

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE VACÍO PARA REALIZAR PROCESOS CON MATERIALES COMPUESTOS PARA LOS TALLERES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”

POR:

MORALES MUSTAFÁ MARVIN MILTON

**Trabajo de graduación como requisito previo para la obtención del Título
de:**

TECNÓLOGO EN:

MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por **MARVIN MILTON MORALES MUSTAFÁ**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**.

Tlgo. Ulises Cedillo

Latacunga, Junio 17 de 2013

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo principalmente a mis Padres, quienes con gran esfuerzo, apoyo y dedicación se han sacrificado a lo largo de mi vida para otorgarme valores para llegar a ser un hombre de bien, mi Madre quien durante mi infancia fue un pilar indestructible que me brindó soporte en los momentos más difíciles y quien fue Padre y Madre durante mi adolescencia, a mi Padre, quien de cerca y de lejos veló porque no me falte nada y quien con su experiencia fue y es para mi un modelo a seguir, quiero dedicar este trabajo al Señor de señores, mi Dios el clemente y misericordioso quien desde arriba guió mis pasos y a quien agradezco por todo lo bueno y lo malo que me haya sucedido a lo largo de mi vida.

Marvin Milton Morales Mustafá

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, el clemente y misericordioso por mantenerme con vida hasta el día de hoy, a mis padres por los sacrificios que han hecho y que actualmente hacen para que podamos seguir unidos como una verdadera familia, a mis docentes por los conocimientos compartidos a lo largo de mi carrera estudiantil, a mis compañeros con quienes atravesé duros caminos y quienes con el paso del tiempo se volvieron mis hermanos, a la ciudad de Latacunga por acogerme en su frío terreno y por compartir conmigo su cultura y al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, por ser el nido en donde aprendí a volar y la fragua en donde fui forjado.

Marvin Milton Morales Mustafá

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	I
Certificación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice de contenidos.....	V
Índice de figuras.....	VIII
Índice de tabla.....	X
Índice de anexos.....	XI
Resumen.....	XII
Summary.....	XIII

CAPÍTULO I

TEMA

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Alcance.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Materiales compuestos.....	5
2.1.1. Clasificación de los materiales compuestos.....	5
2.1.2. Materiales compuestos más usados en aviación.....	6

2.2.	Las matrices	10
2.2.1.	Funciones principales de la matriz	11
2.3.	Materiales usados en el moldeo al vacío	12
2.4.	Bombas	21
2.4.1.	Tipos de bombas	21
2.4.1.1.	Bombas alternativas	21
2.4.1.2.	Bombas centrífugas	22
2.4.1.3.	Bombas de chorro	24
2.4.1.4.	Bombas de flujo axial	24
2.4.2.	Bomba de vacío	25
2.4.2.1.	Funcionamiento de la bomba de vacío	25
2.4.2.2.	Utilidad de la bomba de vacío en el mercado	25
2.4.3.	Caudal	26
2.4.4.	Presión	26
2.4.4.1.	Unidades de presión	28
2.4.4.2.	Manómetro	28
2.4.4.2.1.	Tipos de manómetros	28
2.4.4.3.	Concepto de vacío	29
2.4.4.4.	Medición del vacío	29
2.4.4.5.	Moldeo por vacío	30
2.4.4.6.	Bomba de vacío para trabajos con materiales compuestos.....	31

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1.	Preliminares	33
3.2.	Adquisición de la bomba	33
3.2.1.	Análisis de alternativas	33
3.2.2.	Análisis de factibilidad	34
3.2.3.	Evaluación de de parámetros	35

3.3.	Materiales necesarios	40
3.4.	Equipo de protección personal	41
3.5.	Descripción de la mesa de trabajo	41
3.6.	Procedimiento para la elaboración de la mesa de trabajo	42
3.6.1.	Dimensiones de la mesa de trabajo	42
3.7.	Pasos para la construcción de la mesa de trabajo	43
3.8.	Herramientas y máquinas necesarias con su codificación	46
3.9.	Proceso de construcción de la estructura de la mesa	47
3.9.1.	Simbología y proceso de construcción de la estructura de la mesa	48
3.9.1.1.	Simbología	48
3.9.2.	Diagrama del proceso de construcción de la estructura	49
3.10.	Proceso de construcción de la superficie de acero inoxidable	50
3.10.1.	Diagrama del proceso de construcción de la superficie	51
3.11.	Proceso de construcción del compartimiento.....	52
3.11.1.	Diagrama del proceso de construcción del compartimiento	53
3.12.	Proceso de unión de las partes	54
3.12.1.	Diagrama del proceso de unión de las partes	54
3.13.	Manuales	55
3.13.1.	Manual de uso de la bomba de vacío	55
3.13.2.	Manual de proceso de moldeo al vacío	60
3.14.	Normas de trabajo con materiales compuestos y ergonomía	68
3.15.	Estudio económico	70
3.15.1.	Presupuesto	70
3.15.2.	Análisis de costos	70
3.15.2.3.	Costo total del proyecto	74

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones	75
4.2.	Recomendaciones	75

Glosario	77
Bibliografía	79
Anexos	80

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1	Avión construido de fibra de vidrio	7
Figura 2.2	Tejido de fibra de carbono	8
Figura 2.3	Estructura segmentada de Honeycomb	9
Figura 2.4	Funciones principales de la matriz	11
Figura 2.5	Tela pelable	3
Figura 2.6	Cubierta provisional	14
Figura 2.7	Lámina perforada de liberación	15
Figura 2.8	Malla de infusión.....	16
Figura 2.9	Mangueras.....	18
Figura 2.10	Conector	19
Figura 2.11	Resina epoxy	21
Figura 2.12	Bomba alternativa de vapor.....	22
Figura 2.13	Bomba centrífuga	23
Figura 2.14	Bomba de flujo axial	24
Figura 2.15	Bomba de vacío	31
Figura 2.16	Kit de infusión y mesa de trabajo	32

CAPÍTULO III

Figura 3.1	Corte frontal de una bomba de vacío	39
Figura 3.2	Láminas de acero de 1 20 in	43
Figura 3.3	Cortadora de metal	43
Figura 3.4	Cortadora manual	44
Figura 3.5	Dobladora mecánica	44
Figura 3.6	Electrodos de soldar 6011	45
Figura 3.7	Mesa de trabajo en estado intermedio	45
Figura 3.8	Tomacorriente de 110V	56
Figura 3.9	Desenroscado del capuchón	56
Figura 3.10	Indicador del nivel de aceite	57
Figura 3.11	Escape de gas	57
Figura 3.12	Tubo blando de entrada	58
Figura 3.13	Perno de drenaje de aceite	59
Figura 3.14	Puerto de entrada tapado	59
Figura 3.15	Calculadora y balanza	61
Figura 3.16	Resina	62
Figura 3.17	Endurecedor	62
Figura 3.18	Recipiente desechable	63
Figura 3.19	Desmoldante	63
Figura 3.20	Tela pelable	64
Figura 3.21	Lámina perforada de liberación	64
Figura 3.22	Respirador poliéster	65
Figura 2.23	Cinta sellante	65
Figura 3.24	Bolsa de vacío	66
Figura 3.25	Proceso completo	66
Figura 3.26	Manómetro de presión	67
Figura 3.27	Vacío generado	68

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2.1	Datos técnicos del plástico de vacío	9
Tabla 2.2	Datos técnicos de la tela pelable	13
Tabla 2.3	Datos técnicos de la lámina de liberación	15
Tabla 2.4	Datos técnicos del respirador	16
Tabla 2.5	Datos técnicos del conector	19
Tabla 2.6	Características de la resina y del endurecedor	20
Tabla 2.7	Características de la mezcla	21
Tabla 2.8	Unidades de presión	28

CAPÍTULO III

Tabla 3.1	Tabla de alternativas y estudio técnico	33
Tabla 3.2	Parámetros de moldeo al vacío	36
Tabla 3.3	Evaluación de parámetros	38
Tabla 3.4	Ponderación	39
Tabla 3.5	Datos técnicos de la bomba	40
Tabla 3.6	Dimensiones de la mesa trabajo	42
Tabla 3.7	Codificación de herramientas	46
Tabla 3.8	Codificación de máquinas	47
Tabla 3.9	Proceso de construcción de la estructura de la mesa	47
Tabla 3.10	Simbología	48
Tabla 3.11	Proceso de construcción de la superficie de acero	50
Tabla 3.12	Proceso de construcción del compartimiento	52
Tabla 3.13	Proceso de unión de partes	54
Tabla 3.16	Costos secundarios	73
Tabla 3.17	Costo total del proyecto	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A:	Anteproyecto	80
Anexo A1:	Esquema de bomba de vacío	117
Anexo A2:	Encuesta	119
Anexo A3:	Cuestionario	122
Anexo B:	Manual de la bomba de vacío	125
Anexo C:	Diseño de la mesa de trabajo	129
Anexo D:	Mesa de trabajo terminada	132
Anexo E:	Plano de conjunto	134

Resumen

Con la evolución de la aviación, el revestimiento de aluminio y estructuras robustas están quedando en el olvido y siendo reemplazadas por materiales de mejor calidad y durabilidad que están demostrando ser de gran utilidad en la extensa industria de la aviación comercial y militar, siendo estos los materiales compuestos.

En la actualidad para usar estos materiales compuestos, existen varias técnicas de moldeo que van desde el moldeo manual hasta el moldeo por infusión de resina al vacío. Siendo el método de infusión al vacío el más preciso para un acabado uniforme y de alta calidad, se usan materiales especiales junto con una bomba de vacío que lo que hace es generar una diferencia de presiones haciendo que la presión atmosférica ejerza una fuerza que haga recorrer la resina epóxica distribuyéndola de manera equitativa sobre toda la superficie del conjunto de telas y molde a usar.

Estos materiales compuestos pueden ser telas especiales como la fibra de carbono y la fibra de vidrio, así como también materiales en estructuras de sándwich como el HONEYCOMB o panal de abeja que es perfecto para soportar presiones y liviano por su estructura interior hueca.

Los materiales compuestos y las diversas formas de moldearlos son usadas hoy en día no solo en la aviación sino en todas las áreas de los diferentes tipos de industrias terrestres y marítimas.

Summary

With the evolution of aviation industry, aluminum siding and all robust structures are being forgotten and being replaced by better and durability materials and which are proving to be very useful in the large civil and military aviation, this are the composites.

Currently using this composites, there're various molding techniques, ranging from manual molding and molding by vacuum resin infusion. being the vacuum resin infusion method the most accurate for a smooth finish and high quality, special implements are used in conjunction with a vacuum pump who creates a pressure differential causing atmospheric pressure exerts a force that makes to wander epoxy resin equitably distributing over the entire surface of the used mold.

These composites can be special fabrics as carbon fiber and glass fiber, as well as materials in sandwich structures as the honeycomb that is ideal for withstanding pressures and lightweight structure by its hollow interior.

Composite materials and various forms of mold are used today not only in aviation but in all areas of the different types of land and maritime industries.

CAPÍTULO I

TEMA

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE VACÍO PARA REALIZAR PROCESOS CON MATERIALES COMPUESTOS PARA LOS TALLERES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”

1.1. Antecedentes

El peso de las aeronaves en aviación es muy importante y crítico, además de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de las mismas, los materiales que actualmente presentan las mejores propiedades mecánicas y son de uso generalizado en la aviación de nuestro país son los metálicos.

El uso de materiales compuestos para su aplicación en la industria aeronáutica se ha expandido rápidamente en los últimos años. Sin embargo, prácticamente en todos sus aspectos, el uso de estos materiales involucra una tecnología distinta a la usada con los metales. Estos materiales son intrínsecamente diferentes, tanto en procesos de manufactura, diseño estructural y desempeño en servicio, particularmente considerando la causa y naturaleza del daño que pueden soportar.

A mediados del siglo XX surge el enrollamiento filamentario y la mayoría de los procesos que tenemos hoy en día. En los sesenta se comienzan a utilizar en Estados Unidos, fibras avanzadas:

Carbono, boro y aramida en la aviación militares. En ese momento, existían dos campos de materiales compuestos claramente diferenciados:

El campo de la aeronáutica (elevadas prestaciones, costes muy altos y bajos consumos), donde se trabajaba fundamentalmente con carbono/epoxi y aramida/epoxi y se utilizaba casi exclusivamente el pre-impregnado y el curado en autoclave.

El campo de la gran difusión (prestaciones bajas, costes razonables y elevados consumos), con aplicaciones en el sector eléctrico, marina, transporte terrestre y construcción. Se utilizaba casi exclusivamente el vidrio/poliéster y como procesos el contacto a mano, la proyección simultánea, el enrollamiento continuo, la pultrusión y el SMC.

1.2. Justificación e importancia

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es una institución que va ligada a la tecnología y al desarrollo de proyectos investigativos en el campo de la aviación por ende la Carrera de Mecánica Aeronáutica debe tomar en cuenta el implementar una nueva herramienta de fabricación de estructuras aeronáuticas.

Es necesario el desarrollo de este proyecto para el mejor entendimiento de las materias básicas de aviación especialmente aerodinámica y aeronaves en general, debido a la escasez de material práctico en la institución se dificulta la comprensión de las mismas.

Un estudiante de la carrera de Mecánica Aeronáutica al poder estar en contacto con una actual forma de fabricación de aeronaves podrá gracias a ello desarrollarse competitivamente en su campo laboral.

Por otra parte la importancia de este proyecto reside en que los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica y la población en general tengan una base de referencia para realizar futuros estudios o avances a través de la información recopilada en la investigación.

Es por ello que se justifica este trabajo al ver necesaria la implementación de una bomba de vacío para la construcción de materiales compuestos y que así contribuya a la eficaz utilización de los talleres del instituto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar los manuales de operación y de mantenimiento, con la implementación de una bomba de vacío, bajo las normas ISO de la ergonomía y las ASTM International.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las componentes que son necesarios para un equipo de trabajo al vacío con materiales compuestos para cubrir las necesidades que tiene el laboratorio de materiales compuestos.
- Recopilar las fuentes bibliográficas referentes a la construcción de la estación de trabajo con materiales compuestos al vacío que sustenten el desarrollo del tema de estudio.
- Determinar los materiales necesarios para la construcción e implementación de una estación de vacío para el trabajo con materiales compuestos.
- Adquirir los materiales y equipos necesarios para la construcción de esta estación.
- Realizar las pruebas de funcionamiento necesarias.
- Desarrollar manuales de procedimientos y mantenimiento para la utilización de esta estación.

→ Formular conclusiones y recomendaciones.

1.4. Alcance

Con el siguiente proyecto de graduación se pretende optimizar la enseñanza en el área práctica impartida a estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico en el año 2013 en lo que corresponde a la fabricación de estructuras aeronáuticas utilizando materiales compuestos moldeados al vacío, donde se perfeccionará los conocimientos académicos teóricos y prácticos en los estudiantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Materiales compuestos

Los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que poseen una inter-fase discreta y reconocible que los separa.

Un material compuesto puede presentar propiedades mecánicas y físicas especiales, ya que combina las mejores propiedades de sus componentes y suprime sus defectos, suelen elaborarse con fibras sintéticas integradas en una matriz, material que las rodea y las fija.¹

2.1.1. Clasificación de los materiales compuestos

a) Materiales compuestos reforzados con partículas

Están compuestos por partículas de un material duro y frágil dispersas discreta y uniformemente, rodeadas por una matriz más blanda y dúctil.

Sus principales propiedades son:

- La fase es generalmente un óxido duro y estable.
- El agente debe tener propiedades físicas óptimas.
- No deben reaccionar químicamente el agente y la fase.
- Deben unirse correctamente los materiales.

¹ http://ocw.upm.es/lectura_complementaria/materiales/materialescompuestos.pdf

b) Materiales compuestos reforzados con fibras

Un componente suele ser un agente reforzante como una fibra fuerte, que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que otro componente que suele ser una resina como epoxy o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión.²

c) Materiales compuestos estructurales

Están formados por materiales sencillos y sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño. Los más abundantes son los laminares y los llamados paneles sándwich (honeycomb).

2.1.2. Materiales compuestos más usados en aviación

Los materiales compuestos usados para estructuras aeronáuticas pertenecen a la clase conocidas como “fibras compuestas” comprendidas de fibras continuas unidas en una matriz de resina o plástico. Aquí, las fibras proveen al compuesto de las propiedades estructurales, mientras que la matriz sirve principalmente para enlazar las fibras dentro de una entidad estructural, siendo la principal razón, su mayor relación esfuerzo/peso y dureza/peso, comparada con los materiales convencionales de construcción aeronáutica como son las aleaciones de aluminio.

Las disminuciones de peso de alrededor del 25% son consideradas para aprovechar el uso de materiales compuestos en lugar de metales, dando esta factibilidad a los siguientes materiales:³

² <http://ocw.upm.es/expresion-grafica-en-la-ingenieria/materialescompuestos.pdf>

³ <http://www.metalactual.com/revista/11/materialescarbono.pdf>

1) Plásticos con refuerzos de fibra

a) Fibra de vidrio

Son las fibras más comúnmente utilizadas, en principio porque su costo es menor a las de carbono o aramídicas. Las matrices más comunes son las resinas de poliéster. Tienen una densidad y propiedades a la tracción comparable a las fibras de carbono y aramida pero menor resistencia y módulo de tensión, aunque pueden sufrir mayor elongación sin romperse.

Las aplicaciones más comunes son:

- carrocerías de automóviles aviones y barcos,
- recipientes de almacenaje,
- principalmente la industria del transporte en general.



Figura 2.1 Avión construido en fibra de vidrio

Fuente: <http://www.motorpasionfuturo.com/tag/aviones>

Elaborado por: Marvin Morales

b) Fibra de carbono

Es la más utilizada para los composites de altas prestaciones, Las fibras de baja gama son preparadas a partir de brea. Las mejores son producidas, actualmente, a partir de fibras orgánicas de poliacrilonitrilo (PAN). La fibra de carbono consiste en láminas de átomos de carbono arreglados en un patrón regular hexagonal.

Los filamentos de fibra de carbono tienen un diámetro que oscila entre 5 y 8 mm y están combinados en mechas que contienen entre 5000 y 12000 filamentos. Estas mechas pueden retorcerse en hilos y formar tejidos.

Este tipo de fibras poseen excelentes propiedades mecánicas, un buen comportamiento en atmósferas no oxidantes, una buena conductividad térmica y eléctrica, propiedades de dilatación térmica totalmente nulas.⁴

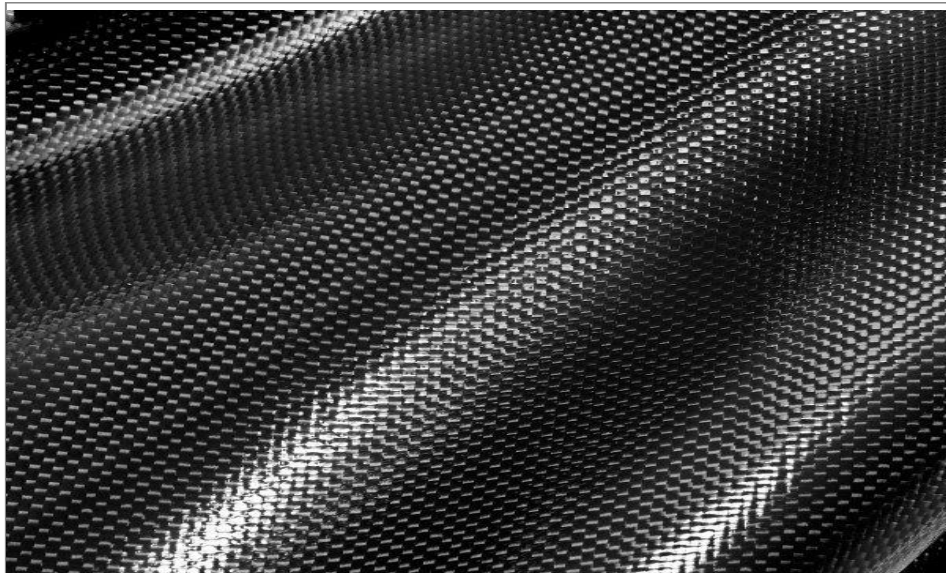


Figura 2.2 Tejido de fibra de carbono

Fuente: <http://aerotecnologia.blogspot.com/2010/06/materiales>

Elaborado por: Marvin Morales

⁴ <http://www.metalactual.com/revista/11/materialescarbono.pdf>

2) Estructuras tipo Honeycomb

Son estructuras formadas por la adhesión de dos caras, pieles o revestimientos relativamente delgados a un núcleo central espeso y de baja densidad, entre las pieles y el núcleo puede o no existir, dependiendo del proceso de fabricación, sendas capas de adhesivo, en forma de película.⁵

La morfología del núcleo (normalmente hexagonal) se define con los siguientes parámetros:

- el tamaño de la celdilla (diámetro del círculo inscrito en el hexágono).
- el espesor de la lámina.
- la altura del núcleo
- la densidad en kg/m^3
- la dirección longitudinal, paralela a la línea de nodos (zona de adhesión)

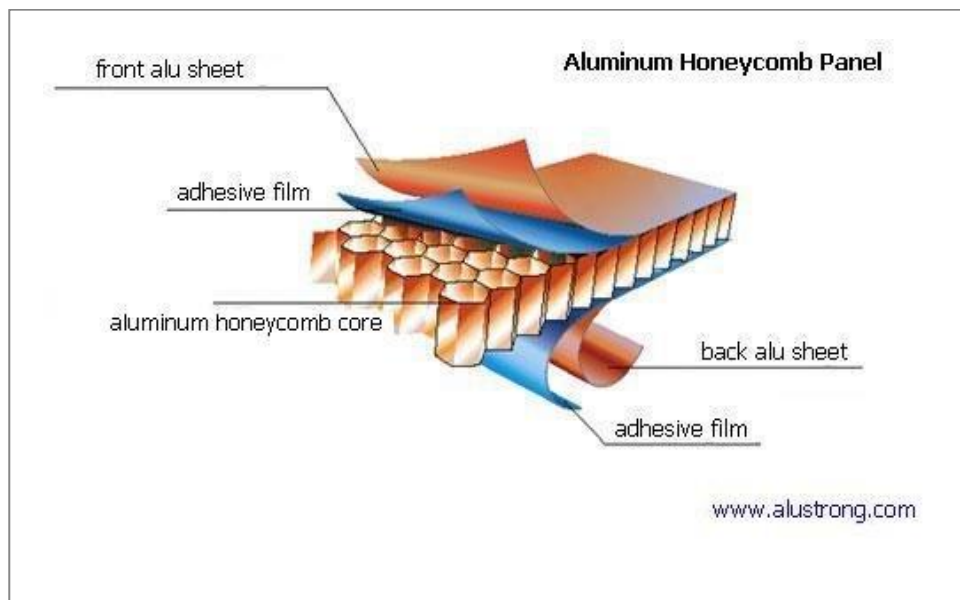


Figura 2.3 Estructura segmentada de Honeycomb (Panal de abejas)

Fuente: <http://www.alibaba.com/product-gs/388159325/aluminium>

Elaborado por: Marvin Morales

⁵ http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/10016/7473/1/modelling_barbero_cs_2010_ps.pdf

2.2. Las matrices

Las matrices unen las fibras de refuerzo, reparte los esfuerzos, da la forma deseada y aporta el comportamiento química de la estructura (donde el esqueleto es el refuerzo). Se utilizan sobre todo resinas Termoestables pero también, cada vez más, polímeros Termoplásticos.⁶

Existen varios tipos de matrices para materiales compuestos:

a) Matrices termoplásticas

El refuerzo le confiere una mejor resistencia mecánica, una buena estabilidad dimensional y un buen comportamiento al aumento de la temperatura, son utilizados un sin número de matrices termoplásticas de resistencia de 200 a 250° C como son:

- ✓ Poliamida – imida (PAI)
- ✓ Polieter- imida (PEI)
- ✓ Polieter sulfon (PES)
- ✓ Polieter éter cetona (PEEK)

b) Matrices termoestables

Demasiados parámetros son considerados en la elección de estas resinas:

La viscosidad que caracteriza a la aptitud al mojado del refuerzo. El tiempo de vida en el envase: tiempo que separa el principio de la mezcla con el catalizador y acelerador y la viscosidad máxima permitida para moldear el refuerzo.

La duración de polimerización que se inicia con la puesta en contacto de la mezcla y que puede ser activada por calentamiento.

⁶ <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/-La-fibra-de-carbono.html>

- ✓ El alargamiento de la ruptura en tracción de la resina polimerizada que debe ser superior a la del refuerzo.
- ✓ El punto de transición vítrea: temperatura en la que la resina pierde sus propiedades mecánicas.

2.2.1. Funciones principales de las matriz

Al someter al material compuesto a diferentes tipos de cargas mecánicas la matriz juega diferentes roles:

- Bajo cargas compresivas: es la matriz la que soporta el esfuerzo, ya que se trata de la fase continua.
- En tracción: la matriz transfiere la carga aplicada sobre la pieza a cada una de las fibras o partículas, de manera que éstas sean las que soporten el esfuerzo.

Para ello es necesaria una excelente adhesión entre la matriz y el refuerzo.

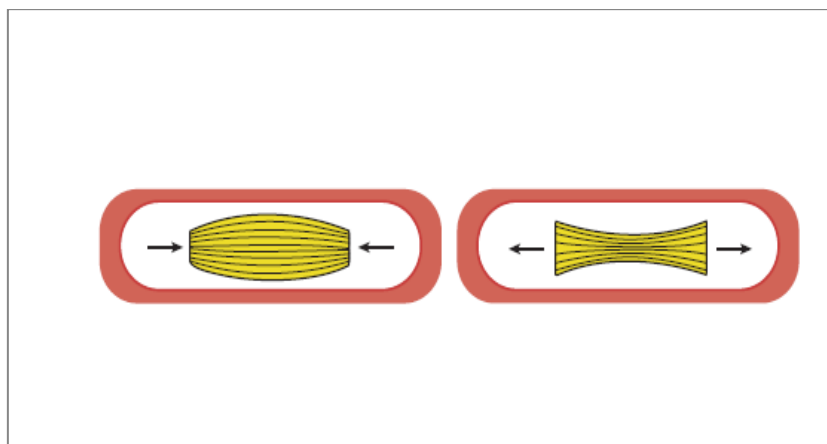


Figura 2.4 Funciones de la matriz

Fuente: Materiales y Materias Primas – Franco Stupenengo

Elaborado por: Marvin Morales

2.3. Materiales usados en el moldeo al vacío

a) Bolsa de vacío

Se utiliza para sellar el molde herméticamente y que de esta manera el vacío pueda ser generado.

Tabla 2.1 Datos técnicos del plástico de vacío

Material	Nylon
Máxima temperatura	204°C
Resistencia a la tracción	55 mPa
Máxima elongación	400%
Espesor	0,050 mm
Flamabilidad	Autoestinguible

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

b) Tela pelable

Dichas telas se utilizan para impartir una superficie con textura rugosa para el componente moldeado para mejorar la adhesión en la unión secundaria.

La tela pelable es usada también para distribuir uniformemente el exceso de mezcla colocada sobre la fibra a moldear, es de un material resistente a altas tensiones y presiones.

Tabla 2.2 Datos técnicos de la tela pelable

Material	Nylon
Revestimiento	Silicona
Maxima temperatura de uso	232°C
Peso nominal	62g/m ²
Espesor nominal	0.11mm

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá



Figura 2.5 Tela pelable

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

c) Cubierta provisional

Se utiliza a menudo como la primera barrera entre el compuesto y el resto de la pila de bolsas de vacío, está cubierta no se adherirá al material compuesto y se

puede quitar después de que el producto se haya curado para proporcionar una superficie con textura perfecta para su unión.



Figura 2.6 Cubierta provisional

Fuente: <http://www.carbotecomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Morales

d) Lámina perforada de liberación

Se utiliza para crear una barrera entre el compuesto y la película de ensacado que fácilmente se separará del compuesto.

La película de liberación también permite que la bolsa de vacío sea fácil de mover sobre la superficie de la pieza, haciendo que la bolsa sea menos propensos a "puente" en las esquinas.⁷

La película de liberación imparte la mezcla por medio de los finos agujeros en su superficie de manera igual para que sea transmitida directamente a la tela absorbente y dar un acabado final aceptable.

⁷ <http://www.easycomposites.co.uk/search.aspx?keyword=perforated+film>

Tabla 2.3 Datos técnicos de la lámina de liberación

MATERIAL	ETFE
Máxima temperature de uso	260°C
Resistencia a la tracción	48 MPa
Máxima elongación	350%
Espesor	0.015mm / 15um
Perforación	P3 Perforado
Ancho	1.52m
Materiales incompatibles	Compatible con la mayoría

Fuente: <http://www.carbotecomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá



Figura 2.7 Lamina perforada de liberación

Fuente: <http://www.carbotecomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Morales

e) Malla de infusión

Se utilizan en proyectos de infusión de resina para distribuir la resina a través de y en todo el laminado, el patrón de malla es asegurar que las instalaciones de resina alcancen todas las partes de la pieza.

También puede usarse selectivamente para aumentar el flujo de resina a ciertas áreas del molde y aumentar la velocidad con la que el proyecto infunde.

Se puede utilizar en capas múltiples en los que se requiere un flujo aún mayor de resina.

Como la mayoría de otros elementos de la bolsa de vacío o resina de malla de infusión no puede ser reutilizada después de resina ha volado a través de ella y por lo tanto debe considerarse como un consumible desechable del proceso.⁸

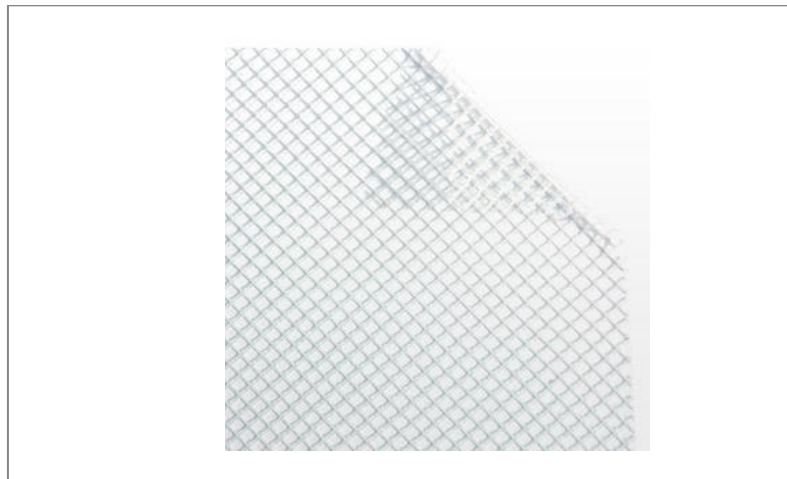


Figura 2.8 Malla de infusión

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Morales

⁸ <http://www.easycomposites.co.uk/products/vacuum-bagging/infusion-mesh-medium.aspx>

f) Respirador

Está diseñado para permitir que el aire fluya libremente fuera de compuestos y se utiliza generalmente para cubrir completamente la superficie de una pieza.

Tabla 2.4 Datos técnicos del respirador

MATERIAL	POLIESTER
Maxima temperatura	190°C
Peso	135 g/m ²
Espesor	3 mm
Retardante de fuego	No
Apariencia	Blanco

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Morales

g) Mangueras

La manguera PVC de vacío puede ser usada en una amplia gama de compuestos de vacío aplicaciones, esta manguera es adecuada para uso como la alimentación de resina y las líneas de conexión de vacío para infusión de resina y no puede ser expuesta a altas temperaturas.

Esta manguera de vacío PVC debe ser conectado a los conectores a través de la bolsa, bombas de vacío y otros equipos usando una manguera de 6 mm con conector de cola.

Manguera de PVC de vacío se ablanda considerablemente y se daña a altas temperaturas, por lo que esta manguera no debe ser utilizada para las conexiones

de vacío donde será sometida a temperaturas superiores a 50 ° C, en este caso se deberá usar mangueras de silicona.



Figura 2.9 Mangueras

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

h) Conector

Es una manera rápida y confiable para conectar las mangueras de vacío a las bolsas de vacío. El conector se compone de dos mitades, una de las cuales se coloca dentro de la bolsa de vacío, la otra se coloca en el exterior. Un agujero pequeño se hace en la bolsa de vacío y el mandril del conector pasa a través de este agujero.

Las dos mitades se juntan de alrededor de un sello de goma, proporcionando un sólido y fiable sello hermético.

Los conectores constan de una sección PIN de 10 mm y de una sección BOX de 10 mm.

Tabla 2.5 Datos técnicos del conector

DIÁMETRO	50MM
Altura total	37mm
Tipo de rosca	Male 1/4 BSP

Fuente: <http://www.carbotecomposites.com/>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá



Figura 2.10 Conector

Fuente: <http://www.carbotecomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

i) Resina aeropoxy pr2032

Es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador.⁹

⁹ <http://www.easycomposites.co.uk/products/epoxy-resin/epoxy-infusion-resin.aspx>

Tabla 2.6 Características de la resina y del endurecedor

PRODUCTO	RESINA	ENDURECEDOR
Apariencia	Ambar translúcido	Ambar translúcido
Viscosidad a 25°C (mPas)	1375 – 1625 mPas	370 – 470 mPas
Densidad a 25°C (g/cm^3)	1,1 – 1,15 g/cm^3	1,0 – 1,05 g/cm^3

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

Tabla 2.7 Características de la mezcla

TIEMPO ÚTIL 500 G A 25°C	20 – 30 MINUTOS
Proporción de la mezcla	100 partes resina – 20 partes endurecedor
Tiempo de curado	Después de 24 horas
Viscosidad a 25°C	1200 – 1400 mPas

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá



Figura 2.11 Resina epoxy

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kits.html>

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

2.4. Bombas

Es un dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases. En todas ellas se toman medidas para evitar la cavitación, que reduciría el flujo y dañaría la estructura de la bomba. Las bombas empleadas para gases y vapores suelen llamarse compresores. El estudio del movimiento de los fluidos se denomina dinámica de fluidos.¹⁰

2.4.1. Tipos de bombas

2.4.1.1. Bombas alternativas

Las bombas alternativas están formadas por un pistón que oscila en un cilindro dotado de válvulas para regular el flujo de líquido hacia el cilindro y desde él. Estas bombas pueden ser de acción simple o de acción doble. En una bomba de acción simple el bombeo sólo se produce en un lado del pistón, como en una bomba impelente común, en la que el pistón se mueve arriba y abajo manualmente.

¹⁰ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

En una bomba de doble acción, el bombeo se produce en ambos lados del pistón, como por ejemplo en las bombas eléctricas o de vapor para alimentación de calderas, empleadas para enviar agua a alta presión a una caldera de vapor de agua. Estas bombas pueden tener una o varias etapas.¹¹

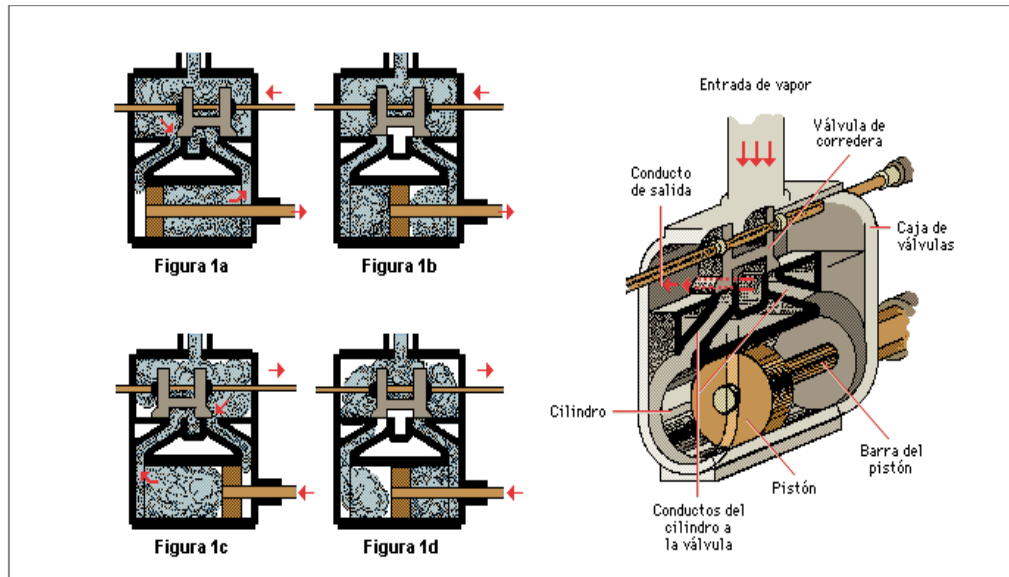


Figura 2.12 Bomba alternativa de vapor

Fuente: Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008

Elaborado por: Marvin Morales

2.4.1.2. Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas, también denominadas rotativas, tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del eje del rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor. En bombas de alta presión pueden emplearse varios rotores en serie, y los difusores posteriores a cada rotor pueden contener aletas de guía para reducir poco a poco la velocidad del líquido.

¹¹ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

En las bombas de baja presión, el difusor suele ser un canal en espiral cuya superficie transversal aumenta de forma gradual para reducir la velocidad. El rotor debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba. Esto puede lograrse colocando una válvula de retención en el conducto de succión, que mantiene el líquido en la bomba cuando el rotor no gira. Si esta válvula pierde, puede ser necesario cebar la bomba introduciendo líquido desde una fuente externa, como el depósito de salida. Por lo general, las bombas centrífugas tienen una válvula en el conducto de salida para controlar el flujo y la presión.

En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor es en gran medida radial. En flujos más elevados y presiones de salida menores, la dirección de flujo en el interior de la bomba es más paralela al eje del rotor (flujo axial). En ese caso, el rotor actúa como una hélice. La transición de un tipo de condiciones a otro es gradual, y cuando las condiciones son intermedias se habla de flujo mixto.¹²

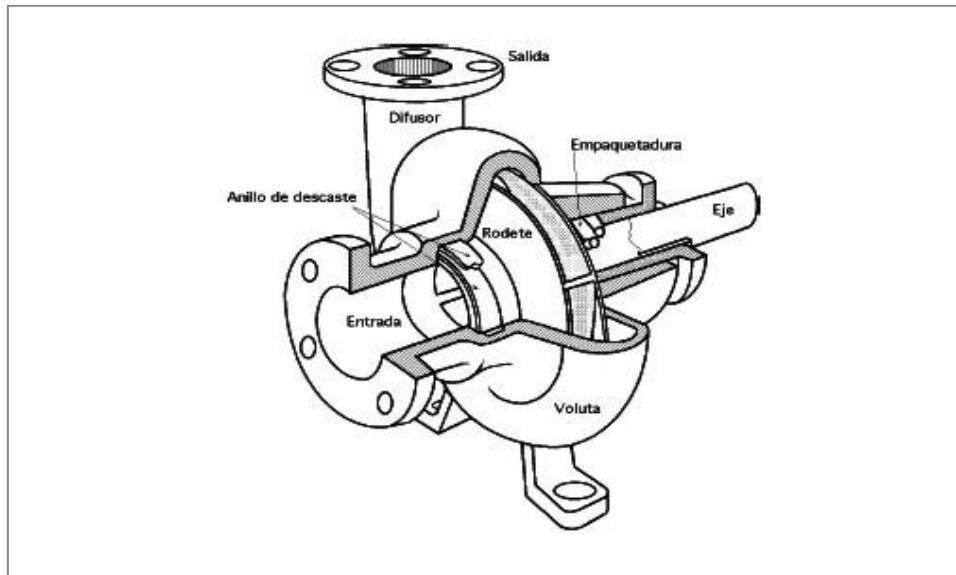


Figura 2.13 Bomba centrífuga

Fuente: <http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/>

Elaborado por: Marvin Morales

¹² "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

2.4.1.3. Bombas de chorro

Las bombas de chorro utilizan una corriente relativamente pequeña de líquido o vapor, de gran velocidad, para ocasionar un flujo mayor en otro fluido. Cuando la corriente de alta velocidad pasa a través del fluido, extrae parte del fluido de la bomba; por otra parte, crea un vacío que absorbe líquido hacia la bomba.

También se han utilizado bombas de chorro para propulsar barcos, sobre todo en aguas poco profundas donde una hélice convencional podría dañarse.¹³

2.4.1.4. Bomba de flujo axial

Son turbo máquinas que permiten la transferencia de energía mecánica del rotor líquido mientras éste pasa a través de los alabes en dirección axial. El impulsor tiene la forma de hélice de 2 a 6 aspas, por lo que estas bombas se llaman también de hélice, muchas de estas bombas son usadas como bombas de vacío.

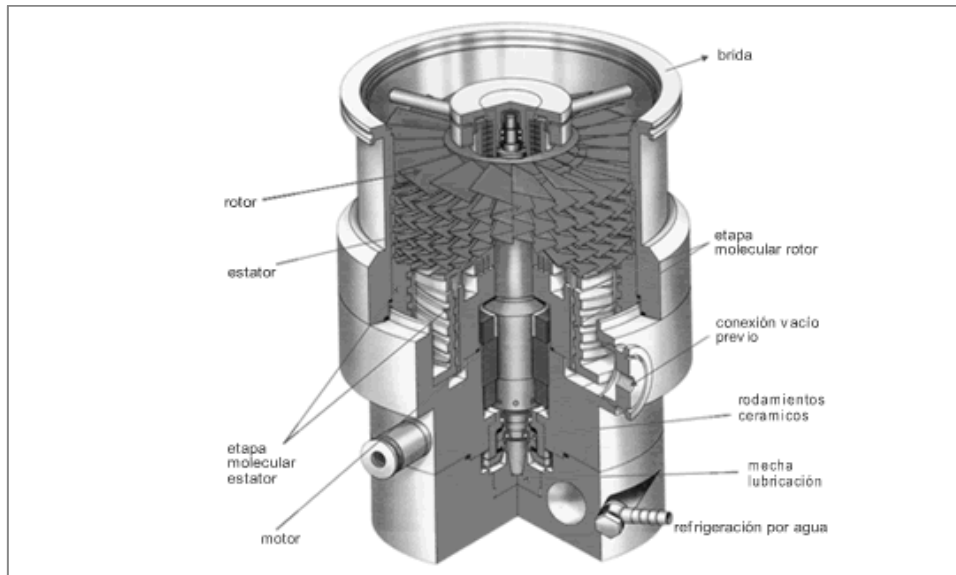


Figura 2.14 Bomba de flujo axial

Fuente: <http://www.uhv.es/es/faq/bombas.php>

Elaborado por: Marvin Morales

¹³ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

2.4.2. Bomba de vacío

Es un dispositivo empleado para extraer los gases y sustancias no deseados en un proceso, producto o sistema, trabajan solamente en un rango de presiones limitado, por ello la evacuación de los sistemas de vacío se realiza en varias etapas, usándose para cada una de ellas una clase de bomba diferente.

2.4.2.1. Funcionamiento de la bomba de vacío

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.

Dos características esenciales de las bombas de vacío son:

- La presión límite, también llamada presión mínima de entrada.
- El tiempo necesario para alcanzar dicha presión.

2.4.2.2. Utilidad de la bomba de vacío en el mercado

Las aplicaciones de vacío tanto en la industria como en los laboratorios de investigación son numerosas y variadas.

Las bombas de vacío pueden ser utilizadas en muchas industrias, por ejemplo:

- Cocción y/o concentrado a baja temperatura
- Vacío central para clínicas médicas o laboratorios
- Termoformado de termoplásticos
- Calibración de tubos de termoplásticos extrusados
- Máquinas para la industria cárnica
- Desgasificado y deshidratado para la impregnación de madera
- Enfriamiento rápido
- Industria textil
- Desodorizado
- Destilación a baja temperatura (extracción en vacío de fracciones volátiles)

- Eviscerado (eliminación de vísceras en aves, pescados, etcétera)
- Aceleración de filtrado, reduciendo la presión en la descarga del filtro
- Equipos de esterilización hospitalaria
- Succión para odontología
- Etiquetadoras

2.4.3. Caudal, flujo másico y flujo volumétrico

Es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

2.4.4. Presión

Es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie, la presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.¹⁴

➤ **Presión manométrica**

Es la diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica. Se aplica tan solo en aquellos casos en los que la presión es superior a la presión atmosférica.

➤ **Presión absoluta**

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica,

¹⁴ <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos>

denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o presión manométrica, es la presión atmosférica más la presión manométrica (presión que se mide con el manómetro).

➤ **Presión dinámica**

Se puede decir que cuando los fluidos se mueven en un conducto, la inercia del movimiento produce un incremento adicional de la presión estática al chocar sobre un área perpendicular al movimiento. Esta fuerza se produce por la acción de la presión conocida como dinámica. La presión dinámica depende de la velocidad y la densidad del fluido.

➤ **Presión atmosférica**

Es la presión que ejerce el aire sobre la tierra. en un punto coincide numéricamente con el peso de una columna estática de aire de sección recta unitaria que se extiende desde ese punto hasta el límite superior de la atmósfera. Como la densidad del aire disminuye conforme aumenta la altura, no se puede calcular ese peso a menos que seamos capaces de expresar la variación de la densidad del aire en función de la altitud o de la presión.

➤ **Presión estática**

Es la que tiene un fluido, independientemente de la velocidad del mismo, y que se puede medir mediante la utilización de tubos piezométricos. La presión total que ejerce un fluido bien sea gaseoso o líquido se define como la suma de la presión estática y la presión dinámica.

2.4.4.1. Unidades de presión

Tabla 2.8 Unidades de presión

	mbar	bar	Pa	atm	PSI
1 mbar	1	0,001	100	0,00098	0,014
1 bar	1,000	1	10000	0,987	14,5
1 Pa	0,01	0,00001	1	0,000098	0,000014
1 atm	1013	1,013	101300	1	14,7
1 PSI	68,95	0,068	6895	0,68	1
1 kgf/cm²	980,7	0,981	98070	0,968	14,22
1 in Hg	33,86	0,033	3386	0,033	0,49
1 mm Hg	1,333	0,0013	133,3	0,0013	0,019
1 in H₂O	2,491	0,024	249,1	0,0024	0,036
1 mm H₂O	0,098	0,000098	9,807	0,000096	0,0014

Fuente: Manual de conversiones de presión

Elaborado por: Marvin Morales

2.4.4.2. Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

2.1.4.2.1. Tipos de manómetros

a) Manómetro de Burdon

Instrumento mecánico de medición de presiones que emplea como elemento sensible un tubo metálico curvado o torcido, de sección transversal aplanada. Un extremo del tubo está cerrado, y la presión que

se va a medir se aplica por el otro extremo. A medida que la presión aumenta, el tubo tiende a adquirir una sección circular y enderezarse. El movimiento del extremo libre (cerrado) mide la presión interior y provoca el movimiento de la aguja.

b) Manómetro de columna de líquido

Tienen una doble columna líquida utilizada para medir la diferencia entre las presiones de dos fluidos. El manómetro de columna de líquido es el patrón base para la medición de pequeñas diferencias de presión.

Las dos variedades principales son el manómetro de tubo de vidrio, para la simple indicación de la diferencia de las presiones, y el manómetro de mercurio con recipiente metálico, utilizado para regular o registrar una diferencia de presión o una corriente de un líquido.

c) Barómetro

Es básicamente un manómetro diseñado para medir la presión del aire.

2.4.4.3. Concepto de vacío

Es la ausencia total de materia en los elementos en un determinado espacio o lugar, o la falta de contenido en el interior de un recipiente, se denomina también vacío a la condición de una región donde la densidad de partículas es muy baja.¹⁵

2.4.4.4. Medición del vacío y de bajas presiones

Un metro cúbico (m³) de aire contiene aproximadamente 2×10^{25} moléculas en movimiento, a una velocidad promedio de 1600 km/h. Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio; su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y

¹⁵ http://www.caum.es/publicaciones/_publicaciones/VACIO-ISBN.pdf

760 mm de alto. Con base en esto, decimos que una atmósfera estándar es igual a 760 mm Hg.

Asimismo para medir bajas presiones, solo basta con medir el voltaje de un filamento, dado que la resistencia eléctrica de dicho filamento depende de la temperatura, y la temperatura depende de la cantidad de moléculas que existan a su alrededor, por lo tanto a mayor cantidad de moléculas, mayor temperatura,

Como la resistencia depende de la temperatura nos basta medirla para saber el nivel de vacío que hay. Para medir la resistencia nos basta medir el voltaje aplicado y la intensidad resultante.

2.4.4.5. Moldeado por vacío

Esta técnica consiste en crear presión sobre un laminado durante su ciclo de curado. La presurización del laminado cumple varias funciones, primero, remueve el aire atrapado entre las capas, segundo, compacta las capas de refuerzo por transición de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes, tercero, evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado, cuarto, reduce la humedad, quinto, la técnica de vacío optimiza las relaciones esfuerzo-matriz en los componentes de materiales compuestos.

La técnica de moldeo por vacío permite obtener materiales compuestos con mejores propiedades físicas y mayor calidad de estratificado que métodos antiguos. Así los porcentajes de refuerzo-matriz obtenidos son más elevados que los obtenidos mediante métodos de moldeo manual.

Las tasas de porosidad son notablemente reducidas, no obstante la técnica requiere un profundo conocimiento de la misma, ya que un vacío excesivamente elevado sin controles adecuados podría originar fallos de falta de impregnación o también zonas secas en donde el material compuesto no quedará totalmente adherido.

2.4.4.6. Bomba de vacío para trabajos con materiales compuestos

Está diseñada para ofrecer los niveles más altos de vacío (99,995%) para los periodos prolongados de frecuencia requeridos en los procesos de materiales compuestos, puede ser usada en trabajos de:

- Bolsas de vacío
- Resina infusión
- Moldeo por Transferencia de Resina (RTM)
- Vacío presionando (paneles sándwich)
- Recubrimiento
- Resinas de desgasificación al vacío y siliconas



Figura 2.15 Bomba de vacío

Fuente: Kit de moldeo al vacío

Elaborado por: Marvin Morales



Figura 2.16 Kit de infusión y mesa de trabajo

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

CAPÍTULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Preliminares

Se procede a la implementación de una bomba de vacío y equipamiento básicos para trabajos con materiales compuestos, teniendo como objetivo de poder seleccionar la bomba de vacío adecuada para el proyecto, se realizó un análisis de alternativas de las bombas de vacío existentes y más utilizadas en el mercado.

3.2. Adquisición de la bomba

3.2.1. Análisis de alternativas

Tabla 3.1 Tabla de alternativas y estudio técnico

Bomba	Presión vacío	Caudal	Tiempo de uso	Costo
Pistones	0.00435 PSI	1333.3 L/min	24 horas	430 – 480 USD
Paletas rotativas	0.0000435 PSI	138 L/min	24 horas	360 – 410 USD
Flujo Axial	10.6 PSI	1125 L/min	24 horas	610 – 756 USD
Anillo líquido	0.43 PSI	250 L/min	24 horas	420 – 480 USD

Fuente: Búsqueda de bomba de vacío

Elaborado por: Marvin Morales

3.2.2. Análisis de factibilidad

Con la realización de este tipo de análisis se conocerá las ventajas y las desventajas de uso de las bombas de vacío para realizar procesos con materiales compuestos.

a) Bomba de pistones

Ventajas de la bomba de pistones

- ✓ Larga vida útil
- ✓ Trabajo constante por 24 horas
- ✓ Volumen de flujo constante
- ✓ Bajo nivel de ruido

Desventajas de la bomba de pistones

- ✓ Bajo sistema de refrigeración solo por aletas
- ✓ Alto costo
- ✓ Alto caudal y bajo nivel de vacío en relación a la bomba de paletas

b) Bomba de paletas rotativas

Ventajas de la bomba de paletas rotativas

- ✓ Suministro limpio y eficiente de vacío
- ✓ Lubricación y refrigeración en un mismo sistema además de aletas
- ✓ Circuito de separación de aceite diseñado para una gestión óptima del aceite
- ✓ Válvula anti retorno
- ✓ bajo desgaste, gracias a las velocidades óptimas del eje
- ✓ bajo nivel de ruido y vibración
- ✓ trabajo constante por 24 horas
- ✓ bajo costo

Desventajas de la bomba de paletas rotativas

- ✓ sirve solo para fluidos poco viscosos

c) bombas de flujo axial

Ventajas de la bomba de flujo axial

- ✓ Posee una mayor velocidad relativa de bombeo
- ✓ Convierte la energía cinética en presión de fluido
- ✓ No incluye válvulas en el cuerpo

Desventajas de la bomba de flujo axial

- ✓ No alcanzan a desarrollar elevada presión
- ✓ Necesitan de una válvula de aspiración

d) Bombas de anillo líquido

Ventajas de la bomba de anillo líquido

- ✓ Alta eficiencia
- ✓ Larga vida útil
- ✓ Fácil mantenimiento

Desventajas de la bomba de anillo líquido

- ✓ Presiones limitadas por la presión de vapor del líquido del sello
- ✓ Costos de operación más altos que una bomba tradicional

3.2.3. Evaluación de parámetros

Tomando en cuenta las características de las bombas y los parámetros de moldeo al vacío, se asignará un valor de 0.1 a 1 para su calificación y de esta manera poder seleccionar la bomba adecuada para el proyecto.

- a) Presión de vacío
- b) Tiempo de uso
- c) Caudal
- d) Costo

Tabla 3.2 Parámetros de moldeo al vacío

Presión de vacío (PV)	Depresión de la bomba
Presión de referencia (PR)	14.7 PSI (presión atmosférica)
Presión diferencial (PD)	(PR – PV)
Rango de presión (RP)	PD > 0.1 PSI

Fuente: INP 96 S.N Bombas de vacío, Madrid

Elaborado por: Marvin Morales

Para reconocer que tipo de bomba de vacío es la más conveniente para el proyecto, debemos basarnos en los rangos de aplicación favorables al momento de realizar el moldeo por vacío, los cuales son:

➤ **Presión de vacío (PV)**

La presión de vacío (depresión) es tomada de las especificaciones de la bomba, otorgado por el fabricante.

➤ **Presión de referencia (PR)**

Es la presión atmosférica, en la que nos basamos para obtener la presión diferencial (PD)

➤ **Presión diferencial (PD)**

Resultado obtenido de la diferencia entre la presión atmosférica y la presión de vacío ejercida por la bomba, esta presión es conocida como depresión debido a que se encuentra por debajo de la presión atmosférica.

Para realizar trabajos de moldeo al vacío, basta solo con obtener una depresión que va desde 14.6 PSI hacia presiones más bajas, para que el trabajo sea considerado como moldeo al vacío, cabe recalcar que mientras más alta sea la presión diferencial (PD), los resultados obtenidos serán mejores.

➤ **Rango de presión (RP)**

Son los límites de presión necesarios para efectuar el trabajo de moldeo al vacío de materiales compuestos.

Al realizar el cálculo de presiones obtenemos:

a) Bomba de pistones

$$\begin{aligned} PR - PV &= PD \\ (14.7 \text{ PSI} - 0.00435 \text{ PSI}) &= \\ PD &= 14.6 \text{ PSI} \end{aligned}$$

b) Bomba de paletas rotativas

$$\begin{aligned} PR - PV &= PD \\ (14.7 \text{ PSI} - 0.0000435 \text{ PSI}) &= \\ PD &= 14.6 \text{ PSI} \end{aligned}$$

c) Bomba de flujo axial

$$PR - PV = PD$$

$$(14.7 \text{ PSI} - 10.6 \text{ PSI}) =$$

$$PD = 4.1 \text{ PSI}$$

d) Bomba de anillo líquido

$$PR - PV = PD$$

$$(14.7 \text{ PSI} - 0.43 \text{ PSI}) =$$

$$PD = 14.27 \text{ PSI}$$

La bomba de paletas rotativas y la bomba de pistones son las que generan una presión diferencial (PD) considerablemente mayor de 14.6 PSI, en relación a las bombas de flujo axial y de anillo líquido.

Para decidir que bomba es la más recomendable usar, procederemos a realizar el cuadro de evaluaciones de parámetros y de ponderación.

Tabla 3.3 Evaluación de parámetros

Parámetros de evaluación	Alternativas			
	A	B	C	D
Presión de vacío	0.8	0.9	0.4	0.7
Tiempo de uso	1	1	1	1
Caudal	0.85	0.7	0.9	0.8
Costo	0.7	0.9	0.4	0.5

Fuente: Investigación documental

Elaborado por: Marvin Morales

Tabla 3.4 Ponderación

Parámetros de evaluación	Factor	Alternativas			
	X	AX	BX	CX	DX
Presión de vacío	0.25	0.225	0.225	0.1	0.175
Tiempo de uso	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Caudal	0.25	0.212	0.175	0.225	0.2
Costo	0.25	0.175	0.225	0.1	0.125
Total	1	0.862	0.875	0.675	0.75

Fuente: Investigación documental

Elaborado por: Marvin Morales

La bomba adquirida es una bomba de vacío de paletas rotativas, de lubricación por aceite y de refrigeración por aletas, debido a la comparación entre ambas bombas, se dedujo que la bomba de paletas rotativas genera una presión diferencial de 14.6 PSI además de contar con un sistema de refrigeración y lubricación más adecuado para el largo trabajo para el que está destinada, así como también poseer un bajo costo con relación a la bomba de pistones.

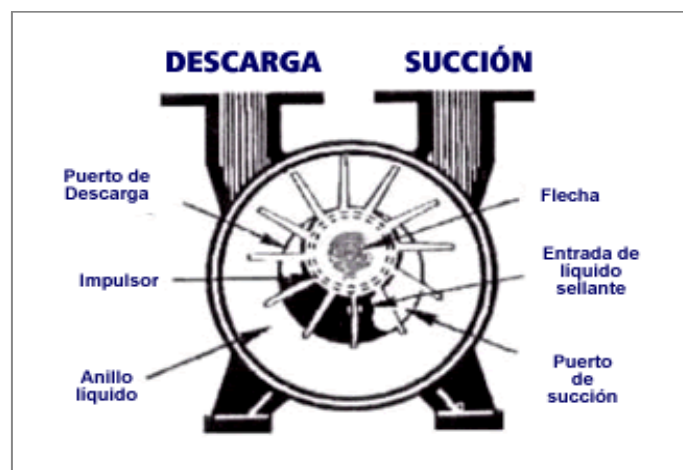


Figura 3.1 Corte frontal de una bomba de vacío

Fuente: <http://www.bombasdevacio.net/desgl.php>

Elaborado por: Marvin Morales

Se muestra a continuación las características técnicas de la bomba de vacío:

Tabla 3.5 Datos técnicos de la bomba

MODELO	QVP-500
Caudal	138 l/min
Porcentaje de vacío	99.995%
Presión de vacío	0,3 Pa
Voltaje	110/220 v ~ 60 hz
Potencia	185 w

Fuente: <http://www.carboteccomposites.com/kit1.html>

Elaborado por: Marvin Morales

Para realizar moldeados estructurales de partes en fibras de carbono, es necesario la utilización de una mesa de trabajo con superficie de acero inoxidable, por este motivo se decidió realizar el diseño y construcción de la misma.

3.3. Materiales necesarios

- ✓ 2 planchas de acero de 2m x 2m de 1 20 in
- ✓ 4 Tubos cuadrados de $1 \frac{1}{4}$ de pulgada de lado
- ✓ Electrodo de soldar de 6011
- ✓ Pintura en aerosol para fondo y acabado

3.4. Equipo de protección personal

- ✓ Gafas para protección visual
- ✓ Mascarilla
- ✓ Overol
- ✓ Guantes de pupos
- ✓ Zapatos con punta de acero
- ✓ Tapa oídos

3.5. Descripción de la mesa de trabajo

La mesa de trabajo tendrá un área de trabajo de $0,75 m^2$, teniendo 150 cm x 50 cm, una altura ergonómica de 90 cm, sostenida por 4 tubos cuadrados de 3,17 cm de lado, un alma de 144,92 cm de largo y 11,43 cm de ancho y una plataforma inferior de 144,92 cm x 38,58 cm elevada a 15 cm sobre el suelo.

Para fabricar la mesa de trabajo, iniciamos con el uso adecuado de los implementos de protección personal necesarios conforme a los requerimientos.

Una vez cumplidos los requerimientos de prevención de riesgos laborales, se sigue la siguiente secuencia de pasos:

- Se corta lámina de 165,24 cm x 65,2 cm con cortes diagonales en las esquinas de 16,16 cm para realizar los dobleces respectivos, para plataforma superior y la superficie de acero inoxidable.
- Se corta lámina 165,24 cm x 53,82 cm de con cortes diagonales en las esquinas de 16,16 cm para realizar los dobleces respectivos, para la plataforma inferior.
- Se corta lámina de 144,92 cm x 21,05 cm para hacer los dobleces y formar el alma de la mesa de trabajo.

- Se corta láminas de de acero inoxidable de 45 cm x 45 cm, 25 cm x 40 cm y 35 cm x 35 cm para construir el compartimiento.
- Se usa pintura amarilla para el fondo y acabado de la mesa de trabajo.

3.6. Procedimiento para la elaboración de una mesa de trabajo

3.6.1. Dimensiones de la mesa de trabajo

Tabla 3.6 Dimensiones de la mesa de trabajo

Nº	Descripción	Altura Total (cm)	Largo Total (cm)	Ancho Total (cm)	Material
1	Superficie superior	90	150	50	Acero inoxidable
2	Patas de la mesa	90	3,17	3,17	Tubo cuadrado
3	Superficie inferior	15	150	38,58	Hierro negro 1-20 in
4	Compartimiento	46	40	20	Hierro negro 1-20 in

Fuente: Propias

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

3.7. Pasos para la construcción de la mesa de trabajo



Figura 3.2 Láminas de acero de 1 20 in cortadas

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Se usa la cortadora de metal para cortar las láminas en tamaños mayores.



Figura 3.3 Cortadora de metal

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Se usa la cortadora mecánica manual para realizar cortes menores como el de las esquinas y realizar los dobleces correspondientes.



Figura 3.4 Cortadora manual

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Una vez realizado los cortes, procedemos a realizar los respectivos dobleces usando la dobladora.



Figura 3.5 Dobladora mecánica

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Luego de realizados los cortes y dobleces, procedemos a soldar los tubos cuadrados en las esquinas de unión de los dobleces de la plataforma superior y a la plataforma inferior en los lados, usando barras de soldar de 6011.



Figura 3.6 Electroodos de soldar de 6011

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Una vez la mesa esté soldada, continuamos con el fondo y acabado de pintura del libre color que se desea, en este caso, color gris.



Figura 3.7 Mesa de trabajo en estado intermedio

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

- Procedemos a instalar la superficie de acero inoxidable con 5 remaches de cabeza semiredonda de 1/8 cm de diámetro en los lados longitudinales.
- La superficie está recubierta de un protector para evitar rayones, deberá ser retirado antes de usarla por primera vez.
- Se suelda el compartimiento de almacenaje en uno de los extremos de la mesa y pintamos con pintura amarilla de seguridad. (ver anexo D)

3.8. Herramientas y máquinas necesarias con su codificación

Tabla 3.7 Codificación de Herramientas

Nº	Herramienta	Código
1	Flexómetro	H1
2	Escuadras 45° y 90°	H2
3	Dobladora mecánica	H3
4	Dobladora manual	H4
5	Remachadora	H5
6	Sierra Manual	H6
7	Tijera para tol	H7
8	Cepillo de Acero	H8
9	Taladro	H9

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

Tabla 3.8 Codificación de Máquinas

Nº	Máquina	Código
1	Soldadora	M1
2	Compresor de pintura	M2

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

3.9. Proceso de construcción de la estructura de la mesa

Tabla 3.9 Proceso de construcción de la estructura de la mesa

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta			
		M	t	H	t
1	Medición y Trazado			H1-H2	40
2	Corte de láminas y tubos			H6-H7	45
3	Soldadura	M1	40	H2	60
4	Limpieza de residuos y Pulido			H8	20
5	Pintura para fondo y acabado	M2	70		




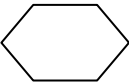

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

3.9.1. Simbología y proceso de construcción de la estructura de la mesa

3.9.1.1. Simbología

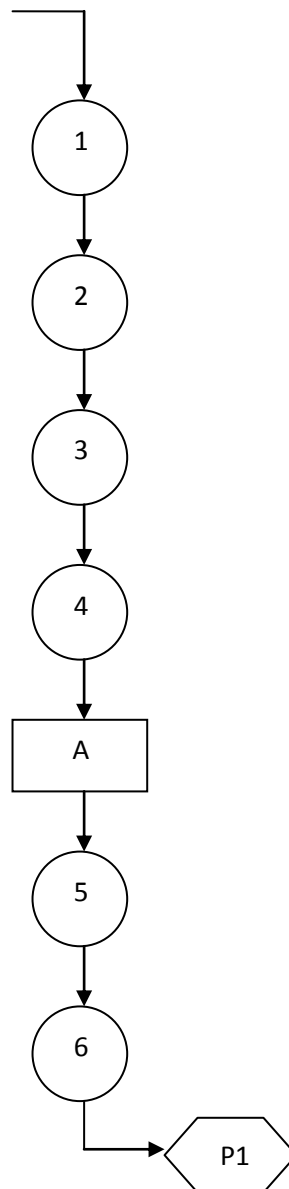
Tabla 3.10 Simbología

Nº	ACTIVIDAD	SIMBOLOGÍA
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Parte terminada	
5	Producto terminado	

Fuente: Diagramas de procesos

Elaborado por: Marvin Morales

3.9.2. Diagrama del proceso de construcción de la estructura



- 1) Medición de las láminas de hierro negro
- 2) Corte de las láminas de hierro negro
- 3) Doblado de los contornos medidos
- 4) Soldadura de las partes elaboradas
- A) Inspección de soldadura y uniones
- 5) Limpieza de residuos y limallas
- 6) Pintura amarilla para fondo y acabado

3.10. Proceso de construcción de la superficie de acero inoxidable

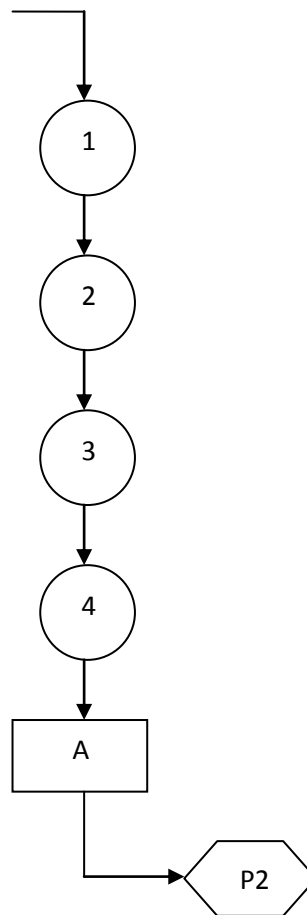
Tabla 3.11 Proceso de construcción de la superficie de acero inoxidable

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta			
		M	t	H	t
1	Medición y Trazado			H1-H2	10
2	Corte de lámina			H6-H7	5
3	Taladrado			H9	20
4	Limpieza de residuos y Pulido	M2	15	H8	15

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

3.10.1. Diagrama del proceso de construcción de la superficie



- 1) Medición de la lámina de acero inoxidable
- 2) Cortes de las esquinas de la lámina
- 3) Doblez de los contornos de la lámina
- 4) Taladrado de los contornos para posterior remachado
- A) Inspección de los realizado

3.11. Proceso de construcción del compartimiento

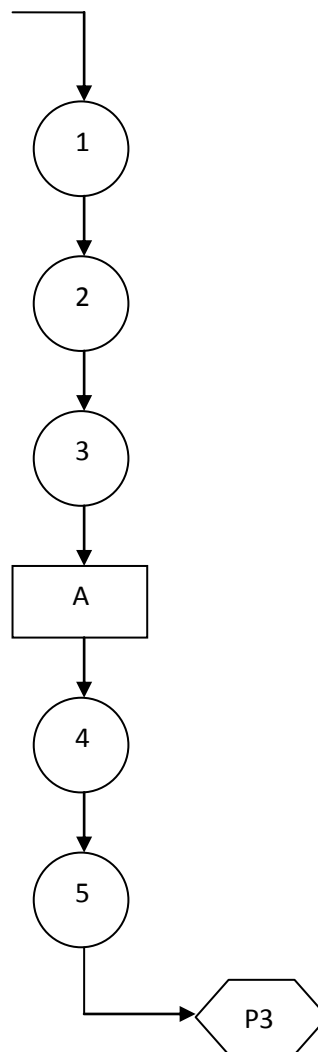
Tabla 3.12 Proceso de construcción del compartimiento

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta			
		M	t	H	t
1	Medición y Trazado			H1-H2	16
2	Corte de láminas			H6-H7	6
3	Soldadura	M1	30		
4	Limpieza de residuos y Pulido			H8	15
5	Pintura para fondo y acabado	M2	15		

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

3.11.1. Diagrama de proceso de construcción del compartimiento



- 1) Medición de la lámina para construir compartimiento
- 2) Corte de las láminas con cortadora mecánica
- 3) Soldadura
- A) Inspección de soldaduras
- 4) Limpieza de residuos
- 5) Pintura para fondo y acabado

3.12. Proceso de unión de las partes

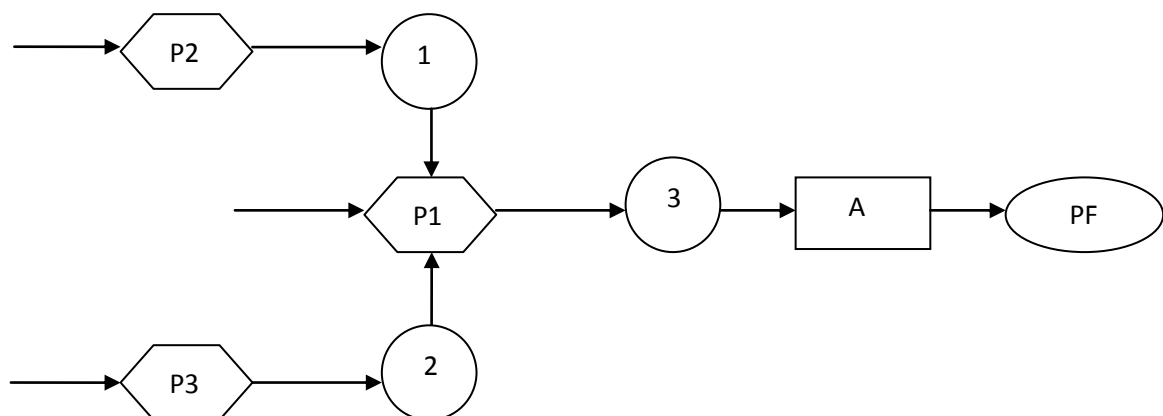
Tabla 3.13 Proceso de unión de las partes

Nº	Proceso	Máquina - Herramienta			
		M	t	H	t
1	Soldadura	M1	30		
2	Remachado			H5	15
3	Pintura para fondo y acabado	M2	15		

Fuente: Mesa de trabajo en construcción

Elaborado por: Marvin Morales

3.12.1. Diagrama del proceso de unión de las partes




- 1) Superficie remachada a la estructura
- 2) Compartimiento soldado a la estructura
- 3) Pintura y acabado

- Una vez finalizada la mesa de trabajo se procedió a trasladarla a las instalaciones del Instituto. (ver anexo C)

3.13. Manuales

3.13.1. Manual de uso de la bomba de vacío

ITSA 	MANUALES		Pág. : 1 de 6
	MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE VACÍO		Código : ITSA-MMBV
	Elaborado por: Marvin Morales		Revisión Nº : 1
	Aprobado por: Hebert Atencio	Fecha :	Mayo 2013

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos para el mantenimiento óptimo de la bomba de vacío.

2. ALCANCE

Mencionar las diferentes tareas de mantenimiento que se deben de realizar para alargar la vida útil de la bomba de vacío.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Manual del fabricante de la bomba



- a) Asegurarse de que el voltaje y la frecuencia de la fuente de energía son las apropiadas y corresponden a la especificación del motor de la bomba. Examine el interruptor para asegurarse de que este en la posición de apagado antes de que enchufe la bomba en una fuente de energía, quite el capuchón de escape (levantándolo suavemente)

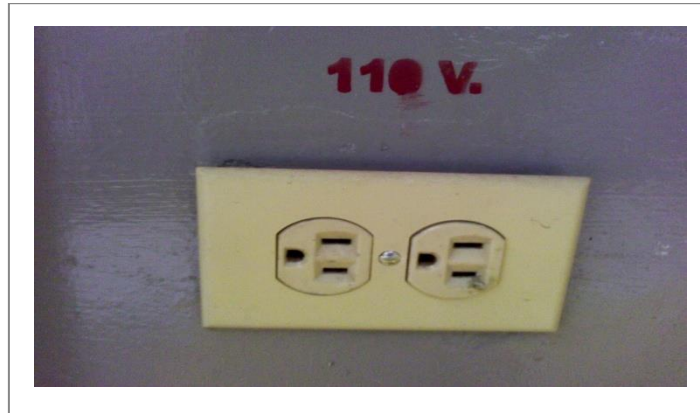


Figura 3.8 Tomacorriente de 110 V

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

- b) Antes de poner la bomba en marcha se debe llenar con aceite nuevamente. Desenrosque el capuchón de llenado de aceite levantándolo y añada aceite hasta que se muestre en el indicador de nivel de aceite en la parte posterior de la bomba.



Figura 3.9 Desenroscado del capuchón de aceite

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales



Figura 3.10 Indicador de nivel de aceite

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

- c) Coloque nuevamente el capuchón en su sitio y remueva el capuchón del puerto de entrada, oprima el interruptor del motor a encendido. Cuando la bomba se encuentre en funcionamiento, espere entre 10 y 30 segundos hasta que el aceite haya sido distribuido por toda la bomba. Luego de que la bomba haya funcionado por un minuto más o menos revise el indicador de aceite, deberá estar al mismo nivel que se encontraba antes del encendido,



Figura 3.11 Escape de gas

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

d) Remueva el tubo blando de entrada y coloque el adaptador correspondiente.



Figura 3.12 Tubo blando de entrada

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

e) Tape el puerto de entrada para prohibir cualquier contaminación en el puerto cuando la bomba no esté en funcionamiento.

Mantenimiento de la bomba de vacío

Se recomienda seguir cada paso para evitar futuros problemas con la misma.

a) Asegúrese de mantener la bomba encendida por unos 2 o 3 minutos.

b) Quite el perno de llenado de aceite y drene el aceite contaminado colocándolo en un contenedor bien tapado.

c) Cuando la bomba para de fluir incline la bomba para evacuar el aceite restante.

d) Coloque el perno en sitio y llene el contenedor con el nuevo aceite de la bomba hasta que se muestre en el indicador de nivel de aceite.



Figura 3.13 Perno de drenaje de aceite

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

- e) Asegúrese de que el puerto de entrada está tapado y ponga en marcha la bomba de vacío, déjela funcionar por un minuto y verifique el nivel de aceite en el indicador de nivel, si el aceite está por debajo del hilo, coloque aceite despacio con la bomba en marcha hasta que el nivel de aceite sea el adecuado. Asegúrese de que la entrada está tapada y coloque el capuchón en su sitio. Si el reservorio interno de aceite se llenase con lodo o cualquier desecho externo, remueva el contenedor y dele un adecuado mantenimiento.

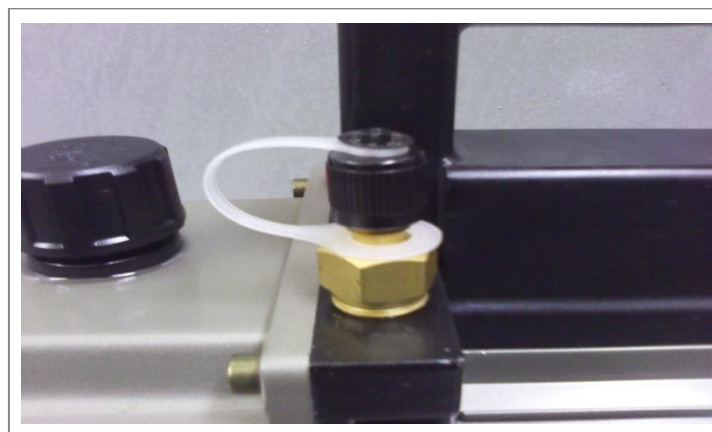



Figura 3.14 Puerto de entrada tapado

Fuente: Manual de funcionamiento de la bomba

Elaborado por: Marvin Morales

3.13.2. Manual de proceso de moldeo al vacío

ITSA 	MANUALES		Pág.: 1 de 8	
	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA FABRICAR PARTES DE FIBRA DE CARBONO MOLDEADO AL VACÍO		Código : ITSA-MMBV	
	Elaborado por: Marvin Morales		Revisión 1	Nº:
	Aprobado por: Hebert Atencio	Fecha :	Mayo 2013	

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos para la elaboración de partes en fibra de carbono por moldeo al vacío.

2. ALCANCE

Instruir a los usuarios sobre el correcto uso del equipo de protección personal antes de iniciar cualquier actividad con los materiales de moldeo al vacío, así como también contribuir con el estudio y aprendizaje de la fabricación de estructuras aeronáutica, para los estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Sin documentos de referencia



- a) Colóquese el overol, guantes, protección visual y mascarilla antes de empezar con el proceso de moldeo de fibras al vacío.
- b) Asegúrese de tener todos los materiales a la mano y en orden la mesa de trabajo.
- c) Empiece por cortar la tela de fibra de carbono en la medida que se va a usar de acuerdo al molde, teniendo en cuenta que esta no se deforme y pierda la textura de su tejido.
- d) Colocar el corte de fibra de carbono realizado sobre la balanza y anotar el peso indicado.



Figura 3.15 Calculadora y balanza

Fuente: Manual de moldeo al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- e) Pesar el recipiente que se va a utilizar para la mezcla y colocar la balanza en 0 (oprimiendo la tecla TARE) con el recipiente aun sobre ella.
- f) Calcular la cantidad en gramos de resina necesaria, utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{gramos de la fibra de carbono}) \times 100}{127}$$



Figura 3.16 Resina

Fuente: Manual de moldeo al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- g)** Calcular la cantidad en gramos de endurecedor necesario, utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{(\text{gramos de la fibra de carbono}) \times 27}{127}$$



Figura 3.17 Endurecedor

Fuente: Manual de moldeo al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- h) En un recipiente plástico desechable colocar las respectivas porciones de resina y endurecedor, luego de haber colocado a la balanza en cero con el recipiente sobre ella.



Figura 3.18 Recipiente desechable

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- i) Mezclar bien la resina y el endurecedor con un palillo.
- j) Impregnar toda la tela con la mezcla sin dejar nada en el recipiente.
- k) Aplicar el agente desmoldante PVA al molde para evitar que las telas a usar se peguen al molde.



Figura 3.19 Desmoldante

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- l) Colocar la tela impregnada sobre el molde y con la espátula, distribuir la mezcla uniformemente.
- m) Colocar sobre la tela impregnada, un corte de tela pelable, que no sea de la misma medida que la parte a moldear, este corte de tela pelable debe ser por lo menos de 3 cm a 5 cm mayor que el contorno original de la parte a moldear.
- n) Impregnar totalmente la tela pelable con la mezcla, para dar la textura rugosa final que necesitará la pieza moldeada para adherirse a la base en la que será colocada.



Figura 3.20 Tela pelable

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- o) Colocar sobre la tela pelable un corte de la lámina perforada.



Figura 3.21 Lámina perforada de liberación

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- p) Colocar sobre la lámina perforada, un trozo de respiradero, de igual manera que en el ítem l.



Figura 3.22 Respirador de poliéster

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- q) Rodear el molde con la cinta sellante a una distancia no menor de 5 cm del molde, sin despegar los adhesivos de protección.



Figura 3.23 Cinta sellante

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- r) Cortar un trozo de la bolsa de vacío de un tamaño ligeramente mayor que el cuadrado formado con la cinta sellante.



Figura 3.24 Bolsa de vacío

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- s) Colocar la parte inferior de los conectores dentro del cuadrado formado con la cinta sellante.

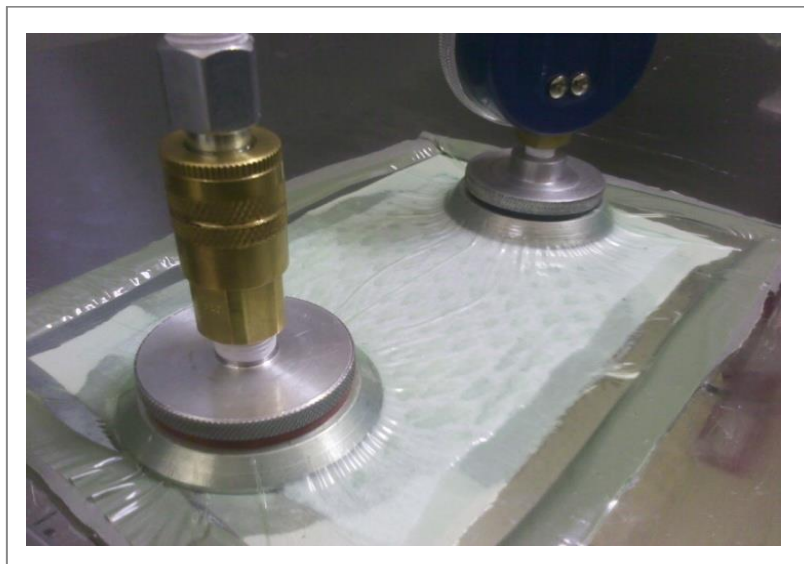


Figura 3.25 Proceso completo

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- t) Pegar la bolsa de vacío a la cinta sellante percatándose de que no queden fugas, cubriendo las partes inferiores de los conectores.
- u) Hacer cortes ligeros a la bolsa de vacío y enroscar las partes superiores de los conectores con sus respectivas partes inferiores, verificando que los empaques estén en su lugar y en buenas condiciones.
- v) Conectar la bomba de vacío a uno de los conectores y al otro conector, el manómetro.
- w) El manómetro deberá marcar -20 mm Hg para reconocer que el sistema se encuentra sellado de manera correcta.



Figura 3.26 Manómetro de presión

Fuente: Manual de moldeado al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

- x) Asegurarse de que el sistema se encuentra bien sellado y de que la bomba tenga aceite para su funcionamiento.
- y) Encender la bomba por un minuto y luego apagarla, si el sistema se queda con vacío el empaque ha sido correcto, si al apagar la bomba, el sistema se llena de aire otra vez, el empaque está fallando y el curado de la mezcla se deberá hacer con la bomba encendida las 24 horas de duración o a su vez, se deberá cambiar el empaque de alguno de los 2 conectores.



Figura 3.27 Vacío generado

Fuente: Manual de moldeo al vacío

Elaborado por: Marvin Morales

3.14. Normas de trabajo con materiales compuestos y ergonomía

Se ha examinado las posibles normas que podrían aplicarse a los ensayos, encontrándose un vacío en lo que a estas normas se refiere en nuestro país, debido a la poca incursión que hemos tenido tecnológicamente dentro de este campo. Pero, si bien en el Ecuador no existe la norma adecuada, no es un determinante el que las entidades encargadas de normar en el ámbito mecánico de pruebas y ensayos, no hayan tomado cartas en el asunto.

Se investigó las posibles normas que podrían aplicarse para este proyecto, por lo cual nos regiremos de acuerdo a las normas ASTM International y las normas ISO, siendo específicamente las ASTM D638 y ASTM D790, normas que describen las propiedades de tracción y flexión de plásticos reforzados y no reforzados respectivamente, y la norma ISO 6385 que describe las directrices de la ergonomía en el lugar de trabajo.

Norma ASTM D638:

Especifican las condiciones de los ensayos para determinar las propiedades de tracción de los plásticos reforzados y sin reforzar.

Norma ASTM D790:

Se refiere a la determinación de las propiedades de flexión de materiales plásticos reforzados y no reforzados, incluidos los compuestos de alto módulo y los materiales aislantes eléctricos en forma de barras rectangulares moldeadas directamente o cortadas a partir de hojas, placas o formas moldeadas.

Norma ISO 6385:

Establece los principios ergonómicos básicos que orientan el diseño de los sistemas de trabajo y define los términos fundamentales. Describe un enfoque global del diseño de los sistemas, atendiendo a los requisitos humanos, sociales y técnicos durante el proceso de diseño.

A efectos de esta norma, un sistema de trabajo incluye un conjunto de personas y equipos, situados en un espacio y entorno determinados, así como a las interacciones entre estos componentes dentro de una determinada organización del trabajo.

3.15. Estudio económico

3.15.1. Presupuesto

Al momento de presentar el anteproyecto se mostro un valor de 832,20 USD de acuerdo a los presupuestos hechos antes de la construcción y compra de los implementos, a continuación se mostrara detalladamente los costos reales al realizar el proyecto.

3.15.2. Análisis de costos

Costos primarios

- Materiales
- Equipos, transporte
- Mano de obra

Costos secundarios

- Derechos de grado
- Elaboración de textos
- Trámites legales

A continuación se detallan uno a uno los costos de los materiales utilizados para la elaboración del trabajo de graduación, con los respectivos precios.

3.15.2.1. Costos primarios

Tabla 3.12 Costos de materiales

Nombre	Cantidad	\$ unidad	Total
Tubo cuadrado hierro negro	4	3,40 USD	13,60 USD
Láminas hierro negro	2	14,00 USD	28,00 USD
Lámina acero inoxidable	1	110,00 USD	110,00 USD
Latas de Pintura	4	3,10 USD	12,40 USD
Fibra de carbono	30 x 100 cm	80,00 USD	80,00 USD
Fibra de vidrio	30 x 100 cm	30,00 USD	30,00 USD
Tela pelable	1,5 x 1,5 cm	3,56 USD	3,56 USD
Bolsa de vacío	1,5 x 1,5 cm	3,40 USD	3,40 USD
Absorbente	1,5 x 1,5 cm	2,24 USD	2,24 USD
Lamina perforada	1,5 x 1,5 cm	3,75 USD	3,75 USD
Conectores	5	2,46 USD	12,30 USD
Conector de infusión	2	82,00 USD	82,00 USD
Resina	1	34,60 USD	34,60 USD
Endurecedor	1	32,33 USD	32,33 USD
Manguera	2 m	2,34 UD	2,34 USD
Balanza	1	27,30 USD	27,30 USD
Manómetro	1	60,00 USD	60,00 USD
Impresiones	4	6,37 USD	25,48 USD
Total	----	----	566,30 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Morales

Tabla 3.13 Costos de equipos y transporte

Nombre	cantidad	\$ unidad	total
Bomba de vacío	1	306,76 USD	306,76 USD
Transportes	9	8,00 USD	72,00 USD
Envío	1	68,00 USD	68,00 USD
Aduanas	2	27,00 USD	28,00 USD
Total	----	----	474,76 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Morales

Tabla 3.14 Costos de herramientas por hora

Herramienta	Valor/h	Tiempo	Total
Cortadora mecánica	1,50 USD	2 h	3,00 USD
Cortadora manual	1,25 USD	1,5 h	0,70 USD
Dobladora	1,50 USD	0,5 h	0,75 USD
Remachadora	4,00 USD	0,2 h	0,80 USD
Soldadora	2,00 USD	3 h	6,00 USD
Total	----	----	11,25 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Morales

Tabla 3.15 Total de costos primarios

Total costos de materiales	566,30 USD
Total costos de equipos y transporte	474,76 USD
Total costos de herramientas por hora	11,25 USD
Total de costos primarios	1052,31 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Morales

3.14.2.2. Costos secundarios

Tabla 3.16 Costos secundarios

Detalle	Valor
Derechos de grado	300,00 USD
Elaboración de textos	70,78 USD
Derechos de trámites	12,00 USD
Total de costos secundarios	382,78 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

3.14.2.3. Costo total del proyecto

Tabla 3.17 Costo total del proyecto

Total de costos primarios	1052,31 USD
Total de costos secundarios	382,78 USD
Costo total del proyecto	1435,09 USD

Fuente: Estudio económico

Elaborado por: Marvin Morales

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Con la implementación de la bomba de vacío los estudiantes podrán comprobar de manera más amplia el concepto del uso de materiales compuestos en aviación.
- Los materiales necesarios para el corte de fibra de carbono depende en gran medida del espesor de la sustancia a ser cortado.
- La fibra de vidrio se usa para reforzar la estructura formada con fibra de carbono.
- Los materiales compuestos que usan resinas poliméricas reaccionan de manera perfecta con procesos de secado mediante presiones de vacío así como también con alteraciones de temperatura con límites de tiempo.

4.2. Recomendaciones

- Uno de los materiales usados es la fibra de carbono, que puede ejercer un efecto
- La fibra de carbono puede causar, en algunas personas, irritación de las vías respiratorias superiores dando la sensación de quemazón y raspamiento en la nariz y la garganta así como también ser irritante sobre

la piel de las personas que intervienen en su manufactura o manipulación, producido por el roce mecánico de las fibras contra la epidermis, por esta razón se debe usar equipo de protección personal al momento de manipularla.

- La exposición accidental a altas concentraciones de fibra de carbono puede producir trastornos pulmonares transitorios que generalmente se manifiestan por tos y/o dificultades respiratorias.
- Mantenerse siempre observando el manómetro de presión para evitar sobreesfuerzos de la bomba de vacío.
- Es aconsejable sustituir el aceite de la bomba de vacío para no dañar los componentes internos de la bomba, además de que retenga la humedad si es que el sistema está contaminado, con alta humedad, es necesario buscar la información del fabricante, para determinar los cambios de aceite de la bomba de vacío.
- No realizar cortes rápidos con tijera ya que sólo hace que el material más despeinada, con los bordes ásperos, por no mencionar el mal olor que producen cuando se quema la fibra.
- Asegurarse de que los empaques de los conectores están en buen estado para hacer el respectivo sello antes de conectar la bomba.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aeronave.- Vehículo capaz de navegar por el aire.

Aire.- mezcla gaseosa, que, descontado el vapor de agua que contiene en diversas proporciones, se compone aproximadamente de 21 partes de oxígeno, 78 de nitrógeno y una de argón y otros gases semejantes a este, al que se añaden algunas centésimas de dióxido de carbono.

Avión.- Aeronave más pesada que el aire, provista de alas, cuya sustentación y avance son consecuencia de la acción de uno o varios motores.

Calor específico.- Magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad.

Convexo.- Dicho de una curva o de una superficie: Que se asemeja al exterior de una circunferencia o de una esfera.

Elasticidad.- Propiedad mecánica de ciertos materiales de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas exteriores y de recuperar la forma original si estas fuerzas exteriores se eliminan.

Fluencia.- Deformación irrecuperable, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

Intensidad.- Grado de fuerza con que se manifiesta un agente natural, una magnitud física, una cualidad, una expresión.

Magnitud.- Tamaño de un cuerpo.

Presurizar.- Mantener la presión atmosférica normal en un recinto, independientemente de la presión exterior, como en la cabina de pasajeros de un avión.

PVA.- Alcohol Polivinílico para desmoldar.

Reactor.- Avión que usa motores de reacción.

Supersónico.- Que supera la velocidad del sonido.

Viscosidad.- Propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas.

Superficie.- Magnitud que expresa la extensión de un cuerpo en dos dimensiones, largo y ancho.

Sustentar.- Sostener algo para que no se caiga o se tuerza

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y MANUALES CONSULTADOS:

- ✓ **AIR International**, (1995), "Lincolnshire PE9" Edit. Macmillan, UK
- ✓ **Before the Shuttle**, A Concise History of the X-15 Research Airplane
- ✓ **Bomba (máquina)**, "Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation"
- ✓ **Callister Will**, (1995) "Materiales compuestos" Edit. Vértice, 4ta ed. España
- ✓ **Department of defense**, (2002) "Composites materials" USAF, USA
- ✓ **Department of Transportation**, "FAA Type Certificate data Sheet No.7AI"
- ✓ **Godoyol José**, (1990) "Enciclopedia de la aviación", Edit. Delta, España
- ✓ **Harris Bryan**, (1989), "The Institute of materials" Edit. Random, UK
- ✓ **Hollaway Leonard**, (1999) "Fiber composite materials" Edit. Fontana, UK
- ✓ **Jones Robert**, (1999) "Composites structure", Edit. Evaned, USA
- ✓ **Knezevic Robert**, (1996) "Mantenimiento de aviación" Edit. Danú, España
- ✓ **Matthews Bob**, (1998), "Composites analysis", Edit. Gotham, USA
- ✓ **Ramesh Singh**, (2004) "Composites manufacturing" Edit. Cursack, UK
- ✓ **Serrano Nicolás**, (2000) "Neumática", Edit. Paraninfo, 2da ed. Madrid

PÁGINAS DE INTERNET:

- ✓ <http://aerotecnologia.blogspot.com/2010/06/materiales-espaciales.html>
- ✓ <http://www.ehu.es/zorrilla/juanma/automovil/carbono.htm>
- ✓ <http://www.uhv.es/es/faq/bombas.php>
- ✓ <http://www.sapiensman.com/ESDictionary>
- ✓ http://www.alibaba.com/productgs/388159325/aluminium_honeycomb
- ✓ <http://es.rtiintl.com/vacuum-creep-flattening.html>
- ✓ <http://www.aficionadosalamecanica.net/vacuometro.htm>
- ✓ <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/-La-fibra-de-carbono.html>
- ✓ <http://tecnologias.ieshernanperezdelpulgar.eu/>
- ✓ <http://www.quiminet.com/articulos/que-es-el-termoformado-32016.htm>
- ✓ <http://www.todoacero.com.ec/barras-y-perfiles-en-acero-inox..html>
- ✓ <http://www.carboteccomposites.com/kits.html>
- ✓ <http://www.metalactual.com/revista/11/materialescarbono.pdf>

ANEXOS

ANEXO A:
ANTEPROYECTO

1. El problema

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el campo aeronáutico en el Ecuador se ha visto privado de las facilidades para el estudio y aprendizaje de los diferentes modelos de aviación y sus características principales, siendo esta una de las mayores preocupaciones para el desarrollo de la industria aeronáutica, a la vez que los futuros profesionales de esta área no tienen la oportunidad de explorar las diferentes alternativas que brinda el tener un laboratorio de aeromodelismo que ayude al perfeccionamiento de sus capacidades de aprendizaje.

La carrera de Mecánica Aeronáutica presenta cuestiones teóricas por lo que debe ser factible el conocimiento práctico oportuno por tal motivo es indispensable adentrarse más en el tema de estructuras aeronáuticas en el laboratorio del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

La investigación de este tipo de temas permitirá desarrollar conocimientos prácticos que complementen las materias de Aerodinámica, Aeronaves en general y materias afines a esta carrera, generando seguridad en los conocimientos adquiridos en la institución, promoviendo el desarrollo de la carrera y aumentando la capacidad del futuro mecánico aeronáutico en el desenvolvimiento de su trabajo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo integrar una unidad de ayuda en los talleres del ITSA, encaminado a la creación de nuevos prototipos de aeronaves a escala para la contribución en el aprendizaje teórico-práctico en la materia de materiales compuestos de la carrera de Mecánica Aeronáutica?

1.3. Justificación e Importancia

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico es una institución que va ligada a la tecnología y al desarrollo de proyectos investigativos en el campo de la aviación por ende debería tomar en cuenta el implementar una nueva herramienta de fabricación de estructuras aeronáuticas.

Es necesario el desarrollo de este proyecto para el mejor entendimiento de las materias básicas de aviación especialmente aerodinámica y aeronaves en general, debido a la escasez de material práctico en la institución se dificulta la comprensión de las mismas.

Un estudiante de la carrera de mecánica aeronáutica al poder estar en contacto con una actual forma de fabricación de aeronaves podrá gracias a ello desarrollarse competitivamente en su campo laboral.

Por otra parte la importancia de este proyecto reside en que los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica y la población en general tengan una base de referencia para realizar futuros estudios o avances a través de la información recopilada en la investigación.

Es por ello que se justifica este trabajo al ver necesaria la implementación de una bomba de vacío para la construcción de materiales compuestos y que así contribuya a la eficaz utilización del laboratorio de aeromodelismo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Establecer la factibilidad de la creación de nuevos prototipos de aeronaves a escala para la contribución en el aprendizaje teórico-práctico en la materia de materiales compuestos de la carrera de Mecánica Aeronáutica, mediante la integración una unidad de ayuda en los talleres de mecánica del ITSA.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las necesidades que tiene el laboratorio de materiales compuestos.
- Recopilar las fuentes bibliográficas que sustenten el desarrollo del tema de estudio.
- Realizar una investigación de campo dirigido al personal involucrado.
- Revisar y procesar los datos obtenidos en la investigación de campo para determinar su perspectiva.
- Analizar e interpretar los resultados
- Mencionar las conclusiones y formular las respectivas conclusiones.
- Establecer la denuncia del tema de investigación, de acuerdo a la factibilidad y los recursos, previo a la ejecución del proyecto de graduación.

1.5. Alcance y delimitación

1.5.1. Alcance

Con el siguiente estudio se pretende optimizar la enseñanza impartida a estudiantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico en el año 2012 en estructuras aeronáuticas, donde se perfeccionará los conocimientos académicos teóricos y prácticos en los estudiantes.

1.5.2. Delimitación

- **Campo:** Mecánica Aeronáutica
- **Aspecto:** Perfeccionamiento académico teórico-práctico

Problema: ¿Cómo integrar una unidad de ayuda en los talleres del ITSA, encaminado a la creación de nuevos prototipos de aeronaves a escala para la contribución en el aprendizaje teórico-práctico en la materia de materiales compuestos de la carrera de Mecánica Aeronáutica?

- **Espacial:** Taller de materiales compuestos del ITSA
- **Temporal:** La presente investigación dará inicio en el período del 30 de mayo a septiembre del presente año.
- **Unidades de observación:** Docentes, técnicos, directivos y alumnos del II nivel Mecánica Aeronáutica del ITSA.

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes

La historia de la aviación se inicia en la Edad Moderna, cuando Leonardo da Vinci estudió hacia 1500 los principios básicos del vuelo mediante la observación de las aves, y construyó varios ingenios que debían permitirle volar utilizando únicamente su propia fuerza muscular.¹⁶

Un avance significativo en los intentos de remontarse a los aires lo consiguieron en Francia los hermanos Montgolfier, quienes buscando una forma de elevarse en el aire observaron que el humo de las fogatas siempre ascendía, entonces dedujeron que si podían atrapar una gran cantidad de humo lograrían volar.

El 4 de junio de 1783 llevaron a cabo su primera demostración pública; hicieron subir una bolsa esférica de lino forrada de papel de 11 metros de diámetro, 800 m³ y un peso de unos 226 kilogramos llena de aire caliente.

Su vuelo recorrió 2 km, duró 10 minutos y alcanzó una altitud estimada entre 1600 y 2000 metros. Los siguientes ensayos enviaron los primeros seres vivos en una cesta enganchada al globo una oveja, un pato y un gallo, para investigar los efectos del aire en altura.¹⁷

Durante la década de 1890, los hermanos Wilbur y Orville Wright empezaron a interesarse por el mundo de la aviación, especialmente con la idea de fabricar y

¹⁶ [El autogiro de Juan de la Cierva](#) - lector.net

¹⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Hermanos_Montgolfier

hacer volar una aeronave más pesada que el aire, que pudiese despegar por medios propios. En esa época, ambos administraban una fábrica de bicicletas en Dayton, y comenzaron a leer y estudiar con gran interés, libros y documentos relacionados con la aviación.

Siguiendo el consejo de Lilienthal, en el año 1899 empezaron a fabricar planeadores. A finales de siglo, comenzaron a realizar sus primeros vuelos con éxito con sus prototipos, en Kitty Hawk, lugar elegido debido a que en esa zona podían encontrar vientos constantes, que soplaban también en una misma dirección, facilitando así los vuelos con planeadores. Además de eso, la zona disponía de un suelo plano, que hacía más fáciles los aterrizajes.¹⁸

El avión que fabricaron los hermanos Wright era un biplano al que denominaron Flyer, con el que utilizaron su primer túnel de viento. El piloto permanecía echado sobre el ala inferior del avión, mientras que el motor se situaba a la derecha de este, y hacía girar dos hélices localizadas entre las alas. La técnica del alabeo consistía en cuerdas atadas a las puntas de las alas, de las que el piloto podía tirar o soltar, permitiendo al avión girar a través del eje longitudinal y vertical, lo que permitía que el piloto tuviera el control del avión.

El Flyer fue el primer avión registrado en la historia de la aviación, dotado de maniobrabilidad longitudinal y vertical, excluyendo a los planeadores de Lilienthal, donde el control era realizado a través de la fuerza del propio tripulante.¹⁹

La aviación se había transformado en algo nuevo para el mundo y la humanidad, pero no fue sino hasta los inicios de la primera guerra mundial, cuando Reino Unido financió nuevos prototipos de aeronaves, transformándose en una carrera por dominio de los cielos, y buscando siempre mejorar las estructuras de las aeronaves hasta el día de hoy

¹⁸ A. Aguirre de Cárcera "[Doce segundos que cambiaron el mundo](#)"

¹⁹ "[The Wright brothers](#)" - www.answers.com.

El peso de las aeronaves en aviación es muy importante y crítico, además de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de las mismas, los materiales que actualmente presentan las mejores propiedades mecánicas y son de uso generalizado en la aviación de nuestro país son los metálicos.

El uso de materiales compuestos para su aplicación en la industria aeronáutica se ha expandido rápidamente en los últimos años. Sin embargo, prácticamente en todos sus aspectos, el uso de estos materiales involucra una tecnología distinta a la usada con los metales. Estos materiales son intrínsecamente diferentes, tanto en procesos de manufactura, diseño estructural y desempeño en servicio, particularmente considerando la causa y naturaleza del daño que pueden soportar.

A mediados del siglo XX surge el enrollamiento filamentario y la mayoría de los procesos que tenemos hoy en día. En los sesenta se comienzan a utilizar en Estados Unidos, fibras avanzadas:

carbono, boro y aramida en la aviación militares. En ese momento, existían dos campos de materiales compuestos claramente diferenciados:

El campo de la aeronáutica (elevadas prestaciones, costes muy altos y bajos consumos), donde se trabajaba fundamentalmente con carbono/epoxi y aramida/epoxi y se utilizaba casi exclusivamente el pre-impregnado y el curado en autoclave.

El campo de la gran difusión (prestaciones bajas, costes razonables y elevados consumos), con aplicaciones en el sector eléctrico, marina, transporte terrestre y construcción. Se utilizaba casi exclusivamente el vidrio/poliéster y como procesos el contacto a mano, la proyección simultánea, el enrollamiento continuo, la pultrusión y el SMC.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Bombas

Es un dispositivo empleado para elevar, transferir o comprimir líquidos y gases. En todas ellas se toman medidas para evitar la cavitación, que reduciría el flujo y dañaría la estructura de la bomba. Las bombas empleadas para gases y vapores suelen llamarse compresores. El estudio del movimiento de los fluidos se denomina dinámica de fluidos.²⁰

2.2.2. Tipos de bombas

2.2.2.1. Bombas alternativas

Las bombas alternativas están formadas por un pistón que oscila en un cilindro dotado de válvulas para regular el flujo de líquido hacia el cilindro y desde él. Estas bombas pueden ser de acción simple o de acción doble. En una bomba de acción simple el bombeo sólo se produce en un lado del pistón, como en una bomba impelente común, en la que el pistón se mueve arriba y abajo manualmente.

En una bomba de doble acción, el bombeo se produce en ambos lados del pistón, como por ejemplo en las bombas eléctricas o de vapor para alimentación de calderas, empleadas para enviar agua a alta presión a una caldera de vapor de agua. Estas bombas pueden tener una o varias etapas.²¹

2.2.2.2. Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas, también denominadas rotativas, tienen un rotor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del

²⁰ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

²¹ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

eje del rotor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El rotor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor. En bombas de alta presión pueden emplearse varios rotores en serie, y los difusores posteriores a cada rotor pueden contener aletas de guía para reducir poco a poco la velocidad del líquido.

En las bombas de baja presión, el difusor suele ser un canal en espiral cuya superficie transversal aumenta de forma gradual para reducir la velocidad. El rotor debe ser cebado antes de empezar a funcionar, es decir, debe estar rodeado de líquido cuando se arranca la bomba. Esto puede lograrse colocando una válvula de retención en el conducto de succión, que mantiene el líquido en la bomba cuando el rotor no gira. Si esta válvula pierde, puede ser necesario cebar la bomba introduciendo líquido desde una fuente externa, como el depósito de salida. Por lo general, las bombas centrífugas tienen una válvula en el conducto de salida para controlar el flujo y la presión.

En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor es en gran medida radial. En flujos más elevados y presiones de salida menores, la dirección de flujo en el interior de la bomba es más paralela al eje del rotor (flujo axial). En ese caso, el rotor actúa como una hélice. La transición de un tipo de condiciones a otro es gradual, y cuando las condiciones son intermedias se habla de flujo mixto.²²

2.2.2.3. Bombas de chorro

Las bombas de chorro utilizan una corriente relativamente pequeña de líquido o vapor, de gran velocidad, para ocasionar un flujo mayor en otro fluido. Cuando la corriente de alta velocidad pasa a través del fluido, extrae parte del fluido de la bomba; por otra parte, crea un vacío que absorbe líquido hacia la bomba. Las bombas de chorro se emplean a menudo para inyectar agua en calderas de

²² "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

vapor. También se han utilizado bombas de chorro para propulsar barcos, sobre todo en aguas poco profundas donde una hélice convencional podría dañarse.²³

2.2.2.4. Bomba de flujo axial

Son turbomáquinas que permiten la transferencia de energía mecánica del rotor líquido mientras éste pasa a través de los alabes en dirección axial. El impulsor tiene la forma de hélice de 2 a 6 aspas, por lo que estas bombas se llaman también de hélice, muchas de estas bombas son usadas como bombas de vacío. (ver anexo No.1)

2.2.3. El vacío y sus aplicaciones

2.2.3.1. Concepto de vacío

Es la ausencia total de materia en los elementos en un determinado espacio o lugar, o la falta de contenido en el interior de un recipiente, se denomina también vacío a la condición de una región donde la densidad de partículas es muy baja.

2.2.3.2. Medición del vacío y de bajas presiones

Un metro cúbico (m³) de aire contiene aproximadamente 2×10^{25} moléculas en movimiento, a una velocidad promedio de 1600 km/h. Una manera de medir la presión atmosférica es con un barómetro de mercurio; su valor se expresa en términos de la altura de la columna de mercurio de sección transversal unitaria y 760 mm de alto. Con base en esto, decimos que una atmósfera estándar es igual a 760 mm Hg.

Asimismo para medir bajas presiones, solo basta con medir el voltaje de un filamento, dado que la resistencia eléctrica de dicho filamento depende de la temperatura, y la temperatura depende de la cantidad de moléculas que existan a

²³ "Bomba (máquina)." Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.

su alrededor, por lo tanto a mayor cantidad de moléculas, mayor temperatura, Como la resistencia depende de la temperatura nos basta medirla para saber el nivel de vacío que hay. Para medir la resistencia nos basta medir el voltaje aplicado y la intensidad resultante.

2.2.3.3. Moldeado por vacío

Esta técnica consiste en crear presión sobre un laminado durante su ciclo de curado. La presurización del laminado cumple varias funciones, primero, remueve el aire atrapado entre las capas, segundo, compacta las capas de refuerzo por transición de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes, tercero, evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado, cuarto, reduce la humedad, quinto, la técnica de vacío optimiza las relaciones esfuerzo-matriz en los componentes de materiales compuestos.

La técnica de moldeo por vacío permite obtener materiales compuestos con mejores propiedades físicas y mayor calidad de estratificado que métodos antiguos. Así los porcentajes de refuerzo-matriz obtenidos son más elevados que los obtenidos mediante métodos de moldeo manual.

Las tasas de porosidad son notablemente reducidas, no obstante la técnica requiere un profundo conocimiento de la misma, ya que un vacío excesivamente elevado sin controles adecuados podría originar fallos de falta de impregnación o también zonas secas en donde el material compuesto no quedará totalmente adherido.

2.2.4. Materiales compuestos

Los materiales compuestos son combinaciones macroscópicas de dos o más materiales diferentes que poseen una inter-fase discreta y reconocible que los separa.

Un material compuesto puede presentar propiedades mecánicas y físicas especiales, ya que combina las mejores propiedades de sus componentes y

suprime sus defectos, suelen elaborarse con fibras sintéticas integradas en una matriz, material que las rodea y las fija.²⁴

2.2.4.1. Clasificación de los materiales compuestos

d) Materiales compuestos reforzados con partículas

Están compuestos por partículas de un material duro y frágil dispersas discretamente y uniformemente, rodeadas por una matriz más blanda y dúctil.

Sus principales propiedades son:

- La fase es generalmente un óxido duro y estable.
- El agente debe tener propiedades físicas óptimas.
- No deben reaccionar químicamente el agente y la fase.
- Deben unirse correctamente los materiales.

e) Materiales compuestos reforzados con fibras

Un componente suele ser un agente reforzante como una fibra fuerte, que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que otro componente que suele ser una resina como epoxy o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión.

f) Materiales compuestos estructurales

Están formados por materiales sencillos y sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño. Los más abundantes son los laminares y los llamados paneles sándwich (honeycomb).

²⁴ Lecturas complementarias – Materiales compuestos, Santiago Poveda Martínez

2.2.5. Materiales compuestos más usados en aviación

Los materiales compuestos usados para estructuras aeronáuticas pertenecen a la clase conocidas como “fibras compuestas” comprendidas de fibras continuas unidas en una matriz de resina o plástico. Aquí, las fibras proveen al compuesto de las propiedades estructurales, mientras que la matriz sirve principalmente para enlazar las fibras dentro de una entidad estructural, siendo la principal razón, su mayor relación esfuerzo/peso y dureza/peso, comparada con los materiales convencionales de construcción aeronáutica como son las aleaciones de aluminio. Las disminuciones de peso de alrededor del 25% son consideradas para aprovechar el uso de materiales compuestos en lugar de metales, dando esta factibilidad a los siguientes materiales:²⁵

3) Plásticos con refuerzos de fibra

c) Fibra de vidrio

Son las fibras más comúnmente utilizadas, en principio porque su costo es menor a las de carbono o aramídicas. Las matrices más comunes son las resinas de poliéster. Tienen una densidad y propiedades a la tracción comparable a las fibras de carbono y aramida pero menor resistencia y módulo de tensión, aunque pueden sufrir mayor elongación sin romperse. Las aplicaciones más comunes son:

- carrocerías de automóviles aviones y barcos,
- recipientes de almacenaje,
- principalmente la industria del transporte en general.

²⁵ Lecturas complementarias – Materiales compuestos, Santiago Poveda Martínez

d) Fibra de carbono

Es la más utilizada para los composites de altas prestaciones, Las fibras de baja gama son preparadas a partir de brea. Las mejores son producidas, actualmente, a partir de fibras orgánicas de poliacrilonitrilo (PAN). La fibra de carbono consiste en láminas de átomos de carbono arreglados en un patrón regular hexagonal.

Los filamentos de fibra de carbono tienen un diámetro que oscila entre 5 y 8 mm y están combinados en mechas que contienen entre 5000 y 12000 filamentos. Estas mechas pueden retorcerse en hilos y formar tejidos.

Este tipo de fibras poseen excelentes propiedades mecánicas, un buen comportamiento en atmósferas no oxidantes, una buena conductividad térmica y eléctrica, propiedades de dilatación térmica totalmente nulas.

4) Estructuras tipo Honeycomb

Son estructuras formadas por la adhesión de dos caras, pieles o revestimientos relativamente delgados a un núcleo central espeso y de baja densidad, entre las pieles y el núcleo puede o no existir, dependiendo del proceso de fabricación, sendas capas de adhesivo, en forma de película.

La morfología del núcleo (normalmente hexagonal) se define con los siguientes parámetros:

- el tamaño de la celdilla (diámetro del círculo inscrito en el hexágono).
- el espesor de la lámina.
- la altura del núcleo
- la densidad en kg/m^3
- la dirección longitudinal, paralela a la línea de nodos (zona de adhesión)

2.2.5.1. Las matrices

Las matrices unen las fibras de refuerzo, reparte los esfuerzos, da la forma deseada y aporta el comportamiento química de la estructura (donde el esqueleto es el refuerzo). Se utilizan sobre todo resinas Termoestables pero también, cada vez más, polímeros Termoplásticos.²⁶

Existen varios tipos de matrices para materiales compuestos:

c) Matrices termoplásticas

El refuerzo le confiere una mejor resistencia mecánica, una buena estabilidad dimensional y un buen comportamiento al aumento de la temperatura, son utilizados un sin número de matrices termoplásticas de resistencia de 200 a 250° C como son:

- ✓ Poliamida – imida (PAI)
- ✓ Polieter- imida (PEI)
- ✓ Polieter sulfon (PES)
- ✓ Polieter éter cetona (PEEK)

d) Matrices termoestables

Demasiados parámetros son considerados en la elección de estas resinas:

La viscosidad que caracteriza a la aptitud al mojado del refuerzo.

El tiempo de vida en el envase: tiempo que separa el principio de la mezcla con el catalizador y acelerador y la viscosidad máxima permitida para moldear el refuerzo.

²⁶ Materiales y materias primas – Franco Stupenengo

La duración de polimerización que se inicia con la puesta en contacto de la mezcla y que puede ser activada por calentamiento.

- ✓ El alargamiento de la ruptura en tracción de la resina polimerizada que debe ser superior a la del refuerzo.
- ✓ El punto de transición vítreo: temperatura en la que la resina pierde sus propiedades mecánicas.

2.2.5.1.1. Funciones principales de las matriz

Al someter al material compuesto a diferentes tipos de cargas mecánicas la matriz juega diferentes roles:

- a) Bajo cargas compresivas: es la matriz la que soporta el esfuerzo, ya que se trata de la fase continua.
- b) En tracción: la matriz transfiere la carga aplicada sobre la pieza a cada una de las fibras o partículas, de manera que éstas sean las que soporten el esfuerzo.

Para ello es necesaria una excelente adhesión entre la matriz y el refuerzo.

3. Plan de investigación

3.1. Modalidad de investigación

3.1.1. Bibliografía o documental

En el presente anteproyecto la búsqueda de información será un proceso fundamental, ya que dicha información permite garantizar y sustentar la elaboración del mismo. La investigación bibliográfica o documental se la debe realizar en libros, entrevistas, bibliotecas, internet, entre otros.

3.1.2. De campo

La investigación de campo se la debe realizar en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, donde el investigador recolecta información necesaria para la integración de una unidad de ayuda y se realizará una observación directa como la encuesta, entrevista, fichas de observación, el cuestionario, entre otros.

3.2. Tipos de investigación

3.2.1. No experimental

La técnica de investigación permitirá conocer de mejor manera las diferentes estructuras utilizadas en aviación. Esta investigación ayudará a obtener los requisitos necesarios para la integración de una unidad con el fin de adquirir los resultados precisos y conocer la factibilidad de realizar este proyecto.

3.3. Niveles de investigación

3.3.1. Exploratorio

Este tipo de investigación permitirá realizar una investigación profunda, donde el objetivo será recopilar la suficiente información tanto de la variable dependiente como la independiente en libros, internet, entre otros. Dicha información adquirida sustentará la realización del anteproyecto.

3.3.2. Descriptiva

La investigación descriptiva en un nivel de investigación permitirá describir los datos obtenidos en la aplicación de encuestas o entrevistas, donde estas permiten llegar a conocer las situaciones del problema y su respectiva solución.

3.4. Universo, población y muestra

3.4.1. Universo

Se tomará como universo todo el personal del ITSA, tanto como personal de administración, docentes, autoridades, estudiantes, etc. Ya que en este lugar se centrará toda la información necesaria para la elaboración del anteproyecto.

3.4.2. Población

Se elegirá una parte del universo, quienes son parte en la elaboración del anteproyecto como docentes, alumnos, técnicos y directivos; quienes serán evaluados para la obtención de datos.

3.4.3. Muestra

Uno de los requisitos de la investigación es determinar el número exacto de docentes, alumnos, técnicos y directivos, quienes van a ser parte en la elaboración del anteproyecto mediante la resolución del presente cuestionario, él que permitirá conocer los puntos.

Para la muestra se necesitan una formula técnica y datos adecuados para obtenerla:

$$n = \frac{PQ * N}{(N - 1)E^2 / K^2 + PQ}$$

3.5. Recolección de datos

La recolección de datos es un procedimiento muy importante ya que dentro de este el investigador utilizara 2 técnicas como son la encuesta y la entrevista dirigida hacia alumnos, docentes, técnicos y directivos. De esta manera se conocerá lo que la gente opina del tema a tratarse.

3.5.1. Técnica bibliográfica

Permite hallar la información necesaria para sustentar la investigación, se la puede realizar en libros de aviación, internet, manuales, revistas entre otros.

3.5.2. Técnica de campo

Este tipo investigación permite al investigador recoger información a través de un estudio minucioso aplicando técnicas de recolección de datos. Como son:

- ✓ **Observación:** este medio, permite al investigador tener una idea clara y precisa del tema a tratarse en la presente investigación.

- ✓ **Encuesta:** este medio utiliza una serie de preguntas con diferentes opciones donde el encuestado tiene que seguir las indicaciones para cumplir con lo deseado y está dirigida a alumnos de mecánica aeronáutica de todo el instituto.

- ✓ **Entrevista:** este medio permite conocer al investigador el nivel de conocimiento que posee el entrevistado y así llegar a recolectar datos.

3.6. Procesamiento de la información

Al obtener todos los datos recibidos de cada una de las encuestas y de las entrevistas realizadas respectivamente, se procederá a determinar los orígenes del problema a investigar, tomando en cuenta diferentes aspectos:

- ✓ Procesamiento de cada una de las preguntas del cuestionario.

- ✓ Interpretación de datos.

A través de tablas estadísticas y gráficos que se podrán obtener con mayor facilidad con los software actuales como Microsoft Excel. Para presentar la información obtenida, proveniente de las encuestas de campo y las entrevistas a docentes y técnicos de la carrera.

3.7. Análisis e interpretación de datos

Para el análisis e interpretación de datos vamos a utilizar diferentes técnicas como tablas de resultados de las encuestas y entrevistas en las que utilizaremos todo tipo de graficas estadísticas como pasteles, barras, xy y las opciones a elegir en forma porcentual, para obtener una idea clara de que es lo que requiere el estudiante como medio de enseñanza y en la implementación de nuestro proyecto.

3.8. Conclusiones y recomendaciones

Con el análisis e interpretación de cada pregunta se puede llegar a una conclusión en donde el encuestador llega a conocer las opiniones que posee cada entrevistado. Además las respuestas de los encuestados ayudará a ver el panorama de factibilidad del anteproyecto. Las recomendaciones contribuyen a la elaboración y apoyo de la ejecución del presente proyecto.

4. Ejecución del plan de investigación

4.1. Modalidad Básica de la Investigación

4.1.1. Bibliografía o documental

En la investigación se recolectó información a través de diferentes fuentes incluyendo investigaciones de campo para corroborar con las diferentes etapas de la integración de la unidad de ayuda, esto se consiguió en fuentes bibliográficas, páginas web, libros.

4.1.2. De Campo

Dentro de la investigación del anteproyecto, debido a la necesidad de recolección real de información, se utilizo además técnicas como la encuesta, entrevista, observación con sus respectivos instrumentos, el cuestionario, ficha de entrevista

y ficha de observación. Los cuáles serán utilizados para la solución de problemas futuros.

4.2. Tipos De Investigación

4.2.1. No Experimental

Se utilizo esta técnica con el fin de averiguar el interés y conocimientos acerca del tema a través de una serie de análisis, observaciones y comparaciones los cuales nos ayudaran a determinar la limitación del problema y las posibles soluciones que puede tener el mismo y una vez realizadas estas tareas necesarias, para establecer la posibilidad de la implementación de una bomba de vacío para materiales compuestos.

4.3. Niveles de Investigación

4.3.1. Exploratorio

Este tipo de investigación permitió realizar una investigación profunda, donde se encontró suficiente información tanto de la variable dependiente como la independiente en libros, internet, entre otros. Dicha información adquirida sustenta la realización del anteproyecto.

4.3.2. Descriptiva

Este tipo de investigación se nos ha permitido facilitar la recolección, evaluación y análisis de los datos que se obtendrán por medio de las fuentes de información para encontrar las alternativas de solución.

4.4. Universo, población y muestra

4.4.1. Universo

Se tomó como universo todo el personal del ITSA, tanto como personal de administración, docentes, autoridades, estudiantes, etc. Ya que en este lugar se centró toda la información necesaria para la elaboración del anteproyecto.

4.4.2. Población

La población para el respectivo estudio fue de 63 personas de observación en la carrera de mecánica aeronáutica conformado por 2 docentes, 57 alumnos de II nivel, 2 técnicos y 2 directivos, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4.1 Tabla segmentación de la población

SEGMENTO	NUMERO	PORCENTAJE
Alumnos	57	90,47%
Docentes	2	3,176%
Técnicos	2	3,176%
Directivos	2	3,176%
TOTAL	63	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

4.4.3. Muestra

El tamaño de la muestra para el estudio es de 55 unidades de observación, conformado por: 2 docentes, 49 alumnos de II nivel, 2 técnicos, 2 directivos.

Para el desarrollo de este proyecto por tratarse de una población pequeña inferior a 100 personas no es necesario determinar la muestra; sin embargo con fines

administrativos de que el autor de este trabajo conoce el cálculo se realiza la siguiente ecuación matemática:

$$n = \frac{PQ * N}{(N - 1)E^2/K^2 + PQ}$$

Tabla 4.2 Tabla símbolos y significados

n	Tamaño de la muestra
PQ	Constante v/pob
N	Tamaño de la población
E	Error máximo 5%
K	Constante de corrección de e

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

Tabla 4.3 Cálculo del tamaño de la muestra

N	TAMAÑO DE LA MUESTRA	55
PQ	Constante de la v/pob	0,25
N	Tamaño de la población	63
N-1		62
E	Error máximo 5%	0,05
E ²		0,0025
K	Constante de corrección de e	2
K ²		4
PQ*N		15,75
(N-1)*E ² +PQ		0,036

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

Tabla 4.4 Tabla segmentación de la muestra

SEGMENTO	NUMERO	PORCENTAJE
Alumnos	49	90,47%
Docentes	2	3,176%
Técnicos	2	3,176%
Directivos	2	3,176%
TOTAL	55	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

4.5. Recopilación de la información

La recopilación de datos se lo realizó mediante encuestas, entrevistas, observación y búsqueda de información en manuales, libros e internet. Esto se realizó a los alumnos de la carrera de mecánica, docentes, directivos y técnicos del instituto tecnológico superior aeronáutico.

4.6. Procesamiento de la información

Después de la recopilación de datos se procedió a usar programas de software como es Microsoft Word y Microsoft Excel donde mediante la aplicación de tablas y gráficos estadísticos se procesó la información obtenida.

4.7. Análisis e interpretación de resultados

4.7.1. Observación

Al realizar una observación del laboratorio de aeromodelismo del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, se llegó a conocer que falta la implementación de tecnologías capaces de llevar al instituto al punto de crear sus propias estructuras de materiales compuestos.

4.7.2. Encuesta

Las encuestas se realizaron a, 49 alumnos de II nivel de la carrera de mecánica Aeronáutica del ITSA (ver tabla 4.4, Tabla de segmentación de la muestra), quienes contestaron 7 preguntas con diferentes tipos de escalas. (Ver anexo No. 2)

4.7.2.1. Pregunta 1

Encierre en un círculo la respuesta que crea conveniente. ¿Cree usted que la integración de una unidad de apoyo en el taller de aeromodelismo, ayudará con la creación de nuevos prototipos de aeronaves a escala para la contribución en el aprendizaje teórico-práctico en la materia de materiales compuestos?

Tabla 4.5 Resultados pregunta 1

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	52	95%
No	3	5%
Total	55	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

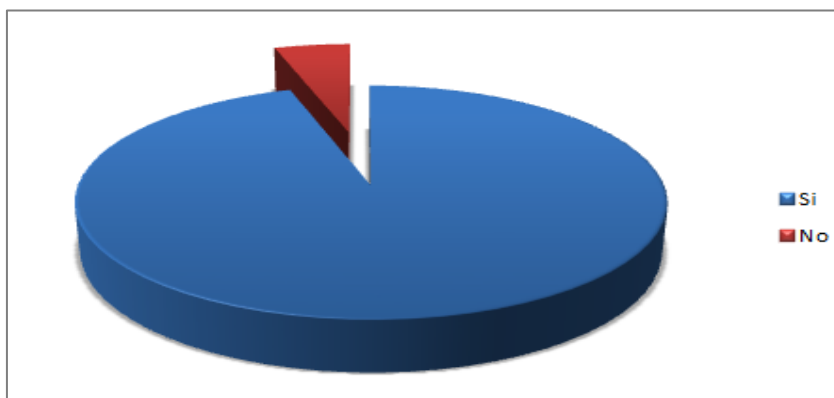


Gráfico 4.1 Pregunta 1

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

➤ **Análisis**

En la primera pregunta un porcentaje del 95% dijo que si, y el restante optó por el no como respuesta.

➤ **Interpretación**

Se obtiene la clara deducción de que la mayoría de los encuestados creen que con la integración de una unidad de ayuda, se podrá mejorar el aprendizaje.

4.7.2.2. Pregunta 2

¿En qué materias cree usted que ayudará la implementación de una unidad de apoyo para materiales compuestos?

Tabla 4.6 Resultados pregunta 2

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Aerodinámica	499	21.6%
Materiales Compuestos	4108	67%
Operaciones en tierra	198	3.8%
Aeronaves en general	395	7.6%
TOTAL	5200	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

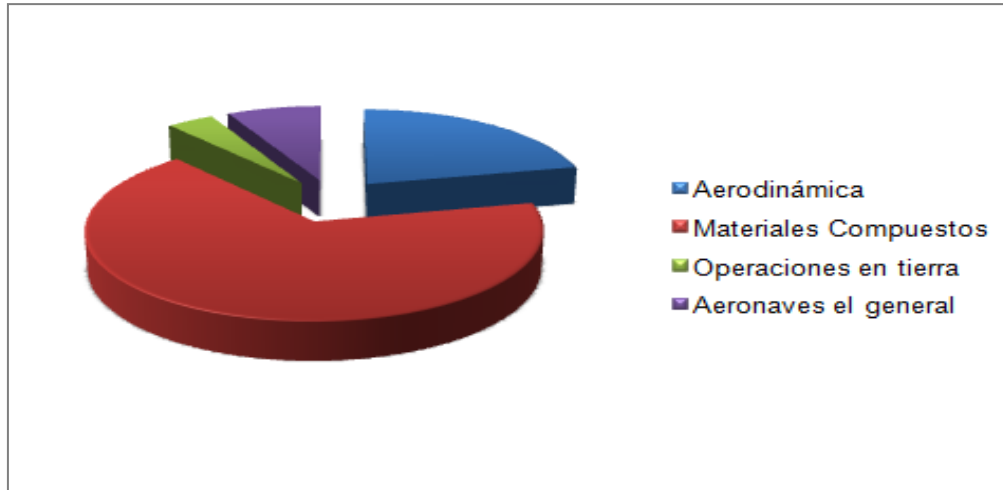


Gráfico 4.2 Pregunta 2

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

➤ **Análisis**

Con los resultados obtenidos podemos ver que los estudiantes creen que la integración de una unidad de apoyo para materiales compuestos servirá principalmente para la cátedra de materiales compuestos en aviación de modo que, en el porcentaje restante se incluyen las materias de aerodinámica con un 21.6%, aeronaves en general con un 7.6% y 3.8% con operaciones en tierra.

➤ **Interpretación**

Efectivamente se observa que el 79% de los encuestados entiende el nivel de importancia que significa integrar una unidad de ayuda en el taller de aeromodelismo para un estudio eficiente acerca de materiales compuestos en aviación.

4.7.2.3. Pregunta 3

Encierre en un círculo una de las alternativas. Los materiales compuestos son usados en aviación para:

Tabla 4.6 Resultados pregunta 3

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Aligerar	6	11.6%
Reforzar	5	9.6%
Modificar	39	75%
Ninguna	2	3.8%
TOTAL	52	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

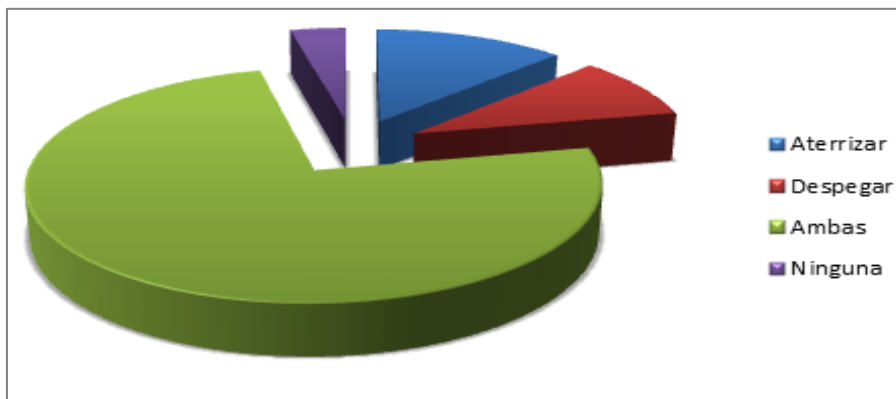


Gráfico 4.3 Preguntar 3

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

➤ **Análisis**

El 75% opina que los materiales compuestos son usados solo para modificar la estructura de una aeronave.

➤ **Interpretación**

Se entiende el nivel de conocimiento que poseen actualmente los alumnos y que realmente se necesita pulir sus conocimientos.

4.7.2.3. Pregunta 4

Asigne un valor de 1 a 3, siendo 1 la de mayor prioridad, según su criterio a cada opción para determinar a qué tipo de aeronaves se debe priorizar en el estudio de estructuras de materiales compuestos.

Tabla 4.6 Resultados pregunta 4

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Aviones de baja potencia	30	14.5%
Aviones de combate	35	16.4%
Aviones comerciales	128	61.9%
Aviones ultraligeros	15	7.2%
TOTAL	208	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

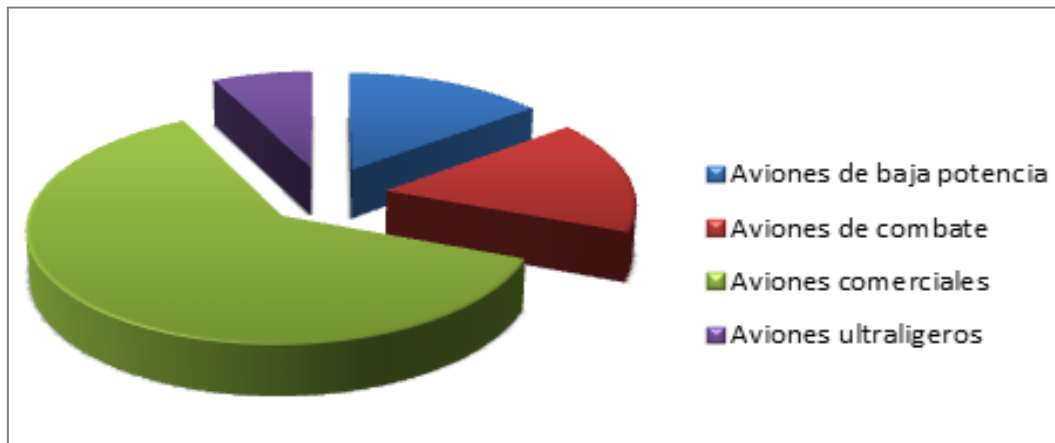


Gráfico 4.4 pregunta 4

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

➤ Análisis

El 69% de los encuestados piensa que los materiales compuestos son solo usados en aviación mayor.

➤ Interpretación

Se puede apreciar que la mayoría de los encuestados no entiende a ciencia cierta los verdaderos motivos para los que son usados los materiales compuestos en aviación.

4.7.2.5. Pregunta 5

Señale el intervalo porcentual que piensa usted es el correcto. Los materiales compuestos en aviación son factibles en:

Tabla 4.7 Resultados pregunta 5

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Solo el 25%	0	0%
Entre 25% y 50%	3	5.7%
Entre 50% y 75%	35	67.4%
Entre 75% y 100%	12	23%
El 100%	2	3.9%
TOTAL	52	100%

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

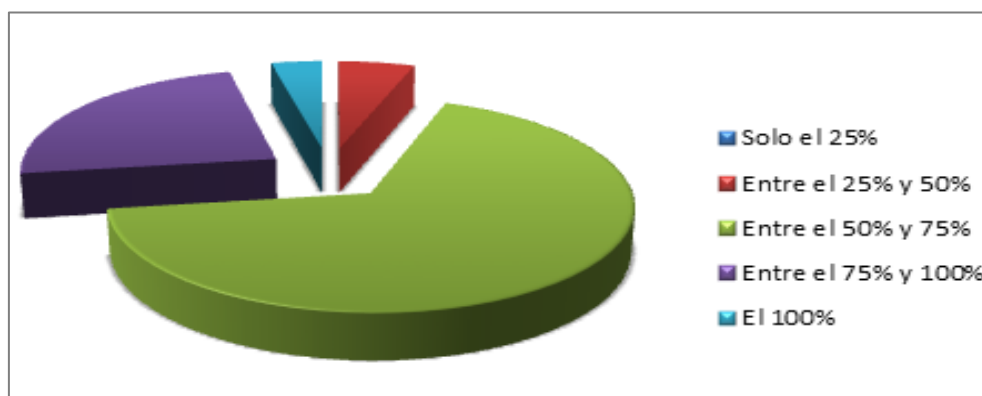


Gráfico 4.5 Pregunta 5

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

➤ **Análisis**

El 67.4% cree que los materiales compuestos son usados en aviación con una mínima importancia.

➤ **Interpretación**

La mayoría de los encuestados ignora que la aviación está constantemente evolucionando, por ende se debería poner mayor énfasis en el estudio de materiales compuestos y sus formas de moldeo para instruir a nuestros futuros técnicos de aviación.

4.7.3. Entrevista

La entrevista está dirigida a técnicos en aviación y directivos del ITSA, quienes resolvieron un banco de preguntas de una manera responsable y sincera. (Ver Anexo No. 3).

4.7.3.1. Análisis de la entrevista

Mediante la aplicación de la entrevista se pudo conocer el criterio de personas profesionales en aviación, quienes dieron sus ideas, opiniones, explicaciones sobre el tema a tratarse en la entrevista.

Al igual que los estudiantes, los directivos del ITSA y los técnicos en aviación creen que la implementación de una bomba de vacío para materiales compuestos, permitirá el perfeccionamiento académico en los estudiantes de mecánica aeronáutica y que este puede ser aplicado en varias ramas de la aviación, en especial en estructuras.

4.8. Conclusiones y recomendaciones

4.8.1. Conclusiones

- ✓ Es de suma importancia adquirir información suficiente acerca del tipo de bombas existentes, para formar a nuestros alumnos tanto en lo teórico como en lo práctico.
- ✓ La cámara de vacío que se proporcionará, ayudará también a la creación de partes para ser utilizadas en la parte estructural del instituto.
- ✓ El alumnado se verá previsto de una oportunidad para ampliar sus conocimientos.
- ✓ El presente proyecto podrá ser presentado en evaluaciones de la DGAC, como una implementación de maquinaria moderna.
- ✓ La implementación de la unidad de ayuda al taller de materiales compuestos y proporcionará el perfeccionamiento académico en los alumnos de mecánica aeronáutica.

4.8.2. Recomendaciones

- ✓ Tener un desenvolvimiento adecuado y acorde a los resultados que se desean obtener.
- ✓ Numerar las encuestas con el objetivo de que si existe algún error de tabulación, se puede encontrar rápidamente.
- ✓ Cuando se vaya encuestar la interpretación y el análisis de los resultados es de suma importancia.

- ✓ Antes de tabular y usar gráficos estadísticos es muy importante revisar las veces necesarias para tener datos reales y concisos.

- ✓ Al realizar las encuestas y entrevistas a los alumnos, directivos, técnicos en aviación, entre otros; se debe ser respetuoso y educado para evitar futuros problemas.

5. Marco administrativo

5.1. Factibilidad

5.1.1. Técnica

La presente investigación es factible desde el punto de vista técnico ya que cumple con los parámetros necesarios, posee gran información secundaria la que respalda a la elaboración del mismo, cuenta con profesores capacitados y con un alto nivel de experiencia y además por las competencias adquiridas en los estudiantes tanto por sus conocimientos teóricos como en los prácticos.

5.1.2. Operacional

El trabajo de investigación es posible realizarlo ya que cuenta con personal técnico en aviación con experiencia técnica, quien puede brindar ayuda necesaria para sustentar la elaboración de la investigación, además existe una infraestructura adecuada para la elaboración del mismo como para su propio estudio.

5.1.3. Legal

La investigación cumple con normas y leyes de la educación superior de la República del Ecuador, regulaciones de la Dirección General de Aviación Civil y reglamento interno del ITSA. Lo que hace factible en su elaboración por la parte legal.

5.1.4. Economía

Para la elaboración del presente proyecto se debe contar con recursos económicos respectivos ya que el investigador debe adquirir materiales para su ejecución, y donación al instituto. El proyecto es factible en su elaboración ya que el presupuesto se encuentra entre los rangos adecuados.

5.2. Talento humano

Las personas que intervinieron o colaboraron en la ejecución del proyecto fueron:

- Autor del proyecto (Marvin Milton Morales Mustafá)
- Docentes en materias técnicas de aviación
- Autoridades
- Alumnos de Mecánica aeronáutica del Instituto

5.3. Recursos

5.3.1. Institucionales

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico proporciona todo lo necesario para la elaboración y ejecución del presente proyecto de investigación.

5.3.2. Físicos

El instituto posee varios bienes que permiten la elaboración y estudio del proyecto como son:

- ✓ Avión escuela
- ✓ Talleres de mecánica e hidráulica
- ✓ Laboratorios
- ✓ Aulas

5.3.3. Económicos

Al realizar la integración de la unidad de apoyo para los talleres de mecánica, se debe tomar en cuenta las siguientes tablas de muestras de gastos económicos.

Tabla 5.1 Gastos

Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Bomba de vacío	1	\$312,86	\$312,86
Tubos y mangueras	1	\$8,00	\$8,00
Polietileno	1	\$26,00	\$26,00
Plancha de hierro	1	\$110,00	\$110,00
Madera contrachapada	1	\$12,40	\$12,40
Conectores	6	\$36,80	\$73.60
Ensamblaje	1	\$234,00	\$234,00
Pintura	1	\$30,00	\$30,00
Vidrio	1	\$16,00	\$16,00
Aislante	1	\$9,34	\$9.34
Total			\$832,20

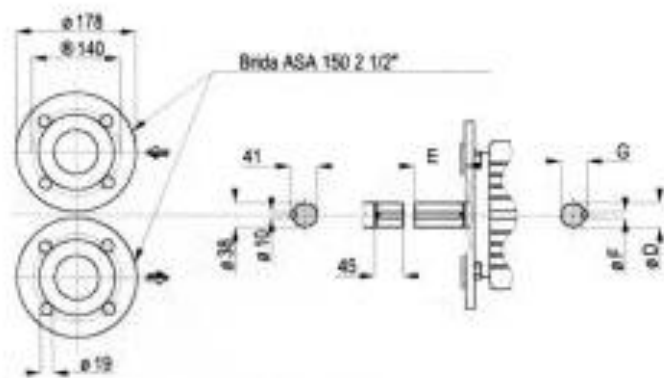
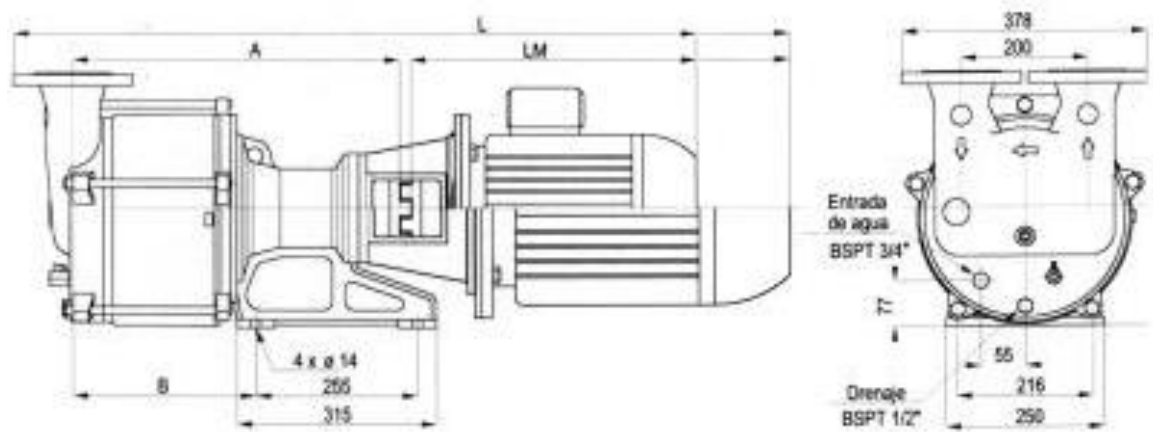
Fuente: Contabilidad y finanzas

Elaborado por: Marvin Milton Morales Mustafá

5.4. Denuncia del tema

IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE VACÍO PARA REALIZAR PROCESOS CON MATERIALES COMPUESTOS PARA LOS TALLERES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

**ANEXO A1:
ESQUEMA DE BOMBA DE
VACÍO**



ANEXO A2: ENCUESTA

No. Fecha:.....

Encuesta dirigida a: docentes, técnicos y estudiantes de cuarto a sexto nivel del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico Mecánica Aeronáutica mención motores.

Objetivo: esta encuesta está relacionada en conocer la factibilidad de construir un prototipo a escala en caminado a la optimización del perfeccionamiento académico en controles de vuelo en los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores y aviones del ITSA.

Preguntas:

1. Encierre en un círculo la respuesta que crea conveniente. ¿Cree usted que la integración de una unidad de apoyo en el taller de aeromodelismo, ayudará con la creación de nuevos prototipos de aeronaves a escala para la contribución en el aprendizaje teórico-práctico en la materia de materiales compuestos?

SI

NO

Si su respuesta es afirmativa, por favor continúe con las siguientes preguntas.

2. Coloque un porcentaje de acuerdo a la importancia de cada literal de manera que entre los cuatro sumen 100%. ¿En qué materias cree usted que ayudará la implementación de una unidad de apoyo para materiales compuestos?

- Aerodinámica
- Aeronaves en general
- Operaciones en tierra
- Materiales compuestos

3. Encierre en un círculo una de las alternativas. Los materiales compuestos son usados en aviación para:

ALIGERAR REFORZAR MODIFICAR NINGUNA

4. Asigne un valor de 1 a 3, siendo 1 la de mayor prioridad, según su criterio a cada opción para determinar a qué tipo de aeronaves se debe priorizar en el estudio de estructuras de materiales compuestos.

- a) Aviones de baja potencia
- b) Aviones de combate
- c) Aviones comerciales
- d) Aviones ultraligeros

5. Señale el intervalo porcentual que piensa usted es el correcto. Los materiales compuestos en aviación son factibles en:

- a) Solo el 25%
- b) Entre 25% y 50%
- c) Entre 50% y 75%
- d) Entre 75% y 100%
- e) El 100%

6. Describa con sus propias palabras lo que significa materiales compuestos en aviación.

.....
.....
.....

Observaciones:

.....
.....
.....

ANEXO A3: CUESTIONARIO

Cédula de entrevista

Entrevista No.....

Fecha:

Entrevista dirigida a: DIRECTIVOS Y PERSONAL ADMINISTRATIVO

Preguntas:

1. ¿Cree usted que la integración de una unidad de ayuda en el laboratorio de aeromodelismo, servirá para crear nuevos prototipos de aeronaves para el instituto?

Por qué?

.....
.....
.....

3. ¿En qué materias cree usted que puede ser aplicado el estudio de materiales compuestos de aviación?

Por qué?

.....
.....
.....

4. Para ud. Cuáles son las razones por las que el Instituto se encuentre retrasado en creación de tecnologías UAV's?

Por qué?

.....
.....
.....

5. ¿Cree usted que factores tales como la eficiencia, la calidad y la tecnología son importantes para mejorar la productividad?

Por qué?

.....
.....
.....

6. ¿Piensa usted que la integración de una unidad para la creación de estructuras a base de materiales compuestos es necesaria para incentivar a los alumnos a iniciarse en el campo de comercial de aeromodelismo?

Por qué?

.....
.....
.....

Observaciones:

.....
.....
.....
.....

Nombre del entrevistador:

Datos socio-demográficos del entrevistado:

Edad **Estado civil** **Nivel de educación**

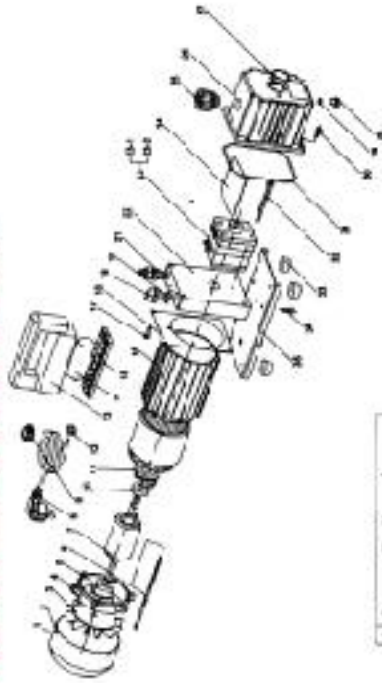
ANEXO B:
MANUAL DE LA BOMBA DE
VACÍO

must be even with the OIL LEVEL line on the sight glass when the pump is running. Do not overfill---operating temperatures will cause the oil to expand, so it will appear at a higher level than when the pump is returning. To check the oil level, start the pump with the inlet capped. Check the oil level in lbs (oz), glass. Add oil if necessary.

V. Technical Parameters / parámetros técnicos

Model / Modelo	QVP-300	QVP-500	QVP-800
Type / Tipo	Bomba de vacío de dos etapas		
Frequency / Frecuencia	60 Hz		
Free Air Displacement (Volumen de aire libre)	85 CFM	138 CFM	198 CFM
Ultimate Vacuum / Vacío máximo	0.3 mmHg	0.3 mmHg	0.3 mmHg
Motor	1/2HP	1/2HP	3/4HP
Weight / Peso / Peso neto / Peso bruto	1.4 lbs / 0.63 kg	1.4 lbs / 0.63 kg	1.4 lbs / 0.63 kg
Dimensions / Dimensiones / Dimensiones (L x A x P)	9.0 x 11.4 x 16.5	9.0 x 11.4 x 16.5	9.0 x 11.4 x 16.5

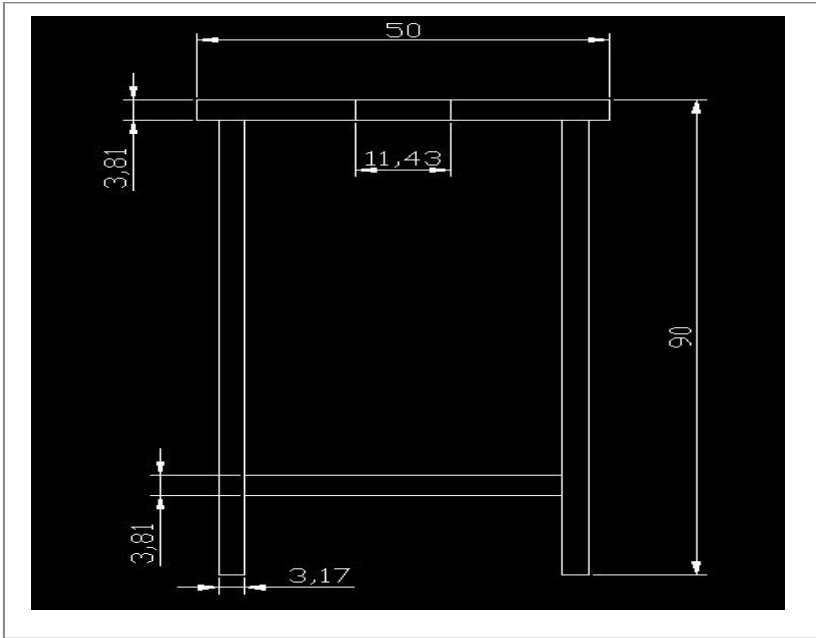
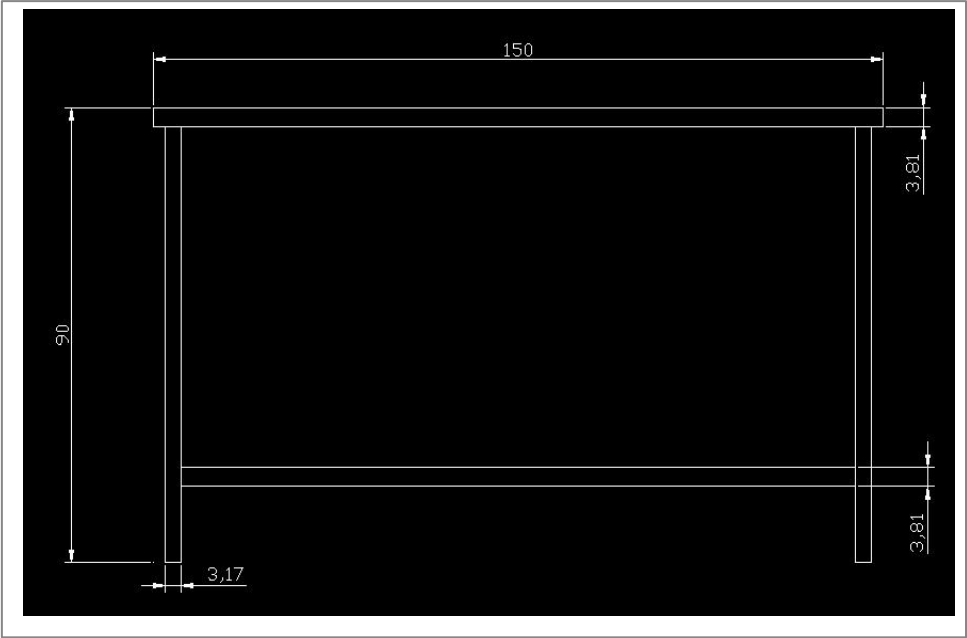
VI. Exploded Drawing / Dibujo Estallado

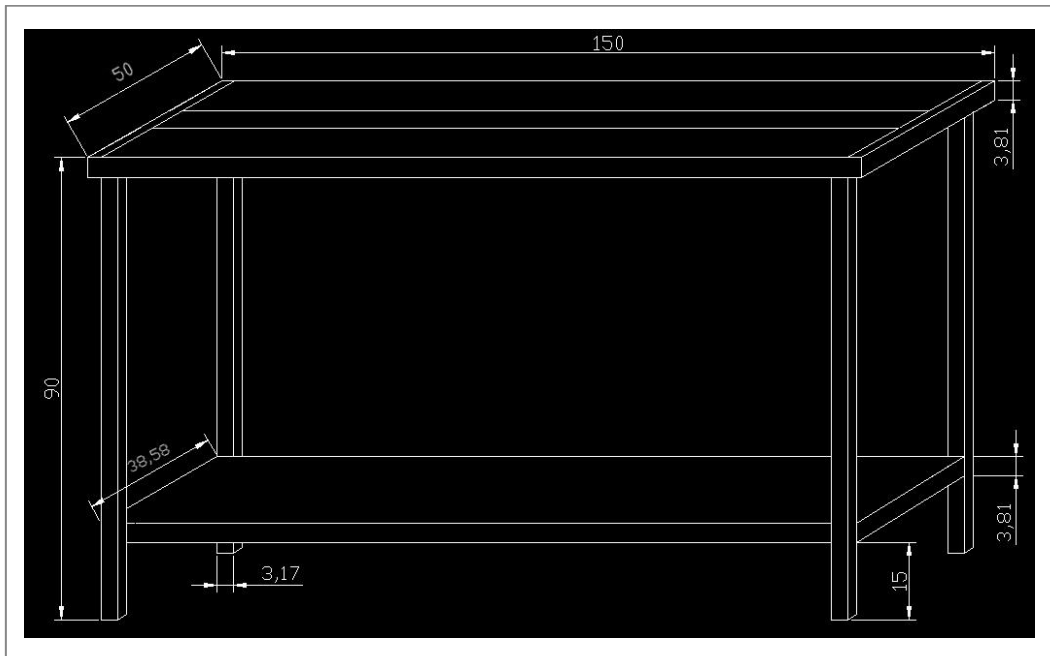


1	Cover cap / Tapa de la carcasa
2	Pin cover / Cubierta de alfileres
3	Pin / Alfileres
4	Motor case / Carcasa del motor
5	Brass gasket
6	Cover cover / Tapa de la carcasa
7	Motor label / Etiqueta del motor
8	Power supply cable / Cable de línea de energía
9	Power switch / Interruptor de energía
10	Brass / Partes
11	Cast iron valve / Interruptor controlador
12	Insulation tubing / Tubo de aislamiento
13	Insulation cap / Capa de aislamiento
14	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
15	Insulation / Aislamiento
16	Motor / Motor
17	Capacitor / Capacitor
18	Insulation box / Caja de aislamiento
19	Insulation / Aislamiento
20	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
21	Insulation / Aislamiento
22	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
23	Insulation / Aislamiento
24	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
25	Insulation / Aislamiento
26	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
27	Insulation / Aislamiento
28	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
29	Insulation / Aislamiento
30	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
31	Insulation / Aislamiento
32	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
33	Insulation / Aislamiento
34	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
35	Insulation / Aislamiento
36	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
37	Insulation / Aislamiento
38	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
39	Insulation / Aislamiento
40	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
41	Insulation / Aislamiento
42	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
43	Insulation / Aislamiento
44	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
45	Insulation / Aislamiento
46	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
47	Insulation / Aislamiento
48	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
49	Insulation / Aislamiento
50	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
51	Insulation / Aislamiento
52	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
53	Insulation / Aislamiento
54	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
55	Insulation / Aislamiento
56	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
57	Insulation / Aislamiento
58	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
59	Insulation / Aislamiento
60	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
61	Insulation / Aislamiento
62	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
63	Insulation / Aislamiento
64	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
65	Insulation / Aislamiento
66	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
67	Insulation / Aislamiento
68	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
69	Insulation / Aislamiento
70	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
71	Insulation / Aislamiento
72	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
73	Insulation / Aislamiento
74	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
75	Insulation / Aislamiento
76	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
77	Insulation / Aislamiento
78	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
79	Insulation / Aislamiento
80	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
81	Insulation / Aislamiento
82	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
83	Insulation / Aislamiento
84	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
85	Insulation / Aislamiento
86	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
87	Insulation / Aislamiento
88	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
89	Insulation / Aislamiento
90	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
91	Insulation / Aislamiento
92	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
93	Insulation / Aislamiento
94	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
95	Insulation / Aislamiento
96	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
97	Insulation / Aislamiento
98	Insulation cover / Cubierta de aislamiento
99	Insulation / Aislamiento
100	Insulation cover / Cubierta de aislamiento

11	Oil Sight Glass / Vidrio de aceite
12	Oil cap
13	Oil filling / Llenado de aceite
14	Oil filling / Llenado de aceite
15	Oil filling / Llenado de aceite
16	Oil filling / Llenado de aceite
17	Oil filling / Llenado de aceite
18	Oil filling / Llenado de aceite
19	Oil filling / Llenado de aceite
20	Oil filling / Llenado de aceite
21	Oil filling / Llenado de aceite
22	Oil filling / Llenado de aceite
23	Oil filling / Llenado de aceite
24	Oil filling / Llenado de aceite
25	Oil filling / Llenado de aceite
26	Oil filling / Llenado de aceite
27	Oil filling / Llenado de aceite
28	Oil filling / Llenado de aceite
29	Oil filling / Llenado de aceite
30	Oil filling / Llenado de aceite
31	Oil filling / Llenado de aceite
32	Oil filling / Llenado de aceite
33	Oil filling / Llenado de aceite
34	Oil filling / Llenado de aceite
35	Oil filling / Llenado de aceite
36	Oil filling / Llenado de aceite
37	Oil filling / Llenado de aceite
38	Oil filling / Llenado de aceite
39	Oil filling / Llenado de aceite
40	Oil filling / Llenado de aceite
41	Oil filling / Llenado de aceite
42	Oil filling / Llenado de aceite
43	Oil filling / Llenado de aceite
44	Oil filling / Llenado de aceite
45	Oil filling / Llenado de aceite
46	Oil filling / Llenado de aceite
47	Oil filling / Llenado de aceite
48	Oil filling / Llenado de aceite
49	Oil filling / Llenado de aceite
50	Oil filling / Llenado de aceite
51	Oil filling / Llenado de aceite
52	Oil filling / Llenado de aceite
53	Oil filling / Llenado de aceite
54	Oil filling / Llenado de aceite
55	Oil filling / Llenado de aceite
56	Oil filling / Llenado de aceite
57	Oil filling / Llenado de aceite
58	Oil filling / Llenado de aceite
59	Oil filling / Llenado de aceite
60	Oil filling / Llenado de aceite
61	Oil filling / Llenado de aceite
62	Oil filling / Llenado de aceite
63	Oil filling / Llenado de aceite
64	Oil filling / Llenado de aceite
65	Oil filling / Llenado de aceite
66	Oil filling / Llenado de aceite
67	Oil filling / Llenado de aceite
68	Oil filling / Llenado de aceite
69	Oil filling / Llenado de aceite
70	Oil filling / Llenado de aceite
71	Oil filling / Llenado de aceite
72	Oil filling / Llenado de aceite
73	Oil filling / Llenado de aceite
74	Oil filling / Llenado de aceite
75	Oil filling / Llenado de aceite
76	Oil filling / Llenado de aceite
77	Oil filling / Llenado de aceite
78	Oil filling / Llenado de aceite
79	Oil filling / Llenado de aceite
80	Oil filling / Llenado de aceite
81	Oil filling / Llenado de aceite
82	Oil filling / Llenado de aceite
83	Oil filling / Llenado de aceite
84	Oil filling / Llenado de aceite
85	Oil filling / Llenado de aceite
86	Oil filling / Llenado de aceite
87	Oil filling / Llenado de aceite
88	Oil filling / Llenado de aceite
89	Oil filling / Llenado de aceite
90	Oil filling / Llenado de aceite
91	Oil filling / Llenado de aceite
92	Oil filling / Llenado de aceite
93	Oil filling / Llenado de aceite
94	Oil filling / Llenado de aceite
95	Oil filling / Llenado de aceite
96	Oil filling / Llenado de aceite
97	Oil filling / Llenado de aceite
98	Oil filling / Llenado de aceite
99	Oil filling / Llenado de aceite
100	Oil filling / Llenado de aceite

ANEXO C:
DISEÑO DE LA MESA DE
TRABAJO





ANEXO D

MESA DE TRABAJO

TERMINADA



ANEXO E

PLANO DE CONJUNTO

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

FECHA DE NACIMIENTO: 10 DE NOVIEMBRE DE 1988

marv_mustaf@hotmail.com

DIRECCIÓN: CIUDADELA LOS CLAVELES MZ 8 V 8

TELÉFONOS: 042337803; 042347839

CELULAR: 0998869778

ESTADO CIVIL: SOLTERO, SIN HIJOS

No DE CÉDULA: 092741065-4

TIPO DE SANGRE: ORH+

GUAYAQUIL – ECUADOR



ESTUDIOS REALIZADOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO (ITSA)

ESPECIALIZACIÓN: MOTORES

COPOL ENGLISH INSTITUTE

NIVEL 8

ISA MOSQUE ISLAM & ARABIC SCHOOL

NIVEL 6

UNIDAD EDUCATIVA EXPERIMENTAL FAE NO 2. ESTUDIOS SECUNDARIOS.
FEBRERO 2007

UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA DOMINGO COMÍN. ESTUDIOS PRIMARIOS.
ENERO 2001

TITULOS OBTENIDOS

BACHILLER EN CIENCIAS G FEBRERO
2007

SUFICIENCIA DEL IDIOMA INGLES FEBRERO
2012

EXPERIENCIA PROFESIONAL

✓ SCHLUMBERGER ABRIL 2013
TUBING CONVEYED PERFORATING

✓ AEROLANE - BASE DE MANTENIMIENTO AGOSTO
2011
DESPACHADOR Y MANTENIMIENTO DEL A320 Y B767

✓ CEMA, LATACUNGA FEBRERO
2011
INSPECCIÓN DEL AVIÓN C-130
INSPECCIÓN DEL AVION B 727

✓ ESMA, SALINAS AGOSTO
2010
CURSO DEL AVIÓN T-34C-1

✓ ESMA- SALINAS FEBRERO
2010
CURSO DEL MOTOR PT6A-25

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

MARVIN MILTON MORALES MUSTAFÁ

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Subs. Tec. Avc. Hebert Atencio Vizcaíno

Latacunga, Junio 17 de 2013

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, **MARVIN MILTON MORALES MUSTAFÁ**, Egresado de la carrera de **MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**, en el año 2013, con Cédula de Ciudadanía N° **092741065-4**, autor del Trabajo de Graduación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA BOMBA DE VACÍO PARA REALIZAR PROCESOS CON MATERIALES COMPUESTOS PARA LOS TALLERES DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

MARVIN MILTON MORALES MUSTAFÁ

Latacunga, Junio 17 de 2013