



**Inspección del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga**

Herrera Zambrano, Sergio Patricio

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica.

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica Aeronáutica.

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

02 de febrero del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenidos





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: "Inspección del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga" fue realizado por el señor Herrera Zambrano, Sergio Patricio; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de febrero de 2023

Firma:



Ing. Inca Yajamín Gabriel Sebastián

C. C: 1722580329



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, Herrera Zambrano, Sergio Patricio, con cédula de ciudadanía N° 1725847444, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Inspección del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 22 de febrero de 2023

Firma

Herrera Zambrano, Sergio Patricio

C. C: 1725847444



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

**Autorización de Publicación**

Yo Herrera Zambrano, Sergio Patricio, con cédula de ciudadanía N° 1725847444, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación:  
Titulo: Inspección del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 22 de febrero de 2023

Firma

Herrera Zambrano, Sergio Patricio

C. C: 1725847444

## **Dedicatoria**

El presente proyecto se lo dedico a mis padres por haber sido mi apoyo incondicional durante toda la carrera, por su amor, paciencia, consejos y regaños, pero sobre todo les agradezco por ayudarme siempre a tomar las mejores decisiones para mi futuro. Por enseñarme la importancia del trabajo duro y que nada se consigue fácil. A mis sobrinos, porque quiero demostrarles que cuando Dios pone un sueño en su corazón, él les dará todas las herramientas necesarias para cumplirlo, gracias por tenerme como su ejemplo a seguir y ser siempre mi motivación para ser una mejor persona. A mi hermana por ser mi inspiración en cuanto a la constancia y pasión con la que se deben hacer las cosas, por su confianza y amor brindado. A toda mi familia, en especial a mis abuelos, por todo el apoyo y cariño brindado durante esta etapa estudiantil, por la confianza que han depositado siempre en mí y su gran sabiduría que han compartido conmigo.

**Herrera Zambrano, Sergio Patricio**

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por ser quien guía mi camino, por llevarme de la mano a cumplir una meta más en busca de un sueño, por la sabiduría, valentía y coraje para seguir en pie a pesar de las adversidades, por brindarme salud, por cuidar de todas las personas maravillosas que me han apoyado durante esta etapa. A mi madre, por su cariño, apoyo y paciencia en cada momento en el que lo necesite, por impulsarme siempre a salir adelante y por los valores inculcados. A mi padre, por la inmensa confianza que ha depositado en mí, por su cariño y sabiduría brindada, por enseñarme a soñar y luchar por los sueños. A Camila Ayala, por haber sido un gran soporte durante este proceso, por brindarme su paciencia y comprensión en cada etapa difícil, por impulsarme y apoyarme a luchar por mis sueños y sobre todo por brindarme su cariño. A los docentes, compañeros y amigos, por los conocimientos compartidos, experiencias vividas y enseñanzas aprendidas a lo largo de este ciclo.

Finalmente, quiero agradecer a la Universidad de las fuerzas armadas ESPE sede Latacunga, a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica por brindarme la oportunidad de realizar este logro académico en mi vida.

**Herrera Zambrano, Sergio Patricio**

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenidos.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>18</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>20</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>20</b>
<b>Justificación e Importancia .....</b>	<b>21</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>22</b>
<b><i>Objetivo general.....</i></b>	<b>22</b>
<b><i>Objetivos específicos.....</i></b>	<b>22</b>
<b>Alcance.....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo II: Marco Teórico .....</b>	<b>24</b>
<b>Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica.....</b>	<b>24</b>
<b>Regulaciones aeronáuticas del Ecuador .....</b>	<b>25</b>



Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil (CIAC).....	25
Requisitos de un CIAC acorde a la RDAC 147.....	26
<i>Instalaciones y edificaciones</i> .....	26
<i>Requisitos de equipamiento, material y ayudas de instrucción</i> .....	26
MIP Manual de Instrucción y Procedimientos de la Carrera.....	27
Laboratorios de la universidad.....	27
Mecánica de fluidos. ....	29
<i>Definición de fluido</i> .....	29
Propiedades de los fluidos ....	30
Presión.....	30
<i>Presión manométrica o relativa</i> .....	31
<i>Presión absoluta</i> .....	31
Caudal .....	32
Compresibilidad .....	32
<i>Dilatación térmica</i> .....	33
<i>Fluido en reposo</i> .....	33
<i>Fluido en movimiento</i> .....	33
Ecuación de continuidad .....	34
Ecuación de Bernoulli .....	35
Aplicaciones de la Ecuación de Bernoulli .....	36
<i>Tubo Pitot</i> .....	37

<i>Tubo de venturi</i> .....	37
<b>Neumática</b> .....	38
<b>Concepto de un sistema neumático</b> .....	38
<b>Leyes de los gases perfectos</b> .....	39
<i>Ley de Boyle-Mariotte</i> .....	40
<b>El aire</b> .....	40
<i>Inconvenientes del aire comprimido</i> .....	40
<i>Compresión del aire</i> .....	41
<b>Componentes de un sistema neumático</b> .....	42
<b>Compresor</b> .....	43
<i>Características de los compresores</i> .....	43
<b>Tipos de compresores</b> .....	44
<i>Compresores de desplazamiento positivo</i> .....	44
<i>Compresores de desplazamiento dinámico</i> .....	46
<b>Compresor de aire de 2 etapas (XC602100)</b> .....	47
<b>Mantenimiento o inspección de compresores</b> .....	48
<b>Válvulas</b> .....	49
<i>Características de las válvulas</i> .....	49
<b>Tipos de válvulas</b> .....	49
<i>Válvulas de simultaneidad</i> .....	49
<i>Válvulas selectoras</i> .....	50

<i>Válvula anti retorno</i> .....	50
<i>Válvula reguladora de caudal</i> .....	51
<i>Válvula de corte</i> .....	52
Mantenimiento o inspección de válvulas.....	52
Filtros .....	53
Características de los filtros.....	54
Tipos de filtros neumáticos .....	55
<i>Filtros Cerámicos</i> .....	55
<i>Filtros Separadores de Agua</i> .....	56
<i>Filtros Coalescentes</i> .....	56
Mantenimiento o inspección de filtros.....	57
Manómetros .....	57
Tipos de manómetros .....	58
<i>Manómetros comerciales</i> .....	58
<i>Manómetros de uso general</i> .....	59
<i>Manómetros industriales de acero inoxidable</i> .....	59
<i>Manómetros diferenciales</i> .....	60
Mantenimiento o inspección de manómetros. ....	60
Líneas neumáticas. ....	61
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	63
Diseño del sistema neumático .....	63

<b>Materiales y herramientas.....</b>	<b>63</b>
<b>Instalaciones de tomas eléctricas para el compresor .....</b>	<b>64</b>
<b>Instalación y ubicación del compresor .....</b>	<b>65</b>
<b>Distribución de ductos neumáticos .....</b>	<b>66</b>
<b>Instalación de componentes.....</b>	<b>67</b>
<i>Ductos y acoples .....</i>	<i>67</i>
<b>Dispositivos de control y monitoreo.....</b>	<b>68</b>
<i>Válvula de corte .....</i>	<i>68</i>
<i>Filtros.....</i>	<i>68</i>
<i>Manómetro del compresor .....</i>	<i>69</i>
<b>Chequeo operacional .....</b>	<b>70</b>
<b>Pruebas de Taladrado .....</b>	<b>70</b>
<b>Pruebas de Remachado.....</b>	<b>71</b>
<b>Pruebas de Lijado.....</b>	<b>72</b>
<b>Distribución de tomas neumáticas.....</b>	<b>72</b>
<b>Implementación de manuales y señales de seguridad .....</b>	<b>74</b>
<b>Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>75</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>75</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
<b>Glosario de términos .....</b>	<b>77</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>78</b>

**Anexos.....81**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Carrera de Tecnología Superior Mecánica Aeronáutica</i> .....	24
<b>Figura 2</b> <i>Mantenimiento de equipos y material de instrucción</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Laboratorios de la carrera</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Aeronaves con las que cuenta la Carrera de Tecnología en Mecánica</i> .....	28
<b>Figura 5</b> <i>Simulación numérica de CFD</i> .....	29
<b>Figura 6</b> <i>Propiedades de los fluidos</i> . .....	30
<b>Figura 7</b> <i>Nanómetro en U</i> .....	31
<b>Figura 8</b> <i>Caudal</i> .....	32
<b>Figura 9</b> <i>Compresibilidad</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Dinámica de fluidos computacional</i> . .....	33
<b>Figura 11</b> <i>Gráfico de la ecuación de continuidad</i> .....	35
<b>Figura 12</b> <i>Gráfico de la ecuación de Bernoulli</i> .....	36
<b>Figura 13</b> <i>Tubo pitot</i> .....	37
<b>Figura 14</b> <i>Tubo venturi</i> .....	38
<b>Figura 15</b> <i>Sistema Neumático</i> .....	39
<b>Figura 16</b> <i>Esquema general del sistema</i> . .....	42
<b>Figura 17</b> <i>Compresor Campbell Hausfeld 3.2 H. P 60 Gal. Vertical</i> .....	43
<b>Figura 18</b> <i>Compresor de pistón</i> . .....	44
<b>Figura 19</b> <i>Compresor de Tornillo</i> .....	45
<b>Figura 20</b> <i>Compresor Alternativo</i> .....	46

<b>Figura 21</b> <i>Compresor axial</i> .....	47
<b>Figura 22</b> <i>Compresor de aire de 2 etapas</i> .....	47
<b>Figura 23</b> <i>Válvulas de simultaneidad</i> .....	49
<b>Figura 24</b> <i>Válvulas selectoras</i> .....	50
<b>Figura 25</b> <i>Válvula anti retorno</i> .....	51
<b>Figura 26</b> <i>Regulador unidimensional</i> .....	51
<b>Figura 27</b> <i>Válvula de corte</i> .....	52
<b>Figura 28</b> <i>Mantenimiento predictivo</i> .....	53
<b>Figura 29</b> <i>Filtro</i> .....	54
<b>Figura 30</b> <i>Filtros cerámicos</i> .....	55
<b>Figura 31</b> <i>Filtro Separadores de Agua</i> .....	56
<b>Figura 32</b> <i>Filtros Coalescentes</i> .....	57
<b>Figura 33</b> <i>Filtro de Sistema de Aire</i> .....	57
<b>Figura 34</b> <i>Manómetro</i> .....	58
<b>Figura 35</b> <i>Manómetro de uso general</i> .....	59
<b>Figura 36</b> <i>Manómetro de acero inoxidable</i> .....	59
<b>Figura 37</b> <i>Manómetros diferenciales</i> .....	60
<b>Figura 38</b> <i>Mantenimiento o inspección de manómetros</i> .....	61
<b>Figura 39</b> <i>Distribución de las líneas Neumáticas</i> .....	62
<b>Figura 40</b> <i>Instalación del breaker (20 amperios)</i> .....	64
<b>Figura 41</b> <i>Instalación del compresor</i> .....	65

<b>Figura 42</b> <i>Distribución de ductos</i> .....	66
<b>Figura 43</b> <i>Instalación de acoples</i> .....	67
<b>Figura 44</b> <i>Instalación de válvula de corte</i> .....	68
<b>Figura 45</b> <i>Instalación de filtros</i> .....	68
<b>Figura 46</b> <i>Instalación de manómetro</i> .....	69
<b>Figura 47</b> <i>Chequeo operacional</i> .....	70
<b>Figura 48</b> <i>Pruebas de remachado</i> .....	71
<b>Figura 49</b> <i>Pruebas de remachado</i> .....	71
<b>Figura 50</b> <i>Pruebas de lijado</i> .....	72
<b>Figura 51</b> <i>Laboratorio de motores jet y pistón</i> .....	72
<b>Figura 52</b> <i>Área de limpieza de componentes</i> .....	73
<b>Figura 53</b> <i>Laboratorio de sistemas de la aeronave</i> .....	73
<b>Figura 54</b> <i>Laboratorio de sistemas de la aeronave</i> .....	74



**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Características de un sistema neumático</i> .....	39
<b>Tabla 2</b> <i>Tareas de mantenimiento de un compresor</i> .....	48
<b>Tabla 3</b> <i>Características y tipos de filtros</i> .....	55
<b>Tabla 4</b> <i>Características de los manómetros</i> .....	58
<b>Tabla 5</b> <i>Listado de herramientas y materiales</i> .....	63
<b>Tabla 6</b> <i>Características del Compresor</i> .....	65

## Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad la inspección del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica el cual comenzará por la investigación de los requerimientos que debe tener un centro de instrucción aeronáutico civil (CIAC) para poder ser aprobado por la autoridad aeronáutica competente DGAC bajo la RDAC 147. Posteriormente se analizarán las posibles mejoras que se pueda aplicar al sistema neumático ya sean estas la implementación de filtros, manómetros, válvulas o a su vez requiera de alguna reparación, limpieza o pintura que el sistema requiera. Se adaptará el sistema de acuerdo a las necesidades de los equipos, máquinas y herramientas que utilicen energía neumática en cada uno de los laboratorios, así también se procederá a realizar un diseño de la distribución del sistema mediante el software AutoCAD, en el cual se indicarán las medidas, así como también la ubicación de las uniones, filtros y válvulas que están instaladas en el sistema. Se implementará una serie de distintos letreros y señalamientos para precautelar la vida útil del sistema, así como también la integridad física de los estudiantes al momento de manipular el mismo. Para alargar la vida útil del sistema neumático se propondrá un plan de mantenimiento preventivo el cual las futuras generaciones de estudiantes tendrán que seguirlo para conservar el sistema.

*Palabras clave:* inspección, sistema neumático, laboratorios, centro de instrucción aeronáutico civil.

### **Abstract**

The purpose of this project is the inspection of the pneumatic system of the laboratories of the Higher Technology in Aeronautical Mechanics career, which will begin with the investigation of the requirements that a Civil Aeronautical Instruction Center (CIAC) must have in order to be approved by the competent aeronautical authority DGAC under RDAC 147. Subsequently, the possible improvements that can be applied to the pneumatic system will be analyzed, whether these are the implementation of filters, pressure gauges, valves or any repair, cleaning or painting that the system requires. The system will be adapted according to the needs of the equipment, machines and tools that use pneumatic energy in each of the laboratories, and a design of the distribution of the system will be made using AutoCAD software, in which the measurements will be indicated, as well as the location of the joints, filters and valves that are installed in the system. A series of different signs and signals will be implemented to protect the useful life of the system, as well as the physical integrity of the students when handling the system. In order to extend the useful life of the pneumatic system, a preventive maintenance plan will be proposed, which future generations of students will have to follow in order to preserve the system.

Keywords: inspection, pneumatic system, laboratories, civil aeronautical training center.

## Capítulo I

### Planteamiento del problema de investigación

#### Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga se distingue por la calidad de profesionales que aporta al entorno laboral del país, esto debido al eficaz método de enseñanza por parte de sus docentes y la calidad de aulas, laboratorios en los cuales sus estudiantes se pueden formar, contribuyendo así a una generación de nuevos conocimientos convirtiéndose en un referente de la educación superior a nivel nacional e internacional.

La mejora, chequeo, e innovación referente a la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica y sus laboratorios debe ser constante y primordial por esta razón se ha visto la necesidad de realizar una inspección y mejora del sistema neumático de los laboratorios para beneficio de toda la comunidad estudiantil y así de esta forma mantener el nivel educativo que caracteriza a la universidad. Este proceso se realizará en base a la RDAC 147. Cap. C. para la certificación de centros de instrucción de aeronáutica civil y formación de mecánicos de mantenimiento de aeronaves.

Al aplicar esta normativa los laboratorios de la universidad servirán de forma adecuada como centro de instrucción para el manejo de materiales, estructuras de aviación y servicio de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. Este sistema neumático servirá también como herramienta pedagógica con el fin de mejorar las competencias del saber hacer de los estudiantes permitiendo simular las condiciones reales de trabajo para lograr que los mismos adquirieran experiencias para su futuro desempeño laboral.

#### Planteamiento del problema

El aire comprimido hoy en día es una fuente de energía que al aprovecharla proporciona ventajas para trabajar con elementos neumáticos, permite también realizar de una forma más

rápida y eficiente las tareas que se puedan emprender dentro de los laboratorios de la universidad en la cual los y las estudiantes cumplen estrictos cronogramas de trabajo de acuerdo a la planificación estudiantil requiriendo así herramientas que faciliten al máximo sus deberes en los laboratorios del campus.

Para mantener el alto nivel de educación superior que caracteriza a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L dentro de su carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica es necesario la adecuación y mantenimiento de sus laboratorios adaptándose a las normativas que dicta el ente regulador en este caso la Dirección Nacional de Aviación Civil (DGAC) para beneficio tanto de docentes como estudiantes de la carrera.

Al contar con otros tipos de energía dentro de los laboratorios de la universidad, se otorga la capacidad de usar herramientas más especializadas que facilitarían la construcción, mantenimiento y trabajos en aeronaves de una forma más rápida, mejorando el desempeño de los estudiantes dentro la universidad impulsando el cumplimiento y mejora de sus actividades según el cronograma establecido.

### **Justificación e Importancia**

La investigación de este tema es importante, ya que a través del mismo se podrán optimizar los procesos de aprendizaje por parte de los estudiantes en los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica en la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Latacunga mediante el uso de herramientas que funcionan con energía neumática, reduciendo los tiempos en las tareas de mantenimiento y aumentando la calidad del producto final, haciendo posible el cumplimiento de cronogramas establecidos por los docentes dentro del tiempo estipulado.

Al analizar e inspeccionar estos temas se tendrá un amplio conocimiento de los elementos básicos para mejorar los procesos de construcción y mantenimiento de aeronaves, así como de la relación que existe entre el uso de energía neumática y la mejora en el sistema dentro de los laboratorios del campus. El correcto funcionamiento del sistema neumático hará

posible el uso de herramientas neumáticas dentro del hangar, lo que será de ayuda a los estudiantes de la carrera influyendo a la mejora de habilidades y conocimientos que adquieren en la carrera, promoviendo también la entrega de trabajos o proyectos a tiempo y facilitando también el inicio de nuevos proyectos de investigación.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Inspeccionar y adecuar el sistema de abastecimiento neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L mediante el análisis de las necesidades de los estudiantes para recibir instrucción práctica y en beneficio de los mismos.

### ***Objetivos específicos***

- Obtener toda la información necesaria mediante la investigación en, manuales, normas y reglamentos referente al funcionamiento de un sistema neumático en una determinada área.
- Inspeccionar y acoplar el sistema de abastecimiento neumático apropiado para un centro de instrucción certificado por la DGAC mediante la RDAC 147 Cap. C.
- Proponer un programa de mantenimiento preventivo del sistema neumático de los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica.

## **Alcance**

Este proyecto tiene como alcance la mejora del sistema neumático dentro de los laboratorios de la universidad mediante una inspección minuciosa del mismo basándose en la RDAC 147 principalmente en el capítulo C, así como también en las diferentes normativas para la instalación de sistemas de abastecimiento neumático con el fin de beneficiar al desarrollo de las competencias y funcionalidad dentro del laboratorio manteniendo en condiciones adecuadas los diferentes componentes para beneficio de los docentes y estudiantes de la carrera de

Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE  
Sede Latacunga.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

El objetivo de la carrera es proporcionar al sector público y privado, empresarial e industrial, tecnólogos en el área de Mantenimiento en Mecánica Aeronáutica con capacidad crítica, analítica, para el mantenimiento de aeronaves a fin de garantizar la aeronavegabilidad en condiciones de vuelo de las mismas, así como también contribuir al desarrollo de competencias a nivel nacional e internacional de esta forma permitir a sus egresados desempeñarse en el amplio campo laboral de una manera óptima, eficaz y segura acorde a todas las normas y estándares nacionales e internacionales. (Barrera Ramírez, 2011)

La carrera de Mecánica Aeronáutica con sus menciones en motores y aviones, con certificación de moto propulsor y célula; se define como una profesión altamente competitiva y de actualización continua que va de la mano con el desarrollo tecnológico de la aeronáutica, para la formación del personal técnico que labora en mantenimiento aeronáutico. (Barrera Ramírez, 2011)

#### Figura 1

*Carrera de Tecnología Superior Mecánica Aeronáutica*



*Nota.* Carrera de Tecnología Superior Mecánica Aeronáutica. Tomada de <https://espe-el.espe.edu.ec/tecnologias/>



Los tecnólogos graduados de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Latacunga de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE están altamente capacitados para realizar el mantenimiento preventivo de aeronaves y sus sistemas de acuerdo a las especificaciones del fabricante, reemplazar partes menores defectuosas, inspeccionar metódicamente a las aeronaves, sus sistemas y estructura, analizar y dar soluciones a las fallas (Troubleshooting), realizar reparaciones estructurales, realizar el rigging, trimming preventivo y overhaul de hélices, realizar el rigging, trimming,. (ESPE, 2022)

### **Regulaciones aeronáuticas del Ecuador**

Según la RDAC 001 Sub parte A, menciona que una RDAC es: “Es un conjunto de reglas que norman la actividad aeronáutica de la República del Ecuador”, pues este es un documento público generado por la autoridad aeronáutica competente, en este caso la DGAC. (DGAC, 2010)

Estos documentos son de fácil adquisición ya que se encuentran en las páginas web de cada autoridad aeronáutica, existen un sin número de estas regulaciones y cada una de ellas esta especificada en un sector o tema específico de la aviación del país, se puede encontrar desde definiciones y abreviaturas en general, hasta los requisitos para certificaciones, licencias, etc. (DGAC, 2015)

### **Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil (CIAC)**

De acuerdo a la RDAC 147, Cap. A, Numeral 147.005 Definiciones y abreviaturas, Literal (b) menciona que las abreviaturas CIAC tienen un significado de Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil.

Además, alude que ninguna persona puede operar un CIAC para formación y/o entrenamiento de mecánicos de mantenimiento de aeronaves, sin poseer el respectivo CCIAC y las ESINS emitidas por la AAC conforme a lo requerido en este reglamento. (DGAC, 2015)

Los CIAC para instrucción de mecánicos de mantenimiento de aeronaves dentro de la República del Ecuador se rigen a la RDAC 147 que se refiere a Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil para formación de Mecánicos de Mantenimiento de Aeronaves. (Ver Anexo A)

### **Requisitos de un CIAC acorde a la RDAC 147**

#### ***Instalaciones y edificaciones***

La RDAC 147 bajo el Cap. C Reglas de Operación, artículo 147.200, literal (b) menciona que: “Para desarrollar la instrucción práctica, se dispondrá de talleres y/o instalaciones de mantenimiento independientes a las aulas de formación teórica, a fin de impartir en forma adecuada el curso de formación programado”. (DGAC, 2015)

#### ***Requisitos de equipamiento, material y ayudas de instrucción***

Dentro de estos requisitos la RDAC 147 en su artículo 147.205, artículo (e) señala que: “El titular de un CCIAC deberá mantener el equipamiento y el material de instrucción en condiciones iguales a las requeridas inicialmente para la emisión del certificado y las habilitaciones que posee”. (DGAC, 2020) (Ver Anexo B)

### **Figura 2**

#### ***Mantenimiento de equipos y material de instrucción***



*Nota.* Funcionamiento del operador con Herramientas y equipamiento adecuado. Tomada de [https://www.frvt.utn.edu.ar/sala\\_ensayo\\_motores.utn#gsc.tab=0](https://www.frvt.utn.edu.ar/sala_ensayo_motores.utn#gsc.tab=0)

## **MIP Manual de Instrucción y Procedimientos de la Carrera**

El CIAC deberá contar con un manual de instrucción y procedimientos (MIP) que contenga toda la información e instrucción necesaria para que el personal realice sus funciones. (DGAC, 2020) (Ver Anexo C)

Dentro de este manual se encuentra la designación y distribución de los laboratorios, así como también la capacidad máxima de estudiantes en instrucción, la cual es de 25 estudiantes según el MIP de la carrera, especificando que esta capacidad es para cada clase que se lleve a cabo en aulas, talleres, laboratorios, estaciones de trabajo, simuladores y avión escuela. Para la instrucción práctica existe un rango o restricción de estudiantes de 15:1 de los cuales ocho estudiantes pueden realizar las prácticas. (DGAC, 2020)

Así mismo este manual deberá proporcionar toda la información necesaria y específica para llevar a cabo un mantenimiento programado de las instalaciones, equipo y herramientas. Mismo que debe ser de fácil acceso y debe ser actualizado por lo menos cada veinticuatro meses para mantener actualizada la información que figura en él.

### **Laboratorios de la universidad**

Los laboratorios de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga cuentan con equipamiento necesario para la instrucción de mecánicos de mantenimiento de aeronaves siendo así que es un CIAC certificado por la autoridad aeronáutica competente del país DGAC. Y aprobado en base a la RDAC 147 para centros de instrucción. (ESPE, 2022)

**Figura 3**

*Laboratorios de la carrera*



*Nota.* Laboratorios con los que cuenta la Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica.

Estos laboratorios cuentan con tres aeronaves de instrucción aceptables por la AAC según el capítulo C numeral 2, así como también cuenta con un laboratorio ampliamente equipado en distintas zonas.

**Figura 4**

*Aeronaves con las que cuenta la Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica*



*Nota.* Aeronaves con las que cuenta la Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica.

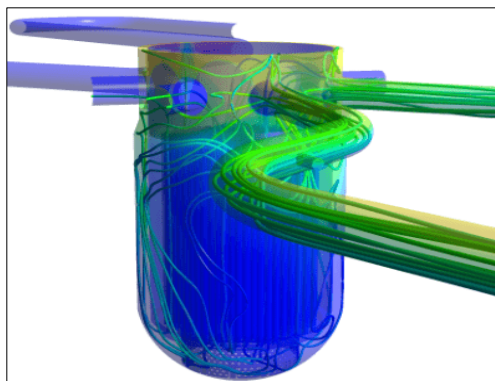
## Mecánica de fluidos

Se la conoce como un área de la mecánica que tiene como objetivo estudiar los fluidos y esto lo hace gracias a los principios de la mecánica clásica. (IQR, 2020)

La mecánica de fluidos es parte de la física y como tal, es una ciencia especializada en el estudio del comportamiento de los fluidos en reposo y en movimiento. Proporciona los fundamentos y herramientas necesarios para diseñar y evaluar equipos y procesos en diversos campos tecnológicos. (IQR, 2020)

### Figura 5

*Simulación numérica de CFD.*



*Nota.* Mecánica de fluidos, que es, Simulación numérica en CFD. Tomada de <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-dinamica-de-fluidos-definicion/>

### **Definición de fluido**

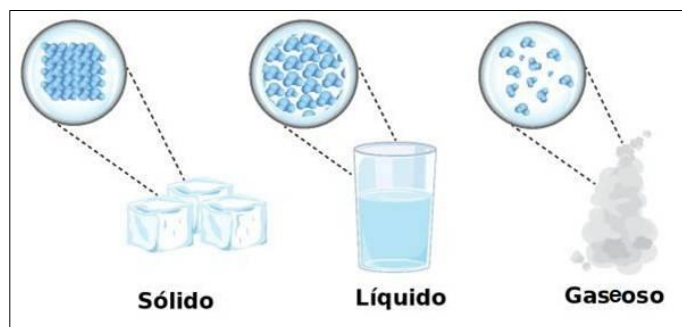
Un fluido es un cuerpo que tiene la capacidad de fluir, careciendo de toda rigidez y elasticidad. Debido a estas características, cede inmediatamente ante cualquier fuerza que altere su forma, adoptando la forma del recipiente que lo contiene. (IQR, 2020)

Un fluido se puede definir como un líquido o gas debido a que en estos estados de materia se acoplan de manera adecuada a la definición presentada anteriormente, entonces se puede decir que lo que determina un fluido es la forma en la que se comporta más no su composición. De igual forma se define a un fluido como una sustancia que puede cambiar de forma constantemente cuando esta se somete a esfuerzos. Dentro de este tema se considera

que hay dos tipos de fluidos los cuales son fluidos en reposo y fluido en movimiento. (Noguera B, 2020)

### Figura 6

*Propiedades de los fluidos.*



*Nota.* Las propiedades de los fluidos, su representación en estados. Tomada de <http://explorandopropiedadesdelosfluidos.blogspot.com/2017/12/instituto-universitario-politecnico-san.html>

### Propiedades de los fluidos

#### Presión

Esta se determina en el análisis de un fluido el cual como se menciona anteriormente ejerce presión en las paredes o superficies interiores en las que se encuentra, este efecto se lo conoce como presión hidrostática cuando se refiere a fluidos líquidos, lo que genera es una fuerza sobre los fluidos en reposo hacia las paredes del recipiente o a las superficies del objeto sumergido. Cuando el líquido fluye significa que el resultado de las fuerzas, de las presiones no son perpendiculares a las paredes o superficies, esta depende siempre del líquido y su densidad haciendo referencia al punto desde el cual se mida. (Noguera B, 2020)

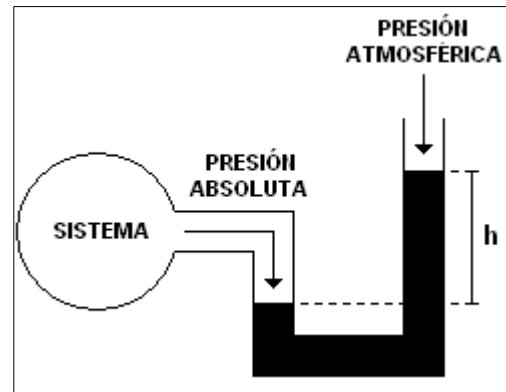
A todo lo dicho anteriormente se lo puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$P = \frac{F}{A}$$

En fin "Un fluido confinado por fronteras sólidas, la presión actúa de manera perpendicular a la pared". (Noguera B, 2020)

## Figura 7

Nanómetro en U.



Nota. Sistema de presión mediante un nanómetro en U. Tomada de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/tepeji/industrial/Termodinamica\\_Presion.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/tepeji/industrial/Termodinamica_Presion.pdf)

### **Presión manométrica o relativa**

La presión manométrica se considera que es una diferencia entre presiones, presión absoluta y presión atmosférica, cuando se tiene una presión manométrica superior a la presión atmosférica esta se la conoce como presión positiva. Si la presión manométrica es menor a la presión atmosférica se la considera una presión negativa. La presión manométrica puede variar constantemente ya que al depender de la presión atmosférica esta puede variar según las condiciones climáticas y también del nivel del mar. (Luis & Zaragoza, 2013)

Se define como la diferencia entre presión absoluta ( $P_{abs}$ ) y presión atmosférica predominante ( $P_{amb}$ ). Se denota con el subíndice “e”:  $P_e$  y se calcula de la siguiente manera.  $P_e = P_{abs} - P_{amb}$ . (Sahagun S, 2021)

### **Presión absoluta**

Al contrario de la presión manométrica esta es una suma de presiones, presión atmosférica más presión manométrica. Casi nunca se obtiene una presión absoluta de cero, aunque se puede dar si se consigue un vacío perfecto lo cual ocurre naturalmente solo en el

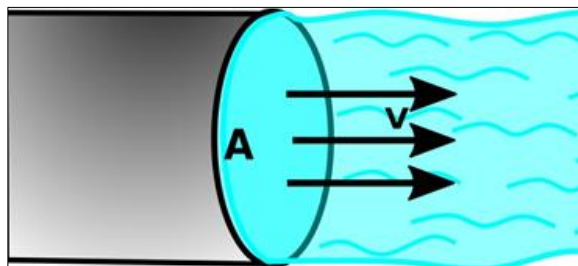
espacio exterior. Es recomendable medir la presión en libras por pulgada cuando se encuentra en un lugar el cual tiene una presión atmosférica variable. Por ende, es de suma importancia analizar el clima antes de cualquier medición de este tipo. En esta medición no influyen las condiciones ambientales como el clima o la altitud. (Sahagun S, 2021)

### **Caudal**

Se conoce como caudal a la cantidad de fluido que pasa por una superficie en un determinado tiempo. En neumática se entiende como la cantidad de aire comprimido el cual se mide como volumen, este es suministrado por el compresor que es regulado para una unidad de tiempo. Su unidad de medida es  $\frac{m^3}{s}$ . (Salvador, 1988)

### **Figura 8**

*Caudal*



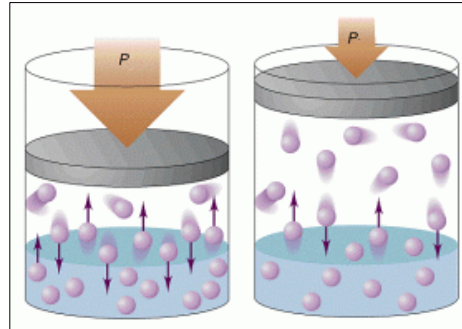
*Nota.* Caudal en tubería. Tomada de <https://www.contraincendio.com.ve/hidraulica-basica>

### **Compresibilidad**

Se la conoce como la capacidad que tienen los fluidos para disminuir su volumen cuando se aumenta su presión. (Ubidia Pamela, 2013)

La compresibilidad se refiere al cambio de volumen que sufre una sustancia cuando se le sujeta a un cambio de presión. La cantidad usual que se emplea para medir este fenómeno es el módulo volumétrico de elasticidad o módulo volumétrico. (Morales Palacios, 2012)



**Figura 9***Compresibilidad*

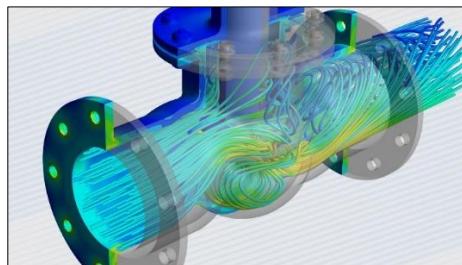
*Nota. Teoría cinemática de los Gases, choque de moléculas a diferente presión. Tomada de <https://cienciamaxima.wordpress.com>*

***Dilatación térmica******Fluido en reposo***

Se los conoce como aquellos que realizan una fuerza sobre la superficie interna de los recipientes en los que se encuentran y también sobre cualquier objeto que se encuentre en su interior o sumergido en ellos. A esta fuerza se la conoce como la presión hidrostática.

***Fluido en movimiento***

Se lo conoce como la hidrodinámica y hace referencia a los fluidos que no se encuentran estáticos mientras que el estudio de los gases en movimiento es conocido como aerodinámica. Un claro ejemplo de estos es las corrientes de agua en un río o las corrientes de aire que pasan por un perfil alar.

**Figura 10***Dinámica de fluidos computacional.*

*Nota.* Que es la dinámica de fluidos, representación computacional. Tomada de <https://www.esss.co/es/blog/dinamica-de-fluidos-computacional-que-es/>

Se considera que la hidrodinámica es la parte de la hidráulica ya que esta se encarga de interpretar y estudiar el comportamiento de los líquidos en movimiento. Se clasifican a los fluidos como líquidos y gases, es por esta razón que se considera también el flujo, la velocidad, la presión y el gasto de líquido.

Al estudiar la hidrodinámica se aplica el conocido teorema de Bernoulli el cual menciona acerca de la ley de la conservación de la energía que es de suma importancia ya que *la suma de las energías cinética, potencial, y de presión de un líquido en movimiento en un punto determinado es igual a la de otro punto cualquiera.* (Parra, 2012)

### **Ecuación de continuidad**

Para el estudio de la ecuación de la continuidad se considera un tubo de corriente estrecho, de forma que se pueda ser uniforme la velocidad en cualquier sección del tubo perpendicular al flujo. En el interior del tubo la velocidad del flujo es paralela a la línea de corriente en cada punto, pudiendo ser estas velocidades distintas en cada punto.

Sea  $v_1$  la velocidad de la partícula en el punto 1, y  $v_2$  la velocidad de la partícula en el punto 2, con  $A_1$  y  $A_2$  las secciones transversales de los tubos, perpendiculares a las líneas de corriente. Si el tubo es estrecho  $v_1$  y  $v_2$  son uniformes en  $A_1$  y  $A_2$  respectivamente. En un intervalo de tiempo  $dt$  un elemento del fluido recorrerá una distancia  $v dt$  por lo que en el tiempo  $dt$  pasará por  $A_1$  la masa de fluido. (Domingo A, 2011)

$$dm_1 = \rho \cdot A_1 \cdot v_1 dt$$

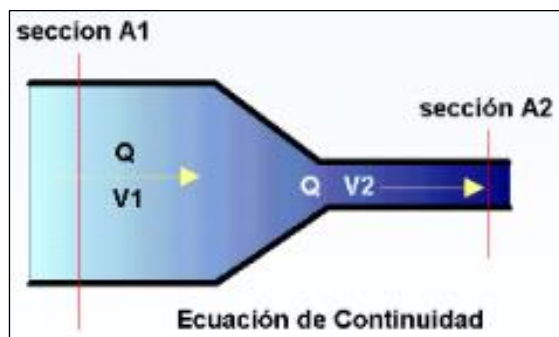
Donde  $\rho_1$  es la densidad del fluido al pasar por la sección 1. El flujo de masa o caudal másico se define como la masa que atraviesa una sección en la unidad de tiempo, y viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_m = \frac{dm_1}{dt} = \rho_1 A_1 v_1$$

Donde se considera implícitamente que en ese intervalo infinitesimal de tiempo ni  $A$  ni  $v$  varían apreciablemente en el recorrido del fluido  $v dt$ . El caudal másico a través de la sección  $A_1$  es  $\rho_1 A_1 v_1$  y a través de la sección  $A_2$  es  $\rho_2 A_2 v_2$ . (Domingo A, 2011)

### Figura 11

*Gráfico de la ecuación de continuidad*



*Nota.* Representación gráfica de la ecuación de la continuidad. Tomada de <http://www.cienciasfera.com>

### Ecuación de Bernoulli

La aplicación de la ecuación de conservación de la energía a los fluidos en movimiento es compleja cuando se tienen en cuenta todas las formas de energía. Sin embargo, la particularización de esta ecuación en régimen permanente cuando se tienen en cuenta solamente las manifestaciones de energía mecánica en los fluidos, es un concepto mucho más simple, representado en la Ecuación de Bernoulli. (López Jiménez, 2014)

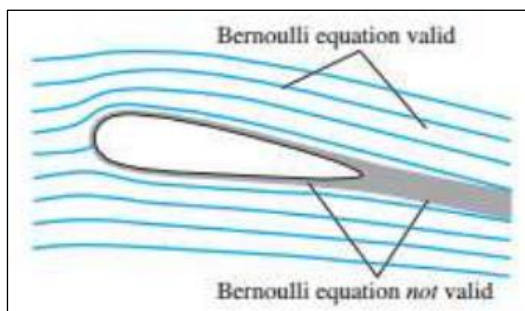
La ecuación de Bernoulli también denominada principio de Bernoulli o trinomio de Bernoulli, fue estudiada por el matemático, estadístico, físico y médico neerlandés-suizo Daniel Bernoulli en la década de 1700. Bernoulli estudio el comportamiento y las fuerzas presentes en un fluido en movimiento, y estableció que en un flujo la presión estática más la presión dinámica es constante. (Fernanda Antolínez et al., 2016)

$$q + p = p_o$$

*Energía cinética + energía de flujo + energía potencial gravitatoria= constante*

## Figura 12

Gráfico de la ecuación de Bernoulli



Nota. Representación gráfica de la ecuación Bernoulli. Tomada de <https://>

Ecuacion\_de\_Bernoulli-libre.pdf

El flujo de energía, la energía cinética y la energía potencial gravitatoria son las formas mecánicas de la energía, de este modo la ecuación de Bernoulli se puede entender como el principio de conservación de la energía mecánica, es decir, en un flujo constante incompresible y con fricción despreciable, las diversas formas de energía mecánica se transforman de una forma a otra conservándose la energía total.

Como no hay fricción, no habrá energía mecánica disponible en los flujos y no habrá conversión a energía térmica. El principio de Bernoulli en términos de la segunda ley de Newton (del movimiento), la cual es un balance de energía mecánica, se define como el trabajo realizado por las fuerzas de presión y gravitación sobre una partícula cualesquiera del fluido, el cual es equivalente al incremento de la energía cinética de la partícula. (McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott, 1991)

### Aplicaciones de la Ecuación de Bernoulli

El principio de Bernoulli es muy importante para la solución de problemas en dinámica de fluidos, de igual manera tiene una amplia aplicación tanto en procesos de ingeniería como en hechos que parecen muy comunes en la vida cotidiana. Algunas de las aplicaciones se describen a continuación:

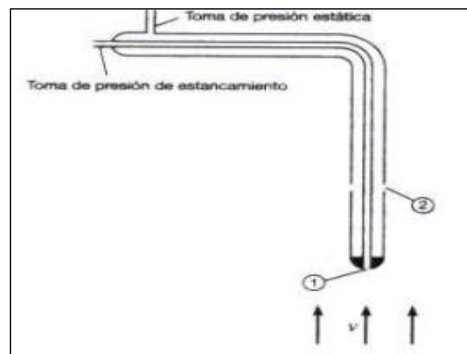
### **Tubo Pitot**

La ecuación para el tubo de Pitot está dada por:

$$V_2 = \left[ \frac{2}{\rho} (P_{z,1} - P_{z,2}) \right]^{\frac{1}{2}}$$

### **Figura 13**

*Tubo pitot*



*Nota.* Representación gráfica del tubo pitot. Tomada de

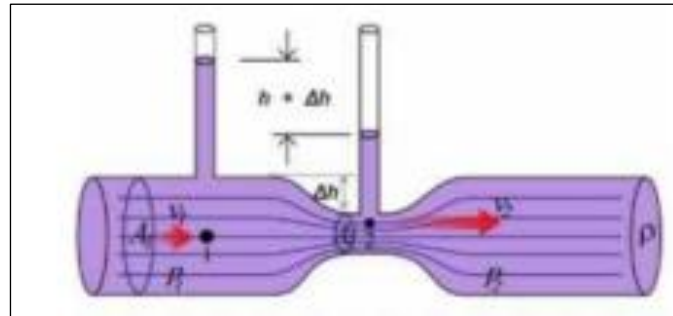
[http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondasyfluidos/Tema\\_2.09-Ecuacion\\_de\\_Bernoulli.pdf](http://www.astro.ugto.mx/~papaqui/ondasyfluidos/Tema_2.09-Ecuacion_de_Bernoulli.pdf).

### **Tubo de venturi**

dispositivo diseñado para medir la velocidad de un fluido, consiste en un tubo formado por dos secciones cónicas unidas por un tubo en el cual la velocidad del fluido aumenta. La presión puede ser medida por un tubo vertical en forma de U. Estos tubos sirven para medir la diferencia de presión entre el fluido que pasa a baja velocidad por una entrada y la presión del fluido que pasa por un área inferior y por tanto a mayor velocidad. (Fernanda Antolínez et al., 2016)

## Figura 14

### *Tubo venturi*



*Nota.* Representación gráfica del tubo venturi. Tomada de

<https://www.astro.rug.nl/~weygaert/tim1publication/astrohydro2014/astrohydro2014.III.2.pdf>.

## Neumática

Se la considera como el uso de aire y gases para generar presión normalmente aire comprimido el cual se usa para generar energía necesaria como para mover o hacer funcionar maquinas u herramientas que requieran de esta energía. Es decir, transforman la energía del aire comprimido en energía mecánica. (Morales Palacios, 2012)

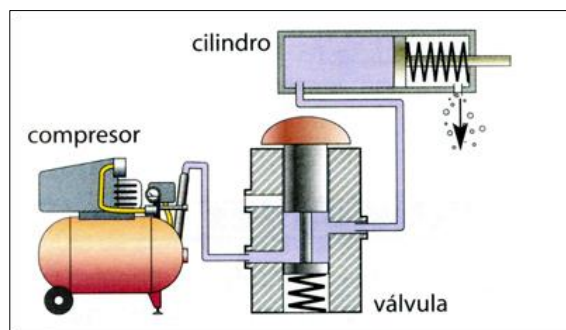
La neumática estudia la fuerza obtenida por el aire a presión la cual se aplica en los sistemas de abastecimiento neumático. Un Sistema Neumático aprovecha la presión y volumen del aire comprimido por un compresor de aire y lo transforma por medio de actuadores en movimientos rectilíneos y de giro, que se usan para automatizar maquinaria en casi todas las industrias. (Morales Palacios, 2012)

## Concepto de un sistema neumático

Un sistema neumático básico se encuentra conformado por distintos elementos que efectúan un trabajo por medio gracias a la creación de aire comprimido y la distribución del mismo.

## Figura 15

### Sistema Neumático



*Nota.* Sistema Neumático, como funciona. Tomada de <http://teggnologiaherramienta.blogspot.com/p/neumatica-e-hidraulica>.

Los sistemas neumáticos están conformados por válvulas, conductos de aire comprimido, actuadores y un compresor. El cuerpo de los sistemas está compuesto por tuberías que requieren de un sistema de retorno para poder funcionar. (R. José Luis, n.d.)

### Tabla 1

#### Características de un sistema neumático

Principales elementos que conforman un sistema neumático.	
• Conductos de aire comprimido.	• Depósito de aire.
• Sistema de filtro.	• Compresor.
• Medidores de presión.	• Válvulas reguladoras de presión.
• Actuadores.	• Interruptores de paso o bloqueo.

*Nota.* Esta tabla muestra las características de un sistema neumático.

### Leyes de los gases perfectos

Un gas ideal es un compuesto de un conjunto de partículas puntuales con desplazamiento aleatorio que no interactúan entre sí. (Ocejo, 2020)

### **Ley de Boyle-Mariotte**

Esta ley indica que la presión de un gas es inversamente proporcional a su volumen cuando se encuentra a temperatura constante.

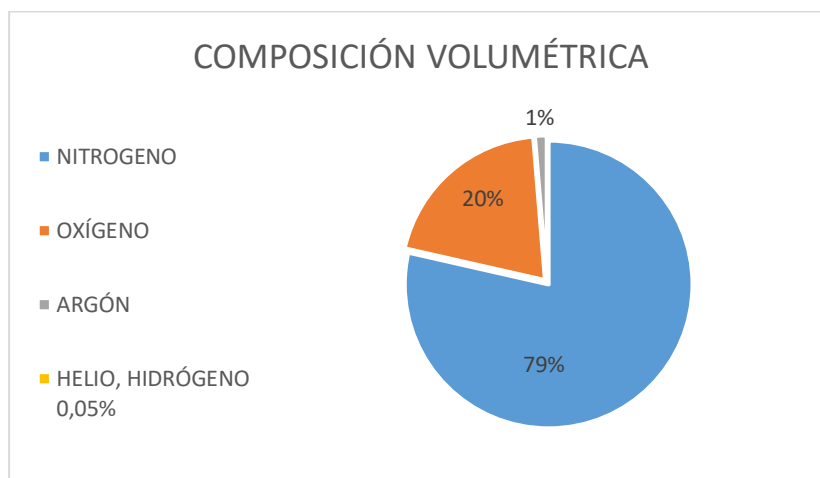
La presión ejercida es inversamente proporcional al volumen del gas, siempre y cuando su temperatura se mantenga constante. Cuando aumenta la presión, el volumen baja, mientras que si la presión disminuye el volumen aumenta. (Ocejo, 2020)

Es una ley que permite estudiar el comportamiento de los gases. Relaciona la presión del gas con la temperatura y dependiendo del volumen que exista de manera constante, la presión de un gas será directamente proporcional a la temperatura. (Briceño V, 2018)

### **El aire**

“Se define aire como la mezcla de gases que envuelven la esfera terrestre formando la atmósfera”. (Morales Palacios, 2012)

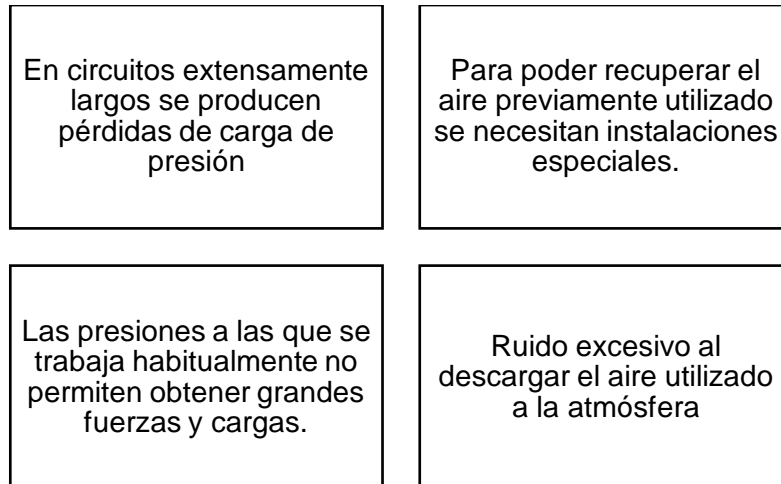
Su composición volumétrica es la siguiente:



### **Inconvenientes del aire comprimido**

Ciertos inconvenientes que tiene el aire comprimido son los que se presentan a continuación:





### ***Compresión del aire***

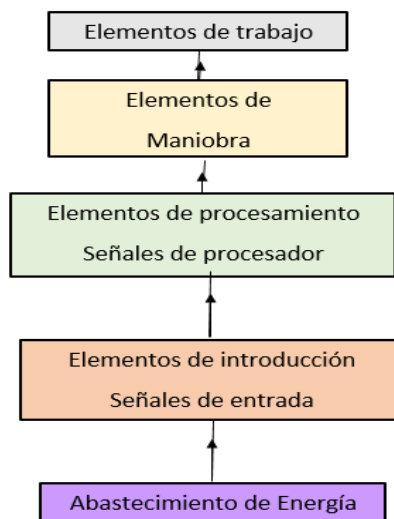
El aire comprimido es el mismo aire que se respira, pero a una presión superior a la atmosférica. Este reduce su volumen inferior y se mantiene a una determinada presión, ocupa menos espacio y junta sus moléculas. El aire se comprime mediante compresores de aire los cuales absorben aire a través de una válvula de entrada para después comprimirlo volumen deseado, finalmente lo descargan ya presurizado a un depósito o línea de salida a través de una válvula. (Cáceres P, 2015)

Es decir, el proceso de compresión de aire se divide en tres partes las cuales son aspiración, almacenaje y expulsión. El proceso de compresión generalmente se lo realiza con un motor eléctrico.

## Componentes de un sistema neumático

**Figura 16**

*Esquema general del sistema.*



*Nota.* Componentes de un sistema Neumático.

Los sistemas neumáticos están compuestos de una concatenación de diversos grupos de elementos. Estos grupos de elementos conforman una vía para la transmisión de señales de mando desde el lado de la emisión de señales (entrada) hasta el lado de la ejecución del trabajo (salida). Un sistema de control neumático está compuesto de los siguientes grupos de elementos. (Rodríguez Niachimba, 2013)

Abastecimiento de energía.

Elementos de entrada (sensores).

Elementos de procesamiento (procesadores).

Órganos de maniobra y accionamiento (actuadores).

Los elementos de un sistema son representados mediante símbolos que, por su diseño, explican la función que asume un elemento en un esquema de distribución.

## Compresor

La función que hace el compresor es como su nombre lo indica, comprimir el aire elevando su presión al valor que el trabajo al cual va a ser utilizado lo requiera. El compresor suministra la presión de aire por medio las tuberías del sistema o circuito, esta presión puede salir directamente a las válvulas o puede ser previamente almacenada en un acumulador de aire, por lo general ocurre esta segunda opción. (Usca Caillagua, 2021)

### Figura 17

*Compresor Campbell Hausfeld 3.2 H. P 60 Gal. Vertical.*



*Nota.* Función de compresor, Compresor Campbell Hausfeld. Tomada de <https://mx.all.biz/compresor>.

### **Características de los compresores**

La principal característica de los compresores se basa en el tipo de desplazamiento de aire que pueden generar.

#### **Desplazamiento positivo**

Este es el método de compresión que más se encuentra en la industria. Su función es confinar el aire en un espacio reducido que por lo general se lo realiza mediante el movimiento de un dispositivo mecánico. (Fernández, 2016)

Una característica principal de este tipo de compresores es que sus dimensiones son fijas y cada movimiento que realiza el eje de un extremo al otro genera una disminución igual

tanto en volumen como en el incremento de la presión, por lo tanto, a mayor presión mayor temperatura. (Fernández, 2016)

Generalmente estos compresores se utilizan para realizar altas presiones. Por ejemplo, un compresor de este tipo se usa en el inflador de llanta de una bicicleta.

### **Desplazamiento dinámico**

La característica de estos compresores es que reducen el volumen del aire atrapado y aceleran su flujo. De esta forma la energía resultante de este proceso genera la presión del aire. (Usca Caillagua, 2021)

### **Tipos de compresores**

Hay una gran variedad de compresores en el mercado ya que estos se dividen en los dos grupos dependiendo de la forma en que realizan el intercambio de energía, dentro de estos grupos existen varios subtipos que se presentan a continuación.

#### ***Compresores de desplazamiento positivo***

##### **Compresor de pistón.**

Este compresor está conformado por el conjunto de un pistón, una biela y el cigüeñal. Estos compresores funcionan mediante una fuente de movimiento externa, generalmente estas son motores ya sean de combustión o eléctricos. En las diferentes industrias, utilizan compresores impulsados por máquinas de vapor o turbinas. (Escobar et al., 1994)

### **Figura 18**

*Compresor de pistón.*



*Nota.* Compresor de pistón, diseño, descripción y principio de funcionamiento. Tomada de <https://inducor-ec.com/compresor-de-piston-diseno-descripcion-y-principio-de-funcionamiento/>

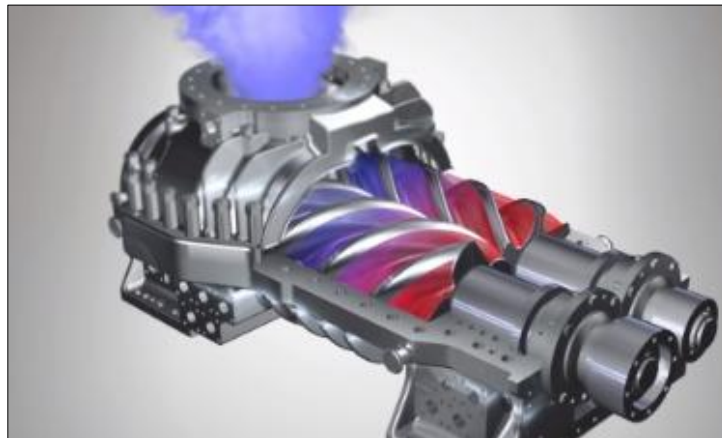
Este compresor funciona mediante un vástago que es manejado por un motor, el cual permite levantar y a bajar el émbolo dentro del cilindro. Cuando los movimientos se realizan sobre el émbolo la válvula de admisión se cierra hasta el aire se reduzca y la válvula se vuelva a abrir. Mientras que cualquier movimiento que se realice por debajo del émbolo, se introduce el aire a la cámara por medio de una válvula de admisión. (Fernández, 2016)

Tal cual como ocurre en los motores recíprocos, el pistón actúa sobre la válvula de admisión, esta disminuye la fuerza ejercida mediante un resorte que mantiene a esta en su lugar, finalmente se da paso al aire para llenar el cilindro. Y es gracias a la generación de este vacío que la válvula de salida permanece cerrada. (Escobar et al., 1994)

### **Compresor de tornillo**

#### **Figura 19**

*Compresor de Tornillo.*



*Nota.* Compresor de Tornillo, diseño, descripción y principio de funcionamiento. Tomada de <https://www.mundocompresor.com>

Este aceite llega a combinarse con el aire que ingresa a la cámara para luego ser llevado a los dos tornillos rotatorios. Finalmente, al salir de la cámara, son llevados y filtrados por un separador de aceite en donde el aire pasa por un pequeño orificio filtrante. Por otro lado,

el aceite es enfriado para volver a ser usado, mientras que el aire es almacenado en el tanque de reserva para ya ser utilizado. (Rivera Torres et al., n.d.)

### **Compresores alternativos**

Estos compresores son parecidos a los compresores de pistón ya que emplean de igual forma pistones para su funcionamiento. En este compresor, las válvulas se abren y se cierran debido al movimiento que realiza pistón al aspirar y comprimir el aire. Generalmente el uso de este tipo de compresores es para potencias pequeñas. (Rivera Torres et al., n.d.)

### **Figura 20**

*Compresor Alternativo*



*Nota.* Diseño, función de un Compresor Alternativo. Tomada de <https://www.danfoss.com/es-es/products/dcs/compressors>.

### **Compresores de desplazamiento dinámico**

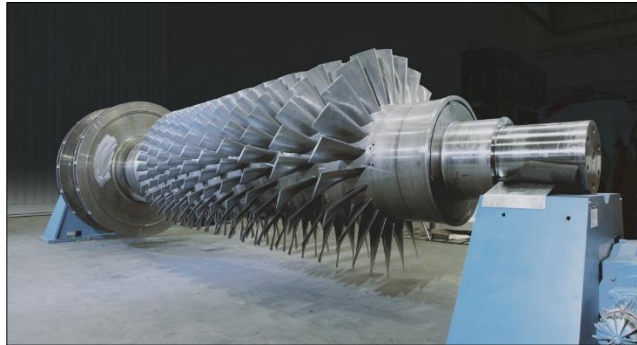
#### **Compresor axial**

“Este modelo de compresores, aumentan la presión del flujo de aire que entra de forma continua y en dirección axial, es decir, paralela al eje de rotación”. (Instrumentos de medición, n.d.)

Generalmente estos compresores se encuentran en el diseño de turbinas como por ejemplo en los motores de aviación o barcos de alta velocidad.

**Figura 21**

*Compresor axial.*



*Nota.* Compresor axial, concepto y diseño. Tomada de <https://www.siemens-energy.com/mx/es/soluciones/compresores-y-turbinas-de-expansion/compresores-de-flujo-axial.html>

**Compresor de aire de 2 etapas (XC602100)**

El compresor de aire eléctrico estacionario Campbell Hausfeld de 60 galones y 2 etapas (XC602100) cuenta con una bomba de 2 etapas lubricada con aceite de hierro fundido para aumentar la vida útil y reducir el ruido.

El tanque ASME vertical de 60 galones maximiza el espacio del piso. Presión máxima de 175 PSI, 7,6 SCFM a 90 PSI y 6,9 SCFM a 175 PSI. Construido en los EE. UU.

**Figura 22**

*Compresor de aire de 2 etapas*



*Nota.* Mantenimiento o inspección de válvulas. Tomada de

[https://www.campbellhausfeld.com/air-compressor-2-stage-60-gallon-vertical-oil-lubricated-11-cfm-3-7hp-xc602100-.html?category\\_id=66](https://www.campbellhausfeld.com/air-compressor-2-stage-60-gallon-vertical-oil-lubricated-11-cfm-3-7hp-xc602100-.html?category_id=66)

### **Mantenimiento o inspección de compresores**

Como toda máquina o componente mecánico, los compresores también deben de tener y llevar un mantenimiento continuo ya que la durabilidad del compresor y la calidad de los trabajos que realice están directamente vinculados al mantenimiento que recibe.

Las principales tareas de mantenimiento que se deben realizar en el compresor son las siguientes:

#### **Tabla 2**

##### *Tareas de mantenimiento de un compresor*

<b>Tareas de mantenimiento en el compresor</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el nivel de aceite en el cárter del compresor.</li> <li>• Seguir las instrucciones del fabricante en lo referido al mantenimiento del motor eléctrico.</li> <li>• Verificar que el filtro de admisión de aire esté limpio.</li> <li>• Limpiar el polvo acumulado en las aletas de refrigeración.</li> <li>• Dejar un espacio libre de medio metro de distancia alrededor del motor eléctrico y del compresor para que el ventilador pueda refrigerar convenientemente la máquina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaciar el agua acumulada en el calderín y en el filtro a través de sus purgadores</li> <li>• Controlar el buen funcionamiento de la válvula de seguridad.</li> <li>• Comprobar las correas de arrastre.</li> <li>• Instalar el compresor siempre sobre un suelo plano y fijarlo sobre tacos de goma para de esta forma evitar vibraciones.</li> <li>• Limpiar cuidadosamente las pistolas y equipos de aplicación después de su uso. (Instrumentos de medición, n.d.)</li> </ul>

*Nota.* Esta tabla muestra los diferentes trabajos de mantenimiento que se realiza en un compresor. Tomada de <https://globaltoolsgt.com/products/inactivo-compresor-de-60-galones-2-etapas-marca-campbell-hausfeld>.



## Válvulas

La función de las válvulas principalmente es regular la dirección del flujo de aire en el sistema neumático son elementos que también regulan la puesta en marcha del sistema así también como la presión o el caudal del fluido.

### **Características de las válvulas**

Las válvulas se representan por medio de cuadrados y depende de la cantidad de cuadrados para saber la cantidad de posiciones que tiene la válvula. Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas indican el sentido de circulación del fluido. (Arencibia José, 2015)

### **Tipos de válvulas**

#### **Válvulas de simultaneidad**

Estas válvulas se usan como elementos de seguridad, en mandos en los que es preciso ocupar las manos del operador cuando se acciona una máquina o mecanismo, como sucede en prensas o guillotinas. (Cáceres P, 2015)

Este tipo de válvulas tienen dos entradas y una salida, el aire solo pasa cuando se obtiene presión en las dos entradas a vez.

### **Figura 23**

Válvulas de simultaneidad



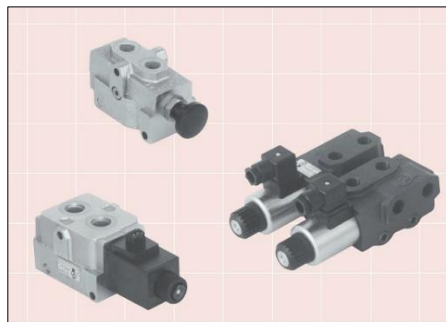
*Nota.* Válvulas de simultaneidad, diseño. Tomada de <https://www.festo-didactic.com/es-es>.

### ***Válvulas selectoras***

Estas válvulas se usan cuando se precisa una señal de presión de salida desde dos puntos de entrada diferentes. Funciona con una bola internamente que se mueve de acuerdo al lugar por el cual ingresa el aire cerrando una entrada y permitiendo que el aire salga por otra. (Arencibia José, 2015)

### **Figura 24**

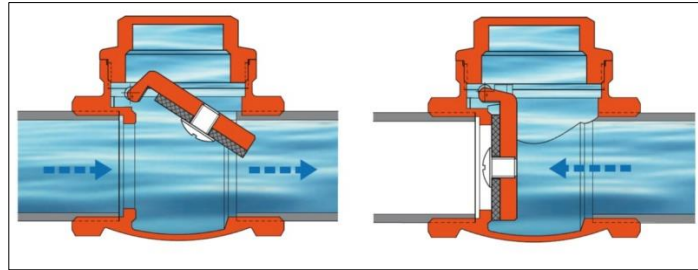
*Válvulas selectoras*



*Nota.* Válvulas de selectoras, diseño y función. Tomada de [https://www.interempresas.net/Componentes\\_Mecanicos/FeriaVirtual/Producto-Valvulas-selectoras-Roquet-71742.html](https://www.interempresas.net/Componentes_Mecanicos/FeriaVirtual/Producto-Valvulas-selectoras-Roquet-71742.html)

### ***Válvula anti retorno***

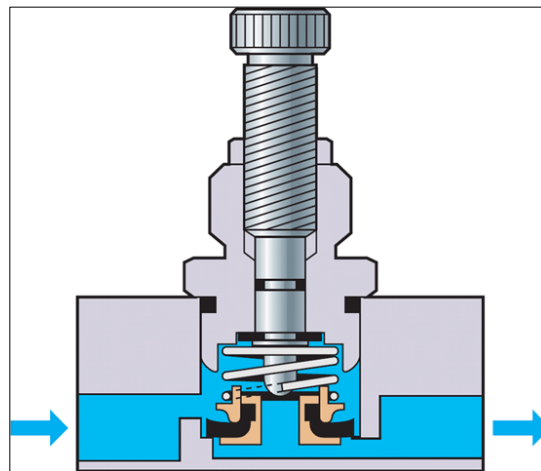
Estas válvulas permiten el paso del aire en un sentido sin casi pérdida de presión, impidiendo el paso del aire en el sentido contrario. De igual forma funcionan con una bola e incorporan un resorte al cual el aire tiene que vencer antes de abrir el paso en el sentido de circulación. Estas válvulas se ubican en la clasificación de válvulas de control de flujo. (Arencibia José, 2015)

**Figura 25****Válvula anti retorno**

*Nota.* Válvula anti retornó, concepto y función. Tomada de <https://sthexpert.standardhidraulica.com/valvula-antirretorno/>

**Válvula reguladora de caudal**

El funcionamiento de estas válvulas tiene que ver con la cantidad de aire que pasa por una tubería, estas disminuyen la sección del conducto y permite que el caudal sea regulado en los dos sentidos de circulación del aire, o también en uno sólo sentido. (Cáceres P, 2015)

**Figura 26***Regulador unidimensional*

*Nota.* Válvula reguladora de caudal, regulador unidireccional, función. Tomada de <https://sistemasneumaticos.wordpress.com/estudio-funcional-de-las-valvulas-distribuidoras/valvulas-reguladoras-de-caudal/>

### **Válvula de corte**

Las válvulas de corte forman parte del conjunto de dispositivos de seguridad de que una instalación debe estar dotada, siendo capaz desviar el flujo y en consecuencia caudales de diversa entidad de una dirección a otra. El mecanismo de accionamiento de las válvulas de corte puede ser mecánico o electrónico. En los sistemas menos complejos se utiliza un muelle sensible al calor, mientras que, en sistemas más complejos, la gestión del caudal de las válvulas de corte recae sobre una sonda de temperatura. (Gnali B, 2022)

### **Figura 27**

*Válvula de corte*



*Nota.* Válvulas de Bola, Válvulas Industriales. Tomada de <https://sohind.cl/tienda/valvulas>.

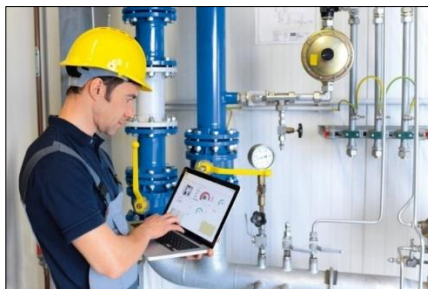
### **Mantenimiento o inspección de válvulas**

Para evitar fallas que detengan los procesos de reparación o instrucción en un sistema neumático es necesario realizar un buen plan de mantenimiento preventivo, de esta forma se alargará la vida útil del sistema. Al no llevar un correcto mantenimiento, pueden presentarse algunas fallas, las más comunes son: aumento de las temperaturas de funcionamiento, control deficiente de la humedad y la contaminación, pérdida significativa de la eficiencia. (Cáceres P, 2015)

Para una mayor durabilidad de los compresores y líneas neumáticas se detallan algunas recomendaciones para minimizar en lo posible su desgaste.

## Figura 28

### *Mantenimiento predictivo*



*Nota.* Mantenimiento o inspección de válvulas. Tomada de <https://www.automaticeainstrumentacion.com>

Renovar los filtros, no se tiene un tiempo determinado para el cambio de estos es por esta razón que se debe llevar una constante inspección visual del sistema, verificando que estos filtros no se encuentren tapados o con excesiva suciedad, polvo, agua, etc. Importante tener siempre bajo control una capacidad correcta de almacenamiento en los tanques receptores.

Mantener apagados los compresores y cerradas las válvulas cuando estos no se encuentren en uso y de esta manera se evita las fluctuaciones de presión mediante un secuenciador o un sistema de control automatizado para que coordine a los compresores en caso de tener más de uno. (Cáceres P, 2015)

En las tuberías se encuentra el aire pasando a alta presión lo cual provoca que estas estén en continua vibración por esta razón deben tener un soporte rígido a lo largo de su recorrido es decir estar firmemente ancladas a alguna estructura de soporte para minimizar los esfuerzos que sufre la tubería al exponerse a vibraciones. Se debe comprobar frecuentemente los soportes de sujeción y examinar si estos no están sueltos o dañados.

### **Filtros**

Los filtros pertenecen a los componentes del sistema de control de los circuitos neumáticos, su función es extraer del aire comprimido que circula por las tuberías todas las

impurezas incluida el agua o polvo que tiene el aire, estos filtros se los pueden ubicar antes de las tomas de salida de aire para también proteger a las maquinas u equipos que requieran del sistema. También es recomendable instalar uno de estos a la salida del compresor para de cierta forma controlar las impurezas a lo largo del circuito. Este último filtro por lo general es el más afectado y el que con más frecuencia se cambia al ser el primer filtrante del sistema.

### **Figura 29**

*Filtro*



*Nota.* Filtro de manguera de aire en línea trampa de humedad para compresor. Tomada de <https://es.aliexpress.com/item/4000632756057.html>

### **Características de los filtros.**

Las características de los filtros dependen de la función del aire que filtra, es decir la calidad de aire que se desea obtener. Por esta razón en el mercado se encuentran diferentes subtipos de filtros los cuales son los siguientes:

**Tabla 3***Características y tipos de filtros*

<b>Tipo de Filtro</b>	<b>Características.</b>
Filtros de partículas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de un alto grado de filtrado</li> <li>• Filtra a partículas hasta 0.1 micras</li> <li>• Comúnmente usados en sistemas de aceite o agua.</li> </ul>
Filtros de carbón activo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ayudan a filtrar vapores y olores de aceite.</li> <li>• No los eliminan del todo sin embargo el residual que dejan es relativamente pequeño.</li> </ul>
Torres de carbón activo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los usan para reducir en cantidades altas los residuos de vapor de aceite y olores</li> <li>• Comúnmente usados en los equipos que brindan aire para la respiración humana.</li> </ul>
Filtros catalizadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentran instalados en los sistemas de respiración humana.</li> <li>• Usados para la eliminación del monóxido de carbono.</li> </ul>

**Tipos de filtros neumáticos*****Filtros Cerámicos***

Generalmente este tipo de filtros se instalan en compresores alternativos de pistón, que por lo general tienen una calidad del aire comprimido baja. Los encargados de su funcionamiento son bujías de cerámica que filtran partículas superiores a 5 micras.

**Figura 30***Filtros cerámicos*

*Nota.* Filtro de agua cerámico. Tomado de <https://portuguese.alibaba.com>

### ***Filtros Separadores de Agua***

Como lo señala su nombre, dichos filtros tienen la función de separar el agua para suprimir cantidades grandes de condensado, generalmente son utilizados en los refrigeradores ya que se crea vapor de agua por el enfriamiento del aire comprimido.

Comúnmente estos filtros no tienen elementos filtrantes la separación del aire condensado se efectúa mecánicamente debido a que al circular el aire comprimido por un difusor centrífugo este emite las partículas de agua a las paredes causando su precipitación para al final ser eliminada.

### **Figura 31**

*Filtro Separadores de Agua.*



*Nota.* Filtro de combustible separadores de agua completo. Tomada de

<https://www.nscnautica.com>.

### ***Filtros Coalescentes***

Los filtros de coalescencia se usan esencialmente para eliminar partículas e hidrocarburos según su grado de filtración, aunque de igual manera eliminan parte de la humedad del aire comprimido

Cuando se satura el elemento filtrante tiene que ser reemplazado para prevenir pérdidas de presión que generen un mayor consumo energético. (SERVIAIRE, n.d.)



### Figura 32

*Filtros Coalescentes.*



*Nota.* Gama de filtros adaptables. Tomada de <https://www.walkerfiltration.com>

### Mantenimiento o inspección de filtros

Con el transcurso del tiempo, las partículas y el polvo se almacenan en los elementos filtrantes dificultando el paso del aire comprimido y causando un aumento de la pérdida de presión, Los filtros de aire de baja calidad se obstruyen con más rapidez que los filtros de aire de alta calidad. Lo que indica que se deberán reemplazar los elementos filtrantes con más frecuencia.

### Figura 33

*Filtro de Sistema de Aire*



*Nota.* Filtros de Aire de Alta calidad. Tomada de <https://www.taoparts.com/es>

### Manómetros

Los manómetros son instrumentos analógicos de medida que censan la presión en fluidos ya sean estos líquidos o gases. Compuestos por un dial circular y un puntero accionado

mecánicamente. Miden la diferencia entre la presión real y la presión atmosférica, lo cual, antes mencionado, se la denomina como presión manométrica. (Briseño V, 2020)

**Tabla 4**

*Características de los manómetros*

<b>Características de los manómetros</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es considerado como uno de los instrumentos de medición más sencillos.</li> <li>• Mide la presión manométrica.</li> <li>• Realiza comparaciones entre la presión atmosférica externa con la interna.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo de medición que hacen es relativo.</li> <li>• Se basa en el principio de Bourdon.</li> <li>• Tienen dos escalas, una que marca los bares y la otra que marca los PSI</li> </ul>

*Nota.* Esta tabla muestra las características de los manómetros.

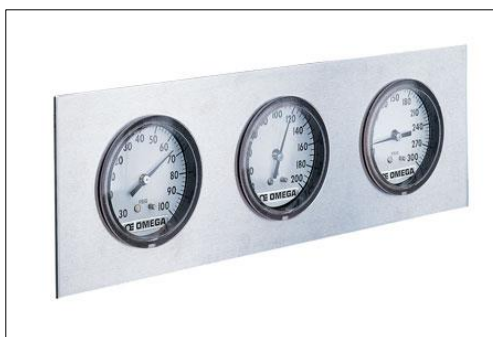
## **Tipos de manómetros**

### ***Manómetros comerciales***

Todo el movimiento de presión está suspendido entre dos muelles, el tubo de Bourdon encima y el enlace abajo. Sus piezas deben limpiarse de manera ultrasónica y lubricada con aceite de silicona para extender su vida útil. Comúnmente se encuentra en la instalación de bombas, compresores portátiles, maquinaria industrial, sistemas hidráulicos y neumáticos, instrumentación y depósitos presurizados. (OMEGA, n.d.)

**Figura 34**

*Manómetro*



*Nota.* Manómetro de presión. Tomada de <https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-presion.html>

### ***Manómetros de uso general***

Los manómetros de uso generales comúnmente se utilizan en: calderas de vapor u otros depósitos presurizados; bombas y compresores; muchos tipos de maquinaria industrial; industrias químicas, petroquímica y de procesos asociados; centrales eléctricas y fábricas de pulpa y de papel. (OMEGA, n.d.)

### **Figura 35**

*Manómetro de uso general*



*Nota.* Manómetro de uso general. Tomada de <https://es.omega.com>

### ***Manómetros industriales de acero inoxidable***

Estos manómetros son usados en entornos corrosivos en aplicaciones de procesamiento químico, petroquímico, de refinado, energético, marino, alimentario, farmacéutico equipos en los que se producen vibraciones y pulsaciones excesivas, tales como bombas, compresores, máquinas herramienta, etc. (OMEGA, n.d.)

### **Figura 36**

*Manómetro de acero inoxidable*



*Nota.* Manómetros de la serie PGM de OMEGA usado en industrias. Tomada de <https://es.omega.com>

### ***Manómetros diferenciales***

Los manómetros diferenciales indican la diferencia entre dos conexiones de entrada indicando cuál de estas presiones es mayor que la otra o si están iguales por esta razón funciona mediante dos tubos de Bourdon independientes. Los tubos de Bourdon opuestos están unidos a un engranaje de piñón único que hace girar un puntero para leer la presión directa. Al utilizar dos tubos de Bourdon independientes, el manómetro puede manejar líquidos o gases en uno o en ambos puertos. (OMEGA, n.d.)

### **Figura 37**

#### *Manómetros diferenciales*



*Nota.* Manómetros diferenciales con dos conexiones de entrada. Tomada de <https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-presion.html>

### **Mantenimiento o inspección de manómetros**

Un correcto mantenimiento de los manómetros alargará su vida útil para esto se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

Al momento de la instalación de estos manómetros se debe asegurar que el apriete sea el correcto ya que al excederse este puede ser perjudicial para el manómetro llegando a

romper o al estar flojo también es perjudicial para el manómetro ya que puede causar fallos y posibles lesiones personales o daños materiales. (Briseño V, 2020)

Cada 3 o 6 meses desde la instalación se debe comprobar la precisión de los manómetros en sistemas que sufran esfuerzos severos como vibraciones, presiones pulsantes, fluidos corrosivos o sedimentarios, etc. (Arte dinámico, 2021)

### **Figura 38**

*Mantenimiento o inspección de manómetros.*



*Nota.* Inspección de manómetros. Tomada de <https://asocieperu.com>

### **Líneas neumáticas**

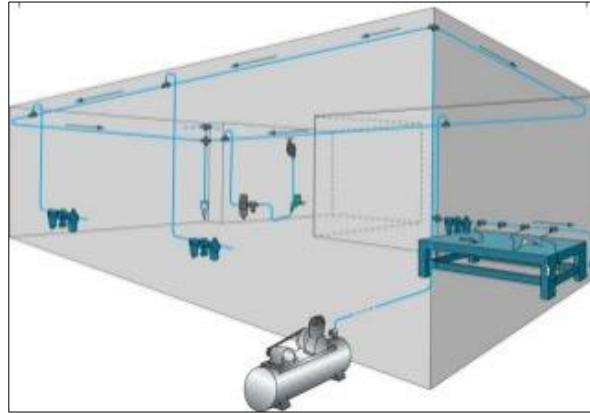
Las líneas neumáticas facilitan los trabajos de mecanizado de piezas, activación de máquinas y herramientas, así como también el mantenimiento de una manera importante. Generalmente están conformadas de una línea principal sobre la cual se dividen líneas secundarias y de servicio. Estas líneas se encargan de que el fluido, en este caso y aire, se direcciona mediante la apertura o cierre de válvulas o al cambiar de posición las mismas.

Una de las principales desventajas de las líneas neumáticas es la dirección constante del flujo de aire ya que en algún punto del sistema se va a requerir de una mayor presión de aire y dependiendo su utilidad o consumo esta puede variar. (SMC México, 2019)

Sin embargo, una gran ventaja de las líneas neumáticas es que su inversión inicial es baja y su productividad y agilización de procesos es alta, además que se pueden implementar en ellas inclinaciones para purgar condensados como el agua. (Grupo IBERMAQ, 2020)

**Figura 39**

*Distribución de las líneas Neumáticas.*



*Nota.* Elementos de la neumática, sus ventajas y desventajas. Tomada de <https://es.slideshare.net>

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

#### Diseño del sistema neumático

Se desarrolló el gráfico en 2D del sistema neumático, en el programa AutoCAD, siendo este un software que permite la creación y edición de diferentes tipos de diseños, donde se logró visualizar de manera más detallada el funcionamiento de la compresión de aire, el cual se genera a través de todo el sistema, y sus acciones dependientes de este proceso. (Ver Anexo D)

#### Materiales y herramientas

Los materiales y herramientas que se utilizaron para realizar los diferentes trabajos de instalación fueron los siguientes:

**Tabla 5**

*Listado de herramientas y materiales*

Materiales		Herramientas	
Ítems	Cantidad	Ítems	Cantidad
Tuberías	40 m	Sierra	3 ea
Manómetros	1 ea	Llaves 3/8-1/2-9/16	3 ea
Filtros	8 ea	Llave de tubo	1 ea
Breaker	1 ea	Taladro	1 ea
Taype	2 ea	Juego de Desarmadores	1 ea
Alambre eléctrico	30 m	Flexómetro	1 ea
Estilete	1 ea	Tarrajá	1 ea
Codos	20 ea		
Uniones	10 ea		
Uniones en T	10 ea		
Acoples Salida	8 ea		
Permatex	2 ea		

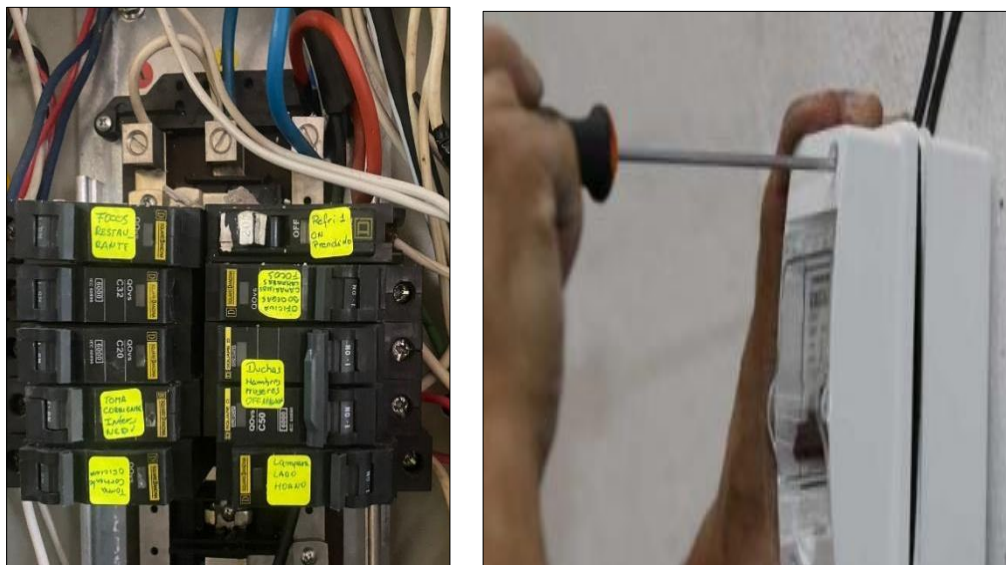
*Nota.* Esta tabla muestra los materiales y herramientas utilizados para la instalación de componentes.

## Instalaciones de tomas eléctricas para el compresor

Se realizó una instalación eléctrica auxiliar, en la caja principal de breakers, donde se agregó un breaker extra dentro de la misma caja, y otro externo a este para evitar el sobrecalentamiento y tensión que pueden surgir al conectarse varias corrientes eléctricas en el laboratorio.

### Figura 40

*Instalación del breaker (20 amperios)*



El breaker tiene la función de proteger un circuito eléctrico del daño causado por el exceso de corriente de una sobrecarga o un cortocircuito. Se optó por uno de 20 amperios ya que el compresor trabaja hasta 15 amperios (Ver tabla 6).



## Instalación y ubicación del compresor

**Figura 41**

*Instalación del compresor*



Se ubicó el compresor Marathon Electric MOD 5KCR48UN2553Y en la parte posterior del laboratorio, donde no se viera comprometido a diferentes factores que pudiesen dañar o perjudicar su utilidad, esto debido a que es sumamente inflamable y podría causar un riesgo estar cerca de este sin tomar las precauciones adecuadas.

**Tabla 6**

*Características del Compresor*

<b>Compresor de aire</b>	
Estilo del tanque del compresor	Vertical
Tanque del compresor (galones)	60
Caballos de fuerza del compresor	3.7
PSI máx.	175
Compresor SCFM@90PSI	7.6
Compresor SCFM@Max PSI	6.9
Voltaje del compresor	230
Amperios del compresor	16.2
Fase del compresor	1
Tipo de bomba	2 etapas

<b>Compresor de aire</b>	
Lubricación	Lubricado con aceite
<b>General</b>	
Peso	336
Fuente de alimentación	Inducción eléctrica
UPC	045564643133
Portátil	No
Dimensiones de envío Longitud	29
Dimensiones de envío Ancho	33
Dimensiones de envío Altura	74

*Nota.* Esta tabla las características del compresor del laboratorio.

Por otro lado, para poder evitar futuros accidentes, se realizó una línea de advertencia color amarillo, alrededor del compresor, con la cual se informa sobre el peligro que existe al tener mala manipulación sobre el compresor.

### **Distribución de ductos neumáticos**

#### **Figura 42**

*Distribución de ductos*



Se adquirió el material correspondiente como son los ductos y gracias al plano diseñado en la plataforma AutoCAD, se estableció la distancia adecuada entre cada ducto, verificando que no estén inmersos a cualquier factor que pueda afectar a su funcionamiento o a la vez su vida útil, de tal manera que se consideró colocarlos sobre el techo del laboratorio.

### **Instalación de componentes**

#### ***Ductos y acoples***

#### **Figura 43**

#### ***Instalación de acoples***



Una vez realizada la distribución de los ductos se procedió a instalar los acoples tanto rígidos y flexibles, que permitieron unir los diferentes ductos a lo largo de toda la instalación. Los acoples de salida que se utilizó fueron de  $\frac{3}{4}$  de pulgada y de conexión rápida de tal manera que no exista ninguna dificultad en el momento de conectar un conducto flexible neumático.

## Dispositivos de control y monitoreo

### *Válvula de corte*

#### **Figura 44**

##### *Instalación de válvula de corte*



El dispositivo de control que se utilizó para poder controlar el paso de fluido fue una válvula de corte tipo bola, la misma que se instaló en cerca del compresor. Las válvulas de bola son esenciales en instalaciones neumáticas porque se necesitan dispositivos que corten totalmente el paso del fluido. La regulación de la válvula es operada por una palanca y el movimiento de un cuarto de vuelta. La palanca o manilla indicará el estado de la válvula: si está abierta o cerrada.

### **Filtros**

#### **Figura 45**

##### *Instalación de filtros*



Los filtros en el sistema es de vital importancia ya que permite que cualquier tipo de impureza o partícula inorgánica y sea retenido en el elemento filtrante, de esta manera el fluido no se ve comprometido y se puede utilizar correctamente sin riesgo a que se contamine de alguna manera y perjudique la fiabilidad de los componentes que requieran del fluido a presión.

Por tal razón, como muestra la figura 56, se instaló ocho filtros de aire uno en cada toma neumática antes de cada acople de salida de aire y un filtro a la salida de la bomba del compresor.

Los filtros que se instaló son de tipo coalescentes y estos se utilizan principalmente para eliminar partículas desde 5 micras hasta 0,01 micras y están fabricados con materiales de microfibra de borosilicatos y de poliéster.

### ***Manómetro del compresor***

#### **Figura 46**

*Instalación de manómetro*



Para garantizar la presión del sistema neumático del área, se instaló un manómetro de presión a continuación del compresor. Este tipo de manómetro tipo Bourdon (300 psi) permitirá

verificar y llevar un monitoreo de la presión de todo el sistema, para evitar posibles caídas de presión a consecuencia de fugas o anomalías.

### **Chequeo operacional**

#### **Figura 47**

*Chequeo operacional*



Una vez realizadas las conexiones de todos los componentes en toda el área del laboratorio se procedió a verificar el funcionamiento del mismo, realizando una prueba operacional que consistió en medir la presión de cada una de las tomas neumáticas e inspeccionar que no exista una fuga que podría llevar a que la presión disminuya.

La presión en cada toma neumática dio como resultado 120 psi como se puede observar en la figura 58.

### **Pruebas de Taladrado**

Se verificó el funcionamiento de los taladros neumáticos, al realizar una práctica de mantenimiento. La misma que tuvo los siguientes procesos: diseño de la reparación, trazado, taladrado. Las practicas resultaron satisfactorias como se evidencia en la Figura 48.



**Figura 48**

*Pruebas de remachado*



### **Pruebas de Remachado**

Se realizó el proceso de remachado con diferentes tipos de remaches mediante el uso de remachadoras neumáticas y taladros de impacto neumáticos. Las prácticas de los estudiantes se fortalecieron en gran medida como se observa en la Figura 49.

**Figura 49**

*Pruebas de remachado*



## Pruebas de Lijado

Por último, se confirmó el funcionamiento de las lijadoras neumáticas mediante una tarea de mantenimiento de pintura, en una superficie primaria de vuelo, dando como resultado una práctica satisfactoria.

### Figura 50

*Pruebas de lijado*



## Distribución de tomas neumáticas

### Figura 51

*Laboratorio de motores jet y pistón*





Se distribuyó cinco tomas neumáticas las mismas que sirven para tareas de mantenimiento relacionadas con motores jet y pistón. Además, las tomas de este laboratorio sirven para varias prácticas de remachado, lijado, cortes y pintura de componentes, fuera de las instalaciones.

### **Figura 52**

*Área de limpieza de componentes*



Para los estudiantes les será de gran ayuda que tengan a disposición aire a presión para la limpieza y lavado de componentes, así como también el uso de equipos de prueba para los motores.

### **Figura 53**

*Laboratorio de sistemas de la aeronave*



Dos tomas neumáticas fueron instaladas en el laboratorio de sistemas de la aeronave, mismas que serán utilizadas para el funcionamiento de varios bancos de prueba como retracción de trenes, evaluación de ángulos de hélices.

### **Implementación de manuales y señales de seguridad**

#### **Figura 54**

*Laboratorio de sistemas de la aeronave*



Como medidas de seguridad del laboratorio se procedió a señalar las aéreas donde se encuentran las líneas de salida de presión neumática las mismas que sirven para informar o advertir de la existencia de un riesgo o peligro. Además, se señaló el área del compresor y cada una de las tomas neumáticas con letreros que informan la obligación de utilizar un equipo de protección individual, permitiendo que el observador tenga tiempo suficiente para captar y comprender el mensaje que se detalla. Se implementó manuales de mantenimiento, operación y seguridad del sistema. (Ver Anexo E-F-G)

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La investigación y el estudio de los procedimientos para realizar la inspección de un sistema neumático en manuales, libros y artículos facilitó el mantenimiento e instalación de los diferentes componentes en toda el área del laboratorio.
- La inspección del sistema de abastecimiento neumático de los laboratorios fue satisfactoria. Dando como resultado una correcta distribución del sistema neumático para las diferentes áreas de trabajo.
- El uso de las herramientas neumáticas tales como taladros, cortadoras, remachadoras y lijadoras para el cumplimiento de las prácticas de mantenimiento y las respectivas reparaciones en los laboratorios y aeronaves, aumentan significativamente la experticia de los estudiantes.
- El seccionamiento de las diferentes áreas de trabajo en los laboratorios y su respectiva señalización brindará a los estudiantes la seguridad necesaria para realizar las clases prácticas de laboratorio.

**Recomendaciones**

- Establecer un programa de mantenimiento preventivo del sistema de abastecimiento neumático de los laboratorios y de cada uno de los componentes que lo conforman.
- Uso del manual de funcionamiento y de seguridad del sistema neumático de los laboratorios.
- Chequeo y calibración anual de los manómetros de presión, para garantizar el uso y manipulación de presiones en toda el área de los laboratorios.
- Implementación de un manual de uso de los laboratorios que permita verificar el funcionamiento diario de todos los componentes del sistema neumático.

## Glosario de términos

**Aire:** Se denomina aire a la disolución de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen dentro del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad.

**Compresor:** Es una máquina que aumenta la presión de un fluido.

**Calibración:** Examinar con atención cierta cosa no material para determinar sus dimensiones o su justa medida.

**Chequeo operacional:** Tarea para determinar si un elemento cumple su propósito.

**Fluido:** sustancia que se deforma continuamente (fluye) bajo la aplicación de una tensión tangencial, por muy pequeña que sea.

**Inspección:** Análisis de los diferentes componentes de una aeronave, comerciales y militares, con el fin de determinar su correcto estado de funcionamiento de acuerdo a las directrices indicadas por el organismo oficial competente.

**Inspección visual:** Método no destructivo más utilizado en todas las industrias de fabricación de materiales.

**Manómetro:** Herramienta ampliamente utilizadas, para conocer datos precisos sobre la presión de determinados fluidos.

**Manómetro Bourdon:** Es un dispositivo para medir la presión, desarrollado y patentado en 1849 por el ingeniero francés Eugène Bourdon

**Mantenimiento preventivo:** Actividades de mantenimiento que no requieren reparación, reemplazo o ensamblaje de un componente complejo de la aeronave.

**Presión:** Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

**Válvulas de retención:** Se usa para controlar la dirección de movimiento de un cilindro de accionamiento hidráulico o dispositivo similar.

**Válvula de corte:** Válvulas usadas para cerrar el flujo de fluido a un sistema

## Bibliografía

- Arencibia José. (2015). *Neumática | Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde*.  
<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2015/02/23/neumatica/>
- Barrera Ramírez, V. R. (2011). *Construcción de la cabina de mando y soporte para el banco de pruebas de un motor recíproco del Avión Volksplane para el ITSA*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/29393>
- Briseño V. (2020). *Manómetro. Que es, Funcionamiento y Tipos*.  
<https://www.areatecnologia.com/herramientas/manometro.html>
- Cáceres P. (2015). *Neumática | Blog de Tecnología – IES José Arencibia Gil – Telde*.  
<https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/fsancac/2015/02/23/neumatica/>
- DGAC. (2010). *DIRECCION GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL*.
- DGAC. (2015). *DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL REGULACIONES TÉCNICAS RDAC 147 Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil para formación de Mecánicos de Mantenimiento de Aeronaves*.
- DGAC. (2020). *DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL REGULACIONES TÉCNICAS RDAC 147 Centros de Instrucción de Aeronáutica Civil para formación de Mecánicos de Mantenimiento de Aeronaves*.
- Domingo A. (2011). *Apuntes de mecánica de fluidos*. <https://oa.upm.es/6934/1/amd-apuntes-fluidos.pdf>
- Escobar, A., Ramírez Gómez, J., & Sáenz de la Ossa, M. (1994). *Diseño construcción y estudio de un banco de pruebas de compresores alternativos trabajando individual en serie o paralelo /*. [Http://Biblioteca.Utb.Edu.Co/Notas/Tesis/0057568.Pdf](http://Biblioteca.Utb.Edu.Co/Notas/Tesis/0057568.Pdf).  
<https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1874#.Y81dY0dLI40.mendeley>
- ESPE. (2022). *Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica - ESPE | Sede Latacunga*.  
<https://espe-el.espe.edu.ec/tecnologia-superior-en-mecanica-aeronautica/>

Fernanda Antolínez, M., Fernanda, P., Guerra Goez, V., Carlos, Dr.-I., & Forero Núñez, A.

(2016). *Principios de la ecuación de Bernoulli, aplicaciones y esquema del montaje experimental.*

Fernández. (2016). *Características del compresor - pisosblog - pisos.com.*

<https://www.pisos.com/aldia/caracteristicas-del-compresor/223603/>

Gnali B. (2022). *Las características de una válvula de corte.* [https://www.gnalibocia.es/blog-](https://www.gnalibocia.es/blog-es/Las-caracter%C3%ADsticas-de-una-v%C3%A1lvula-de-corte-20.html)

[es/Las-caracter%C3%ADsticas-de-una-v%C3%A1lvula-de-corte-20.html](https://www.gnalibocia.es/blog-es/Las-caracter%C3%ADsticas-de-una-v%C3%A1lvula-de-corte-20.html)

Instrumentos de medición. (n.d.). *COMPRESOR: CARACTERÍSTICAS, TIPOS Y*

*FUNCIONAMIENTO.* Retrieved February 20, 2023, from

<https://instrumentosdemedicion.org/general/compresor/>

IQR. (2020). *Mecánica de fluidos: Definición y aplicaciones.*

[https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/mecanica-de-fluidos-definicion-](https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/mecanica-de-fluidos-definicion-aplicaciones.html)

[aplicaciones.html](https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/mecanica-de-fluidos-definicion-aplicaciones.html)

López Jiménez, P. A. (2014). *La ecuación de Bernoulli.*

<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/38626>

Luis, J., & Zaragoza, M. (2013). La meteorología: Conceptos básicos al alcance de todos. 3c

*Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico, ISSN-e 2254-3376, Vol. 2, Nº. 5, 2013*

*(Ejemplar Dedicado a: 3C Empresa - Edición Nº 14), 2(5), 3.*

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817885&info=resumen&idioma=SPA>

McCabe, W. L., Smith, J. C., Harriott, P. (1991). Operaciones unitarias en ingeniería química.

*Journal of Chemical Information and Modeling, 1905.*

Morales Palacios, J. C. (2012). *Sistema neumático para la optimización de los procesos de*

*construcción de aeronaves no tripuladas en el CID FAE.*

<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/2892>

Noguera B. (2020). *Mecánica de fluidos: Definición y aplicaciones*.

<https://www.ingenieriaquimicareviews.com/2020/12/mecanica-de-fluidos-definicion-aplicaciones.html>

OMEGA. (n.d.). *¿Qué es un manómetro? | Tipos de indicadores de presión*. Retrieved February 20, 2023, from <https://es.omega.com/prodinfo/galgas-de-presion.html>

Parra. (2012). *FLUIDOS EN MOVIMIENTO | TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA EXALUMNAS DE LA PRESENTACION*. <https://exapresfisica.wordpress.com/fisica/fisica10p/fisica-10-3/fluidos-en-movimiento/>

R. José Luis. (n.d.). *SISTEMAS NEUMÁTICOS | Concepto, ejemplos, características*. Retrieved February 20, 2023, from <https://como-funciona.co/sistemas-neumaticos/>

Rivera Torres, A., García del Pino, G., & Luis, L. (n.d.). *HERRAMIENTA PERFILADA PARA LA FABRICACIÓN DEL ROTOR DE UN COMPRESOR DE TORNILLO*.

Rodríguez Niachimba, L. D. (2013). *Diseño y construcción de un módulo didáctico electroneumático para el laboratorio de máquinas eléctricas y control industrial del ITSA*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/7974>

Sahagun S. (2021). *La diferencia entre presión manométrica y absoluta, MadgeTech*.

<https://www.logicbus.com.mx/blog/la-diferencia-entre-presion-manometrica-y-absoluta/>

Salvador, A. G. (1988). *Introducción a la neumática* (Vol. 11). Marcombo.

SERVIAIRE. (n.d.). *Filtros Sistemas de Aire Comprimido - Serviaire Instalaciones*. Retrieved February 20, 2023, from <https://www.serviaire.com/filtros-aire-comprimido/>

Ubidia Pamela. (2013). *ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO DE LA*.

*Usca Caillagua, Á. A. (2021). Construcción de una herramienta neumática para compresión de muelles de válvulas adaptable a diferentes tipos de fijadores*.



## **Anexos**