



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BANCO
DIDÁCTICO NEUMÁTICO DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO.**

Julián David Pineda Carrillo

Julio Javier Viaña Vega

Asesora:

Gloria Beatriz Cruz Riaño

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
Facultad de Ingeniería
Departamento de Mecánica
Tecnología en Mecánica Industrial
Medellín, Antioquía.
05-2024



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL BANCO
DIDÁCTICO NEUMÁTICO DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO.**

Julián David Pineda Carrillo

Julio Javier Viaña Vega

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Mecánica Industrial

Asesora:

Gloria Beatriz Cruz Riaño

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica

Tecnología en Mecánica Industrial

Medellín, Antioquía.

05-2024

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
3.	JUSTIFICACIÓN	8
4.	OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	10
4.1.	Objetivo general	10
4.2.	Objetivos específicos.....	10
5.	MARCO CONCEPTUAL	11
5.1.	Laboratorio de neumática	11
5.2.	Seguridad en el laboratorio.....	11
5.2.1.	Normas generales:	12
5.2.2.	Normas específicas:.....	13
5.3.	Mantenimiento en el laboratorio	14
5.3.1.	Mantenimiento preventivo	14
5.4.	Definición y objeto de estudio de la neumática.....	16
5.4.1.	Ventajas de la neumática	16
5.4.2.	Desventajas de la neumática.....	18
5.4.3.	El aire comprimido y los equipos asociados a su mantenimiento	18
5.5.	COMPRESOR.....	20
5.5.1.	Compresor de doble tornillo.....	21
5.5.2.	Principio de funcionamiento del compresor de doble tornillo helicoidal	22
5.6.	Almacenamiento de aire (depósito).....	24
5.7.	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	26
5.8.	VÁLVULAS	33
5.8.1.	Válvula de 3/2 vías	33
5.8.2.	Bloque de distribución.....	37
5.8.3.	Válvula de 5/2 vías	38
5.8.4.	Válvula selectora	38
5.8.5.	Válvula de simultaneidad	39
5.8.6.	Válvula reguladora con antirretorno.....	40
5.8.7.	Válvula de escape rápido.....	41
5.8.8.	Válvula temporizadora	43
5.8.9.	Válvula de no retorno	44
5.8.10.	Racores	45

5.8.11.	Manómetro Bourdon.....	46
5.8.12.	Mangueras	47
5.9.	ACTUADORES (CILINDROS NEUMÁTICOS)	49
5.9.1.	Cilindro de simple efecto	49
5.9.2.	Cilindro de doble efecto	50
5.9.3.	Cilindro sin vástago.....	52
5.9.4.	Cilindro de doble vástago.....	53
5.9.5.	Tándem.....	54
6.	INVENTARIO.....	55
6.1.	Búsqueda de ficha técnica en línea.....	57
7.	CONDICION ACTUAL DEL BANCO NEUMATICO	61
7.1.	Calibración de un manómetro de tubo bourdon.	69
8.	CAUSA RAIZ Y EFECTOS DE LAS AVERIAS EN EL BANCO DIDACTICO NEUMATICO.....	76
8.1.	Diagrama espina de pescado (causa-efecto).....	76
8.2.	Método ¿Por qué? – ¿Por qué?.....	78
8.3.	Lluvia de ideas	81
9.	FRECUENCIA DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO EN EL LABORATORIO DE NEUMATICA.....	84
9.1.	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL COMPRESOR KAESER SM 15T.....	84
9.2.	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO	88
9.3.	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDACTICO DE NEUMATICA BASICA.....	92
9.4.	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DIDACTICO NEUMATICO	94
9.5.	TUBERÍA SMARTPIPE+ DE KAESER.....	97
9.6.	MANTENIMIENTO BÁSICO PREVENTIVO DE UN CILINDRO DOBLE EFECTO NEUMÁTICO..	100
10.	FICHAS PARA EL REGISTRO DE MANTENIMIENTO	106
10.1.	Sistema de codificación sugerida	107
11.	RECOMENDACIONES.....	118
12.	CONCLUSIONES	120
13.	BIBLIOGRAFÍA	121
	ANEXOS	123

TABLA DE FIGURAS

<i>figura 1 plano de sistema neumático básico.....</i>	<i>3</i>
<i>figura 2 diagrama del compresor kaeser sm 15t de la i.u. pascual bravo.</i>	<i>19</i>
<i>figura 3 bloque helicoidal de dos rotores kaeser sigma.....</i>	<i>21</i>
<i>figura 4 esquema de funcionamiento de compresor de tornillo helicoidal</i>	<i>23</i>
<i>figura 5 tanque de almacenamiento de aire comprimido de la marca oks otto klein gmbh.....</i>	<i>25</i>
<i>figura 6 unidad de filtro.....</i>	<i>27</i>
<i>figura 7 unidad reguladora.....</i>	<i>28</i>
<i>figura 8 unidad lubricadora.....</i>	<i>29</i>
<i>figura 9 símbolo de unidad de mantenimiento neumática.....</i>	<i>29</i>
<i>figura 10 unidad de mantenimiento - filtro de línea f16ke de kaeser.</i>	<i>30</i>
<i>figura 11 unidad de mantenimiento - lubricador de línea mal401 de mindman.</i>	<i>31</i>
<i>figura 12 unidad fr de micro del banco didáctico neumático.....</i>	<i>32</i>
<i>figura 13 posiciones de una válvula.</i>	<i>33</i>
<i>figura 14 válvula 3/2 n.c., accionamiento manual de pulsador y reposición por muelle.....</i>	<i>34</i>
<i>figura 15 válvula de rodillo.</i>	<i>35</i>
<i>figura 16 bloque de distribución.....</i>	<i>37</i>
<i>figura 17 válvula de 5/2 vías biestable</i>	<i>38</i>
<i>figura 18 válvula selectora</i>	<i>39</i>
<i>figura 19 válvula de simultaneidad.....</i>	<i>40</i>
<i>figura 20 válvula reguladora.....</i>	<i>41</i>
<i>figura 21 válvula de escape rápido.....</i>	<i>42</i>
<i>figura 22 válvula temporizadora</i>	<i>44</i>
<i>figura 23 válvula antirretorno</i>	<i>45</i>
<i>figura 24 racor recto instantáneo.....</i>	<i>46</i>
<i>figura 25 manómetro bourdon de micro.....</i>	<i>47</i>
<i>figura 26 cilindro de simple efecto</i>	<i>50</i>
<i>figura 27 cilindro de doble efecto.....</i>	<i>51</i>
<i>figura 28 cilindro sin vástago.....</i>	<i>52</i>

<i>figura 29 cilindro de doble vástago.</i>	53
<i>figura 30 cilindro tándem.</i>	54
<i>figura 31 captura de la página web de productos de micro, para la búsqueda de componentes por código.</i>	58
<i>figura 32 captura del catálogo master-micro-e, para la búsqueda de componentes por código.</i>	59
<i>figura 33 captura de la página web de festo, para la búsqueda de componentes por código.</i>	60
<i>figura 34 fuga en componentes neumáticos.</i>	67
<i>figura 35 manómetro con lectura incorrecta.</i>	68
<i>figura 36 componentes internos de un manómetro bourdon.</i>	69
<i>figura 37 válvula 3/2 con racores desencajados.</i>	71
<i>figura 38 comparación de registro de presión con manómetro guía.</i>	74
<i>figura 39 diagrama espina de pescado (causa-efecto) sobre banco neumático inhabilitado.</i>	77
<i>figura 40 referencia de compresor kaeser sm 15t</i>	84
<i>figura 41 tanque de almacenamiento de aire comprimido de la i.u. pascual bravo.</i>	88
<i>figura 42 válvula de alivio.</i>	90
<i>figura 43 unidades de mantenimiento del banco neumático, a) lubricador. b) filtro-regulador.</i>	92
<i>figura 44 banco didáctico neumático</i>	94
<i>figura 45 plano de la línea de aire comprimido.</i>	97

TABLAS

<i>tabla 1 inventario del módulo 4663-8 del laboratorio de neumática básica.</i>	<i>55</i>
<i>tabla 2 inventario del módulo 4663-9 del laboratorio de neumática básica.</i>	<i>56</i>
<i>tabla 3 componentes neumáticos modulares que se encuentran instalados en estantes móviles. 57</i>	
<i>tabla 4 estado actual de los componentes neumáticos del módulo 4663-8 del banco neumático.61</i>	
<i>tabla 5 estado actual de los componentes neumáticos del módulo 4663-9 del banco neumático.63</i>	
<i>tabla 6 adaptación de las tareas de mantenimiento preventivo para el compresor.</i>	<i>85</i>
<i>tabla 7 labores de mantenimiento preventivo para el tanque de almacenamiento de aire comprimido</i>	<i>91</i>
<i>tabla 8 labores de mantenimiento preventivo para la unidad de mantenimiento.....</i>	<i>93</i>
<i>tabla 9 labores de mantenimiento preventivo para válvulas y cilindros.</i>	<i>95</i>
<i>tabla 10 labores de mantenimiento preventivo para la tubería neumática.</i>	<i>99</i>
<i>tabla 11 codificación para el módulo 4663-9 de neumática básica del laboratorio.....</i>	<i>110</i>
<i>tabla 12 codificación de piezas modulares de neumática básica del laboratorio.....</i>	<i>111</i>
<i>tabla 13 checklist semanal para el mantenimiento preventivo del banco didáctico neumático. 112</i>	
<i>tabla 14 formato de actividades de mantenimiento.</i>	<i>113</i>
<i>tabla 15 formato de puesta a punto.</i>	<i>114</i>
<i>tabla 16 formato de historial de averías.</i>	<i>115</i>
<i>tabla 17 formato de uso de herramientas.</i>	<i>116</i>
<i>tabla 18 formato de solicitud de servicios externos.....</i>	<i>117</i>

RESUMEN

La elaboración de este trabajo de grado tiene como objetivo principal el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Banco Didáctico Neumático de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Este equipo representa una herramienta muy importante para la formación de los estudiantes en la materia de Neumática y este Plan de Mantenimiento va a permitir que dicha herramienta trabaje de manera más eficiente y confiable, siendo esto indispensable para que la formación de los estudiantes sea la mejor.

Este plan se diseñará teniendo en cuenta estudios de lineamientos técnicos, diagnóstico del estado actual de los componentes del sistema, recomendaciones de expertos, normas estandarizadas y mediante inspecciones regulares. Se espera que la implementación de este por parte de laboratoristas y estudiantes prolongue la vida útil del equipo con el fin de detallar su estado operativo y manejar información de ello para que se realicen futuros mantenimientos de manera efectiva y concisa.

1. INTRODUCCIÓN

La Neumática es una rama de la Ingeniería Mecánica que ha sido un pilar fundamental en el progreso de la industria durante muchos años; ésta se basa en el principio de Pascal; el cual establece que cuando se aplica presión sobre un fluido, la presión es transmitida con la misma intensidad en todo el fluido y en las paredes del espacio que lo contiene. En la Neumática, se aprovecha la fuerza del aire de acuerdo con los fundamentos de Pascal, como fuente de energía para llevar a cabo tareas físicas que resultan difíciles de realizar por un ser humano. Debido a sus buenas prestaciones y características, el aire comprimido, después de la energía eléctrica e hidráulica, hoy en día es el servicio industrial más ampliamente utilizado en múltiples aplicaciones y entornos industriales siendo esencial en el control y la automatización; desde la manufactura hasta la robótica.

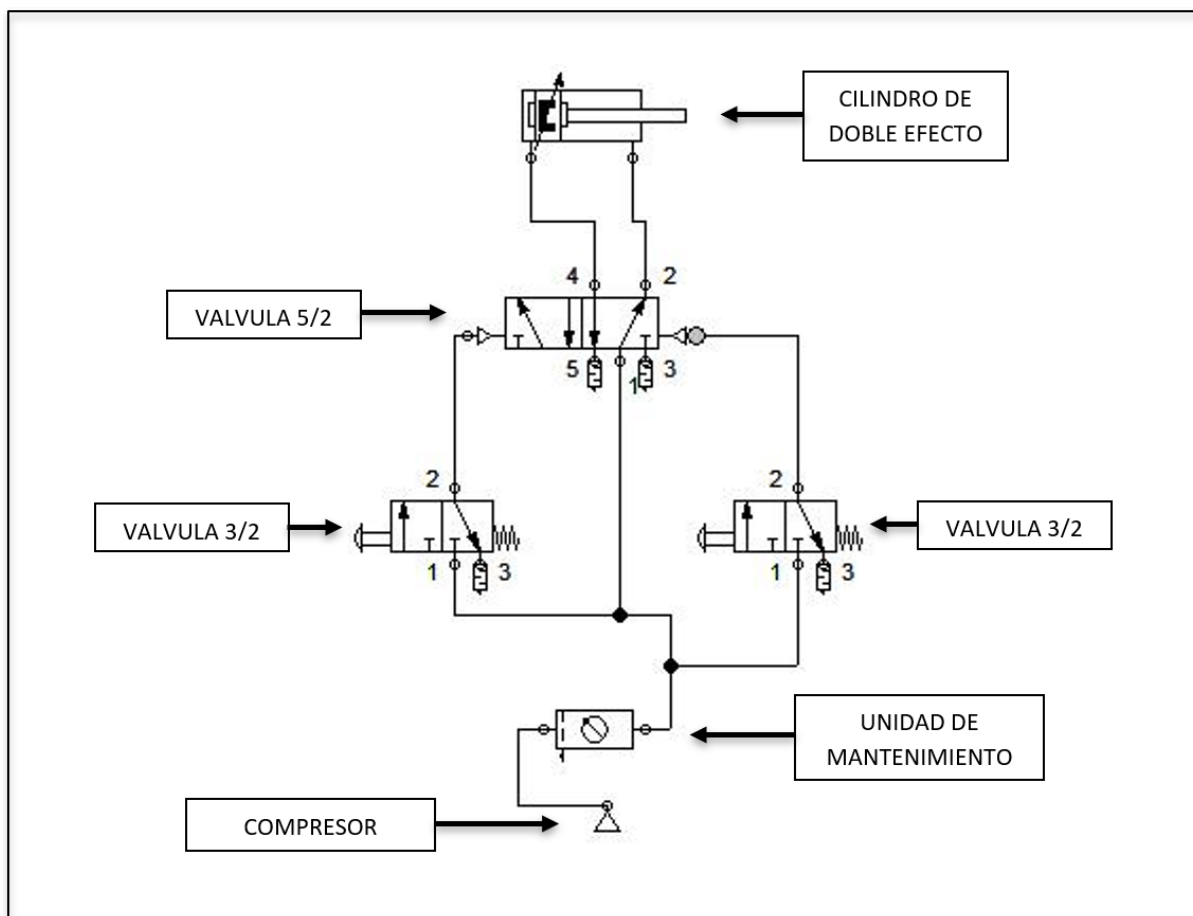
Según un informe de mercado global realizado por la empresa Mordor Intelligence se espera que el comercio de los equipos neumáticos registre una tasa de crecimiento anual del 7,3% durante el periodo 2018-2028, el incremento de este sector se debe a la creciente necesidad de equipos neumáticos en industrias como la automotriz, maquinaria industrial y electrónica. (Mordor Intelligence, 2024)^[14]

Colombia actualmente es un país en constante crecimiento tanto económico como industrial, la implementación de la Neumática ha sido una parte fundamental para el progreso de las industrias colombianas. Según registros proporcionados por el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones de Colombia (MINTIC), el sector manufacturero se mantiene en

terreno positivo, experimentando un crecimiento del 0,2% respecto a enero de 2022. Este aumento está propiamente relacionado con la eficacia de la automatización de procesos relacionada con la Neumática. Estos datos respaldan la noción de que la Neumática está desempeñando un papel crucial en la industria colombiana promoviendo la competitividad en el contexto global. (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023)^[13]

En la Institución Universitaria Pascual Bravo, situada en la ciudad de Medellín, Colombia y comprometida con la excelencia académica; se entiende la importancia de formar a personas en la rama de la Neumática como parte primordial de la educación de futuros Tecnólogos e Ingenieros debido a su papel fundamental en la sociedad. En el bloque 13 de la institución se cuenta con un laboratorio dedicado al aprendizaje sobre circuitos y montajes neumáticos, en este laboratorio los estudiantes tienen la oportunidad de realizar montajes para su aprendizaje donde interactúan con diversos equipos, lo que les ayuda a comprender el funcionamiento de un circuito neumático. Por ejemplo: un circuito neumático básico (Figura 1) es un montaje que inicia desde un compresor que usa el aire del exterior para comprimirlo, este es dirigido a través de tuberías hasta una unidad de mantenimiento donde posteriormente el aire pasa a una válvula que lo direcciona hacia las cámaras de un cilindro para retraer o contraer un vástago; cuando este se pone en funcionamiento se aprovecha la fuerza del aire comprimido para desplazar un objeto o ejecutar una tarea en particular.

Figura 1 Plano de sistema neumático básico.



Fuente: Elaboración propia en el software FluidSim.

El banco didáctico neumático es una herramienta muy importante para la formación de los estudiantes que permite afianzar sus conocimientos en montajes de procesos automatizados donde pueden ensamblar y comprender cómo funcionan estos circuitos con el uso de aire comprimido, algo esencial para su futura carrera industrial. La gran demanda resalta la necesidad de mantener en óptimas condiciones este recurso, porque asegura que los alumnos obtengan un entendimiento sólido y aplicado de la Neumática preparándolos para los desafíos de la industria moderna.

El proceso de mantenimiento, como cualquier otro, ha experimentado un desarrollo constante exhibiendo un crecimiento y madurez a lo largo del tiempo, en el pasado se solía esperar a que la máquina fallara para realizar el mantenimiento correctivo, pero en la actualidad las estrategias implementadas se están centrando en mejorar la disponibilidad y eficiencia de los equipos críticos, para reducir costos y aumentar la seguridad. Es por esto que el enfoque principal de este proyecto se centra en el diseño de un plan de mantenimiento preventivo. La ejecución de este plan no solo garantizará la disponibilidad constante del banco neumático para la formación académica, sino que también ayudará a extender su vida útil, entendiendo que un mantenimiento realizado de forma regular se traduce en un incremento en la eficacia, eficiencia y productividad.

2. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial el problema central en las industrias inicia en la falta de mantenimiento adecuado de los equipos, lo que afecta: la disponibilidad del activo, la productividad de las empresas y la vida útil de la maquinaria, esta situación ha sido un desafío persistente en la industria lo que resulta en costos operativos muy elevados. Estos costos son consecuencia de una mala implementación en los planes de mantenimiento.

El objetivo de un mantenimiento preventivo es mantener y mejorar el rendimiento de la maquinaria, existen casos a nivel internacional que ilustran la baja disponibilidad de los equipos industriales como resultado de estos desafíos. (Quincho Abad, 2015)^[19].

El mantenimiento preventivo es una de las estrategias más comunes a nivel industrial, ya que reduce significativamente el desgaste de los equipos y optimiza los procesos.

El resultado que se obtiene es prolongar la vida útil de las máquinas y promover acciones que sean respetuosas con el medio ambiente, porque se reducen emisiones de gases contaminantes a la atmósfera empleando prácticas de ingeniería apropiadas. En el contexto de las entidades públicas, que disponen de equipos industriales, es importante destacar que muchas de ellas aún no han implementado un plan de mantenimiento integral, que incluya aspectos preventivos, correctivos y predictivos. Además, en muchos casos, carecen de técnicos capacitados para solucionar problemas o realizar los procedimientos recomendados por el fabricante. (Palma González, 2023)^[18].

El laboratorio de la Institución Universitaria Pascual Bravo actualmente presenta múltiples desafíos para la puesta en práctica de la teoría impartida en la materia de Neumática que a largo plazo pueden afectar el funcionamiento, durabilidad de los equipos y de los elementos que conforman los sistemas del banco didáctico.

El banco didáctico ha experimentado un desgaste en varios de sus componentes claves lo que ha llevado a disminuir la precisión y rendimiento, ocasionando varios problemas entre los que se encuentran:

- Válvulas desgastadas con fugas que reducen el flujo de aire.
- Caídas de presión generando un desperdicio de energía y rendimiento de los componentes neumáticos.
- Piezas sueltas, entre otros.

El deterioro progresivo en un futuro puede convertirse en una amenaza no solo en los costos de reparación y reemplazo de componentes, sino también en la enseñanza de los estudiantes ya que el banco didáctico inactivo o con pocos puestos para asignarle a un gran número de estudiantes puede afectar las actividades.

Hipótesis

El desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo en el banco didáctico neumático de la Institución Universitaria Pascual Bravo mejorará la disponibilidad, eficacia y seguridad de este valioso recurso educativo.

Formulación del problema

¿Cómo mitigar el desgaste de los elementos que conforman los sistemas del banco didáctico neumático al diseñar un plan de mantenimiento preventivo?

3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el mundo se ha vuelto muy competitivo, lo cual obliga a todo tipo de entidades a ser dinámicas en su línea de enfoque, esto también incluye el entorno académico, lo que lleva a que las universidades mantengan altos niveles de calidad y excelencia en la formación de sus estudiantes. Por esta razón toda universidad debe tener muy bien planificado su sistema de actividades internas; esto con el fin de brindar una educación sobresaliente, preparando a los alumnos para los retos que se presentan hoy en día en el mundo laboral.

La motivación de este proyecto se fundamenta en la importancia de la Neumática en la industria.

La enseñanza de esta materia en las instituciones educativas es esencial para la formación de los estudiantes, los futuros Tecnólogos e Ingenieros. La falta de mantenimiento del banco es una mala práctica que genera desgaste en la vida útil de los elementos del banco, también se comprende la necesidad de mantener este en óptimas condiciones y constante disponibilidad para que en cualquier momento pueda ser utilizado.

Con el diseño de un plan mantenimiento preventivo, se pretende reducir el tiempo de inactividad y prolongar la vida útil de todos los elementos que conforman los sistemas del banco neumático; Al igual que el servicio anual o basado en el kilometraje, en los vehículos de consumo, el mantenimiento preventivo suele basarse en el tiempo o el uso, siguiendo un programa de mantenimiento o una ficha, en las cuales se recomienda la revisión de los elementos que conforman los bancos de los laboratorios de neumática durante las visitas de mantenimiento planificadas.

Con este enfoque se busca determinar la causa raíz del daño o avería y así no incurrir en los errores de tener que realizar cambios innecesarios de piezas que están en buen estado, también pueden surgir problemas entre las visitas de mantenimiento planificadas que podrían dar lugar a costosos tiempos de inactividad no planificados o nula disponibilidad de los equipos.

4. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

4.1. Objetivo general

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el banco didáctico neumático de la Institución Universitaria Pascual Bravo mediante el estudio de manuales técnicos e información histórica del laboratorio y ponderación de criterios para la frecuencia de mantenimiento.

4.2. Objetivos específicos

- Describir los principios de funcionamiento de los componentes del banco neumático.
- Identificar los equipos que se encuentran en el laboratorio y asignarles un código.
- Evaluar la condición actual de los componentes del banco didáctico neumático.
- Identificar las averías recurrentes en el banco neumático.
- Definir la causa raíz y efectos de las averías.
- Definir las actividades de mantenimiento preventivo que disminuyan la probabilidad de aparición de las posibles fallas.
- Determinar los tipos, tiempos y frecuencia de mantenimiento para cada equipo.

5. MARCO CONCEPTUAL

En el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para el banco didáctico neumático en el laboratorio del Pascual Bravo, es fundamental establecer un sólido marco conceptual que sustente y guíe el desarrollo de esta propuesta. Este marco conceptual se fundamenta en diversos conceptos clave relacionados con la neumática, sus componentes, el funcionamiento del laboratorio y las prácticas de mantenimiento. A continuación, se describen estos conceptos:

5.1. Laboratorio de neumática

Un laboratorio de neumática está destinado principalmente para proporcionar un espacio donde los estudiantes puedan experimentar, comprender y aplicar los principios de la neumática vistos en las clases teóricas. Garantiza una educación práctica, facilitando la comprensión de conceptos teóricos y habilidades de diseño, construcción, pruebas y resolución de problemas en sistemas neumáticos.

5.2. Seguridad en el laboratorio

El Departamento de Mecánica tiene como principal propósito la realización de investigaciones y actividades prácticas, las cuales se llevan a cabo en los laboratorios de la universidad. En estos espacios de trabajo se pueden generar riesgos significativos que podrían comprometer la integridad de las personas que usen los equipos. Por tanto, es esencial estar al tanto de estos riesgos y tomar medidas preventivas adecuadas.

5.2.1. Normas generales:

- Usar equipo de protección personal adecuado, como gafas de seguridad, guantes y bata de laboratorio.
- Seguir las instrucciones de seguridad proporcionadas por el profesor o responsable del laboratorio.
- Mantener el área de trabajo ordenada y limpia en todo momento.
- No comer, beber ni fumar dentro del laboratorio.
- Familiarizarse con la ubicación de los extintores de incendios, las salidas de emergencia y otros equipos de seguridad.
- No manipular equipos o instrumentos sin autorización o capacitación previa.
- Evitar el uso de joyas sueltas o ropa holgada que pueda quedar atrapada en la maquinaria.
- No correr ni jugar dentro del laboratorio.
- Utilizar las herramientas y equipos de manera adecuada y según las especificaciones del fabricante.
- Reportar cualquier accidente, incidente o mal funcionamiento del equipo al profesor o responsable del laboratorio de inmediato.
- No obstruir pasillos, salidas de emergencia o equipos de ventilación.
- No realizar experimentos o manipulaciones que no estén autorizados por el profesor o responsable del laboratorio.
- Apagar y desconectar los equipos correctamente al finalizar la sesión de trabajo.

5.2.2. Normas específicas:

- Mantener las conexiones de aire comprimido en buen estado y libres de fugas.
- Verificar que los reguladores de presión estén ajustados a los valores recomendados para cada experimento.
- Utilizar solo herramientas y equipos diseñados específicamente para sistemas neumáticos.
- Inspeccionar regularmente las mangueras y accesorios neumáticos en busca de daños o desgaste.
- No exceder la presión máxima de trabajo especificada para los componentes neumáticos.
- No obstruir o bloquear las salidas de aire de los equipos neumáticos.
- No manipular válvulas o controles neumáticos de manera brusca o inapropiada.
- Mantener una distancia segura al manipular cilindros neumáticos en movimiento.
- Familiarizarse con el funcionamiento y la ubicación de los sistemas de seguridad, como los dispositivos de desconexión rápida.
- No conectar o desconectar componentes neumáticos mientras el sistema esté bajo presión.
- Verificar la calidad del aire comprimido y drenar los condensados según sea necesario.
- No utilizar herramientas o equipos neumáticos con partes rotas o dañadas.
- No permitir que objetos extraños entren en los sistemas neumáticos.

- Seguir estrictamente las instrucciones de operación y seguridad proporcionadas por el profesor o responsable del laboratorio.

5.3. Mantenimiento en el laboratorio

El mantenimiento en un laboratorio de neumática es crucial para garantizar que todos los equipos y sistemas estén en las mejores condiciones de trabajo. Esto implica realizar tareas regulares de inspección, limpieza, calibración y reparación de equipos, herramientas y componentes neumáticos. El objetivo principal del mantenimiento es prolongar la vida útil de los equipos, prevenir averías y garantizar la seguridad de los estudiantes y el personal. Además, el mantenimiento adecuado contribuye a mantener la precisión de los resultados de las prácticas.

5.3.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una piedra angular en la gestión de la operatividad y la vida útil de los equipos en cualquier entorno técnico, incluyendo laboratorios de neumática.

En términos técnicos, el mantenimiento preventivo implica una serie de actividades planificadas y sistematizadas destinadas a minimizar fallas inesperadas y mantener la funcionalidad óptima de los activos. Este tipo de mantenimiento se basa en la anticipación y prevención de problemas potenciales a través de la inspección regular, el mantenimiento programado y la sustitución planificada de componentes, y se centran en identificar y corregir problemas antes de que se conviertan en fallas mayores

Las actividades básicas del mantenimiento preventivo en un laboratorio de neumática incluyen:

- **Inspecciones regulares:** Realizar inspecciones visuales y funcionales periódicas en todos los equipos y sistemas neumáticos para identificar signos de desgaste, daños o mal funcionamiento.
- **Limpieza:** Mantener limpios todos los componentes y sistemas neumáticos para prevenir la acumulación de suciedad, polvo y otros contaminantes que puedan afectar su funcionamiento.
- **Calibración:** Verificar y ajustar regularmente la calibración de los instrumentos de medición y control para garantizar mediciones precisas y resultados confiables.
- **Pruebas de funcionamiento:** Realizar pruebas de funcionamiento periódicas en los sistemas neumáticos para asegurar que operen correctamente y detectar cualquier anomalía o problema potencial.
- **Reemplazo de piezas desgastadas:** Sustituir regularmente las piezas y componentes que se desgastan con el tiempo, como filtros, sellos, juntas y válvulas, según el programa de mantenimiento preventivo establecido.
- **Registro y documentación:** Mantener registros detallados de todas las actividades de mantenimiento preventivo, incluyendo fechas de servicio, acciones realizadas y cualquier problema detectado, para un seguimiento efectivo y una planificación adecuada.

5.4. Definición y objeto de estudio de la neumática

La Neumática es un Área de la Ingeniería de Fluidos, la cual es una aplicación de la Mecánica de Fluidos, siendo ésta a su vez una rama de la Física Mecánica Clásica. Es importante resaltar que la Mecánica de Fluidos se fundamenta en La Hipótesis del Medio Continuo; la cual sostiene que el fluido es continuo a lo largo del espacio que ocupa, lo que permite desprestigiar las discontinuidades asociadas a la estructura molecular del fluido. Esta hipótesis considera que las propiedades del fluido; como son la densidad y la temperatura entre otras, son continuas. Esta Área de la Ingeniería estudia el movimiento del aire, considerándolo un medio continuo y el cual es empleado para poner en marcha diversos mecanismos, ya que ciertos atributos de este recurso lo transforman en una herramienta beneficiosa para los procesos de fabricación y producción. En los sistemas neumáticos se utiliza el aire comprimido con alta acumulación de energía comprimida; para convertirlo en trabajo mecánico al realizar un avance, regulación, control o medición de acuerdo a (Solé, 2011)^[21].

5.4.1. Ventajas de la Neumática

En el amplio mundo de la ingeniería, la Neumática destaca como una opción sobresaliente, ofreciendo múltiples ventajas que promueven eficiencia y seguridad en el entorno industrial.

Estas son algunas de las características claves que hacen de los sistemas neumáticos una elección adecuada en diversos equipos:

- Se utiliza aire, un recurso que se encuentra ampliamente disponible en la atmósfera terrestre en cantidades prácticamente ilimitadas, garantizando un suministro constante y económico para su funcionamiento.
- Los componentes neumáticos son diseñados para soportar sobrecargas, evitando situaciones peligrosas y daños en los equipos.
- El aire comprimido puede almacenarse en recipientes especialmente diseñados para este fin. Su capacidad de almacenarse de manera sencilla y segura permite ser usado en una amplia variedad de aplicaciones industriales.
- Los sistemas neumáticos están diseñados para operar en condiciones de temperaturas elevadas, demostrando un rendimiento óptimo incluso en condiciones extremas.
- Además de la portabilidad de los dispositivos y equipos neumáticos, el aire comprimido es de fácil transporte incluso en largas distancias. A través de sistemas de tuberías y mangueras diseñadas para resistir la presión del aire, demostrando ser versátil y práctico en diversas aplicaciones.
- Como el aire carece de características explosivas, la seguridad de los sistemas neumáticos es una cualidad básica y natural de su diseño, sin necesidad de añadir elementos externos de seguridad.
- Los componentes neumáticos cuentan con alta velocidad de operación y se ajustan con facilidad.

5.4.2. Desventajas de la Neumática

Como cualquier tecnología, la Neumática también presenta desventajas que se deben tener en cuenta en su implementación. A continuación, se presentan algunas de las limitantes para tener una mayor percepción de las consideraciones al usar sistemas neumáticos:

- Altos niveles de ruido en la planta y más aún en la descarga de aire a la atmósfera.
- Los sistemas neumáticos en circuitos muy extensos pueden presentar pérdidas de presión.
- Limitaciones de fuerza en los elementos finales de control.

5.4.3. El aire comprimido y los equipos asociados a su mantenimiento

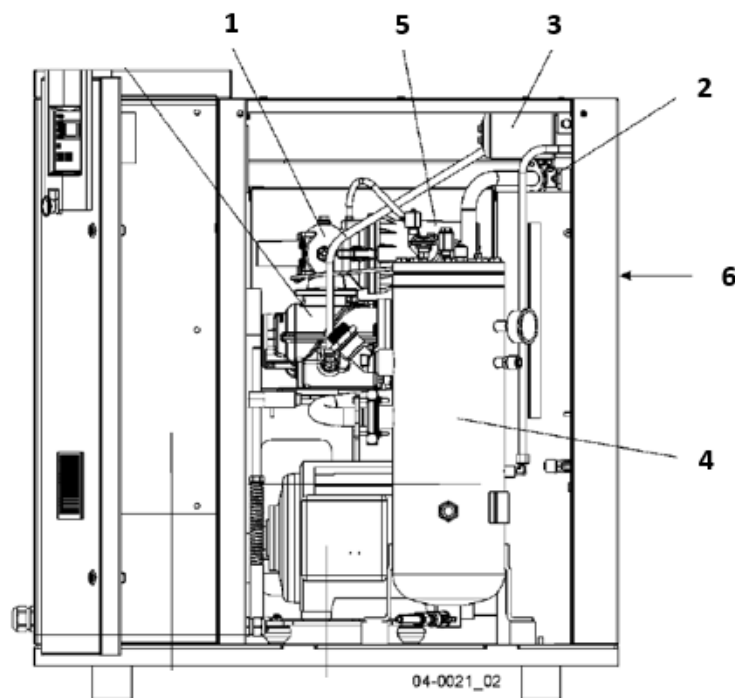
El aire comprimido es el mismo aire atmosférico compuesto principalmente por nitrógeno y oxígeno, junto con trazos de otros gases y vapor de agua, que se somete a compresión para aumentar su presión y densidad.

Las impurezas en forma de partículas son la principal causa de averías en los sistemas neumáticos, por ende, el aire atmosférico pasa a través de ciertos elementos necesarios para la generación y preparación del aire como lo son: compresor, depósito de aire, filtros, enfriador, acumulador de agua, secadores, regulador de presión, etc. El aire que no se trata de la manera adecuada se manifiesta en forma de fallos y averías en los sistemas neumáticos.

En la Institución Universitaria Pascual Bravo, el sistema de aire comprimido está compuesto por un compresor y una serie de componentes integrados que garantizan su generación, preparación y distribución eficientes.

El compresor, ubicado en la parte exterior del bloque 17 de la universidad, es el componente principal del sistema neumático y cuenta con una serie de componentes para su funcionamiento óptimo. Entre estos dispositivos se encuentran:

Figura 2 Diagrama del compresor Kaeser SM 15T de la I.U. Pascual Bravo.



Fuente: Adaptada del manual de servicio del compresor Kaeser SM 15T.

Comentario de la figura 2: A continuación, se describen las partes enumeradas:

- 1- **Válvula de admisión:** Es la encargada de regular el flujo de aire hacia el compresor, de tal manera que su entrada sea controlada.

- 2- **Válvula cheque de mínima presión:** Garantiza que la presión mínima requerida para el funcionamiento del compresor se mantenga constante.

- 3- **Filtro de aceite:** Responsable de retener las impurezas y partículas presentes en el aceite del compresor, garantizando su limpieza y prolongando la vida útil del equipo.

- 4- **Tanque separador de aceite:** Dispositivo que separa el aceite del aire comprimido, asegurando la calidad del aire generado.

- 5- **Filtro de aire:** Elimina las impurezas presentes en el aire atmosférico antes de su compresión, evitando la contaminación del sistema y garantizando la calidad del aire comprimido.

- 6- **Intercambiador y postenfriador:** Componentes encargados de enfriar el aire comprimido después de la compresión, reduciendo su temperatura y condensando el vapor de agua presente en el aire.

5.5. COMPRESOR

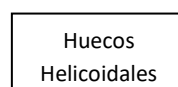
Dispositivo mecánico central de un sistema neumático creado para elevar la presión de un gas, específicamente, el aire. Su tarea principal es tomar el aire a presión atmosférica y reducir su volumen lo cual hace que aumente su presión. Este proceso resulta en la generación del aire comprimido.

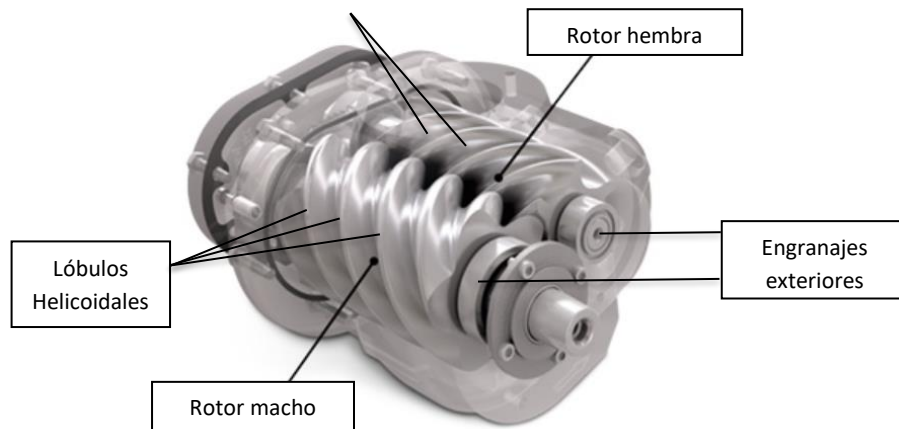
5.5.1. Compresor de doble tornillo

En la Institución Universitaria Pascual Bravo, se cuenta con un compresor Kaeser SM 15T rotativo de doble tornillo. Este tipo de compresor pertenece a los compresores rotativos. Los compresores rotativos de doble tornillo funcionan bajo el principio de desplazamiento variable, que consiste en la variación del volumen de aire en un espacio cerrado mediante el movimiento de dos tornillos helicoidales que operan en direcciones opuestas dentro de una carcasa, como se puede observar en la figura 4. A medida que los tornillos giran, atrapan aire entre ellos y lo comprimen progresivamente, resultando en un flujo continuo y eficiente de aire comprimido sin la necesidad de válvulas de succión y descarga, simplificando su diseño y disminuyendo el mantenimiento.

De acuerdo a (Toapanta Cunalata, 2010)^[22], Este compresor se convierte en un valioso recurso educativo ya que este tipo de compresor asegura un funcionamiento silencioso y poca vibración ideales para entornos de enseñanza y estabilidad operativa.

Figura 3 *Bloque Helicoidal de dos rotores Kaeser SIGMA.*





Fuente: adaptado de (Ghiglia, 2022)^[7]

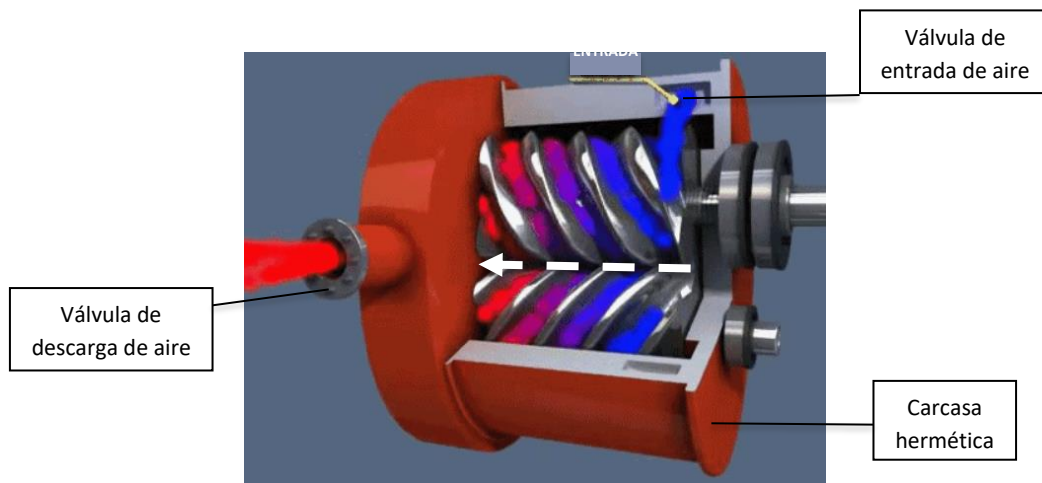
5.5.2. Principio de funcionamiento del compresor de doble tornillo helicoidal

Un compresor de tornillo helicoidal consta de dos rotores, uno macho y otro hembra, que están alojados en una carcasa hermética. El rotor macho tiene lóbulos helicoidales, mientras que el rotor hembra tiene huecos helicoidales que encajan con los lóbulos del rotor macho. El proceso comienza cuando el compresor se enciende, el aire es aspirado a través de una válvula de apertura y se introduce en la cámara del compresor iniciando su desplazamiento axial en los espacios entre los rotores. Al girar, los rotores atrapan el aire y lo llevan a lo largo de su longitud, reduciendo gradualmente el volumen de los espacios y comprimiendo el aire en el proceso.

En este tipo de compresor se descarta la lubricación de los rotores ya que existe un juego entre estos por lo que la sincronización de giro se hace a través de engranajes exteriores. Una vez

que el aire está completamente comprimido, se encuentra con la válvula de descarga y es expulsado del compresor.

Figura 4 *Esquema de funcionamiento de compresor de tornillo helicoidal*



Fuente: adaptado de (Occidente, 2023)^[16]

5.6. Almacenamiento de aire (depósito)

El tanque pulmón, también conocido como tanque de almacenamiento de aire comprimido, es un recurso importante en los sistemas neumáticos al actuar como un reservorio para el almacenamiento temporal de aire comprimido. Además de contar con la capacidad de mantener la presión del aire más constante en el sistema neumático, el tanque pulmón también cumple un importante papel en la separación del vapor de agua (condensado) del aire comprimido, ayudando así a mantener una calidad óptima de aire en el sistema.

Es importante realizar un mantenimiento preventivo del tanque para asegurar su buen desempeño y durabilidad. Este plan de mantenimiento involucra una rigurosa inspección periódica para la detección de posibles fugas, la integridad de la estructura del tanque, realizarle una correcta limpieza y drenaje del condensado, y si es necesario, lubricar y ajustar correctamente las válvulas.

En la Institución Universitaria Pascual Bravo, se utiliza un tanque pulmón de la marca OKS Otto Klein GmbH (figura 5). Este tanque está diseñado para una presión máxima de trabajo de 11 bar, capacidad de 500L y cuenta con un revestimiento de galvanizado en caliente tanto en su interior como en su exterior. El galvanizado en caliente proporciona una protección superior contra la corrosión, lo que prolonga la vida útil del tanque. Adicional a lo anterior, el tanque trae integrado un manómetro, una válvula de bola, una válvula de seguridad y una abertura para el acceso al interior del tanque, la cual facilita el mantenimiento.

Figura 5 Tanque de almacenamiento de aire comprimido de la marca OKS Otto Klein GmbH.



Fuente: <https://www.duijndam-machines.com/es/maquinas/2669/oks-tanque-de-1-000-litros-de-aire-vertical/>

5.7.UNIDAD DE MANTENIMIENTO

Es un conjunto de componentes encargados de acondicionar el aire comprimido de un compresor (opera después del compresor), lo cual es esencial para prolongar la vida útil de los componentes conectados y para asegurar un rendimiento fiable y seguro en las operaciones. Además, permite reducir el desgaste y prevenir fallos prematuros en los sistemas neumáticos, A continuación, se describen las funciones de una unidad de mantenimiento:

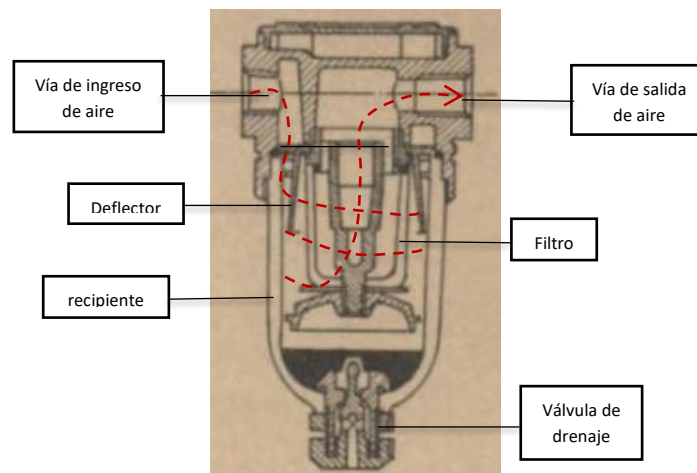
Funcionamiento de la unidad filtrante: esta unidad purifica el aire de partículas como polvo, residuos de las tuberías, aceite solidificado y vapor de agua presente en la atmósfera. Este proceso de filtrado tiene como objetivo prevenir el desgaste acelerado, evitar malos funcionamientos y prevenir obstrucciones en la línea de aire.

El aire comprimido ingresa a la unidad de filtro a través de la vía de ingreso de aire, justo después de la entrada hay un dispositivo llamado deflector que ayuda a distribuir las partículas más grandes hacia las paredes del recipiente, este elemento existe para mitigarle el trabajo al elemento filtrante principal.

Este filtro principal normalmente está hecho de material sinterizado o de fibras sintéticas, y cuenta con unas mallas de diversos calibres desde el grueso hasta el ultra fino, las cuales atrapan hasta las partículas más pequeñas. Esta unidad también cuenta con un recipiente donde se depositan las partículas en la parte inferior, muchos sistemas incluyen una válvula de drenaje que

puede ser manual o automática. Luego de que el aire pase por este proceso, una vez limpio y seco, es dirigido hacia la vía de salida de aire filtrado.

Figura 6 *Unidad de filtro.*



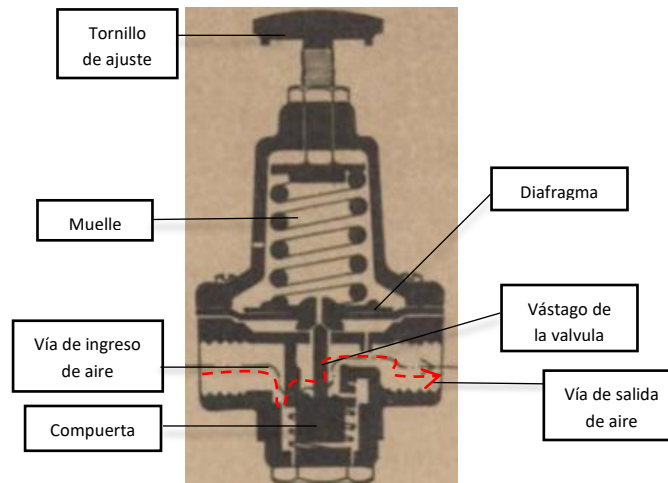
Fuente: adaptado de (Salvador, 1993)^[20].

Funcionamiento de la unidad reguladora: la unidad reguladora de presión en una unidad de mantenimiento neumática asegura un suministro constante de aire comprimido a la presión deseada.

El aire ingresa a la unidad a través de la vía de entrada, donde posteriormente se encuentra con un diafragma conectado a un muelle ajustable. Este diafragma responde a las variaciones de presión en la cámara de salida, ajustando el área para regular el paso del aire y mantener una presión constante. El muelle es ajustable mediante un tornillo o pomo permitiendo establecer la presión de salida deseada.

Un manómetro integrado facilita la visualización y ajuste preciso de la presión. Finalmente, el aire regulado y a la presión establecida sale de la unidad a través de la vía de salida de aire.

Figura 7 *Unidad reguladora.*



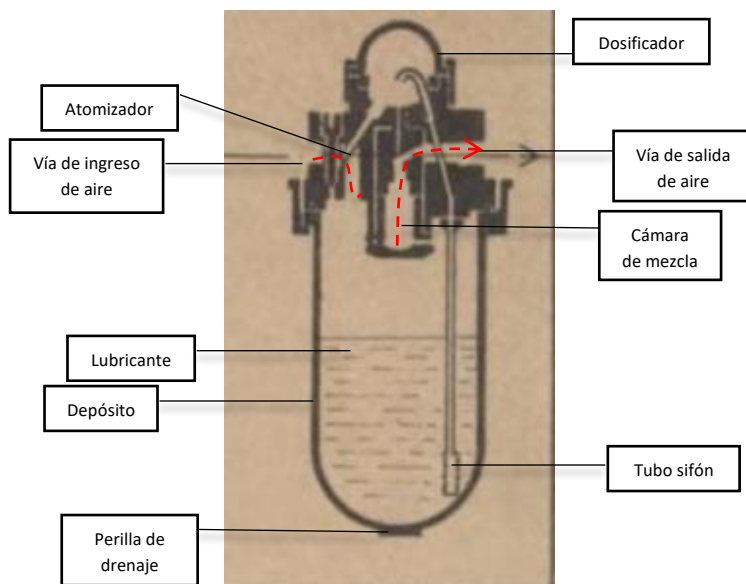
Fuente: adaptado de (Salvador, 1993)^[20].

Funcionamiento de la unidad lubricadora: el aire comprimido ingresa a la unidad lubricadora donde un tubo sifón está sumergido en un depósito de lubricante, de tal forma que el aire crea una presión diferencial que arrastra el lubricante hacia arriba por el tubo de sifón.

El lubricante llega hasta el nebulizador donde es atomizado en pequeñas gotas regulables gracias a una perilla o tornillo regulable de flujo de lubricante, en este proceso de atomización se crea una niebla fina de lubricante que se mezcla con el aire comprimido dentro de la cámara de mezcla. El aire comprimido mezclado con la niebla de lubricante sale de la unidad lubricadora a través de la vía de salida de aire lubricado. Este aire lubricado se dirige a los componentes neumáticos, proporcionando la lubricación necesaria para su correcto funcionamiento.

Algunas unidades lubricadoras cuentan con un visor de flujo para verificar la cantidad de lubricante introducido en el flujo de aire, también cuentan con un visor para verificar la cantidad de lubricante en el depósito y con una válvula de drenaje para vaciar el lubricante y limpiar el depósito.

Figura 8 *Unidad lubricadora.*



Fuente: adaptado de (Salvador, 1993)^[20].

Figura 9 *Símbolo de unidad de mantenimiento neumática.*



Fuente: Propia.

Unidad de filtro. En la universidad se cuenta con una unidad de mantenimiento F16KE de Kaeser que actúa como unidad filtrante, ubicada después de la línea de salida de aire del compresor. Este es un elemento esencial para la generación de aire comprimido, con niveles de pureza que cumplen con los estándares establecidos por la norma ISO 8573-1, y con una mínima caída de presión. Su diseño de mantenimiento sencillo facilita la apertura y cierre de la carcasa sin errores, así como el reemplazo rápido y limpio del elemento filtrante.

Figura 10 *Unidad de mantenimiento - Filtro de línea F16KE de Kaeser.*

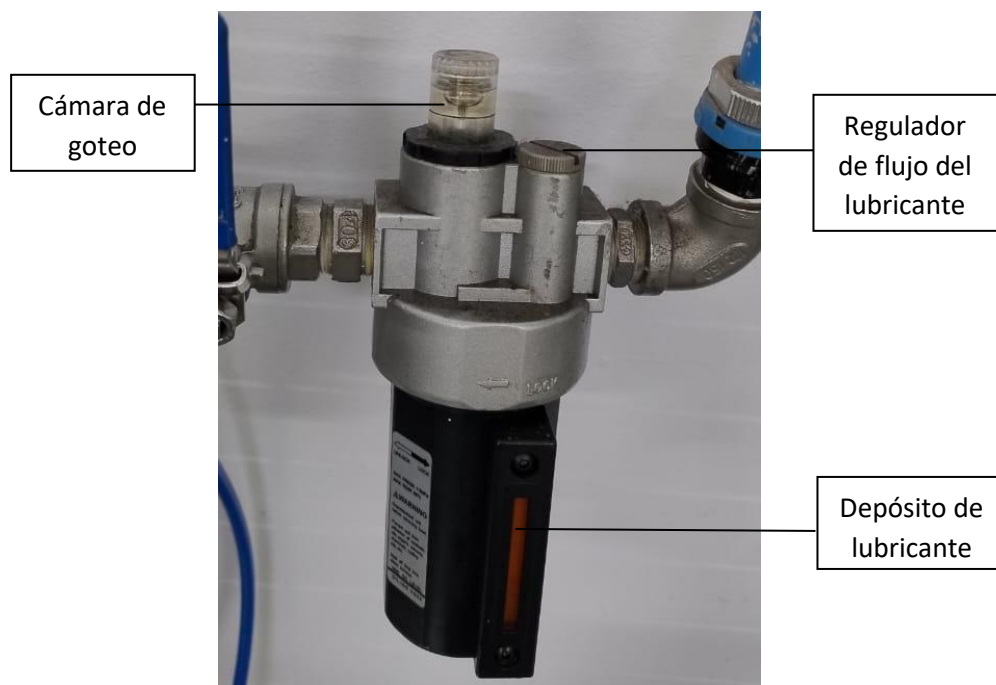


Fuente: propia.

Unidad lubricadora. La unidad de mantenimiento MAL401 de MINDMAN que actúa como unidad lubricadora, juega un papel crucial en el sistema de aire comprimido del laboratorio de neumática de la Institución. En la red de aire comprimido esta se sitúa en un punto clave,

específicamente antes de del banco de neumática básica. Donde, a través de una manguera conectada, suministra el aire comprimido a las 2 unidades de mantenimiento FR de MICRO con las que cuenta el banco neumático, su función principal es garantizar un suministro adecuado de lubricación a los componentes neumáticos que requieren de este recurso para un funcionamiento óptimo.

Figura 11 *Unidad de mantenimiento - Lubricador de línea MAL401 de MINDMAN.*

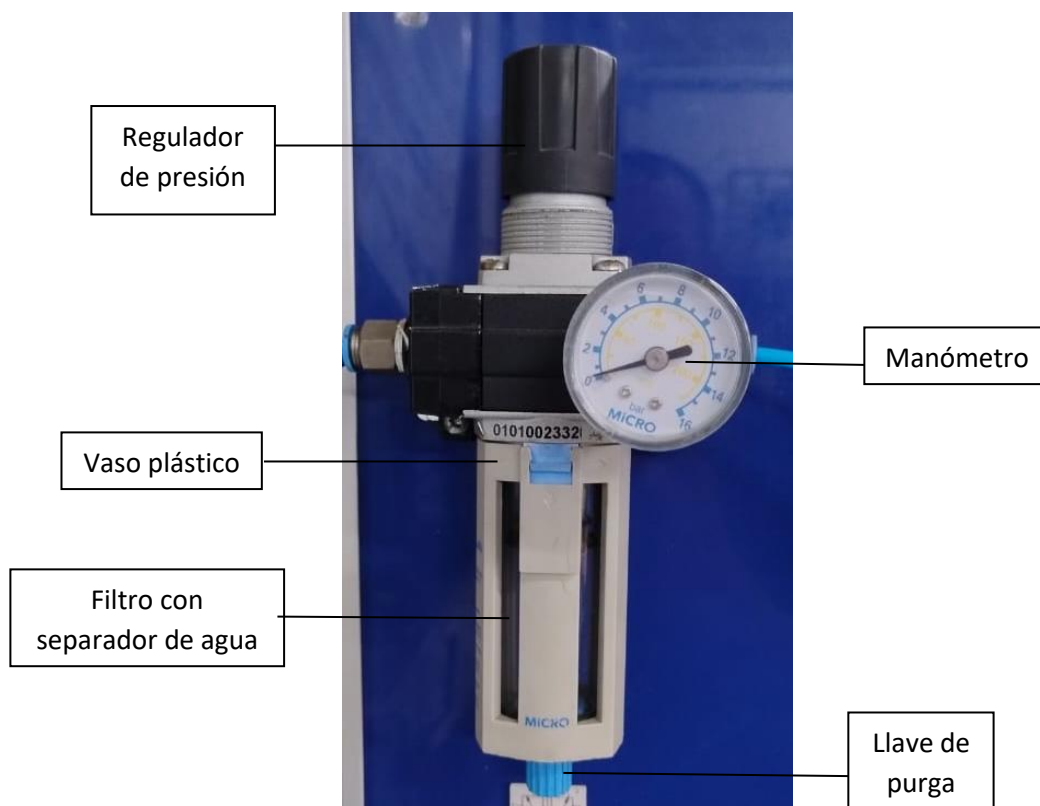


Fuente: propia.

Unidad de filtro y regulación. El banco didáctico neumático del laboratorio de neumática se divide en dos módulos: el 4663-8 y el 4663-9. Cada uno de estos módulos está equipado con una unidad FR (Filtro y Regulador) de la marca MICRO. Este dispositivo es esencial para el control del flujo de aire comprimido en el sistema neumático del banco didáctico.

La unidad FR permiten filtrar las impurezas presentes en el aire comprimido, garantizando así un suministro de aire limpio y libre de contaminantes, también condensa el agua en la parte inferior del vaso plástico que posteriormente puede ser drenada abriendo la llave de purga. Además, por medio de un regulador se regula la presión del aire para mantenerla constante y controlada a través de un manómetro de \varnothing 40 mm, lo que es fundamental para un funcionamiento óptimo de los actuadores neumáticos y otros componentes del sistema, esta unidad cuenta con una presión de trabajo de 0 a 10 bar.

Figura 12 Unidad FR de MICRO del banco didáctico neumático.

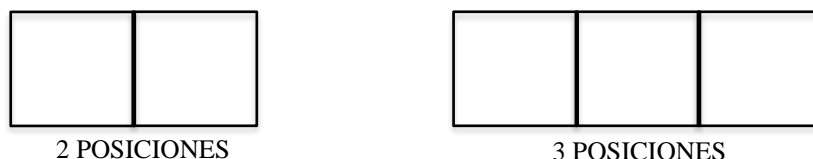


Fuente: propia.

5.8. VÁLVULAS

Las válvulas neumáticas son componentes esenciales en un sistema neumático, son las encargadas de gestionar y modificar las conexiones entre los conductores que están conectados a ellas. Estas válvulas actúan como interruptores controlados por señales neumáticas para dar paso, dirigir o detener el flujo de aire en el circuito. El símbolo presente en las válvulas nos revela la cantidad de conexiones, la posición de conmutación (pueden ser de dos o tres posiciones (Fig.3)), estado de la válvula (N.C: normalmente cerrada o, N.A: normalmente abierta) y tipo de accionamiento.

Figura 13 Posiciones de una válvula.



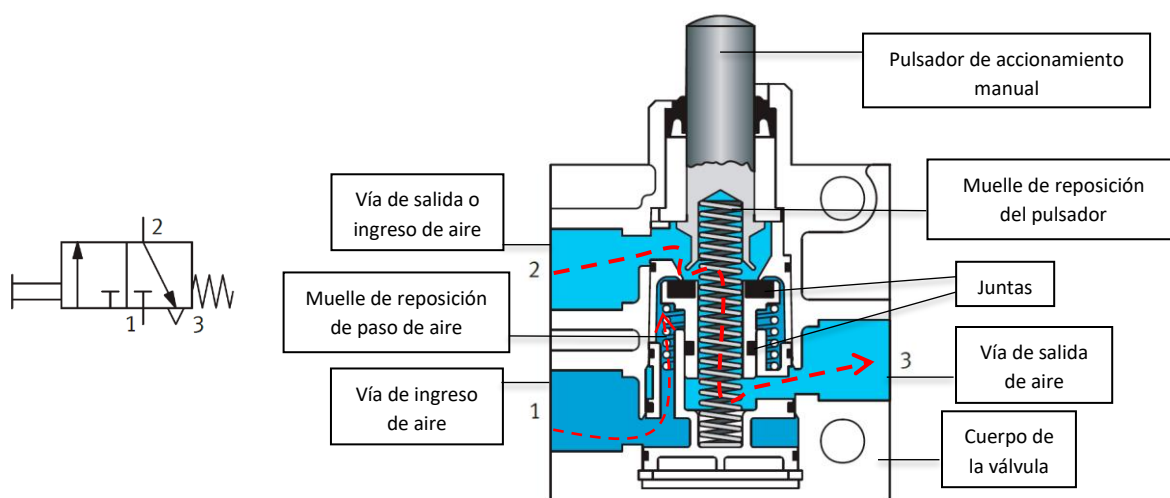
Fuente: Elaboración propia.

5.8.1. Válvula de 3/2 vías

Una válvula de 3/2 vías consta de 3 vías y 2 posiciones, y su símbolo la representa en su posición estándar. Cuando se especifica como normalmente cerrada (N.C.). Su símbolo la representa en su posición estándar, con la capacidad de cambiar de estado cuando se activa mediante un pulsador de accionamiento manual, el cual está representado en el diagrama del elemento. Este pulsador, al ser presionado, permite la apertura de la válvula, lo que facilita el flujo

de aire a través de la vía de ingreso de aire (1), y la conexión con la vía de ingreso o salida de aire (2) relacionada con el actuador cuando se deja de oprimir el pulsador, el muelle de reposición impide el paso de aire desde la vía (1) y se habilita el paso desde la conexión con la vía de ingreso o salida de aire (2) hacia la vía de descarga de aire a la atmosfera (3). Además, el muelle de reposición de paso de aire contribuye a mantener la estabilidad del flujo de aire al asegurar que la válvula se cierre correctamente cuando se libera el pulsador.

Figura 14 Válvula 3/2 N.C., accionamiento manual de pulsador y reposición por muelle.



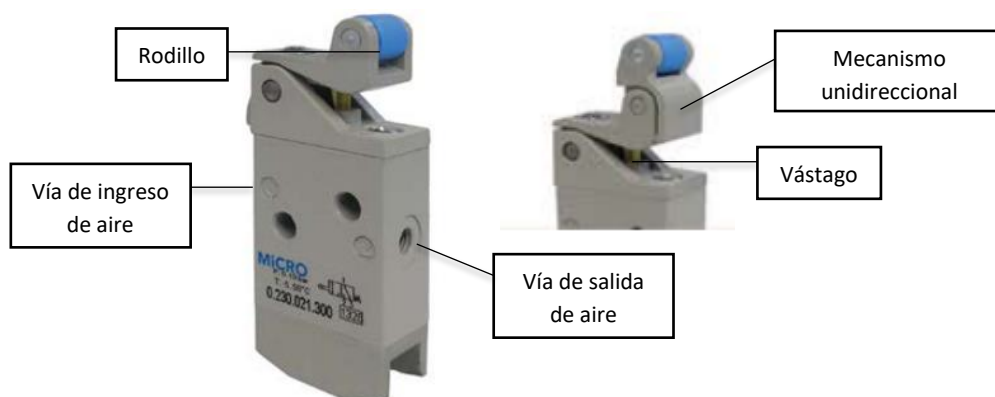
Fuente: adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

En el laboratorio de neumática básica, además de las válvulas 3/2 N.C. o N.A, se cuenta con una variedad de válvulas 3/2 de diferentes métodos de actuación y control. Estas válvulas son fundamentales para realizar prácticas. Entre las válvulas del inventario se encuentran:

Válvula de rodillo bidireccional y por rodillo unidireccional (inicio y/o final de carrera): El principio de funcionamiento de estas válvulas se basa en el movimiento del rodillo que, al ser accionado por un actuador mecánico como un cilindro neumático, desplaza un émbolo interno. Este desplazamiento abre o cierra las vías de paso del aire, habilitando o bloqueando el flujo según la posición del rodillo. Cuando el rodillo no está presionado, un resorte interno hace retroceder el émbolo a su posición original, cerrando la válvula y deteniendo el paso del aire.

El mantenimiento de esta válvula es crucial para asegurar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. En particular, el rodillo es una parte que está en constante movimiento y contacto con otros componentes, es propenso a desgastarse y a la acumulación de suciedad. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, puede presentar problemas como el bloqueo del rodillo, fugas de aire, o retraso en la respuesta del actuador.

Figura 15 *Válvula de rodillo.*



Fuente: adaptado de (AUTOMATIZACIÓN, 2023)^[2].

Válvula de pulsador: Estas válvulas están equipadas con un botón pulsador que, al ser presionado, permite la apertura de la válvula y el flujo de aire.

Válvula de perilla con enclavamiento: Estas válvulas cuentan con una perilla que se puede girar para activar la válvula, y una vez girada, queda enclavada en su posición, manteniendo así la válvula abierta o cerrada según sea necesario.

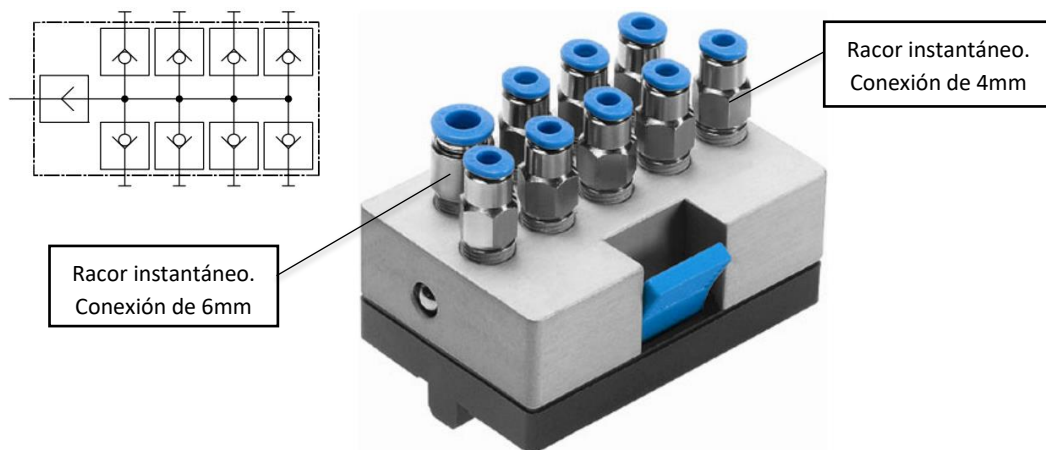
Válvula de mando a palanca: Estas válvulas cuentan con una palanca que se puede accionar manualmente para abrir o cerrar la válvula.

5.8.2. Bloque de distribución

El bloque de distribución neumático está diseñado para distribuir el aire comprimido desde una conexión común a múltiples salidas individuales.

La entrada de aire comprimido se realiza a través de una conexión común para un tubo de 6 mm de diámetro exterior. Internamente, el aire se canaliza a través de ocho válvulas antirretorno autoajustables, que permiten el flujo en una sola dirección hacia las 8 conexiones individuales para tubos de 4 mm de diámetro exterior, impidiendo el retroceso del aire. Los racores instantáneos facilitan la conexión y desconexión de las mangueras, asegurando una instalación y mantenimiento sencillos. Este diseño garantiza una distribución eficiente y fiable del aire comprimido a diversos componentes neumáticos.

Figura 16 *Bloque de distribución.*

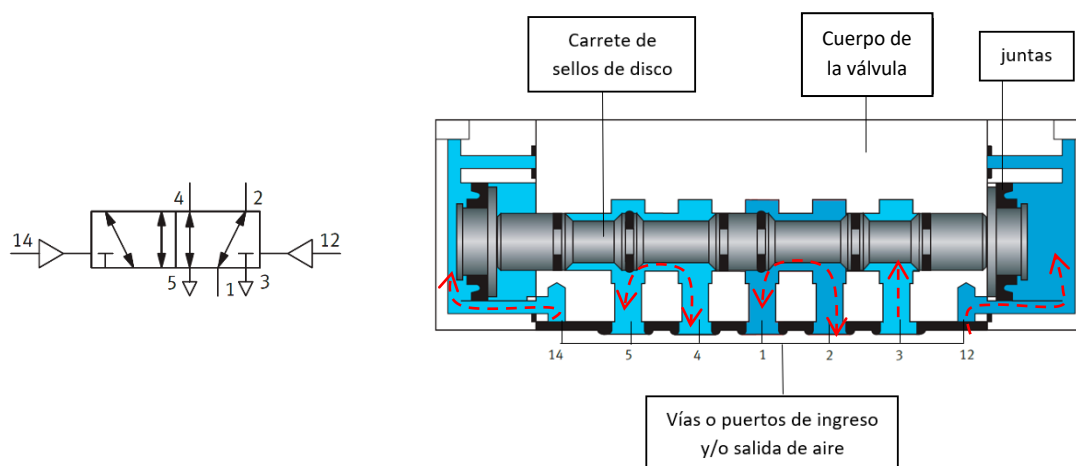


Fuente: adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.8.3. Válvula de 5/2 vías

Una válvula de 5/2 vías tiene 5 conexiones y 2 posiciones. Para activar su cambio de posición, basta con proporcionarle aire comprimido a una de las conexiones de mando (12 o 14); el émbolo de la válvula se desplaza hacia un lado y se mantiene en esa posición gracias a la presión de aire aplicada. La válvula se mantiene en esta posición si se le deja de aplicar aire comprimido, por esto también se le conoce como válvula de memoria. El émbolo se devuelve a la otra posición cuando se suministra aire en el lado opuesto.

Figura 17 *Válvula de 5/2 vías biestable*



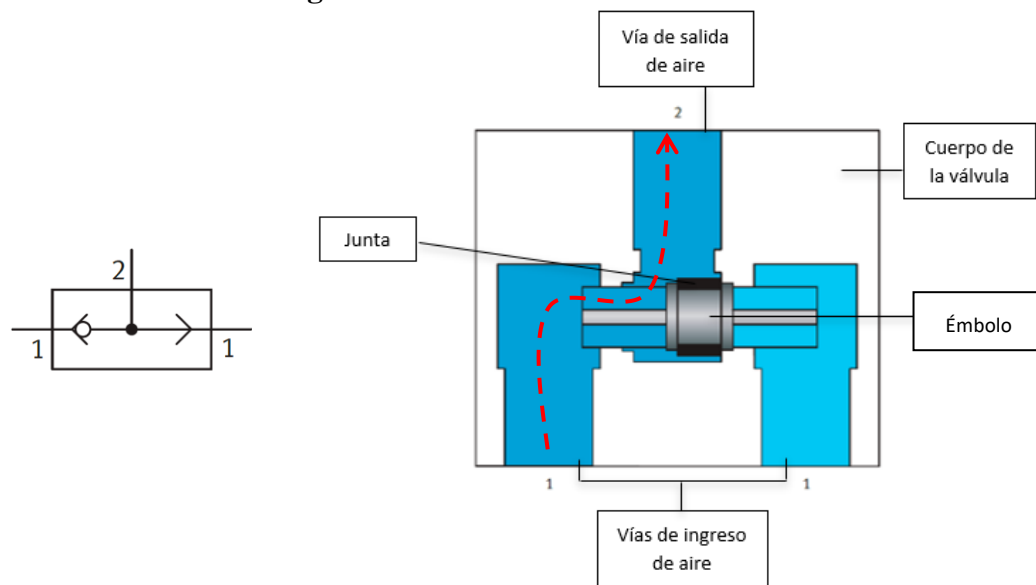
Fuente: Elaboración propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.8.4. Válvula selectora

Es un dispositivo que posibilita la conducción de dos corrientes de aire provenientes de tuberías separadas hacia una tubería común, evitando cualquier interferencia entre ellas.

La válvula selectora se emplea para establecer un vínculo lógico en O. Al ejercer presión de aire en una de las dos entradas (1), ya sea en la de la izquierda o derecha, Cuando se activa la válvula selectora, el émbolo se mueve para abrir una de las dos entradas de aire mientras simultáneamente cierra la otra. Este movimiento se realiza de manera que las juntas aseguren que no haya pérdidas de aire. Así, el flujo de aire se dirige desde la entrada seleccionada hacia la vía de salida de aire.

Figura 18 *Válvula selectora*



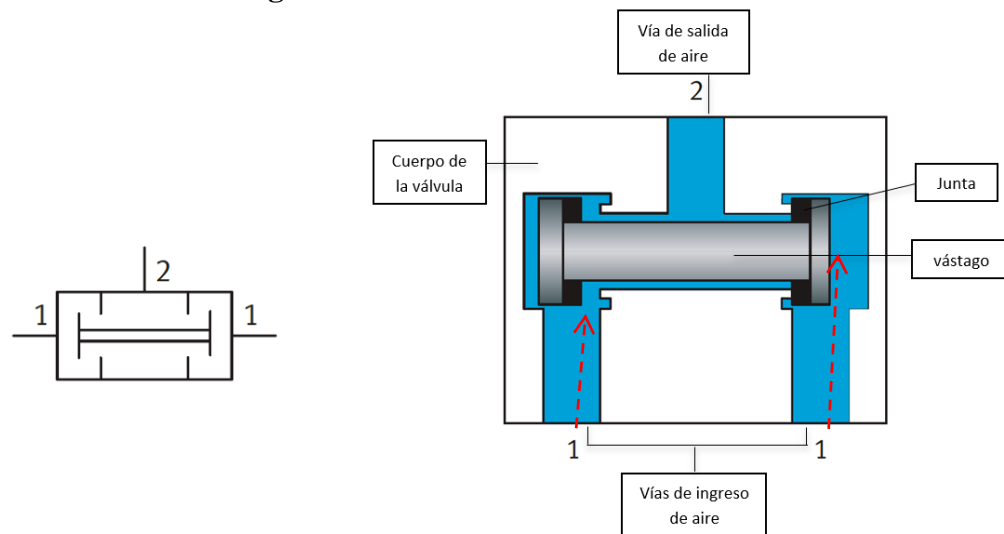
Fuente: Elaboración propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.8.5. Válvula de simultaneidad

La válvula de simultaneidad se emplea para establecer una conexión lógica en la operación Y. Al aplicar presión en ambas vías de ingreso de aire (1), se genera una señal en la vía de salida de aire (2), esto se debe ya que al interior de la válvula existe un mecanismo (vástagos) sensible a

la presión. La falta de suficiente aire comprimido en una entrada o la presencia de este en solo una de las entradas representará una ausencia de aire en la vía de salida de la válvula.

Figura 19 *Válvula de simultaneidad*



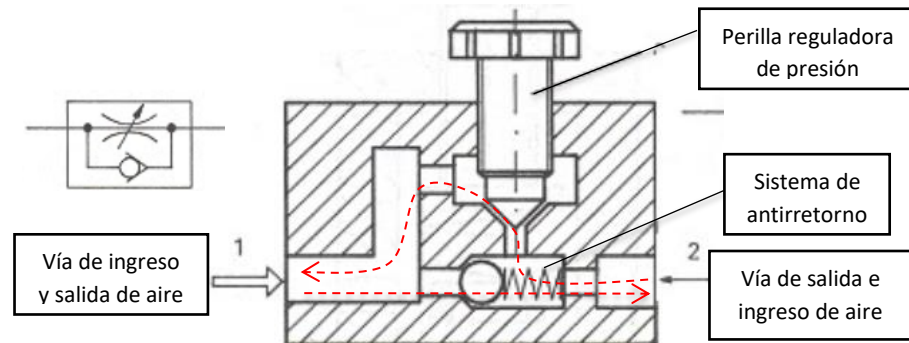
Fuente: Elaboración propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.8.6. Válvula reguladora con antirretorno

Una válvula reguladora de caudal unidireccional con antirretorno controla el flujo de aire en una dirección específica mientras evita el retroceso del flujo en la dirección opuesta. Funciona de la siguiente manera: el aire entra por la vía de ingreso y fluye directamente hacia la vía de salida sin ser regulado. Sin embargo, cuando cambia la dirección del aire y este retrocede desde la vía de salida hacia la vía de ingreso, el mecanismo antirretorno evita el retorno del aire hacia la vía de ingreso y fuerza al aire a dirigirse hacia la vía donde es regulado. La perilla reguladora permite ajustar manualmente el caudal deseado, el diafragma y el muelle de ajuste controlan la apertura de

la válvula según la presión del aire, asegurando así un flujo constante y controlado en la dirección deseada.

Figura 20 *Válvula reguladora*



Fuente: adaptada de (Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde, 2015)^[4]

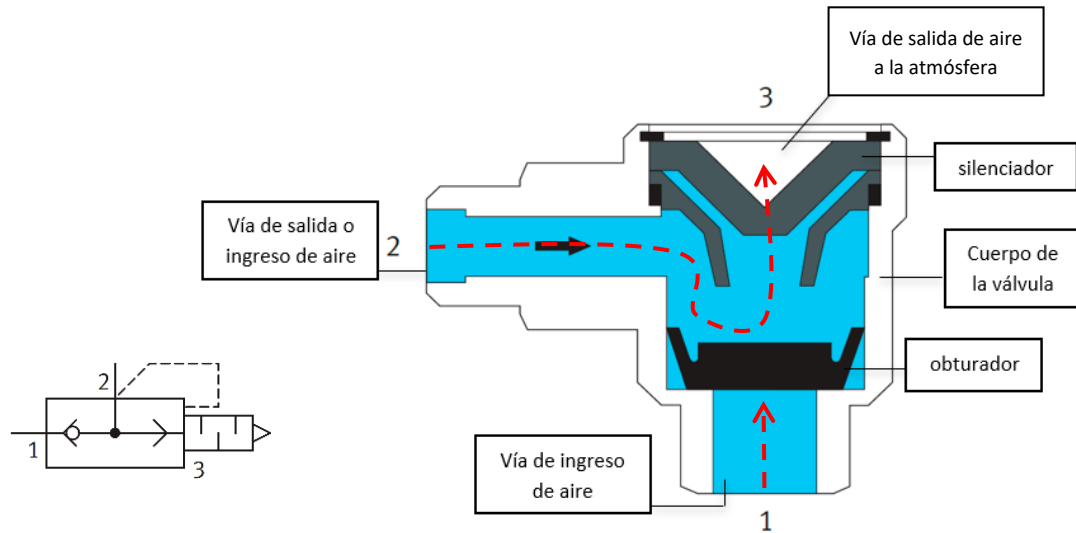
5.8.7. Válvula de escape rápido

Esta válvula posibilita alcanzar la velocidad máxima de los cilindros neumáticos al contar con 3 conexiones distintas. La vía de ingreso de aire (1) se destina a recibir el suministro de aire desde la válvula, la vía de salida o ingreso de aire (2) se conecta directamente al cilindro, y la vía de salida de aire a la atmosfera (3) se destina al escape, pudiendo incluir un dispositivo silenciador.

El aire comprimido se desplaza desde la válvula direccional hacia el cilindro, atravesando por la válvula de escape rápido. En esta condición, la salida de aire (3) se encuentra cerrada ya que el obturador es desplazado hacia arriba y tapona la salida de aire (3) cuando ingresa aire por la vía de ingreso (1) hacia la salida de aire (2).

Cuando el aire retorna del actuador por medio de la vía de ingreso de aire (2) el obturador es desplazado hacia abajo y tapona la vía (1), la dirección del flujo de aire de escape se efectúa por la vía de salida de aire a la atmosfera (3) pasando por el silenciador.

Figura 21 *Válvula de escape rápido.*



Fuente: adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

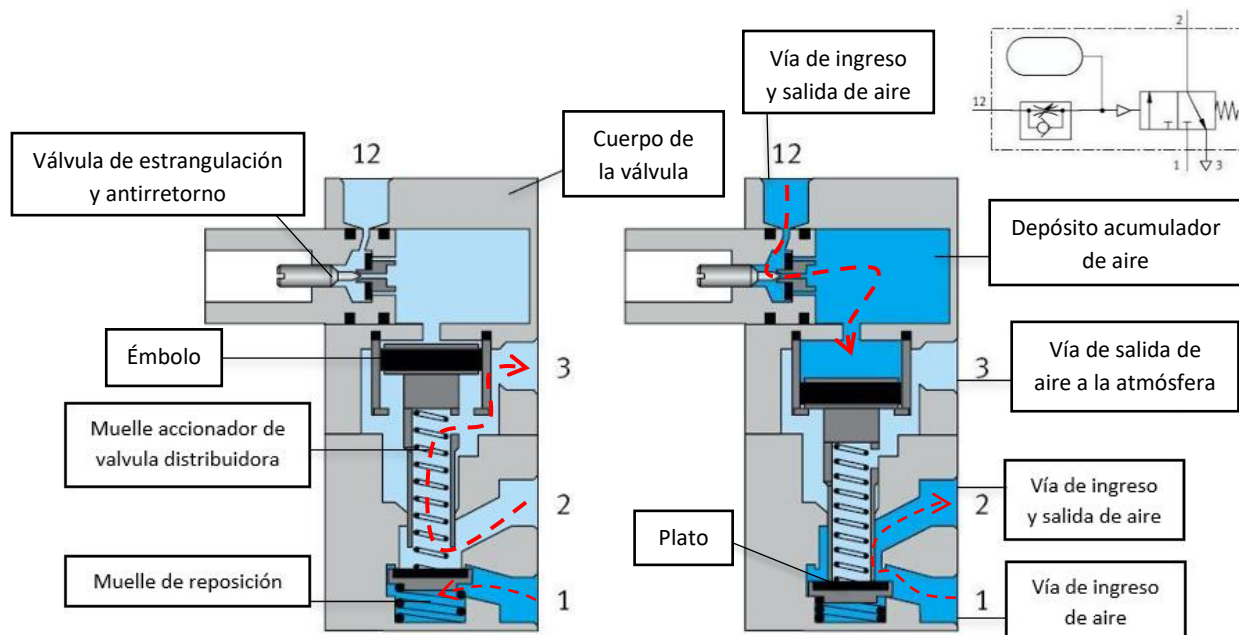
5.8.8. Válvula temporizadora

La regulación del tiempo se consigue al restringir el flujo del aire a presión que llega a través de la vía de ingreso y salida de aire (12) hacia el depósito acumulador de aire. Cuando la cantidad de aire introducido en el depósito genera la presión necesaria para vencer la resistencia del muelle accionador de la válvula distribuidora, esta se activa gracias al desplazamiento del émbolo hacia abajo que a su vez también desplaza el plato, posibilitando el paso del aire y estableciendo comunicación entre la vía de ingreso de aire (1) y la vía de ingreso o salida de aire (2).

En el momento de la descarga por la línea 12, el aire sale del acumulador a través del antirretorno sin estrangulación, lo que permite una conmutación ágil de la válvula distribuidora. El muelle de reposición de la válvula 3/2 se encarga de colocar el émbolo y el plato en sus respectivas posiciones normales, el aire que retorna desde el actuador por la vía de ingreso y salida de aire (2) es evacuado a la atmosfera por la vía de salida de aire (3) y la vía de ingreso de aire (1) queda bloqueada.

Esta válvula resulta de la combinación de una válvula de estrangulación con antirretorno, un depósito acumulador de aire a presión y una válvula distribuidora 3/2.

Figura 22 *Válvula temporizadora*



Fuente: adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.8.9. Válvula de no retorno

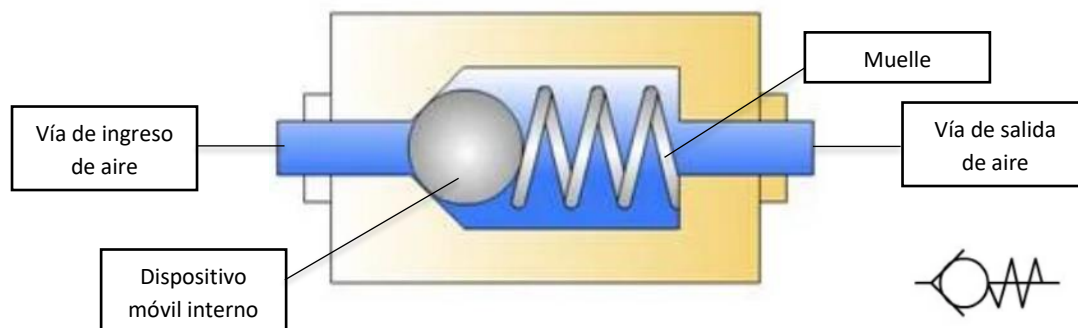
Se utiliza en sistemas neumáticos para permitir el paso del aire en una sola dirección y bloquearlo en la dirección contraria.

Cuando el aire ingresa por la vía de entrada de la válvula, la presión del aire empuja un dispositivo móvil interno que normalmente es un disco, una bola o un diafragma, hacia un asiento que permite que el aire fluya libremente a través de la válvula.

Cuando la dirección del flujo del aire cambia y este intenta ingresar por la vía de salida, la presión empuja el dispositivo móvil en dirección contraria, haciendo que este se asiente en la vía

de entrada de la válvula, impidiendo que el aire pase de regreso a través de la válvula hacia el puerto de entrada. También hay válvulas antirretorno, que posicionan el dispositivo móvil interno gracias a un muelle como se muestra a continuación.

Figura 23 *Válvula antirretorno*



Fuente: adaptado de (Najas, 2022)^[15].

5.8.10. Racores

El banco neumático cuenta con varios tipos de racores: rectos, ángulo de 45°, en L, pasamuros y en T. todos son de conexiones instantáneas que permiten realizar una conexión o desconexión a mano y sin herramientas, unos son de 4 mm y otros de 6mm.

Estos son fabricados en metal o plástico resistente, en un extremo el racor tiene una rosca ya sea interna o externa que permite su fijación a un puerto roscado en el componente neumático, el otro extremo está diseñado para realizar una conexión rápida de la manguera. Esta se inserta en el extremo que tiene la conexión rápida empujándola hasta que pase a través del anillo de bloqueo

y unas garras de sujeción sostienen la manguera al interior del racor. Para desconectar la manguera, se debe presionar el anillo de bloqueo, esto hace que las garras se abran, liberando la manguera.

Figura 24 *Racor recto instantáneo.*



Fuente: adaptado de (Festo Inc., 2024)^[6].

5.8.11. Manómetro Bourdon

El banco neumático cuenta con varios de estos manómetros Bourdon, estos miden la presión del aire mediante la deformación de un tubo metálico elástico, siendo el componente clave, está diseñado en forma de C o espiral, cuenta con dos extremos: uno cerrado y otro abierto conectado a la entrada de presión de aire.

Cuando la presión del aire aumenta el tubo tiende a enderezarse, el movimiento del extremo cerrado del tubo se transmite a un mecanismo que convierte este movimiento lineal en un movimiento de rotación.

La parte final del tubo está conectado a un segmento dentado que al moverse engrana con un piñón amplificando el corto movimiento del tubo, este movimiento se proyecta en la aguja que marca la presión del aire en la esfera, allí se encuentra la escala calibrada de unidades de presión (bar, psi, etc.). También cuenta con una conexión en rosca NPT, es el punto donde se fija el manómetro al sistema que se está midiendo.

Figura 25 *Manómetro bourdon de MICRO.*



Fuente: propia.

5.8.12. Mangueras

En el banco didáctico neumático se cuenta con mangueras neumáticas de poliuretano de la marca MICRO, con un diámetro externo de 4mm utilizadas para aplicaciones donde se requieren conexiones más finas y de 6mm que ofrecen un mayor flujo de aire. Son ideales para ser utilizadas en sistemas neumáticos gracias a que están fabricadas en poliuretano, un material que ofrece propiedades que otros polímeros no lo ofrecen, como su elasticidad y durabilidad, permitiendo que las mangueras soporten repetidos ciclos de flexión y movimientos.

No es necesario tener un cuidado tan riguroso con estas mangueras ya que el material en el que son fabricadas tiene muy buenas propiedades, pero si se recomienda implementar los siguientes cuidados para prolongar su vida útil y reducir costos.

- Evitar exposiciones extremas, el poliuretano puede sufrir un proceso físico llamado cristalización en el que éste se vuelve rígido a bajas temperaturas.
- Mantener las mangueras alejadas de productos químicos que puedan ser agresivos y causarles daños.
- Aunque permiten un pequeño radio de curvatura, doblarlas o torcerlas de manera excesiva puede llegar a causar daño.
- Inspeccionar periódicamente las mangueras del banco neumático en busca de signos de desgaste, cortes o abrasiones.
- Mantener las mangueras limpias de polvo y suciedad que puedan acumularse en su interior y exterior.

5.9. ACTUADORES (CILINDROS NEUMÁTICOS)

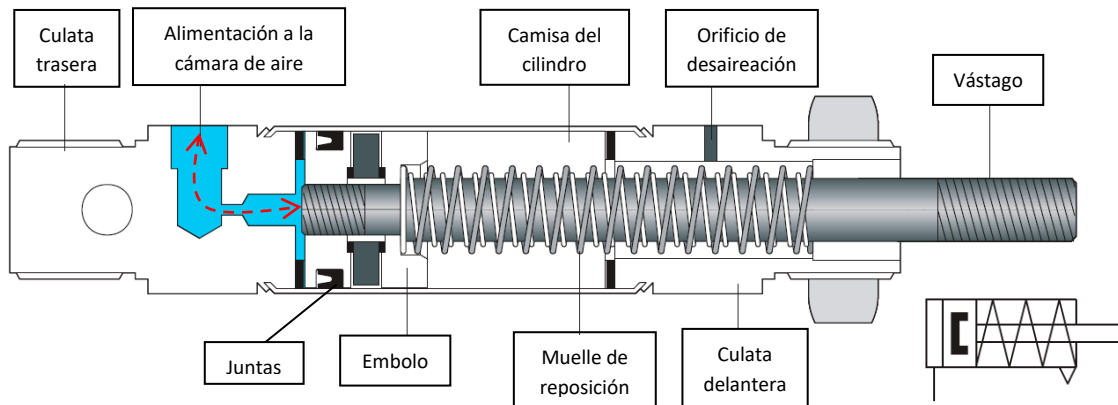
Los actuadores son elementos finales de control en los sistemas neumáticos. Su función principal es convertir la energía del aire comprimido en movimiento mecánico, permitiendo la ejecución de diversas tareas. Entre los tipos más comunes de actuadores se encuentran los cilindros y los motores neumáticos. En los cilindros, el aire comprimido hace avanzar o retroceder un vástago, mientras que, en los motores neumáticos, la fuerza del aire mueve una cremallera que a su vez desplaza el eje del motor. A continuación, se detallan los tipos y funcionamiento de los cilindros neumáticos:

5.9.1. Cilindro de simple efecto

El aire comprimido ingresa a la cámara en el extremo de la culata trasera, donde hay un aumento de presión que resulta en una fuerza aplicada sobre la superficie del émbolo móvil del mismo diámetro que el interior del cilindro, que se desplaza gracias a la presión del aire. Al émbolo desplazarse, una barra metálica (vástago) se encarga de convertir la fuerza del aire en energía mecánica; realizando un desplazamiento axial, también se cuenta con un orificio de desaireación que evacúa el líquido que pueda haber pasado a través del émbolo.

En caso de que la presión disminuya y retorne el aire por medio de la conexión de alimentación de aire, el émbolo y el vástago regresan a su posición inicial gracias a la fuerza ejercida por el muelle de reposición.

Figura 26 Cilindro de simple efecto



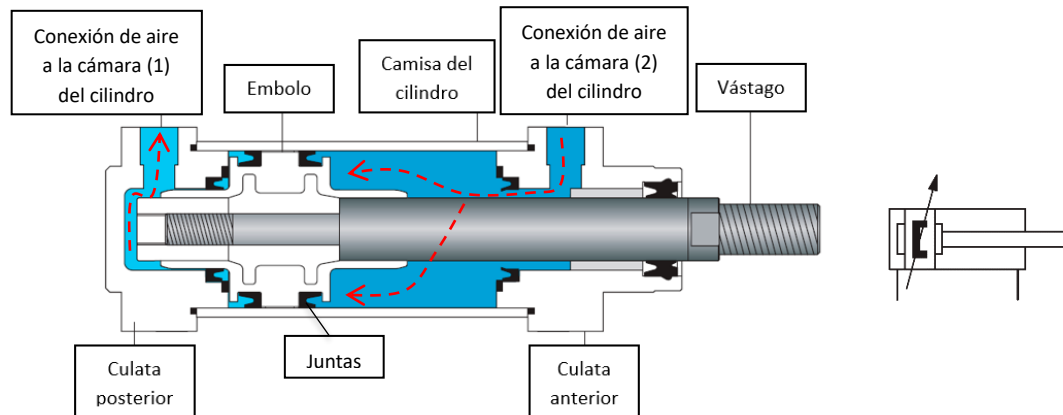
Fuente: propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.9.2. Cilindro de doble efecto

En el avance, el flujo de aire comprimido se desplaza hacia la cámara 1 ubicada en la culata posterior mediante la conexión de aire comprimido. En esta cámara la presión aumenta generando una fuerza en la superficie del embolo, desplazándolo hacia adelante ocasionando que el vástago realice un desplazamiento axial y salga del cilindro. El aire contenido en la cámara 2 del extremo opuesto se libera a través de la conexión de este lado del cilindro.

En el retroceso, el aire entra en la cámara (2) del extremo opuesto del émbolo mediante la conexión de aire comprimido correspondiente. En esta cámara la presión aumenta, provocando que el émbolo y el vástago retrocedan regresando a su posición inicial. El aire contenido en la cámara (1) del extremo opuesto del émbolo se libera a través de la conexión en este lado.

Figura 27 Cilindro de doble efecto



Fuente: propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

Es relevante mencionar que el banco de neumática básica está diseñado con una selección específica de componentes, los cuales fueron escogidos cuidadosamente para cumplir con los objetivos educativos establecidos. En este sentido, cabe destacar que los cilindros sin vástago, cilindro doble vástago y cilindro tándem no se encuentran incluidos en el banco didáctico neumático de la institución. Sin embargo, si la institución lo considera apropiado y se plantea una actualización en el futuro, podría llegar a adquirir estos cilindros y adaptarlos al banco, enriqueciendo así la experiencia educativa con nuevas posibilidades y aprendizajes.

Aunque estos cilindros no están presentes en el banco de neumática básica, al menos el cilindro sin vástago si forma parte del nuevo equipo de enseñanza de neumática de lazo cerrado.

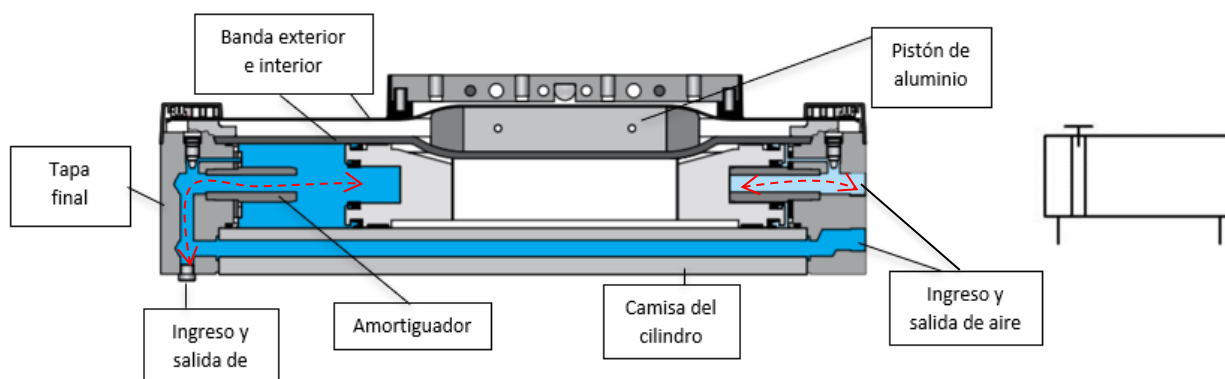
Es importante tener en cuenta que las labores de mantenimiento para el cilindro sin vástago, doble vástago y tándem pueden diferir de las que se mencionarán más adelante para los demás cilindros presentes en el banco de neumática básica. Por lo tanto, se recomienda consultar las

instrucciones específicas proporcionadas para cada tipo de cilindro y adaptar las prácticas de mantenimiento en consecuencia.

5.9.3. Cilindro sin vástago

Un pistón interno, impulsado por aire comprimido, experimenta un movimiento dentro del cilindro. La dirección del desplazamiento del pistón a lo largo del cilindro se determina según la presión de aire en cada puerto. Este pistón está vinculado a un soporte que sostiene la carga montada y se mueve simultáneamente con el pistón. Bandas metálicas facilitan el movimiento del soporte hacia adelante y hacia atrás, al mismo tiempo que garantizan un sellado en la ranura del cilindro. Ubicadas debajo del soporte, estas bandas se flexionan lejos de la ranura para permitir la conexión entre el pistón y el soporte.

Figura 28 *Cilindro sin vástago.*



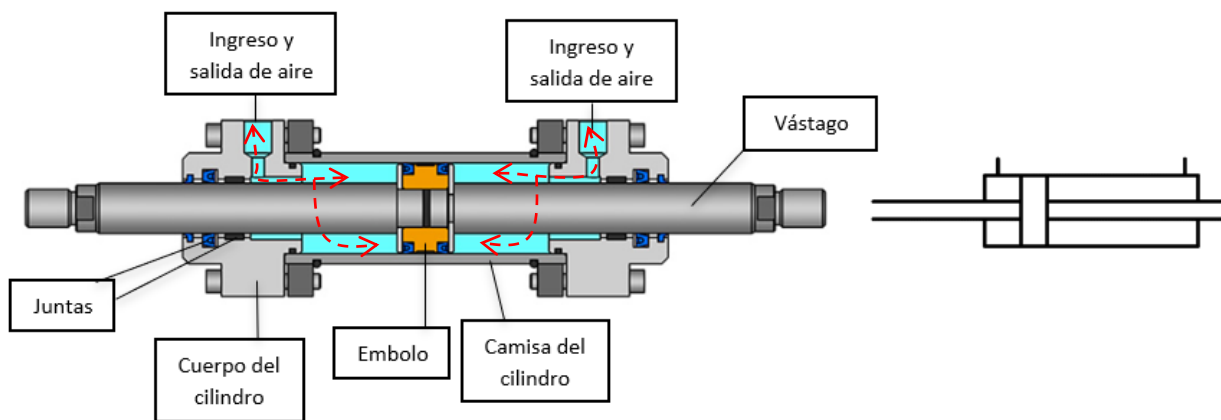
Fuente: propia adaptado de (W. Haring, 2005)^[23].

5.9.4. Cilindro de doble vástago

Este opera mediante la utilización de aire comprimido para generar movimiento lineal en ambas direcciones. Este actuador consta de un cilindro con dos vástagos, uno en cada extremo. Cuando se introduce aire comprimido en una de las cámaras del cilindro, el vástago correspondiente se desplaza, generando un movimiento lineal en esa dirección.

Al mismo tiempo, el otro vástago regresa en sentido opuesto debido a la presión de aire en la cámara opuesta. Este diseño simétrico permite una mayor eficiencia en la aplicación de fuerzas en ambas direcciones.

Figura 29 Cilindro de doble vástago.

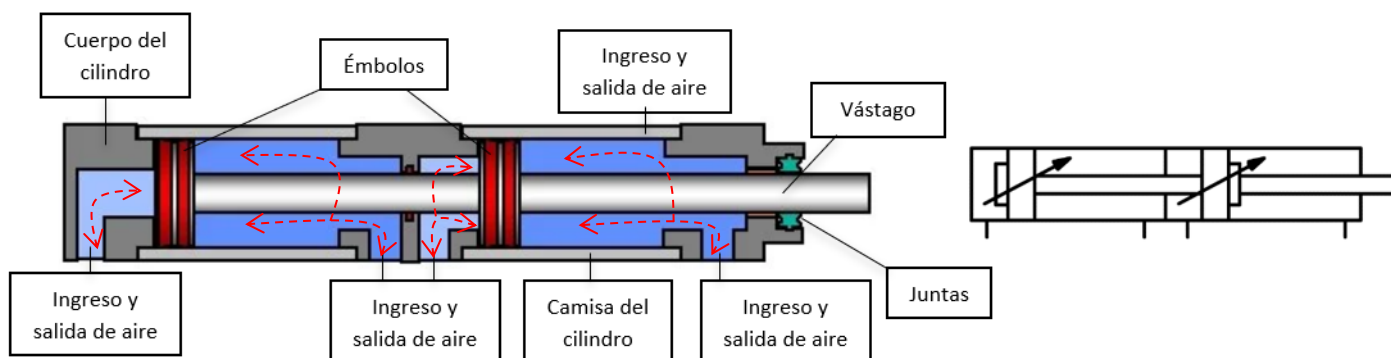


Fuente: (hydraulic-calculation., 2018)^[9].

5.9.5. Tándem

Los cilindros tándem se componen de dos cilindros de doble efecto dispuesto en serie, compartiendo un vástago central en una unidad compacta. Al aplicar presión de manera simultánea sobre ambos émbolos, se logra una fuerza que casi duplica la obtenida con un cilindro convencional de igual diámetro. Esta configuración no solo maximiza la potencia de salida, sino que también proporciona un control preciso del movimiento tanto en el avance como en el retroceso.

Figura 30 Cilindro Tándem.



Fuente: adaptado de (Najas, 2022)^[15]

6. INVENTARIO

En las siguientes tablas se presenta un listado de los elementos que componen un curso de neumática de nivel básico como lo son válvulas, pistones, entre otros elementos, que fueron descritos anteriormente.

En el laboratorio disponemos de dos módulos de neumática, denominados 4663-8 y 4663-9. Cada uno de estos módulos contiene componentes neumáticos fijos. Además, contamos con componentes neumáticos modulares que se encuentran instalados en estantes móviles. A continuación, se presenta el inventario de los componentes neumáticos tanto de los dos módulos como de los componentes modulares. Cabe mencionar que se hizo una excepción y no se recolectó la información de los componentes neumáticos que se encuentran almacenados en reserva (stock).

Tabla 1 inventario del módulo 4663-8 del laboratorio de neumática básica.

MODULO	TIPO DE COMPONENTE	NOMBRE	CANTIDAD
MÓDULO 4663-89	CILINDRO	SIMPLE EFECTO	1
		DOBLE EFECTO	3
		ACUMULADOR	1
	CONEXIÓN	BLOQUE DISTRIBUIDOR	1
		RACOR	n
		TEE	1
		MANGUERA	n
	MEDIDOR	MANOMETRO	1
	VÁLVULA	VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD	1
		VÁLVULA SELECTORA	2
		ÁLVULAS DE NO RETORNO (RETENCIÓN)	1
		BLOQUE DE 3 VÁLVULAS SELECTORAS	1
		BLOQUE DE 3 VÁLVULAS DE SIMULTANEIDAD	1
		VÁLVULA DE 5 VÍAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE PULSADOR LARGO PARA TABLERO Y RETROCESO POR RESORTE	2

		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE PALANCA PARA TABLERO	1
		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES BIESTABLE POR IMPULSOS NEUMATICO	6
		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES MONOESTABLE MANDO NEUMATICO, REACCION A RESORTE	4
		VALVULA 3 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO, REACCION A RESORTE	8
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	UNIDAD FR	1
		UNIDAD L	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 inventario del módulo 4663-9 del laboratorio de neumática básica.

MODULO	TIPO DE COMPONENTE	NOMBRE	CANTIDAD
MÓDULO 4663-9	CILINDRO	SIMPLE EFECTO	1
		DOBLE EFECTO	3
		ACUMULADOR	1
	CONEXIÓN	BLOQUE DISTRIBUIDOR	1
		RACOR	n
		TEE	1
		MANGUERA	n
	MEDIDOR	MANOMETRO	1
	VÁLVULA	VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD	1
		VÁLVULA SELECTORA	2
		VÁLVULA DE ALIVIO	1
		VÁLVULA DE NO RETORNO (RETENCIÓN)	1
		BLOQUE DE 3 VÁLVULAS SELECTORAS	1
		BLOQUE DE 3 VÁLVULAS DE SIMULTANEIDAD	2
		VÁLVULA DE 5 VÍAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE PULSADOR LARGO PARA TABLERO Y RETROCESO POR RESORTE	1
		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE PERRILLA PARA TABLERO	6
		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES BIESTABLE POR IMPULSOS NEUMATICO	6
		VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES MONOESTABLE MANDO NEUMATICO, REACCION A RESORTE	4
	VALVULA 3 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO, REACCION A RESORTE	8	
	UNIDAD DE MANTENIMIENTO	UNIDAD FR	1
		UNIDAD L	1

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Ambos módulos cuentan con los mismos e igual cantidad de componentes neumáticos.

Tabla 3 componentes neumáticos modulares que se encuentran instalados en estantes móviles.

COMPONENTE	TIPO Y NOMBRE	CANTIDAD
CILINDRO	SIMPLE EFECTO	2
	DOBLE EFECTO	4
VALVULAS	BLOQUE DISTRIBUIDOR	2
	VALVULA DE CIERRE CON UNIDAD DE FILTRO REGULADOR	1
	VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES BIESTABLE POR IMPULSOS NEUMATICO	6
	VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES MONOESTABLE MANDO NEUMATICO, REACCION A RESORTE	5
	VALVULA 3 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE PULSADOR, REACCION A RESORTE N.C.	4
	VALVULA 3 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO MANUAL (ENCLAVAMIENTO), REACCION A RESORTE	1
	VALVULA 5 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO MANUAL (ENCLAVAMIENTO), REACCION A RESORTE	1
	VÁLVULA DE CIERRE CON UNIDAD DE FILTRO Y REGULADOR	2
	VALVULA SELECTORA CON SILENCIADOR	1
	CONTADOR	1
	VALVULA 3 VIAS 2 POSICIONES CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO, REACCION A RESORTE ACOPLADAS A BLOQUE MODULAR	5
	VALVULA TEMPORIZADORA 0-5	2
	BLOQUE DE 3 VALVULAS SELECTORAS	2

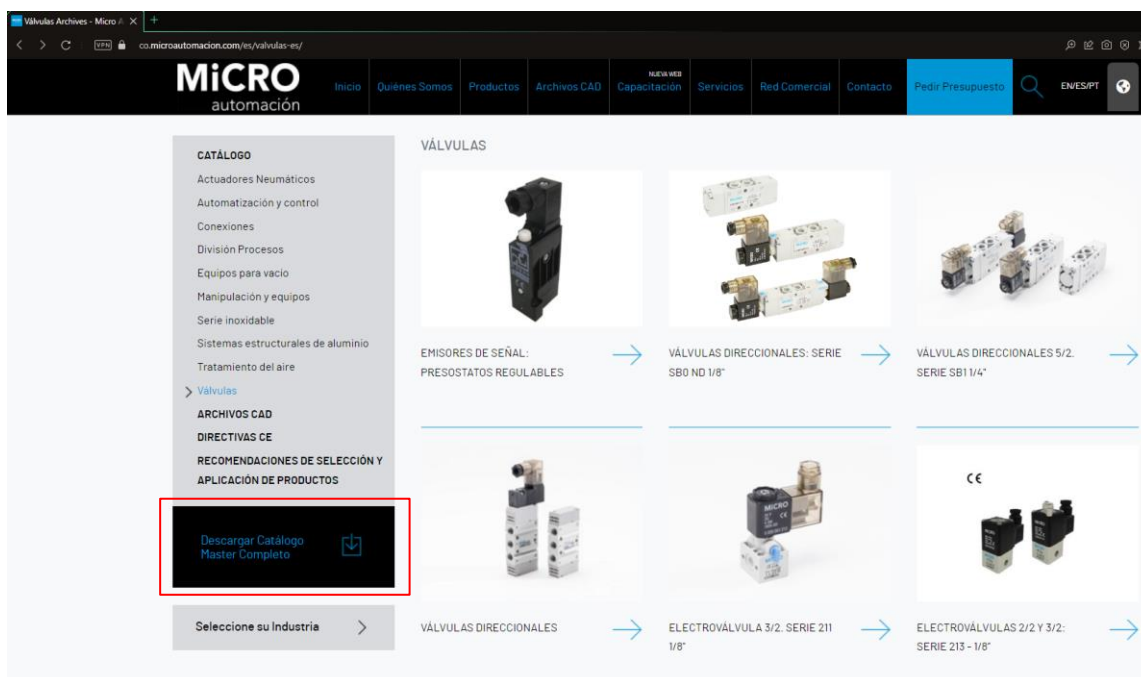
Fuente: Elaboración propia.

6.1. Búsqueda de ficha técnica en línea.

No se realiza una descripción técnica de cada equipo ya que con el código se encuentra detalles de cada componente ya sea en la página de MICRO o FESTO según corresponda la marca del equipo que se desee conocer sus componentes.

Para encontrar las especificaciones de un equipo de MICRO, se debe ingresar a la página de productos <https://co.microautomacion.com/es/valvulas-es/>, posterior a eso se debe descargar el archivo de catálogo master completo y filtrar búsqueda con el número de serie. A continuación, se presenta un ejemplo de búsqueda para encontrar una válvula 5/2 de actuación neumática biestable con base en su código.

Figura 31 Captura de la página web de productos de MICRO, para la búsqueda de componentes por código.



Fuente: adaptado de (Micro automación, 2023)^[12].

Figura 32 Captura del catálogo MASTER-MICRO-E, para la búsqueda de componentes por código.

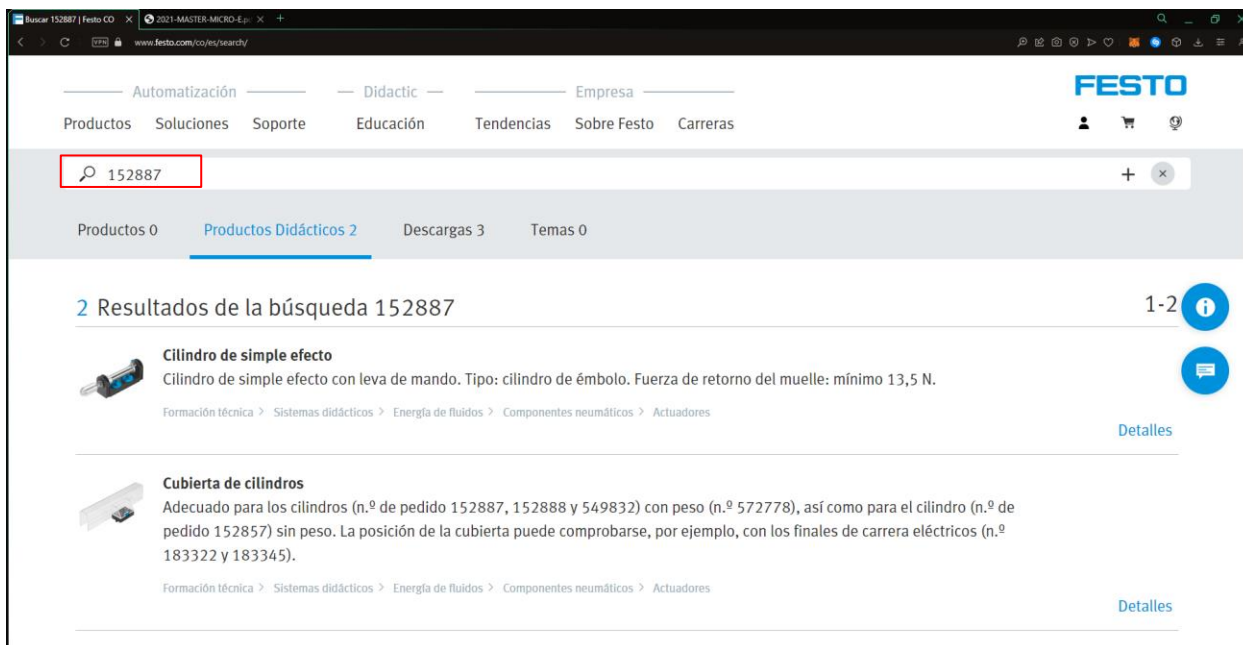
The screenshot shows a web browser window with the URL `co.microautomacion.com/wp-content/uploads/2021/07/2021-MASTER-MICRO-E.pdf`. The search bar contains the code `0224.001.711`. The search results display a table of valve specifications. The table has four columns: Descripción, Presión de trabajo, MICRO, and Kit de reparación. The row corresponding to the code `0224.001.711` is highlighted in red. To the right of the table, there is a photograph of the valve and a vertical label 'VALVULAS'.

Descripción	Presión de trabajo	MICRO	Kit de reparación
Válvula 5/2 mando neumático, reacción neumática	1.5..10 bar	0.224.001.311	0.200.000.565
Válvula 5/2 mando neumático, reacción a resorte	2.5..10 bar	0.224.001.511	0.200.000.565
Válvula 5/2 bistable por impulsos neumáticos	0.5..10 bar	0.224.001.711	0.200.000.565
Electroválvula 5/2, reacción neumática	1.5..10 bar	0.224.002.311	0.200.000.566
Electroválvula 5/2, reacción a resorte	2.5..10 bar	0.224.002.511	0.200.000.566
Electroválvula 5/2, bistable por impulsos eléctricos	0.5..10 bar	0.224.002.711	0.200.000.566

Fuente: adaptado de (AUTOMATIZACIÓN, 2023)^[2].

Para encontrar las especificaciones de cada equipo de FESTO, se debe ingresar a la página https://www.festo.com/co/es/c/productos/automatizacion-industrial-id_pim2/, e ingresar el código del equipo. A continuación, se presenta un ejemplo de búsqueda para encontrar un cilindro de simple efecto. Posterior a la búsqueda nos mostrará una breve descripción del equipo, al dar clic en el cilindro nos guiará a una página donde se podrá descargar un archivo con las especificaciones técnicas. También si se desea adquirir el cilindro o cualquier otro producto, desde la página web se puede hacer la compra.




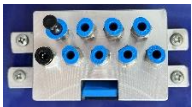



Figura 33 Captura de la página web de FESTO, para la búsqueda de componentes por código.





Fuente: (Festo Inc., 2024)^[5]

7. CONDICION ACTUAL DEL BANCO NEUMATICO

Tabla 4 Estado actual de los componentes neumáticos del módulo 4663-8 del banco neumático.






MODULO 4663-8					
TIPO	COMPONENTE	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	IMAGEN
CILINDRO	SIMPLE EFECTO	1	Mantenimiento.	Reguladores de caudal nuevos, empaque interno permite el paso de aire a la cámara donde se encuentra el muelle. Se ha etiquetado la fuga.	
	DOBLE EFECTO	3 (2 con regulador de caudal)	OPERATIVO	Reguladores de caudal nuevos, se mantuvo una presión interna constante en los 3 cilindros.	
	ACUMULADOR	1	FUERA DE SERVICIO	Se percibe una fuga intensa en el cuerpo del depósito, no es posible ser utilizado. Se ha etiquetado la fuga.	
CONEXIÓN	BLOQUE DISTRIBUIDOR	1 (modular)	OPERATIVO	Todas las salidas de aire funcionan correctamente, no se percibe fugas.	
	TEE	2	OPERATIVO	No presentan fugas ni obstrucción.	
MEDIDOR	MANOMETRO	1	OPERATIVO	Se realiza comparación con manómetro guía, ambos registran la presión correcta.	
VALVULAS	VALVULA SELECTORA	2	OPERATIVO	Correcto funcionamiento de dispositivo interno, válvulas en buenas condiciones.	







VALVULA ANTIRRETORNO	1	MTTO	Operativa, aunque se observó un sonido extraño en la vía A, posiblemente por obstrucción parcial o desgaste interno, fuga en racor.	
BLOQUE DE 3 VALVULAS SELECTORAS	1 (modular)	OPERATIVO	Se encuentra en buen estado, se detecta fuga en el racor de la conexión "Y ₂ ". Se ha etiquetado la fuga.	
BLOQUE DE 3 VALVULAS DE SIMULTANEIDAD	1 (modular)	OPERATIVO	Se encuentra en buen estado, se detecta fuga en el racor de la conexión "Y ₁ ". Se ha etiquetado la fuga.	
VÁLVULA 5/2 CON ACCIONAMIENTO DE PULSADOR LARGO PARA TABLERO Y RETROCESO POR RESORTE	2	OPERATIVO	Ambos pulsador y racores en buenas condiciones, conmutan correctamente.	
VALVULA 5/2 CON ACCIONAMIENTO DE PERRILLA PARA TABLERO	1	OPERATIVO	Perilla sin juego, racores en buenas condiciones, conmuta correctamente.	
VALVULA 5/2 BIESTABLE POR IMPULSOS NEUMATICO	6	OPERATIVO	Válvulas en buenas condiciones, la etiquetada conmuta de manera adecuada con presencia de fuga leve en racores de conexiones "4 y 12". Se ha etiquetado la fuga.	
VALVULA 5/2 MONOESTABLE MANDO NEUMATICO, REACCION A RESORTE	4	OPERATIVO	Válvulas en buenas condiciones, no se perciben fugas.	
VALVULA 3/2 CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO, REACCION A RESORTE	4	OPERATIVO	Rodillo, vástago, y la válvulas en buenas condiciones, la válvula etiquetada presenta leve fuga en racor de ingreso	




				de aire "1". Se ha etiquetado la fuga.	
	VALVULA 3/2 CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO UNIDIRECCIONAL, REACCION A RESORTE	4	OPERATIVO	Rodillo, vástago, y las válvulas en buenas condiciones, no presenta fugas.	
UNIDAD DE MANTENIMIENTO.	UNIDAD FR	1	OPERATIVO	Regulador, filtro, manómetro, perilla de purga en buenas condiciones	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Estado actual de los componentes neumáticos del módulo 4663-9 del banco neumático.

MODULO 4663-9					
TIPO	COMPONENTE	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIONES	IMAGEN
CILINDRO	SIMPLE EFECTO	1	OPERATIVO	Reguladores de caudal nuevos, presión se mantiene constante, no se percibe fugas.	
	DOBLE EFECTO	3 (2 con regulador de caudal)	OPERATIVO	Funcionan correctamente, reguladores de caudal nuevos, no se percibe caída de presión.	
	ACUMULADOR	1	FUERA DE SERVICIO	Se percibe una fuga intensa en la parte inferior del depósito. Se ha etiquetado la fuga.	
CONEXIÓN	BLOQUE DISTRIBUIDOR	1 (modular)	OPERATIVO	Todas las salidas de aire funcionan correctamente, no presenta desgaste, se encuentra en buen estado, distribuye el aire eficientemente a los distintos componentes.	
	TEE	2	OPERATIVO	No presentan fugas ni obstrucción.	

MEDIDOR	MANOMETRO	1	OPERATIVO	Funcional, sin problemas detectados.	
VALVULAS	VALVULA SELECTORA	2	OPERATIVO	Funcionales, sin problemas detectados.	
	VALVULA ANTIRRETORNO	1	MTTO	Operativa, aunque se observó un sonido extraño en la vía A, posiblemente por obstrucción parcial o desgaste interno.	
	BLOQUE DE 3 VALVULAS SELECTORAS	1 (modular)	FUERA DE SERVICIO	Se encuentra en buen estado, se detecta fuga en el racor de la conexión "X2". Se ha etiquetado la fuga.	
	BLOQUE DE 3 VALVULAS DE SIMULTANEIDAD	1 (modular)	FUERA DE SERVICIO	Se encuentra en buen estado, se detecta fuga en el racor de la conexión "Y2". Se ha etiquetado la fuga.	
	VÁLVULA 5/2 CON ACCIONAMIENTO DE PULSADOR LARGO PARA TABLERO Y RETROCESO POR RESORTE	2	OPERATIVO	Funcionan correctamente, sin fugas.	
	VALVULA 5/2 CON ACCIONAMIENTO DE PERRILLA PARA TABLERO	1	OPERATIVO	Operativa, sin problemas detectados.	
	VALVULA 5/2 BIESTABLE POR IMPULSOS NEUMATICOS	6	OPERATIVO	Se encuentran en buenas condiciones, la válvula etiquetada con presencia de leve fuga en el racor del puerto de conexión "4". Se ha etiquetado la fuga.	

	VALVULA 5/2 MONOESTABLE MANDO NEUMATICO, REACCION A RESORTE	4	OPERATIVO	Válvulas en buenas condiciones, no se perciben fugas.	
	VALVULA 3/2 CON ACCIONAMIENTO DE RODILLO, REACCION A RESORTE	8	OPERATIVO	Operativas, no se percibe fugas.	
UNIDAD DE MANTENIMIENTO.	UNIDAD FR	1	OPERATIVO	Operativa, Mantiene la calidad del aire.	

Fuente: Elaboración propia.

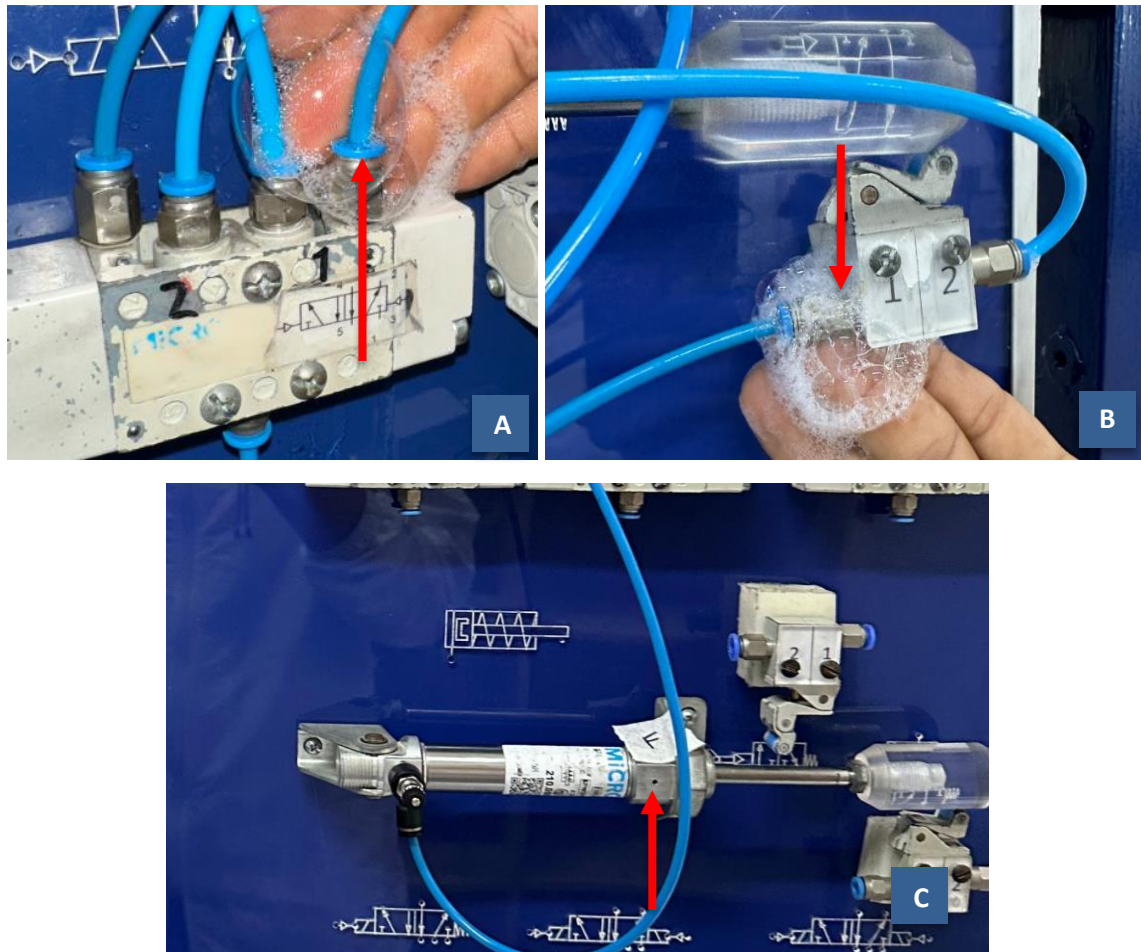
En el banco didáctico neumático, se realizó una inspección exhaustiva para evaluar su estado actual. Se efectuaron pruebas visuales para verificar la integridad de los componentes y detectar posibles fugas de aire en todos ellos. El propósito fue identificar cualquier pérdida de aire que pudiera comprometer el rendimiento del sistema. Para estas pruebas, se empleó una solución de agua jabonosa, un método efectivo y visualmente claro para detectar fugas. Al aplicar esta solución sobre las conexiones y componentes, la aparición de burbujas revela la presencia de una fuga de aire.

También se realizó la prueba de detección de fugas internas en los cilindros neumáticos con la ayuda de un manómetro, este se conecta a la misma línea de aire que alimenta a una de las cámaras al cilindro neumático, se aísla el paso de aire cerrando las válvulas de control, previamente

se instala una válvula antirretorno antes del manómetro para mantener la presión de aire en el interior de la cámara del cilindro y se observa la lectura del manómetro. Si la presión cae gradualmente indica una fuga interna. Repetir este procedimiento en la otra cámara (solo si aplica)

A continuación, se presentan algunas imágenes que documentan las pruebas realizadas en cuatro componentes específicos que mostraron problema.

Figura 34 Fuga en componentes neumáticos.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen A: Fuga en la válvula 5/2 biestable accionada por impulsos neumáticos.

La imagen muestra una prueba de fuga de aire en la válvula 5/2 biestable accionada por impulsos neumáticos. Se observa una fuga de aire en el racor de la conexión de aire #12, donde las burbujas formadas por el agua jabonosa indican la fuga.

La imagen incluye una flecha señalando el punto exacto de la fuga y muestra la válvula en su posición operativa.

Imagen B: Fuga en válvula 3/2 con accionamiento de rodillo, reacción a resorte.

La imagen captura la prueba de fuga de aire en la válvula 3/2 con accionamiento de rodillo. La fuga se localiza en la conexión #1, identificada por la formación de burbujas en el agua jabonosa aplicada.

La imagen destaca el punto de fuga con una flecha y muestra la válvula en su posición operativa.

Imagen C: Se detecta fuga interna, muy posiblemente un junta tórica desgastado está permitiendo el paso de aire hacia la cámara donde se encuentra el muelle del cilindro de simple efecto.

Teniendo en cuenta que se realizó la prueba de fugas internas con la ayuda de manómetros conectados a la línea de entrada de aire del cilindro, así mismo se evidencia el ruido producido por la salida del aire en el cuerpo del cilindro.

La imagen destaca el punto de fuga con una flecha.

Figura 35 Manómetro con lectura incorrecta.

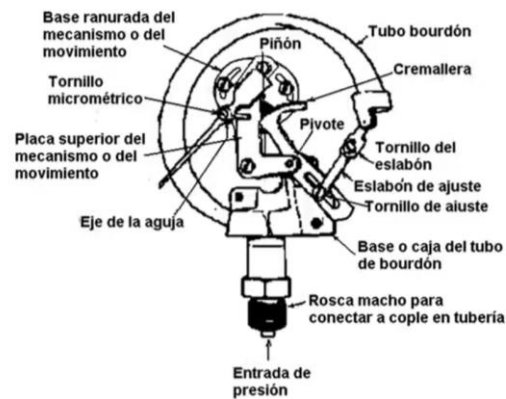


Fuente: Elaboración propia.

La imagen presenta el manómetro de FESTO que no marca la presión correctamente. Se puede ver la aguja del manómetro en una posición que no corresponde a la presión esperada. La imagen se presenta para resaltar el desajuste y compara la lectura con un manómetro operativo, el de MICRO. Aunque no se trató de una fuga de aire, el manómetro fue incluido en las pruebas para verificar su precisión.

7.1. Calibración de un manómetro de tubo Bourdon.

Figura 36 Componentes internos de un manómetro Bourdon.



Fuente: (Balanzá, 2021)^[3]

- 1- Primero se debe identificar el manómetro a calibrar (marca, número de serie, clase) esto para llevar un registro del mantenimiento realizado.
- Luego se debe conectar el manómetro a otro manómetro patrón y al sistema de generación de aire que tenga un medio para regular la presión.

- En este punto es recomendable realizar una prueba de fugas con una solución de agua y jabón, especialmente en las uniones. Es importante solucionar estas fugas antes de seguir con el mantenimiento.

2- Si bien no es necesaria pero muy recomendable, realizar la prueba de desperezar el manómetro para eliminar cualquier inercia mecánica por falta de uso. La manera correcta de realizar esta prueba es aumentar la presión y disminuirla rápidamente, en este punto también será posible detectar cualquier traba mecánica o rotura de algún componente interno.

3- Desmontar los tornillos de la carcasa del manómetro. Usar la pinza en el borde para retirar la carcasa y la arandela, haciendo palanca. también quitar los tornillos de la carcasa posterior.

- Presuriza, el sistema y observa cómo la aguja del indicador se mueve de cero a la máxima presión y luego vuelve a cero. Coloca la punta de la pinza contra la aguja y ajústala a la posición cero si no está correctamente alineada.

- Vuelve a presurizar el sistema a la máxima presión. Verifica la posición de la aguja para determinar la distancia respecto al valor total de presión. Si la desviación supera el 10 por ciento, se recomienda reemplazar el manómetro, ya que esto indica posible daño en el tubo Bourdon.

- Si la desviación del manómetro es de al menos el 0,25 por ciento pero no más del 10 por ciento, ajusta el tornillo de SPAN. Acércalo al pivote para aumentar la amplitud de la medición de presión, o aléjalo para disminuir dicha amplitud.

Se recomienda ver los videos (**anexo II**) para una mayor comprensión de los componentes internos del manómetro y mejor claridad de los procedimientos descritos para realizar la calibración de un manómetro Bourdon.

Figura 37 *Válvula 3/2 con racores desenchajados.*



Fuente: Elaboración propia.

La imagen muestra la válvula 3/2 de accionamiento manual por pulsador con racores desenchajados de su lugar. La imagen incluye una vista cercana de los racores fuera de posición.

Teniendo en cuenta lo descrito en las tablas 4 y 5, el sonido extraño que se presenta en la válvula antirretorno cuando el aire ingresa por la vía A y sale por B podría deberse a varias causas: la válvula podría tener una obstrucción parcial o suciedad en su interior, componentes internos de la válvula como el resorte o el dispositivo de bloqueo, están desgastados, dañados o desalineados.

Entre los componentes evaluados, se destacan:

Cilindros de simple y doble efecto: Ambos tipos de cilindros mostraron una excelente operatividad. No se detectaron fugas de aire ni desgaste significativo, lo que asegura su capacidad para realizar movimientos precisos y repetitivos en diversas prácticas didácticas.

Durante la inspección, se realizaron pruebas de detección de fugas internas mediante el uso de un manómetro conectado a la línea de aire que alimenta la cámara del cilindro. Esta evaluación confirmó la integridad del sellado de casi todos los cilindros. Además, se llevaron a cabo pruebas ciclos repetitivos para verificar el rendimiento bajo condiciones normales de operación, registrando una respuesta consistente. Los cilindros demostraron ser capaces de mantener su precisión y eficiencia, incluso en ciclos prolongados, lo que garantiza un desempeño confiable en aplicaciones didácticas.

No obstante, un solo cilindro del sistema, específicamente el cilindro neumático de simple efecto del módulo 4663-8, presentó una fuga por el orificio ubicado en la cámara donde se encuentra el muelle de reposición, mientras ingresaba aire en la otra cámara, una vez el vástago estaba completamente afuera del cilindro la salida de aire por este orificio era constante, indicando una fuga interna. Este problema se detectó durante las pruebas de presión y sugiere que hay una falla en el sellado interno de ese cilindro en particular.

Válvulas de control: Las válvulas 5/2 y 3/2, tanto las monoestables como las biestables, demostraron un funcionamiento óptimo en la mayoría de los casos a pesar de presentar una fuga en unas conexiones, siguen siendo operativas, lo que sugiere que con una intervención mínima se

puede restaurar su plena funcionalidad. Cabe destacar que las válvulas de control modulares si requieres de una intervención mayor como la mostrada en la figura 37.

Bloques distribuidores, de válvulas selectoras y de simultaneidad: Estos componentes también mostraron un buen estado operativo. No se encontraron obstrucciones ni fallos que pudieran comprometer el rendimiento general del banco didáctico.

Sin embargo, durante la inspección, se identificaron fugas en los bloques de válvulas selectoras y de simultaneidad. Cada uno de estos bloques presentó al menos una fuga en un racor como se puede observar en las tablas 4 y 5. Estas fugas fueron detectadas de manera audible. A pesar de estas fugas, los componentes mantuvieron su funcionalidad básica.

Unidad filtrante y reguladora: Este dispositivo sigue funcionando correctamente, manteniendo la calidad del aire en el sistema y protegiendo los componentes de posibles contaminantes.

Manómetros: Aunque algunos manómetros modulares no registran la presión correctamente como se muestra en la figura 36, la mayoría están operativos y proporcionan lecturas precisas que son fundamentales para la calibración y el monitoreo de la presión en el sistema neumático como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 38 Comparación de registro de presión con manómetro guía.



Fuente: Elaboración propia.

En la imagen el manómetro utilizado como guía es un manómetro modular específicamente utilizado para las prácticas de los estudiantes, se recomienda adquirir un manómetro que se utilice exclusivamente como manómetro guía. Este manómetro de referencia serviría para verificar la precisión y el correcto registro de la presión de aire de otros manómetros en el sistema.

Un aspecto que requiere atención especial durante futuras inspecciones son los racores. La mayoría de estos componentes tienden a presentar fugas, lo que indica la necesidad de una intervención para asegurar una estanqueidad completa en el sistema. Los racores son elementos críticos para mantener la integridad de las conexiones y evitar pérdidas de aire que puedan afectar el rendimiento y eficiencia del equipo. Es importante destacar que los racores instantáneos, aunque son eficientes, tienden a dañarse debido al mal uso. Según los conversado con los laboratoristas, a

menudo, los estudiantes olvidan la forma correcta de desconectar las mangueras, lo que lleva a un desgaste prematuro de estos componentes.

La detección temprana de los racores con fugas permite una intervención oportuna que puede prevenir fallas mayores en el futuro. Este enfoque no solo mejora la operatividad del banco didáctico neumático, sino que también resulta en un ahorro significativo de costos para la universidad. Evitar la necesidad de reemplazar componentes o enfrentar tiempos de inactividad prolongados contribuye a la eficiencia económica y operativa del laboratorio de neumática.

Además, mantener la mayoría de los componentes en buen estado reduce la necesidad de adquirir equipos nuevos, lo que representa un ahorro en el presupuesto destinado a la actualización y mantenimiento del laboratorio.

8. CAUSA RAIZ Y EFECTOS DE LAS AVERIAS EN EL BANCO DIDACTICO NEUMATICO.

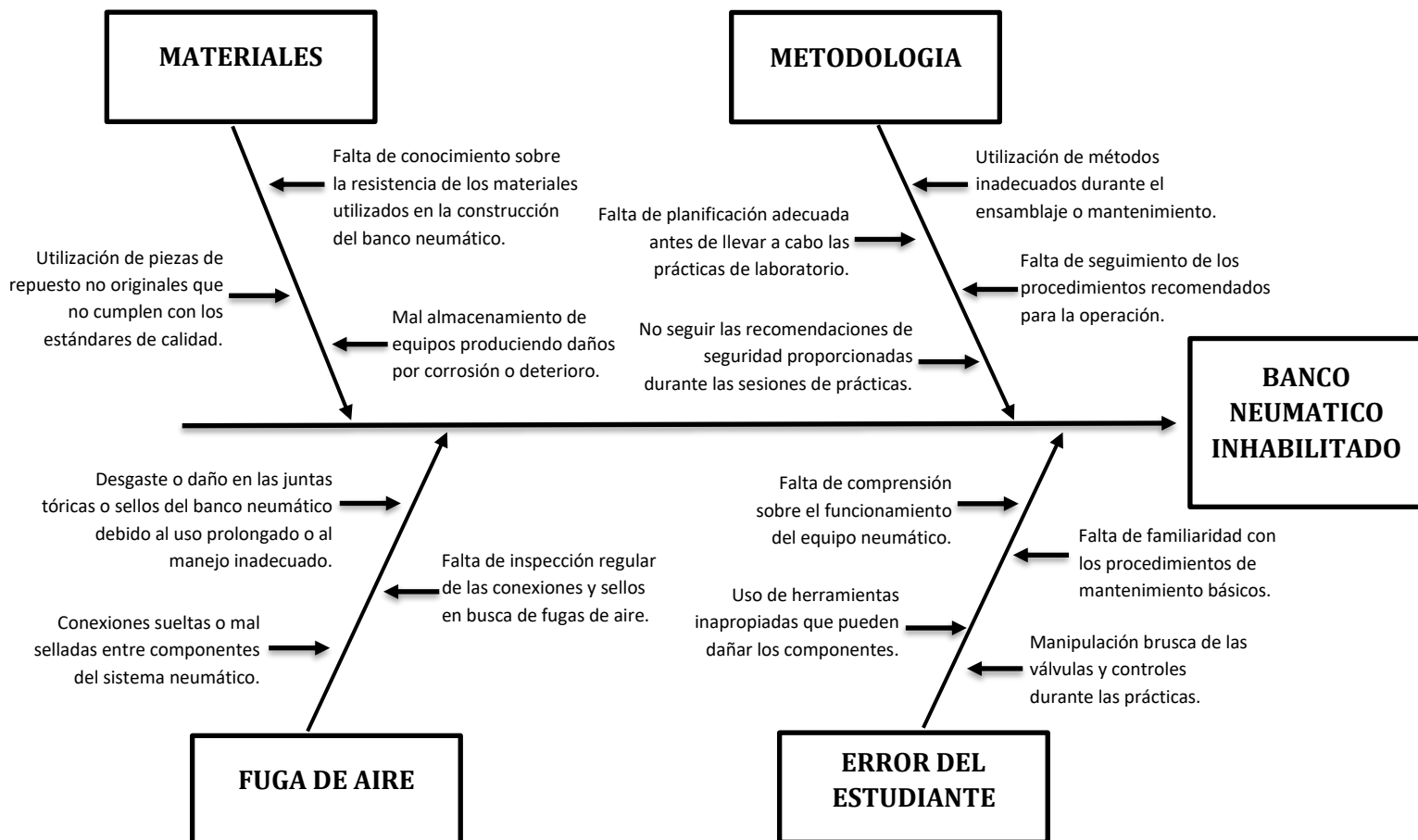
En el contexto del mantenimiento, el análisis e identificación de lo que genera una avería juegan un papel fundamental al momento de buscar reducir los costos asociados a paradas no programadas.

Lo mismo ocurre con un banco didáctico neumático en una universidad; este es utilizado como herramienta de enseñanza práctica y si no se lleva un correcto control de mantenimiento o existe un nulo interés por conocer el origen primario de un problema técnico, se incrementará la posibilidad de que surjan paradas no programadas. Esto resultará en una interrupción de las actividades académicas, limitando a los estudiantes en la comprensión de los principios fundamentales de la neumática y sus aplicaciones en la industria.

8.1. Diagrama espina de pescado (causa-efecto)

A continuación, se presenta el método de espina de pescado (Ishikawa), es una herramienta bastante útil para identificar las posibles causas raíz de las fallas en el banco didáctico neumático. Con esto, podremos tener una percepción más clara de los problemas y tomar decisiones más inteligentes sobre cómo solucionarlos y prevenir que vuelvan a suceder.

Figura 39 Diagrama espina de pescado (causa-efecto) sobre banco neumático inhabilitado.



Fuente: Elaboración propia.

8.2. Método ¿Por qué? – ¿Por qué?

Otro enfoque útil para la identificación de las causas de fallas en el banco neumático es el método ¿Por qué? – ¿Por qué?, con este método lo que se busca es profundizar en las causas fundamentales de los problemas identificados. A continuación, se presenta un análisis de este método adaptado al banco neumático:

PROBLEMA PRINCIPAL

El banco didáctico neumático no funciona correctamente

CAUSAS POTENCIALES

1. Problemas en el sistema de aire

- **¿Por qué?:**
 - **Fugas en las conexiones.**
 - ◆ **¿Por qué?:** las conexiones no están bien ajustadas.
 - ◆ **¿Por qué?:** los ajustes no se realizaron con las herramientas adecuadas.
 - ◆ **¿Por qué?:** la falta de herramientas especializadas.
- **¿Por qué?:**
 - **Compresor de aire defectuoso.**
 - ◆ **¿Por qué?:** mantenimiento inadecuado.
 - ◆ **¿Por qué?:** no se siguen los programas de mantenimiento.
 - ◆ **¿Por qué?:** falta de formación y conciencia del personal.

2. Problema en los actuadores.

- **¿Por qué?:**
 - **Cilindros neumáticos no se mueven suavemente.**
 - ♦ **¿Por qué?:** falta de lubricación.
 - ♦ **¿Por qué?:** Se olvidó realizar el mantenimiento preventivo.
 - ♦ **¿Por qué?:** no hay un registro de mantenimiento adecuado.

- **¿Por qué?:**
 - **Actuadores dañados.**
 - ♦ **¿Por qué?:** sobrecarga de trabajo.
 - ♦ **¿Por qué?:** uso indebido o excesivo.
 - ♦ **¿Por qué?:** no se siguen las recomendaciones del fabricante.

3. Problemas en el sistema de control.

- **¿Por qué?:**
 - **Válvulas no funcionan correctamente.**
 - ♦ **¿Por qué?:** suciedad en las válvulas.
 - ♦ **¿Por qué?:** falta de limpieza regular.
 - ♦ **¿Por qué?:** no se ha establecido un protocolo de limpieza.

- **¿Por qué?:**
 - **Fallo en los manómetros.**
 - ♦ **¿Por qué?:** calibración incorrecta.
 - ♦ **¿Por qué?:** falta de calibración
 - ♦ **¿Por qué?:** desconocimiento de la importancia de la calibración.

8.3. Lluvia de ideas

Una vez identificadas las posibles causas raíz de las averías recurrentes del banco didáctico neumático, surge la necesidad de desarrollar estrategias efectivas para prevenir su recurrencia. En este sentido, se diseñó un esquema de lluvia de ideas con el objetivo de generar varias soluciones para prevenir estas averías. A continuación, se presentan las ideas propuestas:

Inspección diaria:

Revisión visual de todas las conexiones y componentes.

Verificar la ausencia de fuga en las conexiones

Aseguramiento del lugar correcto de los componentes y que no presenten desgastes

Limpiar superficies del banco evitando acumulación de polvo y suciedades

Limpiar los filtros de aire para asegurar un flujo de aire limpio.

Mantenimiento semanal (de primer nivel):

Verificación de funcionamiento:

Probar todos los actuadores neumáticos para asegurar su adecuado movimiento.

Comprobar el funcionamiento de las válvulas y reguladores de presión.

Revisar conexiones: asegurarse de que todas las conexiones de aire estén bien ajustadas y sin fugas.

Mantenimiento mensual:

Lubricar los componentes móviles teniendo en cuenta la recomendación del fabricante o proveedor.

Realizar pruebas de seguridad: verificar que el sistema maneje la presión adecuada para trabajar sin fallas.

Revisar y probar los sistemas de emergencia y de liberación de presión para verificar que funcionen correctamente.

Mantenimiento trimestral:

Realizar inspección profunda: Desmontar componentes claves y verificar inspección detallada de componentes internos.

Revisar y calibrar los manómetros.

Reemplazo de piezas desgastadas como sellos y otros componentes que evidencien desgaste o daño.

Sustituir filtros de aire si hacen parte del sistema.

Mantenimiento Anual:

Realizar una revisión exhaustiva de todo el sistema neumático.

Consultar con el fabricante o proveedor las actualizaciones o modificaciones recomendadas.

Documentación y registro de mantenimiento

Mantener un registro con detalles de todas las actividades de mantenimiento realizadas.

Documentar cualquier problema encontrado y las posibles soluciones.

Plan de acción para abordar cualquier problema recurrente o potencial.

Programar mantenimientos preventivos basándonos en los datos históricos de mantenimiento.

Aplicar consultas periódicas al fabricante para recibir actualizaciones, recomendaciones y capacitaciones.

Solicitar inspecciones y mantenimientos especializados por parte del fabricante si es necesario.

Evaluación de herramientas y equipos:

Evaluar regularmente las herramientas para el mantenimiento y verificar que estén en buen estado.

9. FRECUENCIA DE LAS LABORES DE MANTENIMIENTO EN EL LABORATORIO DE NEUMÁTICA.

Se llevará a cabo un diseño de mantenimiento preventivo para de los componentes de la tabla 1, 2 y 3 teniendo en cuenta que no se diseñarán tareas para cada uno de los componentes, sino que se hará de manera generalizada para cada tipo de componente, eso quiere decir, para las válvulas y para los cilindros neumáticos, se diseñarán formatos en los que una sección englobe a ambos, allí se especificarán tareas que apliquen para todos los equipos y si alguno requiere un procedimiento especial se hará una acotación, observación o comentario.

9.1. LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL COMPRESOR KAESER SM 15T

Figura 40 Referencia de compresor Kaeser SM 15T



Fuente: (maquitec de colombia, s.f.)^[11]

Es evidente al analizar los equipos neumáticos sujetos al diseño del plan de mantenimiento preventivo que el compresor destaca como el más crucial. Esto se debe a su papel como generador de aire comprimido y a la ausencia de una unidad de respaldo en espera ante cualquier fallo del que esté en funcionamiento.

El manual del compresor ha servido como referencia principal para diseñar una tabla y adaptarla con las tareas para el mantenimiento de este. En esta, se contemplan las tareas semanales, mensuales y anuales necesarias para mantener el compresor en condiciones óptimas de funcionamiento. Sin embargo, conscientes del mantenimiento integral que debe tener un equipo como este, se recomienda seguir las instrucciones detalladas en el manual (anexo I) donde hay apoyo de figuras. **Se recomienda no solo usar lo que dice la tabla ya que esta solo es un resumen de las labores de mantenimiento, revisar comentarios de la tabla 4.**

Tabla 6 *Adaptación de las tareas de mantenimiento preventivo para el compresor.*

ORDEN	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL COMPRESOR KAESER SM 15T	SEMANTAL	MENSUAL	ANUAL
1	Verifique el nivel del aceite de enfriamiento.	x		
2	Revise el enfriador: principalmente el estado de la esterilla filtrante.	x		
3	Revise el Armario eléctrico: principalmente el estado de la esterilla filtrante.	x		
4	Mantenimiento de las correas de transmisión: verifique la tensión y ajuste, realice inspección visual en busca de daños.		x	
5	Revise el filtro de aire.		x	
6	Revise el enfriador: limpie la esterilla filtrante, ya que esta evita que lleguen impurezas al enfriador de aire y aceite, reitérela y límpiela utilizando agua caliente con un limpiador doméstico y cargue repuesto de esterilla (en caso de ser necesario).		x	

7	Revise el armario eléctrico: limpie la esterilla filtrante. retírela y sacúdala o límpiela usando un limpiador doméstico y cargue un repuesto de esterilla (en caso de ser necesario).		x	
8	Mantenimiento al intercambiador de calor: si se observa obstrucción de los ductos, la limpieza debe realizarla un técnico autorizado de servicio KAESER.		x	
9	Cambie el filtro de aire.			x
10	Enfriador: cambie la esterilla filtrante siempre y cuando no sea posible lavarla.			x
11	Armario eléctrico: cambie la esterilla filtrante siempre y cuando no sea posible lavarla.			x
12	Cambie el filtro de aceite.			x
13	Cambio del cartucho separador de aceite, tenga en cuenta que este no se puede limpiar.			x
14	Cambio del aceite refrigerante: Varía, ver la tabla 39 del manual de servicio.			
15	Verifique que todas las conexiones eléctricas estén bien ajustadas.			x
16	Revise la válvula de alivio de seguridad, se debe elevar la presión de trabajo a 150 psi ya que la máxima presión de trabajo es 125 psi.			x
17	Revise la función de apagado de seguridad por sobrecalentamiento, El equipo se debe apagar si la temperatura final de compresión alcanza los 230° F.			x
18	Verifique el botón de PARO DE EMERGENCIA, si no se detiene el motor del compresor, apague el equipo y llame al departamento de servicio de KAESER.			x
19	Verifique la función de apagado de seguridad cuando se abra el equipo, abra el panel de acceso mientras el equipo esté operando. El equipo se apaga automáticamente.			x
20	Verifique que el enfriador no presente fugas. Si se observa fuga, haga reparar el enfriador por un técnico autorizado de servicio KAESER.			x
21	Mantenimiento del sistema de recuperación térmica, si se observa contaminación o fugas, la reparación debe realizarla un técnico autorizado de servicio KAESER.			x
22	Cambie la correa de transmisión.			Cada 12.000h

Fuente: Elaboración propia adaptada del manual de servicio.

Comentario de la tabla 4: En esta tabla se mencionan las labores de mantenimiento para el compresor Kaeser sm 15T, es importante revisar el manual de servicio (anexo I) en la Sección

10 antes de iniciar con alguna de las labores, ya que la tabla es un resumen, en el manual se encuentran las instrucciones detalladas.

También tenga en cuenta: el tipo de aceite refrigerante que contiene la máquina se encuentra marcado cerca del tubo de llenado del depósito separador de aceite.

9.2. LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO

Figura 41 *Tanque de almacenamiento de aire comprimido de la I.U. Pascual Bravo.*



Fuente: propia.

El mantenimiento en tanques de almacenamiento de aire comprimido es fundamental para garantizar la seguridad, eficiencia y longevidad del sistema de aire comprimido. Estos tanques están diseñados para resistir presiones considerables, requieren un cuidado meticuloso y regular para prevenir fallas que podrían resultar en interrupciones operativas costosas o incluso en peligros graves para la seguridad. A continuación, se describen las labores de mantenimiento esenciales para asegurar el correcto funcionamiento de un tanque de almacenamiento de aire comprimido:

Primero tenemos la **válvula de alivio**: esta limita la presión máxima que puede soportar el tanque y garantiza que por medio de esta válvula se descargará a la atmósfera parte del caudal del tanque una vez es alcanzada una presión mayor al ajuste de la válvula.

Una válvula de alivio consta de una vía entrada, una vía salida o escape y un dispositivo de control de caudal, como un émbolo, bola o diafragma, que se sostiene mediante un muelle ajustable.

Estas válvulas pueden presentar dos diseños para ajustar el muelle: externo e interno. En el diseño externo un pomo o maneta sirve para ajustar el muelle. Por otro lado, en el diseño interno una tuerca o tornillo sirve para aflojar o tensar el muelle. Este muelle es el que establece el límite de presión; si la presión dentro del tanque no alcanza un nivel crítico, el mecanismo de apertura de la válvula, generalmente un disco u obturador, no se activará.

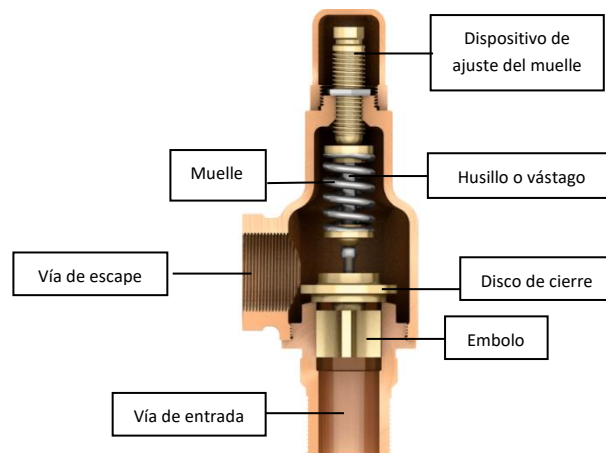
Cuando la presión del tanque alcanza el punto de rotura de la válvula, el mecanismo de apertura comienza a abrirse gradualmente. La válvula de alivio libera parte del aire comprimido, lo que disminuye la velocidad a la que se acumula presión en el tanque.

Por lo anterior hay que tener en cuenta que, una válvula de alivio que funciona correctamente asegura una liberación controlada del exceso de presión del tanque, se recomienda las siguientes labores para mantener esta válvula en óptimas condiciones:

- Inspección visual de la válvula para detectar daños o corrosión.
- Prueba de funcionamiento de la válvula mediante un ensayo de presión (+ 11 bar).

- Limpieza de la válvula para eliminar suciedad o residuos, verificar que no esté taponada.
- Verificación y ajuste del resorte de la válvula.

Figura 42 *Válvula de alivio.*



Fuente: (Grupo Hidráulica, 2023)^[8]

Tabla 7 *Labores de mantenimiento preventivo para el tanque de almacenamiento de aire comprimido*

ORDEN	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO	SEMANTAL	MENSUAL	ANUAL
1	Inspeccionar visualmente el tanque para detectar daños, corrosión o desgaste exterior. Revisar toda la superficie del tanque en busca de óxido, abolladuras o fugas.	x		
2	Verificar que la presión de operación del sistema esté dentro de los límites especificados. Comparar las lecturas del manómetro con las especificaciones del fabricante.	x		
3	Drenar el agua acumulada en el fondo del tanque. Abrir la válvula de drenaje y permitir que el agua salga hasta que solo fluya aire.	x		
4	Revisar el funcionamiento de la válvula de seguridad. Activar manualmente la válvula para asegurar que se abre a la presión correcta y cierra adecuadamente.		x	
5	Inspeccionar y limpiar los filtros de aire. Retirar los filtros, limpiarlos con aire comprimido o reemplazarlos si están muy sucios, tener en cuenta que para esta tarea no debe haber presión en el sistema.		x	
6	Comprobar el estado de las conexiones y tubería. Inspeccionar con la ayuda de agua jabonosa para detectar fugas.		x	
7	Lubricar los componentes móviles del sistema neumático. Aplicar lubricante adecuado en las partes móviles según las recomendaciones del fabricante. Solo si aplica para este equipo.		x	
8	Verificar el funcionamiento del manómetro. Comparar la lectura del medidor con un manómetro de referencia y calibrarlo si es necesario.			x
9	Inspeccionar y limpiar la válvula de drenaje. Desmontar la válvula, limpiarla con aire comprimido y reinstalarla.			x
10	Realizar una inspección interna del tanque. Vaciar el tanque, abrir la tapa de inspección y revisar el interior con una linterna y un espejo para detectar corrosión o sedimentos. tener en cuenta que para esta tarea no debe haber presión en el sistema.			x

Fuente: Propia.

9.3. LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LAS UNIDADES DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DIDACTICO DE NEUMATICA BASICA.

Figura 43 Unidades de mantenimiento del banco neumático, a) Lubricador. b) Filtro-Regulador.



Fuente: propia.

Las unidades de mantenimiento neumático, conocidas como FRL (Filtrante, Reguladora y Lubricante), son componentes esenciales que aseguran la calidad y eficiencia del aire comprimido. Para garantizar un buen rendimiento y prolongar la vida útil de estos componentes, es importante implementar un programa de mantenimiento que incluya labores periódicas. A continuación, se presenta una tabla de labores de mantenimiento para una unidad de FRL, clasificadas según su frecuencia de ejecución, con el objetivo de proporcionar una guía práctica para el personal encargado del mantenimiento. Es pertinente mencionar que hay unidades de mantenimiento que no necesariamente deben tener las tres funciones, por ejemplo, con las tres unidades que contamos

en el banco didáctico de neumática básica 2 de ellas solo son FR (filtrante y reguladora) y la otra solo es L (Lubricadora), por ende, ciertas labores mencionadas en la tabla se exceptúan cuando no aplican para una unidad F y/o R.

Tabla 8 *Labores de mantenimiento preventivo para la unidad de mantenimiento.*

ORDEN	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO	SEMANTAL	MIENSUAL	ANUAL
1	Inspeccionar visualmente todas las conexiones y componentes de la unidad en busca de fugas de aire comprimido y que estas estén apretadas correctamente tanto la unidad en sí misma como el anclaje de esta al banco.	x		
2	Inspección visual de daños en la unidad	x		
3	Abrir la válvula de drenaje para permitir que el agua condensada se drene completamente.	x		
4	Verificar el nivel de lubricante en el lubricador y asegurarse de que esté dentro del rango recomendado.	x		
5	Ajustar manualmente mediante la perilla el control de goteo del lubricador según sea necesario para mantener la cantidad adecuada de lubricación en la línea de aire.	x		
6	Verificar con un manómetro guía que la presión de trabajo mostrada en el manómetro de la unidad de mantenimiento sea la correcta.	x		
7	Monitorear la temperatura ambiente alrededor del banco neumático para asegurarse de que esté dentro del rango operativo recomendado	x		
8	Utilizar un manómetro para medir la presión de entrada al filtro		x	
9	Utilizar un manómetro para medir la presión de salida del regulador.		x	
13	Inspeccionar visualmente los componentes neumáticos y móviles para asegurarte de que estén lubricados adecuadamente.		x	
11	Revisión de la regulación de la presión, si es necesario, utilizar una llave ajustable o una herramienta específica para ajustar el regulador de presión.		x	
12	Desmonta el filtro y examina los elementos filtrantes en busca de suciedad, obstrucciones o daños.			x
10	Lavar los elementos filtrantes por inmersión en cualquier solvente industrial o nafta, complementando con pincel o cepillo de limpieza y sopleteando de adentro hacia afuera con aire limpio y seco. Lavado de vasos, deflectoras y guarniciones elásticas Estas partes pueden lavarse solamente con agua jabonosa.			x
14	Basándose en el historial de mantenimiento y en recomendaciones del fabricante, identificar las partes que requieren reemplazo preventivo, desmontar e instalar las piezas de repuesto según las especificaciones del fabricante.			x

Fuente: Elaboración propia.

9.4. LABORES DE MANTENIMIENTO PARA EL BANCO DIDACTICO NEUMATICO

Figura 44 Banco didáctico neumático



Fuente: propia.

Las siguientes labores de mantenimiento han sido elaboradas con base en una variedad de fuentes de conocimiento. Se han utilizado vídeos de tutoriales especializados, la experiencia de laboratoristas conocedores de la materia y los fundamentos básicos adquiridos en el transcurso de nuestras clases.

La importancia de un mantenimiento adecuado no puede subestimarse en el contexto de un banco didáctico neumático, donde la precisión y fiabilidad son elementos cruciales para su correcto

funcionamiento. Estas tareas de mantenimiento no solo garantizan un rendimiento óptimo del equipo, sino que también contribuyen al prolongado ciclo de vida del mismo, asegurando así una experiencia de aprendizaje continua y efectiva.

A continuación, se presenta una tabla detallada que resume las labores de mantenimiento recomendadas. Estas acciones no solo preservarán la integridad del banco didáctico, sino que también fomentarán un ambiente de aprendizaje seguro y eficiente para todos los usuarios.

Tabla 9 *Labores de mantenimiento preventivo para válvulas y cilindros.*

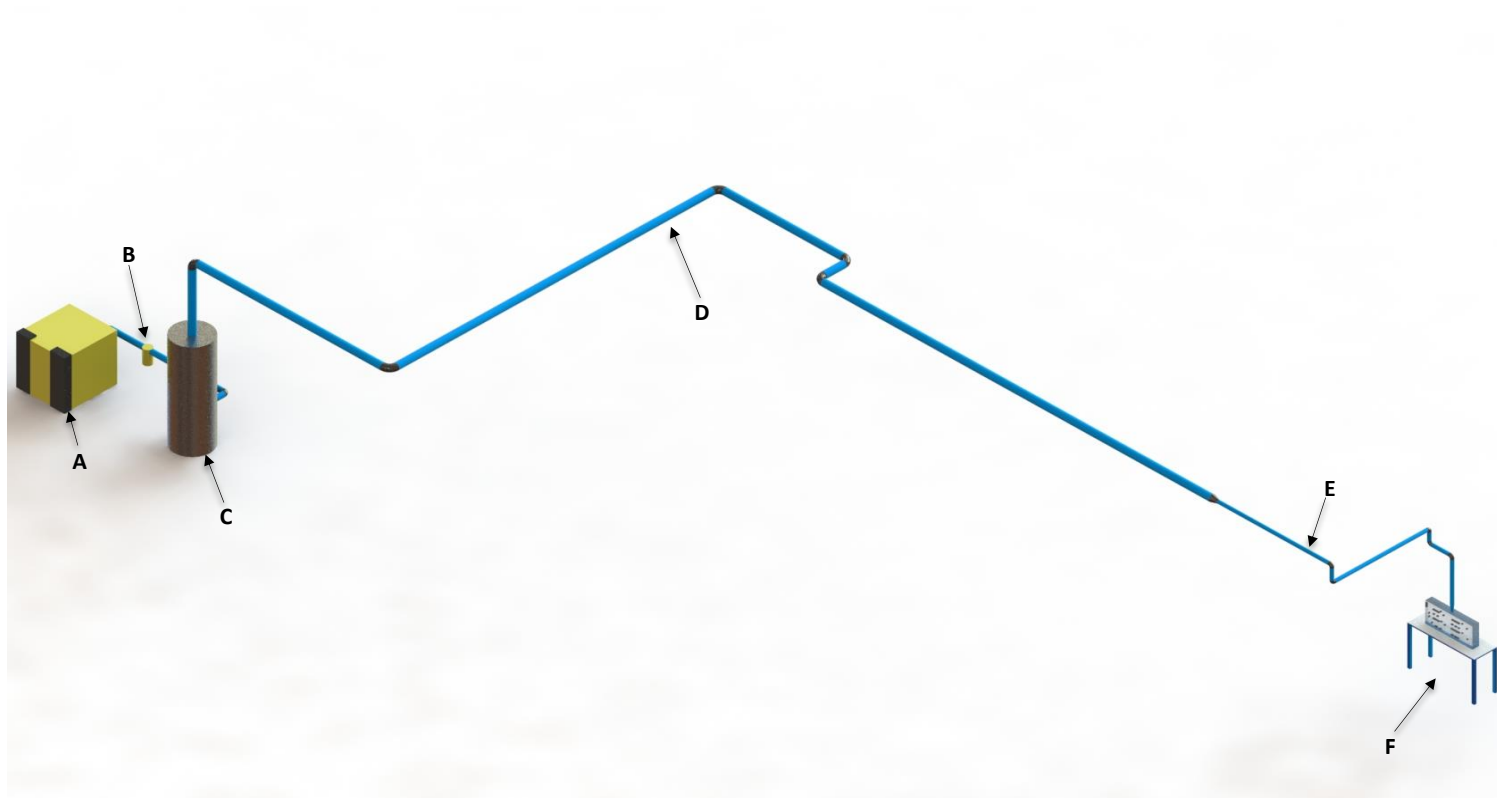
ORDEN	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LAS VALVULAS Y CILINDROS	SEMANA	MENSUA	ANUAL
1	Inspeccionar puntos de fuga (bridas, accesorios y vástago) para determinar si existen emisiones de aire al exterior.	x		
2	Verificación de la presión de aire y ajuste si es necesario.	x		
3	Comprobación de la integridad de las etiquetas de identificación y de los soportes y anclajes.	x		
4	Inspección de las conexiones neumáticas y apriete de los accesorios como lo son los racores con la ayuda de herramientas adecuadas.	x		
5	Verificar que los manómetros estén calibrados indicando la presión correcta con la ayuda de un manómetro guía.	x		
6	Comprobar que las mangueras y accesorios no tengan desgaste o fisuras.	x		
7	Comprobar que no haya suciedad u otros agentes contaminantes en el banco neumático.	x		
8	Inspeccionar el vástago de los cilindros en busca de suciedad.	x		
9	chequear la velocidad del vástago de los cilindros, que no sea muy rápido ni muy lenta. con aire a baja presión (1 bar verifique el suave desplazamiento en ambos sentidos del vástago, girando el mismo entre operaciones 90° manualmente.	x		
10	Con el fin de detectar pequeñas fugas que no se perciben de manera auditiva, con la ayuda de un cepillo y agua jabonosa, cepille las juntas y observe si se generan burbujas con el fin de detectar estas pequeñas fugas		x	

11	Aplicar aire comprimido y conectar un manómetro a la misma línea que alimenta al cilindro neumático, aislar el sistema cerrando las válvulas y observar la lectura del manómetro. Si la presión cae gradualmente indica una fuga interna. Repetir este procedimiento en la otra cámara (si aplica).		X	
12	Limpieza externa de válvulas y cilindros con aire comprimido y un paño suave. También El lavado de partes puede realizarse por inmersión en nafta, complementando con pincel o cepillo de limpieza y sopleteado con aire limpio y seco. Es conveniente repetir la operación varias veces hasta obtener una limpieza a fondo de las partes.		X	
13	Comprobación del recorrido completo de los vástagos y de la funcionalidad de los indicadores de posición (inicio y final de carrera).		X	
14	Inspección de la acumulación de suciedad en los orificios de entrada y salida, y de la integridad de las mangueras y conexiones de aire que no estén taponadas.		X	
15	alimentar la válvula con presión de 6 a 8 bar y obturar con tapones sus bocas de utilización. En tales condiciones y para ambas posiciones del distribuidor, verificar ausencia de fugas en bocas de escape y en tapas de mando y reacción.		X	
16	Para evaluar la condición de los cilindros, primero se debe retraer el vástago y desconectar la manguera que suministra aire a esta cámara, luego aplicar aire en la cámara opuesta. Observar cuidadosamente si hay alguna fuga de aire en el puerto del cilindro donde se desconectó la manguera. Si no hay fugas de aire, los sellos están en buen estado. es importante repetir este procedimiento en sentido inverso para verificar que ambos sellos internos del vástago estén en buen estado.		X	
17	Verificar que las conexiones de cilindros y válvulas estén apretadas correctamente tanto las de los mismos componentes como el anclaje de esta al banco.			
18	Verificación de la alineación y ajuste de las palancas de las válvulas.			X
19	Limpieza interna de cilindros y válvulas, revisión de juntas y sellos, y lubricación de partes móviles.			X
20	Prueba de funcionamiento en condiciones de carga simuladas para verificar la respuesta, estanqueidad y presión de trabajo.			X

Fuente: Elaboración propia.

9.5. TUBERÍA SMARTPIPE+ DE KAESER

Figura 45 Plano de la línea de aire comprimido.



Fuente: Propia elaborada en el software SolidWorks.

- A: Compresor KAESER SM15T
- B: Unidad filtrante F16KE de KAESER
- C: Deposito de aire comprimido OKS otto klein gmbh
- D: Tubería SmartPipe+ de KAESER - \varnothing 50mm
- E: Tubería SmartPipe+ de KAESER - \varnothing 20mm
- F: Banco didáctico neumático.

Se excluye el diseño de la línea de aire comprimido en su totalidad ya que esta, después de salir del compresor, se ramifica hacia otros laboratorios de la universidad, solo se realiza una representación gráfica de la línea que inicia desde el compresor, pasando por el filtro de Kaeser, luego por depósito de aire comprimido y por último hasta el banco neumático.

“Los componentes SmartPipe+ se destacan por su diseño, sostenibilidad y durabilidad. Fabricados con una aleación de aluminio 6063-T5, la tubería recubierta de pintura azul y los accesorios sin silicona garantizan la integridad del sistema. Los sellos duraderos de Nitrilo y los accesorios de aleación de aluminio ASTM B26 - 356.0, recubiertos con pintura negra mediante cataforesis, ofrecen resistencia a los rayos UV y fluidos comprimidos. Las arandelas de sujeción de acero inoxidable AISI 304 y la identificación con polímero PEBD completan un conjunto que no solo asegura calidad y resistencia, sino también un compromiso total con la sostenibilidad, gracias a su 100% de reciclabilidad”. (KAESER, 2019)^[10]

A continuación, se presenta una tabla donde se sugieren labores de mantenimiento preventivo para la tubería SmartPipe+ de KAERSER:

Tabla 10 *Labores de mantenimiento preventivo para la tubería neumática.*

ORDEN	LABORES DE MANTENIMIENTO PARA LA TUBERÍA SMARTPIPE+ KAESER	FRECUENCIA
1	Realizar una inspección visual exhaustiva de la tubería y los accesorios en busca de daños o fugas. Prestar especial atención a las uniones y conexiones. Documentar cualquier anomalía encontrada.	Trimestral
2	Limpiar meticulosamente la superficie exterior de la tubería y los accesorios utilizando un paño suave y limpio con agua y, si es necesario, un detergente suave para eliminar polvo, suciedad o residuos.	Semestral
3	Inspeccionar con detenimiento los sellos de Nitrilo en los conectores para asegurar su integridad y eficacia. Verificar que no haya signos de desgaste, grietas o deformaciones que puedan comprometer su sellado.	Anual
4	Realizar una inspección visual de la pintura exterior de la tubería y los accesorios para identificar signos de desgaste, o deterioro. Prestar atención a áreas donde la pintura pueda estar descascarada o dañada.	Anual
5	Revisar minuciosamente la identificación con polímero PEBD para garantizar su legibilidad y precisión. Verificar que la identificación no esté desgastada, borrosa o dañada, y reemplazar si es necesario.	Bienal
6	Evaluar la resistencia de los accesorios recubiertos de pintura negra a los rayos UV y fluidos comprimidos. Verificar visualmente que la pintura no esté agrietada o descascarada y realizar pruebas según sea necesario para garantizar su integridad.	Bienal
7	Realizar pruebas no destructivas para verificar la integridad estructural de la tubería y los accesorios. Utilizar métodos como pruebas de presión o ultrasonido para detectar posibles defectos o daños internos que puedan comprometer su funcionamiento.	Cada 5 años

Fuente: Propia.

9.6. MANTENIMIENTO BÁSICO PREVENTIVO DE UN CILINDRO DOBLE EFECTO NEUMÁTICO.

En esta sección, se documentará de manera detallada el proceso de mantenimiento básico preventivo realizado a un cilindro de doble efecto neumático.

El cilindro utilizado para este mantenimiento es un prototipo fabricado durante la materia de neumática. Este prototipo fue desarrollado con el propósito de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en clase. La experiencia de trabajar con este cilindro neumático ha permitido comprender de manera más profunda su funcionamiento y las mejores prácticas para su mantenimiento.

El mantenimiento preventivo un cilindro neumático incluye varias etapas que aseguran su buen funcionamiento y previenen fallos durante su uso. Entre las tareas principales se encuentran: inspección visual, limpieza de componentes, lubricación de las partes móviles, verificación de la estanqueidad y la integridad de los sellos.

A continuación, se presenta un registro fotográfico detallado de cada etapa del proceso de mantenimiento, acompañado de una descripción paso a paso. Este registro tiene como objetivo no solo documentar el procedimiento realizado, sino también servir como guía visual para futuras referencias y para las personas interesadas en aprender sobre la correcta mantención de estos dispositivos neumáticos.

- 1) Realizar una inspección visual para verificar la integridad del cilindro.



- 2) Desmontar todas las partes del cilindro con bastante cuidado.



- 3) Identificar el estado interno del cilindro, se evidencia empaques en mal estado, y lubricante que ya requiere cambio.



- 4) Retirar los empaques con la ayuda de un destornillador de pala.



- 5) Limpiar todas las partes con la ayuda de un paño limpio y suave.



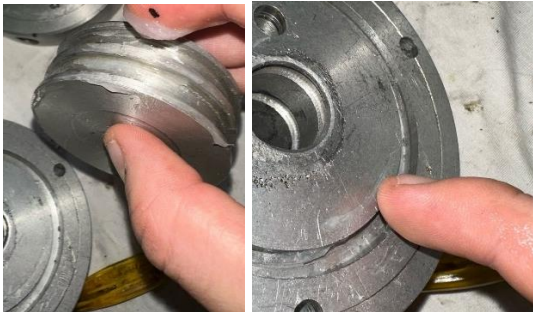
6) Preparar los nuevos empaques.



7) Preparar la grasa.



8) Lubricar todas las partes, incluyendo alojamiento de empaques y el interior de la camisa del cilindro.



9) Instalar los empaques nuevos.



10) Instalar nuevamente todas las partes.



11) Apretar con el torque recomendado por el fabricante.



Nota: las imágenes mostradas en la anterior descripción de mantenimiento de un cilindro neumático de doble efecto son de elaboración propia.

12) Después de completar las tareas de desmontar el cilindro neumático, limpiarlo, cambiar los empaques y aplicar nuevo lubricante, es indispensable realizar una prueba de estanqueidad para asegurar que el mantenimiento realizado sea efectivo y que no haya fugas de aire. Este paso garantiza que el cilindro funcione correctamente y mantenga la presión durante su operación.

Es importante mencionar que en esta ocasión no se han incluido imágenes del proceso de prueba de estanqueidad debido a la falta de equipos necesarios para realizar dicha prueba. No obstante, la siguiente descripción ofrece una guía clara y detallada sobre cómo llevar a cabo la prueba de estanqueidad de manera efectiva.

- Una vez que el cilindro sea armado nuevamente, asegúrese de que todas las conexiones estén bien ajustadas y que los componentes estén en su lugar correcto.
- Introducir aire a presión en el cilindro siguiendo las especificaciones del fabricante según el tipo y modelo específico del cilindro.
- Realizar una inspección visual preliminar en las áreas de los empaques y conexiones para detectar cualquier signo de fuga.

- Mezclar agua y jabón, y aplicarla a lo largo de las juntas, conexiones y empaques. Observar detenidamente si se forman burbujas en alguna de estas áreas. Estas burbujas indican la presencia de fuga de aire.
- Para verificar la operatividad de los nuevos sellos, se debe poner un manómetro en la misma línea de aire por donde ingresa aire comprimido a una de las cámaras del cilindro. Luego observar los valores de presión indicados en el manómetro, se debe mantener una presión estable. Si hay una disminución significativa de la presión durante un período de tiempo determinado, esto podría indicar la presencia de una fuga interna. Es importante llevar a cabo esta observación durante un período de tiempo suficiente para detectar cualquier pérdida gradual de presión. Repetir este procedimiento en la otra cámara (si aplica). La verificación con un manómetro permite una evaluación más precisa y sistemática de la integridad del cilindro, complementando así las inspecciones visuales y la prueba de burbujas.
- Para una evaluación más precisa, se recomienda utilizar un detector de fugas ultrasónico o un manómetro para detectar fugas, ya que estos pueden identificar y localizar pequeñas fugas que podrían no ser visibles a simple vista o con la prueba de burbujas.
- Documentar los resultados de la prueba de estanqueidad, incluyendo cualquier fuga encontrada y las acciones correctivas tomadas para solucionarlas. Si se detectan fugas, es necesario volver a desmontar el cilindro, revisar y corregir las áreas problemáticas, y repetir

la prueba de estanqueidad hasta asegurar que no haya fugas, también dejar registro del mantenimiento realizado.

10. FICHAS PARA EL REGISTRO DE MANTENIMIENTO

Siendo uno de los principales objetivos del mantenimiento es generar informes que permitan llevar un control de manejo de presupuesto, tiempo, personal, mano de obra propia y contratada; los repuestos, herramientas y materiales empleados, ya que esto permite conservar los equipos en las mejores condiciones para así suplir con la demanda requerida por los consumidores. (OLARTE C., BOTERO A., & CAÑÓN A., 2010)^[17]

Se han diseñado varios documentos de operación y mantenimiento con el fin de apoyar a los laboratoristas y personal técnico, con el propósito de que adquieran conocimientos sobre cómo realizar adecuadamente el mantenimiento del banco didáctico de neumática. Además, sirve como un recurso de apoyo a los estudiantes, permitiéndoles ampliar su comprensión sobre la neumática y aprender a cuidar el banco neumático.

La idea de este proyecto es ayudar a prolongar la vida útil del banco didáctico neumático de la institución implementando el plan de mantenimiento diseñado.

Esta propuesta se presenta como una sugerencia fundamentada en buenas prácticas y labores estandarizadas por los fabricantes de los equipos, además con la posibilidad de ser mejorada y de igual manera con la flexibilidad necesaria para ser adaptada según las necesidades específicas para otros laboratorios.

10.1. Sistema de codificación sugerida

Un sistema de codificación es implementado para asignar identificadores únicos a diferentes elementos dentro de un sistema o inventario, estos códigos se diseñan con el fin de proporcionar una forma más eficiente de identificar, organizar y gestionar elementos.

En el contexto del laboratorio de neumática donde se trabaja con una variedad de elementos como cilindros, válvulas y otros componentes, un sistema de codificación adecuado es fundamental para una gestión eficaz del inventario. Facilita la identificación rápida y precisa de los elementos, lo que es crucial para el mantenimiento, la reparación y la documentación.

Estos serían unos de los principales objetivos de implementar un sistema de codificación para el banco didáctico de neumática básica, que además de ayudar a evitar confusiones, pérdidas de tiempo y errores, también contribuye a la productividad y éxito general del laboratorio:

- Simplificar la ubicación e identificación de elementos.
- Organizar eficientemente el inventario.
- Facilitar el seguimiento y mantenimiento de cada elemento.
- Mejorar la eficiencia en la gestión del laboratorio.

Sistema de codificación propuesto:

Prefijo de Identificación:

El sistema utiliza el prefijo "**LN-NB**" para indicar la pertenencia al laboratorio de Neumática (LB) específicamente a la parte de Neumática Básica (NB). Este prefijo proporciona una identificación clara y distintiva para todos los elementos relacionados con la neumática básica en el laboratorio.

Categoría del Elemento:

Cada elemento se asigna a una categoría específica que describe su tipo. Por ejemplo

CSE: Cilindro Simple Efecto.

CDE: Cilindro Doble Efecto.

ACU: Acumulador.

Número de Serie:

Cada elemento recibe un número de serie único que lo distingue de los demás elementos dentro de la misma categoría. Este número de serie se asigna de manera secuencial a medida que se añaden nuevos elementos al inventario.

Ejemplo de Sistema de Codificación:

Tomemos como ejemplo un cilindro simple efecto. Su código sería:

"LN-NB-CSE-9-001". Aquí desglosamos el código:

- **LN-NB:** Prefijo que indica la pertenencia al laboratorio de Neumática.
- **9:** Módulo al que pertenece el cilindro, dado que se cuenta con 2 módulos (4663-8 y 4663-9). Si el elemento pertenece al módulo que finaliza en 8, se pondrá este número.
- **CSE:** Categoría del elemento, en este caso, Cilindro Simple Efecto.
- **001:** Número de serie único asignado al cilindro simple efecto.

A continuación, se presenta un ejemplo de codificación para el módulo 4663-9.

Tabla 11 Codificación para el módulo 4663-9 de neumática básica del laboratorio.

Elemento	Código
Cilindro Simple Efecto	LN-NB-9-CSE-00X
Cilindro Doble Efecto	LN-NB-9-CDE-00X
Acumulador	LN-NB-9-ACU-00X
Bloque Distribuidor	LN-NB-9-BD-00X
Racor	LN-NB-9-RAC-00X
Tee	LN-NB-9-TEE-00X
Manguera	LN-NB-9-MAN-00X
Manómetro	LN-NB-9-MAN-00X
Válvula de Simultaneidad	LN-NB-9-VSIM-00X
Válvula Selectora	LN-NB-9-VSEL-00X
Válvula de Alivio	LN-NB-9-VAL-00X
Válvulas de No Retorno (Retención)	LN-NB-9-VNR-00X
Bloque de 3 Válvulas Selectoras	LN-NB-9-B3VS-00X
Bloque de 3 Válvulas de Simultaneidad	LN-NB-9-B3VSIM-00X
Válvula de 5 Vías 2 Posiciones (Pulsador)	LN-NB-9-V52PUL-00X
Válvula de 5 Vías 2 Posiciones (Perrilla)	LN-NB-9-V52PER-00X
Válvula de 5 Vías 2 Posiciones (Biestable)	LN-NB-9-V52BIE-00X
Válvula de 5 Vías 2 Posiciones (Monoestable)	LN-NB-9-V52MON-00X
Válvula de 3 Vías 2 Posiciones (Rodillo)	LN-NB-9-V32ROD-00X
Unidad FR+L	LN-NB-9-UFR+L-00X

Fuente: Elaboración propia.

Comentario de la tabla 7: No se realiza otra tabla para el módulo 4663-8 ya que este contiene los mismos elementos tanto en características como en cantidad.

La siguiente tabla presenta la codificación sugerida para las piezas modulares de neumática básica, se usa el mismo concepto de la anterior tabla, solo se le realiza una modificación para identificar que pertenece al módulo de piezas modulares.

PM: Prefijo Indica que el elemento pertenece al conjunto de piezas modulares.

Tabla 12 *Codificación de piezas modulares de neumática básica del laboratorio.*

Elemento	Código
Cilindro Simple Efecto	LN-NB-PM-CSE-00X
Cilindro Doble Efecto	LN-NB-PM-CDE-00X
Bloque Distribuidor	LN-NB-PM-BD-00X
Válvula de cierre con unidad de filtro	LN-NB-PM-VCUF-00X
Válvula 5 vías 2 posiciones (Biestable)	LN-NB-PM-V52BIE-00X
Válvula 5 vías 2 posiciones (Monoestable)	LN-NB-PM-V52MON-00X
Válvula 3 vías 2 posiciones (pulsador)	LN-NB-PM-V32PUL-00X
Válvula 3 vías 2 posiciones con accionamiento manual	LN-NB-PM-V32M-00X
Válvula selectora con silenciador	LN-NB-PM-VSELS-00X
Contador	LN-NB-PM-CON-00X
Válvula 3 vías 2 posiciones (Rodillo)	LN-NB-PM-V32ROD-00X
Válvula temporizadora 0-5	LN-NB-PM-VT-00X
Bloque de 3 válvulas selectoras	LN-NB-PM-B3VSEL-00X

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 Checklist semanal para el mantenimiento preventivo del banco didáctico neumático.

CHECK LIST				
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LABORATORIO DE NEUMÁTICA				
REPORTE DE INSPECCIÓN SEMANAL				
Fecha:	Hora:		Responsable:	
			Modulo	4663-8 / 4663-9
COMPRESOR				
Puntos de observación			Síntomas	Causa
Acción Correctiva				
Ruidos anormales	Si	No	N/A	
Nivel de aceite	Bajo	Medio	Alto	
Purga de agua	Si	No	N/A	
Presión Máxima	Cumple	No cumple	N/A	
Estado del filtro enfriador	Obstruido	Libre	N/A	
Estado del filtro del tablero eléctrico	Obstruido	Libre	N/A	
Observaciones:				
Fecha:	Hora:		Responsable:	
			Modulo	4663-8 / 4663-9
BANCO DIDACTICO NEUMATICO				
Puntos de observación			Síntomas	Causa
Acción Correctiva				
Válvulas y cilindros				
Fugas:	Si	No	N/A	
Vástago del cilindro (Presenta pandeo)	S	No	N/A	
Velocidad del cilindro	Normal	Lento	rápido	
Comutación de las válvulas	Optimas	Defectuosas	N/A	
Instalación de mangueras y racores	Optimas	Defectuosas	N/A	
Observaciones:				
Fecha:	Hora:		Responsable:	
			Modulo	4663-8 / 4663-9
UNIDAD DE MANTENIMIENTO				
Puntos de observación			Síntomas	Causa
Acción Correctiva				
Fugas:	Si	No	N/A	
Nivel de aceite adecuado	Si	No	N/A	
Filtro de aire	Obstruido	Libre	N/A	
Estado del manómetro	Ajustado a parámetros	Desajustado a parámetros	N/A	
se hizo drenaje del filtro	Si	No	N/A	
Observaciones:				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14 *Formato de actividades de mantenimiento.*

		PLAN DE MANTENIMIENTO Enero/01-----Junio/30						
Versión: 2024		LABORATORIO DE NEUMATICA						
Tarea	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Año	
Inspección visual								
Limpieza externa de componentes								
Limpieza interna de componentes								
Lubricación								
Verificación de fugas								
Verificación de filtros y reguladores								
Verificación de válvulas								
Verificación y calibración de manómetros								
Verificación de unidad de mantenimiento								
Purga de compresor								
Medición de presiones								
Responsable de la actividad:	Fecha:		Diagnostico:		Tipo de mantenimiento:			
Observaciones:								



Fuente: propia.

Tabla 15 Formato de puesta a punto.

		INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO FORMATO PUESTA A PUNTO			
Versión: 2024		LABORATORIO DE NEUMÁTICA			
EQUIPO:			MARCA:		
MODELO:			CODIGO:		
UBICACIÓN:					
1	Inspección visual del banco neumático.	Indique lugar o sitio del problema del activo.	SI	NO	
1	Suciedad				
2	Avería mecánica (Ruido, vibración, golpe, rotura)				
3	Humedad				
4	Mala instalación del equipo				
5	Problemas de temperatura				
6	Faltantes de partes o accesorios				
7	Faltantes de partes o accesorios				
8	Problemas de conexiones neumáticas				
9	Nivel de aceite				
10	Calibración de elementos				
11	Verificación y ajustes del equipo				
12	Estado de mangueras y racores				
13	Funcionamiento de sistema de seguridad				
Responsable de la actividad:		Fecha:	Diagnostico:	Estado del equipo:	
Observaciones:					


Fuente: propia.

Tabla 16 Formato de historial de averías.

		INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO FORMATO HISTORIAL DE AVERIAS			
Versión: 2024		LABORATORIO DE NEUMÁTICA			
EQUIPO:			MARCA:		
MODELO:			CODIGO:		
FECHA DE INICIO:					
I	Descripción de la avería:				
1	Tipo de avería:			Fecha:	Hora:
2	Causa de la avería:	Repuesto:		SI	NO
3	Acciones correctivas:				
3.1	Reparación directa:	Reemplazo de componentes:	Ajustes o calibraciones:		
4	Tiempo de inactividad del activo:	Requiere de llamar técnico especializado:	Afecta la producción:		
5	Responsable del mantenimiento:				
II	Seguimiento y monitoreo				
1	Elemento que presenta avería:	Actividad realizada:	Requiere intervención externa:		
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
			Si:	no:	
Supervisor de la actividad:		Fecha:			
Observaciones:					



Fuente: propia.

Tabla 17 Formato de uso de herramientas.

		HERRAMIENTAS		No.	
Versión: 2024		LABORATORIO DE NEUMATICA			
Área que realiza la solicitud:					
Solicitante:			Empresa:		
Ubicación técnica:			Costo:		
Equipo o elemento:					
Tipo de actividad o mantenimiento			Prioridad		
Programado:		Normal	Urgente	Muy urgente	
Correctivo:		Fecha de inicio:			
Predictivo:		Fecha de entrega:			
Urgencia:					
Servicio solicitado					
Tipo de Servicio			Descripción del servicio		
Observaciones generales:					
Emite			Aprueba		
Nombre:			Nombre:		
Fecha:			Fecha:		
Firma:			Firma:		

Fuente: propia.

Tabla 18 *Formato de solicitud de servicios externos.*

		SOLICITUD DE SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EXTERNOS	
Versión: 2024		LABORATORIO DE NEUMATICA	
CANTIDAD	NOMBRE	CARACTERISTICAS	
Firma:			
Observaciones:			

Fuente: propia.

11.RECOMENDACIONES

Se recomienda la pronta implementación del plan de mantenimiento preventivo diseñado para el banco didáctico neumático, con el objetivo de mejorar su eficiencia y prolongar su vida útil, según lo evidenciado por los resultados obtenidos.

Es esencial proporcionar capacitación adecuada al personal para garantizar la ejecución efectiva de las labores establecidas. Para llevar un seguimiento riguroso de las actividades de mantenimiento, se sugiere implementar los formatos creados.

Además, se subraya la importancia de realizar las labores de mantenimiento en los tiempos sugeridos, según las frecuencias establecidas en el plan. También se recomienda implementar el sistema de codificación para una mejor identificación de los componentes del Banco Didáctico Neumático, lo cual facilitará el proceso de mantenimiento y gestión de inventario.

Además, se sugiere establecer un sistema de seguimiento y evaluación continua para monitorear la efectividad del plan, con base en los hallazgos de la investigación. Además, se hace hincapié en la importancia de actualizar periódicamente el plan para incorporar nuevos conocimientos y tecnologías, asegurando así el óptimo funcionamiento del equipo a lo largo del tiempo.

Es fundamental garantizar la seguridad y el cuidado durante la implementación del mantenimiento preventivo del Banco Didáctico Neumático. Se recomienda que ciertas labores,

especialmente aquellas relacionadas con componentes críticos o complejos, sean realizadas únicamente por personal experto del fabricante del equipo. Esto asegurará que las tareas se lleven a cabo de manera segura y eficiente, minimizando el riesgo de accidentes o daños al equipo. Además, se deben seguir rigurosamente todas las normativas y procedimientos de seguridad establecidos durante el mantenimiento, incluyendo el uso adecuado de equipo de protección personal y la identificación de posibles riesgos en el entorno de trabajo. La prioridad debe ser siempre la seguridad tanto del personal como del equipo, garantizando así un mantenimiento efectivo y sin contratiempos.

12. CONCLUSIONES

En el laboratorio, los equipos están bien cuidados y ubicados en un entorno favorable. La introducción del plan de mantenimiento sería de gran valor, ya que proporcionaría información sobre el estado y funcionamiento de los equipos, contribuyendo así a su longevidad y rendimiento continuo. Esta medida preventiva es esencial para garantizar el funcionamiento eficiente y confiable del banco didáctico neumático.

El diseño de este plan de mantenimiento preventivo no solo ayuda a prevenir averías y prolongar la vida útil del equipo, sino que también optimiza los recursos institucionales al reducir los costos asociados con reparaciones no planificadas y tiempos de inactividad. Además, al asegurar un funcionamiento confiable del equipo, se respalda directamente la formación de los estudiantes en neumática, facilitando la realización de prácticas, experimentos y mejorando la calidad de la educación práctica; Teniendo en cuenta que la neumática, como disciplina fundamental de la mecánica, se beneficia enormemente de un equipo en condiciones óptimas.

En última instancia, el diseño e implementación de este plan de mantenimiento preventivo no solo tienen un impacto positivo en el laboratorio de neumática, sino que también contribuyen al desarrollo institucional al promover prácticas de gestión eficientes y crear un entorno de aprendizaje óptimo para la comunidad pascualina.

13. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A., S. N. (2011). *Neumática práctica*. Madrid: Paraninfo Madrid.
- [2] AUTOMATIZACIÓN, M. (9 de noviembre de 2023). *CATALOGO MASTER*. Obtenido de microautomacion: <https://co.microautomacion.com/es/inicio/>
- [3] Balanzá, J. C. (11 de 07 de 2021). YouTube. Obtenido de MANÓMETROS DE BOURDÓN : https://www.youtube.com/watch?v=nLYjb6_6q_o
- [4] Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde. (2015). Neumática. *fsanccac*, 1.
- [5] Festo Inc. (2024). *Productos didacticos* . Obtenido de Festo Inc.: https://www.festo.com/co/es/search/?tab=DIDACTIC_PRODUCTS&page=0&q=152887
- [6] Festo Inc. (2024). *Racor rápido roscado*. Obtenido de Festo Inc.: <https://www.festo.com/co/es/a/186096/?q=~%3AsortByCoreRangeAndSp2020>
- [7] Ghiglia, A. (30 de marzo de 2022). *Bloque helicoidal asimétrico de dos rotores lubricado*. Obtenido de Kaesertalk: <https://kaesertalk.com.ar/2022/03/30/compresores-de-aire-con-bloque-helicoidal/>
- [8] Grupo Hidraulica. (2023). Válvulas de alivio: ¿Cómo y cuándo usarlas? *Grupo Hidraulica*, 1. Obtenido de <https://grupohidraulica.com/noticias/2023/04/05/valvulas-de-alivio-como-y-cuando-usarlas/>
- [9] hydraulic-calculation. (24 de mayo de 2018). *Cilindros neumaticos*. Obtenido de hydraulic-calculation: <https://www.hydraulic-calculation.com/es/index.php?beg=40>
- [10] KAESER. (06 de 2019). *KAESER COMPRESORES*. Obtenido de <https://gt.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:48-46634>
- [11] maquitec de colombia. (s.f.). *Compresor Modular Kaeser SM10T 42 cfm*. Obtenido de maquitec de colombia: <https://maquitecdecolombia.com/compra-de/soluciones-aire-comprimido/compresor-de-tornillo-estacionario/compresor-modular-kaeser-sm10t-42-cfm/>
- [12] Micro automatización. (2023). *VÁLVULAS*. Obtenido de Micro automatización: <https://co.microautomacion.com/es/valvulas-es/>
- [13] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (17 de marzo de 2023). *minTIC*. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/prensa/foto-noticias/sector-manufacturero-en-terreno-positivo>
- [14] Mordor Intelligence. (2024). *Análisis de participación y tamaño del mercado de neumática inteligente tendencias de crecimiento y pronóstico (2024-2029)*. Obtenido de <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/smart-pneumatics-market>
- [15] Najas, G. A. (2022). *SIMBOLOGÍA NEUMÁTICA--VÁLVULAS DE BLOQUEO-FLUJO-PRESIÓN*. *INDUSTRIALES ANDES*, 1.
- [16] Occidente, T. e. (2023). Compresores de tornillo rotativo vs Compresores reciprocantes. *El boletín del aire comprimido*, 1. Obtenido de <https://tecnocompression.com/el-boletin-del-aire-comprimido/>

- [17] OLARTE C., W., BOTERO A., M., & CAÑÓN A., B. (2010). *IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL DENTRO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN*. Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917316066>
- [18] Palma González, M. (2023). *Avances Tecnológicos: Hidrógeno Verde, Modernización de Grúas y Control de Procesos en Planta*. Universidad de Sevilla. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11441/148417>
- [19] Quincho Abad, R. A. (2015). *Incremento de la disponibilidad mecánica, para la reducción de costos operativos de las excavadoras CAT 336 de la empresa Stracon GyM S.A.* Universidad Nacional del centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/283>
- [20] Salvador, A. G. (1993). *Introducción a la Neumática*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- [21] Solé, A. C. (2011). *Neumatica e hidráulica*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- [22] Toapanta Cunalata, O. G. (2010). *Implementación de un Análisis de Mantenimiento Basado en Condición de los Compresores Reciprocantes y de Tornillo*. Escuela superior politecnica de chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/260>
- [23] W. Haring, M. M.-C. (2005). *Neumática Nivel básico*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG.

ANEXOS

Anexo I. Manual de mantenimiento del compresor Kaeser SM, ver archivo en el enlace adjunto.

<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-mayor-de-san-simon/refrigeracion-y-aire-acondicionado/manual-sm-para-manula-de-operaciones/33169767>

Anexo II.

Manómetro de Bourdon

https://www.youtube.com/watch?v=nLYjb6_6q_o

Calibración de manómetro Bourdon.

<https://www.youtube.com/watch?v=WW-jf2gIfBs&t=333s>

