



**Implementación de un banco de pruebas para instrumentos de vacío en el taller de
aviónica de la empresa “SAMAFE SERVICIOS S.A”**

Toasa Toasa, Jordy Daniel

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica mención
Instrumentación y Aviónica

Ing. Sandoval Vizuite, Paola Nataly

Latacunga, 2021

Reporte de verificación



Document Information

Analyzed document	TOASA_TOASA_JORDY_DANIEL_TESIS[1].docx (D110699721)
Submitted	7/23/2021 5:54:00 PM
Submitted by	
Submitter email	jdtoasa1@espe.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	pnsandoval.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.alasdesocorro.com/es/mantenimiento/ Fetched: 7/23/2021 5:55:00 PM		1
W	URL: https://alphametrologia.com/calibracion-de-manometros-y-vacuometros/ Fetched: 6/22/2020 4:56:23 AM		3
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / tesis dario sanchez.docx Document tesis dario sanchez.docx (D26137107) Submitted by: tortugueta1987@outlook.com Receiver: adproano4.espe@analysis.orkund.com		1
W	URL: http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/1688/1/15T00396.pdf Fetched: 7/23/2021 5:55:00 PM		1
W	URL: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc57.php Fetched: 12/1/2020 9:28:25 PM		1
W	URL: https://www.doccity.com/es/convesiones-presiones/6987119/ Fetched: 7/23/2021 5:55:00 PM		1
SA	GRUPO#1 ANNABEL CABAL.docx Document GRUPO#1 ANNABEL CABAL.docx (D43786519)		1
W	URL: https://es.slideshare.net/edaceropedazo/2-curso-basico-de-instrumentacion-1 Fetched: 10/22/2019 8:18:58 AM		1
W	URL: https://es.qwe.wiki/wiki/Vacuum Fetched: 8/4/2020 5:06:36 AM		1

Ing. Sandoval Vizuete, Paola Nataly

C.C.: 0503254005



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN

INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE VACÍO EN EL TALLER DE AVIÓNICA DE LA EMPRESA “SAMAFE SERVICIOS S.A”**” fue realizado por el señor *Toasa Toasa, Jordy Daniel* la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 2021

Ing. Sandoval Vizuete, Paola Nataly

C.C.: 0503254005



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN

INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Toasa Toasa, Jordy Daniel**, con cédula de ciudadanía N° **1600586687**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE VACÍO EN EL TALLER DE AVIÓNICA DE LA EMPRESA “SAMAFE SERVICIOS S.A”**, 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, 2021

Toasa Toasa Jordy Daniel

C.C.: 1600586687



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Toasa Toasa, Jordy Daniel** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA INSTRUMENTOS DE VACÍO EN EL TALLER DE AVIÓNICA DE LA EMPRESA “SAMAFE SERVICIOS S.A”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 2021

Toasa Toasa, Jordy Daniel

C.C.: 1600586687

Dedicatoria

A mis padres que con su apoyo incondicional supieron encaminarme en lo largo de mi carrera, con sus consejos, motivo de superación y vencimiento.

A mis familiares, quienes fueron fuerza de victoria para lograr cumplir mis objetivos en esta etapa muy importante.

TOASA TOASA, JORDY DANIEL

Agradecimiento

Ante todo, quiero dar gracias a Dios por darme la vida, constante sabiduría, esfuerzo y dedicación para poder alcanzar mis metas y sueños más anhelados.

A mi familia y familiares por brindarme su amor y apoyo durante todo este tiempo, fuerza esencial para seguir adelante y lograr superarme día a día.

A mis amigos/as, que, con su fiel amistad y honestas palabras de corazón, en mi vida, siempre fueron eje de exaltación para dominar todo tipo de obstáculo a lo largo de mi carrera universitaria.

A cada educador, que con su sabiduría lograron prepararme e inculcarme enseñanzas y conocimientos, permitiendo así el poder defenderme en la vida profesional.

Al personal de SAMAFE SERVICIOS SA, por confiar y brindarme todo su apoyo beneplácito para la obtención de mi título.

TOASA TOASA, JORDY DANIEL

Tabla de contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen	15
Abstract	16
Introducción	17
Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del problema	18
Justificación	19
Objetivos	20

Objetivo general	20
Objetivos específicos	21
Alcance	21
Marco teórico	22
Fundamentos teóricos de vacío	22
Presión	25
Presión de vacío	29
Regiones de presión de vacío	30
Rangos de vacío	32
Sistema típico de vacío o succión	33
Sistema de vacío en aviación	33
Bomba de vacío	35
Tipos de bombas de vacío	35
Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco	36
Medidor de succión	37
Filtro de aire del sistema de vacío	38
Válvula de Alivio	39
Cañerías y tuberías	40
Giróscopo	41

<i>Tipos de giróscopos</i>	42
<i>Rigidez en el espacio</i>	43
<i>Precisión</i>	45
<i>Instrumentos giroscópicos</i>	46
Desarrollo	47
Adquisición de la bomba de vacío	47
Conexiones del Sistema de vacío	47
Cañerías de Entrada y Salida de la Bomba hacia el Instrumento e Indicador	48
Conexión de la válvula de Alivio en la salida de vacío de la bomba	49
Diseño de caja para el banco de prueba	50
Conclusiones y recomendaciones	53
Conclusiones	53
Recomendaciones	53
Bibliografía	54
Anexos	58

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Medición de vacío</i>	25
Tabla 2 <i>Conversión de unidades de presión</i>	26
Tabla 3 <i>Regiones de presión según la calidad de vacío</i>	31
Tabla 4 <i>Rangos de vacío</i>	32
Tabla 5 <i>Tipos de giroscopios</i>	43

Indice de figuras

Figura 1 <i>Barómetro de Torricelli (1643)</i>	23
Figura 2 <i>Bomba de aire de Otto Von Guericke (1650)</i>	23
Figura 3 <i>Vacuómetro de Herbert G. McLeod (1784)</i>	24
Figura 4 <i>Barómetro de mercurio de Torricelli (1644)</i>	27
Figura 5 <i>Relación de la presión absoluta</i>	28
Figura 6 <i>Manómetro</i>	28
Figura 7 <i>Medidor de presión diferencial</i>	29
Figura 8 <i>Relación de presión de vacío</i>	30
Figura 9 <i>Bomba de vacío</i>	35
Figura 10 <i>Tipos de bombas de presión</i>	36
Figura 11 <i>Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco</i>	37
Figura 12 <i>Medidor de succión de la aeronave</i>	38
Figura 13 <i>Filtro de aire del sistema de vacío de la aeronave</i>	39
Figura 14 <i>Válvula de alivio para el sistema de vacío</i>	39
Figura 15 <i>Manguera de vapor rojo CONTINENTAL</i>	40
Figura 16 <i>Manguera de purga, para bomba de vacío</i>	41

Figura 17 <i>Giróscopo</i>	42
Figura 18 <i>Giroscopio rígido en el espacio</i>	44
Figura 19 <i>Precisión de un giroscopio</i>	45
Figura 20 <i>Instrumentos giroscópicos</i>	46
Figura 21 <i>Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco</i>	47
Figura 22 <i>Conexiones del sistema de vacío</i>	48
Figura 23 <i>Implementación de cañerías para el sistema de vacío.....</i>	49
Figura 24 <i>Conexión de válvula de alivio en el sistema de succión para el paso de aire</i>	50
Figura 25 <i>Diseño de maqueta para montar el banco de prueba</i>	51
Figura 26 <i>Banco de pruebas para instrumentos de vacío implementado</i>	52
Figura 27 <i>Sistema de vacío de la aeronave</i>	59

Resumen

Los bancos de prueba son muy reconocidos a nivel mundial en aviación, pues se caracterizan por el mantenimiento hacia los componentes de la aeronave, por lo que es recomendable que cada hangar o centro de mantenimiento aeronáutico los contenga. El presente proyecto consiste en la implementación de un banco de pruebas para instrumentos de vacío de las aeronaves, en el que se indagará una serie de información acerca del mismo, para ello se necesitó de sitios web y libros relacionados a la aviación y aeronáutica mundial. Debido a la gran demanda que tiene el centro de mantenimiento aeronáutico SAMAFE SERVICIOS S.A en los trabajos de inspección en instrumentos de vacío, se ha visto en la necesidad de implementar un banco de prueba de vacío, el mismo que se podrá utilizar para realizar chequeos, inspecciones y proveer el mantenimiento necesario a los instrumentos análogos, cuya fuente de funcionamiento principal es la presión y succión de aire. El banco de pruebas será expuesto al personal de la empresa específicamente técnicos mecánicos de mantenimiento, en el cual la persona encargada tiene la facilidad del conocimiento acerca del funcionamiento del banco y así poder realizar los chequeos e inspecciones en los instrumentos de vacío de las aeronaves especificadas.

Palabras clave :

- **MANTENIMIENTO AERONAUTICO**
- **EMPRESA SAMAFE SERVICIOS S.A**
- **BANCO DE PRUEBAS DE VACÍO**

Abstract

Globally in aviation Test benches are well recognized, these are characterized by maintenance towards aircraft components, so it is recommended that each hangar or aeronautical maintenance center contain them. This project is about the implementation of a test bench for aircraft vacuum instruments, where will inquire into a range of information about the same, for this it was necessary websites and related books about aviation and global aeronautics. Due to the high demand for the aeronautical maintenance center SAMAFE SERVICIOS S.A in the inspection work on vacuum instruments, it has been necessary to implement a vacuum test bench, the same that can be used to perform checks-ups inspections and provide the necessary maintenance to analogous instruments, whose main operating source is the pressure and air suction. The test bench will be exposed to the personnel of the company, specifically mechanical maintenance technicians, in which the person in charge has the facility of knowledge about the operation of the bench and thus be able to carry out checks and inspections on the vacuum instruments of the specified aircraft

Key words:

- **AERONAUTICAL MAINTENANCE**
- **SAMAFE SERVICIOS S.A. BUSINESS**
- **VACUUM TEST BENCH**

CAPÍTULO I

1. Introducción

1.1. Tema

Implementación de un banco de pruebas para instrumentos de vacío en el taller de aviónica de la empresa “SAMAFE SERVICIOS S.A”

1.2. Antecedentes

Samafe Servicios SA conocido por su nombre comercial Alas de Socorro del Ecuador (ADSE) inicia su vida jurídica el 07 de noviembre 1986 según Registro Oficial 559, gracias al trabajo conjunto de gente visionaria que anhelaban tener una entidad nacional que pudiese tomar la posta de manos de “Mission Aviation Fellowship” (MAF), que ha trabajado en Ecuador desde 1948 con el nombre “Alas de Socorro”. («Mantenimiento», Alas de Socorro, ago. 25, 2016.

<https://www.alasdesocorro.com/es/mantenimiento>)

Samafe Servicios SA cuenta con un taller de aviónica el cual posee condiciones ambientales óptimas para la conservación y buen estado de todos los equipos de calibración y de los instrumentos otorgados por sus clientes, con la finalidad de que se mantengan en buenas condiciones de aeronavegabilidad. Todos los bancos de prueba de los instrumentos están bajo una fila de luces fluorescentes certificadas para su uso.

(«Mantenimiento», Alas de Socorro, ago. 25, 2016.

<https://www.alasdesocorro.com/es/mantenimiento>)

En la empresa pública Samafe Servicios SA, es necesario realizar la calibración y mantenimiento en los instrumentos de vacío de las aeronaves que exige el fabricante cada cierto tiempo, así se ayudará a mantener los componentes tanto internos como externos libres de agentes dañinos que pudiesen perjudicar al funcionamiento del mismo.

Dada la situación por ser un centro de mantenimiento y otras operaciones reconocido, Samafe Servicios SA se ha visto en la necesidad de implementar equipos para sus talleres con la finalidad de dar servicios totalmente satisfactorios, por lo cual, la empresa al momento no dispone de un banco de pruebas para instrumentos de vacío que tienen las aeronaves con las que se trabaja y se realiza mantenimientos por causa de ser un taller de aviónica certificado por la DGAC donde se exige que la empresa posea todos los materiales y equipos necesarios para dar servicio y mantenimiento a los instrumentos y proveer la seguridad en vuelo de las aeronaves.

1.3. Planteamiento Del Problema

Samafe Servicios SA fue creada para dar servicios como organización de mantenimiento aeronáutico, manteniendo los más altos estándares para la seguridad de los clientes, pero actualmente no posee de un banco de pruebas para instrumentos de vacío que tiene cada aeronave.

Esto ha dado origen a:

- Desconocimiento de la operabilidad correcta del instrumento mediante la emisión de fallas sobre el mal funcionamiento del mismo.
- Falta de certificación del mantenimiento y calibración del instrumento para que pueda seguir operando con normalidad.
- Falta de la adquisición nuevos instrumentos de vacío.

- Operaciones de vuelo riesgosas

De no solucionarse estos inconvenientes Samafe Servicios SA no podrá otorgar certificados a sus clientes sobre los instrumentos defectuosos en sus aeronaves por lo que esta traerá pérdidas económicas y/o riesgos de información inexacta que le indica el instrumento al piloto u operador de la aeronave.

Por lo expuesto es necesario que en la empresa implemente un sistema de banco de pruebas para instrumentos de vacío que tienen las aeronaves, debido que la ausencia de este equipo se ha convertido en una necesidad para la empresa ya que se puede identificar si el instrumento puede ser reemplazado debido a su deterioro o rehúso.

1.4. Justificación

Es fundamental que Samafe Servicios SA por ser una empresa reconocida a nivel nacional por la DGAC y los servicios que entrega a sus clientes posea de un banco de pruebas para que se puedan realizar las actividades de verificación u mantenimiento a los instrumentos de vacío y puedan garantizar la seguridad de operación del mismo.

Debido a la gran demanda que existe en la empresa por la cantidad de aeronaves que necesitan de la labor que se realiza para poder otorgar ordenes de trabajo ha optado por implementar un banco de pruebas para instrumentos de vacío que será ubicada bajo una fila de luces fluorescentes certificadas para su uso.

El banco de pruebas a implementar ayudará a la empresa en aspectos como:

- Solucionar la comprobación, simulación y calibración en aviónica de instrumentos de vacío.
- Mantener la seguridad en vuelo de las aeronaves, así como también del personal (piloto, copiloto, pasajeros).
- Conservación del instrumento evitando la adquisición e inversión de nuevos, en efecto, una vez identificado la vida útil del mismo se recomendará cambiarlos o reemplazarlos.
- El taller de aviónica pueda entregar órdenes del trabajo a sus clientes sobre la actividad que se realice al instrumento.

Samafe Servicios SA, se beneficiará del banco de pruebas, así como también el personal que labora en el taller de aviónica, con esto Alas de Socorro contará con un nuevo equipo de verificación para la calibración y el mantenimiento de los instrumentos de vacío, que por ser un taller de mantenimiento lo requiere para poder realizar los diferentes trabajos en los diferentes instrumentos de las aeronaves que otorgan sus clientes, el equipo se lo utilizara únicamente cuando el instrumento presente complicaciones o fallas ya sea en aire (vuelo), o en tierra (pruebas).

Por lo tanto, es importante que la empresa Samafe Servicios SA posea un banco de pruebas para la verificación, calibración y mantenimiento de los instrumentos de vacío que posee cada aeronave.

1.5. Objetivos

1.5.1. *Objetivo General*

Implementar un banco de pruebas para instrumentos de vacío de las aeronaves en el taller de aviónica de la empresa Samafe Servicios SA.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Fundamentar bibliográficamente la información requerida acerca del funcionamiento del banco de pruebas y la actuación de los instrumentos de vacío.
- Desarrollar un banco de pruebas mediante una bomba que proporcione aire a presión y vacío a través de tuberías, simulando el comportamiento del instrumento de la aeronave en vuelo.
- Realizar un manual de operación y mantenimiento del banco de pruebas desarrollado, y así poder proporcionar información adecuada al personal técnico que va a operar el equipo.

1.6. Alcance

El presente trabajo de investigación abarca la implementación de un banco de pruebas para instrumentos de vacío de las aeronaves en el taller de aviónica que posee la empresa Samafe Servicios SA, la misma que permitirá mejorar su imagen y ayudará a que los chequeos de los instrumentos otorgados por sus clientes sean totalmente verificados para garantizar su funcionamiento.

En el banco de pruebas también se dispondrá de un switch ON/OFF para que la manipulación del equipo por parte del personal sea más sencilla.

El proyecto una vez finalizado su implementación será puesta a prueba con la adquisición de un horizonte artificial, el cual simulará el funcionamiento y comportamiento de la aeronave en vuelo, también se detectará cualquier falla para que pueda ser calibrado a tiempo

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Fundamentos teóricos de vacío

El espacio de regiones o gases en el cual la presión gaseosa es mucho menor a la atmosférica se llama vacío, normalmente esta palabra se usa para referir a un cierto rango en condiciones amplias, donde simplemente se describe a un área sin materia o para ser específico un espacio donde diferentes gases y el aire están ausentes.

(Cunningham, 2009)

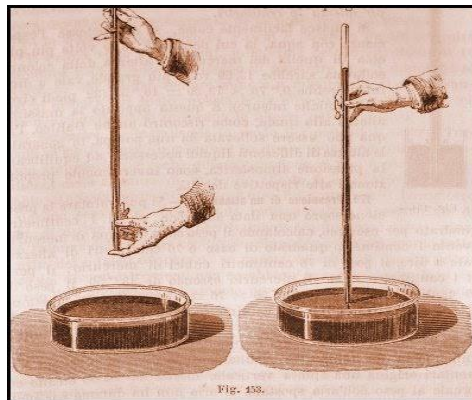
El vacío tiene historia desde la antigüedad, donde personajes como Galileo Galilei durante el siglo XVII, fue la primera persona en establecer un vacío parcial utilizando un pistón, el mismo que en el año de 1592, con la ayuda de un tubo de ensayo y una superficie con agua logró crear el primer termómetro, pues su experimento consistió en colocar un tubo con la boca hacia abajo sumergido en el líquido, dando como resultado medir la temperatura del aire, es decir, cuando el aire en el interior del tubo enfriaba, el volumen aumentaba y por lo tanto, el agua era expulsada al exterior. (Cunningham, 2009)

Fue el mayor hallazgo en el mundo, donde, llevaron a otros científicos seguir con el estudio de este fenómeno. A su descubrimiento del siglo XVII, Torricelli en 1634, logra especificar a la nada como “vacío”, junto con su invención del barómetro de mercurio como se muestra en la Figura 1, con el cual se podía calcular la presión atmosférica (fuerza del aire sobre la superficie de la tierra) y concluir el resultado de su experimento, manifestó que el aire asume un peso y esto lo logró mediante la utilización

de mercurio, haciéndolo ascender en un tubo cerrado, creando vacío en la parte superior, es decir, empujado por el peso del aire de la atmósfera. (Cunningham, 2009)

Figura 1

Barómetro de Torricelli (1643)



Nota: El barómetro es instrumento donde su función principal de acuerdo con su creador se inventó para medir la presión de la atmósfera. Tomado de (R., 2016)

La primera bomba de aire eficiente como se muestra en la Figura 2, fue creada por el físico alemán, Otto Von Guericke en 1650, este invento ayudó a realizar experimentos sobre la compresión y descompresión de Robert Boyle, posteriormente, se comprobó que la presión de un aire confinado a un volumen constante es proporcional a su temperatura, tal y como lo dijo el físico y químico francés, Joseph Louis Gay-Lussac a principios de 1800. (Cunningham, 2009)

Figura 2

Bomba de aire de Otto Von Guericke (1650)

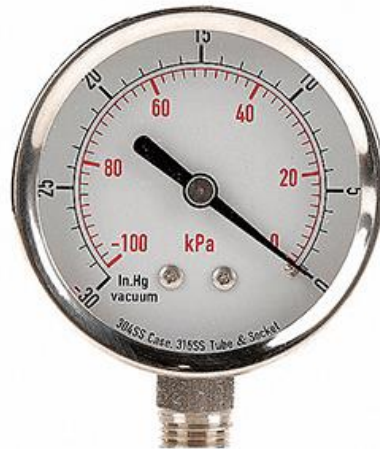


Nota: Bomba donde el físico Alemán Otto Von Guericke inventó para ayuda la compresión y descompresión de Robert Boyle. Tomado de (Cunningham, 2009)

Fue tanto el interés hacia las propiedades de los gases a bajas presiones, que, el científico Herbert G. McLeod, inventó el primer instrumento que permite cuantificar la presión de vacío y lo llamo “vacuómetro” como se muestra en la Figura 3, que data del siglo XVIII, en el año de 1784. (Jss11, 2019)

Figura 3

Vacuómetro de Herbert G. McLeod (1784)



Nota: El vacuómetro es una herramienta primordial con la que se puede medir la presión de vacío. Tomado de (Cloudtec, 2020)

El vacío opta de 2 opciones para su descripción, la teórica y experimental, cual habla acerca del vacío que representa el cero físico, es decir, la nada de la materia, se podía comparar como una caja sin nada, insostenible. Junto con los experimentos que se realizaron de varios científicos, se concluyó que el vacío formaba la ausencia sistémica de materia en un rotundo espacio o lugar, precisando que el mundo podía tener muchos estados de vacío diferentes. (Villafuerte, 2018)

Tabla 1*Medición de vacío*

Medición de vacío	
A modo de una presión absoluta	Valor numérico positivo (+), menor que (<) la presión atmosférica
A modo a una depresión	Valor numérico negativo (-), para indicar presiones inferiores a la presión atmosférica
A modo de una presión de vacío	Valor numérico positivo (+), mayor cuanto menor es la presión absoluta.
A modo de un Porcentaje	<p>Se refiere a un vacío del 90%, donde queda solamente el 10% del aire que tendría si estuviese a presión atmosférica.</p> <p>Se expresa el % de vacío impecable respecto al vacío absoluto</p>

Nota: se puede estimar varios manifiestos que han podido expresarse mediante un determinado nivel de vacío. Tomado de (Malagon, 2019)

2.1.1. Presión

Según Carballo, 2017, la cantidad de fuerza que se aplica en un área determinada normalmente se define como presión, cantidad física donde esta se expresa normalmente como fórmula: $P = \frac{F}{A}$, en el que F y A son fuerzas por área perpendicular a su superficie. Mediante el Sistema Internacional de Unidades (SI), la

unidad de presión es el Pascal (Pa), que es igual a un newton por metro cuadrado

$$(PA = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{m \times s^2}), \text{ nombrado así desde 1971.}$$

Tabla 2

Conversión de unidades de presión

	PSI	Atmosf.	kg/cm²	cm c.a	mm HG	Bar	Pa
PSI	1	0,0680	0,0703	70,31	51,72	0,068 9	7.142
Atm.	14,7	1	1,033	1033	760	1,013 1	1,01 x 10 ⁵
Kg/cm²	14,22	0,9678	1	1000	735,6	0,96	98.100
cm c.a	0,0142	0,00096	0,0010	1	0,735 5	0,000 9	100
mm HG	0,0193	0,0013	0,0013	0,001 3	1	0,001 3	133
Bar	14,5	1,02	1,02	1024	750	1	10 ⁵
Pa	1,4 x 10 ⁻⁴	0,987 x 10 ⁻⁵	0,102 x 10 ⁻⁴	0,01	0,007 5	10 ⁻⁵	1

Nota: La tabla 2 muestra las diferentes equivalencias en las unidades de presión.

Tomado de (Oscarcoy, 2018),

Según Piñón, 2020, existen algunos tipos de presión, asociados directamente a su aplicabilidad y al rango específico en dónde se pretende utilizar:

La presión practicada en un punto que se da por la columna de aire desde el suelo hasta la parte preferente de la atmósfera se llama presión atmosférica, en

términos teóricos es considerado cuanto mayor se la altitud menor será la presión. Se cree que esta disminuye de media en 1HPa por cada 8m de altura, en cuanto a nivel del mar, y su medición es tomada en pascales (Pa) o para ser más exacto en hectopascales (hPa). (Carballo, 2017)

Para medir esta presión se utiliza un dispositivo que data de 1644 y de los experimentos de Torricelli, quien desarrolló el barómetro de mercurio Como se muestra en la Figura 4, se trata de un instrumento compuesto de una cubeta de vidrio donde se agrega Mercurio haciendo que la presión atmosférica actúe sobre ella, provocando un balance. (Raig, 2016)

Figura 4

Barómetro de mercurio de Torricelli (1644)

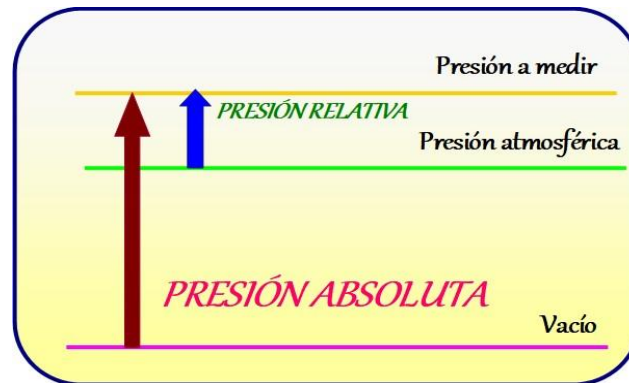


Nota: Instrumento que provee un balance entre la presión atmosférica al momento de agregar mercurio a una cubeta de vidrio se llama barómetro. Tomado de (R., 2016)

La presión absoluta donde normalmente tiene una lectura de 0 se mide en relación con un vacío total, el cero absoluto es la ausencia total de presión. Cuando la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña se considera que no existe un choque entre estas, es decir, es cero. (Piñón, 2020).

Figura 5

Relación de la presión absoluta



Nota: se puede observar que la presión absoluta siempre se mide respecto al vacío, por la cual, siempre va a ser positiva. Tomado de (Zapata, 2020)

La diferencia entre la presión real y atmosférica se conoce como presión manométrica, cuando la cantidad es negativa se refiere a una presión de vacío, solo es manométrica cuando la presión atmosférica es superior, los aparatos utilizados para medición reciben el nombre de manómetros como se muestra en la Figura 6, se expresa por encima o debajo de la presión atmosférica, los medidores que sirven para medir presiones inferiores a la atmosférica se llaman manómetros de vacío o vacuómetros. (Ullar, 2021)

Figura 6

Manómetro



Nota: El manómetro es un instrumento que puede ayudar a medir la diferencia entre la presión real y atmosférica. Tomado de (grainger, 2021)

Presión diferencial, la presión entre 2 puntos dados, es decir, es esencialmente una categoría amplia de lecturas en la que se pueden clasificar muchos tipos de presión, incluido la absoluta y manométrica, lo que hace que esta sea diferente, todas las lecturas se consideran diferenciales, ya que esta se mide como absoluta, en relación con el vacío, o manométrica, en relación con la atmosférica, los valores de lectura y referencia son variables que se calcula restando uno de estos valores con el otro, en la Figura 7, se aprecia un medidor de presión diferencial. (Cano, 2019)

Figura 7

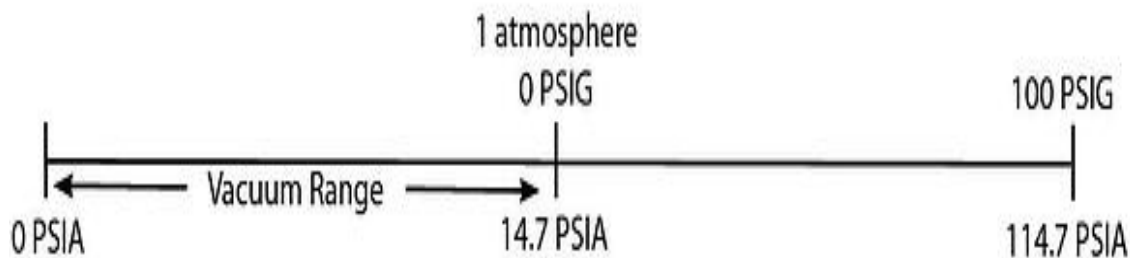
Medidor de presión diferencial



Nota: Instrumento que permite conocer el valor de la presión entre 2 puntos dados, donde existen muchos tipos de presión. Tomado de (MAGNEHELIC, 2021)

2.1.2. Presión de vacío

Por definición, el vacío es un espacio que se agota parcialmente (en la mayor medida posible) por medios artificiales (como una bomba de aire). Esta definición se refiere a un vacío alto o duro. (SA, 2017)

Figura 8*Relación de presión de vacío*

Nota: Se puede apreciar la ilustración acerca de la relación que tiene la presión absoluta junto con la manométrica con PSIA igual a 0 y equivalente a un vacío alto o fuerte.

Tomado de (Lish, 2015)

2.1.3. Regiones de presión de vacío

La cualidad que tienen las regiones de presión de vacío esta detallada mediante la cantidad de materia que queda en el mismo sistema, dado así que un vacío de muy alta calidad es uno en el que queda muy poca materia como se muestra en la Tabla 3. La presión absoluta es un parámetro principal donde la temperatura y composición se caracterizan para la medición de vacío. (mksinst, 2021)

Tabla 3*Regiones de presión según la calidad de vacío*

Calidad de vacío	Torr	Pensilvania	Atmósfera
Presión atmosférica	760	1.013×10^5	1
Vacío bajo	760 hasta 25	1×10^5 hasta 3×10^3	$9,87 \times 10^{-1}$ hasta 3×10^{-2}
Vacío medio	25 hasta 1×10^{-3}	3×10^3 hasta 1×10^{-1}	3×10^{-2} para $9,87 \times 10^{-7}$
Alto vacío	1×10^{-3} hasta 1×10^{-9}	1×10^{-1} hasta 1×10^{-7}	$9,87 \times 10^{-7}$ hasta $9,87 \times 10^{-13}$
Vacío ultra-alto	1×10^{-9} a 1×10^{-12}	1×10^{-7} hasta 1×10^{-10}	$9,87 \times 10^{-13}$ hasta $9,87 \times 10^{-16}$
Vacío extremadamente alto	$< 1 \times 10^{-12}$	$< 1 \times 10^{-10}$	$< 9,87 \times 10^{-16}$
Espacio exterior	1×10^{-6} hasta $< 1 \times 10^{-17}$	1×10^{-4} hasta $< 3 \times 10^{-15}$	$9,87 \times 10^{-10}$ hasta $< 2,96 \times 10^{-20}$
Vacío perfecto	0	0	0

Nota: Según el nivel, en la calidad del vacío encontramos especificaciones para la presión que se le da a cada región, como se puede apreciar en la Tabla 3. Tomado de (mksinst, 2021)

2.1.4. Rangos de vacío

La presión y composición de los gases residuales en un sistema de vacío varía considerablemente con su diseño e historia. Para algunas aplicaciones una densidad de gas residual de decenas de miles de millones de moléculas por centímetro cúbico es tolerable. En otros casos, no más de unos cientos de miles de moléculas por centímetro cúbico constituyen un vacío aceptable. Existen diferentes clases de vacío y en cada caso la presión es menor, o el vacío es cada vez mayor como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Rangos de vacío

GRADO DE VACÍO	RANGO DE PRESIÓN (Pa)
BAJO	$10^5 > P > 3.3 \times 10^3$
MEDIO	$3.3 \times 10^3 \geq P > 10^{-1}$
ALTO	$10^{-1} \geq P > 10^{-4}$
MUY ALTO	$10^{-4} \geq P > 10^{-7}$
MUCHO MAS ALTO	$10^{-7} \geq P > 10^{-10}$
EXTREMADAMENTE ALTO	$10^{-10} > P$

Nota: En la tabla 4 se puede apreciar como el régimen de cada grado de vacío tiene un comportamiento de presión diferente. Tomado de

(http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/mazariegos_b_d/capitulo6.pdf)

La eficiencia de las bombas de vacío es diferente para cada uno de los gases gracias a la modificación de composición que tienen en el sistema. Las paredes del contenedor empiezan a ser absorbidas debido a las bajas presiones de las moléculas y se conforma con el gas residual. (Cruz, 2017)

2.2. Sistema típico de vacío o succión.

Las bombas de vacío y tanques importados en un patín o camión forman parte de los sistemas de vacío que son muy importantes en la actualidad, en donde, estas tienden a crear un vacío es decir una succión de aire de la atmósfera en el cual el aceite se mueve directamente a través de una manguera desde la fuente, el mismo que se mueve directamente desde su origen al tanque. En la actualidad muchos de los sistemas de vacío pueden manejar desechos, aceites viscosos y la entrada de aire o agua. (Carrillo Rosero, 2018)

2.3. Sistema de vacío en aviación

El sistema de vacío de la aeronave generalmente funciona a través de una bomba de vacío conectada al motor, esta bomba aspira aire a través del sistema de vacío para alimentar los manómetros de los instrumentos asociados al mismo. En aviación menor se utiliza muchas veces el sistema de vacío para uso de los equipos que emplea la cabina con instrumentación analógica, ya que emplea el flujo del aire como medio para establecer succión necesaria y poder de esta forma accionar los instrumentos giroscópicos del avión entre los cuales se tiene el horizonte artificial, indicador de viraje y coordinación del avión. (eflyacademy, 2021)

En el sistema de vacío incluye toda la gama de componentes, subsistemas y procesos que permiten el funcionamiento del mismo, los más importantes son los siguientes:

- Cámara de vacío.
- Sistema de bombeo de vacío, que incluye el proceso y el equipo de vacío auxiliar para la cámara, criostato y sistema criogénico, inyector de pellets de combustible sólido, manta, equipo de diagnóstico y otros equipos funcionales.
- Equipo de monitoreo y control para el suministro de combustible a la cámara, gestión de los flujos de gas y protección del conducto de bombeo de vacío contra fugas de aire, etc.
- Instrumentos para medición de vacío y análisis de gases.
- Sistema de control de integridad del conducto de bombeo de vacío.

Generalmente bombas que pueden eliminar las moléculas de gas requieren mucho para la creación de vacío, pues solamente una bomba no puede bombear un sistema de presión atmosférica con un alto vacío, para ello debe poseer por lo menos 2 o más, utilizadas para alcanzar y poder mantener ciertos rangos de presión que influyen en el trabajo para bombas de vacío. Cuando la presión sea mayor, la bomba de bajo vacío suele no funcionar normalmente por lo que requiere de un intervalo de presión utilizable. En algunas bombas de alto vacío, si se usa una presión más baja, también puede causar contaminación, sin embargo, el intervalo de presión recomendado por el fabricante puede hacer funcionar correctamente a una sola bomba. (aeronautical, 2017)

2.4. Bomba de vacío

Esta bomba se encuentra ubicada en la parte delantera del fuselaje de la aeronave, específicamente en la pared de fuego y es accionada por un motor situado en el exterior o en el torbellino de la hélice. La bomba como se muestra en la Figura 9, genera un vacío o más entendible produce una succión del aire comprendido en la atmósfera, el cual, se regula normalmente con una válvula que mantiene su accionamiento de 3.5 a 5.5 pulgadas de mercurio. (eflyacademy, 2021)

Figura 9

Bomba de vacío



Nota: La bomba especificada normalmente es de una aeronave, donde su función es absorber el aire de la atmosfera para alimentar a los instrumentos de vacío. Tomado de (Arabia, 2021)

2.4.1. Tipos de bombas de vacío

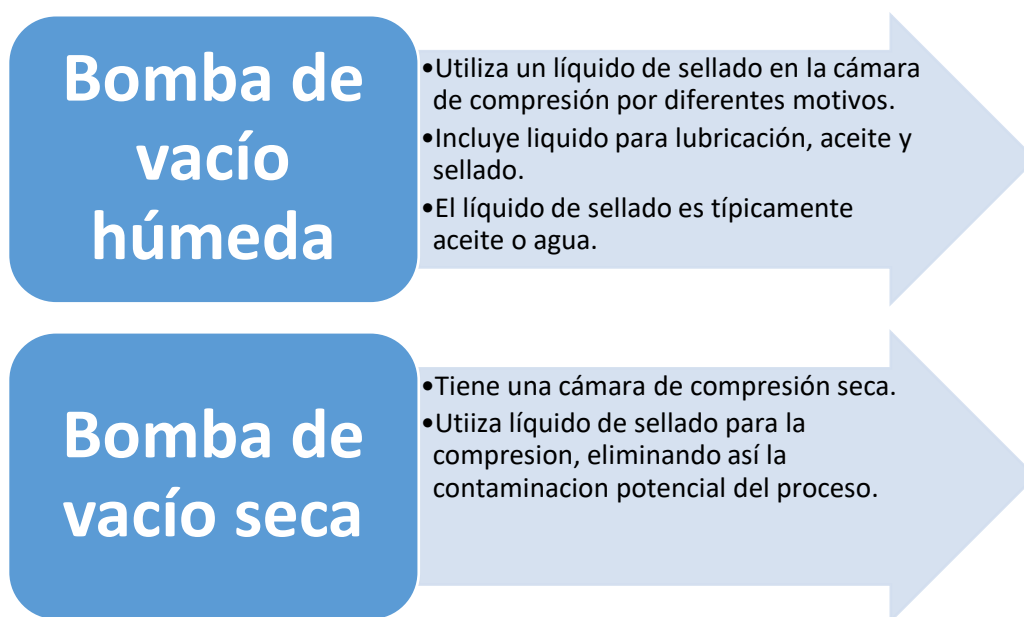
Normalmente existen dos tipos de bombas de vacío: la clase “húmeda”, que es esencialmente una bomba hidráulica que es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada, generalmente esta es energía mecánica en energía del fluido incomprensible que se mueve, y la que es más utilizada por las aeronaves Cessna la de variedad neumática, “seca”, la cual básicamente consta de dos

diafragmas que están unidos por un eje en la sección del centro lo que permite y hace posible que las cámaras se muevan a la vez, siendo de esta manera la separación física entre el producto a bombear y el aire comprimido. (gardnerdenver, 2021)

En la Figura 10, se puede apreciar las características que utiliza cada una de las bombas para su funcionamiento.

Figura 10

Tipos de bombas de presión



Nota: Las características que tienen cada tipo de bomba, normalmente es de acuerdo al trabajo específico que se realice, por lo que existen estos dos tipos más frecuentes. Tomado de (gardnerdenver, 2021)

2.5. Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco

Este es un tipo de bomba que normalmente llevaban las aeronaves antes que la aviación digital llegará a tomar posesión, algunos todavía la llevan pero para disminuir el peso de la aeronave fueron remplazadas, la bomba como se muestra en la Figura 11, fue accionada para realizar la misma función que una bomba de vacío normal con la

diferencia que esta no funcionaba al mismo tiempo que la otra ubicada en la pared de fuego y que es accionada por el motor, sino que esta se acciona cuando la bomba principal deja de funcionar cumpliendo así el mismo cometido, gracias al rotor que posee puede accionarse y producir una succión o vacío que la absorbe del aire que rodea la atmósfera.

Generalmente consta de dos rotores que se encuentran en forma de garra girados en direcciones diferentes dentro de la carcasa, la forma en la que están enclavados los rotores hace posible que el aire se absorba a un gran volumen, una vez dentro se comprime y generalmente expulsa en forma de presión el mismo aire que se succionó. (aircraftspruce, 2021)

Figura 11

Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco



Nota: La bomba auxiliar aerotransportada de aire seco, tiene utilidad en las aeronaves como fuente secundaria por si la bomba principal llega a fallar. Tomado de (aircraftspruce, 2021)

2.6. Medidor de succión

Conocido como regulador e indicador de succión, un indicador como se muestra en la Figura 12, se ubica en la parte inferior de la cabina de la aeronave, para poder

indicar al piloto al mando cual es el porcentaje de vacío o succión que se está proporcionando al sistema, ya que esta se debe regular porque mucha presión de succión puede dañar al instrumento o instrumentos que lleva la misma, su mínimo de 3.5 a 5.5 pulgadas de mercurio. (McMahon, 2015)

Figura 12

Medidor de succión de la aeronave



Nota: El medidor de succión en una aeronave es el instrumento importante que especifica al piloto la cantidad de vacío que está absorbiendo la bomba, del aire de la atmósfera. Tomado de (McMahon, 2015)

2.7. Filtro de aire del sistema de vacío

El filtro de aire (Figura 13), principalmente ayuda a que el aire absorbido por la bomba de vacío no permita el paso de impurezas al instrumento ya que es un equipo muy delicado y cualquier elemento externo puede afectar el funcionamiento del mismo o inclusive puede dañarlo; en aviación es muy peligroso ya que estos instrumentos indican la posición en que se está moviendo el avión y la trayectoria para poder llegar a su destino. (mastertoolrepair, ELEMENTO FLTR PARA SC23 y SC46 - 14, 2021)

Figura 13

Filtro de aire del sistema de vacío de la aeronave



Nota: El filtro ayuda a liberarnos de cualquier impureza que pueda absorber la bomba de vacío para así proteger el instrumento y evitar daños graves. Tomado de (mastertoolrepair, FLTR ELEMENT FOR SC23 and SC46 - 14, 2021)

2.8. Válvula de alivio

Como se muestra en la Figura 14, la válvula que posee el sistema ayuda a controlar el paso de vacío que entra al instrumento y es accionada manualmente, normalmente se establece el paso a 4.0 pulgadas de mercurio y se entorcha para que esta no se mueva de su posición y pueda funcionar sin tener que regular la válvula constantemente, sino solo su inspección que se realiza cada cierta hora. (VALFONTA, 2017)

Figura 14

Válvula de alivio para el sistema de vacío



Nota: La válvula de alivio ayuda a mantener el paso de aire succionado en un valor establecido manualmente y disponible para que el instrumento de vacío pueda funcionar. Tomado de (https://media.qcsupply.com/media/product_attachments/attachment_file/1/2/120562_Brochure.pdf)

2.9. Cañerías y tuberías

Estos componentes son adicionales y muy importantes para el paso de aire succionado por la bomba de vacío hacia los instrumentos y el indicador, el material de cada tubería o cañería (Figura 15), es muy importante, las que van ubicadas en la parte del motor deben ser muy resistentes al calor ya que en vuelo el motor sube a una temperatura muy elevada por lo que tiene que soportarlo, mientras que las cañerías que van dentro de la aeronave (Figura 16), en la parte inferior y posterior de la cabina necesitan de un material más suave pero no tan delicado que va conectado hacia los 2 o 3 instrumentos, depende de la aeronave que sea, estos no deben tener fugas por ser instrumentos herméticos, lo que quiere decir que si existe alguna fuga, el instrumento deja de funcionar correctamente mostrando información incorrecta. (Sardaños, 2021)

Figura 15

Manguera de vapor rojo CONTINENTAL



Nota: Generalmente las mangueras para altas temperaturas son usadas donde existen más calor en la aeronave, esta parte es común en el motor ya que sube altas temperaturas al momento de volar. Tomado de (jymfg, 2020)

Figura 16

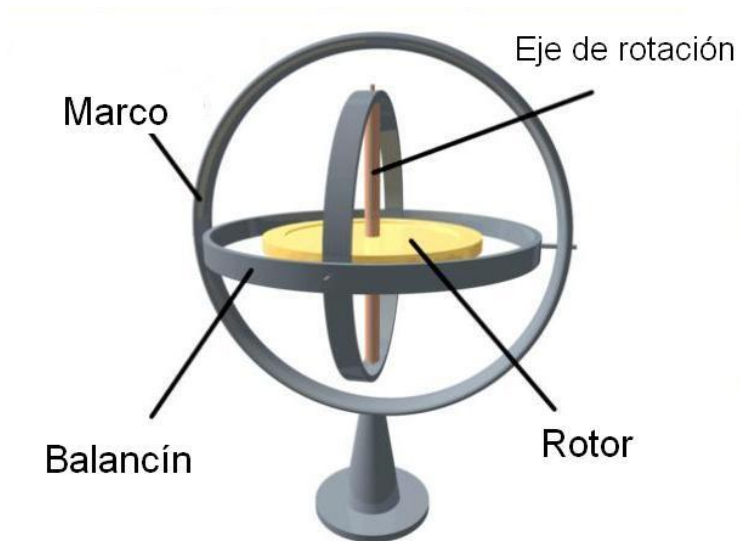
Manguera de purga, para bomba de vacío



Nota: La manguera de purga es muy conocida en aviación para las aeronaves, ya que su uso se le da habitualmente para la conexión hacia los instrumentos dentro de la cabina. Tomado de (nilmoto, 2021)

2.10. Giróscopo

Un giróscopo mecánico normalmente consiste en la aglomeración de esencia giratoria que expide alrededor de su eje. En particular, tiende a permanecer paralela a sí misma y oponerse a cualquier intento de cambiar su orientación, cuando la masa gira sobre su eje como se muestra en la Figura 17, dispositivo que fue ficticio por el físico León Foucault en 1852, durante sus ilustraciones sobre la rotación de la Tierra. Si se instala un giróscopo en cardanes (en libre movimiento de rotación entre dos ejes no alineados) que permiten que la masa navegue libremente en las tres direcciones del espacio, su eje giratorio permanecerá orientado en la misma dirección, incluso si cambia de dirección. (Castellanos-Ruíz, 2021)

Figura 17*Giróscopo*

Nota: El giróscopo normalmente tiende a permanecer paralela a sí misma y oponerse a cualquier intento de cambiar su orientación, cuando la masa gira sobre su eje. Tomado de (jc, 2019)

2.10.1. Tipos de giróscopos

En la siguiente Tabla 5, se puede apreciar los diferentes tipos de giroscopios que existen respectivamente con sus características.

Tabla 5*Tipos de giroscopios*

GIROSCOPIÓ ELECTRÓNICO	GIROSCOPIO ANALÓGICO
-Detectar rotaciones.	-Misma función que el electrónico con la diferencia que puede captar la velocidad de rotación.
-Para determinar su movimiento este mide la velocidad angular.	-Información en forma analógica.
-Utilizado en celulares.	-En los celulares permitió el desarrollo de la sensibilidad a la hora de balancear el celular.
-Replica su respuesta mediante el cálculo matemático de las fuerzas.	

Nota: Los tipos de giroscopios son usados normalmente para funcionalidad electrónica o analógicamente, depende su uso o pueden funcionar las dos a la vez para tener más información. Tomado de (José Luis R., 2017)

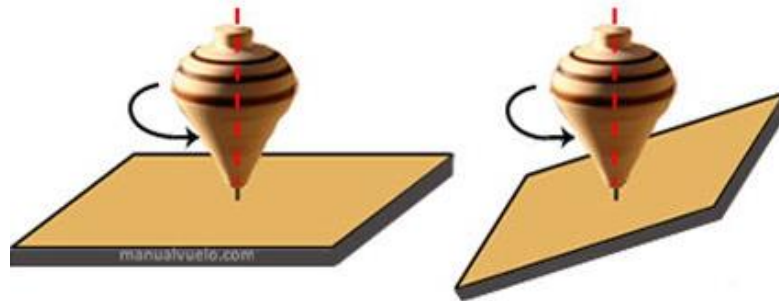
2.10.2. Rigidez en el espacio

Al rotar un giróscopo este permanece en una posición fija en su plano de rotación independientemente del movimiento del soporte o el marco, es decir que el rotor permanece en un mismo punto, rígido en el espacio con su plano de rotación. (José Luis R., 2017)

En la Figura 18, independientemente de la posición de su base, un giróscopo tiene a permanecer rígido en el espacio, con su eje de rotación apuntando en una dirección constante

Figura 18

Giroscopio rígido en el espacio



Nota: Se puede explicar por la 1a Ley del Movimiento de Newton, que dice: "Un cuerpo en reposo tiende a estar en reposo, y un cuerpo en movimiento tiende a permanecer en movimiento rectilíneo, salvo que se le aplique una fuerza externa". Tomado de (José Luis R., 2017)

Los factores que afectan la rigidez en el espacio del giróscopo se basan en la cantidad de rigidez que presenta un giróscopo y es directamente proporcional a su velocidad de rotación, es decir la RPM del rotor y su momento de inercia dependen directamente de la masa y del radio efectivo, entre más rápido gire el rotor del giróscopo tendrá mayor rigidez en el espacio y viceversa. (José Luis R., 2017)

El momento de inercia se puede describir mediante la forma como puede accionarse el rotor del giróscopo mediante un peso mayor, para que este pueda tener una mejor estabilidad y por lo tanto sea más rígido, lo que quiere decir cuan mayor sea la masa y el radio efectivo del giróscopo mayor rigidez en el espacio tendrá, es decir, entre más ancho y pesado sea el giróscopo será mayor su rigidez en el espacio y viceversa. (ROCHA, 2015)

La velocidad de rotación es de aproximadamente 18k revoluciones por minuto la cual es relativamente alta, el radio efectivo del giróscopo es de aproximadamente 2 cm y normalmente tienen un gran peso relativo, esperando que el giróscopo tenga una alta rigidez en el espacio. (ROCHA, 2015)

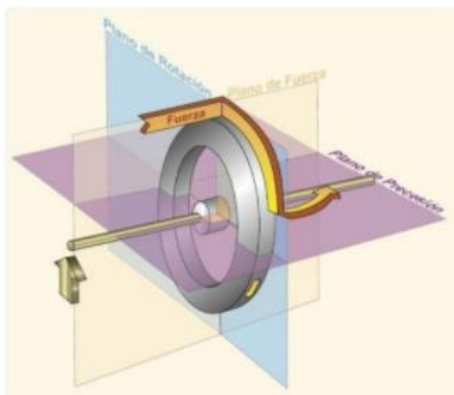
2.10.3. Precisión

Se habla de precisión (Figura 19), cuando una fuerza deflectora es la respuesta que se tiene a la inclinación o giro de un giróscopo como se muestra en la Figura 17, la reacción a esta fuerza se produce en un punto que está a 90° más adelante en la dirección de rotación, misma que no se produce en el punto en el que se aplicó.

Teóricamente la precisión es toda fuerza aplicada perpendicularmente sobre el plano de rotación de un giróscopo reflejada a 90° en el sentido de la rotación. La magnitud de la precisión que presenta el giróscopo es directamente proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la velocidad de rotación (RPM), es decir que entre más rápido gire el giróscopo, menor será la precisión, por otro lado, cuanto mayor sea la fuerza aplicada al giróscopo, mayor será la precisión. (Marqués, 2015)

Figura 19

Precisión de un giroscopio



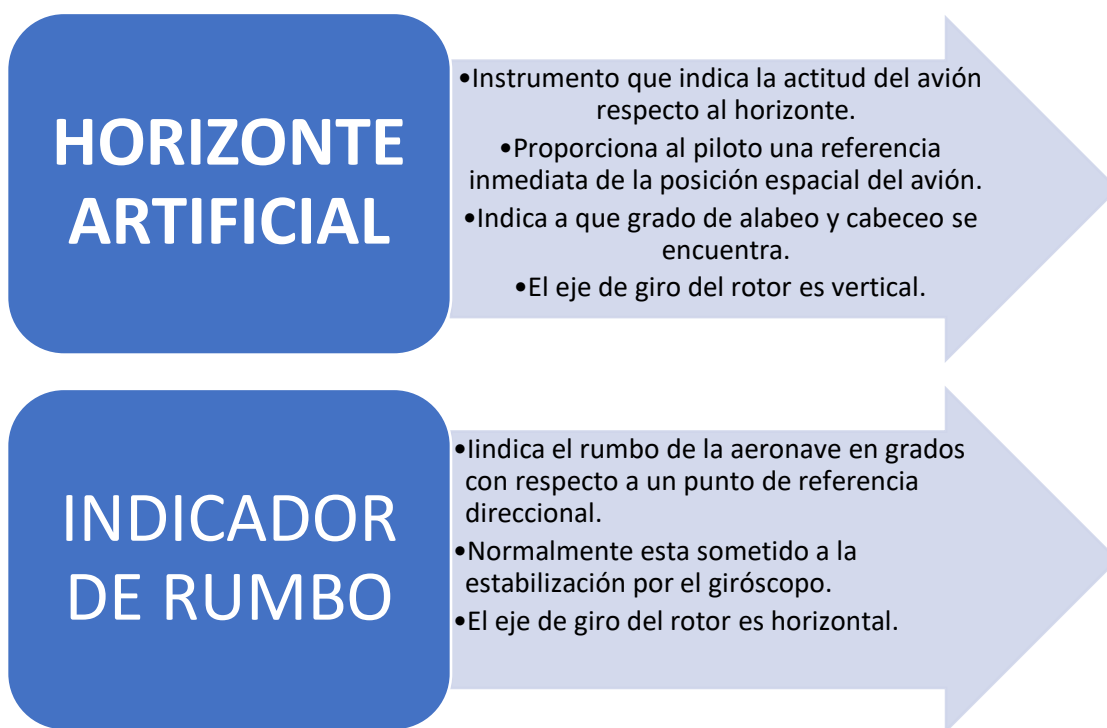
Nota: La precisión de un giróscopo es dada cuando una fuerza deflectora es la respuesta que se tiene a la inclinación o giro de un giróscopo. Tomado de (vueloifr, 2015)

2.10.4. Instrumentos giroscópicos

Estos instrumentos básicamente poseen de un giroscopio en su interior, el cual contiene alabes que necesitan de una entrada de aire y una de vacío para su funcionamiento, estos hacen que se mueva y así posicionar balanceadamente al giroscopio cuando el avión está en vuelo, se encuentran posicionadas vertical u horizontalmente en los diferentes instrumentos como se muestra en la figura 20.

Figura 20

Instrumentos giroscópicos



Nota: Normalmente existen 2 tipos de instrumentos giroscópicos en la aeronave y en aviación particularmente que ayudan a detectar la posición del avión, su aptitud y actitud.

Tomado de (LATAM, 2020)

CAPÍTULO III

3. Desarrollo

3.1. Adquisición de la bomba de vacío

Para el desarrollo del proyecto de un banco de prueba del sistema de vacío en instrumentos analógicos como el indicador de rumbo y el horizonte artificial, se empezó con la adquisición de la bomba de vacío aerotransportada de aire seco (Figura 21), donde se obtuvo de una aeronave Cessna 206, esta bomba simplemente en algunos aviones no es utilizada o simplemente son reemplazadas. El funcionamiento de esta nos ayudará a generar una succión del aire de la atmósfera, lo que se necesita para conectar al instrumento, la misma succión entra en la bomba y se transforma en una salida de aire llamada presión dándonos las 2 como resultado del encargo de esta que es necesaria y utilitaria para el banco de prueba propuesto.

Figura 21

Bomba auxiliar aerotransportada de aire seco



Nota: Generalmente la bomba que se obtuvo fue dada de baja en un aeronave accidentada, pero en una totalidad de función de un 100%. Tomado de (Toasa, 2021)

3.2. Conexiones del sistema de vacío

El motor de la bomba tiene un funcionamiento con voltaje para 28 VDC y una corriente de 14 a 15 amperios, lo cual es necesario concretarle una bobina que

ayudará almacenar energía y suministrar corrientes de alta tensión como se muestra en la Figura 22, este poseerá de dos salidas para conexión a la fuente de voltaje ubicada en el taller de aviónica con un alcance de 3 KW o 3 KVA, también se le conectara un fusible de 15^a (amperios) en el caso de tener algún incidente en la conexión, todo eso será unido a un master switch, que será puesto en la parte frontal del banco de pruebas a la vista para poner en marcha su funcionamiento.

Figura 22

Conexiones del sistema de vacío



Nota: Como todo sistema, las conexiones electrónicas son muy importantes para su funcionalidad, ya sea en un switch o directamente con la bomba, bobinas, relés o fusibles que se está utilizando. Tomado de (Toasa, 2021)

3.3. Cañerías de entrada y salida de la bomba hacia el instrumento e indicador

Con la ayuda de una manguera muy resistente a temperaturas altas se unió a la salida presión de la bomba y con la ayuda abrazaderas se las ajusto para que estas no tengan fuga o puedan ser expulsadas por algún incremento de aire, mediante un fitting hembra de 2 salidas y un macho de 1 entrada se acopló cañerías de aluminio y se

ajustó con mangueras de insuflación de CO₂, simplemente con el hecho de ser utilizado para dos funciones, pues esta será conectada a la entrada de presión del instrumento y la entrada de vacío del indicador de succión (Figura 23).

Figura 23

Implementación de cañerías para el sistema de vacío



Nota: El diseño de las cañerías ayuda a direccionar al paso de aire al instrumento e indicador ya sea en vacío o presión. Tomado de (Toasa, 2021)

3.4. Conexión de válvula de alivio en la salida de vacío de la bomba

Para la salida de vacío de la bomba normalmente se necesita de una válvula de alivio para que esta pueda regular su succión, esta se la regula el paso de 3.5 a 5.5 pulgadas de mercurio, el valor establecido para el paso de la misma se requiere dejar en 5.1 pulgadas de mercurio, una vez establecido el valor se lo ajusta y su perno se lo entorcha con alambre de freno para aviación 0.35, para no ser movido previo a su inspección o mantenimiento.

Al igual que la salida de presión se necesitó de una manguera resistente a temperaturas altas, ya que el motor se empieza a calentar al momento de ser encendido

y puede perjudicar si no se usa el material correcto, ajustado con abrazaderas y se unido con un fitting hembra de 2 salidas y macho de 1 entrada, junto con cañerías de aluminio y la conexión de mangueras de insuflación de CO₂, dándonos como resultado 2 salidas que de igual manera serán utilizadas en la entrada de vacío del instrumento y en la entrada de presión del indicador (Figura 24).

Figura 24

Conexión de válvula de alivio en el sistema de succión para el paso de aire



Nota: Como se explicó la válvula de alivio generalmente está posicionada al paso de aire de un valor establecido para el funcionamiento del instrumento, generalmente esta conectada con la salida de vacío. Tomado de (Toasa, 2021)

3.5. Diseño de caja para el Banco de prueba

Con la ayuda de materiales como el taladro de madera y una pulidora, se tomó las medidas correspondientes previo al diseño y se procedió a cortar hasta dejar sus piezas, una vez realizado sus cisuras, se procedió a unirlos con largueros de aluminio en sus esquinas y para reforzarlo también en su base, con la finalidad de encajar la bomba exterior en el interior de la caja (Figura 25).

Se implemento una base de madera para colocar al instrumento sujetado con la ayuda de elásticos muy resistentes en ganchos unidos al mismo, para que este no pueda caer, el diseño gracias a un cojinete giratorio junto con un perno conectado a su base con la finalidad de que al ser colocado el instrumento este se pueda mover libremente como lo hace en la aeronave cuando está volando y así poder identificar sus fallas.

Figura 25

Diseño de maqueta para montar el banco de prueba



Nota: Se diseña la maqueta conforme a la bomba implementada para ayudar en la fácil visibilidad de indicación y manipulación del personal para realizar trabajos de mantenimiento con los instrumentos de vacío. Tomado de (Toasa, 2021)

Finalmente se colocó las señalizaciones correspondientes en el banco de pruebas para que sea usado por el personal de mantenimiento con las debidas normas de seguridad y fácil acceso, como se muestra en la Figura 26.

Figura 26

Banco de pruebas para instrumentos de vacío implementado



Nota: El banco de pruebas ha sido finalizado con éxito, puesto a prueba con el personal del taller de aviónica y expuesto su funcionamiento para realización de trabajos en el mantenimiento de los instrumentos. Tomado de (Toasa, 2021)

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- De acuerdo con lo investigado, el sistema de vacío en aeronaves funciona con una entrada de aire, que es la presión del viento de la atmosfera que recoge la bomba de vacío, donde se conectan sus instrumentos giroscópicos, que, por ser herméticos, también poseen entradas de vacío y presión.
- El banco de pruebas para instrumentos de vacío se implementó correctamente con todas sus normas de seguridad, diseño de gráficos y diagramas acerca de su funcionamiento.
- La implementación del banco de pruebas ayuda al mantenimiento y detección de fallas, que constantemente se presentan en los instrumentos giroscópicos de la aeronave en vuelo, permitiendo así el otorgamiento de comprobantes previo a su inspección.

4.2. Recomendaciones

- Si se desmonta la carcasa del instrumento para realizarle pruebas respectivas, es necesario cambiar su entrada de presión por la de vacío y la de vacío desconectada o al aire libre.
- Capacitar al personal de mantenimiento para el buen uso del sistema de vacío en el banco de pruebas.
- Realizar el mantenimiento e inspección del banco de pruebas cada 5 meses, en el cual, se debe verificar que la succión del aire mediante la válvula de alivio sea mínima a 5.5 pulgadas de mercurio, es aconsejable ajustarle en 5.1 pulgadas de mercurio, también debe tomarse en cuenta el reemplazo del filtro de aire que se lo hace anualmente.

Bibliografía

- [1] wifiCFI, «Vacuum System Lesson», wifiCFI, oct. 09, 2020.
<https://www.wificfi.com/post/vacuum-system> (Recuperado: 28/5/2021)
- [2] «SiSTEMA GIROSCOPO». (Recuperado: 28/5/2021)
<http://elvueloporinstrumentos.blogspot.com/2015/11/sistema-giroscopo.htm>
- [3] «Nutación del giroscopio». <https://www.unirioja.es/dptos/dq/fa/rincon/giros/node4.html>
(Recuperado: 28/5/2021)
- [4] «T-ESPE-048860.pdf». (Recuperado: 28/5/2021). Disponible en:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10283/1/T-ESPE-048860.pdf>
- [5] «La técnica del vacío en los sistemas de aire acondicionado», El Aire Acondicionado .com. <https://www.elaireacondicionado.com/articulos/tecnica-vacio> (Recuperado: 28/5/2021)
- [6] «120562_Brochure.pdf». (Recuperado: 28/5/2021). Disponible en:
https://media.qcsupply.com/media/product_attachments/attachment_file/1/2/120562_Brochure.pdf
- [7] «manual-S3-17A-ESP.pdf». (Recuperado: 3/6/2021). Disponible en:
<https://www.valfonta.com/wp-content/uploads/2020/05/manual-S3-17A-ESP.pdf>
- [8] «Kobalt 019-0023 FLTR ELEMENT FOR SC23 and SC46 - 14», Master Tool Repair.
<https://mastertoolrepair.com/fltr-element-for-sc23-and-sc46-14-019-0023-p-5670.html?osCsid=ggqi6ufng1rqacfovbnqlcstqm> (Recuperado: 3/6/2021)
- [9] www.aircraftspruce.com, «TEMPEST ELECTRIC AUXILIARY DRY AIR PUMP», Aircraft Spruce. <https://www.aircraftspruce.com/catalog/inpages/tempestDrypumps.php>
(Recuperado: 3/6/2021)
- [10] «Tipos de bombas de vacío industriales | Centro de conocimiento», gardnerdenver. <https://www.gardnerdenver.com/es-ec/knowledge-hub/articles/types-of-vacuum-pumps> (Recuperado: 3/6/2021)

- [11] J. Escobar, «Vacuum Pumps: Basic operation and maintenance tips», Aviation Pros, jul. 2004. <https://www.aviationpros.com/home/article/10386532/vacuum-pumps-basic-operation-and-maintenance-tips> (Recuperado: 10/6/2021)
- [12] Info, «How does a Gyro Vacuum System work?», Aeronautical Aviation, ene. 19, 2018. <https://www.aeronautical.co.za/gyro-vacuum-system-works> (Recuperado: 10/6/2021)
- [13] L. Salazar y A. Paúl, «Diseño e implementación de un sistema de vacío centralizado en el proceso de elaboración de jamones en la empresa de carnes procesadas fabrica Juris Cía. Ltda.», 2018. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/27002> (Recuperado: 10/6/2021)
- [14] TI-KMS, «Sistema De Vacio En Aviones.», Worldwide, jun. 29, 2018. <https://www.eflyacademy.com/single-post/sistema-de-vacio-en-aviones> (Recuperado: 10/6/2021)
- [15] «Apuntes de mecánica de fluidos», p. 184. (Recuperado: 17/6/2021)
- [16] «Indicador de presión DWYER MAGNEHELIC 2000 | Equitrol», Equitrol | Equipamientos de Control, sep. 18, 2013. <https://www.equitrol.com/presion-indicacion-dwyer-magnehelic/> (Recuperado: 17/6/2021)
- [17] «WINTERS Manómetro, Caratula de 4", Conexión 1/4" MNPT, Rango Primario 0 a 1000 psi, Material de la Caja Acero Inoxidable - Manómetros y Vacuómetros de Carátula - 36TW17 | PFQ724LF - Grainger México». <https://www.grainger.com.mx/producto/WINTERS-Man%C3%B3metro%2C-Caratula-de-4%22%2C-Conexi%C3%B3n-1-4%22-MNPT%2C-Rango-Primario-0-a-1000-psi%2C-Material-de-la-Caja-Acero-Inoxidable/p/36TW17#additionalInfoSection> (Recuperado: 17/6/2021)
- [18] F. Zapata, «Presión absoluta: fórmula, cómo se calcula, ejemplos, ejercicios», Liferder, may 22, 2020. <https://www.liferder.com/presion-absoluta/> (Recuperado: 17/6/2021)

- [19] J. L. R, «BARÓMETRO | Qué es, para qué sirve, tipos y como funciona», jun. 08, 2019. <https://como-funciona.co/un-barometro/> (Recuperado: 24/6/2021).
- [20] «Vacuum Pressure Basics». <https://www.mksinst.com/n/vacuum-basics> (Recuperado: 24/6/2021).
- [21] ¿I. SA, «Presiones relativas o absolutas... cuál es la diferencia?» <http://www.ingeniarg.com/blog/45-presiones-relativas-o-absolutas-cual-es-la-diferencia> (Recuperado: 24/6/2021).
- [22] «La-Guia-MetAs-16-02-Presion-Diferencial.pdf». Disponible en: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-16-02-Presion-Diferencial.pdf> (Recuperado: 24/6/2021).
- [23] «Barómetros y presión atmosférica — Raig». <https://www.raig.com/blog/barometros-y-presion-atmosferica-4b/> (Recuperado: 24/6/2021).
- [24] M. J. A. Piñón, «FÍSICA II: PRESIÓN», FÍSICA II, may 18, 2020. <http://ingjapfisica2.blogspot.com/2016/02/presion.html> (Recuperado: 24/6/2021).
- [25] «Conversion de Unidades de Presion | PDF | Pascal (Unidad) | Sistema Internacional de Unidades», Scribd. <https://es.scribd.com/document/372555128/Conversion-de-Unidades-de-Presion> (Recuperado: 24/6/2021).
- [26] E. S. C. Cadena y F. A. V. Villafuerte, «Estudio Estático Del Desgaste De Un Motor En Tiempos Definidos», p. 117. (Recuperado: 24/6/2021).
- [27] «T-ESPE-ITSA-000002.pdf». Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7310/1/T-ESPE-ITSA-000002.pdf> (Recuperado: 24/6/2021).
- [28] V. M. N. Passaro, A. Cuccovillo, L. Vaiani, M. De Carlo, y C. E. Campanella, «Gyroscope Technology and Applications: A Review in the Industrial Perspective», Sensors (Basel), vol. 17, n.º 10, p. 2284, oct. 2017, doi: 10.3390/s17102284. (Recuperado: 1/7/2021)

[29] «Instrumentos de vuelo giroscópico | Rigidez en el Espacio | Precesión», uDocz. <https://www.udocz.com/read/192769/giroscopto> (Recuperado: 1/7/2021)

[30] quimrubau, «Fundamentos Giróscopo 022 01 02 01», 12:26:51 UTC. Disponible en: <https://es.slideshare.net/quimrubau/fundamentos-giroscopto-022-01-02-01-1435871> (Recuperado: 1/7/2021)

[31] «Instrumentos básicos de vuelo.» https://manualvuelo.es/2inst/22_instr.html (Recuperado: 1/7/2021)

[32] «Sistema de vacío en la aviación ligera». <https://www.pasionporvolar.com/sistema-de-vacio-en-la-aviacion-ligera/> (Recuperado: 1/7/2021)

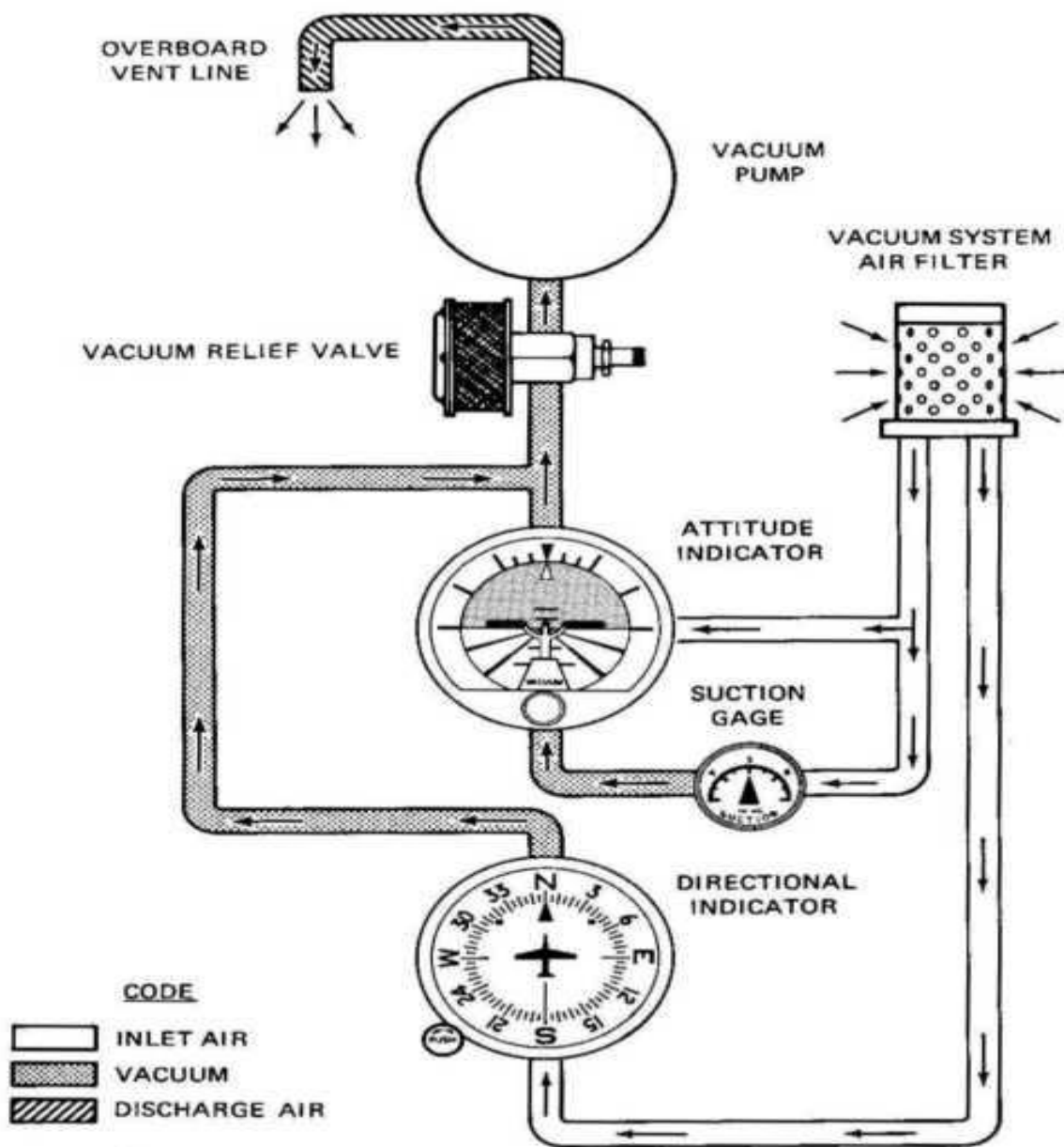
[33] <http://dSPACE.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1688/1/15T00396.pdf> (Recuperado: 1/7/2021)

[34] «Vacuum Systems». <https://www.cfinotebook.net/notebook/operation-of-aircraft-systems/vacuum-systems> (Recuperado: 1/7/2021)

ANEXOS

Figura 27

Sistema de vacío de la aeronave



Nota: Se puede apreciar el sistema típico de vacío que son implementadas en las aeronaves para la función de los instrumentos giroscópicos. Tomado de (Toasa, 2021)