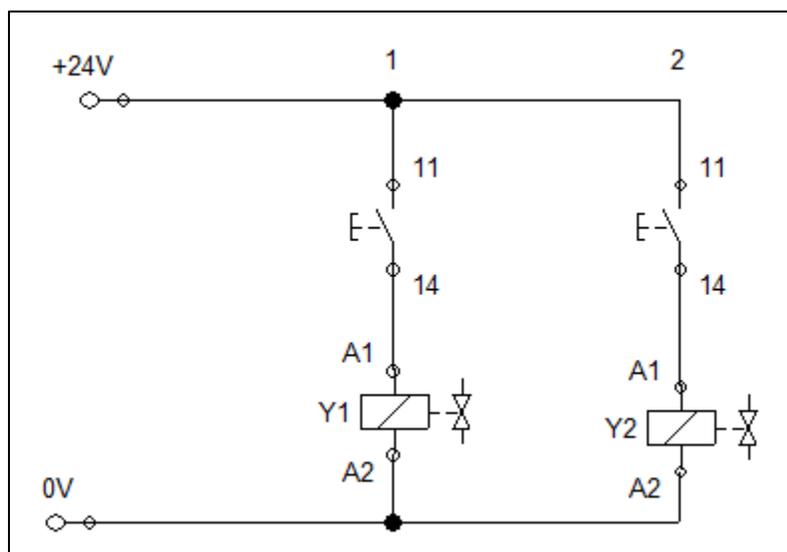
| Elemento | Cantidad |
|--|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Electroválvula 5/2 biestable | 1 |
| Pulsador eléctrico (NA) | 1 |
| Pulsador eléctrico (NC) | 1 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 1 |
| Fuente 24 V DC | 1 |

A continuación, se muestra el esquema neumático y eléctrico para realizar las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Esquema eléctrico



Practica 3. Circuito directo con electroválvula 3/2 monoestable para un actuador de simple efecto.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Grapadora electroneumática. En una empresa de cueros se hace necesario unir dos piezas, para lo cual se utiliza una grapadora que es accionada por un operario a distancia, la herramienta baja, grapa y retorna mediante muelle a su posición de reposo.

Objetivo

- Efectuar el movimiento de un cilindro simple efecto

Descripción

Se realiza una correcta disposición de los elementos para llevar a cabo el accionamiento de un cilindro de simple efecto, el cual comienza su movimiento presionando el pulsador que da la señal a la electroválvula, y al llevar a su posición final retorna mediante muelle.

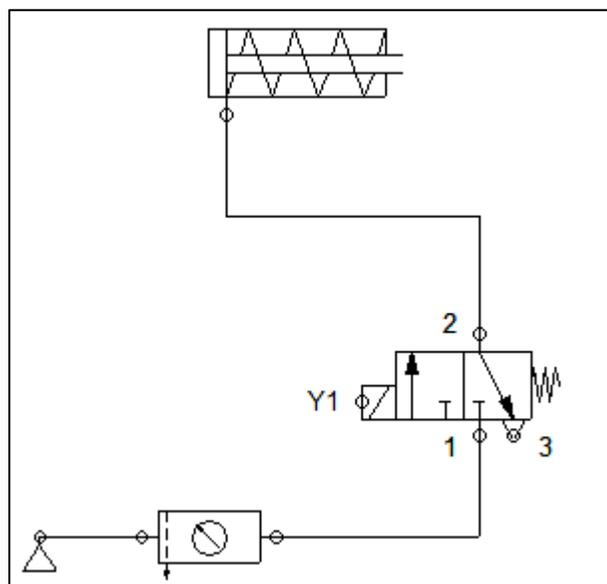
Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

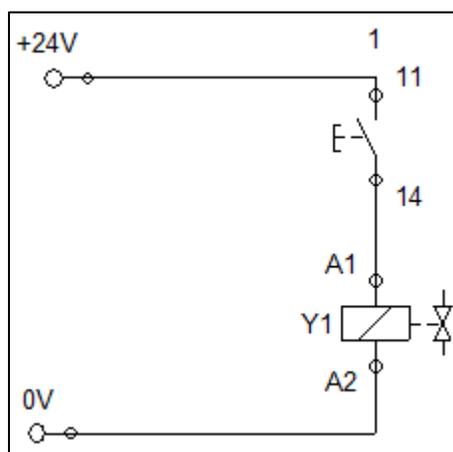
| Elemento | Cantidad |
|------------------------------|-----------------|
| Actuador simple efecto | 1 |
| Electroválvula 5/2 biestable | 1 |
| Pulsador eléctrico (NA) | 1 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |
| Fuente 24 V DC | 1 |

A continuación, se muestra el esquema neumático y eléctrico para realizar las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Esquema eléctrico



Practica 4. Circuito electroneumático en secuencia intuitivo para dos cilindros de doble efecto, con de finales de carrera eléctricos NC.

Secuencia: A+ B+ B- A-

Aplicación: Maquina embotelladora. Su función es sellar pares de botellas a presión con una tapa, el movimiento inicia dando la señal a la electroválvula y se repite de manera secuencial hasta interrumpir su paso.

Objetivo

- Efectuar el movimiento de dos actuadores doble efecto en secuencia por el método intuitivo, controlando la posición por medio de finales de carrera.

Descripción

Realizar el montaje adecuado para el accionamiento de dos actuadores de doble efecto, por medio de la implementación de finales de carrera, se inicia el ciclo accionando un pulsador con enclavamiento (A) realizando un movimiento de salida en simultaneo de ambos actuadores hasta su posición final (FC2 y FB2) los cuales hacen retornar de manera automática estos a la posición inicial, y de esta misma manera se repite continuamente hasta interrumpir la señal eléctrica pulsando (A).

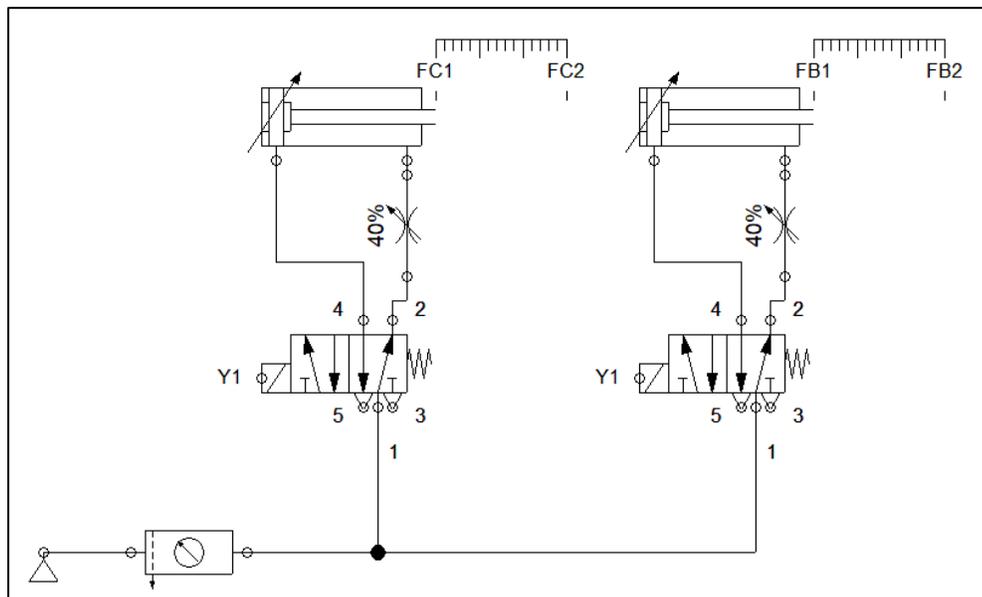
Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

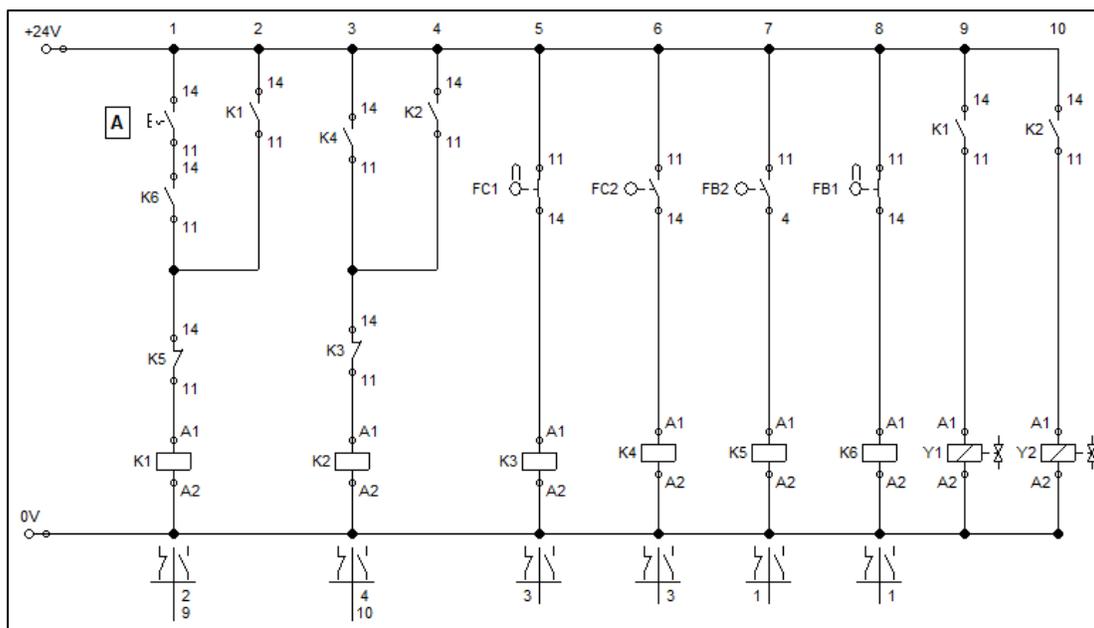
| Elemento | Cantidad |
|--|-----------------|
| Actuador doble efecto | 2 |
| Electroválvula 5/2 biestable | 2 |
| Finales de carrera electromecánicos | 4 |
| Pulsador con enclavamiento (NA) | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 2 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |
| Fuente 24 V DC | 1 |

A continuación, se muestra el esquema neumático y eléctrico para realizar las conexiones correspondientes.

Esquema neumático



Esquema eléctrico



Practica 5. Ciclo automático de un actuador de doble efecto con finales de carrera.

Secuencia: A+ A-

Aplicación: Selladora electroneumática de monedas, el movimiento inicia dando la señal a la electroválvula (pulsador) y este se repite de manera secuencial hasta interrumpir la señal controlando la velocidad (válvula reguladora).

Objetivo

Efectuar un ciclo continuo con salida y entrada de un movimiento reciprocante del vástago de un cilindro de doble efecto con una electroválvula 5/2 (biestable), al interrumpir el paso de corriente por el pulsador, el vástago del cilindro se detiene dentro del mismo independientemente de su posición.

Descripción

Realizar el montaje adecuado para el accionamiento de un cilindro de doble efecto, accionado por un pulsador que da la señal a la válvula mediante el solenoide, para permitir la salida del vástago completamente hasta llegar hacer contacto con el final de carrera que lo retorna a su posición inicial.

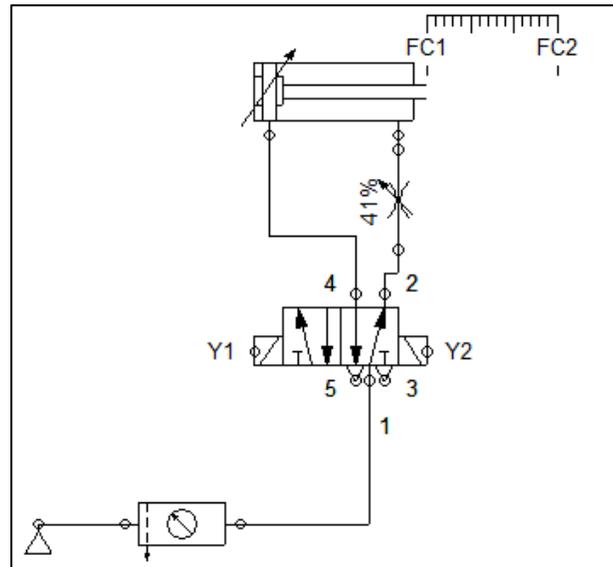
Material y equipo necesario

A continuación, se mencionan los elementos necesarios para llevar a cabo la practica:

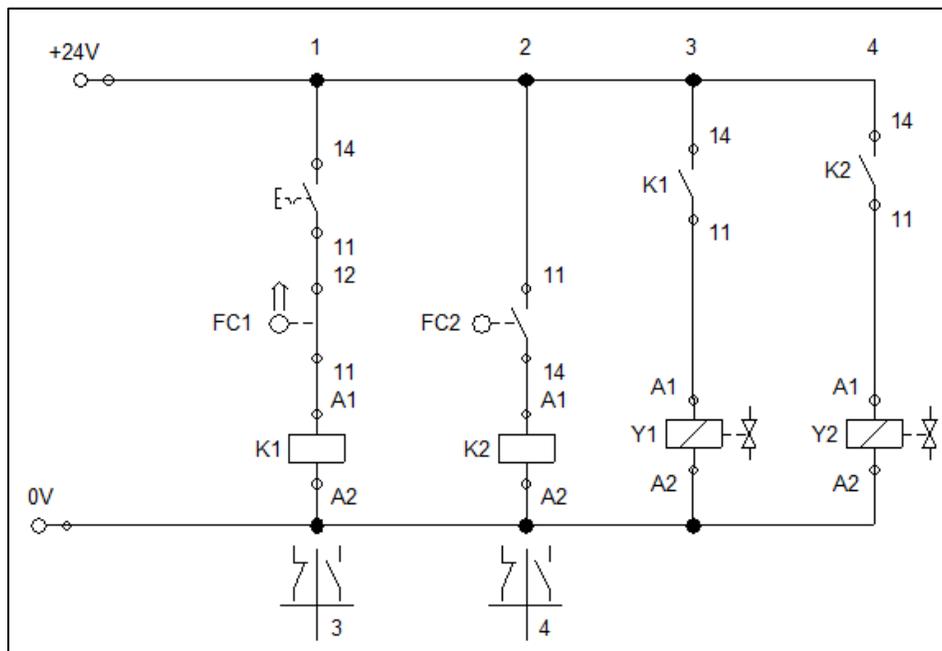
| Elemento | Cantidad |
|--|----------|
| Actuador doble efecto | 1 |
| Electroválvula 5/2 biestable | 1 |
| Finales de carrera electromecánicos | 2 |
| Pulsador con enclavamiento (NA) | 1 |
| Válvula reguladora de caudal bidireccional | 1 |
| Unidad de mantenimiento | 1 |
| Fuente 24 V DC | 1 |

A continuación, se muestra el esquema neumático y eléctrico para realizar las conexiones correspondientes.

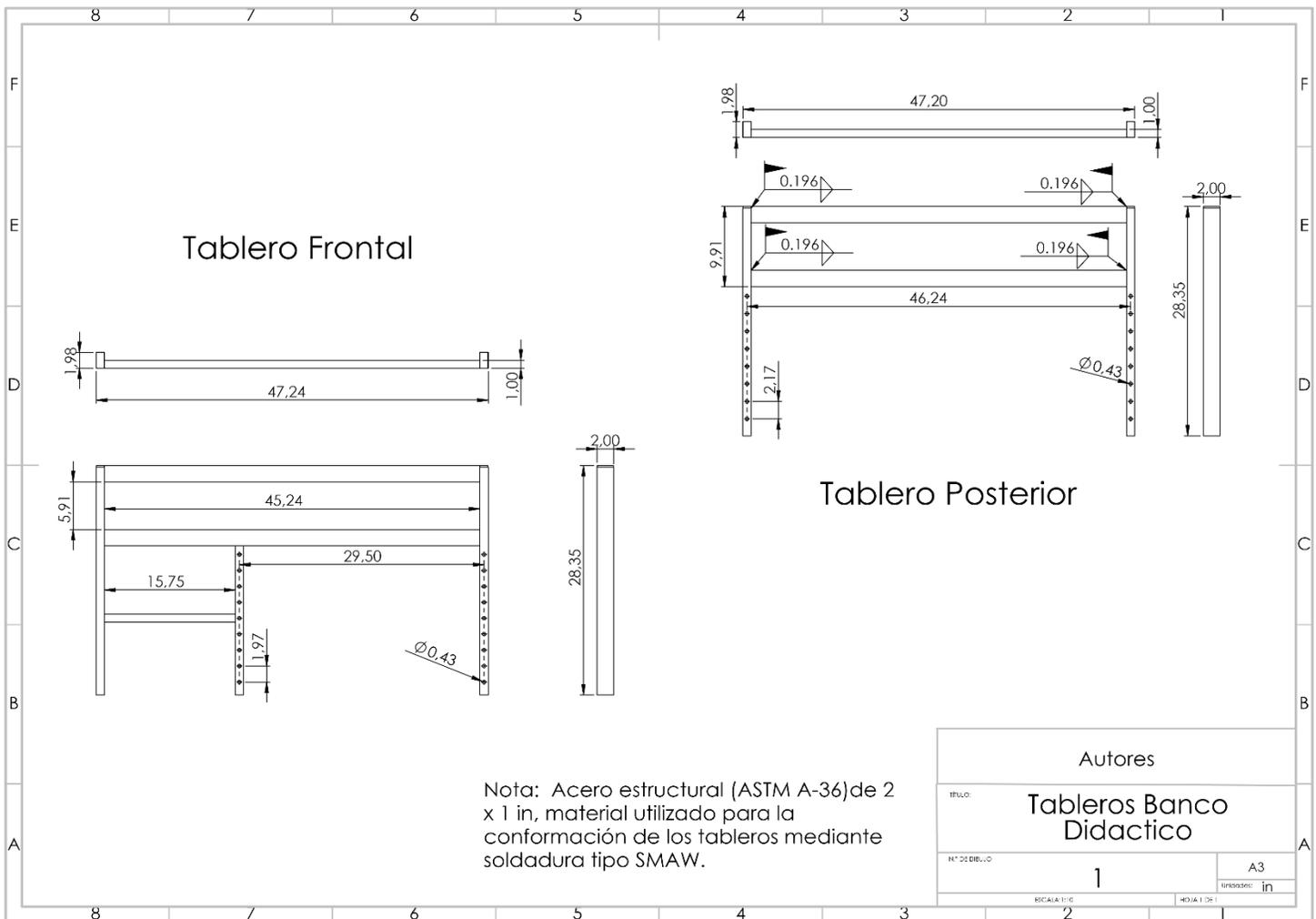
Esquema neumático

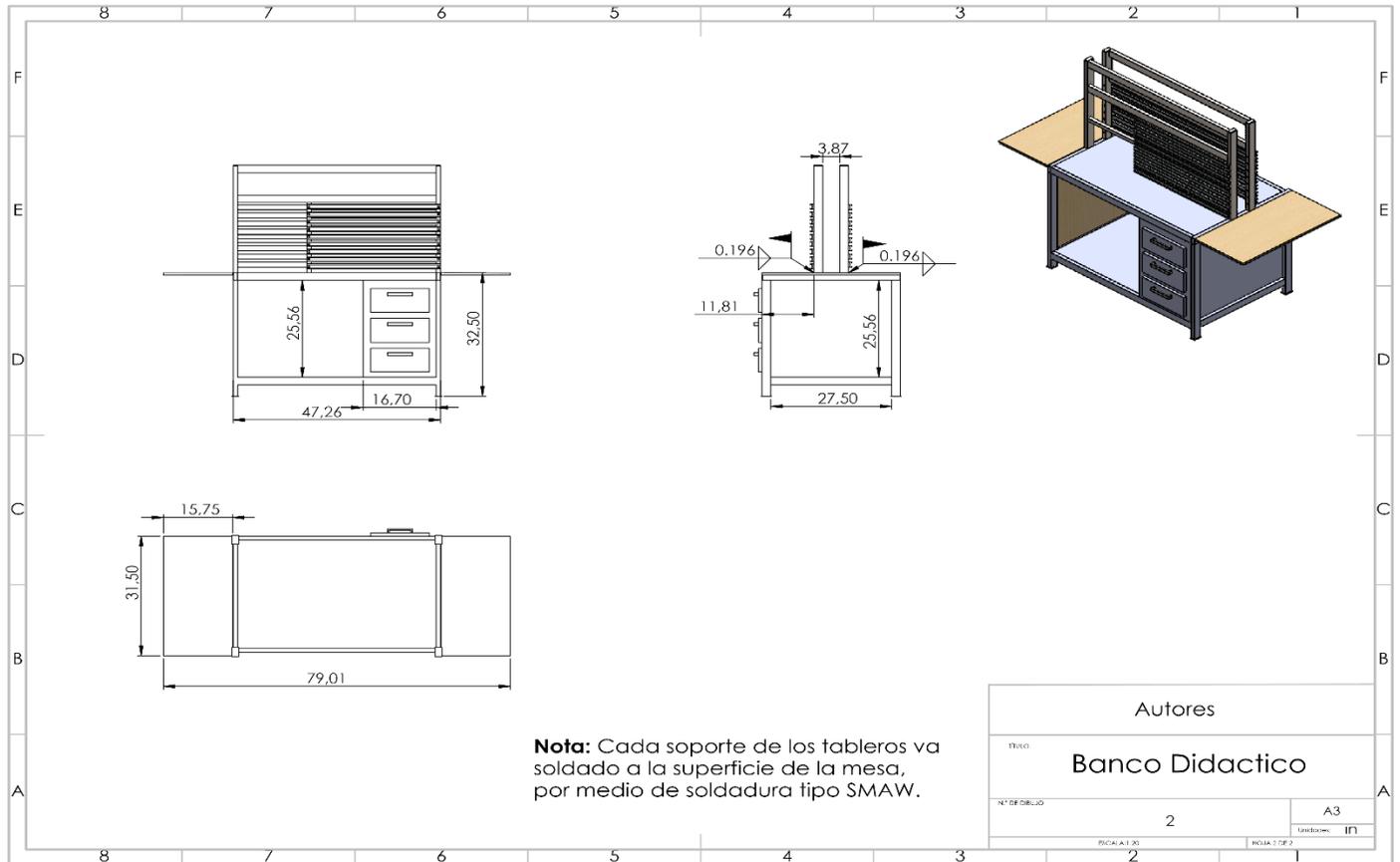


Esquema eléctrico



D.Anexo: Planos del banco didáctico de neumática y electroneumática.





E. Anexo: Resultado final en detalle del banco didáctico de neumática y electroneumática.



Vista Frontal con solapas
abajo



Vista 3d con solapas
levantadas



Vista posterior con solapas
abajo



Vista posterior con solapas
levantadas

F. Anexo: Inventario, cotizaciones y presupuesto.

| Inventario Banco Electro - Neumático | |
|---|---------------------------------|
| Cantidad | Elemento |
| 1 | Regulador de Presión |
| 2 | Válvula 3/2 Electro - Neumática |
| 4 | Final de Carrera Eléctrico |
| 1 | Actuador Simple Efecto |
| 1 | Actuador Doble Efecto |
| 2 | Caja de Pulsadores |
| 2 | Caja de Relé |
| 2 | Caja de Puntos Comunes |
| 30 | Cable de Laboratorio azul |
| 26 | Cable de Laboratorio Rojo |

Tabla 2. Descripción detallada de lo que hay en el banco de la universidad

| ELEMENTO | PRECIO UNITARIO | | |
|---|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | EMPRESA | | |
| | Airmati S.A.S (Airtak) | RG distribuciones S.A (FESTO) | Micro Pneumatic SAS (MICRO) |
| Electroválvula 5/2 | \$171.720 | \$366.305 | \$172.785 |
| Válvula 3/2 pulsadores | \$145.800 | Sin stock | \$158.297 |
| Válvula 3/2 final de carrera (Neumática) | \$189.000 | \$425.502 | \$113.187 |
| Válvula 5/2 (Neumática) | \$180.360 | \$242.222 | \$154.926 |
| Válvula 3/2 (Biestable) | \$137.160 | Sin stock | \$165.672 |
| Válvula reguladora de caudal (Neumática) | \$61.560 | \$181.227 | \$184.909 |
| Temporizador | \$1.032,886 | Sin stock | Sin stock |
| Cables de laboratorio de seguridad | Sin stock | Sin stock | \$152.740 |
| Manguera de 1/4" (50 metros) | \$149.400 | 63.7 | \$170.650 |
| Actuador (Neumático Doble Efecto) | \$218.893 | Sin stock | \$829.413 |
| Accesorios Neumáticos (Codos, T's, Uniones, Silenciadores) | \$400.000 | Sin stock | \$400.000 |
| Fuente 24 V | Sin stock | Sin stock | \$290.806 |

Tabla 3. Descripción detallada del precio de cada elemento dependiendo de la empresa

| Presupuesto | | | |
|---|-----------------|------------------------|--------------------|
| Elemento | Cantidad | Precio unitario | Valor Total |
| Electroválvula 5/2 | 6 | \$172.785 | \$1.036.710 |
| Válvula 3/2 pulsadores | 4 | \$158.297 | \$633.188 |
| Válvula 3/2 final de carrera (Neumática) | 4 | \$113.187 | \$452.748 |
| Válvula 5/2 (Neumática) | 6 | \$154.926 | \$929.556 |
| Válvula 3/2 (Biestable) | 4 | \$165.672 | \$662.688 |
| Válvula reguladora de caudal (Neumática) | 4 | \$61.560 | \$246.240 |
| Temporizador (Neumático) | 1 | \$1.032,886 | \$1.032,886 |
| Cables de laboratorio de seguridad (10 UNID) | 4 | \$152.740 | \$610.960 |
| Manguera de 1/4" (50 metros) | 1 | \$149.400 | \$149.400 |
| Actuador (Neumático Doble Efecto) | 1 | \$218.893 | \$218.893 |
| Accesorios Neumáticos (Codós, T's, Uniones, Silenciadores) | 1 | \$400.000 | \$400.000 |
| Fuente 24 V | 1 | \$290.806 | \$290.806 |
| Imprevistos (Envío y Adaptaciones al Banco) | | | \$500.000 |
| Total | | | \$7.164.075 |

Tabla 4. Presupuesto requerido para el desarrollo del proyecto

Nota: Estos precios son en base a las cotizaciones realizadas en el año 2020, por lo tanto, pueden estar sujetos a cambios.

|  | COTIZACIÓN | | | | | CÓDIGO: SF01 FECHA: 04-09-2018 VERSIÓN: 05 PÁGINA: 1 de 1 | | |
|---|----------------------|-------------------|------|-------------------|--------------|--|----------------------|---|
| RG DISTRIBUCIONES S.A. Nit 800.115.720-1 Tel:3116550 Dirección: Calle 8 No. 9-46 Dosquebradas | | | | | | | | |
| Cotización N°: | | | | | | Fecha: | 12 DE NOVIEMBRE 2020 | |
| Cliente | JUAN ESTEBAN SANCHEZ | | | | | Nit | | |
| Direccion Cliente | | | | | | Ciudad: | IBAGUE | |
| Forma de Pago | CONTADO | | | | | Vigencia | 30 DIAS | |
| Solicitado por: | JUAN ESTEBAN SANCHEZ | | | | | Teléfono: | | |
| Lugar Entrega | A CONVENIR | | | | | Moneda | MC | |
| DESCRIPCIÓN | MARCA | UNIDAD EMPAQUE | CANT | VALOR UNITARIO | TOTAL | TIEMPO DE ENTREGA | ARTICULO | IMAGEN |
| VUWS-L25-B52-G14 VÁLV. NEUMÁTICA. | FESTO | 1 | 10 | \$ 242.222 | \$ 2.422.220 | 3 DIAS | ARTICULO 575522 |  |
| VUVS-L25-B52-D-G14-F8 ELECTROVÁLVULA | FESTO | 1 | 6 | \$ 365.630 | \$ 2.193.780 | 3 DIAS | ARTICULO 575516 |  |
| VACF-B-C1-1 BOB. MAGNÉTICA | FESTO | 1 | 6 | \$ 54.487 | \$ 326.922 | 3 DIAS | ARTICULO 8030811 |  |
| MSSD-EB caja tomacor. | FESTO | 1 | 6 | \$ 17.128 | \$ 102.768 | 3 DIAS | ARTICULO 151687 |  |

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|----|----|------------|-------------------------|--------|--------------------|---|
| N-22-5W INTER. SELECTOR | FESTO | 1 | 4 | \$ 122.774 | \$ 451.096 | 3 DIAS | ARTICULO 9301 |  |
| SV-3-M5 VAL.PANEL FR. | FESTO | 1 | 4 | \$ 336.557 | \$ 1.346.228 | 3 DIAS | ARTICULO 6817 |  |
| R-3-M5 válv.planc. Rod | FESTO | 1 | 4 | \$ 425.502 | \$ 1.702.008 | 3 DIAS | ARTICULO |  |
| PEN-1/4-BL-150-CB TUBO PLÁSTICO | FESTO | 50 | 50 | \$ 1.274 | \$ 63.700 | 3 dias | ARTICULO 569891 | |
| GRLA-1/4-RS-B VAL. EST+ANTI. | FESTO | 1 | 4 | \$ 181.227 | \$ 724.908 | 3 DIAS | ARTICULO 151175 |  |
| SUBTOTAL | | | | | \$ 9.373.630 | | | |
| IVA | | | | | \$ 1.780.990 | | | |
| TOTAL | | | | | \$ 11.154.620 | | | |
| Presentada por | CARLOS GOMEZ | | | Cargo | INGENIERO DE VENTAS | | | |
| Telefono | 3146161424 | | | e-mail | carlos.gomez@rgd.com.co | | | |
| Portal | www.rgd.com.co | | | | | | | |

Airmatic s.a.s

Calle 17 A No. 69 - 05 - Bogotá
Tel (571) 424 92 40
www.airmatic-art.com

| |
|----------------------------|
| Señores |
| UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO |



www.atpneumatic.com
jairocastillo@airmatic-art.com
CEL. 311-2107215

| | |
|------------------------------------|------------------|
| Ciudad y Fecha | COTIZACION |
| BOGOTÁ D.C 25 DE NOVIEMBRE 2020 | U07202511 |
| Vendedor | Atención A: |
| JAIRO CASTILLO | |

| ITEM | REFERENCIA | DESCRIPCION | PRECIO | DTO | NETO | CANT. | TOTAL |
|------|------------|---|---------|-----|---------|-------|-----------|
| 1 | VSP08022 | A.R.T 1/4" 24 VDC 5/2 VAL.SOL/RESORTE | 171.720 | | 171.720 | 6 | 1.030.320 |
| 2 | VM030281 | A.R.T 1/4 VAL.3/2 BOTON/DOS POSICIONES NEGRO-8P | 145.800 | | 145.800 | 4 | 583.200 |
| 3 | VM080243 | A.R.T 1/4 VAL.5/2 RODILLO LATERAL METALICO-R | 189.000 | | 189.000 | 4 | 756.000 |
| 4 | VN09P02 | A.R.T 1/4 NPT 5/2 VALVULA DOBLE PILOTO AIRE | 180.360 | | 180.360 | 6 | 1.082.160 |
| 5 | VN0202 | A.R.T 1/4 NPT 3/2 VALVULA PILOTO AIRE | 137.160 | | 137.160 | 4 | 548.640 |
| 6 | ACF02 | A.R.T 1/4 NPT CONTROL DE FLUJO EN LINEA | 61.560 | | 61.560 | 4 | 246.240 |
| 7 | CI25100 | A.R.T CILINDRO INOX ISO 6432 25 X 100 | 218.893 | | 218.893 | 1 | 218.893 |
| 8 | MPC2065 | A.R.T 6 OD AZUL MANGUERA POLIURETANO | 2.988 | | 2.988 | 50 | 149.400 |
| 9 | RP3020206 | A.R.T 1/4R 6 OD RECTO RACOR PLASTICO | 4.880 | | 4.880 | 20 | 97.600 |
| 10 | RP3040206 | A.R.T 1/4R 6 OD CODO RACOR PLASTICO | 6.572 | | 6.572 | 20 | 131.440 |
| 11 | AS01 | A.R.T 1/8 SILENCIADOR DE BRONCE | 8.228 | | 8.228 | 10 | 82.280 |
| 12 | CIP25 | A.R.T 20/25 MM PIES PARA CIL ISO 6432 | 30.376 | | 30.376 | 1 | 30.376 |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |

| | | |
|-------------------|---|----------------------|
| Forma de Pago | Observa | Subtotal Neto |
| Oferta Valida Por |  | 4.956.549 |
| 15 Días |  | Iva 19% |
| Tiempo de Entrega | | 941.744 |
| | | Total a Pagar |
| | | 5.898.293 |

MICRO PNEUMATIC SAS
Nit: 830.507.152-1

BOGOTA: Calle 19 N770-63 - Pbx:(57+1)405 0016 - Fax:(57+1)405 0016 Ext.110/123
CTS MEDELLIN:Cra 52 N714-30, local 106 Centro Empresarial Olaya Herrera
Pbx:(57+4) 4443811 - Fax:(57+4)4443811 Ext.104
REGIONAL CARIBE - BARRANQUILLA: Pbx:(57+5)309 4545 Cal.311-5987031
REGION VALLE DEL CAUCA - CALI: Pbx:(57+2)372 2217 Cal.311-6113648
Email: ventas@micro.com.co - ventas2@micro.com.co - www.microautomacion.com - Colombia

MICRO
automación

Cotización Número
106283

Micro Pneumatic SAS - Bogota

| | | | |
|----------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| Cliente: | JUAN ESTEBAN SANCHEZ | Fecha: | 29/10/2020 |
| Atención: | | Condición: | Contado |
| Departamento: | No Definido | Asesor Industrial: | Sala de Ventas |
| Dirección: | UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO | Asesor Interno: | CARLOS SERRATO |
| Teléfono: | 3208021283 | E-mail Asesor: | ventas@micro.com.co |
| Nit: | | Ciudad: | BOGOTA |

| Item | Cod Producto | Descripción | Cantidad | Precio | SubTotal |
|------|-----------------------|--|----------|--------------|--------------|
| 1 | MANIFOLD 4 VALV | ELECTROVALVULA 5/2 CONTIENE: 4 VALVULAS SBL-0 5/2 REACCION RESORTE 240VDC, MANIFOLD, 8 RACORES DE SALIDA 1/8 NPT A 1/4 OD, 2 SILENCIADORES, 3 TAPONES, 1 RACOR ENTRADA 1/4 NPT A 1/4 OD | 1 | \$ 691.137 | \$ 691.137 |
| 2 | MANIFOLD 6 VALV | ELECTROVALVULA NEUMATICA 5/2 CONTIENE: 6 VALVULAS SBL-0 5/2 REACCION RESORTE 240VDC, MANIFOLD, 12 RACORES DE SALIDA 1/8 NPT A 1/4 OD, 2 SILENCIADORES, 3 TAPONES, 1 RACOR ENTRADA 1/4 NPT A 1/4 OD | 1 | \$ 1.008.500 | \$ 1.008.500 |
| 3 | VALVULA PULSADOR | VALVULA 3/2 PULSADORES CONTIENE: VALVULA MV BOTON CORTO 0.234.109.311, RACORES 1/8 NPT A 1/4 OD Y SILENCIADOR EN BRONCE PLANO | 4 | \$ 159.297 | \$ 633.188 |
| 4 | VALVULA FINAL CARRERA | VALVULA 3/2 FINAL DE CARRERA CONTIENE: VALVULA MV MANDO POR RODILLO 0.234.121.311, RACORES 1/8 NPT A 1/4 OD Y SILENCIADOR EN BRONCE PLANO | 4 | \$ 113.187 | \$ 452.748 |
| 5 | VALVULA NEUMATICA | VALVULA NEUMATICA 5/2, CONTIENE VALVULA 5/2 MANDO NEUMATICO REACCION RESORTE, RACORES 1/8 NPT A 1/4 OD Y SILENCIADOR EN BRONCE PLANO | 6 | \$ 154.926 | \$ 929.556 |
| 6 | VALVULA BIESTABLE | VALVULA BIESTABLE, CONTIENE VALVULA DOBLE MANDO NEUMATICO, RACOR 1/8 NPT A 1/4 OD Y SILENCIADOR EN BRONCE PLANO | 4 | \$ 165.672 | \$ 662.688 |
| 7 | REGULADOR | VALVULA REGULADOR DE CAUDAL DE 1/4 - 0 A 10 BAR CON RACOR DE 1/4 NPT A 1/4 OD | 4 | \$ 184.909 | \$ 739.636 |
| 8 | 0.900.000.599 | CABLE FLEX CON CLAV ROJO L 120 CM * 10UNID | 1 | \$ 152.740 | \$ 152.740 |
| 9 | 0.900.000.600 | CABLE FLEX CON CLAV ROJO L 60 CM * 10UNID | 1 | \$ 152.740 | \$ 152.740 |
| 10 | 0.900.000.601 | CABLE FLEX CON CLAV ROJO L 30 CM * 10 UNID | 1 | \$ 152.740 | \$ 152.740 |
| 11 | 0.900.000.602 | CABLE FLEX CON CLAV NEGRO L 120 CM * 10UNID | 1 | \$ 152.740 | \$ 152.740 |
| 12 | 1100U56 04 | TUBO POLIURETANO DIAM EXT 1/4 MICRO | 50 | \$ 3.413 | \$ 170.650 |
| 13 | 0.000.018.849 | CILINDRO DIDACTICO NEUM DIAM 16 MM DOBLE EFECTO CONTIENE BASE LARGO 275mm ANCHO 50mm ALTURA 25mm | 1 | \$ 829.413 | \$ 829.413 |
| 14 | 0.000.018.848 | CILINDRO DIDACTICO NEUM DIAM 16 MM SIMPLE EFECTO CONTIENE BASE LARGO 275mm ANCHO 50mm ALTURA 25mm | 1 | \$ 583.241 | \$ 583.241 |
| 15 | REGULADOR+FILTRO | VALVULA REGULADOR DE CAUDAL DE 1/4 - 0 A 10 BAR CON RACOR DE 1/4 NPT A 1/4 OD | 1 | \$ 210.264 | \$ 210.264 |

MICRO PNEUMATIC SAS
 NR: 830.507.152-1

BOGOTÁ: Calle 19 N770-63 - Pbx:(57+1)405 0016 - Fax:(57+1)405 0016 Ext.110/123
 CTS MEDELLÍN:Cra 52 N714-30, local 108 Centro Empresarial Olaya Herrera
 Pbx:(57+4) 4443811 - Fax:(57+4)4443811 Ext.104
 REGIONAL CARIBE - BARRANQUILLA: Pbx:(57+5)300 4545 Cel.311-5987031
 REGION VALLE DEL CAUCA - CALI: Pbx:(57+2)372 2217 Cel.311-8113648
 Email: ventas@micro.com.co - ventas2@micro.com.co - www.microautomacion.com - Colombia

MICRO
 automación

Cotización Número
 106283

Micro Pneumatic SAS - Bogota

| | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------|---------------------|
| Cliente: | JUAN ESTEBAN SANCHEZ | Fecha: | 29/10/2020 |
| Atención: | | Condición: | Contado |
| Departamento: | No Definido | Asesor Industrial: | Sala de Ventas |
| Dirección: | UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO | Asesor Interno: | CARLOS SERRATO |
| Teléfono: | 3208921283 | E-mail Asesor: | ventas@micro.com.co |
| NI: | | Ciudad: | BOGOTÁ |

| Item | Cod Producto | Descripcion | Cantidad | Precio | SubTotal |
|------|---------------|---|----------|------------|------------|
| 16 | 0.000.026.068 | KIT BLOQUE A TAB-PT BASE ELEM DIDACTICO TIPO A MEDIDAS Largo 96mm Ancho 50mm Altura 25mm | 1 | \$ 84.674 | \$ 84.674 |
| 17 | 0.000.026.069 | KIT BLOQUE B TAB-PT BASE ELEM DIDACTICO TIPO B Largo 132mm Ancho 50mm Altura 25mm | 1 | \$ 91.285 | \$ 91.285 |
| 18 | 0.000.026.070 | KIT BLOQUE C TAB-PT BASE ELEM DIDACTICO TIPO C MEDIDAS Largo 85mm Ancho 50mm Altura 25mm | 1 | \$ 89.789 | \$ 89.789 |
| 19 | 0.826.000.003 | FUENTE DE ALIMENTACION 220AC-A-24 CC 5 A FOR | 1 | \$ 290.806 | \$ 290.806 |
| 20 | 0.451.755.611 | CONNECT RECTO INST 1/4 OD - 1/8 NPT | 1 | \$ 4.246 | \$ 4.246 |
| 21 | 0.451.095.611 | CONNECT CODO INST 1/4 OD- 1/8 NPT | 1 | \$ 5.626 | \$ 5.626 |
| 22 | 0.451.755.614 | CONNECT RECTO INST 1/4 OD- 1/4 NPT | 1 | \$ 4.310 | \$ 4.310 |
| 23 | 0.451.095.614 | CONNECT CODO INST 1/4 OD- 1/4 NPT | 1 | \$ 6.650 | \$ 6.650 |
| 24 | 0.456.730.010 | SILENCIADOR 1/8 (BSLM-01) | 1 | \$ 3.386 | \$ 3.386 |
| 25 | 0.400.001.622 | SILENCIADOR PLASTICO SPL 1/4 | 1 | \$ 10.982 | \$ 10.982 |
| 26 | 0.451.025.600 | CODO IGUAL 1/4 | 1 | \$ 2.629 | \$ 2.629 |
| 27 | 0.451.045.600 | T IGUAL 1/4 | 1 | \$ 4.022 | \$ 4.022 |
| 28 | 0.451.065.600 | UNION DOBLE 1/4 | 1 | \$ 3.041 | \$ 3.041 |

Observación: TIEMPOS DE ENTREGA 24 A 72 HORAS, SUJETO A INVENTARIOS, PREVIA OC Y PAGO CONFIRMADO, SOLICITA JUAN SANCHEZ

| | | |
|--|------------|--------------|
| Valores expresados en PESOS | SubTotal: | \$ 8.123.427 |
| | Neto: | \$ 8.123.427 |
| | I.V.A 19%: | \$ 1.543.451 |
| Son: NUEVE MILLONES SEICIENTOS SESENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y OCHO | Total: | \$ 9.666.878 |

Tiempo de entrega: día(s) Validez oferta: 30 días calendario

Garantía: para producto Micro nuevo, doce meses contados a partir de la fecha de entrega del producto, contra defectos de fabricación en condiciones normales de operación utilizados dentro de los límites especificados en la información. Para reparaciones y mantenimiento de producto Micro, aplica garantía de hasta seis meses contados a partir de la entrega del producto. Existencias sujetas a disponibilidad en bodega Micro Colombia al momento de recibir orden de pedido.

G. Anexo: Cotización Aircas Industrial (Banco didáctico)

Bogotá, 04 de marzo 2021

FICHA TECNICA

REFERENCIA: Banco didáctico con equipos industriales para pruebas de neumática, electro-neumática, sensores, lógica cableada y PLC.

AIRCAS INDUSTRIAL S.A.S, es una organización, con 15 años de experiencia en la industria, la cual está acelerando su participación y posicionamiento en el mercado de equipos para línea de aire comprimido, le suministra equipos de alta calidad de acuerdo al desarrollo industrial y el avance de la tecnología.

Los elementos ofrecidos en esta ficha técnica son equipos de línea que se han utilizado en diferentes tipos de empresas y se ha tenido gran aceptación dentro de la industria.



1.

Banco didáctico con elementos neumáticos industriales para pruebas con aire comprimido con las siguientes características:

- Suministro de elementos neumáticos industriales para pruebas de neumática y electro neumática en banco didáctico.
- Suministro de mueble doble cara con cajoneras y estructura en aluminio perfilado para bases que soportan los equipos didácticos. Las medidas del banco son (alto 2mts, ancho 1.3 mts, profundo 0.8 mts, peso 230 Kg.) al momento de extender los paneles laterales se amplía la medida de ancho en 0.8 mts.
- Se entregan todos los elementos neumáticos con sud-base en aluminio y tecno polímero para ser utilizado en bancos didácticos con perfil estructural de aluminio, y racores instantáneos para la conexión neumática.



Puede visitarnos en nuestro sitio web: www.aircas.com

| LISTADO DE COMPONENTES 1 BANCO DOBLE CARA | |
|---|--|
| ITEM | DESCRIPCION |
| 1 | CIL AMORT ISO 6432 25 X 100 |
| 2 | CILINDRO INOX ISO 6432 R/R 25 X 50 |
| 3 | 1/8 VAL 3/2 RODILLO LATERAL METALICO-R |
| 4 | 1/8 VAL 3/2 RODILLO ESCUALIZABLE METALICO-RE |
| 5 | 1/8 VAL 3/2 BOTON RASANTE VERDE-BR |
| 6 | 4 OD AZUL MANGUERA POLIURETANO |
| 7 | 1/8 NPT 5/2 VALVULA PILOTO AIRE |
| 8 | 1/8 NPT 5/2 VALVULA DOBLE PILOTO AIRE |

| | |
|----|--|
| 9 | 1/8 NPT 3/2 VALVULA PILOTO AIRE |
| 10 | 1/8 NPT 24 VDC 3/2 VAL.SOLENOIDE |
| 11 | 1/8" 24 VDC 5/2 VAL.SOL/RESORTE |
| 12 | 1/8" 24 VDC 5/2 VAL.DOBLE/SOLENOIDE |
| 13 | 1/8 NPT VALVULA DE ESCAPE RAPIDO |
| 14 | 1/8 NPT VALVULA FUNCION "O" |
| 15 | 1/8 NPT VALVULA FUNCION "Y" |
| 16 | 1/8" 24 VDC 5/3 C.C.VAL.SOLENOIDE |
| 17 | 1/8 NPT CONTROL DE FLUJO EN LINEA |
| 18 | 1/8 TEMPORIZADOR NEUMATICO 0,5-60 SEG. |
| 19 | 1/8 HEMBRA 1.0MM EYECTOR/SILENCIADOR |
| 20 | 20MM 1/8" VENTOSA NBR |
| 21 | 1/8 NPT F/R MANUAL MINIATURA |
| 22 | 1/8 NPT VALVULA DE CORREDERA |
| 23 | CA A SENSOR SWITCH |
| 24 | CI 25mm SOPORTE AUTOSWITCH |
| 25 | 1/8 VAL.3/2 BOTON/DOS POSICIONES NEGRO-BP |
| 26 | 1/2 NPT MACHO ACOPLA DE SEGURIDAD |
| 27 | 1/4 NPT HEMBRA - PITORRA |
| 28 | 4MM OD TEE UNION |
| 29 | CORTADOR DE MANGUERA HASTA 1/2 OD (12MM) |
| 30 | BLOQUE DISTRIBUIDOR 1 ENT 10 SALIDAS |
| 31 | MODULO DE FUENTE 24 VDC 3A CONEXIONES |
| 32 | CABLES ROJOS |
| 33 | CABLES NEGRO |
| 34 | MODULO COMPACTO PULSADORES CON LAMPARAS CONEXIÓN |
| 35 | MODULO DE RELEVOS CONEXIÓN |
| 36 | MODULO EQUIPO PLC CONEXIONES |
| 37 | SENSOR FOTOELECTRICO AUTOREF BASE CONEXIONES |
| 38 | SENSOR INDUCTIVO BASE CONEXIONES |

| | |
|----|--|
| 39 | SENSOR CAPACITIVO BASE CONEXIONES |
| 40 | SWITCH FINAL DE CARRERA ELECTRICO CONEXIONES |
| 41 | BANCO DIDACTICO CON CAJONERAS Y PERFIL DE ALUMINIO |
| | |

PRECIO TOTAL BANCO DIDACTICO DOBLE CARA: 70.000.000 COP

Precio para entrega dentro de la ciudad de Bogotá.

H.Anexo: Cotización MiCRO

MICRO PNEUMATIC SAS
Nit: 830.507.152-1



BOGOTA: Calle 19 N°70-63 - Pbx:(57+1)405 0016 - Fax:(57+1)405 0016 Ext.110/123
CTS MEDELLIN:Cra 52 N°14-30, local 108 Centro Empresarial Olaya Herrera
Pbx:(57+4) 4443811 - Fax:(57+4)4443811 Ext.104
REGIONAL CARIBE - BARRANQUILLA: Pbx:(57+5)300 4545 Cel.311-5987031
REGION VALLE DEL CAUCA - CALI: Pbx:(57+2)372 2217 Cel.311-8113648
Email: ventas@micro.com.co - ventas2@micro.com.co - www.microautomacion.com - Colombia

Cotización Número
110465

Micro Pneumatic SAS - Bogota

| | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------|---------------------|
| Cliente: | JUAN ESTEBAN SANCHEZ | Fecha: | 04/03/2021 |
| Atención: | | Condición: | Contado |
| Departamento: | No Definido | Asesor Industrial: | Sala de Ventas |
| Dirección: | UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO | Asesor Interno: | CARLOS SERRATO |
| Telefono: | 3208921283 | E-mail Asesor: | ventas@micro.com.co |
| Nit: | | Ciudad: | BOGOTA |

| Item | Cod Producto | Descripción | Cantidad | Precio | SubTotal |
|------|---------------|--------------------------------------|----------|---------------|---------------|
| 1 | 0.900.000.611 | PANEL DIDACTICO EMC (SIN OPCIONALES) | 1 | \$ 32.019.202 | \$ 32.019.202 |

Observación: TIEMPO DE ENTREGA 8 A 10 SEMANAS, PREVIA OC Y PAGO CONFIRMADO

| | | |
|---|------------|---------------|
| Valores expresados en PESOS | SubTotal: | \$ 32.019.202 |
| | Neto: | \$ 32.019.202 |
| | I.V.A 19%: | \$ 6.083.648 |
| Son: TREINTA Y OCHO MILLONES CIEN DOS MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA | Total: | \$ 38.102.850 |

Tiempo de entrega: día(s)

Validez oferta: 30 días calendario

Garantía: para producto Micro nuevo, doce meses contados a partir de la fecha de entrega del producto, contra defectos de fabricación en condiciones normales de operación utilizados dentro de los límites especificados en la información. Para reparaciones y mantenimiento de producto Micro, aplica garantía de hasta seis meses contados a partir de la entrega del producto.

Existencias sujetas a disponibilidad en bodega Micro Colombia al momento de recibir orden de pedido.

FAVOR ENVIAR ORDEN DE COMPRA A NOMBRE DE MICRO PNEUMATIC SAS Y REFERENCIAR EL NUMERO DE LA COTIZACIÓN.

Cta. Banco de Bogota, 018225383 Cta.Cte. A Nombre de Micro Pneumatic SAS
Cta. Bancolombia, Cuenta ahorros número: 66600000270 A Nombre de Micro Pneumatic SAS

Cordialmente:
Sala de Ventas
Cel.311-598 7031

Bibliografía

[1] "Neumática Industrial - Neumática Industrial", *Neumática Industrial*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.neumaticaindustrial.co/>.

[2] N. INDUSTRIA, "Aplicaciones de la Neumática en la Industria | Blog 【Suministros Intec】", *Blog de Suministros Intec*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://suministrointec.com/blog/aplicaciones-neumatica-industria/>.

[3] "Centro de Formación Técnica Industrial en Madrid, Barcelona y Girona", *aula21 / Formación para la Industria*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.cursosaula21.com/>.

[4] F. Ebel and D. Schawarzenberger, *Neumática electroneumática*. Denkendorf, Alemania: Festo Didactic GmbH, 2010.

[5] P. Hernandez, M. Ardila and J. Bastidas, *Construcción de un banco para prácticas electroneumáticas*. Barranquilla, 2015.

[6] J. Valencia and L. Rojas, *Diseño, Construcción Y Puesta A Punto De Un Banco Didáctico Para Prácticas De Neumática, Electroneumática Y PLC*. 2018.

[7] D. B and C. N, *Diseño, Construcción E Implementación De Un Banco Didáctico Electroneumático Para Laboratorio De Neumática De La Escuela De Ingeniería Mecánica*. Ecuador, 2014.

[8] A. A and Q. L, *Diseño e implementación de un banco de pruebas electro neumático*. Ecuador, 2014.

[9] "Neumática", *Mundocompresor.com*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/neumatica#:~:text=Se%20puede%20definir%20la%20neum%C3%A1tica,elementos%20requeridos%20para%20su%20aplicaci%C3%B3n>.

[10] F. Henao, *DISEÑO DE REDES DE AIRE COMPRIMIDO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES NEUMÁTICOS*.

[11] A. Buenache Vega, *TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA INTERACTIVA VÍA WEB*. Madrid, 2010.

[12] M. Martínez Gómez, "La neumática: su historia del arte y elementos resaltantes - EADIC - Cursos y Master para Ingenieros y Arquitectos", *EADIC - Cursos y Master para Ingenieros y Arquitectos*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.eadic.com/la-neumatica-su-historia-del-arte-y-elementos-resaltantes/#:~:text=En%20el%20Siglo%20I%20a.C.,aumentando%20el%20alcance%20del%20mismo>.

[13] *Sm-argentina.com*, 2017. [En línea]. Disponible: http://sm-argentina.com/wp-content/uploads/2019/novedades/189424_FyQ%202_u02.pdf.

[14] "¿Cuál es la ley del gas ideal? (artículo) | Khan Academy", *Khan Academy*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://es.khanacademy.org/science/physics/thermodynamics/temp-kinetic-theory-ideal-gas-law/a/what-is-the-ideal-gas-law>.

[15] D. Callejo, F. López, J. Pérez and J. Vidal, "e-Reading. Biblioteca de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.", *Bibing.us.es*, 2021. [En línea]. Disponible: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5025/fichero/2+Descripci%C3%B3n+aire+comprimido.pdf>

[16] Componentes de una red neumática. 2021.

[17] "Los Compresores", *Termoindustrial1ii132.blogspot.com*, 2021. [En línea]. Disponible: <http://termoindustrial1ii132.blogspot.com/2013/06/los-compresores.html#:~:text=Este%20proceso%20se%20lleva%20a,energ%C3%ADa%20cin%C3%A9tica%20impuls%C3%A1ndola%20a%20fluir>.

[18] *Tipos de compresores*. 2021.

[19] "Clasificación y tipos de compresores, ¿cuál compresor comprar?", *Maqpower / Compresores de Aire Industriales*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.maqpower.com.mx/clasificacion-tipos-compresores-cual-compresor-comprar/>

[20] "Compresor de pistón", *Portalelectromecanico.org*, 2018. [En línea]. Disponible: http://www.portalelectromecanico.org/CURSOS/Compresores/compresor_de_pistn.html.

[21] *Repositorio UNIMINUTO, Tipos de actuadores neumáticos*. 2021.

[22] P. Croser, J. Thomas and F. Ebel, *Fundamentos de neumática*. Festo.2017

[23] Festo, *Tipos de accionamiento*. 2020.

[24] "NEUMATICA – Renatosarce EduTecno", *Renatosarce EduTecno*, 2011. [En línea]. Disponible: <https://renatosarce.wordpress.com/category/neumatica/>.

[25] "Válvula de codillo 3/2 vías Función DOS POSICIONES Conexión 1/8" Presión de operación 150 PSI Descripción Válvula de codillo accionada por palanca 3/2 vías - 2 posiciones", *Neumática y Control Industrial Ltda.*, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.neumaticaycontrol.com.co/site/cb/3-2-vias/444-2214-valvula-de-codillo-32-vias-.html>.

[26] Festo, *Tipos de accionamiento*. 2020.

[27] A. Solé, *Neumática e Hidráulica 2a*, 2nd ed. Marcombo S.A, 2010.

[28] R. Industriales, *Unidad de mantenimiento*. 2020.

[29] *Es.scribd.com*, 2015. [En línea]. Disponible: <https://es.scribd.com/document/266729997/Norma-Neumatica-e-Hidraulica-Simbologia>.

[30] A. CREUS, *Simbología de válvulas distribuidoras*. 2007.

[31] M. MC, *Símbolos neumáticos más comunes*. 2019.

[32] Simbología eléctrica. Electroneumatica.2017

[33] S. ALI, MARKS STANDARD HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS. McGraw-Hill. 2012.

[34] E. Metalografía, "METALOGRAFÍA - UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA | Metalografía", Blog.utp.edu.co, 2015. [En línea]. Disponible: <https://blog.utp.edu.co/metalografia/>

[35] Aircas, *Bancos didácticos en el mercado*. 2020

[36] MiCRO, *Bancos didácticos en el mercado*. 2020.

[37] C. Tiempo, "¿Está usted dentro del rango de estatura promedio de los colombianos?", *El Tiempo*, 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13128617#:~:text=Dentro%20de%20los%20principales%20hallazgos,148%2C5%20y%20171%20cm.>

[38] Universidad de Valencia, *Ergonomía*.

[39] R. L. Norton, *DISEÑO DE MAQUINARIA*. McGraw-Hill, 2009.

[40] G. Budynas, *Diseño En Ingeniería Mecánica De Shigley*, 10ª ed. McGraw-Hill, 2018.

[41] F. HOUSE, "¿Qué se entiende por mantenimiento y por qué se realiza? | FMHOUSE", FMHOUSE , 2020. [En línea]. Disponible: <https://www.fm-house.com/que-se-entende-por-mantenimiento-y-por-que-se-realiza/>.